Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn
(Saigon Times Foundation – STF)
và
Ủy ban Tương trợ người Việt Nam tại CHLB Đức
(Vietnamesisches Studienwerk in der BRD e.V.-VSW - UBTT)

CHUYÊN NGÀNH CƠ ĐIỆN TỬ

Fachkunde Mechatronik

Bản dịch tiếng Việt từ ấn bản tiếng Đức lần thứ 30
Hợp đồng bản quyền của Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel ký ngày 18-10-2013

EBOOKBKMT.COM

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP

Tựa gốc tiếng Đức: **FACHKUNDE MECHATRONIK**
VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL • Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 • 42781 Haan-Gruiten • Germany

Europa No.: 45119

https://tieulun.hopto.org

Lời Nói Đầu

Nhằm đóng góp tích cực cho việc xây dựng một lực lượng công nhân, chuyên viên lành nghề được đào tạo bài bản cả về lý thuyết lẫn thực hành tại Việt Nam, Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn (Saigon Times Foundation – STF) và Ủy ban tương trợ người Việt Nam tại Cộng hòa liên bang Đức (VSW-UBTT), hai tổ chức xã hội, phi lợi nhuận, đã thành lập Tủ sách Nhất Nghệ Tinh từ năm 2010, để dịch các cuốn sách dạy nghề quan trọng, cơ bản và sư phạm của nhà xuất bản Europa Lehrmittel ở Đức.

Cơ điện tử (Mechatronics: mechanical / electronic engineering) là một ngành học kết hợp giữa ba công nghệ then chốt là cơ khí, điện tử, và tin học. Thuật ngữ Cơ điện tử được người Nhật sử dụng lần đầu tiên vào năm 1971, sau đó được nhanh chóng phổ biến trên thế giới. Ở Đức việc đào tạo nghề ngành cơ điện tử bắt đầu vào năm 1998.

Cuốn sách "**Chuyên ngành cơ điện tử**" của nhà xuất bản Europa Lehrmittel là một cuốn sách giáo khoa được phổ biến rộng rãi trong lĩnh vực đào tạo ở các trường dạy nghề tại Đức. Một đội ngũ gồm các giáo viên ở các trường dạy nghề và các kỹ sư ở các công ty, với sự hỗ trợ của hai nhóm làm việc: điện tử, chế tạo cơ khí & kỹ thuật gia công đã biên soạn cuốn sách này rất công phu, cập nhật những phát minh mới, nên giáo trình này rất phong phú và hiện đại. Cấu trúc của cuốn sách không những thích hợp cho việc giảng dạy, mà còn giúp các chuyên viên kỹ thuật bổ sung kiến thức cơ bản, tham khảo và tự học. Cuốn sách này được dịch ra tiếng Việt từ nguyên bản tiếng Đức, ấn bản thứ 4.

Vì sự đa dạng phong phú của ngành cơ điện tử, nên sách chỉ trình bày 13 lĩnh vực học tập tùy theo nhu cầu của các học viên và tùy theo nội dung học tập.

Sách gồm có 14 chương (650 trang) được trình bày rõ ràng, dễ hiểu nhờ sử dụng nhiều hình ảnh với nhiều hình màu minh họa và bảng biểu. Nội dung các chương gồm:

- Cơ bản về xử lý dữ liệu (tin học): Hệ điều hành, chương trình ứng dụng văn phòng, phần mềm trình bày, lập trình, mối đe dọa cho mạng và máy tính.
- Truyền thông kỹ thuật: Bản vẽ kỹ thuật làm phương tiện thông tin, truyền thông, kỹ thuật truyền thông bằng sơ đồ
- Kỹ thuật kiểm tra độ dài và góc, bằng cơ học, bằng căn mẫu, thiết bị đo, dung sai và lắp ghép.
- Quản lý chất lượng là nhiệm vụ chung của mọi người, theo tiêu chuẩn ISO, bằng phương pháp thống kê.
- Kỹ thuật vật liệu: Phân loại, đặc tính, cấu tạo vật liệu kim loại, sắt và thép, kim loại phi sắt, các kim loại quan trọng khác, vật liệu thiêu kết, sự ăn mòn, chất dẻo, các vật liệu liên kết, phụ trợ và bảo vệ môi trường.
- Hệ thống cơ: Cơ bản vật lý của hệ thống cơ, chức năng: dẫn động, khớp nối trục, bộ truyền động, ổ trục v.v....
- Chế tạo hệ thống cơ khí (kỹ thuật gia công): Các nhóm, tạo dạng đúc, biến dạng, cắt gọt phoi, ghép nối, tự động hóa sản xuất, CNC, kỹ thuật xử lý thao tác và rô bốt.
- Cơ bản kỹ thuật điện: Mô hình nguyên tử Bohr, cơ bản về điện: điện áp, dòng điện, điện trở, công suất, hiệu suất, điện trường, từ trường, cách ly điện tích, các mạch điện cơ bản: một chiều, xoay chiều, ba pha, các linh kiện điện tử, kỹ thuật đo.
- Máy điện: Máy biến áp, động cơ không đồng bộ ba pha, xoay chiều một pha, một chiều, tính tương thích điện từ EMC và các biện pháp bảo vệ.
- Kỹ thuật điều khiển: Cơ bản, các mạch điện kỹ thuật số, mô tả kỹ thuật bằng đồ họa GRAFCET, kỹ thuật điều khiển bằng khí nén, bằng điện, bằng thủy lực, cảm biến, điều khiển logic lập trình được PLC.
- Kỹ thuật điều chỉnh: Cơ bản, các phần tử cấu tạo, các thiết bị và cơ cấu, sự ổn định của mạch điều chỉnh.
- Các hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa: Mô hình giao tiếp, tô pô học, phương tiện truyền thông, phân loại truyền dẫn, các phương thức truy cập bus, bảo đảm dữ liệu, giao diện AS, Profibus, Ethernet.
- Những hệ thống cơ điện tử: Cơ bản về cấu trúc, những hệ thống con vận hành bằng cơ khí, thủy lực, khí nén và điện.
- Lắp ráp, thử nghiệm đưa vào vận hành và bảo trì các hệ thống cơ điện tử: Công việc lắp ráp qua kết nối, kiểm tra và hiệu chỉnh, kế hoạch lắp ráp, các hình thức tổ chức, an toàn lao động, thử nghiệm đưa vào vận hành, và bảo trì các hệ thống.

Chúng tôi vô cùng cám ơn nhà xuất bản Europa Lehrmittel, nhà xuất bản Trẻ đã dành sự giúp đỡ tận tình trong việc xuất bản. Đặc biệt cám ơn tập thể các chuyên gia uy tín, trong và ngoài nước đã âm thầm cống hiến tâm sức để hoàn thành việc chuyển ngữ quyển sách này. Ngoài ra chúng tôi cũng vô cùng cám ơn Tổ chức hợp tác quốc tế (GIZ) CHLB Đức đã hỗ trợ chúng tôi rất tích cực trong việc dịch thuật và mua sách với số lượng lớn, để tặng cho các trường dạy nghề ở Việt Nam.

Hiển nhiên trong ấn bản Việt ngữ đầu tiên cuốn sách không thể nào tránh khỏi sai sót, chúng tôi mong nhận được các góp ý để hoàn thiện các ấn bản trong tương lai. Mọi đề nghị và thắc mắc xin gởi về địa chỉ email: tusachnghe@googlegroups.com.

Với mục tiêu hỗ trợ công tác dạy nghề, chúng tôi tin rằng quyển sách này sẽ đóng góp thiết thực vào công cuộc phát triển nguồn nhân lực kỹ thuật cao nước nhà.

Thành phố Hồ Chí Minh tháng 5/2017

QUỸ THỜI BÁO KINH TẾ SÀI GÒN (SAIGON TIMES FOUNDATION - STF)

ỦY BAN TƯƠNG TRỢ NGƯỜI VIỆT NAM TẠI CHLB ĐỨC (VIETNAMESISCHES STUDIENWERK IN BRD e.V.-VSW - UBTT)

https://tieulun.hopto.org

Lời Giới Thiệu

Trong xu thế hội nhập khu vực và quốc tế, nhân lực nói chung, nhân lực kỹ thuật trựctiếp nói riêng ngày càng trở thành nhân tố quyết định sự phát triển cũng như năng lực cạnh tranh của mỗi quốc gia. Chiến lược phát triển dạy nghề thời kỳ 2011-2020 xác định rõ mục tiêu đến năm 2020 nâng tỷ lệ lao động qua đào tạo nghề đạt 55%, tương đương với 34,4 triệu người. Để đạt được mục tiêu này cần phải đưa ra 10 giải pháp để đổi mới nâng cao chất lượng giáo dục nghề nghiệp, một trong các giải pháp đó là nâng cao chất lượng, hiệu quả công tác hợp tác quốc tế trong giáo dục nghề nghiệp, trong đó xác định CHLB Đức là một trong các đối tác chiến lược. Trong những năm qua, CHLB Đức đã hỗ trợ Việt Nam với nhiều dự án. Chương trình hợp tác Việt – Đức "Đổi mới Đào tạo nghề Việt Nam" hỗ trợ các cơ sở Giáo dục nghề nghiệp nâng cao chất lượng và tính hướng cầu trong các chương trình đào tạo của mình dựa theo các tiêu chuẩn quốc tế đồng thời Chương trình tư vấn cho chính phủ Việt nam trong quá trình đổi mới hệ thống Giáo dục nghề nghiệp.

Sau thành công của ấn bản đầu tiên cuốn sách "Chuyên ngành Cơ khí" và tiếp đó là cuốn sách "Chuyên ngành Kỹ thuật điện và điện tử" được xuất bản bằng tiếng Việt, chúng tôi muốn giới thiệu tiếp cuốn "Cơ điện tử". Cuốn sách này do Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel xuất bản nguyên bản bằng tiếng Đức và hiện đang được sử dụng rộng rãi hầu hết ở các trường kỹ thuật tại CHLB Đức. Nội dung cuốn sách hướng đến các tiêu chuẩn đào tạo của Đức đối với nghề Cơ điện tử và có thể được sử dụng làm tài liệu đồng hành cho việc đào tạo và nâng cao đội ngũ chuyên gia nghề Cơ điện tử của Việt Nam. Cuốn sách cung cấp cho độc giả những thông tin, kiến thức và thể hiện về chất lượng cũng như những kinh nghiệm đào tạo nghề của Đức. Kinh nghiệm làm việc lâu năm của các chuyên gia kỹ thuật Việt Nam có năng lực chuyên môn cao trong các doanh nghiệp tại CHLB Đức và Việt Nam và được sự hỗ trợ của Tổ chức Hợp tác phát triển Đức (GIZ) đã tham gia đóng góp vào việc dịch cuốn sách từ tiếng Đức sang tiếng Việt. Chúng tôi tin tưởng rằng cuốn sách này sẽ là tài liệu có giá trị tham khảo rất tốt cho các chuyên gia, giáo viên, các trường trung cấp, cao đẳng trong cả nước có đào tạo nghề Cơ điện tử nhằm cung cấp kiến thức, kỹ năng để có thể đạt các tiêu chuẩn quốc tế.

Chúng tôi xin cảm ơn Tổng cục Dạy nghề, Tổ chức Hợp tác phát triển Đức (GIZ), Quỹ Thời báo kinh tế Sài Gòn, Nhà xuất bản Trẻ, Ủy Ban Tương trợ người Việt Nam tại CHLB Đức, Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel và tất cả các cá nhân đã tham gia biên soạn, biên dịch và hỗ trợ xuất bản cuốn sách này.

Hà Nội, ngày 19 tháng 4 năm 2017

Tiến sĩ Đặng Xuân Thức
Vụ trưởng, Vụ Dạy nghề chính quy
Tổng cục Dạy nghề - Bộ LĐTB&XH

Tiến sĩ Horst Sommer
Điều phối viên trọng điểm
Đào tạo nghề hợp tác phát triển Đức

https://tieulun.hopto.org

Mục Lục

Diễn giải những lĩnh vực học tập 4

LF1 Phân tích sự tương quan về chức năng trong hệ thống cơ điện tử 9
LF2 Chế tạo những hệ thống con vận hành bằng cơ khí 10
LF3 Lắp ráp những thiết bị vận hành bằng điện với sự lưu ý về mặt kỹ thuật an toàn 12
LF4 Giám sát dòng năng lượng và thông tin trong nhóm lắp ráp về điện, khí và thủy lực 13
LF5 Truyền thông nhờ các hệ thống xử lý dữ liệu (máy tính) 14
LF6 Lập kế hoạch và tổ chức các trình tự làm việc 14
LF7 Thực hiện những hệ thống con cơ điện tử 15
LF8 Thiết kế và thiết lập hệ thống cơ điện tử 16
LF9 Khảo sát dòng thông tin trong hệ thống cơ điện tử phức tạp 17
LF10 Lập kế hoạch lắp ráp và tháo gỡ 18
LF11 Đưa vào vận hành, tìm lỗi và bảo trì 19
LF12 Bảo trì phòng ngừa 20
LF13 Bàn giao hệ thống cơ điện tử cho khách hàng 20

1 Cơ bản về xử lý dữ liệu 21

1.1 Hệ điều hành 23
1.1.1 Nhiệm vụ của một hệ điều hành 23
1.1.2 Các thể loại hệ điều hành 24
1.1.3 Hệ điều hành máy khách-chủ (của Windows) 27
1.2 Các ứng dụng văn phòng 33
1.2.1 Xử lý văn bản 37
1.2.2 Bảng tính 42
1.2.3 Phần mềm trình bày (bài thuyết trình) 47
1.2.4 Hệ thống ngân hàng dữ liệu 53
1.3 Phần mềm bổ sung 57
1.3.1 Xử lý/chỉnh sửa hình ảnh 57
1.3.2 Tạo tài liệu PDF 59
1.3.3 Quản lý dự án 60
1.4 Giới thiệu lập trình 63
1.4.1 Ngôn ngữ lập trình 63
1.4.2 Thuật toán 63
1.4.3 Cấu tạo tổng quát một chương trình (Hình 3) 63
1.4.4 Các dạng dữ liệu và biến số 64
1.4.5 Các loại dữ liệu (Bảng 1) 64
1.4.6 Đầu vào và đầu ra trong ngôn ngữ bậc cao 65
1.4.7 Kết nối logic các loại dữ liệu 65
1.4.8 Phát triển chương trình phần mềm 65
1.4.9 Các loại mô tả thuật toán 66
1.4.10 Thí dụ một chương trình phần mềm 67
1.5 Mối đe dọa cho mạng và máy tính 68
1.5.1 Những loại tấn công và các kẻ tấn công 68
1.5.2 Những giao thức truyền thông 69

2 Truyền thông kỹ thuật 71

2.1 Bản vẽ kỹ thuật làm phương tiện thông tin 71
2.1.1 Các loại trình bày 72
2.1.2 Bản vẽ chi tiết rời 74
2.1.3 Trình bày hình cắt 78
2.1.4 Ghi kích thước cho từng bộ phận 79
2.1.5 Trình bày ren 80
2.1.6 Các chi tiết được chuẩn hóa 81
2.1.7 Bản vẽ nhóm lắp ráp 82
2.2 Bảng và biểu đồ 83
2.2.1 Bảng 83
2.2.2 Biểu đồ 83
2.3 Truyền thông kỹ thuật với sự trợ giúp của sơ đồ 84
2.4 Ngôn ngữ là phương tiện truyền thông 85
2.4.1 Cách tạo các biên bản 85
2.4.2 Tường trình và thuyết trình 86
2.4.3 Tạo bài tường trình 86
2.4.4 Thuyết trình bài tường trình 86

3 Kỹ thuật kiểm tra 87

3.1 Kiểm tra độ dài và kiểm tra góc 87
3.2 Phương tiện kiểm tra cơ học 88
3.2.1 Thước cặp 88
3.2.2 Thước panme (vít đo - vi kế) 89
3.2.3 Đồng hồ đo 89
3.2.4 Thước đo góc 90
3.3 Thiết bị đo bằng khí nén 91
3.4 Thiết bị đo bằng điện 91
3.5 Thiết bị đo điện tử 92
3.6 Kiểm tra bằng dưỡng kiểm 92
3.7 Kiểm tra bề mặt 93
3.7.1 Khái niệm cơ bản về kiểm tra bề mặt 93
3.7.2 Phương pháp kiểm tra bề mặt 93
3.7.3 Đo độ nhám (Độ nhấp nhô) 94
3.7.4 Các số liệu của chất lượng bề mặt (độ bóng bề mặt) trong các bản vẽ kỹ thuật. 95
3.8 Dung sai và lắp ghép 96
3.8.1 Dung sai kích thước 96
3.8.2 Lắp ghép 98
3.8.3 Hệ thống lắp ghép 98
3.8.4 Dung sai hình dạng và dung sai vị trí 100

4 Quản lý chất lượng 101

4.1 Khái niệm chất lượng 101
4.2 Nhiệm vụ của quản lý chất lượng 102
4.2.1 Lập kế hoạch về chất lượng 102
4.2.2 Điều chỉnh chất lượng 103
4.2.3 Kiểm tra chất lượng 103
4.2.4 Cải tiến chất lượng 103
4.3 Quản lý chất lượng theo tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000:2005 104
4.4 Chất lượng không chỉ là quan tâm của ban giám đốc 104
4.5 Quản lý chất lượng bằng thống kê 105
4.5.1 Lỗi ngẫu nhiên và lỗi có hệ thống 105
4.5.2 Phân bố chuẩn Gauß 105
4.5.3 Cách dùng bảng điều chỉnh chất lượng như một công cụ kiểm tra chất lượng 106

5 Kỹ thuật vật liệu 107

5.1 Phân loại vật liệu 107
5.2 Các đặc tính của vật liệu 108
5.2.1 Tính chất vật lý 108
5.2.2 Các tính chất công nghệ hóa học 109
5.2.3 Các tính chất công nghệ cơ học 109

https://tieulun.hopto.org

5.2.4 Các đặc tính về kỹ thuật chế tạo 111
5.2.5 Các tính chất về môi trường 111
5.3 Cấu tạo của vật liệu kim loại 112
5.3.1 Cấu tạo bên trong của kim loại 112
5.3.2 Các loại mạng tinh thể 112
5.4 Vật liệu sắt và thép 113
5.4.1 Phân loại theo công dụng 113
5.4.2 Phân loại thép theo hạng chất lượng 114
5.4.3 Chuẩn hóa các vật liệu sắt thép 114
5.4.4 Những loại thép và vật liệu gốc sắt quan trọng 116
5.5 Kim loại phi sắt 119
5.5.1 Đồng và hợp kim đồng 119
5.5.2 Nhôm và các hợp kim nhôm 120
5.6 Các kim loại quan trọng khác 121
5.7 Vật liệu thiêu kết 122
5.7.1 Chế tạo chi tiết thiêu kết 122
5.7.2 Phạm vi ứng dụng của kim loại thiêu kết 122
5.8 Sự ăn mòn 123
5.8.1 Nguyên nhân của sự ăn mòn 123
5.8.2 Các dạng thức ăn mòn 124
5.8.3 Những biện pháp chống ăn mòn 124
5.9 Chất dẻo 125
5.9.1 Các đặc tính của chất dẻo và các khả năng ứng dụng của chúng 125
5.9.2 Phân loại các chất dẻo 126
5.10 Vật liệu liên kết (vật liệu compozit) 128
5.11 Chất phụ gia 129
5.12 Vật liệu và sự bảo vệ môi trường 130

6 Hệ thống cơ 131

6.1 Cơ sở của suy nghĩ về hệ thống 131
6.1.1 Đường biên hệ thống 132
6.1.2 Đại lượng vào và đại lượng ra 132
6.1.3 Chức năng chính và chức năng con của hệ thống kỹ thuật 132
6.2 Cơ bản vật lý của hệ thống cơ 134
6.2.1 Công cơ học 134
6.2.2 Công suất cơ và hiệu suất 135
6.3 Đơn vị chức năng của hệ thống cơ 137
6.3.1 Đơn vị chức năng dẫn động 138
6.3.2 Đơn vị chức năng truyền năng lượng 138
6.3.2.1 Trục truyền 139
6.3.2.2 Bộ ly hợp (khớp nối trục) 140
6.3.2.3 Hộp số (bộ truyền động) 142
6.3.2.4 Những đại lượng đặc trưng của bộ truyền động (hộp số) 146
6.3.2.5 Thiết bị dẫn động đường thẳng (tuyến tính) 148
6.3.3 Đơn vị chức năng để làm việc (vận hành) 149
6.3.4 Đơn vị chức năng đỡ và mang 149
6.3.4.1 Thân máy và khung đỡ 149
6.3.4.2 Cơ cấu dẫn hướng 150
6.3.4.3 Bợ trục (ổ trục) 153

7 Chế tạo những hệ thống cơ khí (Kỹ thuật gia công) 161

7.1 Cơ bản của kỹ thuật gia công 161
7.2 Các nhóm gia công sản xuất chính 161
7.3 Tạo dạng nguyên mẫu (đúc) 164
7.3.1 Tạo dạng qua đúc 164
7.3.2 Tạo dạng nguyên mẫu qua thiêu kết 165
7.4 Biến dạng 166
7.4.1 Phân loại các phương pháp biến dạng 166
7.4.2 Uốn 167
7.4.2.1 Khái niệm cơ bản về công nghệ 167
7.4.2.2 Uốn ống 168
7.4.2.3 Chiều dài cắt (Chiều dài khai triển cắt) 170
7.5 Tách 171
7.5.1 Nguyên tắc cơ bản của phương pháp cắt đứt bằng cơ học 171
7.5.2 Cắt gọt có phoi 172
7.5.3 Cưa 174
7.5.4 Giũa 176
7.5.5 Gia công có phoi với máy công cụ 177
7.5.6 Khoan 180
7.5.7 Khoét (Lã, khoét miệng, khoét loe) 185
7.5.8 Doa 186
7.5.9 Cắt ren 187
7.5.10 Tiện 191
7.5.11 Phay 197
7.5.12 Mài 202
7.6 Ghép nối 205
7.6.1 Phân loại và tác dụng 205
7.6.2 Kết nối bulông 206
7.6.3 Kết nối chốt và kết nối bulông (vít) 215
7.6.4 Kết nối nêm 217
7.6.5 Kết nối then (Chốt cla vết) 218
7.6.6 Hàn vảy 219
7.6.7 Hàn 222
7.6.8 Dán (sự kết dính) 226
7.6.9 Kết nối ép 228
7.6.10 Kết nối kẹp chặt và uốn nếp (gấp nếp) 229
7.7 Tự động hóa sản xuất 231
7.7.1 Lịch sử phát triển 231
7.7.2 Mô đun (đơn vị kết cấu) cho tự động hóa sản xuất 233
7.8 Điều khiển CNC 235
7.8.1 Đặc tính của máy CNC 237
7.8.2 Hệ thống đo hành trình 238
7.8.3 Thông tin vị trí và hệ tọa độ 239
7.8.4 Đo đạc dụng cụ và chỉnh sửa dụng cụ 240
7.8.5 Loại điều khiển 241
7.8.5.1 Điều khiển điểm 241
7.8.5.2 Điều khiển theo quỹ đạo (điều khiển biên dạng, điều khiển theo contua) 241
7.8.6 Chương trình CNC 244
7.8.7 Lập trình của máy gia công CNC 255
7.8.8 Thí dụ về máy gia công điều khiển kỹ thuật số 257
7.9 Kỹ thuật xử lý thao tác và kỹ thuật robot 263
7.9.1 Thiết bị xử lý thao tác 265
7.9.1.1 Palăng (Cần cẩu, tời) 266
7.9.1.2 Tay máy (Hình 1) 267
7.9.1.3 Thiết bị được vận hành từ xa (Hình 2) 267
7.9.1.4 Hệ thống có cấu trúc mođun (Hình 3) 267
7.9.1.5 Robot công nghiệp 268
7.9.2 Động học của robot 272
7.9.2.1 Bậc tự do của cơ cấu truyền động 273
7.9.2.2 Loại cấu trúc và không gian hoạt động 274
7.9.3 Điều khiển robot 277
7.9.4 Lập trình của RBCN 281

8 Cơ bản kỹ thuật điện 283

8.1 Mô hình nguyên tử Bohr 284
8.2 Sự tách ly điện tích 285

https://tieulun.hopto.org

8.2.1 Tạo ra điện áp 286
8.2.2 Các loại điện áp 286
8.3 Dòng điện 287
8.4 Điện trở 289
8.5 Định luật Ohm 290
8.6 Công của điện và công suất điện 291
8.7 Hiệu suất 292
8.8 Điện trường 293
8.9 Từ trường 295
8.9.1 Mạch từ 296
8.9.2 Các đại lượng cơ bản của từ trường 296
8.9.3 Vật liệu từ 298
8.9.4 Từ hóa vật liệu sắt từ 299
8.9.5 Tác dụng lực trên hai dây có dòng điện chạy qua 300
8.9.6 Cảm ứng điện từ 300
8.10 Mạch cơ bản với điện trở 304
8.10.1 Linh kiện điện trở trong mạch điện 304
8.10.2 Ký hiệu điện trở 304
8.10.3 Mạch nối tiếp điện trở 305
8.10.4 Quy tắc mạng (Định luật Kirchhoff thứ hai) 306
8.10.5 Mạch song song với điện trở 306
8.10.6 Quy tắc nút (Định luật Kirchhoff thứ 1) 307
8.11 Cơ bản kỹ thuật điện xoay chiều 307
8.11.1 Cách tạo nên điện áp xoay chiều và các định nghĩa khái niệm 307
8.11.2 Véc tơ diễn tả các đại lượng xoay chiều 309
8.11.3 Tần số và thời gian chu trình 309
8.11.4 Tần số góc 309
8.11.5 Chiều dài sóng (bước sóng) 310
8.11.6 Trị số hiệu dụng 310
8.12 Tụ điện trong mạch điện 311
8.13 Cuộn dây trong mạch điện 313
8.14 Điện xoay chiều ba pha 315
8.14.1 Sự hình thành điện áp xoay chiều ba pha 315
8.14.2 Sự kết chuỗi 315
8.14.3 Mạch sao (ký hiệu: Y) 317
8.14.4 Mạch tam giác (Ký hiệu: Δ) 319
8.14.5 Ứng dụng mạch sao và mạch tam giác 320
8.14.6 Công suất của dòng điện xoay chiều ba pha 321
8.15 Cơ bản linh kiện điện tử 323
8.15.1 Điôt 323
8.15.1.1 Điôt zener 324
8.15.1.2 Điôt phát sáng LED 324
8.15.2 Transistor 325
8.15.3 Linh kiện điện tử công suất 326
8.15.3.1 Điôt công suất 327
8.15.3.2 Điac 327
8.15.3.3 Thyristor cổng p 327
8.15.3.4 Triac 327
8.15.3.5 Transistor lưỡng cực cổng gate cách điện (IGBT) 328
8.16 Cơ bản kỹ thuật đo điện 329
8.16.1 Thu nhận các đại lượng điện: Máy đo 329
8.16.2 Đo điện áp 330
8.16.3 Đo dòng điện 330
8.16.4 Mạch sai số điện áp 331
8.16.5 Mạch sai số dòng điện 331
8.16.6 Đo các đại lượng điện phụ thuộc thời gian 331

9 Máy điện 333

9.1 Máy biến áp 334
9.1.1 Biến áp một pha 334
9.1.1.1 Điện áp không tải 334
9.1.1.2 Tỉ số biến đổi 335
9.1.1.3 Không tải và có tải 336
9.1.1.4 Điện áp ngắn mạch 337
9.1.1.5 Dòng điện ngắn mạch 338
9.1.1.6 Hiệu suất của máy biến áp 339
9.1.2 Biến áp loại nhỏ 340
9.1.3 Biến áp tự ngẫu (Biến áp tiết kiệm) 341
9.2 Truyền động điện 342
9.2.1 Cơ bản máy điện 343
9.2.2 Động cơ không đồng bộ ba pha 345
9.2.3 Động cơ xoay chiều một pha 348
9.2.4 Động cơ điện một chiều 349
9.2.4.1 Cách vận hành của động cơ điện một chiều 350
9.2.4.2 Các loại động cơ điện một chiều 351
9.2.4.3 Thiết bị điều khiển điện áp tại lưới điện xoay chiều 353
9.2.5 Thay đổi vận tốc từ trường quay ở động cơ không đồng bộ 354
9.2.5.1 Nguyên tắc của bộ biến tần 355
9.2.5.2 Tính năng của động cơ không đồng bộ với bộ điều khiển tần số 357
9.2.6 Hệ truyền động servo (trợ động) 358
9.2.7 Động cơ bước 360
9.2.8 Bảo vệ truyền động điện 361
9.2.9 Thiết kế một hệ truyền động thay đổi cho một ứng dụng 364
9.3 Tính tương thích điện từ (EMC[1]) 367
9.3.1 Đo đạc EMC 368
9.3.2 Các biện pháp bảo vệ EMC 369
9.3.3 Tần phổ của điện từ trường 370
9.4 Các biện pháp bảo vệ 371
9.4.1 Những hiểm nguy khi làm việc với điện 371
9.4.1.1 Tác động của điện trong cơ thể con người 371
9.4.1.2 Tiếp xúc điện trực tiếp và gián tiếp 373
9.4.1.3 Các khái niệm chuyên môn về biện pháp bảo vệ 373
9.4.2 Quy định an toàn cho hệ thống điện áp thấp 374
9.4.3 Khái niệm và đặc trưng 374
9.4.3.1 Các cấp bảo vệ 374
9.4.3.2 Các loại bảo vệ IP (theo DIN VDE 0470) 375
9.4.3.3 Biện pháp bảo vệ khi làm việc với thiết bị điện 376
9.4.3.4 Các loại lỗi ở thiết bị điện 377
9.4.3.5 Điện áp trong trường hợp có lỗi 377
9.4.4 Bảo vệ chống điện giật 378
9.4.5 Bảo vệ chống chạm điện trực tiếp và chạm điện gián tiếp 378
9.4.5.1 Bảo vệ bằng điện áp thấp SELV và PELV 379
9.4.5.2 Bảo vệ bằng giới hạn điện tích 380
9.4.6 Bảo vệ chống điện giật trong điều kiện bình thường (Bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp hay bảo vệ cơ bản) 380
9.4.7 Bảo vệ ngăn ngừa điện giật khi có lỗi (Bảo vệ chống chạm điện gián tiếp hay bảo vệ khi có lỗi) 381
9.4.7.1 Hệ thống điện ba pha 381
9.4.7.2 Biện pháp bảo vệ trong hệ thống TN 382
9.4.7.3 Bộ bảo vệ dòng điện rò (RCD) 384
9.4.7.4 Biện pháp bảo vệ trong hệ thống TT 386
9.4.7.5 Biện pháp bảo vệ trong hệ IT 387
9.4.7.6 Bảo vệ bằng cách sử dụng thiết bị có bảo vệ cấp II hoặc dùng cách điện tương đương (bảo vệ cách điện) 388
9.4.7.7 Bảo vệ cách ly 388

https://tieulun.hopto.org

9.4.8 Kiểm tra các biện pháp bảo vệ 389
9.4.8.1 Kiểm tra phương cách bảo vệ SELV, PELV và cách ly bảo vệ 390
9.4.8.2 Đo trở kháng vòng 390
9.4.8.3 Đo điện trở cách điện trong hệ thống điện 391
9.4.9 Bảo vệ chống tích tụ tĩnh điện 392

10 Kỹ thuật điều khiển 393

10.1 Các khái niệm cơ bản 393
10.1.1 Quá trình điều khiển 393
10.1.2 Phân loại hệ điều khiển 394
10.1.3 Quá trình điều chỉnh 396
10.2 Kỹ thuật số 397
10.2.1 Các dạng tín hiệu 397
10.2.2 Những kết nối logic cơ bản (cổng logic, hàm) 397
10.2.3 Các họ mạch vi điện tử 400
10.2.4 Phác thảo thiết kế những mạch điện kết nối logic 401
10.2.5 Đơn giản hóa các phương trình chức năng 402
10.2.6 Tối giản (làm giảm đến mức tối thiểu) bằng biểu đồ KV 403
10.2.7 Phân tích mạch điện logic 405
10.2.8 Chức năng nhớ (lưu giữ) 406
10.2.8.1 Mạch lật JK chủ tớ (JK-MS-Flipflop) 407
10.2.8.2 Mạch lật chủ - tớ với những ngõ vào tĩnh (FF JK-MS) 408
10.2.9 Bộ đếm 408
10.2.9.1 Bộ đếm không đồng bộ 408
10.2.9.2 Bộ đếm đồng bộ 409
10.2.9.3 Thanh ghi 411
10.2.9.4 Nguyên tắc thanh ghi dịch chuyển 411
10.2.10 Các mạch điện kỹ thuật số (digital) đặc biệt 413
10.2.11 Hệ thống số 413
10.2.12 Mã số
10.2.13 Bộ biến đổi mã số 415
10.2.14 Bộ biến đổi tín hiệu 415
10.3 Mô tả kỹ thật điều khiển bằng đồ họa 417
10.3.1 Biểu tượng và ký hiệu chuyển mạch của các thành phần ở điều khiển bằng khí nén và thủy lực 418
10.3.2 GRAFCET 419
10.3.3 Biểu đồ trạng thái 420
10.3.4 Sơ đồ chuyển mạch 421
10.4 Kỹ thuật điều khiển bằng khí nén 422
10.4.1 Cơ bản vật lý 422
10.4.2 Máy nén khí 424
10.4.3 Chuẩn bị (làm tinh khiết) và phân phối khí nén 425
10.4.4 Cơ cấu vận hành 428
10.4.4.1 Xi lanh khí nén 428
10.4.4.2 Các loại xi lanh có cấu tạo đặc biệt 429
10.4.4.3 Động cơ khí nén 432
10.4.5 Van khí nén 434
10.4.5.1 Van dẫn hướng 434
10.4.5.2 Van chặn và van lưu lượng 436
10.4.5.3 Van áp suất khí nén 437
10.4.6 Các mạch cơ bản khí nén 438
10.4.6.1 Chuyển dịch tới và lùi đơn giản của xi lanh 438
10.4.6.2 Ảnh hưởng của tốc độ 440
10.4.6.3 Kết nối logic tín hiệu 441
10.4.6.4 Điều khiển tùy thuộc áp suất 444
10.4.6.5 Trì hoãn việc chuyển mạch 445
10.4.6.6 Trùng tín hiệu *(chồng chập tín hiệu)* 447
10.5 Kỹ thuật điều khiển bằng điện - khí nén 451
10.5.1 Linh kiện trong hệ thống điều khiển bằng điện - khí nén 451
10.5.1.1 Phần tử nhập tín hiệu bằng điện 451
10.5.1.2 Cảm biến 451
10.5.1.3 Rờ le và rờ le công suất (công tắc bảo vệ - công tắc tơ contactor) 452
10.5.1.4 Van điện từ 453
10.5.2 Mạch điện cơ bản 455
10.5.2.1 Xi lanh chạy tới – chạy lui 455
10.5.2.2 Kết nối logic tín hiệu 456
10.5.2.3 Trì hoãn chuyển mạch (Độ trễ chuyển mạch) 458
10.5.2.4 Mạch tự giữ (tự duy trì) 460
10.6 Kỹ thuật điều khiển bằng thủy lực 461
10.6.1 Mạch tuần hoàn thủy lực 462
10.6.2 Chất lỏng thủy lực 463
10.6.3 Bơm thủy lực và động cơ thủy lực 469
10.6.4 Xi lanh thủy lực 474
10.6.5 Van thủy lực 480
10.6.5.1 Van dẫn hướng 480
10.6.5.2 Van áp suất 483
10.6.5.3 Van lưu lượng và van chặn lưu lượng 485
10.6.5.4 Các phụ tùng 487
10.7 Cảm biến 489
10.7.1 Ý nghĩa và sự quan trọng của cảm biến 489
10.7.2 Công tắc định giới hạn cơ học (Công tắc định vị trí) 491
10.7.3 Cảm biến cảm ứng 493
10.7.4 Các hệ số hiệu chỉnh 493
10.7.5 Cảm biến điện dung 496
10.7.6 Cảm biến siêu âm 498
10.7.7 Cảm biến quang 501
10.7.7.1 Rào chắn ánh sáng một chiều 502
10.7.7.2 Rào chắn ánh sáng phản chiếu 502
10.7.7.3 Cảm biến ánh sáng phản chiếu 503
10.7.7.4 Cảm biến ánh sáng với triệt tiêu tín hiệu do phông phía sau 504
10.7.7.5 Cảm biến với cáp quang dẫn 505
10.7.7.6 Mạch điện tử cảm biến quang 507
10.7.7.7 Tiêu chí chọn lựa 508
10.7.8 Bộ đo số vòng quay làm cảm biến đo quãng đường và góc xoay 510
10.7.9 Cung cấp điện áp và nối tải 512
10.8 Điều khiển logic lập trình được PLC 514
10.8.1 Cấu tạo và cách vận hành 514
10.8.2 Hệ PLC thu gọn 514
10.8.1.2 Hệ điều khiển PLC cấu tạo kiểu mô-đun 514
10.8.1.3 Máy tính PC cho công nghiệp (Slot PLC) 514
10.8.1.4 Phần mềm PLC (Soft-PLC) 515
10.8.1.5 Nối dây trong PLC 515
10.8.1.6 Bộ xử lý trung tâm CPU 515
10.8.1.7 Nạp chương trình vào CPU; xóa toàn bộ 516
10.8.1.8 Xử lý chương trình theo chu kỳ (quét) 516
10.8.1.9 Những cổng vào, bảng mạch điện ngõ vào 517
10.8.1.10 Những cổng ra, bảng mạch điện ngõ ra 517
10.8.1.11 Cờ hiệu 518
10.8.2 Lập dự án 518
10.8.2.1 Hệ điều hành – Phần mềm 518
10.8.2.2 Chương trình ứng dụng 518
10.8.2.3 Cấu trúc chương trình 519
10.8.3 Những chức năng cơ bản 522

https://tieulun.hopto.org

10.8.3.1 Công tắc thường mở; công tắc thường đóng 522
10.8.3.2 Những kết nối logic nhị phân 522
10.8.3.3 Chức năng AND 523
10.8.3.4 Chức năng OR 523
10.8.3.5 Chức năng lưu trữ 524
10.8.3.6 Đánh giá sườn tín hiệu 526
10.8.3.7 Chức năng định thời 526
10.8.3.8 Chức năng đếm (Hình 4) 527
10.8.3.9 Chức năng so sánh 528
10.8.4 Điều khiển theo trình tự 528
10.8.4.1 Giám sát tiến trình với chương trình PLC (lệnh báo lỗi) 531
10.8.4.2 Các chế độ vận hành của điều khiển trình tự 534
10.8.4.3 Những dạng cơ bản của điều khiển trình tự 534
10.8.5 An toàn vận hành của điều khiển 537

11 Kỹ thuật điều chỉnh 541

11.1 Các khái niệm cơ bản 541
11.2 Phần tử mạch điều chỉnh 542
11.2.1 Cơ cấu (khâu) điều chỉnh tỷ lệ không trễ (Cơ cấu P) 542
11.2.2 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ (quán tính) với độ trễ bậc 1 (Cơ cấu PT_1) 542
11.2.3 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ với độ trễ (quán tính) bậc 2 (Cơ cấu PT_2) 543
11.2.4 Cơ cấu điều chỉnh tích phân (Cơ cấu I) 544
11.2.5 Cơ cấu điều chỉnh vi phân (Cơ cấu D) 545
11.2.6 Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng (cơ cấu T_t) 546
11.3 Các thiết bị điều chỉnh và các cơ cấu điều chỉnh 546
11.3.1 Bộ điều chỉnh tác động gián đoạn 546
11.3.2 Bộ điều chỉnh tác động liên tục 547
11.3.3 Bộ điều chỉnh số (digital) 549
11.4 Sự ổn định của mạch điều chỉnh 550

12 Các hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hoá 551

12.1 Mô hình giao tiếp 555
12.2 Tô pô 557
12.3 Phương tiện truyền thông 559
12.4 Phân loại truyền dẫn 561
12.5 Phương thức truy cập bus 562
12.5.1 Phương thức chủ / khách (chủ động / thụ động) 562
12.5.2 Nguyên tắc thẻ (mã thông báo) 563
12.5.3 Phương thức CSMA 564
12.5.4 Phương thức CSMA/CA 565
12.6 Bảo đảm dữ liệu 565
12.7 Giao diện AS 566
12.7.1 Nguyên tắc vận hành của giao diện AS 566
12.7.2 Cách đặt cáp trong giao diện AS 568
12.7.3 Đưa vào vận hành một hệ thống thiết bị giao diện AS 570
12.7.4 Cấu trúc của thiết bị giao diện AS 572
12.7.5 Đặc tả giao diện AS 2.11 575
12.7.6 Đặc tả giao diện AS 3.0 577
12.7.7 Tính an toàn (safety) trong AS-I 577
12.8 PROFIBUS 577
12.8.1 PROFIBUS-DP 578
12.8.2 PROFIBUS-PA 580
12.9 Ethernet 584
12.9.1 PROFINET 588
12.10 Tóm tắt 589

13 Hệ thống cơ điện tử 591

13.1 Các hệ thống thành phần của hệ thống cơ điện tử 591
13.2 Các thành phần của hệ thống cơ điện tử 592
13.2.1 Hệ thống con vận hành bằng cơ 592
13.2.2 Hệ thống con vận hành bằng thủy lực 592
13.2.3 Hệ thống con vận hành bằng khí nén 595
13.2.4 Hệ thống con vận hành bằng điện 596

14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử 605

14.1 Các công việc lắp ráp qua kết nối 605
14.1.1 Kết nối theo hình dạng 605
14.1.2 Kết nối bằng lực 606
14.1.3 Kết nối bằng vật liệu 606
14.2 Hoạt động lắp ráp kiểm tra và hiệu chỉnh 607
14.2.1 Hoạt động kiểm tra trước quá trình lắp ráp 607
14.2.2 Hoạt động kiểm tra trong khi lắp ráp 607
14.2.3 Hoạt động kiểm tra sau khi lắp ráp 607
14.3 Kế hoạch lắp ráp 608
14.3.1 Sơ đồ lắp ráp 609
14.3.2 Thí dụ một sơ đồ lắp ráp 609
14.4 Các hình thức tổ chức lắp ráp 610
14.5 Các thí dụ lắp ráp 612
14.5.1 Thí dụ về sơ đồ lắp ráp một khối van điện - khí nén trên đường ray chuẩn DIN 613
14.5.2 Đoạn trích từ sơ đồ lắp ráp của một thiết bị thao tác để thực hiện các giải pháp thao tác trong máy đúc phun 614
14.6 An toàn lao động trong quá trình lắp ráp 617
14.6.1 Những biện pháp an toàn phòng ngừa khi làm việc với máy móc, thiết bị và các hệ thống cơ điện tử 617
14.6.2 Các biện pháp khi có tai nạn lao động 618
14.6.3 Phòng cháy chữa cháy và các biện pháp trong trường hợp hỏa hoạn 619
14.6.4 Tiếp xúc với các chất độc hại 620
14.6.5 Những tiêu chuẩn an toàn máy móc 620
14.7 Đưa vào vận hành 621
14.7.1 Các đặc điểm của việc đưa vào vận hành 621
14.7.2 Những điều cơ bản về phương pháp đưa vào vận hành 624
14.7.3 Đưa vào vận hành các hệ thống thiết bị khí nén và điện-khí nén 626
14.7.4 Đưa vào vận hành các hệ thống thiết bị thủy lực và điện-thủy lực 626
14.7.5 Đưa vào vận hành các máy điện 627
14.7.6 Đưa vào vận hành bộ điều khiển lôgic lập trình được PLC 628
14.7.7 Lỗi khi thử nghiệm đưa vào vận hành các hệ thống cơ điện tử 628
14.8 Bảo trì các hệ thống cơ điện tử 631
14.8.1 Tiến trình của mức độ hư hỏng của hệ thống 631
14.8.2 Chiến lược bảo trì 632
14.8.3 Bảo dưỡng như là biện pháp bảo trì để phòng ngừa hư hỏng 633
14.8.4 Kiểm tra như là biện pháp để phòng ngừa hư hỏng 635
14.8.5 Tu sửa (sửa chữa) 636
14.8.6 Tìm lỗi để làm cơ bản cho việc tu sửa 636

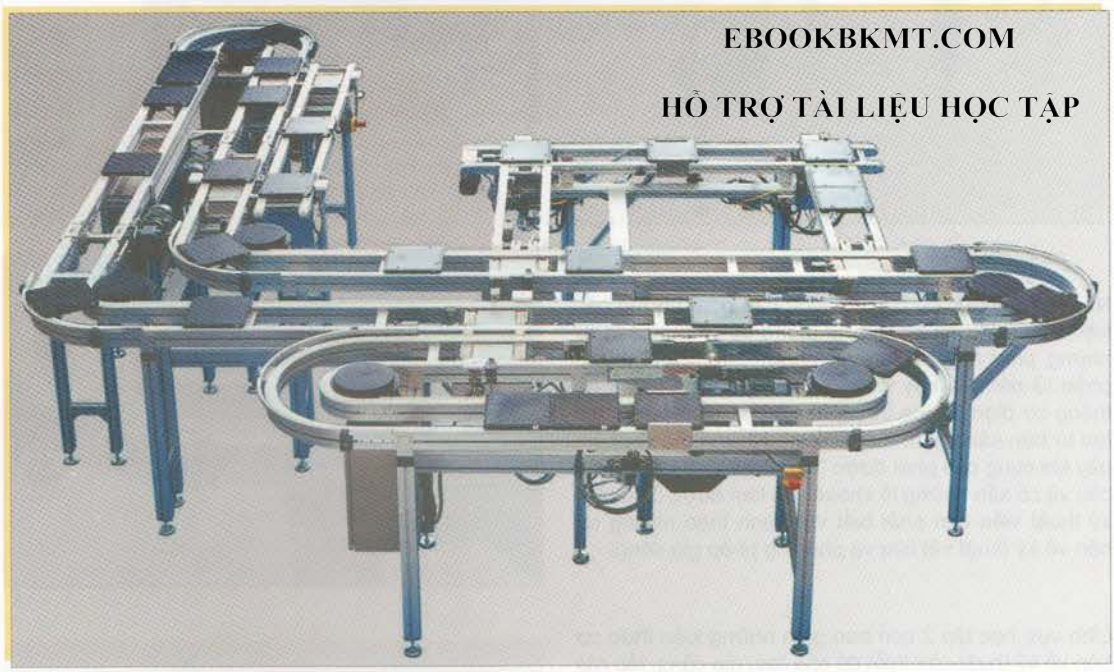
Danh sách nguồn gốc hình ảnh 639
Thuật ngữ Việt - Đức - Anh 640

https://tieulun.hopto.org

Diễn giải những lĩnh vực học tập

Việc đào tạo cho các kỹ thuật viên mới học nghề cơ điện tử được chia thành 13 lĩnh vực học tập. Mỗi lĩnh vực học tập định hướng cho trình tự đào tạo nghề và phạm vi hoạt động, có thể đào tạo khác nhau tùy theo từng cơ xưởng. Trong những tiểu bang khác nhau (tại CHLB Đức), nội dung của lĩnh vực học tập có thể sắp xếp với những môn học khác nhau. Trong phạm vi của những môn học ở các trường dạy nghề và việc đào tạo tại cơ xưởng, nội dung đào tạo cần phải thích hợp với từng bang và từng cơ xưởng. Nhiệm vụ của cuốn sách này là cung cấp những thông tin về chuyên môn và gợi ý. Chúng độc lập với cấu trúc của từng môn học và đặc điểm của từng bang và qua đó hỗ trợ môn học và đào tạo tại cơ xưởng. Vì lý do này các tác giả đã không phân chia sách theo từng lĩnh vực học tập một cách có chủ đích.

Tiếp theo đây những lĩnh vực học tập được diễn giải qua thí dụ của một hệ thống cơ điện tử chọn lọc và trình bày cách sử dụng cuốn sách chuyên ngành trong các chương trình học.



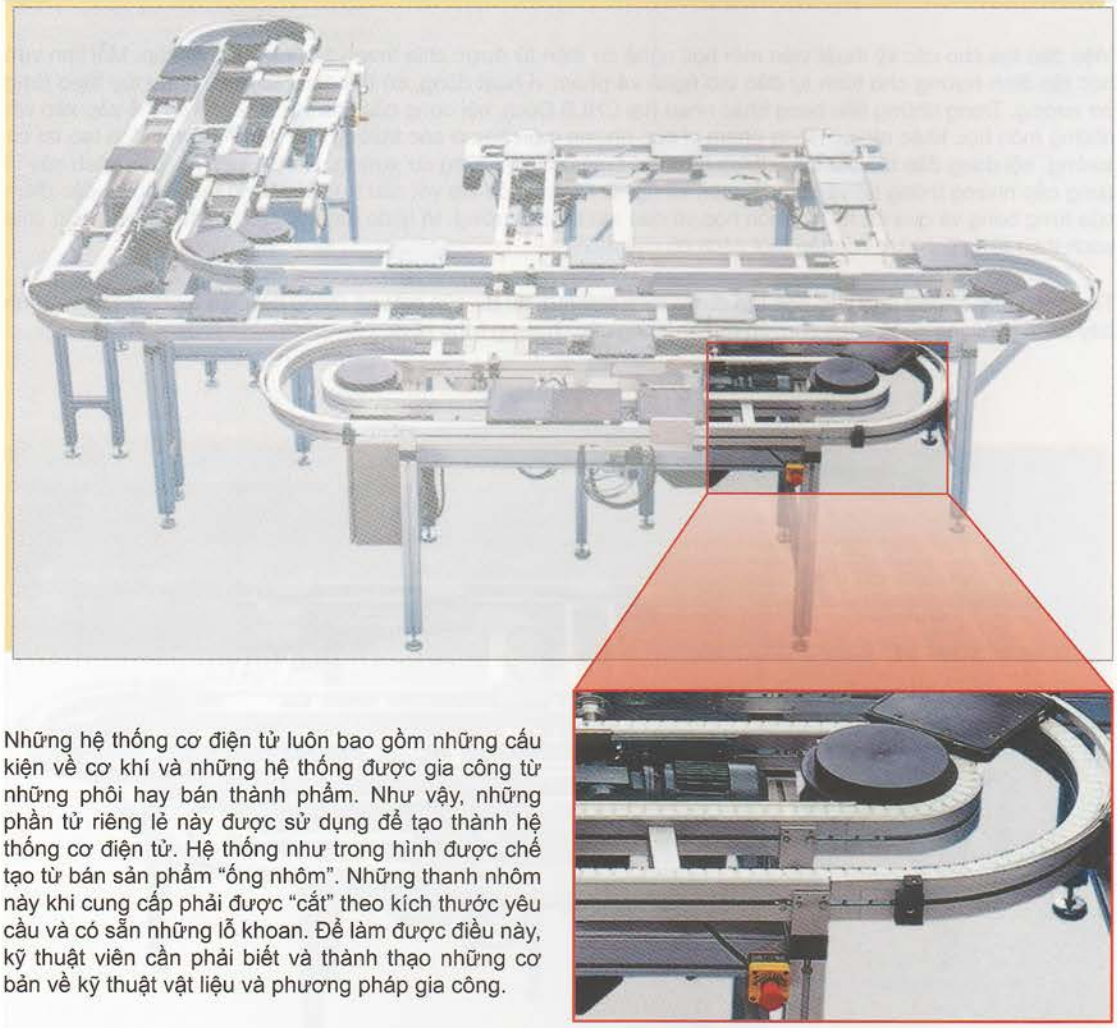
LF1 Phân tích sự tương quan về chức năng trong hệ thống cơ điện tử

Lĩnh vực học tập này đòi hỏi kỹ thuật viên về cơ điện tử quan sát và phân tích toàn bộ hệ thống. Cho nên cần biết chia nhỏ hệ thống thành những hệ thống con và những thành phần, cũng như mô tả chức năng và sự tương quan về chức năng và dòng tín hiệu, dòng vật liệu và dòng thông tin. Các phương tiện hỗ trợ hữu hiệu cho việc này gồm: các phương tiện tài liệu và tài liệu kỹ thuật như bản vẽ kỹ thuật, sơ đồ mạch, sơ đồ khối, sơ đồ chức năng, bản yêu cầu kỹ thuật của khách hàng v.v...

Lĩnh vực học tập 1 còn được gọi là "lĩnh vực học tập chéo" vì có liên quan đến tất cả những lĩnh vực còn lại, những trọng điểm nội dung sẽ được nhắc đến ở hầu hết các chương khác trong sách và được thực hành tùy theo mỗi tình huống học tập.

https://tieulun.hopto.org

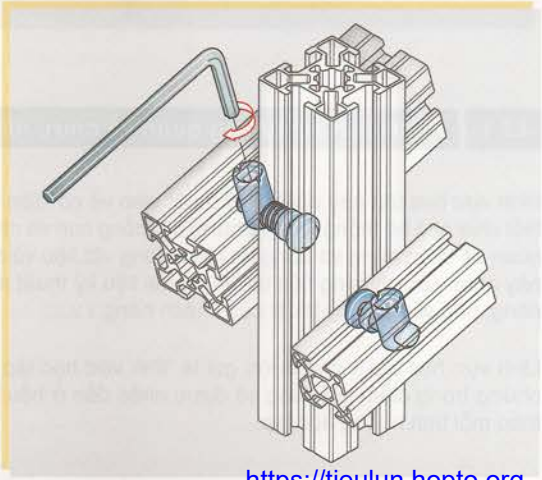
LF2 Chế tạo những hệ thống con vận hành bằng cơ khí



Những hệ thống cơ điện tử luôn bao gồm những cấu kiện về cơ khí và những hệ thống được gia công từ những phôi hay bán thành phẩm. Như vậy, những phần tử riêng lẻ này được sử dụng để tạo thành hệ thống cơ điện tử. Hệ thống như trong hình được chế tạo từ bán sản phẩm "ống nhôm". Những thanh nhôm này khi cung cấp phải được "cắt" theo kích thước yêu cầu và có sẵn những lỗ khoan. Để làm được điều này, kỹ thuật viên cần phải biết và thành thạo những cơ bản về kỹ thuật vật liệu và phương pháp gia công.

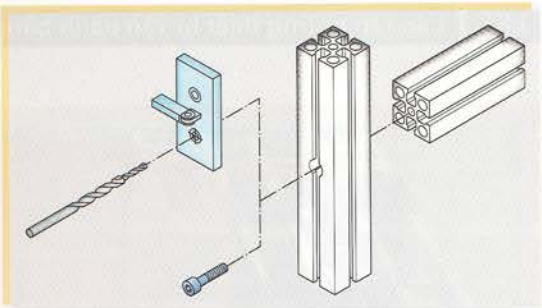
Lĩnh vực học tập 2 còn bao gồm những kiến thức cơ bản về kỹ thuật cần thiết để chế tạo, gia công, lắp ráp các loại vật liệu kim loại và cả chất dẻo, bao gồm kiến thức về cấu tạo, đặc tính và những lĩnh vực ứng dụng của vật liệu sử dụng, cũng như những quan điểm cho việc ứng dụng về phương diện kinh tế, sinh thái và quan trọng đối với sức khỏe.

Bên cạnh cấu trúc vật liệu, phương pháp gia công những chi tiết có sẵn từ những vật liệu cũng rất quan trọng. Trong lĩnh vực học tập 2, tất cả những phương pháp gia công sẽ được giới thiệu kỹ lưỡng để chuyên viên cơ điện tử sử dụng khi cần. Chương này gồm các phương pháp cắt gọt phoi, đặc biệt là rất nhiều phương cách ghép nối như dán, khớp nối ren (bù lông) và hàn vảy.



https://tieulun.hopto.org

Khi gia công các chi tiết, các kỹ thuật viên cũng nên trao đổi với những người khác để tìm hiểu. Điều này có nghĩa là kỹ thuật viên trước hết phải có khả năng đọc và hiểu những bản vẽ kỹ thuật, sơ đồ, biểu đồ và đồ thị.



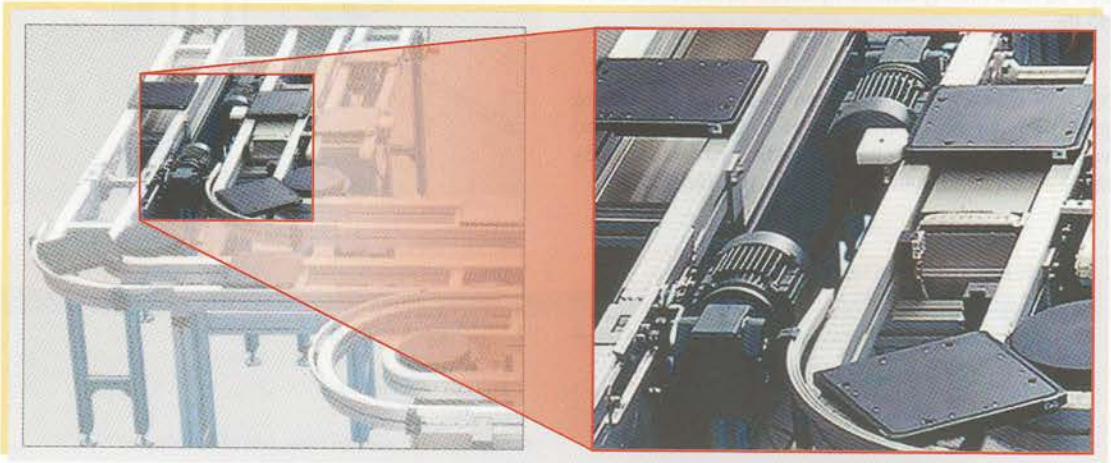
Xa hơn nữa kỹ thuật viên còn phải thiết lập những phác họa và mô tả những quá trình. Các cách chế tạo và kiến thức được giới thiệu trong lĩnh vực học tập này là điều kiện tiên quyết cho lĩnh vực học tập 10.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 2

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Bảng vẽ các nhóm cấu kiện, các cấu kiện đơn lẻ, bảng liệt kê chi tiết	2 Truyền thông kỹ thuật
Thành phần cơ khí, tính thích hợp và dung sai	6 Hệ thống cơ 7 Chế tạo hệ thống cơ
Sơ đồ lắp ráp, phần tử kết nối	6 Hệ thống cơ 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành, bảo trì hệ thống cơ
Cơ bản về những phương pháp gia công cắt gọt và biến dạng bằng thủ công hay bằng máy	6 Hệ thống cơ
Chế tạo những kết nối cơ học	6 Hệ thống cơ
Vật liệu và phụ vật liệu riêng cho cơ xưởng	5 Vật liệu cơ xưởng và vật liệu phụ
Dụng cụ lắp ráp và những thiết bị phụ trợ	6 Hệ thống cơ 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành, bảo trì hệ thống cơ
Lưu kho phù hợp với lắp ráp, an toàn và bảo hộ lao động	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành, bảo trì hệ thống cơ
Phương tiện kiểm tra và đo lường	3 Kỹ thuật đo 4 Quản lý chất lượng

https://tieulun.hopto.org

LF3 Lắp ráp những thiết bị vận hành bằng điện với lưu ý về mặt kỹ thuật an toàn



Hệ thống cơ điện tử ngày nay thường gồm thiết bị điện. Điều kiện đầu tiên để làm việc với chúng là phải có kiến thức cơ bản về cách hoạt động của những thiết bị, những quy luật khi lắp ráp và trên hết là những biện pháp bảo vệ đòi hỏi áp dụng.

Kỹ thuật viên về cơ điện tử phải hiểu rõ những quá trình về điện và có thể thực hiện những công việc lắp ráp cần thiết dưới sự lưu ý về tất cả những yêu cầu về an toàn. Những kỹ thuật viên cũng phải tính được những đại lượng về điện và những tương quan của nó, biết cách diễn đạt, cũng như có thể kiểm tra lại dụng cụ và phương pháp đo lường thích hợp qua ứng dụng.

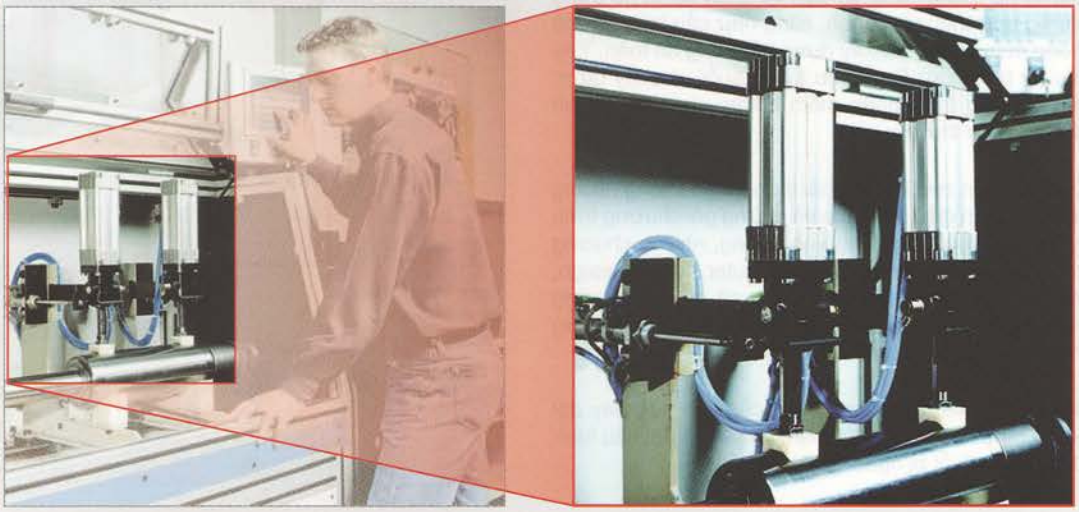
Lĩnh vực học tập 3 cũng là cơ sở cho những lĩnh vực học tập tiếp theo.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 3

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Các đại lượng điện, sự tương quan của nó, khả năng diễn đạt và cách tính toán	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử
Những linh kiện cho mạch điện một chiều và xoay chiều	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử 9 Máy điện
Phương pháp đo bằng điện	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử
Chọn lựa cáp và đường dây cho việc truyền tải năng lượng và thông tin	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử 12 Những hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa.
Những mạng lưới điện	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử
Nguy cơ khi bị quá tải, khi bị ngắn mạch và khi điện áp vượt quá giới hạn (quá áp). Tính toán những linh kiện bảo vệ cần thiết	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử
Sử dụng những sách Cẩm nang (bảng thông số) và những công thức	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử 9 Máy điện
Tác dụng dòng điện lên cơ thể sinh vật, Quy tắc về an toàn trong kỹ thuật điện, những biện pháp trợ giúp khi tai nạn	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử 9 Máy điện
Những biện pháp chống nguy hiểm khi dòng điện chạy qua cơ thể con người (điện giật) theo quy định hiện hành	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử 9 Máy điện
Kiểm tra các phương tiện vận hành bằng điện	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử 9 Máy điện
Nguyên nhân khi điện áp quá cao, khi điện bị lỗi, những hậu quả và những biện pháp chống lại	9 Máy điện
Khả năng tương thích điện từ EMC	8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử

https://tieulun.hopto.org

LF4 Giám sát dòng năng lượng và dòng thông tin trong các nhóm lắp ráp về điện, khí nén và thủy lực



Những vấn đề của điều khiển có thể giải quyết được qua những kỹ thuật khác nhau thí dụ bằng khí nén hay thủy lực. Thông thường cần thiết phải dùng tổ hợp nhiều kỹ thuật. Ngày nay thay vì những hệ điều khiển khí nén và thủy lực thuần túy, ta tìm thấy rất nhiều ứng dụng về điều khiển điện-khí nén hay điện-thủy lực.

Ở đây điều kiện đầu tiên để lắp ráp đúng quy cách kỹ thuật (chuyên môn) về điều khiển là phải nhận biết những kiến thức về chức năng hoạt động và khả năng, những dòng thông tin của thiết bị cũng như thiết kế, và phải đọc và diễn giải những sơ đồ lắp ráp.

Lĩnh vực học tập 4 có thể xem như kết nối chặt chẽ với lĩnh vực học tập 1. Đó là một lĩnh vực học tập liên quan đến những lãnh vực khác như đã đề cập ở những nơi khác trong sách, ở đây cần vận dụng những gì đã học ở lĩnh vực học tập 1, thông qua sự phân tích hệ thống và những liên hệ chức năng.

Nội dung của lĩnh vực học tập này sẽ được đào sâu và phát triển thêm trong lĩnh vực học tập 7 và 8.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 4

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Các đại lượng khí nén và thủy lực, sự tương quan của nó, khả năng trình bày và tính toán	2 Truyền thông kỹ thuật 10 Kỹ thuật điều khiển
Những đơn vị cung cấp về kỹ thuật điện, khí nén và thủy lực	10 Kỹ thuật điều khiển 8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử
Những mạch điện cơ bản về kỹ thuật điều khiển	10 Kỹ thuật điều khiển
Tài liệu kỹ thuật	10 Kỹ thuật điều khiển 2 Truyền thông kỹ thuật
Những tín hiệu và trị số đo của hệ điều khiển	10 Kỹ thuật điều khiển
Nguy cơ khi làm việc với những nhóm thiết bị có công suất lớn về điện, khí nén và thủy lực	10 Kỹ thuật điều khiển 8 Cơ bản về kỹ thuật điện và điện tử
Khía cạnh sinh thái, an toàn lao động và bảo vệ môi trường, tái chế (recycling)	9 Máy điện

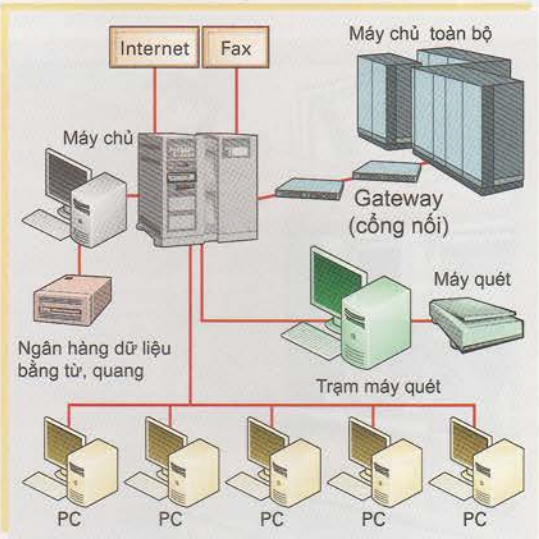
https://tieulun.hopto.org

LF5 Truyền thông nhờ các hệ thống xử lý dữ liệu (máy tính)

Trong lĩnh vực học tập này cần chú ý đến việc sử dụng những hệ thống xử lý dữ liệu và cách bố trí nó trong những quá trình vận hành, cũng như cấu trúc của hệ thống mạng và từ đó xây dựng hệ thống an toàn. Yêu cầu cơ bản là xử lý dữ liệu thông suốt và chạy được các chương trình phần mềm chuẩn cho các ngành chuyên môn thường gặp.

Kỹ thuật viên cơ điện tử phải thông thạo không những chương trình điều hành mà cả những gói chương trình ứng dụng như ứng dụng văn phòng, những chương trình CAD đơn giản (CAD = Computer Added Design, thiết kế với sự hỗ trợ máy tính), cả những chương trình mô phỏng hay lập trình cho robot, hay chương trình mạng cục bộ của một công ty v.v...

Bện cạnh phần mềm, nội dung của lĩnh vực này đòi hỏi kỹ thuật viên phải biết thêm về sự lắp đặt cấu hình cho những thiết bị ngoại vi.



Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 5

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Hệ điều hành máy tính	Tất cả những nội dung này dựa theo trọng tâm trong chương 1. Phần mềm và phần cứng cho từng ngành được mô tả cụ thể từng chương, thí dụ như: 7 Những hệ thống sản xuất linh hoạt hay 10.7 PLC Điều khiển logic khả lập trình được
Những hệ thống xử lý dữ liệu (máy tính) nối mạng	
Bảo vệ dữ liệu và an toàn dữ liệu	
Xử lý thông tin với chương trình phần mềm chuyên ngành	
Những tín hiệu và trị số đo của hệ thống điều khiển	
Chuẩn bị thông tin nhờ việc xử lý dữ liệu	
Công thái học (tạo điều kiện thuận lợi để cải thiện năng suất công nhân, thí dụ cải thiện khu vực làm việc với máy tính)	

LF6 Lập kế hoạch và tổ chức các trình tự làm việc

Trọng tâm chính của lĩnh vực học tập này là cấu trúc tổ chức xí nghiệp và tổ chức làm việc nhóm theo tiêu chuẩn chức năng, thích hợp với gia công và lợi ích kinh tế.

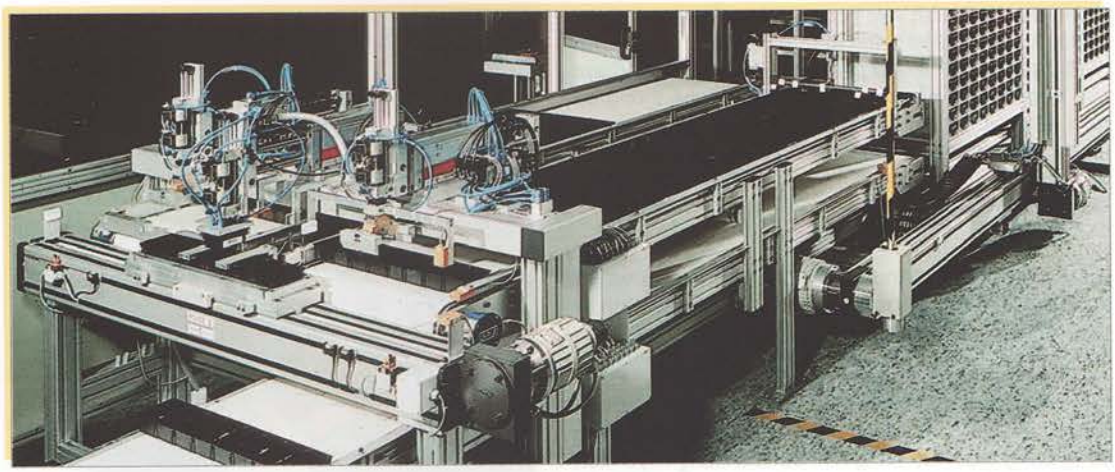
Quan trọng là kỹ thật viên cơ điện tử phải biết rõ những quy trình trong xí nghiệp và những lưu ý khi sử dụng dụng cụ và quy trình làm việc. Cần đọc và hiểu rõ quy trình làm việc. Chuyên viên cũng phải trang bị kiến thức toàn diện về các biện pháp phòng ngừa tai nạn và sẵn sàng tuân thủ. Trong tất cả hoạt động chất lượng phải luôn đặt lên hàng đầu.

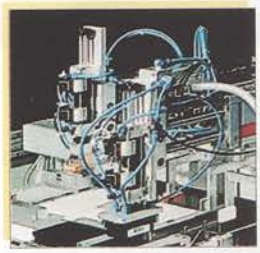
Bảng 2: Nội dung học tập của lĩnh vực 6

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Phân tích những trình tự làm việc	Tương tự như ở lĩnh vực học tập 5, lĩnh vực học tập 6 có liên quan đến tất cả cách lĩnh vực khác, nội dung của nó được vận dụng trong mọi chương khác. Cũng cần tham khảo các tài liệu thí dụ ở chương 1 và 2, cũng như các trình tự thí dụ ở chương 10 và 14.
Đánh giá và biên soạn tài liệu về kết quả	
Công thái học và bảo vệ phòng ngừa tai nạn	
Tính toán đơn giản về thời gian và chi phí	
Phương pháp trình bày trình tự làm việc	
Quản lý chất lượng	

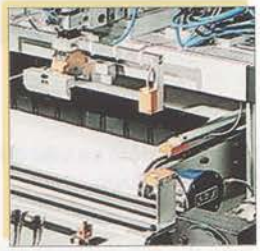
https://tieulun.hopto.org

LF7 Thực hiện những hệ thống con cơ điện tử

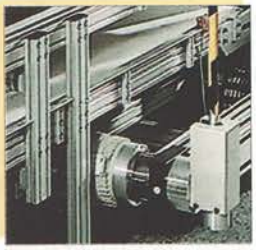




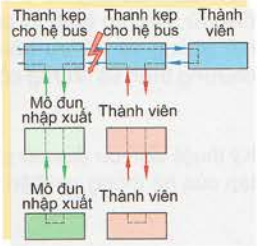
Thí dụ hệ điều khiển bằng khí nén



Thí dụ kỹ thuật cảm biến



Thí dụ hệ thống điện



Dòng thông tin trong hệ thống cơ điện tử

Lĩnh vực học tập 7 có liên hệ chặt chẽ với lĩnh vực học tập 8. Tại đây những cơ bản của kỹ thuật điều khiển được trình bày để có thể thiết kế hệ thống cơ điện tử diễn đạt ở chương 8 có thể thể hiện được. Bên cạnh việc đánh giá các khả năng sử dụng, cách hoạt động của các cơ cấu tác động và cảm biến, còn có nội dung trọng tâm là các vấn đề về điều khiển và điều chỉnh khi sử dụng khí nén, điện-khí nén, thủy lực, điện-thủy lực và hệ điều khiển PLC.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 7

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Chuỗi điều khiển và vòng điều chỉnh, sơ đồ khối	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Những đại lượng đặc trưng (tham số đặc trưng) cho điều khiển và điều chỉnh	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Cách hoạt động của cảm biến và các bộ biến đổi	10.6 Kỹ thuật cảm biến
Tính năng tín hiệu của cảm biến và các bộ biến đổi	10.6 Kỹ thuật cảm biến
Lập trình cho những quy trình chuyển động đơn giản và chức năng điều khiển	10 Kỹ thuật điều khiển
Phác thảo những mạch điện	10 Kỹ thuật điều khiển
Trình bày bằng họa đồ họa những trình tự về điều khiển và điều chỉnh	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Đo tín hiệu	10.6 Kỹ thuật cảm biến
Những mạch cơ bản và cách hoạt động của hệ truyền động	10 Kỹ thuật điều khiển 9 Máy điện
Trình bày những đơn vị truyền động theo sơ đồ chức năng	10 Kỹ thuật điều khiển 9 Máy điện

https://tieulun.hopto.org

LF8 Thiết kế và thiết lập hệ thống cơ điện tử

Trọng điểm của lĩnh vực học tập này nằm trong phạm vi điều khiển và điều chỉnh những hệ thống cơ điện tử. Kỹ thuật viên cơ điện tử phải có khả năng mô tả được cấu trúc và diễn tiến tín hiệu của những hệ thống cơ điện tử phức tạp. Họ phải nhận biết ảnh hưởng của những điều kiện hoạt động biến đổi theo trình tự của quá trình và có thể thay đổi quy trình này một cách có chủ đích nếu cần thiết.

Điều này đòi hỏi kỹ thuật viên phải nắm vững và sử dụng được những phương pháp đo lường các trình tự điều khiển và điều chỉnh.

Kỹ thuật viên phải trang bị kiến thức cơ bản về kỹ thuật điều khiển và điều chỉnh cũng như kỹ thuật truyền động bằng điện. Họ cũng cần có khả năng thực hiện việc kết nối trong hệ thống cơ điện với hệ thống cơ điện tử. Những trình tự chuyển động cũng phải được mô phỏng và tối ưu hóa, nên phải sử dụng những chương trình và những công cụ phần mềm khác nhau.

Kỹ thuật viên cơ điện tử phải có khả năng hiểu, lắp ráp và tháo rời, kiểm tra việc điều khiển hay điều chỉnh phức tạp của hệ thống cơ điện tử và khi cần có thể can thiệp để thay đổi được.

Tất cả những điều này phải được vận hành kèm với sự tuân thủ nghiêm ngặt những biện pháp bảo vệ và an toàn tương ứng.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 8

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Tri số đặc trưng vận hành và đặc tuyến của hệ truyền động	10 Kỹ thuật điều khiển 9 Máy điện
Nguyên lý hoạt động, chọn lựa và chỉnh những thiết bị bảo vệ	6 Hệ thống cơ 9 Máy điện 10 Kỹ thuật điều khiển
Điều khiển và điều chỉnh hệ truyền động	9 Máy điện 10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Quá trình định vị trí, bậc tự do	7 Chế tạo hệ thống cơ 10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Phương pháp thử nghiệm và đo lường để định vị trí	7 Chế tạo hệ thống cơ 10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Hộp số và bộ ly hợp	6 Hệ thống cơ
Bắt đầu làm quen với những thay đổi trong hệ thống có sẵn	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Lập trình cho những trình tự chuyển động đơn giản và chức năng điều khiển	7 Chế tạo hệ thống cơ 10 Kỹ thuật điều khiển
Kỹ thuật mô phỏng bằng máy tính	1 Cơ bản xử lý dữ liệu điện tử (máy tính)
Thu thập trị số đo tại các giao diện	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử

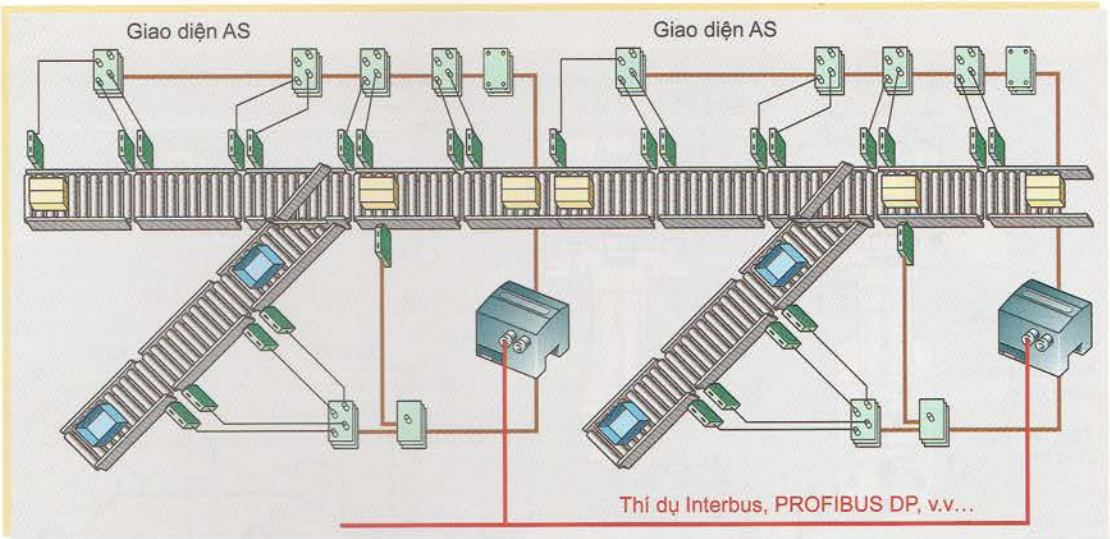
https://tieulun.hopto.org

LF9 Khảo sát dòng thông tin trong hệ thống cơ điện tử phức tạp

Trong lĩnh vực học tập 9 tất cả những kỹ năng chế tạo và kiến thức đã học trước đó đều cần thiết, để có thể nhận biết và mô tả cấu trúc của thông tin. Qua những kết nối logic với các thành phần cơ, điện, khí nén và thủy lực hình thành những hệ thống cơ điện tử phức tạp. Những tín hiệu, các loại tạo tín hiệu và các loại truyền tải tín hiệu được phân biệt, những tín hiệu được do và các lỗi được xác định, bị giới hạn lại và loại bỏ nếu có thể nhờ các phương pháp thích hợp.

Do đó điều kiện tiên quyết cho việc này là phải có kiến thức về phương pháp đo và chẩn đoán thích hợp cũng như có cái nhìn tổng quát về các hệ thống bus thông thường và hệ phân cấp của chúng.

Thí dụ điển hình ở hệ thống bus là thiết lập dự án và thực hiện việc nối mạng những thành phần cấu tạo.



Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 9

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Diễn biến tín hiệu trong hệ thống	10 Kỹ thuật điều khiển 13 Hệ thống cơ điện tử
Cấu trúc tín hiệu	10 Kỹ thuật điều khiển, đặc biệt 10.6 Kỹ thuật cảm biến
Các hệ thống bus	10 Kỹ thuật điều khiển 12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Phương pháp kiểm tra và đo	8 Cơ bản về kỹ thuật điện 9 Máy điện 10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh 13 Hệ thống cơ điện tử 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Khảo sát những giao diện giữa các thành phần hệ thống	10 Kỹ thuật điều khiển 12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Nối mạng những thành phần riêng lẽ	1 Cơ bản xử lý dữ liệu điện tử (máy tính) 12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Hệ phân cấp các hệ thống mạng	12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Tài liệu và kết quả đo	2 Truyền thông về kỹ thuật Chương 10 - 14

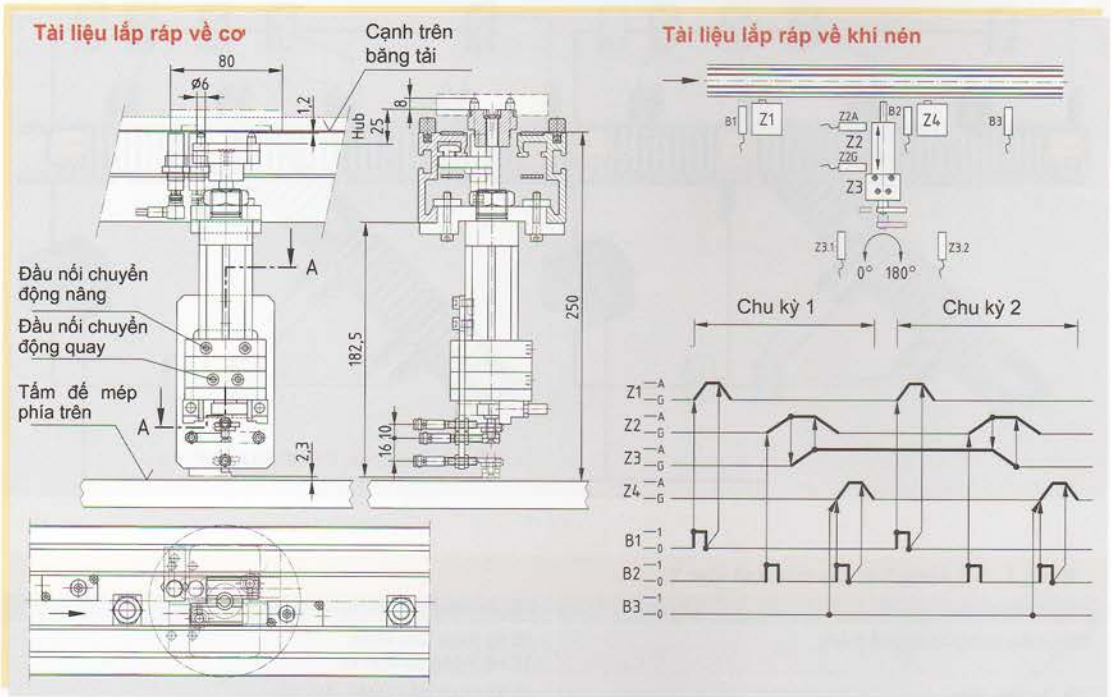
https://tieulun.hopto.org

LF10 Lập kế hoạch lắp ráp và tháo gỡ

Mục tiêu của lĩnh vực học tập 10 là đạt được khả năng lập kế hoạch cho những công việc phải làm trong phạm vi lắp ráp và tháo gỡ. Điều này bao hàm khả năng thiết lập, diễn giải và đánh giá các kế hoạch lắp ráp cũng như khả năng đọc bản vẽ lắp ráp các chi tiết lại với nhau và những tài liệu lắp ráp kỹ thuật khác.

Điều kiện đầu tiên là kỹ thuật viên cơ điện tử phải thông thạo những phương pháp đo lường cần thiết, biết rõ và sử dụng những dụng cụ lắp ráp thích hợp, tuân thủ những quy định về an toàn, sử dụng những phương tiện vận tải và dụng cụ nâng đúng theo nhiệm vụ và làm biên bản về lắp ráp.

Ngay trong lĩnh vực học tập này, tính phức tạp và đa dạng của ngành nghề này thể hiện rõ ràng, kỹ thuật viên cơ điện tử không những thực hiện sự lắp ráp những thiết bị nhỏ thao tác bằng tay, mà còn tham gia điều khiển các máy công cụ lớn và những dây chuyền sản xuất, trình bày toàn bộ hệ thống cơ điện tử.



Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 10

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Tài liệu lắp ráp cơ xưởng	Nội dung của lĩnh vực học tập này chủ yếu kết hợp tất cả trong chương: 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử Nội dung cụ thể quan trọng được phân bố ở các chương sau: 2 Truyền thông kỹ thuật 3 Kỹ thuật kiểm tra 7 Chế tạo hệ thống cơ khí 9 Máy điện và 10 Kỹ thuật điều khiển
Những điều kiện làm việc tại nơi lắp ráp với sự lưu tâm đến quy định	
Các thiết bị cung cấp và xử lý thải của hệ thống cơ điện tử	
Phương tiện chuyên chở, dụng cụ nâng và các dụng cụ trợ giúp lắp ráp	
Các biện pháp an toàn và sự kiểm tra của chúng	
Kiểm tra khi lắp ráp	
Dung sai về dạng và vị trí	
Công việc hiệu chỉnh	
Xử lý thải và tái chế	

https://tieulun.hopto.org

LF11 Đưa vào vận hành, tìm lỗi và bảo trì

Nhiệm vụ của lĩnh vực học tập này là đào tạo cho kỹ thuật viên cơ điện tử khả năng phân tích hệ thống cơ điện tử dựa trên tài liệu kỹ thuật, phân chia hệ thống thành những khối chức năng và khảo sát tác dụng tương hỗ, cũng như ảnh hưởng qua lại của những khối chức năng. Qua đó, kỹ thuật viên cũng nên đặt mình vào vị trí người vận hành hệ thống cơ điện tử, tìm cách tránh lỗi hoặc phải định vị trí lỗi, khi lỗi xuất hiện, mô tả nguyên nhân của lỗi và cuối cùng loại trừ nó.

Để thực hiện các yêu cầu trên, những phương pháp thử nghiệm khác nhau để đưa vào vận hành cũng được trình bày. Khả năng sử dụng hệ thống chẩn đoán phải được kiểm tra. Cảm biến và cơ cấu tác động phải được hiệu chỉnh lại và thông số hệ thống phải được thiết lập lại. Kết quả cũng phải ghi vào những tài liệu đã định trước. Cách tiến hành công việc có hệ thống và phương pháp trong việc kiếm lỗi là yêu cầu chính trong lĩnh vực học tập này.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 11

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
	Nội dung của lĩnh vực học tập này chủ yếu bao gồm các chương: 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử. Những trường hợp chuyên biệt trong những chương sau đây:
Sơ đồ khối, sơ đồ tác dụng và sơ đồ chức năng của hệ thống cơ điện tử	6 Hệ thống cơ 10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh 12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Kiểm tra lại và hiệu chỉnh cảm biến và cơ cấu tác động	10 Kỹ thuật điều khiển 12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Tham số hệ thống	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh 12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Thay đổi tham số hệ thống bus	12 Hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa
Cài đặt chương trình	1 Xử lý dữ liệu điện tử IT 10 Kỹ thuật điều khiển
Phương pháp tìn kiếm lỗi trong hệ thống điều khiển điện, khí nén và thủy lực	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Phân tích lỗi	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Chiến lược tìm lỗi, những nguyên nhân gây lỗi điển hình	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Biện pháp bảo vệ về điện và cơ, quy định bảo vệ	8 Cơ bản về kỹ thuật điện 9 Máy điện
Khả năng tương thích điện từ EMC	9 Máy điện
Hiển thị quy trình bằng hình ảnh, hệ thống chẩn đoán, chẩn đoán từ xa	10 Kỹ thuật điều khiển
Biên bản về thử nghiệm vận hành, tài liệu về lỗi, biên bản về bảo trì	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử 2 Truyền thông kỹ thuật
Phương pháp bảo đảm chất lượng	4 Quản lý chất lượng
Sửa lỗi chương trình phần mềm	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Lưu tâm đến những yêu cầu của khách hàng	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Ảnh hưởng của hệ thống cơ điện tử lên những điều kiện về kinh tế, sinh thái và xã hội	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành lần đầu và bảo trì hệ thống cơ điện tử

https://tieulun.hopto.org

LF12 Bảo trì phòng ngừa

Trong lĩnh vực học tập này vấn đề vận hành an toàn hệ thống cơ điện tử đứng hàng đầu. Từ nhận thức về sự tương quan chức năng giữa các thành phần riêng lẻ của hệ thống, ta rút ra được những mục tiêu để vận hành an toàn và nếu cần thiết tiến hành những biện pháp phù hợp. Từ những tài liệu hướng dẫn về bảo dưỡng và những sách hướng dẫn về vận hành, những nhiệm vụ bảo trì tiêu biểu sẽ được giới thiệu và mô tả. Kỹ thuật viên cơ điện tử phải có khả năng tự mình thiết lập kế hoạch bảo dưỡng.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 12

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
	Như lĩnh vực học tập 11, nội dung của lĩnh vực học tập này chủ yếu được xử lý trong chương 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử. Thêm vào đó nhiều nội dung các lĩnh vực khác nhau trong những chương sau đây:
Ô nhiễm, sự mỏi ở vật liệu, sự tiêu dùng, sự hao mòn và những hậu quả của chúng	6 Hệ thống cơ
Độ tin cậy của hệ thống	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Thiết kế và thích nghi với kế hoạch bảo dưỡng	2 Truyền thông về kỹ thuật
Kiểm tra	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Phương pháp kiểm tra lại những thiết bị an toàn	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Thích nghi của các phần hệ thống theo những yêu cầu thay đổi	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Phương pháp chẩn đoán và hệ thống bảo trì	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử
Quản lý chất lượng	4 Quản lý chất lượng
Tài liệu	2 Truyền thông kỹ thuật
Bắt đầu làm quen với những thay đổi trong tài liệu kỹ thuật	2 Truyền thông kỹ thuật

LF13 Bàn giao hệ thống cơ điện tử cho khách hàng

Kỹ thuật viên cơ điện tử phải có khả năng mô tả và giải thích hệ thống cơ điện tử. Họ phải tự thiết lập những tài liệu hướng dẫn sử dụng hay phải cung cấp thông tin chuyên môn một cách hợp thức để hỗ trợ phòng ban chuyên môn khác soạn thảo tài liệu hướng dẫn. Như vậy họ cần biết đọc hiểu và xử lý những tài liệu này bằng họa đồ hay văn bản, trong quá trình đó cần lưu ý đến tương quan giữa xí nghiệp của mình và khách hàng, nhà cung ứng.

Trung tâm điểm cho lĩnh vực học tập này là khả năng giao tiếp. Cho việc phát triển những kỹ năng này có rất nhiều mẹo cơ bản quý giá, tuy nhiên việc huấn luyện phải trải dài cho tất cả lĩnh vực học tập.

Bảng 2: Nội dung học tập của lĩnh vực 13

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Sử dụng hệ thống truyền thông trong xí nghiệp	1 Cơ bản về xử lý dữ liệu (máy tính)
Tinh thần làm việc nhóm	
Giao tiếp	2 Truyền thông về kỹ thuật
Điều khiển chương trình và trình bày	1 Cơ bản về xử lý dữ liệu (máy tính)
Liên hệ với khách hành và nhà cung cấp	
Chỉ dẫn sử dụng và tài liệu hướng dẫn vận hành	2 Truyền thông kỹ thuật 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử

https://tieulun.hopto.org

1 Cơ bản về xử lý dữ liệu

Xử lý dữ liệu bao gồm những hệ thống nhằm thu thập, xử lý, truyền tải, lưu trữ và/hoặc chuẩn bị thông tin. Khái niệm thông tin và khái niệm dữ liệu liên quan đóng một vai trò cơ bản trong việc xử lý dữ liệu. Vì thế vài khái niệm sẽ được diễn giải sau đây:

Dữ liệu là những ký tự hoặc những hàm liên tục nhằm mục đích xử lý thông tin theo những quy tắc hoặc những thỏa thuận định sẵn.

Dữ liệu kỹ thuật số (digital) bao gồm các ký tự (rời rạc) nằm kề nhau ("1" hoặc "0").

Dữ liệu tương tự (analog) ứng với các hàm liên tục và được biểu diễn bằng những đại lượng vật lý như điện áp, được dùng để trình bày các sự kiện cần mô tả và có thể thay đổi giá trị liên tục.

Tin tức là những ký tự hoặc những hàm liên tục nhằm mục đích truyền đạt hoặc truyền tải thông tin theo những quy tắc hoặc những thỏa thuận được định sẵn.

Ký tự là những phần tử dùng để diễn tả dữ liệu hoặc thông tin.

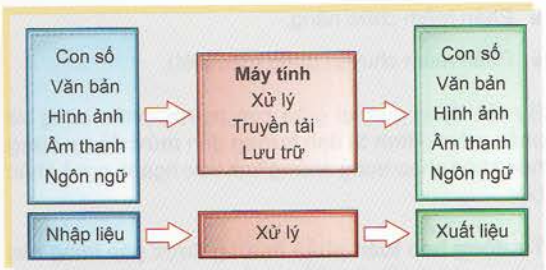
Bộ ký tự là tập hợp toàn bộ những ký tự được quy ước hoặc cung ứng để diễn đạt thông tin (bộ ký tự số, bộ ký tự chữ số).

Cú pháp ấn định những quy luật cho phép kết cấu các ký tự thành từ và kết hợp các từ thành câu của một ngôn ngữ.

Ngữ nghĩa (Semantic) hoặc ngữ nghĩa học là môn học về ý nghĩa nội dung của ngôn ngữ. Trong ngành tin học, ngữ nghĩa đặc biệt dựa trên ngôn ngữ lập trình.

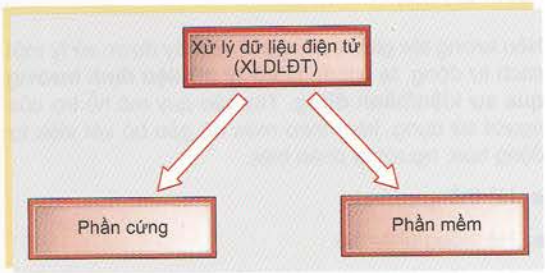
Thông tin là chuỗi những ký tự từ một bộ ký tự, được tạo ra từ những quy luật định sẵn (cú pháp), được mang ý nghĩa (ngữ nghĩa) trừu tượng hoặc cụ thể và được nơi gửi hay nơi nhận thông tin cùng diễn giải nội dung định trước.

Xử lý dữ liệu cần được hiểu là, dữ liệu được xử lý qua các thuật toán[1], các phương pháp hoặc các cách thức để tạo ra các dữ liệu mới. Việc xử lý dữ liệu được thực hiện thông qua các thiết bị điện tử như máy tính, được gọi là **xử lý dữ liệu điện tử** (XLDLĐT). Nó bao gồm việc nhập liệu, xử lý qua các phép tính, xuất liệu, truyền tải và lưu trữ dữ liệu.



Hình 1: Nguyên tắc NXX (nhập liệu-xử lý-xuất liệu)

Ở đây dữ liệu sẽ được nhập vào máy tính dưới nhiều dạng khác nhau và dựa vào các lệnh thực thi cũng được đưa vào máy tính, dữ liệu được xử lý, được truyền tải và/hoặc được lưu trữ. Sau đó, kết quả sẽ được cung cấp dưới những hình thức khác nhau (**Hình 1**). Nguyên tắc NXX (*nhập liệu-xử lý-xuất liệu*) này được ghi nhận là một cấu trúc chung cho việc xử lý dữ liệu điện tử (**Hình 2**). Khái niệm **phần cứng** chỉ toàn bộ các thiết bị kỹ thuật dùng để xử lý dữ liệu hoặc thông tin. Trong khi **phần mềm** gồm những chương trình dùng điều khiển các quá trình về xử lý, truyền tải và lưu trữ trong máy tính cũng như việc nhập và xuất liệu.



Hình 2: Các thành phần của XLDLĐT

Không có phần mềm thì máy tính chỉ là một cỗ máy không có khả năng sử dụng. Phần mềm tạo nên giao

1) Một thuật toán (algorithm) là một quy định giao ước nhằm giải một vấn đề được định nghĩa rõ ràng và có giới hạn. Nó bao gồm nhiều bước cơ bản được giải quyết tuần tự theo một chuỗi nhất định, trong đó cho phép những khả năng lựa chọn và sự phân nhánh (xem trang 63).

https://tieulun.hopto.org

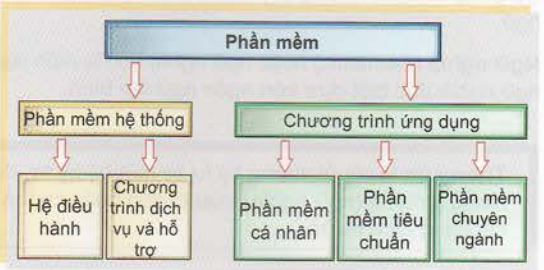
diện chủ yếu trong việc giao lưu giữa người sử dụng với phần cứng, giữa con người và máy móc (**Hình 1**). Tuy nhiên, phần mềm còn được phân nhỏ thành phần mềm hệ thống và phần mềm ứng dụng (**Hình 2**). Các phần mềm ứng dụng luôn lệ thuộc vào phần mềm hệ thống, phần mềm này tổ chức, điều khiển và kiểm soát việc truyền dữ liệu ở các thiết bị ngoại vi của máy tính. Trong khi phần mềm hệ thống chủ yếu thuộc hệ điều hành, thì các phần mềm ứng dụng có thể kể đến hàng loạt chương trình được sử dụng thường nhật trong nghề nghiệp và cuộc sống riêng (**Hình 3**).

Hình 1: Giao diện máy tính (Xử lý dữ liệu điện tử)

Hệ điều hành bao gồm một số lượng lớn những chương trình con, sự tác động qua lại của chúng hình thành nên sự vận hành của máy tính. Những chương trình con thuộc hệ thống này thiết lập sự kết nối giữa phần cứng, người sử dụng và chương trình ứng dụng (xem chương hệ điều hành).

Hình 2: Các thành phần của phần mềm

Chương trình dịch vụ và **hỗ trợ** (**Hình 4**) là những chương trình vận hành phần cứng, nó tác động đến sự kết nối hệ thống, thí dụ: thiết bị ngoại vi như máy in. Chương trình hỗ trợ còn được gọi là **công cụ** hay **tiện ích**. Đây là những chương trình bổ sung cho hệ điều hành hoặc bù đắp những điểm yếu của phần mềm hệ thống cũng như những chức năng còn khiếm khuyết.

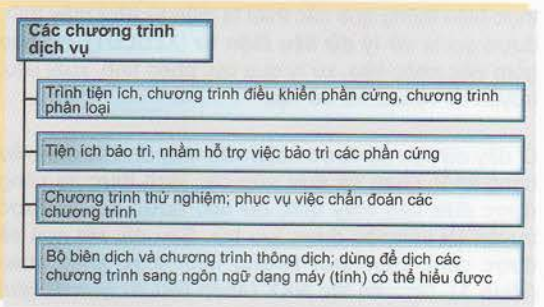


Hình 3: Phần mềm hệ thống và phần mềm ứng dụng

Phần mềm ứng dụng là những phần mềm dùng để giải quyết các nhiệm vụ nhất định. Ta phân biệt:

- Phần mềm chuyên ngành,
- Phần mềm chức năng,
- Phần mềm chuyên dụng (đặc biệt).

Sự tác động qua lại giữa con người, phần cứng và phần mềm (**Hình 5**) ảnh hưởng đến **mức độ tự động hóa** khác nhau trong những lĩnh vực ngành nghề khác biệt.



Hình 4: Các chương trình dịch vụ

Tự động hóa toàn phần thường được gặp trong các lĩnh vực kỹ thuật như điều khiển hoặc tự động hóa các quy trình. **Tự động hóa một phần** đòi hỏi có sự can thiệp của con người vào hệ thống ở mức độ hạn chế, nó xảy ra khi kết quả tạm thời của hệ thống do con người quyết định.

Nếu tương tác giữa con người và máy được xử lý một cách tự động, ta gọi đó là **xử lý dữ liệu định hướng qua sự kiện/hành động.** Tùy vào quy mô hỗ trợ của người sử dụng, kèm theo mức độ gắn bó với việc tự động hóa, người ta phân biệt:

- Hệ thống quản trị
- Hệ thống phân bố
- Hệ thống thông tin và hệ điều hành
- Hệ thống quy hoạch
- Hệ thống kiểm soát

Phần mềm chuyên ngành:	Phần mềm chức năng:	Phần mềm chuyên dụng:
Ngân hàng, Công nghiệp xây dựng, Bán hàng sỉ và lẻ, Bác sĩ, Luật sư, Quản lý địa ốc, Lâm nghiệp	Quản trị nguồn nhân lực/nhân sự, Lập kế hoạch sản xuất, Lập hóa đơn, Tính số lương, Quản lý nhà kho, Quản lý vật liệu, Kế toán	Xử lý văn bản, Tính toán bảng, Tối ưu hóa tuyến tính, Đồ họa, Thu thập dữ liệu, Thống kê

Hình 5: Chương trình ứng dụng

https://tieulun.hopto.org

1.1 Hệ điều hành

Hệ điều hành (tiếng Anh là Operating System, OS) là sự tổng hợp tất cả các chương trình dùng để kiểm soát, tổ chức, quản lý và sau cùng là giám sát một máy tính. Ngoài ra hệ điều hành cũng tạo ra một nền hệ thống, cung ứng cho người sử dụng máy tính những công cụ dùng để quản lý và quản trị những chương trình xử lý văn bản và những trình dịch vụ khác như việc bảo dưỡng từ xa một hệ thống. Hệ điều hành (**Hình 1**) cho phép người dùng làm việc với máy tính, thí dụ nhập liệu qua bàn phím, xuất liệu trên màn hình và chuyển tải hoặc thu nhận dữ liệu từ các phương tiện lưu trữ.

> Hệ điều hành là giao diện thiết lập sự kết nối giữa con người và máy tính.

1.1.1 Nhiệm vụ của một hệ điều hành

Nhằm đạt được tính thân thiện cao cho người sử dụng, hệ điều hành quản lý tất cả các nguồn quan trọng của một máy tính và che giấu sự truyền thông phức tạp giữa các bộ phận phần cứng khỏi người dùng. Trước tiên phải kể đến việc quản lý các quá trình, quản lý bộ nhớ và quản lý thiết bị (**Bảng 1**). Kế đó hệ điều hành cung cấp cho người dùng một giao diện để liên lạc với hệ điều hành, mà thường được gọi là **"Shell"** - lớp vỏ chương trình - (tiếng Anh là "vỏ sò"). Nó cho phép người sử dụng truyền lệnh đến hệ điều hành, thí dụ như "sao chép tập tin" (**Hình 1**).

Bảng 1: Quản lý nguồn

Quản lý quy trình
Quản lý bộ nhớ chính (RAM)
Quản lý bộ nhớ thứ cấp (ổ đĩa cứng)
Quản lý thiết bị (máy in)

Phân biệt:

- Giao diện theo dòng lệnh định hướng Shell (CLI: **C**ommand **L**ine **I**nterface) là những lệnh hoặc chuỗi lệnh được người dùng chuyển giao cho hệ điều hành, định hướng theo từng dòng, thí dụ MS-DOS-Prompt.
- Giao diện đồ họa ứng dụng hiển thị bằng đồ họa Shell (GUI: **G**raphical **U**ser **I**nterface) được hệ thống cho hiển thị và để người sử dụng chọn lựa. Lệnh tạo điều kiện cho những yêu cầu dịch vụ của hệ điều hành, thí dụ như trình duyệt của Microsoft Windows-Explorer.

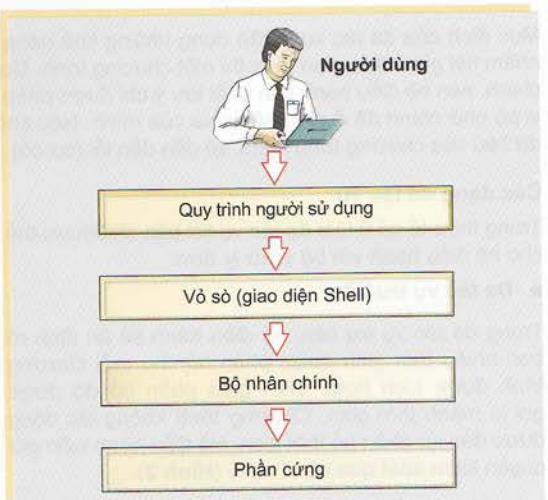
Để giải quyết những yêu cầu này, người sử dụng máy tính được cung cấp nhiều hệ điều hành khác nhau (**Bảng 2**).

Bảng 2: Hệ điều hành

WIN-XP	Hệ điều hành 32-, 64-Bit
WIN VISTA	Hệ điều hành 32-, 64-Bit
WIN 7, 8	Hệ điều hành 32-, 64-Bit
Mac OS Classic	Hệ điều hành 32 Bit
Mac OS X	Hệ điều hành 32-, 64-Bit
UNIX	Hệ điều hành 32-, 64-Bit
LINUX	Hệ điều hành 32-, 64-Bit Sự phân bổ khác nhau.

Hệ điều hành hiện đại ngày nay đáp ứng những nhiệm vụ sau:

- Khởi động và tắt máy tính
- Tổ chức và quản lý bộ nhớ làm việc
- Quản lý tập tin trong danh mục (thư mục)
- Điều khiển các bộ phận phần cứng
- Tổ chức và quản lý bộ nhớ
- Tổ chức hiển thị màn hình
- Tải và kiểm soát các chương trình ứng dụng; chuyển tiếp dữ liệu nhập của người dùng; xử lý các lỗi; quản lý quyền sử dụng.
- Quản lý và phục vụ nhiều người sử dụng qua quyền truy nhập riêng biệt của từng cá nhân và hồ sơ sử dụng.
- Cung cấp các chương trình dịch vụ: sao lưu dữ liệu, nhập văn bản, viễn thông, nhập liệu tiếng nói v.v...



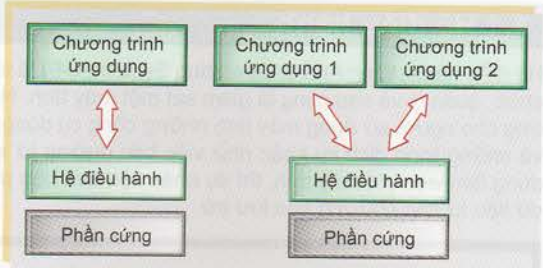
Hình 1: Mô hình lớp của hệ điều hành

https://tieulun.hopto.org

1.1.2 Các loại hệ điều hành

Hệ điều hành được phân thành các loại sau đây:

- Hệ đơn nhiệm hoặc đa nhiệm
- Hệ một người hoặc nhiều người cùng sử dụng
- Hệ bộ xử lý một lõi hoặc hệ bộ xử lý đa lõi (bộ xử lý µP)
- Hệ điều hành thời gian thực



Hình 1: Hệ điều hành đơn-đa nhiệm

Hệ đơn nhiệm hoặc đa nhiệm (Hình 1)

Việc thực hiện chương trình trong chế độ vận hành đơn tác vụ (**singletasking**) diễn ra tuần tự, cái này sau cái kia. Chương trình đang chạy (được thực hiện) có toàn quyền kiểm soát trung tâm xử lý (CPU). Trước khi chương trình chấm dứt, chế độ vận hành không có khả năng tự chủ động. Hạn chế của những hệ điều hành này là, một mặt các nguồn tài nguyên của máy tính không được tận dụng triệt để, mặt khác không thể can thiệp giữa chừng, khi phát sinh một lỗi trong chương trình của người sử dụng, máy tính bị "sụm" (ngừng hoạt động). Khi khởi động lại hệ thống, hệ điều hành được nạp lại và nhận lại quyền kiểm soát trung tâm xử lý. Ngày nay hệ đơn nhiệm không còn đóng vai trò quan trọng nữa. Thay vào đó, những **hệ điều hành đa tác vụ** (multitasking - như Unix, Windows dựa vào công nghệ NT[1)]) hiện nay chiếm tầm quan trọng cơ bản.

> Khái niệm đa nhiệm được hiểu là hệ điều hành có khả năng quản lý nhiều tiến trình "đồng thời" (xử lý song song các ứng dụng), giải quyết cùng lúc nhiều nhiệm vụ, dù về mặt vật lý, nó chỉ có một bộ vi xử lý. Trên thực tế thì tại một thời điểm, chỉ có một tiến trình được kích hoạt.

Không được phép đánh đồng một quá trình với một chương trình. Một quá trình là một chương trình đang được thực thi, bao gồm khối điều khiển tiến trình liên quan. Trong **khối điều khiển tiến trình**, tất cả các dữ liệu tương ứng của tiến trình như trạng thái hiện thời, địa chỉ khởi động của nó, được lưu trữ. Điều này quan trọng đối với nhân hệ thống, vì nó cần lập hồ sơ cho mỗi quá trình. Theo ý nghĩa này, một quá trình được tạo ra trong khi chương trình thực thi và sẽ kết thúc khi chương trình chấm dứt. Khi thực thi một chương trình thông qua hoạt động đa nhiệm, công việc cần thực hiện không giảm. Tuy nhiên, hệ điều hành được trang bị khả năng chuyển đổi các quá trình giữa chừng, nghĩa là, cho tạm ngừng một quá trình đang hoạt động để tiếp tục xử lý một quá trình đã bị cho ngừng trước đó. Sự tráo đổi này được gọi là **chuyển đổi tác vụ**. Bởi vì sự tráo đổi tác vụ này được thực thi chỉ trong một giây, người sử dụng có cảm giác rằng những tiến trình vẫn đang "chạy" cùng lúc. Có nghĩa là, hệ thống phải chia toàn bộ thời gian tính toán cần cho bộ vi xử lý (ra mili giây), thành những mảng thời gian nhỏ (time slice), lúc đó mới tạo cho người sử dụng có ấn tượng rằng, các tiến trình được "chạy" đồng thời. Việc in ấn các bản in của máy in được thực hiện ngầm (ND: "sau hậu trường" còn gọi là spooling có nghĩa là tài liệu lưu trữ trong bộ nhớ của máy in và tài liệu chờ đợi lần lượt sẽ được in) hoặc việc quản lý mạng là những nhiệm vụ tiêu biểu của đa tác vụ.

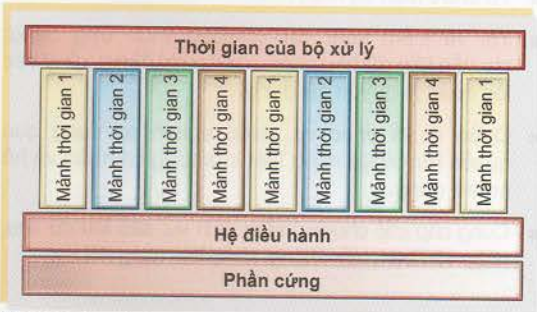
Mục đích của đa tác vụ là tận dụng những khả năng của phần cứng và phần mềm tương ứng của máy tính, nhằm tiết giảm thời gian thực thi một chương trình. Do những chương trình này hiện diện cùng lúc trong bộ nhớ chính, nên hệ điều hành cần phải lưu ý chỉ được phép thay đổi những dữ liệu của mỗi chương trình trong phạm vi bộ nhớ chính đã được phân chia của mình. Nếu không, dữ liệu của chương trình này có thể bị ghi đè lên bởi dữ liệu của chương trình khác, sẽ dẫn đến lỗi (sự cố). Unix hoặc Windows XP là những hệ điều hành đa tác vụ.

Các dạng đa tác vụ:

Trong thực tế có 2 loại đa tác vụ cơ bản chiếm ưu thế cho hệ điều hành với bộ vi xử lý đơn:

- **Đa tác vụ ưu tiên**

Trong đa tác vụ ưu tiên, hệ điều hành sẽ ấn định rõ bao nhiêu thời gian được phân bổ cho mỗi chương trình được kích hoạt. Thời gian phân bổ đó được gọi là mảnh thời gian. Chương trình không tác động được đến sự phân bổ thời gian. Hệ điều hành luôn giữ quyền kiểm soát qua bộ vi xử lý (**Hình 2**).



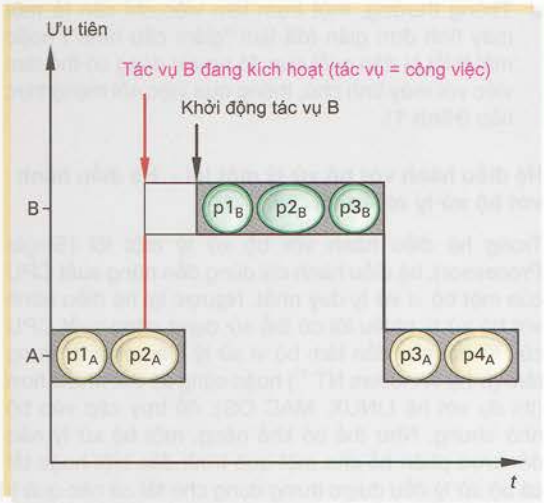
Hình 2: Các mảnh thời gian của thời gian bộ xử lý

[1)] NT: New technology: kỹ thuật mới của hệ điều hành Windows

https://tieulun.hopto.org

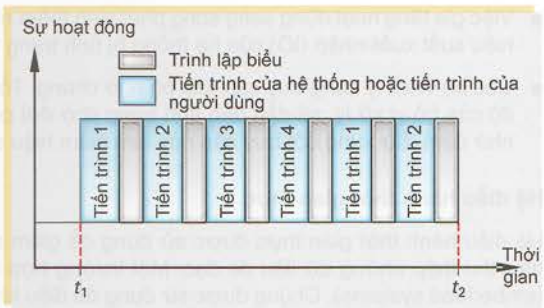
■ Đa tác vụ tương tác

Về cơ bản, các chương trình hay các quá trình trên máy tính cùng chia sẻ những thiết bị riêng rẽ như ổ đĩa cứng, bộ xử lý trung tâm v.v... Như đã biết, bộ vi xử lý chỉ xử lý được từ quá trình này sang quá trình khác. Trong đa tác vụ tương tác, hệ điều hành cần phải sắp đặt sao cho các ứng dụng phải thường xuyên trao lại quyền kiểm soát cho trung tâm điều khiển (**Hình 1**). Sự kiện này được gọi là yielding (nhân nhượng). Một chương trình nếu bị đánh giá là không đủ công suất tính toán cần thiết mà bộ vi xử lý đòi hỏi sẽ chuyển giao việc tính toán cho một chương trình khác. Tuy nhiên, khi chương trình có lỗi phát sinh sự cố trước khi nó kịp chuyển giao quyền thực thi, thì sẽ gây tắc nghẽn toàn bộ hệ điều hành và dẫn đến việc treo máy. So với sự vận hành đa tác vụ ưu tiên thì sự vận hành đa tác vụ tương tác sử dụng bộ nhớ ít hơn, do đó việc chịu tải lên bộ xử lý trung tâm (CPU) cũng ít hơn. Đa tác vụ tương tác là chế độ vận hành của hệ điều hành Apple Macintosh (cho đến phiên bản 9).



Hình 1: Đa tác vụ tương tác

Trình lập thời biểu (scheduler = thời khóa biểu) quản lý bộ vi xử lý. Nó quy định công suất nào của bộ xử lý được dùng cho quá trình nào. Việc xử lý có thể diễn ra hoàn toàn độc lập hoặc tương ứng với nhau. Tuy nhiên, diễn tiến của một quá trình luôn được chạy (ở mặt trước), còn những tiến trình khác cũng được xử lý chìm (ở mặt sau) (**Hình 2**). Qua thuật toán trình lập biểu, ta có thể phân định cấp ưu tiên cho từng quá trình và mỗi quá trình sẽ được phân bố một phần thời gian tính toán nhất định. Có nghĩa là, bộ xử lý tiếp nhận tiến trình đang có cấp ưu tiên cao nhất. Sau một khoảng thời gian, tiến trình này sẽ bị ngưng, nếu vẫn chưa được hoàn tất, nó sẽ được kích hoạt lại vào một thời điểm sau đó. Trên hầu hết các máy tính cá nhân đơn lẻ, chế độ đa tác vụ chỉ được dùng để khởi động cùng lúc nhiều chương trình, như xử lý văn bản và chương trình đồ họa. Nhưng thực sự, chỉ có một người sử dụng. Chế độ đa tác vụ hữu dụng hơn nếu nhiều người sử dụng cùng lúc hoặc khi một người dùng thực sự làm nhiều việc cùng một lúc (thí dụ như vừa biên dịch phần mềm và viết thư điện tử).



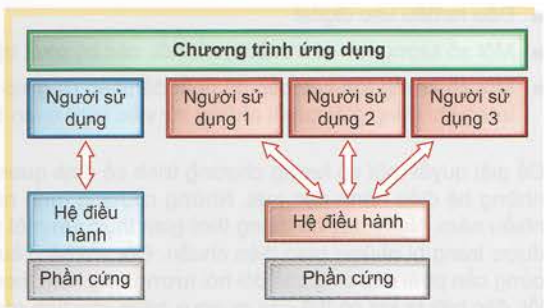
Hình 2: Trình lập biểu

Hệ điều hành một người sử dụng – nhiều người cùng sử dụng (Single/Multi-User)

Với **hệ điều hành một người sử dụng** luôn chỉ có một người dùng có thể làm việc với máy tính. Hệ điều hành loại này được thiết kế cho một người dùng duy nhất (**Hình 3**). Theo đó, môi trường làm việc đầy đủ cũng như tất cả các dịch vụ được thiết lập chỉ dành cho một người sử dụng (MS-DOS, Win 9x v.v...).

Đa tác vụ là điều kiện cơ bản cho **hệ điều hành nhiều người sử dụng** của một hệ điều hành. So với **hệ điều hành một người sử dụng**, ưu điểm cơ bản của nó là:

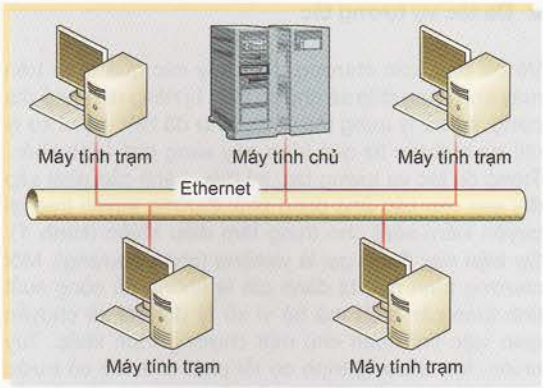
- Tạo ra nhiều truy cập cùng lúc lên máy tính. Có nghĩa vào cùng một thời điểm, nhiều người có thể tận dụng những nguồn chia sẻ của hệ thống máy tính.



Hình 3: Hệ một người/nhiều người sử dụng

https://tieulun.hopto.org

- Thông thường, một trạm làm việc chỉ cần là một máy tính đơn giản (đã làm "giảm cấu hình") hoặc một thiết bị đầu cuối qua đó người dùng có thể làm việc với máy tính chủ, thông qua việc nối mạng trực tiếp (**Hình 1**).



Hình 1: Hệ điều hành nhiều người dùng

Hệ điều hành với bộ xử lý một lõi - Hệ điều hành với bộ xử lý nhiều lõi

Trong hệ điều hành với bộ xử lý một lõi (Single Processor), hệ điều hành chỉ dùng đến năng suất CPU của một bộ vi xử lý duy nhất. Ngược lại hệ điều hành với bộ xử lý nhiều lõi có thể sử dụng năng suất CPU của từ hai cho đến tám bộ vi xử lý điều phối từ trung tâm (ở hệ Windows NT [1)]) hoặc cũng có thể nhiều hơn (thí dụ với hệ LINUX, MAC OS), để truy cập vào bộ nhớ chung. Như thế có khả năng, một bộ xử lý nào đó được phân bổ cho một quá trình đặc biệt hoặc tất cả bộ xử lý đều được trưng dụng cho tất cả các quá trình của hệ điều hành. Qua đó, về cơ bản băng thông của hệ thống được tăng tốc chứ không hẳn là của việc xử lý từng tác vụ. Tuy nhiên, việc năng suất gia tăng cũng bị giảm tương đối nhanh khi bổ sung thêm một bộ vi xử lý mới. Điều này có nhiều nguyên nhân:

- Việc gia tăng hoạt động song song phát sinh thêm nhiều yêu cầu xuất-nhập cho mỗi đơn vị thời gian. Qua đó, hiệu suất xuất-nhập (IO) của hệ thống bị tình trạng thắt cổ chai và băng thông bị hạn chế.
- Các bộ vi xử lý cùng truy cập vào bộ nhớ chung. Tốc độ hoạt động của bộ nhớ làm việc khá chậm so với tốc độ của bộ vi xử lý, sẽ dẫn đến tình trạng chờ đợi của bộ lõi máy tính khi truy cập vào bộ nhớ, cho dù có bộ nhớ đệm. Sự xung đột truy cập này làm giảm hiệu suất của toàn bộ hệ thống.

Hệ điều hành thời gian thực

Hệ điều hành thời gian thực được sử dụng để giám sát và điều khiển các quá trình kỹ thuật và thiết bị cũng như thu thập những dữ liệu đo đạc. Một trường hợp đặc biệt của hệ thống thời gian thực là hệ thống nhúng (embedded systems). Chúng được sử dụng để điều khiển các thiết bị như máy dụng cụ kỹ thuật số, người máy (robot), điều khiển các bộ điều khiển PLC hoặc cảm biến thông minh. Yêu cầu hàng đầu trong tất cả các lĩnh vực ứng dụng là sự tuân thủ về yếu tố thời gian phải được đảm bảo và có khả năng kiểm chứng được. Điển hình là, trong vòng một khoảng thời gian phản ứng tối đa, hệ thống phải trả lời cho tín hiệu của một quá trình, các dữ liệu đo đạc phải được truy vấn trong những quãng thời gian cố định hoặc những tác vụ cần được kích hoạt vào những thời điểm nhất định.

> Hệ điều hành thời gian thực phản ứng trực tiếp lên một sự kiện bên ngoài diễn ra trong một khoảng thời gian nhất định.

Phần cứng của hệ điều hành thời gian thực (máy tính điều khiển quy trình) được phân biệt với máy tính vạn năng qua sự hiện diện của:

- Đồng hồ thời gian thực
- Đầu ra/đầu vào analog
- Đầu ra/đầu vào digital
- Một số lượng lớn các thiết bị kết nối, các bộ phát trị số đo, các bộ thu trị số đo và các bộ cảm biến
- Một số lượng lớn các cấp độ ngắt để phản ứng kịp thời khi cần xử lý những việc quan trọng hoặc cấp bách trong khi đang giải quyết những sự việc kém quan trọng hơn.

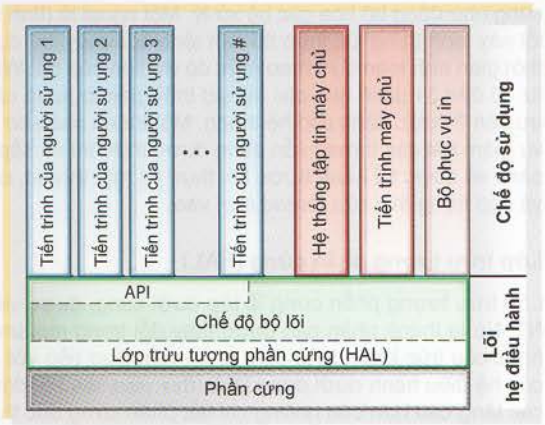
Để giải quyết một số lượng chương trình cố định quen thuộc, những hệ điều hành thời gian thực phải cần đến những hệ điều hành đặc biệt. Những chương trình này được tạo ra một lần và sau đó có thể sử dụng trong nhiều năm. Ngày nay hệ thống thời gian thực với một giao diện bề mặt của hệ UNIX hoặc Windows (WIN-CE), được trang bị những giao diện chuẩn. Đối với hệ điều hành thời gian thực, các phần mềm ứng dụng và phần cứng cần phải đáp ứng các đòi hỏi tương ứng kèm theo độ tin cậy và độ dung sai của lỗi. Trong trường hợp gặp lỗi, đặc biệt là khi có thể gây ra nguy hiểm cho tính mạng con người, thì hệ thống cần phải được chuyển ngay sang trạng thái an toàn hơn.

https://tieulun.hopto.org

1.1.3 Hệ điều hành máy khách-chủ (của Windows)

Mô hình máy khách-chủ là một cấu trúc mạng, trong đó có sự phân phối nhiệm vụ theo cấp bậc. Máy chủ là nhà cung ứng các nguồn tài nguyên, các dịch vụ và dữ liệu, máy khách là các trạm máy tính (clients) sử dụng các cung ứng này.

Những hệ điều hành được thiết kế theo mô hình máy khách-chủ, dựa vào cấu trúc linh hoạt, có thể dễ dàng thích nghi với các nền hệ thống khác. Hệ điều hành máy khách-chủ bao gồm các thành phần nhỏ có thể hoạt động độc lập, còn được gọi là những chương trình chủ. Lõi của hệ điều hành nhỏ (được gọi là microkernel), có nhiệm vụ tạo sự giao tiếp giữa các máy chủ và các máy khách, chúng là những ứng dụng đòi hỏi sử dụng dịch vụ của máy chủ (**Hình 1**).



Hình 1: Mô hình khách-chủ

Các loại máy chủ

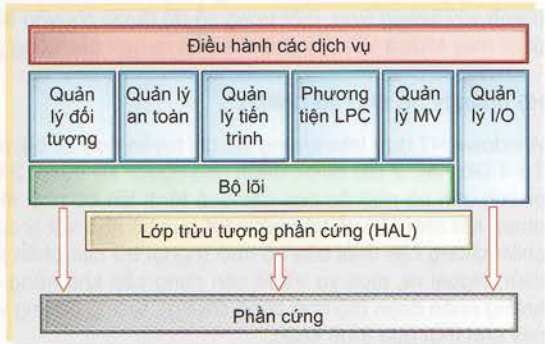
- **Máy chủ quản lý tập tin** cung cấp cho máy tính trạm những tập tin và thư mục trong hệ thống tập tin. Ngoài ra máy chủ còn chịu trách nhiệm sao chép dự phòng các tập tin của người sử dụng.
- **Máy chủ quản lý ứng dụng** cho phép người dùng truy cập vào một hoặc nhiều chương trình ứng dụng.
- **Máy chủ-cơ sở dữ liệu** chạy một cơ sở dữ liệu lớn hoặc vừa. Nhiệm vụ của máy chủ là quản lý và tổ chức dữ liệu để tìm kiếm nhanh, thêm vào và phân loại các tập dữ liệu.
- **Máy chủ-Internet** cung cấp các dịch vụ Internet và mạng nội bộ (Intranet). Các dịch vụ điển hình bao gồm World Wide Web, dịch vụ tên miền (DNS), FTP (File Transfer Protocol = giao thức truyền tập tin) cũng như dịch vụ thư điện tử (E-Mail).
- **Máy chủ quản lý phương tiện truyền thông** (streaming = dòng chảy) cung cấp dữ liệu đa phương tiện (thí dụ các clip âm thanh và hình) với thời gian thực và chất lượng dịch vụ tốt nhất.

API (Application Programming Interface = giao diện lập trình ứng dụng)

API là giao diện được xác lập trong một hệ điều hành hoặc trong một ứng dụng của một hệ thống nào đó, mà lập trình viên có thể sử dụng (trong chương trình của mình). API cung cấp một loạt những chương trình con, nhờ đó, chương trình của lập trình viên có thể yêu cầu và thực hiện dịch vụ do một bộ phận của hệ thống thực hiện, thí dụ như hệ điều hành. Nhờ có API mà các chức năng được sử dụng thường xuyên của hệ điều hành được cung ứng cho các lập trình viên. Trong Windows tồn tại nhiều giao diện API khác nhau (với đầy đủ tư liệu). Một vài thí dụ như: thiết lập đồ họa và cửa sổ, thông báo trên màn hình, truy xuất hệ thống tập tin, các chức năng đăng ký, các chức năng mạng và dịch vụ mạng, Internet, cài đặt máy in và in ấn, ISDN, gọi điện thoại. Các API thường được cung cấp và lưu lại dưới dạng các chức năng thí dụ như việc truy cập vào hệ thống cấu hình đăng ký -Registry) và được gọi là "các thư viện liên kết động" (DLLs=Dynamic Link Libraries).

Lõi hệ điều hành, bộ lõi

Bộ lõi được xem là tâm điểm của hệ điều hành. Các chương trình của nhóm điều hành (Executives) sử dụng giao diện API của bộ lõi mỗi khi muốn truy cập đến phần cứng. Các tiến trình của Executives không bao giờ bị xóa khỏi bộ nhớ chính và việc thực thi cũng không bao giờ bị gián đoạn bởi các quy trình con (threads) khác thực hiện (một quy trình có thể được chia nhỏ thành nhiều quy trình con threads), do đó, trong thời gian bộ lõi đang thực thi các Executives thì chế độ đa tác vụ bị tạm ngưng. Bên cạnh việc chuẩn bị sẵn sàng các giao diện API và các đối tượng lõi (kernel objects) cho những chức năng cao của bộ



Hình 2: Các dịch vụ quản lý hệ điều hành

https://tieulun.hopto.org

Executives, chức năng của lõi là xử lý công việc ngắt Interupt[1)] và các ngoại lệ (exception) (**Hình 2, trang 27**), ngoài ra còn phân phối thời gian tính toán cho các thread, khôi phục lại trạng thái hệ thống sau sự cố mất điện cũng như đồng bộ hóa các bộ xử lý. Một ngoại lệ (tình trạng khẩn trương) luôn được kích hoạt khi phát hiện một lỗi nảy sinh trong lúc thực thi một lệnh của máy, thí dụ như phép chia cho số không. Mỗi thread được cấp một thời gian tính toán dựa theo mức độ ưu tiên của nó. Windows NT hỗ trợ cho 32 mức độ ưu tiên khác nhau, mức từ 16 đến 31 dành cho các thread thời gian thực và các thread bình thường, có mức ưu tiên từ 1 đến 15. Mức ưu tiên 0 được dành cho hệ thống. Một thành phần cơ bản của bộ lõi là **bộ điều phối** (dispatcher). Nó có nhiệm vụ giám sát các thread sẵn sàng được thực thi và sắp xếp chuỗi thứ tự thực hiện chúng. Việc chuyển đổi ngữ cảnh sẽ được thi hành trước khi thực thi một thread, có nghĩa là bộ lõi sẽ lưu lại tình trạng của thread hiện thời và nạp trạng thái của thread mới vào.

Lớp trừu tượng phần cứng (HAL)

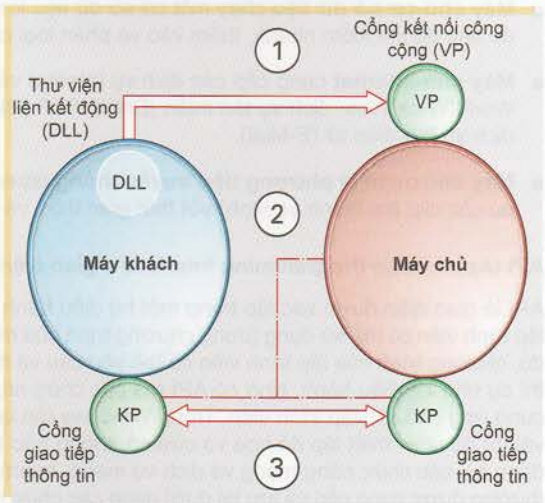
Lớp trừu tượng phần cứng là lớp dưới cùng, được viết bằng Assembler (ngôn ngữ máy), là lớp của Windows NT. Nó là thành phần cần được thay đổi trong mọi tình huống, mỗi khi ta muốn chuyển sang hệ vi xử lý khác hoặc cấu trúc khác. HAL đảm nhận việc giao tiếp với các phần cứng và cung cấp những phần dịch vụ còn lại của hệ điều hành dưới dạng DLL (thư viện liên kết động), độc lập với phần cứng, do đó vẫn được che chắn ở các tầng cao hơn của những chi tiết phần cứng đặc thù.

Hệ quản lý đối tượng

Hệ quản lý đối tượng có chức năng thiết lập, quản lý và xóa các đối tượng của bộ Executives, các đối tượng này là đại diện các nguồn tài nguyên của hệ thống (như các bộ nhớ dạng tập tin, bộ nhớ dùng chung, các loại thiết bị vật lý, các tiến trình, các thread, được xác định bởi các các bộ phận tương ứng).

Giao thức gọi chương trình chuyển tin phụ cục bộ (LPC)

Các chương trình ứng dụng giao tiếp với hệ máy chủ thuộc các hệ thống con vùng phụ cận bằng cách kích hoạt ("nhấn chuột") lên các thư viện liên kết động (DLL). Những DLL này, một lần nữa đưa các giao thức của giao diện chương trình ứng dụng (API) của máy khách thành những thông điệp và được hệ thống chuyển tự động (người sử dụng không nhìn thấy) đến máy chủ thông qua giao thức gọi chương trình phụ cục bộ (LPC), để yêu cầu dịch vụ của hệ thống. Các LPC là một phương tiện nhằm chuyển giao nhanh chóng các thông điệp trong một mạng máy tính cục bộ, giữa các tiến trình máy khách và các tiến trình máy chủ nhằm tránh những tốn kém không cần thiết mà ở các truyền tải thông tin không cục bộ không thể tránh khỏi. Nếu lần đầu tiên một ứng dụng cần liên kết đến máy chủ, thì sự giao tiếp với một cổng kết nối công cộng (VP) sẽ được thực thi (1). Khi máy chủ chấp nhận các yêu cầu kết nối (2), máy chủ sẽ tạo ra hai cổng giao tiếp thông tin riêng (KP) và hai handles (hành xử) tương ứng, một trong số đó được chuyển tiếp cho máy khách. Từ đó, mọi giao dịch thông tin kế tiếp giữa máy khách và máy chủ chỉ diễn ra qua các cổng giao tiếp thông tin này (3) (**Hình 1**).



Hình 1: Giao tiếp thông tin giữa máy khách và máy chủ

Hệ quản lý bộ nhớ ảo (VMM)

Windows NT dựa trên khung địa chỉ tuyến tính 32 bit; như thế, có thể định được đến 2^{32} bit (hoặc 4 GB) địa chỉ. Từ 4 GB này, 2 GB được dành cho người sử dụng; 2 GB còn lại dùng làm bộ nhớ cho hệ điều hành. VMM mô phỏng ảnh bộ nhớ ảo của các quá trình lên bộ nhớ thực và bảo vệ không gian địa chỉ của các quá trình khác nhau. Khi nhu cầu về bộ nhớ vượt quá bộ nhớ vật lý có sẵn, thì bộ phận quản lý bộ nhớ ảo sẽ cho di dời những phần không cần thiết của bộ nhớ (ngoại trừ các phần lõi hệ điều hành là không thể di dời) và sẽ nạp lại khi cần thiết. Ngoài ra, dịch vụ VMM còn cung cấp khả năng cho phép hai tiến trình dùng chung bộ nhớ của một đối tượng phân đoạn (bộ nhớ dùng chung), tương đương với việc cung cấp một nguồn tài nguyên của một quá trình này cho một quá trình khác.

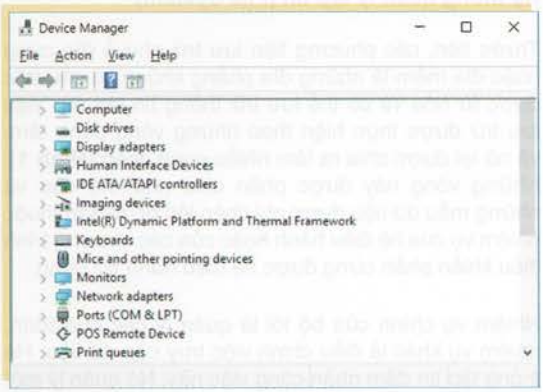
1) ND: Ngắt (interrupt) là khi có một sự kiện cần phải xử lý ngay, phần cứng sẽ phát tín hiệu, hệ điều hành tạm ngưng để nhận và xử lý tín hiệu này, sau khi làm xong hệ điều hành sẽ trở lại tiếp tục làm công việc trước khi ngưng.

https://tieulun.hopto.org

Hệ quản lý nhập xuất

Hệ quản lý nhập xuất bao gồm một số thành phần có nhiệm vụ xử lý các hoạt động vào ra trên các thiết bị khác nhau, qua đó tạo các chức năng nhập xuất có tính thống nhất và độc lập với thiết bị (cho bộ Executives). Thêm vào đó là những chương trình điều khiển thiết bị khác nhau, chịu trách nhiệm trực tiếp trong việc giao tiếp với các thiết bị. Có cả những chương trình điều khiển thiết bị đáp ứng các truy vấn nhập/ xuất theo định hướng tập tin, trong các hệ thống tập tin khác nhau như FAT (File Allocation Table = bảng phân bố tập tin) và NTFS (New Technology File System = hệ thống tập tin công nghệ mới) được hỗ trợ bởi Windows NT. Hệ quản lý nhập xuất không những có nhiệm vụ chuyển tiếp các truy vấn mà còn cung cấp những dịch vụ như, thông qua một trình điều vận riêng để truy cập có hiệu quả hơn lên các trình điều vận khác hoặc có thể đệm các truy vấn vào ra (đệm làm tăng tốc độ xử lý - ND).

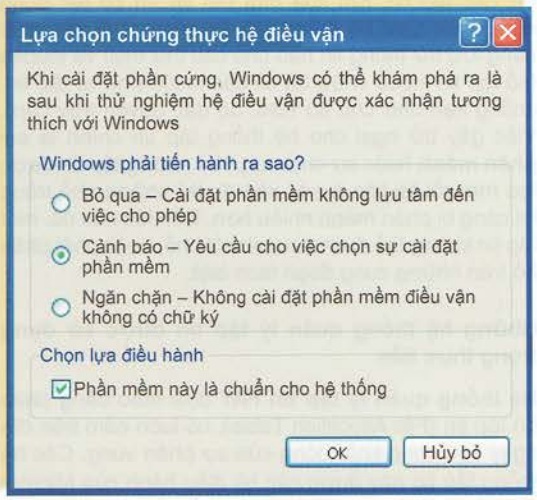
Cắm và chạy (Plug and Play)



Hình 1: Hệ quản lý thiết bị

Một trong những khía cạnh trở ngại nhất của việc quản lý mạng máy tính là cấu hình phần cứng. Trong quá khứ, việc thiết lập cấu hình đòi hỏi có sự hiểu biết chi tiết (kỹ thuật) về các giao thức ngắt (interrupt), các cổng kết nối nhập/xuất và kênh truy cập bộ nhớ truy cập trực tiếp (DMA). Nhưng nhờ vào công nghệ Plug and Play, quy trình này có thể được đơn giản hóa. Những hệ điều hành mới hoạt động (như NT-2000) cung cấp một hệ quản lý thiết bị (Device Manager) và các chương trình phụ trợ phần cứng mạnh hơn (**Hình 1**). Các chương trình này thẩm tra và giải quyết các xung đột phần cứng một cách đáng tin cậy hơn và qua đó rút ngắn được thời gian quản lý. Điều này cho phép thời gian hoạt động của máy chủ tăng lên, vì các quản trị viên không còn phải bận tâm đến cấu hình của phần cứng nữa, như khi họ gắn thêm card mạng, modem hoặc ổ đĩa cứng. Khi khởi động, hệ điều hành sẽ tự động phát hiện phần cứng mới và khởi động các trình phụ trợ phần cứng một khi được quản trị viên khai báo. Thông thường thì các xung đột nếu có được tự động xử lý. Trong trường hợp buộc quản trị viên phải xử lý thủ công để khắc phục sự cố các phần cứng, thì người đó có thể truy cập nhanh chóng vào các tập tin trợ giúp.

Chương trình điều vận (chương trình điều khiển phần cứng)



Hình 2: Tùy chọn cho việc chứng thực chương trình điều vận phần cứng

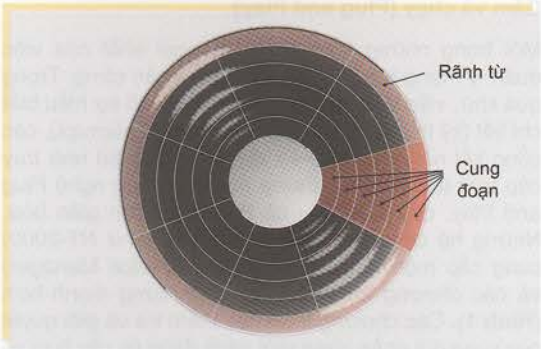
Chương trình điều vận phần cứng là phần mềm cho phép hệ điều hành giao tiếp với một phần cứng cụ thể nào đó. Thí dụ, với các loại card video khác nhau sẽ có những thể thức giao tiếp khác nhau. Nó thực hiện việc phiên dịch giữa hệ điều hành và card video. Chương trình điều vận phần cứng cần thiết đối với toàn bộ các phụ kiện của phần cứng như: cho card mạng máy tính, mô đun SCSI (Small Computer System Interface = Giao diện hệ thống máy tính nhỏ), modem, máy quét và máy in. Ở các hệ điều hành trước đây, mỗi hệ điều hành phải cần đến những chương trình điều vận phần cứng khác nhau. Điều này đã tạo nên gánh nặng cho các nhà sản xuất phần cứng và các quản trị viên khi phải quản lý nhiều hệ điều hành. Với mô hình trình điều khiển thiết bị mới của Windows (WDM), hệ thống Windows 2000 và Windows 98 có thể sử dụng nhiều thiết bị khác nhau cùng một chương trình điều khiển phần cứng. Công nghệ này mang lại thuận lợi cho các nhà sản xuất phần cứng, vì họ không cần phải quản lý hai chương trình điều khiển thiết bị khác nhau. Bởi tính tương thích của các hệ điều hành cao cấp của Microsoft được nâng cao, mô hình này cũng mang lại lợi thế cho người sử dụng. Quản trị viên cũng được hưởng lợi từ mô hình này, vì họ không cần phải quản lý các chương trình điều vận phần cứng riêng biệt cho các phiên bản Windows và các hệ máy chủ Windows khác nhau.

https://tieulun.hopto.org

Trong Windows XP, các chương trình điều vận phần cứng và các tập tin hệ điều hành đều được cấp cho một chữ ký kỹ thuật số để đảm bảo chất lượng. Chữ ký kỹ thuật số của Microsoft đảm bảo rằng, tập tin cụ thể đó đã đáp ứng các tiêu chí kiểm nghiệm và tập tin này sẽ không bị sửa đổi hay ghi đè lên khi cài đặt các chương trình khác. Việc cài đặt các trình điều vận thiết bị tùy vào cách quản trị viên thiết lập cấu hình máy tính. Vì vậy, một mặt, hệ Windows XP có thể sẽ bỏ qua các chương trình điều vận phần cứng không có chữ ký kỹ thuật số hoặc đưa ra cảnh báo khi phát hiện các chương trình này (mặc định), mặt khác nó cũng ngăn chặn sự cài đặt các chương trình điều khiển phần cứng không có chữ ký kỹ thuật số. Để duy trì các chương trình điều khiển phần cứng và các tập tin hệ thống, kể cả chữ ký kỹ thuật số ở tình trạng gốc, hệ Windows XP đã cung cấp sẵn những tùy chọn cho chữ ký chương trình điều vận phần cứng (**Hình 2, trang 29**).

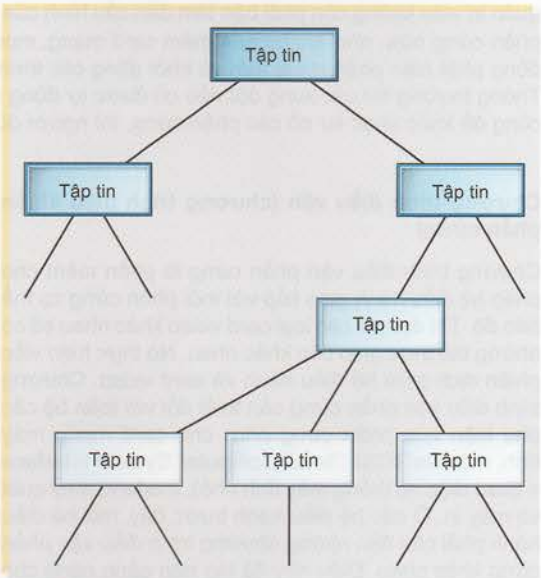
Hệ thống quản lý tập tin (File System)

Trước tiên, các phương tiện lưu trữ như ổ đĩa cứng hoặc đĩa mềm là những đĩa phẳng không có cấu trúc được từ hóa và có thể lưu trữ thông tin lên đó. Việc lưu trữ được thực hiện theo những vòng đồng tâm, và nó lại được chia ra làm nhiều cung đoạn (**Hình 1**). Những vòng này được phân chia như thế nào và những mẫu dữ liệu được ghi chép lên đó ra sao thuộc nhiệm vụ của hệ điều hành hoặc của các chương trình điều khiển phần cứng được hệ điều hành sử dụng.



Hình 1: Phương tiện lưu trữ, dẫn nhập

Nhiệm vụ chính của bộ lõi là quản lý các quá trình, nhiệm vụ khác là điều chỉnh việc truy cập dữ liệu. Hệ thống tập tin đảm nhận công việc này. Nó quản lý một cây tập tin (**Hình 2**) trong một thiết bị khối, như ổ đĩa cứng chẳng hạn. Những thiết bị định hướng theo khối được lấy ra và sử dụng để lưu trữ dữ liệu. Trên mỗi khối lưu trữ ta có thể truy cập trực tiếp. Sự thay đổi của một khối không ảnh hưởng đến các dữ liệu khác trên thiết bị này. Chức năng của **hệ thống tập tin** là liên tục cập nhật danh sách các cung đoạn đang trống vào thời điểm hiện tại. Nếu một tập tin mới được tạo ra, thì các khối trong danh sách được sử dụng để lưu trữ các tập tin. Khi xóa một tập tin thì có tác động ngược lại. Các hệ thống tập tin cũng phải xác định dạng lưu trữ thông tin nào cho các thư mục và inodes (số tập tin inode chứa tất cả các thuộc tính về tập tin, chẳng hạn như chủ sở hữu, độ dài, quyền truy cập). Việc gây trở ngại cho hệ thống tập tin chính là **sự phân mảnh** hoặc sự chia vụn. Khi những tập tin được tạo mới rồi lại liên tục bị xóa đi, thì những chỗ trống lại càng bị phân mảnh nhiều hơn. Đến lúc nào đó, một tập tin không thể được lưu tại một chỗ, buộc phải phân bố trên những cung đoạn tách biệt.



Hình 2: Cây tập tin

Những hệ thống quản lý tập tin được sử dụng trong thực tiễn

Hệ thống quản lý tập tin FAT dựa theo bảng phân bố tập tin (**F**ile **A**llocation **T**able), nó luôn nằm trên đĩa ngay sau cung khởi động của sự phân vùng. Các hệ thống tập tin này được các hệ điều hành của Microsoft như Windows 95, Windows 98 và NT sử dụng. Độ dài tên của một tập tin với **FAT 16** được giới hạn trong mười một chữ cái (định dạng 8+3) và một dấu chấm. Có thể có đến tám chữ cái đứng trước dấu chấm, rồi sau đó có đến ba chữ cái dùng để chỉ định thể loại. Không phân biệt chữ hoa và chữ thường (thí dụ: command.com). FAT là một hệ thống có hiệu quả trong việc tìm những cung đoạn liên quan còn trống cho các tập tin mới hoặc kiểm tra lỗi ở ổ đĩa cứng. Nhược điểm là kích thước của FAT cũng định rõ kích thước của hệ thống tập tin (FAT 16 - WINDOWS 3.x).

https://tieulun.hopto.org

VFAT (hệ mở rộng FAT)

VFAT là từ viết tắt của **V**irtual **F**ile **A**llocation **T**able, tức bảng phân bố tập tin ảo, được hỗ trợ từ hệ Windows 95 trở lên. Sự khác biệt cơ bản so với FAT 16 là VFAT hỗ trợ cho những tập tin có tên dài.

FAT 32 sử dụng để định địa chỉ các khối (cụm) với mã 32-bit và do đó trên lý thuyết các thiết bị lưu trữ dữ liệu có thể đáp ứng một đại lượng lên đến 2 TB (terabyte). Tuy nhiên, nó không tương thích với hệ thống FAT 16, kể cả với các hệ thống tập tin khác (như NTFS). Nguồn tài nguyên nằm trên các thiết bị lưu trữ dữ liệu với định dạng FAT chỉ được cho phép truy cập đơn thuần (NTFS cung cấp độ an toàn cao hơn).

Hệ thống tập tin công nghệ mới NTFS (New Technology File System)

Các hệ thống tập tin NTFS được sử dụng bởi hệ Windows NT và Windows 2000. Việc định địa chỉ cho các cụm được thực hiện với địa chỉ 64-bit. Kích thước mặc định của cụm phụ thuộc vào dung lượng của thiết bị lưu trữ dữ liệu (thí dụ CD/DVD). Khi định dạng một thiết bị lưu trữ dữ liệu với hệ thống tập tin NTFS, một bảng tập tin gốc (MFT master file table) được tạo ra. Bảng này chứa những thông tin về tất cả các tập tin và thư mục trên thiết bị lưu trữ dữ liệu. Trong hệ thống NTFS, tên tập tin có thể dài đến 256 ký tự. Ngoài ra, tiền đề cho hệ thống tập tin công nghệ mới NTFS là các quyền truy cập NTFS có thể được cấp vừa cho các tập thư mục lẫn cho các tập tin đơn lẻ. Điều này tạo một mức độ bảo mật cao hơn, phục vụ việc bảo vệ các nguồn tài nguyên đối với những người dùng muốn truy cập vào máy tính. Việc truy cập có thể diễn ra theo hai cách:

- Truy cập cục bộ, nghĩa là người dùng đang làm việc trên máy tính khi các nguồn tài nguyên (các thành phần hệ thống) được lưu trữ trên đó.
- Truy cập từ xa, có nghĩa người dùng nối với một thư mục đã cho phép truy cập được đăng trên mạng (intranet).

Bảng 1: Các quyền của NTFS

Loại truy cập	Giải thích
Không truy cập	Người dùng không có quyền truy cập.
Truy cập toàn diện	Người dùng có mọi quyền, trừ phi họ là thành viên thuộc một nhóm bị hạn chế quyền.
Hiển thị/Trưng bày	Người dùng có thể nhìn thấy toàn bộ cấu trúc của danh bạ, nhưng không có quyền truy cập.
Đọc	Người dùng có thể nhìn thấy toàn bộ cấu trúc của danh bạ, có thể đọc tập tin nhưng không được phép thay đổi.
Bổ sung	Người dùng có thể bổ sung thư mục và các tập tin mới vào thư mục.
Bổ sung và đọc	Được cấp quyền đọc và bổ sung.
Thay đổi	Người dùng có thể đọc, sửa đổi, xóa, ghi chép và thi hành các tập tin.
Giới hạn truy cập vào danh bạ	Người dùng có thể được cấp từ kết hợp các quyền truy cập riêng rẽ; đọc, ghi, thi hành, xóa, tiếp nhận sở hữu.
Giới hạn truy cập vào tập tin	Người dùng có thể được cấp từ kết hợp các quyền truy cập riêng rẽ; đọc, ghi, thi hành, xóa, thay đổi quyền, tiếp nhận sở hữu.

Hệ điều hành Linux

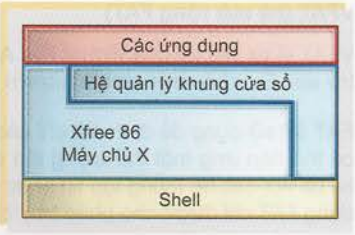
Tại đây, chúng ta chạm phải một điểm cơ bản rất khó phân biệt, cái gì thuộc hệ điều hành và cái gì được xem là những (chương trình) ứng dụng độc lập. Một cách chính xác thì lõi cùng với một số mô đun (hỗ trợ USB hoặc hỗ trợ các loại thiết bị đặc biệt) và bộ nạp khởi động mới là hệ điều hành thực sự. Tuy nhiên, để gọi Linux là hệ điều hành, còn có một loạt các dụng cụ hữu ích nhưng không nhất thiết khác, dùng cho việc vận hành. Quan trọng nhất, cái người ta cần là lớp vỏ Shell để có thể tận dụng được khả năng đa nhiệm và nhiều người dùng cùng một lúc của Linux. Qua sự hỗ trợ của nó, các lệnh được nhập vào để đọc kết quả các đầu ra của hệ thống (**Hình 1**). Bash-Shell là một trong những vỏ thường được sử dụng nhất, hỗ trợ cho một số vỏ "cũ hơn". Tuy nhiên Shell có thể được thay thế tùy ý, nhiều vỏ có thể cùng tồn tại trên một hệ thống, miễn là xác định được người sử dụng tương ứng muốn đăng nhập vỏ nào.

Hình 1: Hệ thống trên Linux

https://tieulun.hopto.org

Giao diện đồ họa bề mặt

Để có thể cung cấp một giao diện đồ họa bề mặt cho hệ Linux, chương trình Xfree86 có sẵn ở hệ Unix đã được chuyển sang cho Linux. Xfree86, còn được gọi là chương trình dịch vụ X, là một chương trình đảm nhiệm việc kiểm soát màn hình, bàn phím và chuột. Chương trình này bao gồm một số lớn các chương trình con cho đầu ra của đồ họa, thí dụ, in văn bản trên màn hình hoặc các đường nét. Ngoài chương trình dịch vụ Xfree86 còn có thêm một vài trình dịch vụ X thương mại (Metro-X hoặc Accelerated-X) cung cấp những chức năng đặc thù.



Hình 1: Cấu tạo của GUI

Trái với những hệ điều hành Windows, các giao diện đồ họa của hệ Linux được phân làm 2 phần: trình dịch vụ X và hệ quản lý cửa sổ (**Hình 1**). Hệ quản lý cửa sổ này là một chương trình giao tiếp riêng với trình dịch vụ X. Nó thông báo cho hệ quản lý cửa sổ khi một cửa sổ được mở ra, qua đó có thể tận dụng vẽ thêm một khung bổ sung. Ưu điểm của việc tách rời trình dịch vụ X và hệ quản lý cửa sổ là thích ứng nhu cầu sở thích và thị hiếu của người dùng. Hệ quản lý cửa sổ thông dụng hiện nay gồm có KDE (K Desktop Environment), Gnome hoặc Icewm. Chúng được phân biệt qua tính năng, độ ổn định và sự thân thiện của nguồn tài nguyên. Trong khi Icewm có lẽ là hệ quản lý cửa sổ "nhỏ nhất", thì KDE lại là một trong những hệ "ngốn nhiều bộ nhớ nhất". Còn Gnome thì chiếm một vị trí đặc biệt, bởi thực sự nó chỉ là một màn hình nền (desktop) cần phải làm việc chung với một hệ quản lý cửa sổ như Icewm. Ở Linux người ta có thể tích hợp nhiều hệ quản lý cửa sổ lên một hệ thống và được vận hành tuần tự hoặc thậm chí cùng lúc (Tất nhiên máy tính phải được trang bị đầy đủ bộ nhớ).

Cấu trúc Khách-Chủ

Linux xây dựng hoàn toàn dựa trên cấu trúc khách-chủ. Hầu hết các quá trình hoặc là quá trình chủ hoặc là quá trình khách, thậm chí cả hai cùng lúc. Mục đích là để có được những giao diện được định nghĩa rõ ràng, tạo điều kiện cho các thành phần riêng lẻ trao đổi với nhau mà không cần phải dựa vào toàn bộ hệ thống.

Quyền hạn người sử dụng

Quyền hạn người sử dụng được quản lý trong hệ Linux chủ yếu là quyền hạn sử dụng tập tin. Ngoài ra người sử dụng và các nhóm người dùng có thể có các quyền hạn khác nhau. Mỗi tập tin được gán cho người sử dụng nhất định và với quyền hạn nhất định. Như thế người dùng có khả năng cho phép người khác chia sẻ hoặc bảo vệ đặc biệt các tập tin. Vấn đề truy cập vào các thiết bị cũng được giải quyết tương tự, bởi dưới hệ Linux các thiết bị được xem là tập tin thiết bị. Để Linux có thể điều khiển thiết bị, cần lưu ý rằng, khi người sử dụng truy cập vào một thiết bị đọc (thí dụ như Scanner) thì cũng cần phải có quyền ghi chép, dù chỉ (thực hiện việc) đọc dữ liệu mà thôi.

Cắm và Chạy (Plug and Play)

Mặc dù trong Linux không có sẵn chế độ Plug and Play như ta đã quen thuộc với hệ Windows, tuy nhiên vẫn có một hệ nhận dạng phần cứng. Thí dụ, các thiết bị ISA (Industry Standard Architecture là hệ thống bus của máy tính PC IBM) đều có chương trình isapnp-config, có khả năng cho phép đọc các thông tin Plug and Play từ các thiết bị, qua đó thiết lập các cấu hình tương ứng. Các thiết bị PCI thường được nhận dạng chính xác bởi BIOS và có thể được khởi tạo với các thông tin thu thập được. Về cơ bản, có thể nói rằng, người sử dụng Linux cần cân nhắc cẩn thận (hiện nay vẫn thế), cài đặt một thành phần bằng phương pháp thủ công cho "chuẩn" một lần, còn hơn cài đặt tự động hàng chục lần không đúng cách.

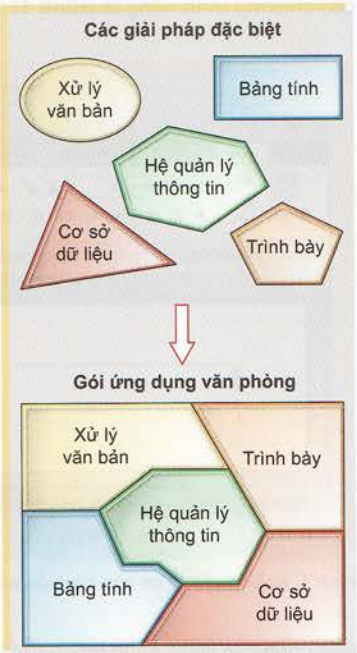
Bài tập

1 Giải thích sự khác biệt giữa các dữ liệu digital và analog.
2 Phần mềm có thể được chia thành những thành phần nào? Cho những thí dụ về các phần mềm khác nhau.
3 Một hệ điều hành đáp ứng các nhiệm vụ nào và vỏ sò (Shell) phục vụ cho việc gì?
4 Bạn hiểu thế nào về khái niệm đa tác vụ?
5 Hãy giải thích sự tương tác đa tác vụ.
6 Bạn hiểu thế nào về hệ thống một người sử dụng?
7 Sự khác biệt giữa hệ điều hành thời gian thực với các hệ điều hành khác là gì?
8 Bạn hiểu thế nào về một hệ điều hành (máy) khách-chủ?
9 Chương trình điều khiển phần cứng có nhiệm vụ gì?
10 Hệ thống tập tin đảm nhận những công việc gì?

https://tieulun.hopto.org

1.2 Các ứng dụng văn phòng

Nhiều xí nghiệp rất quan tâm giải quyết các hoạt động quản lý liên quan (dữ liệu khách hàng, đánh máy, tính toán giá cả, thuyết trình) qua một gói phần mềm hợp nhất chứ không như trước đây, sử dụng một phần mềm chuyên biệt cho mỗi công việc. Việc sử dụng các giải pháp chuyên biệt như vậy thường gây ra vấn đề khi trao đổi dữ liệu giữa các ứng dụng với nhau, đặc biệt khi các mô đun phần mềm khác biệt đó đến từ những nhà sản xuất khác nhau. Việc tạo ký tự hàng loạt trong xử lý văn bản, hoặc khi truy cập vào dữ liệu khách hàng của cơ sở dữ liệu, có thể nảy sinh vấn đề tương thích. Ý tưởng cơ bản của phần mềm văn phòng là tạo thuận lợi cho việc trao đổi dữ liệu giữa các ứng dụng văn phòng phổ biến nhất (**Hình 1**). Gói phần mềm văn phòng bao gồm một số ứng dụng. Xử lý văn bản, tính toán theo bảng, cơ sở dữ liệu, phần mềm dùng để trình bày là các mô đun phần mềm thông dụng nhất (**Bảng 1**).



Hình 1: Gói ứng dụng văn phòng

Bên cạnh những ý tưởng cơ bản nhằm đơn giản hóa và chuẩn hóa việc trao đổi dữ liệu giữa các ứng dụng, thì tính tương thích giữa các bộ ứng dụng văn phòng khác nhau rất quan trọng. Không những chỉ dữ liệu trong các phiên bản khác nhau của một bộ ứng dụng, thuộc một nhà sản xuất, mà cả các bộ ứng dụng của nhiều nhà sản xuất khác nhau cũng cần có khả năng trao đổi được với nhau. Khi trao đổi các tập tin, người sử dụng cần cân nhắc việc người nhận có thể đang sử dụng một phiên bản ứng dụng văn phòng cũ hơn hoặc một phiên bản ứng dụng văn phòng khác.

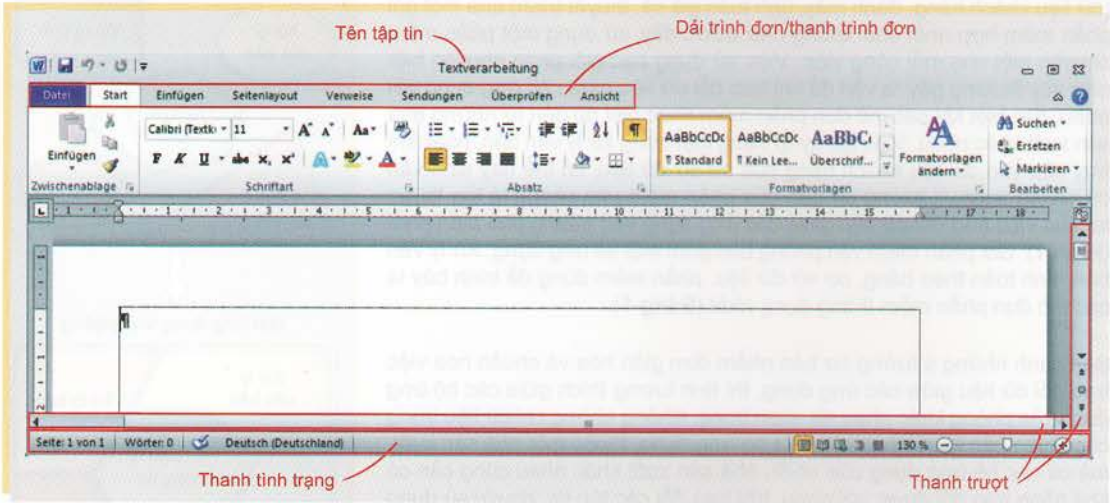
Cuốn sách này không có tham vọng giải thích từng chi tiết cho mỗi chương trình trong gói phần mềm (ứng dụng) văn phòng. Các chức năng của những ứng dụng văn phòng phổ biến sẽ được giải thích một cách tổng quát, để cung cấp sự định hướng cho người dùng. Ngoài ra còn trình bày các khái niệm cơ bản để hiểu biết đúng đắn về các ứng dụng. Chương viết về khách hàng dùng thư điện tử (email) và trình duyệt Web được bỏ qua với giả định rằng, chuyên viên cơ điện tử đã nắm bắt được nội dung. Hơn nữa, có sự nhận thức cơ bản và độ hiểu biết nhất định về hệ điều hành định hướng cửa sổ. Khi chọn sử dụng các bộ ứng dụng văn phòng khác nhau, thì không nhất thiết phải làm việc thông qua chương này; bởi cấu trúc cơ bản trong tất cả các ứng dụng đều giống nhau.

Bảng 1: Các gói ứng dụng văn phòng khác nhau

	OpenOffice	LibreOffice	SoftMaker	Office	iWork
Nhà sản xuất	Open Source	Open Source	SoftMaker	MICROSOFT	APPLE
Hệ điều hành	Windows, Linux, Mac OS	Windows, Linux, Mac OS Solaris	Windows	Windows, Mac OS	Mac OS
Xử lý văn bản	Writer	Thể hiện một phần tách ra của hệ OpenOffice	TextMaker	Word	Pages
Bảng tính	Calc		PlanMaker	Excel	Numbers
Trình bày	Impress		Presentations	PowerPoint	Keynote
Cơ sở dữ liệu	Base		–	Access	–
Hệ quản lý thông tin	–		–	Outlook	–
Các chức năng bổ sung	Draw (đồ họa)		BasicMaker ngôn ngữ Macro	Publisher (chương trình DTP)	–
Phí tổn	Miễn phí	Miễn phí	Phải trả phí	Phải trả phí	Phải trả phí

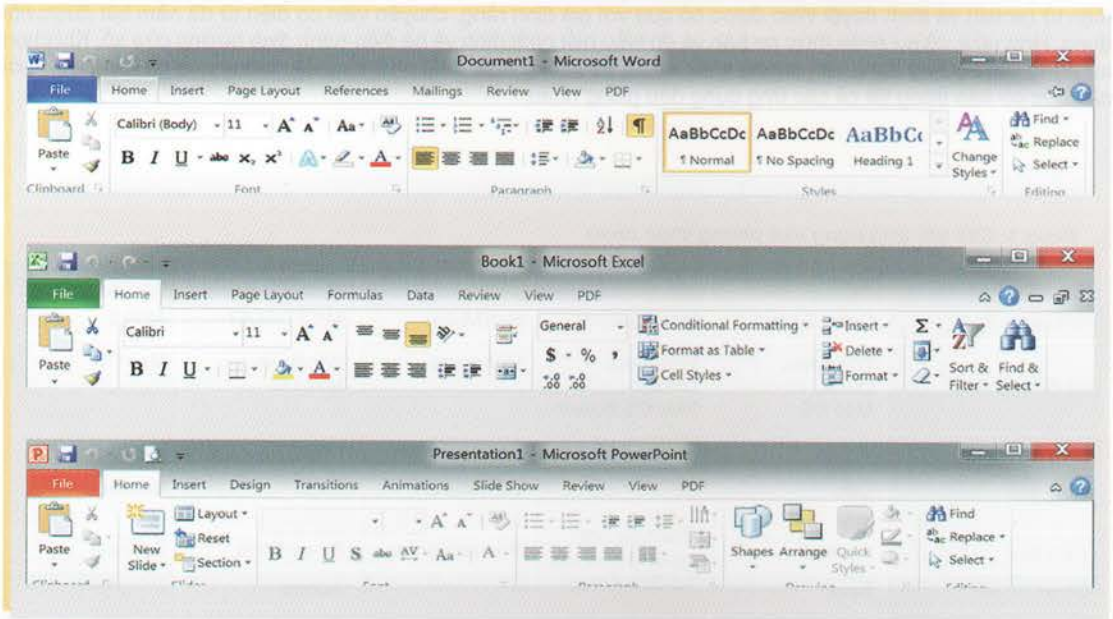
https://tieulun.hopto.org

Tính thống nhất chi phối đến cả cách dàn trang của từng mô đun chương trình trong các phần mềm văn phòng. Tất cả các cửa sổ ứng dụng được xây dựng theo một mẫu thống nhất, nó đơn giản hóa việc định hướng trong các chương trình riêng lẻ (**Hình 1**).



Hình 1: Những yếu tố cơ bản của cửa sổ ứng dụng

Bên cạnh các chức năng thống nhất với thanh tiêu đề và thanh trình đơn (menu), mỗi ứng dụng còn có cái gọi là dải trình đơn hoặc thanh biểu tượng (**Hình 2**), để người dùng có thể thích nghi cá nhân. Dải trình đơn và thanh biểu tượng này phục vụ cho việc chọn lệnh nhanh chóng qua con chuột. Phần nhiều đó là các lệnh truy cập thông qua các trình đơn, nhưng ở đây phải cần đến nhiều lần nhấp chuột.



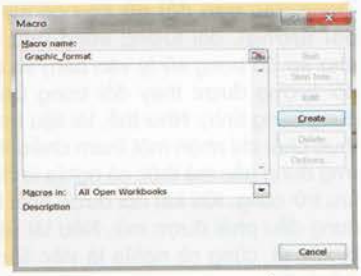
Hình 2: Cấu trúc trình đơn của những ứng dụng văn phòng

Phần nới rộng mở ra những khả năng thú vị, nhằm mở rộng phần cài đặt tiêu chuẩn cho bộ ứng dụng văn phòng. Đó là những phần bổ sung có thể được tích hợp để cung cấp thêm những tính năng (thí dụ: các bộ tự điển để kiểm tra chính tả cho nhiều ngôn ngữ khác nhau).

https://tieulun.hopto.org

Một đặc tính quan trọng khác là khả năng sử dụng các **macro**[1] (**Hình 1**), **VBA** (**V**isual **B**asic for **A**pplications, ngôn ngữ tập lệnh của Microsoft) hoặc chương trình OOoBasic (OpenOffice.org) để tự viết các chương trình ứng dụng. Như thế

- có thể tự động hóa những công việc luôn lặp lại. Thí dụ như việc đóng khung một đồ thị (thường cần khoảng 5 lần nhấn chuột) chỉ cần thực hiện bằng một cú nhấp chuột qua ứng dụng một macro.
- có thể lập trình để mở rộng thêm những chức năng mà các ứng dụng không cung ứng.
- có thể tối ưu hóa việc trao đổi dữ liệu giữa các ứng dụng.

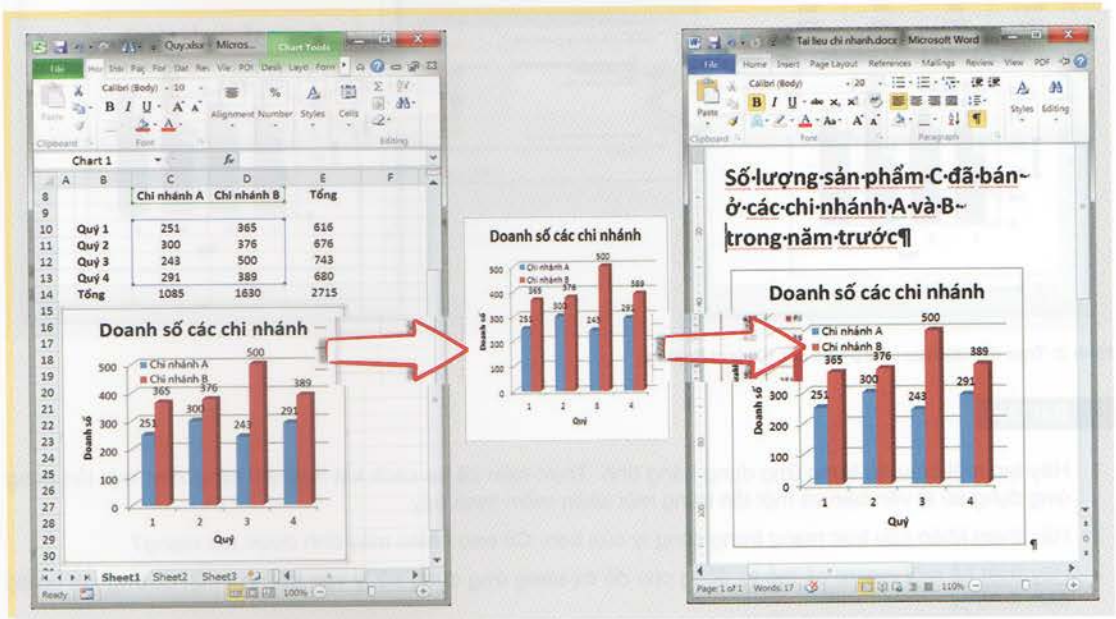


Hình 1: Macro cho các sản phẩm ứng dụng văn phòng

Ngôn ngữ lập trình trong VBA hoặc OOoBasic thuộc nhóm định hướng đối tượng mà ứng dụng của nó sẽ không được đề cập trong cuốn sách này vì đề tài khá rộng.

Tính thống nhất trong các gói ứng dụng văn phòng có lợi điểm lớn, vì các dữ liệu có thể chuyển đổi qua lại dễ dàng giữa các ứng dụng riêng lẻ. Nhờ vậy, trong việc xử lý văn bản, nó có thể tạo ra ký tự hàng loạt với các dữ liệu địa chỉ từ cơ sở dữ liệu; hoặc người ta có thể trình bày trong bài thuyết trình một biểu đồ với dữ liệu từ bảng tính toán. Ngày nay các ứng dụng văn phòng cung cấp ba khả năng cơ bản để trao đổi dữ liệu giữa các mô đun riêng lẻ.

Trong **trao đổi dữ liệu không có sự liên kết**, thông qua trình đơn biên tập (Edit) (sao chép/chèn vào), dữ liệu (thí dụ: một biểu đồ từ bảng tính) từ một ứng dụng này được chuyển qua cho một ứng dụng khác. Những thay đổi ở tập tin gốc trong phiên bản sao chép sẽ không được cập nhật và cũng không tồn tại các chức năng của ứng dụng gốc khi nhấp lên đối tượng được chuyển qua đó (**Hình 2**).



Hình 2: Trao đổi dữ liệu không có sự liên kết

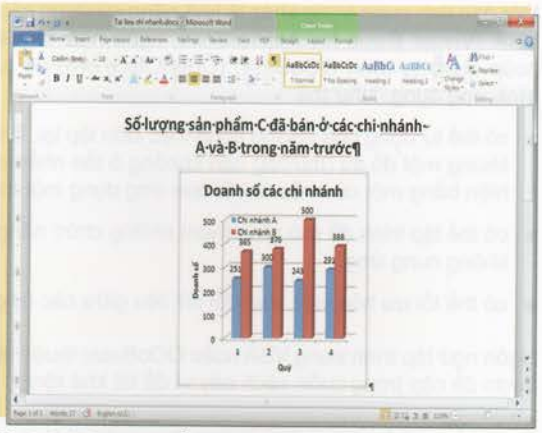
Một khả năng khác là **nhúng** đối tượng (**Object Embedding**). Ở đây, đối tượng từ một ứng dụng này (thí dụ: xử lý văn bản) được chèn vào một ứng dụng khác (thí dụ: bảng tính). Điều này có lợi điểm là người dùng của ứng dụng xử lý văn bản có thể sử dụng đầy đủ chức năng của ứng dụng bảng tính mà không cần phải chuyển qua chuyển lại giữa hai ứng dụng; thí dụ, một phần thanh biểu tượng của ứng dụng bảng tính nằm trong ứng dụng của xử lý văn bản (**Hình 1, trang 36**). Dữ liệu của các đối tượng nhúng được lưu trữ cùng với ứng dụng gốc.

[1] Macro là tên của một dãy lệnh được liên kết với nhau có thể gọi như một lệnh

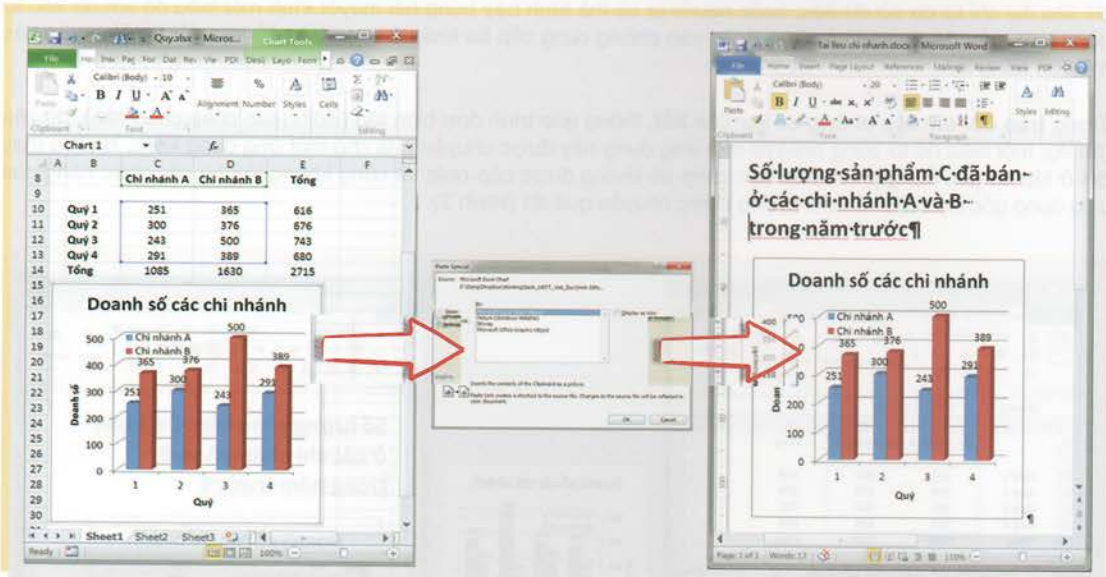
https://tieulun.hopto.org

Trong việc **trao đổi dữ liệu có sự liên kết (liên kết đối tượng)**, đối tượng trong ứng dụng đích (thí dụ như sơ đồ trong xử lý văn bản) sẽ được cập nhật khi đối tượng được thay đổi trong ứng dụng gốc (ứng dụng bảng tính). Như thế, tài liệu trong ứng dụng đích thực chất chỉ nhận một tham chiếu lên đối tượng trong ứng dụng gốc mà thôi; có nghĩa là dữ liệu không được lưu trữ cùng. Khi kết nối được thiết lập, thì cả hai ứng dụng đều phải được mở. Nếu tài liệu gốc bị dời hoặc bị xóa đi, cũng có nghĩa là việc liên kết bị gián đoạn (**Hình 2**).

Khả năng của một gói ứng dụng văn phòng cho phép nhúng và kết nối đối tượng được tóm tắt dưới khái niệm liên kết và nhúng đối tượng, gọi tắt là **OLE** (**O**bject **L**inking and **E**mbedding).



Hình 1: Nhúng các đối tượng



Hình 2: Trao đổi dữ liệu có sự liên kết (Object linking)

Bài tập:

1 Hãy tạo một biểu đồ trong ứng dụng bảng tính. Thực hiện cả ba cách kết hợp với bảng này, một lần trong ứng dụng xử lý văn bản và một lần trong một phần mềm trình bày.

2 Hãy tham khảo cấu trúc mạng trong công ty của bạn. Có bao nhiêu máy tính được nối mạng?

3 Hãy thiết kế một macro có thể tự động cho đồ thị trong ứng dụng xử lý văn bản với một đường nét có độ đậm 0,75 pt.

4 Hãy tạo một slide thuyết trình có chứa một liên kết đến một trang web.

5 Hãy thử làm các thanh công cụ cá biệt trong phần mềm xử lý văn bản của bạn cho thích hợp, để chèn macro được thiết kế ở câu hỏi số 3 vào thanh công cụ do người dùng thiết lập.

6 Hãy tìm hiểu, liệu mạng máy tính trong công ty bạn có hoạt động với những hệ điều hành khác nhau hay không?

7 Việc sử dụng các hệ điều hành khác nhau gồm có những nguyên nhân nào?

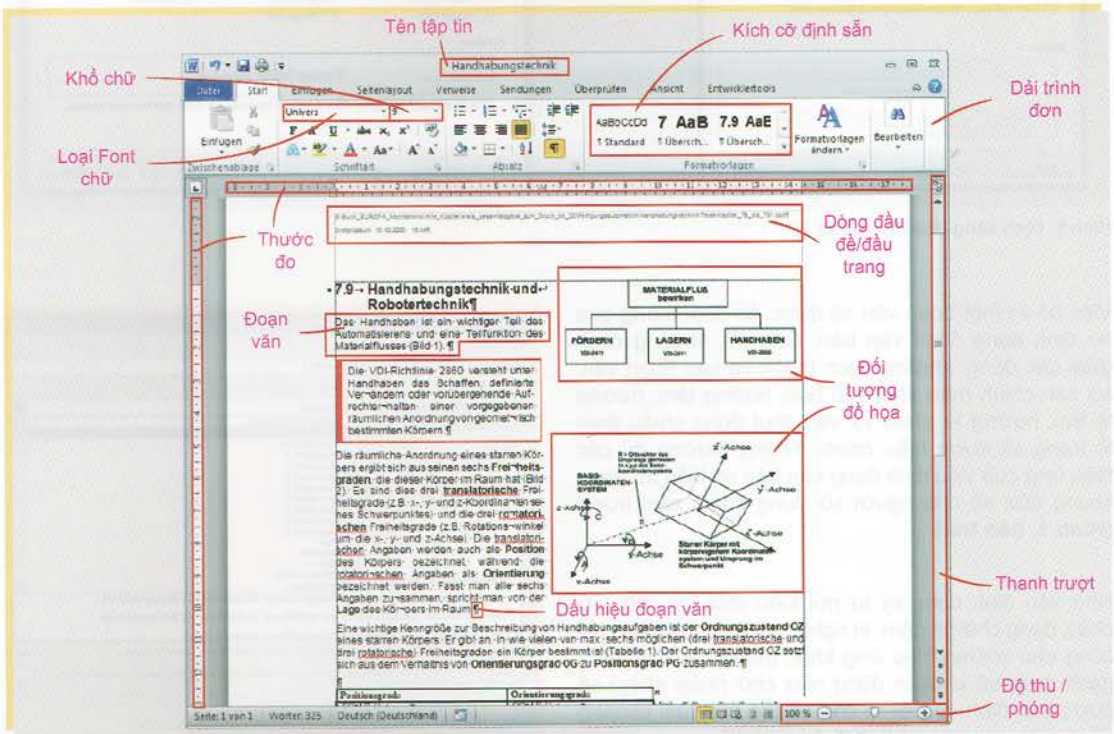
8 Hãy nghiên cứu các phần mở rộng nào đã có sẵn cho bộ ứng dụng mở cho văn phòng và trình bày chúng cho nhóm của bạn.

https://tieulun.hopto.org

1.2.1 Xử lý văn bản

Ngày nay, việc soạn thảo thư tín, tài liệu v.v... diễn ra trong phạm vi cá nhân và bán chuyên nghiệp hầu như đều dựa vào phần mềm xử lý văn bản. Các khâu của kỹ thuật in ấn chuyên nghiệp, thí dụ như báo chí, sách vở hoặc tài liệu quảng cáo của hãng xưởng sẽ dùng phần mềm sắp chữ điện tử DTP (**D**esktop **P**ublishing), mà việc sử dụng thành thạo đòi hỏi có sự đào tạo đặc biệt.

Xử lý văn bản cho phép tạo ra số tài liệu lớn - bao gồm văn bản, bảng liệt kê và đồ họa - với việc tự động tạo ra mục lục các chương, mục lục các từ khóa và tự động quản lý chú thích ở dưới trang. Hơn nữa, các chương trình xử lý văn bản hiện nay đều có bộ chương trình lập bảng biểu thị đầy tiện nghi. Nó có thể kết hợp với đồ họa bên ngoài, bố trí văn bản thành nhiều cột, tự động đánh số tiêu đề của chương và đánh số cho các chú thích của hình ảnh và bảng biểu thị (**Hình 1**).

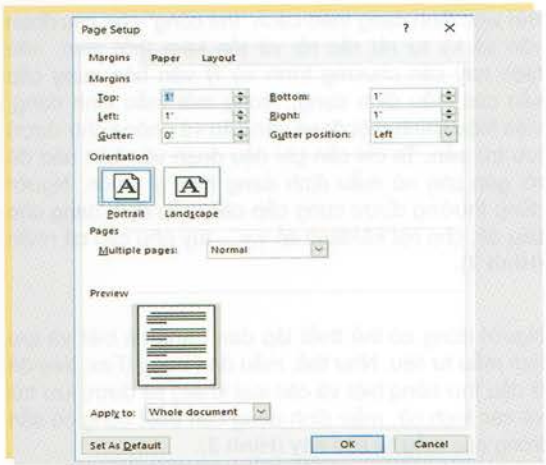


Hình 1: Cửa sổ ứng dụng xử lý văn bản

Ưu điểm lớn là, nhờ vào trình xử lý văn bản, văn bản không cần phải định dạng ngay khi nhập. Việc tạo dạng của văn bản thường diễn ra liền ngay sau khi văn bản đã được nhập vào đầy đủ.

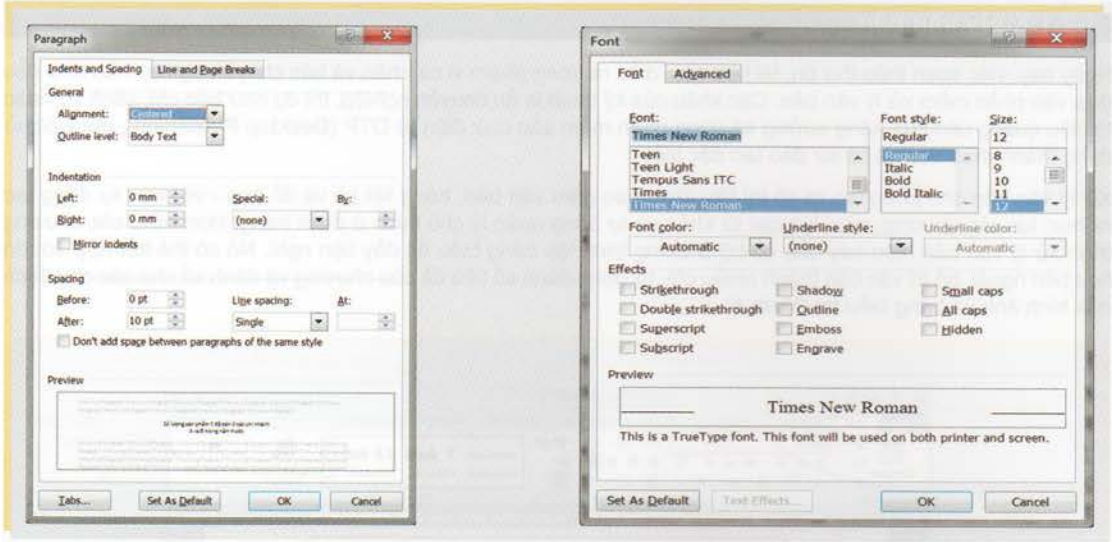
Việc trình bày (Layout) của văn bản nhập vào chủ yếu gồm xác định **cách dàn trang**, **định dạng ký tự** và **định dạng một đoạn văn bản**.

Khi dàn trang sẽ định dạng trang: tức là khổ giấy (thí dụ như DIN A4 khổ ngang/đứng), vùng có thể in (lề trái/phải và bên trên/phía dưới), kích cỡ ghi số dòng, thể loại đóng khung quanh văn bản v.v... (**Hình 2**). Ngoài ra còn ấn định "dấu hiệu mờ" (thí dụ cho việc đánh dấu là bản thảo) và màu nền cho các tài liệu.



Hình 2: Định dạng trang

https://tieulun.hopto.org



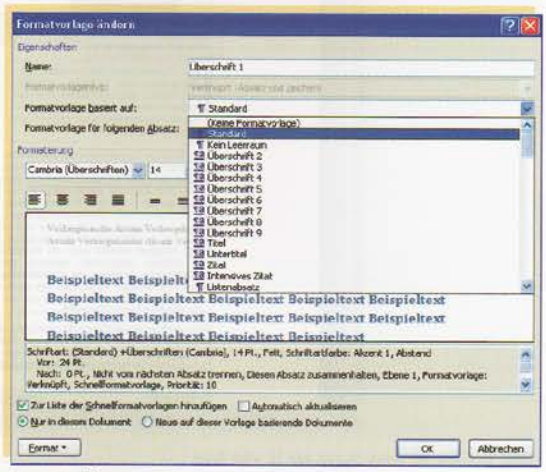
Hình 1: Định dạng đoạn văn và ký tự

Việc bố trí một đoạn văn sẽ được ấn định thông qua sự định dạng đoạn văn bản. Qua đó, khoảng cách giữa các dòng, khoảng cách trước và sau đoạn văn, sự cân chỉnh (như khối văn bản, hướng tâm, hướng lề trái, hướng lề phải) và việc thụt dòng chiếu theo lề trang sẽ được hiệu chỉnh. Thông thường thì các hiệu ứng của việc định dạng văn bản sẽ hiển thị trong khung cửa sổ cho người sử dụng được xem trước (**Hình 1, bên trái**).

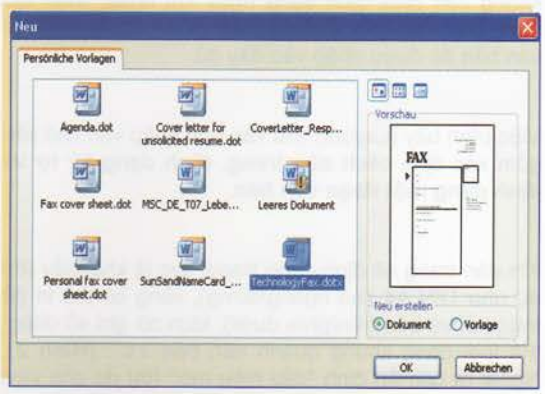
Nhờ vào định dạng ký tự mà kiểu chữ, co chữ (cỡ chữ), dạng chữ (in đậm, in nghiêng), màu sắc của chữ cũng như những hiệu ứng khác (nâng cao, hạ thấp, gạch dưới và chuyển động như chữ nhấp nháy) sẽ được xác định. Ngoài ra còn có thể thay đổi khoảng cách giữa các ký tự (**Hình 1, bên phải**).

Bởi việc định dạng theo cách "thủ công" cho các đoạn văn và ký tự rất rắc rối và tốn kém thời gian, nên hiện nay các chương trình xử lý văn bản cung cấp sẵn các mẫu định dạng. Trong một mẫu định dạng, việc hiệu chỉnh một đoạn văn bản và phông chữ được lưu trữ sẵn. Ta chỉ cần ghi dấu đoạn văn bản nào đó rồi gán cho nó mẫu định dạng theo ý muốn. Người dùng thường được cung cấp các mẫu định dạng cho tiêu đề, cho liệt kê/đánh số v.v.... tùy nhu cầu cá nhân (**Hình 2**).

Người dùng có thể thiết lập dàn trang cá biệt và lưu làm mẫu tư liệu. Như thế, mẫu dàn trang (Fax, tiêu đề ở đầu thư riêng biệt và các loại khác) sẽ được lưu trữ và các kích cỡ, mẫu định dạng cần thiết cũng có sẵn trong các mẫu tư liệu này (**Hình 3**).



Hình 2: Mẫu định dạng

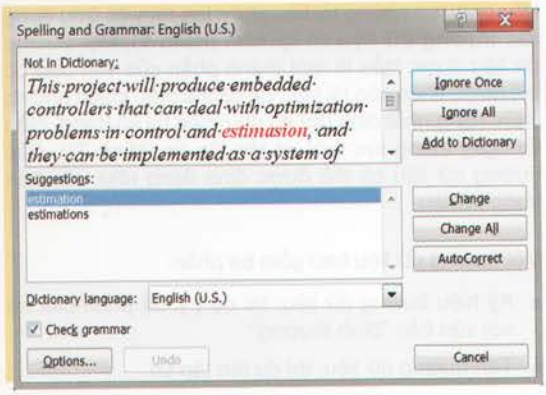


Hình 3: Mẫu tư liệu

https://tieulun.hopto.org

Cần lưu ý, tùy vào các gói ứng dụng văn phòng, khi muốn tạo tự động mục lục các chương, chỉ được phép sử dụng những mẫu định dạng về tựa đề do phần mềm cung cấp.

Một vài đặc điểm tiêu biểu khác của các phần mềm xử lý văn bản hiện nay là, có phần **kiểm tra chính tả** (**Hình 1**) và một **bộ từ điển** để đề xuất từ ngữ tương đồng. Thường thì việc kiểm tra chính tả có thể cá biệt hóa, nghĩa là người dùng có thể bổ sung vào từ điển tích hợp sẵn.

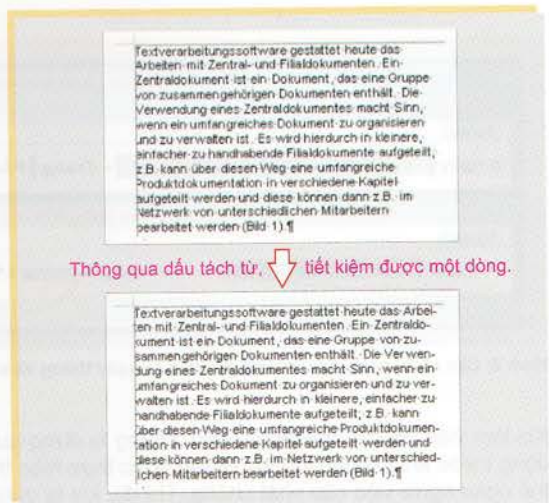


Hình 1: Kiểm tra chính tả

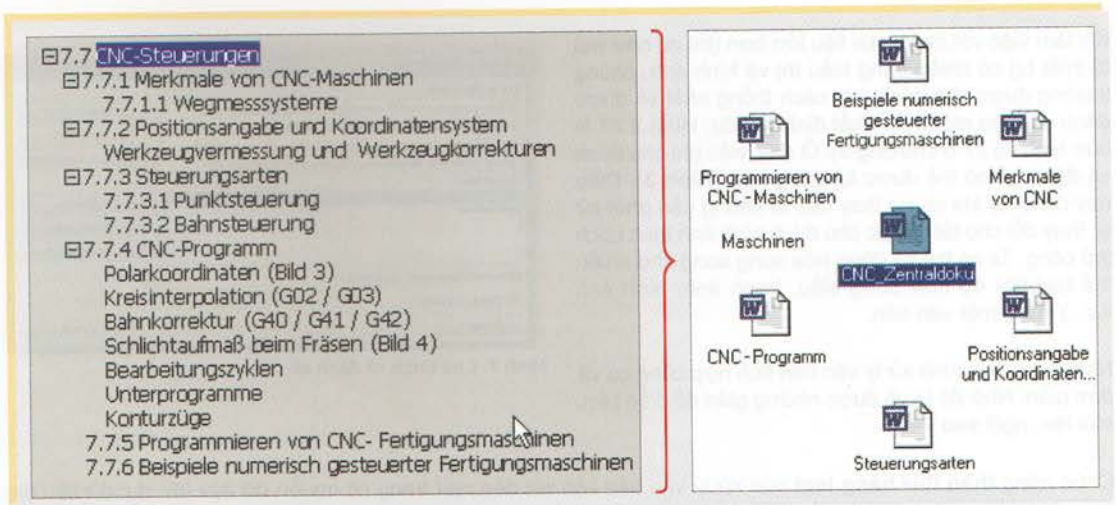
Một công cụ quan trọng nữa là các **dấu tách từ**, nhờ vậy trong khối văn bản không nảy sinh những khoảng trống lớn do phần mềm tự động chỉnh chỗ trống, hoặc không còn thấy rìa lởm chởm ở lề phải (**Hình 2**).

Hiện nay các phần mềm xử lý văn bản cho phép làm việc với các **tài liệu chính (trung ương)** và **tài liệu phụ (chi nhánh)**. Tài liệu chính là một tài liệu có chứa một lượng lớn những tài liệu liên quan. Việc sử dụng một tài liệu chính sẽ hữu dụng khi phải tổ chức và quản lý một bộ tài liệu đồ sộ. Ở đây nó được chia nhỏ thành các tài liệu phụ để dễ thao tác hơn; thí dụ như có thể chia nhỏ một bộ tài liệu đồ sộ về sản phẩm thành nhiều chương khác nhau để nó có thể, thí dụ, được các nhân viên khác nhau xử lý qua mạng (**Hình 3**).

Tuy nhiên, khi làm việc với một tài liệu chính và các tài liệu phụ, vẫn có thể cho hiển thị dàn bài của toàn bộ tài liệu. Tài liệu chính có thể được lưu trên mạng để các thành viên trong nhóm có khả năng truy cập trực tiếp đến tất cả các tài liệu phụ.



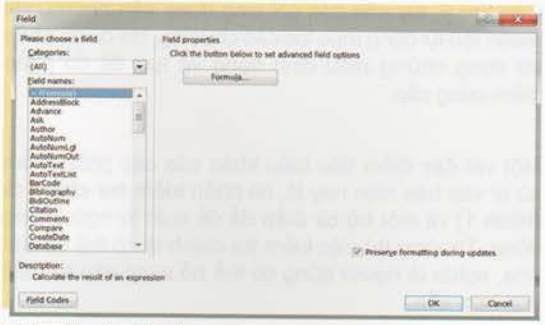
Hình 2: Dấu tách từ



Hình 3: Tài liệu chính và tài liệu phụ

https://tieulun.hopto.org

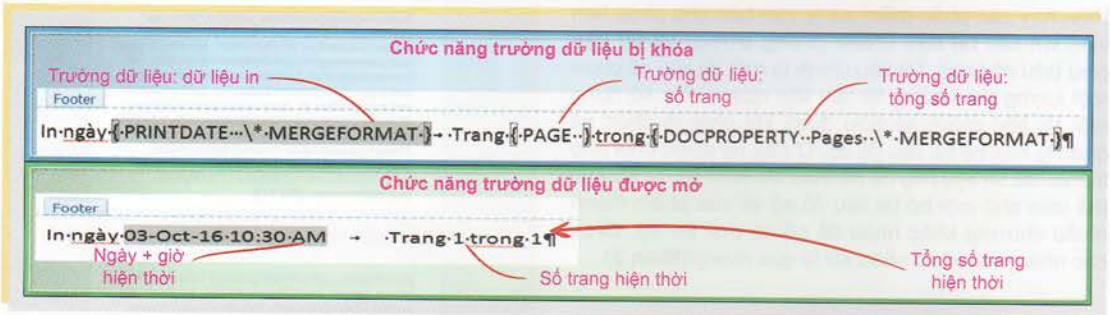
Nếu phải tạo những tài liệu phức tạp thì việc ứng dụng các **trường dữ liệu** có lợi hơn (**Hình 1**). Một trường dữ liệu được hiểu là một thành phần của văn bản có thể được chèn vào tài liệu, để có thể điều khiển những chức năng nhất định (thí dụ như hiển thị số trang, hiển thị ngày tháng tức thời và tên tập tin (**Hình 2**)). Các trường dữ liệu có thể được định dạng như văn bản trong tài liệu.



Hình 1: Trường tập tin

Một trường dữ liệu bao gồm ba phần:

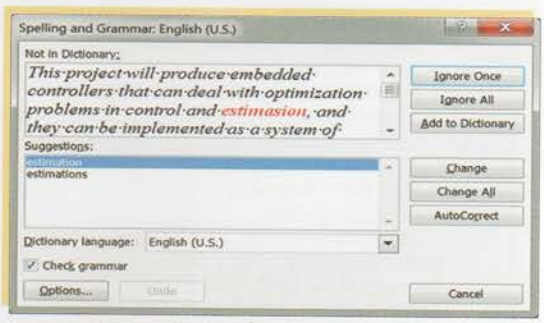
- Ký hiệu trường dữ liệu; thí dụ { }, để phân biệt nó với văn bản "bình thường"
- Tên trường dữ liệu; thí dụ tên tập tin
- Lệnh trường dữ liệu; định rõ các đặc tính khác của trường; thí dụ \p chỉ rõ đường dẫn đến tài liệu thông qua tên tài liệu.



Hình 2: Các chức năng của trường dữ liệu; in ngày tháng và số trang

Khi làm việc với các trường dữ liệu, chúng ta đừng quên cập nhật chúng. Điều này có thể được thực hiện tự động trước khi in hoặc lưu trữ chúng hoặc thực hiện thủ công. Một đặc điểm khác của trường dữ liệu là ta có thể ngăn ngừa việc cập nhật chúng. Thí dụ, khi ta dùng trường dữ liệu để điền ngày tháng vào một lá thư thì, mỗi lần gọi nó, ngày tháng trong thư sẽ được thay đổi tương ứng. Nếu không muốn điều này xảy ra, ta có thể khóa việc cập nhật của trường dữ liệu. Kể cả toàn bộ những chức năng của trường dữ liệu cũng có thể được bỏ hoàn toàn, có nghĩa là nó sẽ được chuyển đổi thành văn bản "bình thường".

Khi làm việc với những tài liệu lớn hơn (thí dụ như mô tả thiết bị) có nhiều bảng biểu thị và hình ảnh, chúng thường được chú thích một cách thống nhất và được đánh số theo một mẫu nhất định (thí dụ: Hình 3.27 là bức hình số 27 ở chương 3). Ở đây, việc ghi chú thích và đánh số có thể được tự động hóa (**Hình 3**). Điều này có lợi là khi có sự thay đổi, ta không cần phải xử lý, thay đổi cho tất cả các chú thích hình ảnh theo cách thủ công. Ta có thể tự động hóa song song cho nhiều thể loại (thí dụ như bảng biểu, tranh ảnh, hình ảnh v.v...) trong một văn bản.



Hình 3: Chú thích và đánh số

Nhiều chương trình xử lý văn bản tích hợp công cụ vẽ đơn giản. Nhờ đó ta vẽ được những giản đồ diễn tiến, mũi tên, ngôi sao v.v...

Chức năng **thảo thư hàng loạt** của xử lý văn bản liên kết đến một trang có nguồn dữ liệu (thí dụ: dữ liệu địa chỉ) với tài liệu chính (thí dụ như thư thông báo) (**Hình 1, trang 41**).

https://tieulun.hopto.org

Nguồn dữ liệu bao gồm các mẫu ghi dữ liệu riêng biệt với các trường dữ liệu khác nhau. Mỗi trường dữ liệu có gài tên gọi (thí dụ như địa chỉ, tên, địa điểm v.v...). Khi thảo thư hàng loạt, việc liên kết đến tài liệu chính thực hiện thông qua tên gọi của các trường dữ liệu.

Tài liệu chính

David-Roentgen-Schule Neuwied
Mechatronik-Team
Langendorfer Straße 65
56564 Neuwied
Tel. 02631 / 98900

An
«Anrede» «Vorn» «Name»
«Firma»
«Adresse»
«Plz» «Ort»

EINLADUNG
10. Mechatronik-Forum Neuwied
21. Mai 2011
14.00 Uhr Raum C 207

Das aktuelle Forum im Mai steht besonders im Zeichen der Lernortkooperation.

+

Nguồn dữ liệu

Anrede	Vorn.	Name	Firma	Adresse	Plz	Ort	Tel
Herr	Stephan	Klein	Oberland Glas AG	Industrie-gebiet 17	45432	Wirges	02234/ 98007
Frau	Doro-thea	Jeub	Rasselstein Hoesch AG	Dierdorfer Straße 112	56789	Neuwied	02631/ 816988
Herr	Bodo	Polifka	Kloeckner Moeller	Bertha von Suttner Platz 12	54444	Bonn	0228/ 232012
Herr	Her-mann	Löhr	Siemens AG	Bahnhof-str. 1	76543	Erlangen	0711/ 989001
Herr	Dirk	Sorn-berger	Fiat Deutschland	Floss-weg 61	56781	Bad Honnef	02224/ 78654
Frau	Katja	Saal	Reis Robotics	Dierdorfer Straße 1	23412	Hamm	01234/ 12 24
Herr	Marek	Elsen	Elsen GmbH & Co	Linzer Straße124	53604	Rhein-breitbach	02224/ 654321
Frau	Anette	Wein-berg	Kuka Robotics	Industrie-gebiet 112	34571	Augs burg	07654/ 89760

Thư gởi hàng loạt

Hình 1: Thư gởi hàng loạt

Bài tập:

1 Hãy tạo một thư gởi hàng loạt đến 10 công ty khí nén khác nhau, trong đó bạn kêu gọi tài trợ hiện vật (như van, xi lanh, vật liệu minh họa) cho một dự án.

2 Hãy tạo một nguồn dữ liệu với địa chỉ của tất cả các công ty đào tạo theo lớp học của bạn để bạn có thể sử dụng nó vào mục đích trao đổi thông tin

3 Hãy thực tập qua một tài liệu khá lớn với các trường dữ liệu sau: tên tài liệu với đường dẫn, tên tác giả, trang của tổng số trang, ngày tạo tập tin, ngày in.

4 Hãy thực tập trong một tài liệu ở bài tập trên với 4 tấm ảnh và 3 bảng tính. Hãy đánh số chúng với những chú thích hình tự động.

5 Hãy tạo từ một tài liệu gốc lớn một tài liệu chính và các tài liệu phụ tương ứng.

6 Hãy tạo những mẫu định dạng cho các tài liệu trong nhóm của bạn.

7 Hãy tạo một tấm hình có định dạng (tập tin) khác nhau (như .JPG, .BMP v.v...) và gài nó vào tài liệu văn bản. Những định dạng khác nhau đó ảnh hưởng như thế nào lên dung lượng bộ nhớ?

https://tieulun.hopto.org

1.2.2 Bảng tính

Tương tự như việc máy đánh chữ bị lấn át bởi các chương trình xử lý văn bản, các máy tính toán cũng trở nên thừa thãi sau khi có các chương trình bảng tính. Các chương trình này giúp người dùng

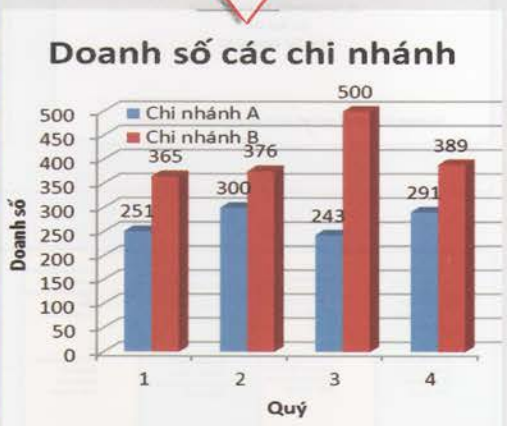
- biểu thị các con số theo cấu trúc (tạo thành dạng bảng);
- đánh giá và tính toán với số liệu;
- diễn tả số liệu bằng biểu đồ rõ ràng (**Hình 1**).

Ưu điểm lớn so với các phương pháp xử lý "thủ công" truyền thống là:

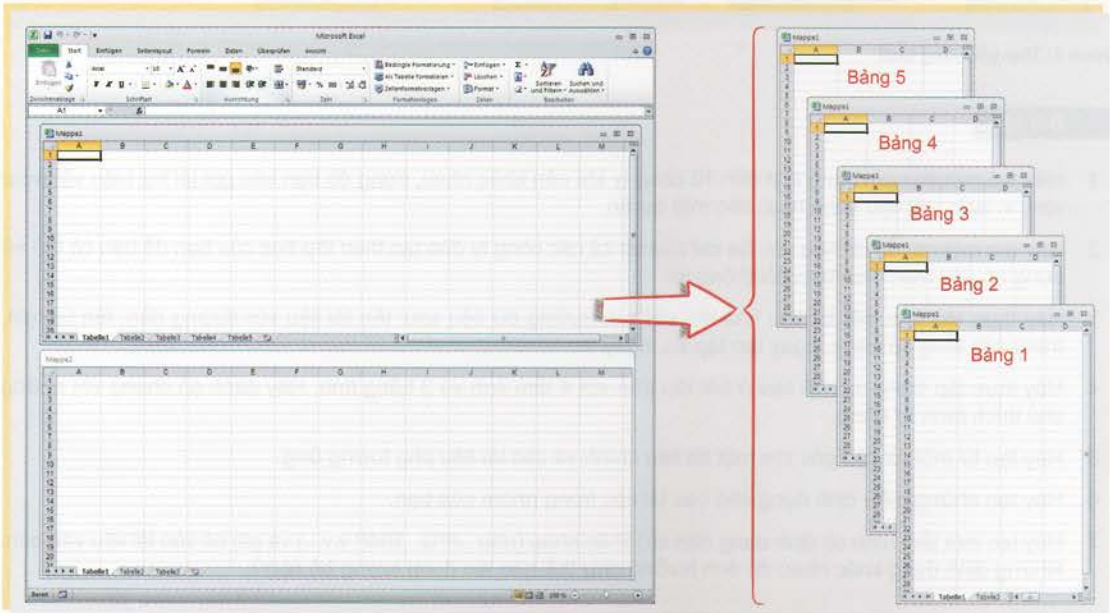
- có khả năng thay đổi những trị số khởi điểm khác nhau trong một phép tính toán;
- có khả năng nhập công thức vào để tính toán.

Một tập tin trong bảng tính thường được gọi là **bảng phân phối** (map) hoặc **bảng làm việc**. Mỗi bảng làm việc bao gồm một số table, cũng còn được gọi là bảng biểu, nằm liền kề nhau trong bảng làm việc (**Hình 2**). Cách lưu trữ này có lợi điểm là một bảng biểu lớn có thể được chia nhỏ ra, nhờ đó nhìn được rõ ràng mạch lạc hơn. Việc thiết lập sự liên hệ giữa các bảng biểu khác nhau cũng không có vấn đề gì.

	Chi nhánh A	Chi nhánh B	Chi nhánh C
Quý 1	251	365	616
Quý 2	300	376	676
Quý 3	243	500	743
Quý 4	291	389	680
Tổng cộng	1085	1630	2715



Hình 1: Trình bày tài liệu bằng số

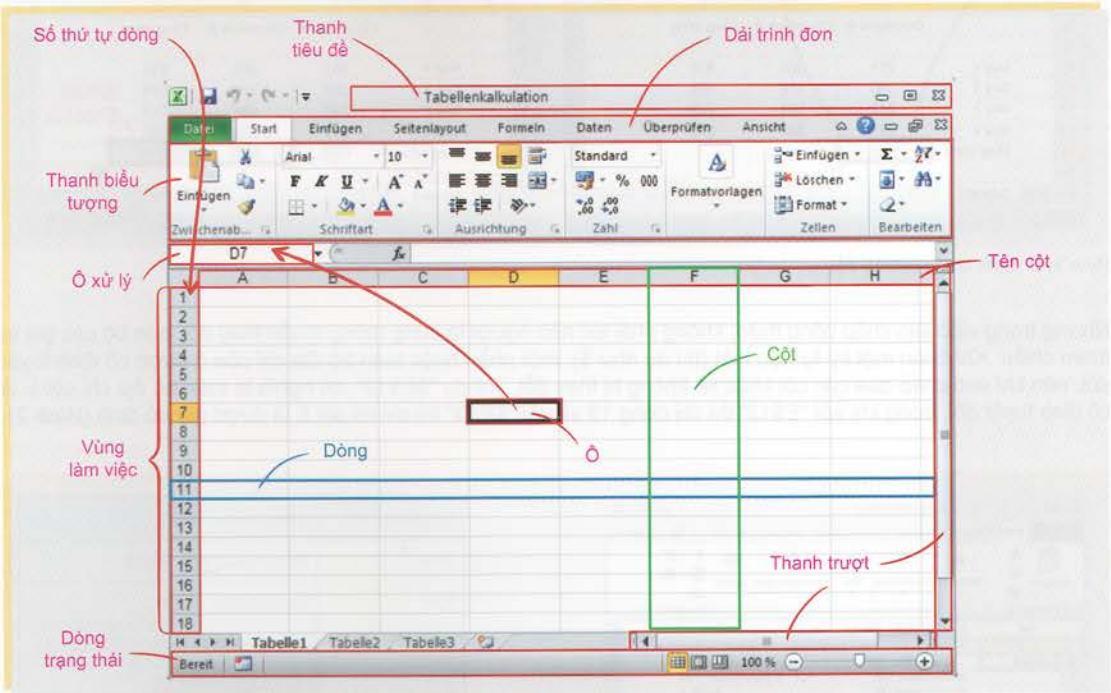


Hình 2: Cấu trúc bảng phân phối và bảng biểu của một dạng bảng tính

https://tieulun.hopto.org

Một bảng biểu (table) bao gồm các **cột** và các **dòng**, mà mỗi cột/dòng đều đánh dấu rõ ràng. Một trường của bảng biểu cũng còn được gọi là một **ô**. Một ô được xác định rõ rệt qua vị trí dòng và vị trí cột, thí dụ D7 (**Hình 1**).

Trong những **ô** này ta có thể nhập các văn bản hoặc chuỗi ký tự, các giá trị (như con số, ngày tháng hoặc thời gian), các công thức toán học hoặc các biểu thức logic và có thể được định dạng tương tự như trong (ứng dụng) xử lý văn bản (thí dụ phông chữ hoặc khổ chữ, in đậm hoặc in nghiêng, chiếu lề phải hoặc lề trái hoặc khối văn bản). Ngoài ra phần mềm bảng tính hiện nay cũng cung cấp tính năng chỉnh sửa tự động, kiểm tra viết đúng văn phạm cũng như khả năng thường xuyên tự động tạo các chuỗi dữ liệu dựa vào một vài giá trị cho trước. Khi ta điền con số (thí dụ 1,2) hoặc chữ (thí dụ thứ Hai, thứ Ba) vào hai dòng nằm kề cận hoặc nằm bên dưới nhau và chọn đánh dấu những dòng này, thì có khả năng khi kéo, các dòng hoặc các cột sẽ tự động được điền thêm vào đầy đủ (tức 1; 2; 3; 4 v.v... hoặc thứ Hai, thứ Ba, thứ Tư, thứ Năm v.v...).

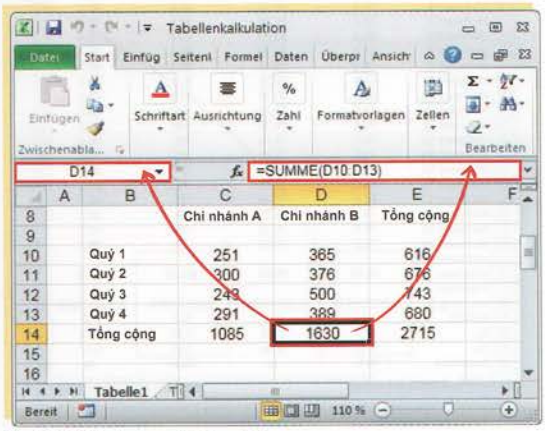


Hình 1: Cửa sổ ứng dụng của một bảng tính

Nhờ vào **địa chỉ ô**, thông qua công thức toán học có thể tính được trị số mới. Như vậy, thí dụ như tính toán với lệnh hàm số

SUM (D10: D13)

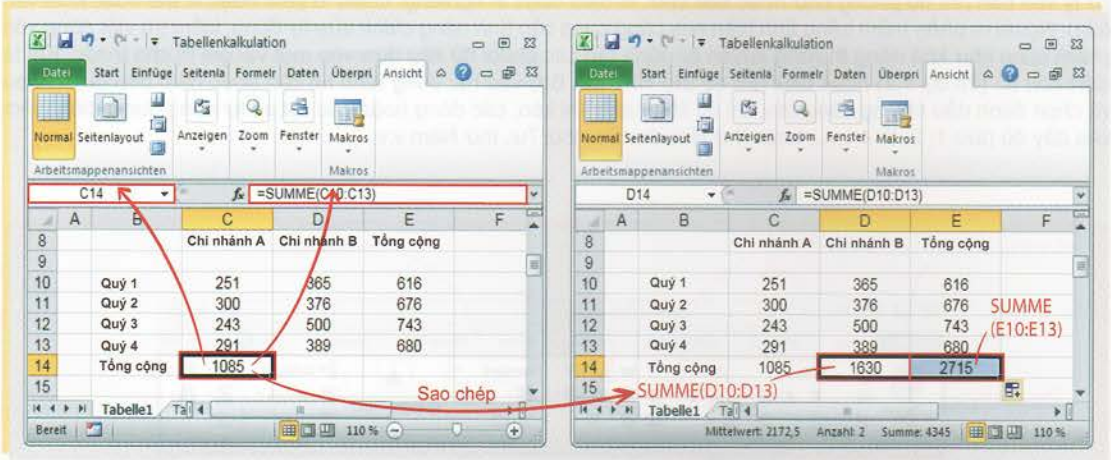
là tổng tất cả các trị số nằm trong phạm vi từ ô D10 đến ô D13 (tức các ô D10, D11, D12 và D13) (**Hình 2**). Có khả năng, có nhiều ô riêng biệt không nằm chung trong một khu vực, có thể được nhập bằng cách liệt kê (thí dụ như SUM (D10, D12, D13)). Thực hiện cách tính toán này có lợi điểm là việc thay đổi số liệu và công thức sẽ luôn tính toán cho ra kết quả tương ứng, mà người dùng không cần phải tự nhập những trị số vào công thức (**Hình 2**).



Hình 2: Tính toán với địa chỉ ô

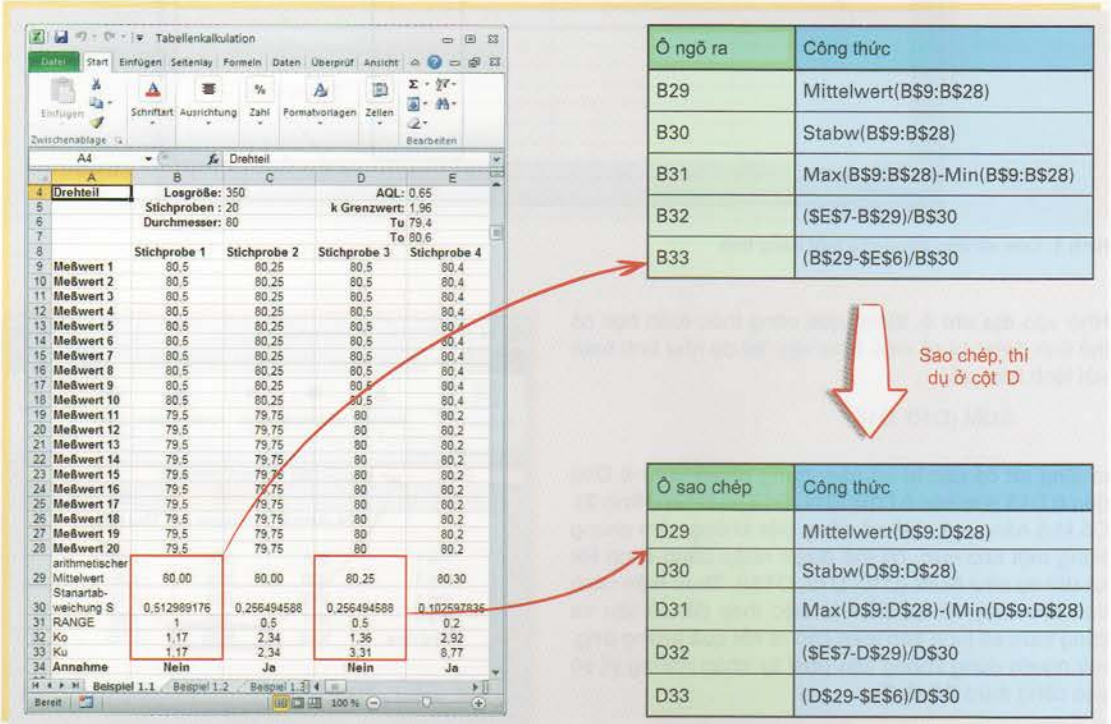
https://tieulun.hopto.org

Một trường hợp ứng dụng quan trọng khác là việc sao chép công thức. Thí dụ, về cơ bản có nhiều cột hoạt động với cùng một công thức toán thì chỉ cần nhập công thức một lần, nó sẽ được sao chép qua những cột khác bằng cách đánh dấu và kéo thả. Phương pháp này được gọi là kéo và thả (Drap & Drop). Ở đây, phần mềm sẽ tự động thay đổi các ô tham chiếu tương đối (thí dụ C10: C13) (**Hình 1**). Qua đó ta tiết kiệm được rất nhiều thao tác gõ phím.



Hình 1: Ô tham chiếu tương đối

Nhưng trong việc sao chép công thức, không phải lúc nào người ta cũng mong muốn thay đổi toàn bộ các giá trị tham chiếu. Khi chèn một ký tự đặc biệt (thí dụ như $), một phần hoặc toàn bộ địa chỉ của ô được cố định tuyệt đối, nên khi sao chép qua các cột khác sẽ không bị thay đổi. Thí dụ "E13", có nghĩa là toàn bộ địa chỉ cột E là cố định tuyệt đối, trong khi với "E$13" thì chỉ dòng 13 và với "$E13" thì chỉ có cột E là được giữ cố định (**Hình 2**).

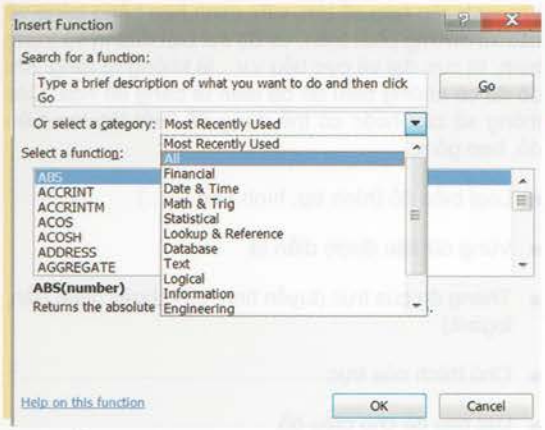


Hình 2: Ô tham chiếu tuyệt đối

https://tieulun.hopto.org

Có nhiều loại công thức khác nhau:

- Công thức số học
- Công thức văn bản
- Công thức logic
- Hàm số



Hình 1: Các loại hàm

Công thức số học dùng trong phép tính toán với các biến số hoặc hằng số, mà bản thân nó thuộc loại dữ liệu số, nên kết quả là một con số.

Thí dụ = F12 *1,16

Công thức văn bản kết chuỗi các giá trị của ô. Kết quả là một chuỗi ký tự.

Thí dụ = "Năm sinh" & G11

cung cấp kết quả là: Năm sinh 1960, khi ô G11 mang số 1960, ở đây con số trong G11 được chuyển đổi thành văn bản.

Lưu ý: Như thế, có một sự phân biệt, thí dụ, "1960" sẽ được lưu trữ dưới dạng dữ liệu chữ hoặc dữ liệu số.

Công thức logic kiểm tra các điều kiện logic. Nó có thể đúng (logic 1) hoặc sai (logic 0).

Thí dụ = (A6 > A4) + 1

cung cấp trị bằng 2 nếu A6 > A4 và trị bằng 1 nếu A6 ≤ A4. Điều kiện logic có thể kết hợp với toán tử logic (AND, OR, NOT).

Thí dụ = IF (AND (D31 > C7; D32 > C7), "Có", "Không")

Các hàm số (**Hình 1**) là những công thức có sẵn được cung ứng cho các ứng dụng, một số trong đó cho phép những tính toán khá phức tạp. Người dùng không còn phải quan tâm đến việc lập trình chính xác những công thức liên quan. Thí dụ, với hàm MAX ta có thể tìm ra trị cực đại của một con số nằm trong một vùng hoặc một loạt những con số. Mỗi hàm đều có một mô tả về cú pháp để người dùng có thể nhập đúng dạng thức và thứ tự các thông số của hàm.

Như thế, về nguyên tắc các công thức bao gồm **các toán hạng** (thí dụ như D2, 1.15) và **các toán tử** (thí dụ như +, <). Nếu trong công thức không có các dấu ngoặc thì dựa vào **thứ tự ưu tiên (Hình 2)** của các toán tử mà thực hiện. Như vậy, công thức

= 7 + 4 * 9 - 3

sẽ cho kết quả là 40, bởi trước tiên thực hiện phép nhân rồi đến phép cộng và phép trừ. Với dấu ngoặc thì luôn được tính từ lớp trong sau đó mới đến lớp ngoài. Như vậy, với công thức

= (7 + 4) * (9 - 3) hoặc (7 + 4) * 9 - 3

kết quả một bên là 66 và một bên là 96.

Khi nhập liệu một công thức phải cần chú ý đến cú pháp của công thức (thí dụ: số lượng dấu ngoặc đơn luôn là số chẵn) hoặc chọn cú pháp của hàm cho phù hợp và chọn dạng thức của từng loại dữ liệu (thí dụ như con số, ngày tháng, văn bản) cho chính xác, nếu không phần mềm sẽ báo lỗi.

Toán tử	Thí dụ	Ngữ nghĩa	Độ ưu tiên
Các toán tử cho vùng			
:	B3:B7	Vùng/khu vực	1
Leer	B3:E8 C4:F12	Phần giao	2
;	B3:B12;C3:C12	Phần hợp	3
Các toán tử đại số			
-	-(5*2)	Dấu hiệu	4
%	10 %	Phần trăm	5
^	5^2	Lũy thừa	6
*	5*6	Phép nhân	7
/	6/3	Phép chia	7
+	7+4	Phép cộng	8
-	4-2	Phép trừ	8
Toán tử chuỗi			
&	B2&B3	Kết chuỗi văn bản	9
Các toán tử so sánh			
=	B5=B7	Bằng	10
<=	B5<=B7	Nhỏ hơn/bằng	10
>=	B5>=B7	Lớn hơn/bằng	10
<>	B5<>B7	Không bằng	10

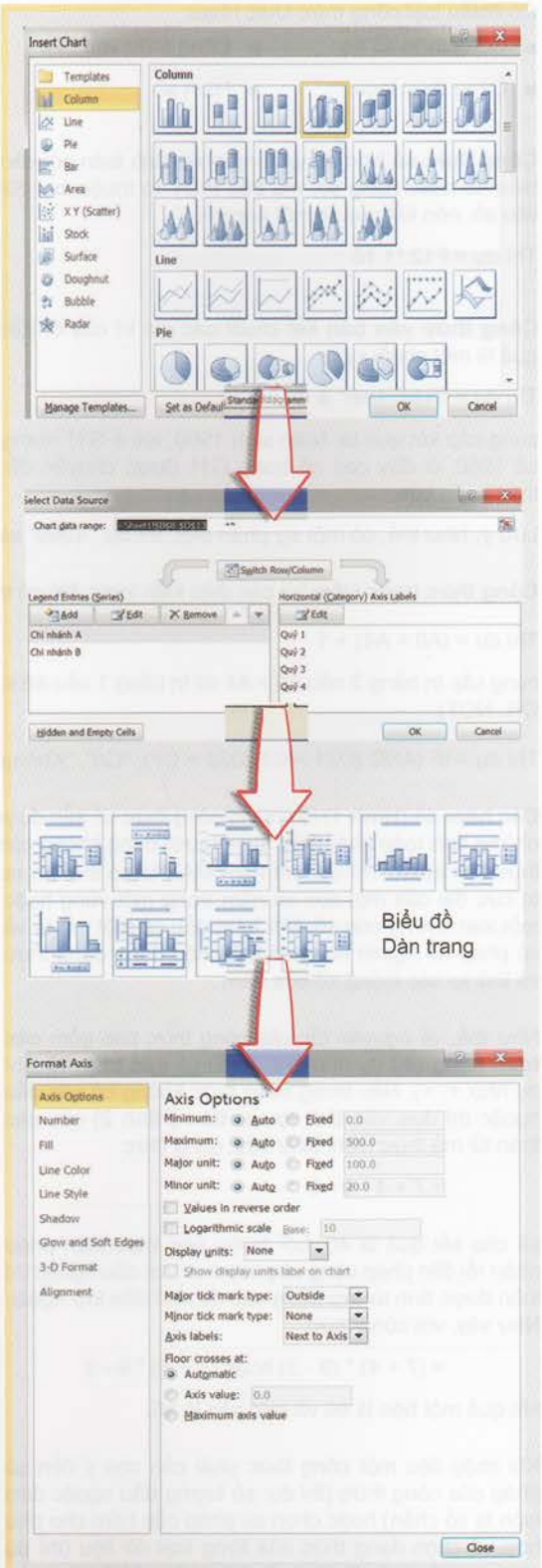
Hình 2: Các loại toán tử

https://tieulun.hopto.org

Khi xử lý tập hợp số lớn, việc minh họa bằng bảng về các xu hướng phát triển, về độ sai biệt của trị số trung bình, trị cực đại và cực tiểu v.v... là không rõ ràng. Khi đó đã có những biểu đồ để diễn tả bằng đồ họa. Các thông số cần hoặc có thể dùng để thiết lập tạo biểu đồ, bao gồm:

- Loại biểu đồ (hình trụ, hình tròn v.v...)
- Vùng dữ liệu được diễn tả
- Thang đo của trục (tuyến tính, tăng hoặc giảm dần, logarit)
- Chú thích của trục
- Đặt tiêu đề cho biểu đồ.

Các trị số của bảng biểu ứng với biểu đồ được liên kết động với biểu đồ, để nó được tự động thay đổi khi một giá trị trong bảng thay đổi (**Hình 1**).



Hình 1: Các trợ giúp cho biểu đồ

Bài tập:

1 a) Hãy thiết lập hai cột, trong đó điền ngẫu nhiên vào mỗi cột 20 trị số đo giữa 100 và 102 (cho phép trùng lặp nhiều lần) và từ mỗi chuỗi số đo này, ứng dụng hàm số để xác định trị số trung bình cộng, trị cực tiểu và trị cực đại. Sao chép công thức cho cột thứ hai.

b) Hãy tìm hiểu về khái niệm "độ biến thiên" và "độ lệch chuẩn" trong thống kê học.

2 Hãy viết trị số 101 vào một ô bất kỳ và kiểm tra xem các trị số được tính toán ở trên lớn hơn, bằng hay nhỏ hơn 101.

3 Trị số nào được cung cấp bởi biểu thức sau?
= (8 x 4 - 3) x (5 - 2 x 3)

4 Trị số nào được cung cấp bởi biểu thức sau?
IF (AND (OR (B8 > B7; B6 > B7)) (AND (B6 > B5; B3 < B4)); "yes"; "no") với B3 = 3; B4 = 4 v.v...

5 Hãy dựa vào một biểu đồ để mô tả chuỗi số đo được thiết lập trong bài tập số 1.

6 Hãy tìm những biểu đồ có trục thang đo logarit. Giải thích các ưu điểm.

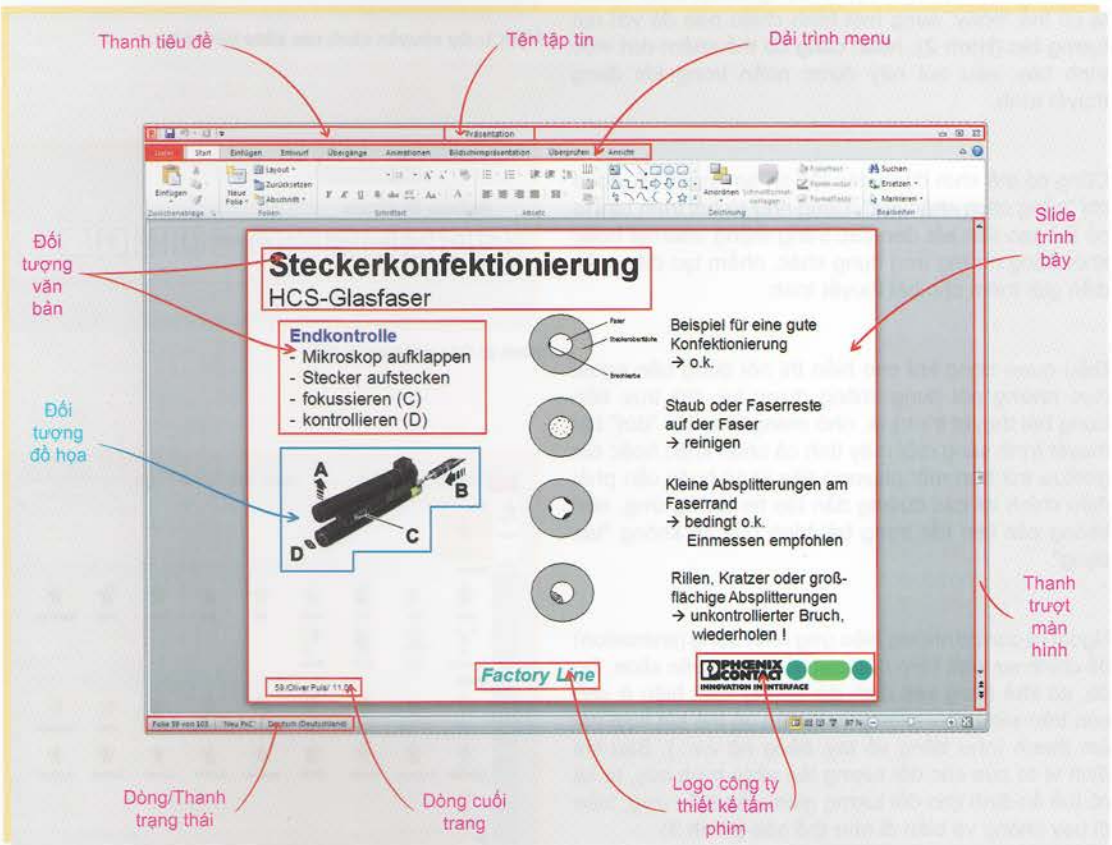
https://tieulun.hopto.org

1.2.3 Phần mềm trình bày (bài thuyết trình)

Trước đây các phần thuyết trình có đồ họa được hỗ trợ bằng cách đặt các slide (nhựa mỏng trong suốt) lên máy chiếu ảnh overhead projector, hiện nay chủ yếu ta dùng các phần mềm trình bày để trình bày bài thuyết trình soạn trước cho khán giả, thí dụ dựa vào một máy chiếu kỹ thuật số beamer (máy chiếu có cường độ ánh sáng mạnh dành cho máy tính cá nhân). Khi dùng công nghệ chiếu beamer, trong phần mềm trình bày người ta cũng gọi từng màn hình minh họa trình chiếu (**Hình 1**).

Thông qua chức năng OLE của gói ứng dụng văn phòng, các đối tượng của các ứng dụng khác có thể dễ dàng được đưa vào bài thuyết trình (như một biểu đồ từ bảng tính, một đồ họa hoặc một mẫu đơn của một phần mềm cơ sở dữ liệu v.v...). Ngoài ra còn có khả năng chèn hiệu ứng về âm thanh và video. Các bài thuyết trình hoàn chỉnh có thể được phân phối cho người tham dự. Nhờ đó có thể lưu lại các ghi chú lên slide mà người thuyết trình in ra, để họ có thêm thông tin trong khi trình bày.

Khi trình bày bài thuyết trình người ta có thể ấn định toàn bộ hoặc chỉ một phần của bài trình bày (còn được gọi là trình bày theo định hướng nhóm đối tượng) được hiển thị. Ngoài ra, con chuột có thể được sử dụng như một "thanh trỏ" để điểm dấu lên slide cho những giải thích bổ sung trong lúc trình bày. Khi chuyển sang slide trình bày kế tiếp thì nó sẽ biến mất sau đó.



Hình 1: Cửa sổ ứng dụng của phần mềm trình bày

Những kiến thức cơ bản về phần mềm xử lý văn bản sẽ có ích cho việc tạo slide trình bày. Tương tự như việc xử lý văn bản, ở đây những slide có thể được trang trí theo một mẫu thiết kế thống nhất. Như thế cách bố trí trang (như kích thước, trang đứng hay trang nằm ngang, đánh số tự động, màu nền thống nhất, biểu tượng hoặc tên công ty) có thể áp dụng giống nhau cho tất cả các slide. Ngoài ra có thể dòng đầu trang (header) và dòng cuối trang (footer) (ví dụ với ngày tháng và đánh số trang) và định dạng ký tự thống nhất cho toàn bộ bài thuyết trình.

https://tieulun.hopto.org

Nhờ ứng dụng trang tiêu đề và tính năng chỉnh sửa tự động để tránh các lỗi đánh máy, việc tạo ra một bài thuyết trình có chất lượng được đơn giản hóa.

Các thông số quan trọng nhất cần được thiết lập ở một bài thuyết trình gồm:

- Sự chuyển cảnh giữa các slide trình bày riêng lẻ
- Trình tự và diễn tiến thời gian của các yếu tố trên mỗi slide
- Hiệu ứng cho những thành phần được trình bày trên mỗi slide.

Sự chuyển cảnh (mặc định hay tùy chọn) giữa các slide trình bày rời có thể diễn ra tự động sau một thời gian quy định hoặc sau lần nhấp chuột (**Hình 1**). Nếu muốn "rẽ nhánh" về trình tự trong chuỗi trình chiếu, ta có thể "nhảy" sang một trình chiếu nào đó với nút tương tác (**Hình 2**), hoặc cũng có thể chấm dứt việc trình bày, nếu nút này được nhấn trong khi đang thuyết trình.

Hình 1: Sự chuyển cảnh các slide trình bày

Cũng có thể khởi động các tập tin âm thanh và video chỉ "bằng cách nhấn nút". Cũng như từ bài trình bày ta có thể tạo liên kết đến các trang mạng Internet hoặc khởi động những ứng dụng khác, nhằm tạo điều kiện diễn giải thêm cho bài thuyết trình.

Hình 2: Các nút tương tác

Điều quan trọng khi cho hiển thị nội dung bên ngoài (tức những nội dung không được lưu trữ trực tiếp trong bài thuyết trình) là, nhớ mang theo khi "dời" bài thuyết trình sang một máy tính cá nhân khác hoặc cất giữ/lưu trữ trên một phương tiện khác hoặc cần phải điều chỉnh lại các đường dẫn tập tin tương ứng, nếu không các liên kết trong bài trình bày sẽ không "tác dụng".

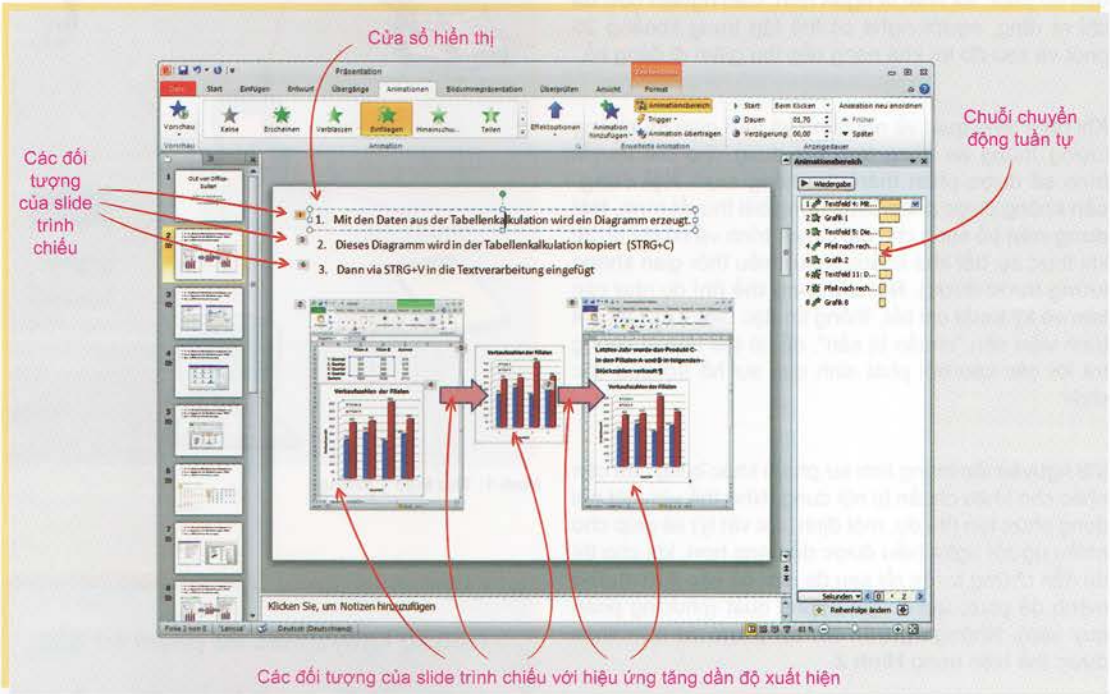
Ngoài ra còn có những hiệu ứng hình động (animation) để chỉnh sự xuất hiện của các đối tượng trên slide. Do đó, có khả năng xác định đối tượng xuất hiện ở chỗ nào trên slide. Đối tượng xuất hiện có thể kết hợp với âm thanh (như tiếng vỗ tay, tiếng nổ v.v...). Sau khi định vị trí của các đối tượng lên slide trình bày, ta lại có thể ấn định cho đối tượng giảm dần hiệu ứng, biến đi hay không và biến đi như thế nào (**Hình 3**).

Bằng cách này, ta cũng có thể tạo ra những biểu đồ chuyển động (như cho hiển thị tuần tự số liệu kinh doanh từ quý 1 đến quý 4) hoặc các công thức chuyển động (thí dụ diễn giải một phần của nhiều phương trình lớn).

Hình 3: Các hiệu ứng hình động (animation)

https://tieulun.hopto.org

Trình tự và diễn tiến thời gian của các đối tượng xuất hiện trên mỗi slide xác định thí dụ các đối tượng xuất hiện ngay lập tức hoặc xuất hiện với mỗi lần nhấp chuột. Như thế người dùng có thể chêm vào các từ khóa chính từ bài thuyết trình của mình lên slide trình bày bằng một cú nhấp chuột (**Hình 1**).

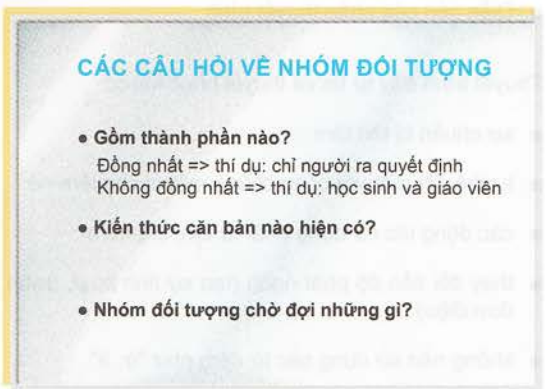


Hình 1: Slide với hiệu ứng hình động

Hiện nay, một phần mềm trình bày cung cấp quá nhiều khả năng, làm nhiều người mới học bị cám dỗ sử dụng quá nhiều hiệu ứng trong một bài thuyết trình, khiến khán giả bị quá tải. Các phần mềm thuyết trình chỉ và vẫn chỉ là một công cụ hỗ trợ cho các bài giảng được hiệu quả. Nó không phải là cứu cánh cho người dùng, nên phải tuân thủ những nguyên lý cơ bản về sư phạm và kỹ thuật thiết kế để tạo ra một bài thuyết trình. Có ba giai đoạn chính mà mỗi bài thuyết trình cần phải thông qua: **giai đoạn chuẩn bị**, **giai đoạn thực hiện** và **giai đoạn đánh giá**.

Giai đoạn chuẩn bị

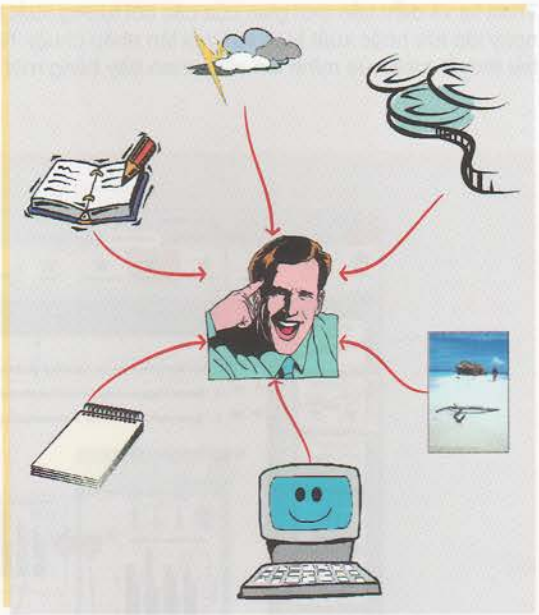
Về cơ bản, trong giai đoạn chuẩn bị cần phải sắp xếp ý tứ nhằm hướng đến các **mục tiêu** mà bài thuyết trình đó muốn đạt tới. Thí dụ, bài thuyết trình nhằm cung cấp thông tin hoặc dẫn đến những quyết định hay muốn chào bán một sản phẩm? Một câu hỏi quan trọng khác là xác định các nhóm đối tượng. Các bài thuyết trình cần được định hướng đầy đủ theo các nhóm đối tượng (**Hình 2**). Thí dụ, tùy vào thành phần khán giả mà một vấn đề kỹ thuật phức tạp nên được trình bày đơn giản tới đâu.



Hình 2: Sự định hướng theo nhóm đối tượng

https://tieulun.hopto.org

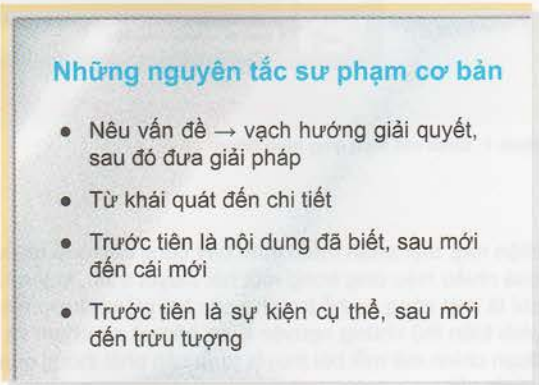
Trong giai đoạn chuẩn bị một bài thuyết trình, trước tiên chỉ tập trung thu thập toàn bộ thông tin quan trọng (hình ảnh, tài liệu quảng cáo, sách, liên kết Internet v.v...) (**Hình 1**). Sau đó cần cân nhắc về thời gian được cho phép. Một bài thuyết trình nên kéo dài tối đa từ 50 đến 60 phút; tốt nhất là ngắn hơn. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, người nghe có thể tập trung khoảng 20 phút và sau đó thì khả năng tiếp thu giảm đi đáng kể.



Hình 1: Thu thập ý tưởng

Khi nhìn tổng quát về nội dung và thời gian thì những lượng thông tin dùng làm nội dung cho bài thuyết trình sẽ được phân thành ba hạng mục. **Nội dung-cần** không được phép thiếu trong bài thuyết trình. **Nội dung-nên** bổ sung cho bài thuyết trình và nó chỉ bị cắt khi thực sự bất khả kháng (như thiếu thời gian không lường trước được). **Nội dung-có thể** (thí dụ như các bản vẽ kỹ thuật chi tiết, thông tin đặc biệt v.v...) thuyết trình viên nên "chuẩn bị sẵn", để có thể nhanh chóng trả lời các câu hỏi phát sinh qua sự hỗ trợ của các slide.

Vài nguyên tắc mang tính sư phạm khác cũng cần cân nhắc cho khâu chuẩn bị nội dung. Như thế với một nội dung phức tạp (thí dụ, một định luật vật lý) sẽ giúp cho nhiều người nghe hiểu được dễ dàng hơn, khi cho thí dụ dẫn chứng trước rồi sau đó mới đề cập đến những mệnh đề phức tạp có giá trị phổ quát (phương pháp quy nạp). Những nguyên tắc sư phạm cơ bản khác được thể hiện trong **Hình 2**.

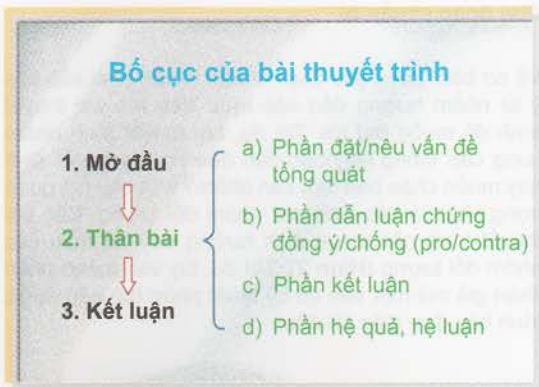


Hình 2: Những nguyên tắc sư phạm cơ bản

Giai đoạn thực hiện

Sau khi đã định sơ bộ về nội dung và thời gian, nên suy nghĩ tiếp về bố cục cho bài thuyết trình. Mỗi bài thuyết trình bao gồm ba phần (**Hình 3**). Trong **phần mở đầu** sẽ có

- Lời chào khán giả
- Phần tự giới thiệu về bản thân
- Tên của chủ đề
- Diễn tiến của phần thuyết trình



Hình 3: Bố cục của bài thuyết trình

Thuyết trình đầy tự tin và thuyết phục khi có:

- sự chuẩn bị tận tâm
- tư thế đối mặt với công chúng một cách niềm nở
- các động tác cử động phải từ tốn, chậm rãi
- thay đổi tiến độ phát ngôn (tạo sự linh hoạt, tránh đơn điệu)
- không nên sử dụng các từ đệm như "ừ, à"

https://tieulun.hopto.org

Thuyết trình viên cần có **lời dẫn nhập** mang tính kích thích để gây sự chú ý và "dẫn dụ" người nghe.

Phần thân bài của bài thuyết trình phải đi vào chủ đề thực sự và cũng cần phải có một bố cục logic (**Hình 3, trang 50**).

Trong **phần kết luận** của bài thuyết trình, nên tóm tắt lại một lần nữa những nét chính và kết quả đã thu được. Việc khéo léo hoàn thành bài diễn thuyết là khả dĩ khi một lần nữa có thể kết nối với phần dẫn nhập vào cuộc thảo luận bằng cách đặt các câu hỏi cho khán giả hoặc yêu cầu cho ý kiến phản hồi. Một bài thuyết trình có khả năng được xem là chuẩn bị hoàn hảo khi dự kiến được các lời đáp hoặc giải thích được các câu hỏi nảy sinh. Tất nhiên, cũng chỉ dự kiến được ở mức độ nhất định.

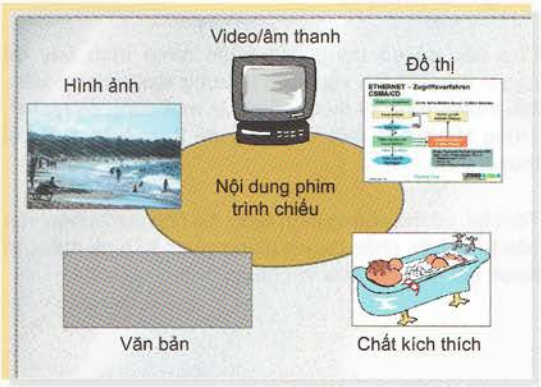
Tỷ lệ về thời gian cho từng phần (của bố cục) ước lượng như sau: 15% cho phần nhập đề, 75% cho phần thân bài và 10% cho phần kết luận.

Hình 1: Tỷ lệ ghi nhớ

Giai đoạn đánh giá

Sự đánh giá diễn ra dựa theo các câu hỏi:

- Sự phân bố về thời gian có hợp lý?
- Điều gì đạt, điều gì chưa đạt?
- Điều kiện tổ chức như thế nào?
- Tài liệu cung cấp cho thính giả có đầy đủ?
- Những gì có thể cải thiện được?

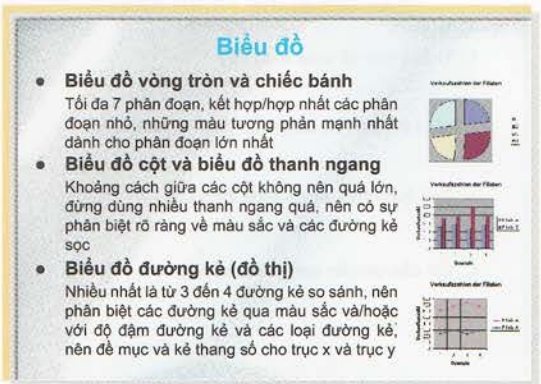


Hình 2: Nội dung slide trình chiếu

Tầm nhìn

Muốn phần thuyết trình diễn ra thành công, cần tận dụng nhiều bộ phận giác quan (**Hình 1**). Đối với bài trình bày, điều này nghĩa là bổ sung bằng văn bản cho các đối tượng hiện ra (thí dụ: những từ chủ đề) và thêm tranh ảnh (hình ảnh, hình vẽ v.v...) làm tăng sự chú ý của người nghe và qua đó, những nội dung chuyển tải được nhớ dài hạn. Thông qua việc hiển thị hóa hình ảnh cũng tác động giúp các thuyết trình viên thuyết trình thành thạo hơn.

Nội dung slide trình chiếu về cơ bản bao gồm năm loại đối tượng khác nhau (**Hình 2**). Để minh họa về cấu trúc tổ chức và các diễn tiến thì dạng lưu đồ rất thích hợp. Những công thức toán học, những dãy số khô khan và những bảng biểu, tốt nhất là diễn tả chúng trong các biểu đồ (**Hình 3**).



Hình 3: Các dạng biểu đồ

https://tieulun.hopto.org

Những hình ảnh, video và âm thanh có nguy cơ "nhồi" quá nhiều thông tin cùng một lúc cho người nghe. Do đó việc sử dụng các phương tiện truyền thông này chỉ nên vừa đủ. Tương tự các chất liệu kích thích (như tranh biếm họa, những trích dẫn, chuyện tiếu lâm v.v...) cũng cần được cân nhắc cẩn trọng. Ở đây cần phải lưu ý rằng, không nên thiếu đứng đắn. Nếu tận dụng tốt, nó có thể tạo được không khí thoải mái cho những đoạn "khô khan" của bài thuyết trình.

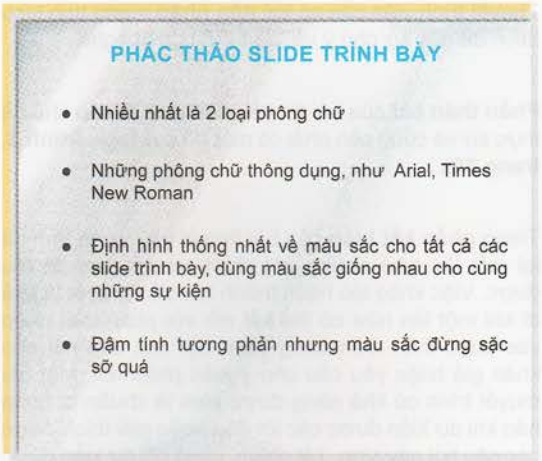
Có nhiều bài thuyết trình rất nặng về phần văn bản, trong khi đây là phần khó tiếp thu, do đó cần lưu ý các điểm quan trọng sau:

- Chỉ một chủ đề cho mỗi slide trình bày
- Càng ít dòng càng tốt
- Chỉ những đề mục, không ghi nguyên câu

Ngoài ra việc phác thảo (**Hình 1**) và thiết kế (**Hình 2**) các slide trình bày cần phải thỏa những điều kiện nhất định để đảm bảo được tính thống nhất. Mặt khác, điều rất quan trọng là không nên làm người nghe "quá tải" với quá nhiều thay đổi về màu sắc và phông chữ nếu không họ sẽ tự động ngưng tiếp thu. Hơn nữa, việc trình bày tất cả các slide nên diễn ra theo một trình tự thống nhất (**Hình 3**).

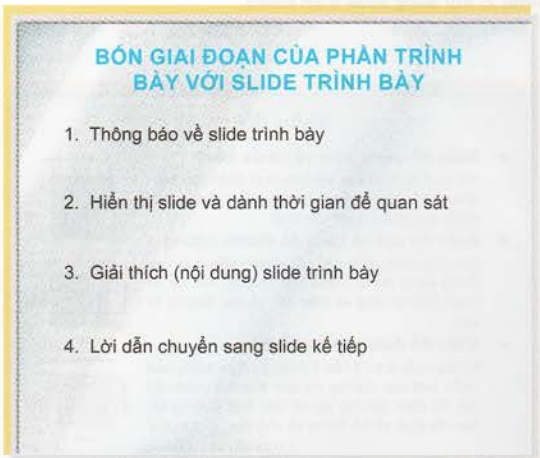
Cho dẫu có sử dụng đến phần mềm trình bày thì người thuyết trình vẫn luôn là trung tâm của sự kiện. Bài thuyết trình kỹ thuật số chỉ là một công cụ hỗ trợ. Trong **Hình 4** là một vài gợi ý để thực hiện một bài thuyết trình.

Tóm lại, có thể khẳng định rằng, ba lĩnh vực: phần văn bản trình bày, phần thuyết giảng và phần hình ảnh cần được kết hợp hài hòa với nhau.

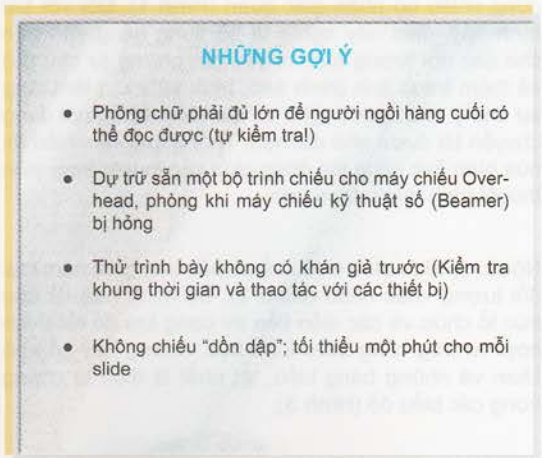


Hình 1: Phác thảo slide trình bày

Hình 2: Thiết kế slide trình bày



Hình 3: Các giai đoạn của phần trình bày

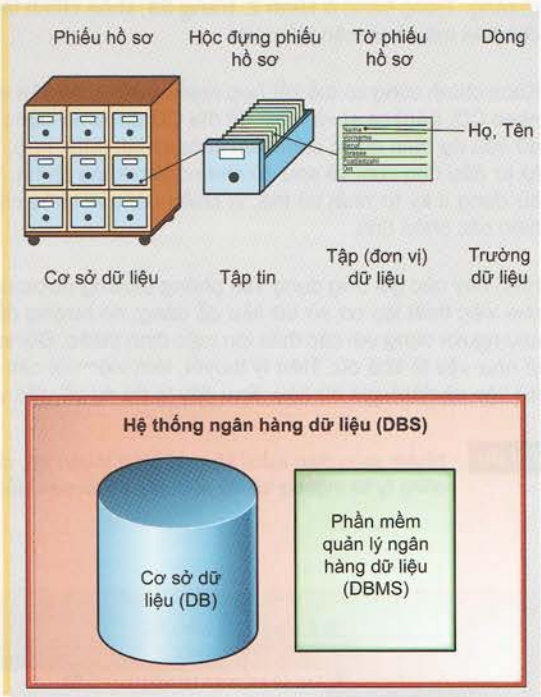


Hình 4: Những gợi ý để thực hiện

https://tieulun.hopto.org

1.2.4 Hệ thống ngân hàng dữ liệu

Nhờ vào hệ thống ngân hàng dữ liệu, một lượng lớn dữ liệu (như phiếu hồ sơ khách hàng của một hãng, tập tin địa chỉ các nhân viên công ty, danh bạ điện thoại v.v...) được lưu trữ, quản lý và đánh giá. Chương trình ngân hàng dữ liệu (Thuật ngữ: hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu DBMS = Database Management System) cho phép phân loại dữ liệu theo các tiêu chí nhất định (thí dụ như phân loại tên theo bảng chữ cái) và truy vấn đến ngân hàng dữ liệu, còn được gọi là bộ lọc dữ liệu. Thí dụ có thể hiển thị tất cả các thành viên tham gia trong một mạng lưới khu vực từ ngân hàng dữ liệu điện thoại. Nó cũng có thể truy vấn mối liên quan theo logic, thí dụ: tên tất cả các thành viên tham gia trong một mạng lưới khu vực, bắt đầu bằng mẫu tự A, cư ngụ tại phố B hoặc phố C.



Hình 1: Hệ thống ngân hàng dữ liệu

Như thế mỗi ngân hàng dữ liệu bao gồm một tập hợp những dữ liệu được kết cấu theo một dạng nhất định. Việc quản lý các dữ liệu này diễn ra với DBMS (hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu). Hệ thống này lưu trữ và quản lý dữ liệu ra sao là điều không quan trọng đối với một người sử dụng hệ thống dữ liệu (**Hình 1**).

Làm việc với một hệ thống ngân hàng dữ liệu chỉ có ý nghĩa khi, các thuật ngữ đã được giải thích và người dùng biết các cấu trúc cơ bản của ngân hàng dữ liệu. Thể thức hoạt động cơ bản của chương trình cơ sở dữ liệu là mô hình **cơ sở dữ liệu quan hệ (relational database)**. Ở đây, tất cả các dữ liệu của một tập tin được sắp xếp dưới dạng một hoặc nhiều bảng biểu hai chiều (**Hình 2**). Các bảng biểu riêng lẻ được liên kết với nhau theo logic. Điều này còn được gọi là **sự quan hệ** (sự tương quan, sự bố trí). Mỗi một dòng của bảng biểu được gọi là **mẫu (tập, đơn vị) dữ liệu**. Mẫu (tập) dữ liệu này có những thuộc tính nhất định mà ta có thể tìm thấy trong các cột của bảng biểu (như Họ, Tên, đường phố v.v...).

Các cột còn được gọi là một **trường dữ liệu** hoặc **thuộc tính** (**Hình 2**). Nội dung của toàn bộ trường dữ liệu/ thuộc tính được gọi là **vùng-miền**.

Mã số khách hàng	Họ	Tên	Tên đường số nhà	Mã cư trú	Nơi cư trú
787943	Nikolaus	Georg	Flossweg 57a	22010	Hamburg
787944	Guth	Uwe	Holzstr. 17	77830	München

Tập (đơn vị) dữ liệu

Trường dữ liệu

Hình 2: Bảng dữ liệu

Về cơ bản, một ngân hàng dữ liệu không thể chứa hai mẫu dữ liệu giống hệt nhau, vì sự bố trí cần phải rõ ràng. Trình tự của các mẫu dữ liệu không quan trọng, vì không có mối quan hệ nào giữa các mẫu dữ liệu riêng lẻ. Đừng nhầm lẫn việc này với sự truy vấn hay sự phân loại của cơ sở dữ liệu, vì khi được truy vấn hoặc phân loại, các dữ liệu sẽ được sắp xếp theo một trình tự nhất định. Trình tự này chỉ được hình thành thông qua sự truy vấn hoặc sự phân loại. Ta có thể hình dung một tập tin cơ sở dữ liệu là một tập hợp các mẫu dữ liệu vô trật tự, từ đó các tập hợp con (được phân loại hoặc không phân loại) có thể được lọc lựa.

https://tieulun.hopto.org

Trong một cơ sở dữ liệu, các bảng được liên kết với nhau qua các kết nối khóa chính (sơ cấp) - khóa phụ (thứ cấp). Khóa chính được hiểu là trường dữ liệu, nhờ nó mà các mẫu dữ liệu trong bảng có thể được nhận dạng rõ ràng. Trong bảng ở **Hình 2, trang 53**, khóa chính là mã số khách hàng, trong khi ở **Hình 1** trang này thì khóa chính là mã số tài sản kiểm kê.

Khóa chính cũng có thể kết hợp nhiều trường dữ liệu với nhau. Như vậy, thí dụ trong một cơ sở dữ liệu băng đĩa nhạc CD, (tên) ca sĩ và nhan đề đĩa CD được sử dụng chung làm khóa chính. Nếu không có cái nào của trường dữ liệu dự định được chọn làm khóa chính thích hợp, thì tốt nhất người ta bổ sung thêm một ô, để đánh số thứ tự từ đầu đến cuối và sau đó cho nó làm khóa chính. Về cơ bản, khi phân phối khóa chính cần lưu ý rằng, nên sử dụng ít ký tự nhất có thể, vì chiều dài của khóa chính có thể có ảnh hưởng rất đáng kể đến thời gian thực hiện các phép tính.

Hiện nay các gói ứng dụng văn phòng thường được cung cấp một phần mềm gọi là trình thuật sĩ (wizard), giúp cho việc thiết lập cơ sở dữ liệu dễ dàng, nó hướng dẫn người sử dụng khi thiết kế và gánh vác bớt công việc cho người dùng với các thiết lập mặc định trước. Đối với các ứng dụng đơn giản, việc thiết kế với một trình thuật sĩ như vậy là khá đủ. Trên lý thuyết, làm việc với các cơ sở dữ liệu thường gồm ba bước: lên kế hoạch, nhập dữ liệu và đánh giá dữ liệu. Sau đây là thí dụ về việc vận dụng trình thuật sĩ.

Thí dụ: Nhằm mục đích kiểm kê một cách thuận lợi, cần lập danh sách những máy tính thuộc phòng, sở của một công ty từ một cơ sở dữ liệu. Mã số tài sản kiểm kê sẽ là khóa chính.

Phòng thí nghiệm PC

	Tên vật liệu	Dạng	
Khóa chính →	Mã số kiểm kê tài sản	Số	Tiêu chuẩn công ty 6 chữ
	Ngày tháng	Ngày tháng/ Giờ	
	Bảng mạch chính	Chữ	Nhà chế tạo
	CPU	Chữ	Ký hiệu, nhà chế tạo, Tần số
	Bộ nhớ RAM	Chữ	[GB]
	Mô đun màn hình	Chữ	Nhà chế tạo, ký hiệu
	Mô đun âm thanh	Chữ	Onboard/Mô đun
	Vỏ máy	Chữ	Laptop, Desktop
	Bộ nguồn [Watt]	Số	Đơn vị Watt
	Đĩa cứng 1	Số	[GB]
	Đĩa cứng 2	Số	[GB]
	USB3_0	có /không	
	DVD ROM	có /không	
	Ổ ghi CD/DVD	có /không	
	Ổ đĩa cứng 3,5 Zoll	có /không	
	Mô đun mạng internet	có /không	
	Vận tốc mạng	Chữ	[Mbit]
	Bios	Chữ	
	Hệ điều hành	Chữ	
	Gói phần mềm văn phòng	Chữ	
	Mã số PC	Chữ	

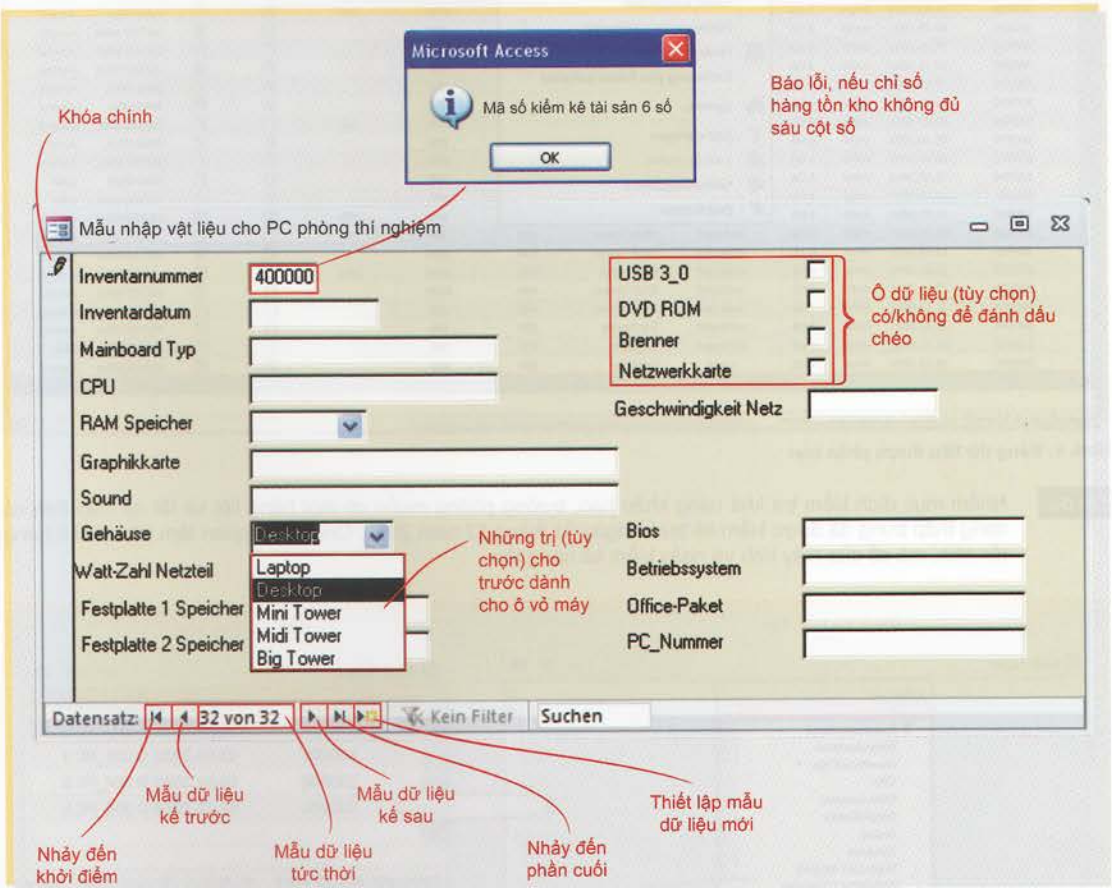
Ghi chú: Những trường dữ liệu của một bảng được trình bày theo cột qua phần mềm phác thảo cơ sở dữ liệu. Điều này chỉ nhằm mục đích trình bày được tốt hơn và nó không mâu thuẫn với lối trình bày các mẫu dữ liệu theo dòng.

Hình 1: Thiết kế một cơ sở dữ liệu

Trong việc hoạch định cơ sở dữ liệu, cấu trúc cơ bản phải được ấn định; có nghĩa là cần xác định cơ sở dữ liệu phải bao gồm những trường dữ liệu và loại dữ liệu nào (văn bản, con số, ngày tháng, có/không v.v...) cho mỗi trường dữ liệu. Điều quan trọng là loại dữ liệu, vì qua đó sẽ xác định những phép toán nào có thể thực hiện. Thí dụ như loại dữ liệu "con số" và loại dữ liệu "ngày tháng", cho phép tính toán bằng số học và tính toán bằng phép so sánh (chẳng hạn như tất cả các máy tính đó đã được mua vào một ngày nhất định hoặc tất cả các máy tính có dung lượng lớn hơn 4 GB RAM). Ngược lại, loại dữ liệu "văn bản" không cho phép dùng phép tính so sánh.

https://tieulun.hopto.org

Để việc trình bày và nhập liệu được rõ ràng, ngày nay các chương trình cơ sở dữ liệu đều cung cấp biểu mẫu nhằm hỗ trợ đơn giản hóa việc nhập dữ liệu. Các biểu mẫu đó cung cấp trước cho người sử dụng những giá trị nhất định (thí dụ như loại vỏ máy tính: tháp nhỏ, tháp trung, tháp lớn, máy tính xách tay, máy tính để bàn) hoặc đơn giản hóa việc nhập liệu bằng cách chỉ cần đánh dấu tùy chọn "có/không". Ngoài ra có thể quy ước giá trị được nhập thường xuyên thành giá trị mặc định. Và cũng có thể đề ra quy tắc hợp lệ để kiểm tra (thí dụ liệu mã số hàng có đủ sáu cột số). Ở đây các biểu thức sẽ được tạo ra bởi các phép toán như cộng/trừ, nhỏ hơn/lớn hơn và phép toán logic And/Or, nhờ nó chương trình sẽ kiểm tra xem nhập liệu có đáp ứng quy tắc hợp lệ không. Nếu quy tắc này bị vi phạm, thông báo lỗi sẽ xuất hiện (**Hình 1**).



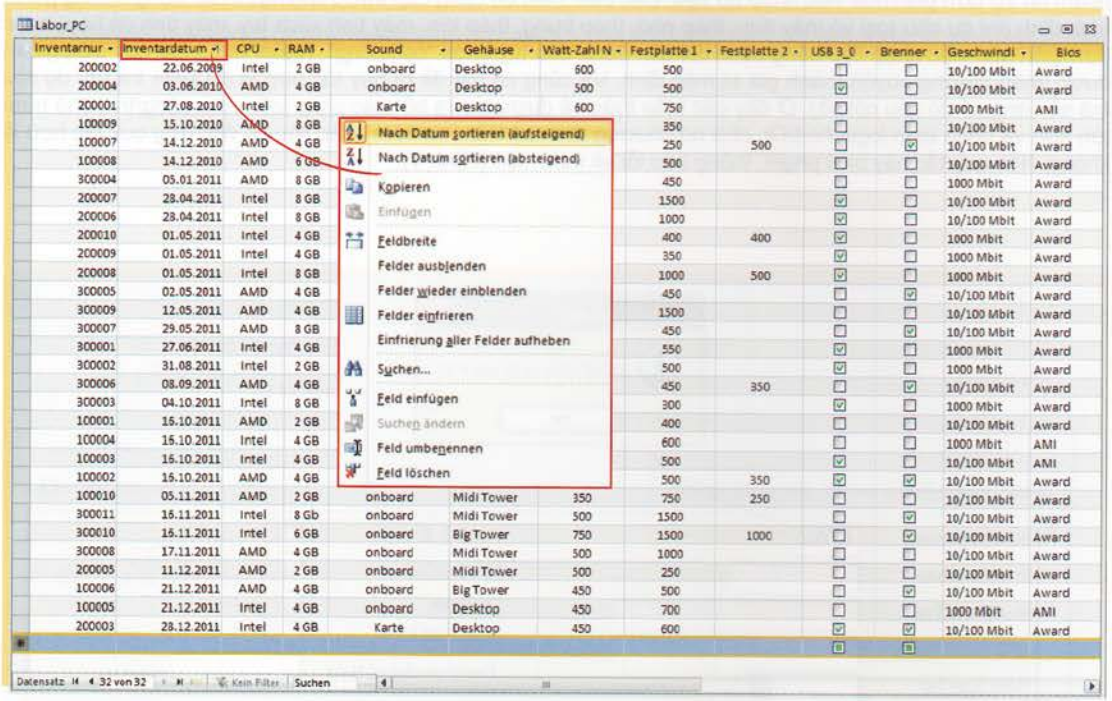
Hình 1: Mẫu nhập dữ liệu

Sau khi toàn bộ các mẫu dữ liệu đã được nhập vào, nó sẽ được phân loại trong các bảng hoặc biểu mẫu. Tất nhiên, trong dạng hiển thị này sẽ có tất cả các mẫu dữ liệu của bảng (**Hình 1, trang 56**), nhưng ta có thể tạm thời ẩn các ô (dữ liệu) riêng lẻ.

Nếu cần lọc những tập hợp con từ những mẫu dữ liệu của một bảng biểu thị theo tiêu chí nào đó, thì cần làm lại truy vấn về nhập liệu bảng. Phần mềm trình thuật sĩ truy hỗ trợ cho việc thiết lập các truy vấn bảng phức tạp. Cụ thể là, trường dữ liệu từ bảng kiểm tra có thể chọn cách truy vấn (nghĩa là, trong một truy vấn, không nhất thiết tất cả các ô của bảng cùng xuất hiện) và định những tiêu chí riêng lẻ cho các ô (dữ liệu) này. Về nguyên tắc, những tiêu chí này là những biểu thức logic thuộc phép toán logic AND (VÀ). Do đó toàn bộ các tiêu chí - tức các truy vấn - của mỗi mẫu dữ liệu có thể giả định có giá trị "đúng" (tức, mẫu dữ liệu hoặc một tập hợp con xuất hiện trong truy vấn) hoặc "sai" (tức, các mẫu ghi dữ liệu hoặc một tập hợp con không xuất hiện trong truy vấn) (**Hình 2, trang 56**).

https://tieulun.hopto.org

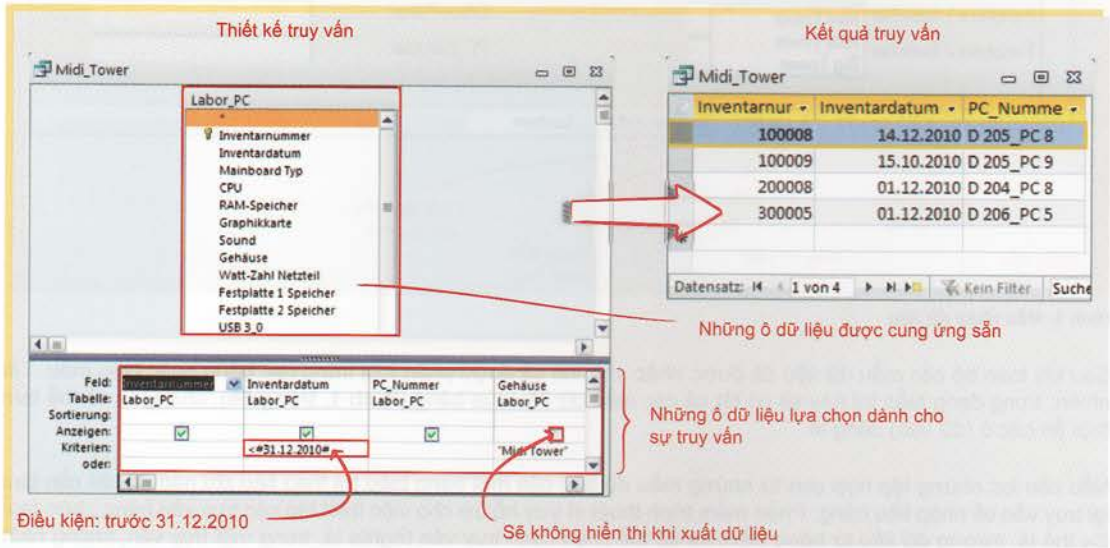
Thí dụ: Giám sát viên cần một danh sách các máy tính cá nhân phân theo ngày mua.



Inventarnur	Inventardatum	CPU	RAM	Sound	Gehäuse	Watt-Zahl N	Festplatte 1	Festplatte 2	USB 3_0	Brenner	Geschwindi	Bios
200002	22.06.2009	Intel	2 GB	onboard	Desktop	600	500		☐	☐	10/100 Mbit	Award
200004	03.06.2010	AMD	4 GB	onboard	Desktop	500	500		☑	☐	10/100 Mbit	Award
200001	27.08.2010	Intel	2 GB	Karte	Desktop	600	750		☐	☐	1000 Mbit	AMI
100009	15.10.2010	AMD	8 GB				350		☐	☐	10/100 Mbit	Award
100007	14.12.2010	AMD	4 GB				250	500	☐	☑	10/100 Mbit	Award
100008	14.12.2010	AMD	6 GB				500		☐	☐	10/100 Mbit	Award
300004	05.01.2011	AMD	8 GB				450		☐	☐	1000 Mbit	Award
200007	28.04.2011	Intel	8 GB				1500		☑	☐	10/100 Mbit	Award
200006	28.04.2011	Intel	8 GB				1000		☑	☐	10/100 Mbit	Award
200010	01.05.2011	Intel	4 GB				400	400	☑	☐	1000 Mbit	Award
200009	01.05.2011	Intel	4 GB				350		☑	☐	1000 Mbit	Award
200008	01.05.2011	Intel	8 GB				1000	500	☑	☐	1000 Mbit	Award
300005	02.05.2011	AMD	4 GB				450		☐	☑	10/100 Mbit	Award
300009	12.05.2011	AMD	4 GB				1500		☐	☐	10/100 Mbit	Award
300007	29.05.2011	AMD	8 GB				450		☐	☑	10/100 Mbit	Award
300001	27.06.2011	Intel	4 GB				550		☑	☐	1000 Mbit	Award
300002	31.08.2011	Intel	2 GB				500		☑	☐	1000 Mbit	Award
300006	08.09.2011	AMD	4 GB				450	350	☐	☑	10/100 Mbit	Award
300003	04.10.2011	Intel	8 GB				300		☑	☐	1000 Mbit	Award
100001	15.10.2011	AMD	2 GB				400		☐	☐	10/100 Mbit	Award
100004	15.10.2011	Intel	4 GB				600		☐	☐	1000 Mbit	AMI
100003	15.10.2011	Intel	4 GB				500		☑	☐	10/100 Mbit	AMI
100002	15.10.2011	AMD	4 GB				500	350	☑	☑	10/100 Mbit	Award
100010	05.11.2011	AMD	2 GB	onboard	Midi Tower	350	750	250	☐	☐	10/100 Mbit	Award
300011	15.11.2011	Intel	8 Gb	onboard	Midi Tower	500	1500		☐	☑	10/100 Mbit	Award
300010	15.11.2011	Intel	6 GB	onboard	Big Tower	750	1500	1000	☐	☑	10/100 Mbit	Award
300008	17.11.2011	AMD	4 GB	onboard	Midi Tower	500	1000		☐	☐	10/100 Mbit	Award
200005	11.12.2011	AMD	2 GB	onboard	Midi Tower	500	250		☐	☐	10/100 Mbit	Award
100006	21.12.2011	AMD	4 GB	onboard	Big Tower	450	500		☐	☑	10/100 Mbit	Award
100005	21.12.2011	Intel	4 GB	onboard	Desktop	450	700		☐	☐	1000 Mbit	AMI
200003	28.12.2011	Intel	4 GB	Karte	Desktop	450	600		☑	☑	10/100 Mbit	Award

Hình 1: Bảng dữ liệu được phân loại

Thí dụ: Nhằm mục đích kiểm tra khả năng khấu hao, trưởng phòng muốn có một bảng liệt kê tất cả máy tính có dạng tháp trung đã được kiểm kê trước ngày 31 tháng 12 năm 2010. Ông ta chỉ quan tâm đến chỉ số hàng tồn kho, mã số của máy tính và ngày kiểm kê hàng tồn.



Hình 2: Truy vấn với kết quả

Nếu phải lên kế hoạch cho những cơ sở dữ liệu đồ sộ hơn thì những thao tác với trình thuật sĩ sẽ không còn đáp ứng được nữa, bởi cần lưu ý thêm nhiều điều kiện cho cơ sở dữ liệu. Trong khuôn khổ cuốn sách này không thể đề cập được đến những điều kiện như sự chuẩn hóa hoặc mối tương quan 1:1 và 1:n để hoạch định cơ sở dữ liệu.

https://tieulun.hopto.org

1.3 Phần mềm bổ sung

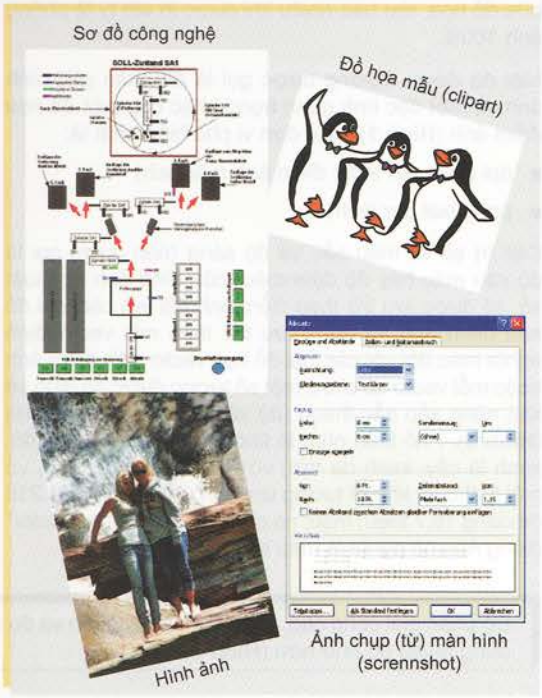
Bên cạnh các ứng dụng chính như xử lý văn bản, tính toán dạng bảng và phần mềm ứng dụng thuyết trình để tạo những phần trình bày dự án bao quát, còn cần đến phần mềm xử lý hình ảnh và phần mềm hỗ trợ việc thiết lập dự án.

1.3.1 Xử lý/chỉnh sửa hình ảnh

"Một bức ảnh giá trị thuyết phục hơn cả ngàn chữ". Nhằm giúp người đọc dễ hiểu, trong mỗi một tài liệu kỹ thuật (thí dụ chỉ thị của hãng về việc khảo sát thợ chuyên môn), trong trang Web và bài thuyết trình, bên cạnh phần văn bản còn chứa đựng nội dung về đồ họa, chẳng hạn như hình ảnh từ máy ảnh kỹ thuật số, những sơ đồ công nghệ, các đồ họa mẫu (cliparts), ảnh chụp (từ) màn hình (screenshot) v.v... (**Hình 1**).

Khi cài đặt các loại đồ họa đó vào một tài liệu hoặc một bài thuyết trình cần lưu ý đến các tiêu chí sau:

- Định dạng đồ họa (đồ họa vectơ hoặc đồ họa điểm ảnh)
- Kích thước và độ phân giải thực tế
- Màu sắc
- Có thể ở dạng nén



Hình 1: Những đồ họa khác nhau

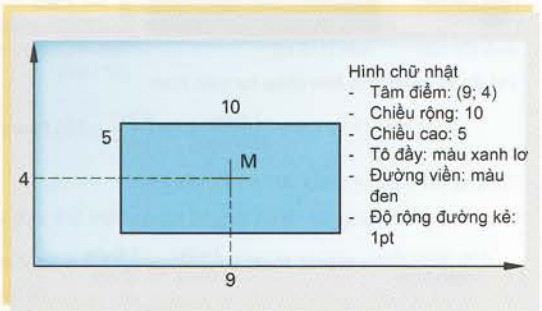
Khi trình bày theo dạng điểm ảnh thì bức ảnh được chia ra làm những hình vuông đồng đều, còn được gọi là điểm ảnh Pixel. Mỗi một điểm ảnh này được gán cho một màu. Với độ phân giải vừa đủ (có nghĩa là khá đủ các điểm ảnh nhỏ) các điểm ảnh hòa hợp thành bức ảnh mà mắt người không thể nhận diện được từng ảnh điểm riêng lẻ. Nhưng khi ta phóng bức ảnh lên đủ lớn, thì sự phân bố điểm ảnh có thể được nhận dạng rõ ràng (**Hình 2**).

Hình 2: Đồ họa điểm ảnh

Trong đồ họa vectơ, không phải các điểm ảnh riêng lẻ được lưu trữ, mà là những công thức toán học dùng mô tả các dạng hình học và màu sắc của nó. Do đó, một tập tin đồ họa vectơ sẽ chứa các lệnh được phần mềm thực hiện để vẽ nên bức ảnh (**Hình 3**).

Bảng 1: So sánh đồ họa điểm ảnh và đồ họa vectơ

	Đồ họa điểm ảnh	Đồ họa vectơ
Ứng dụng	■ Hình ảnh ■ Đồ họa	■ Bảng vẽ kỹ thuật
Ưu điểm	Được hỗ trợ bởi hầu hết các phần mềm đồ họa	Không bị giảm chất lượng khi phóng lớn
Nhược điểm	Thông tin của hình ảnh nằm dưới dạng số hóa	Chỉ có khả năng biên tập với những phần mềm đặc thù
Định dạng tập tin	jpg, bmp, png, tiff, eps, gif	Thí dụ: odg (Open Office Draw)



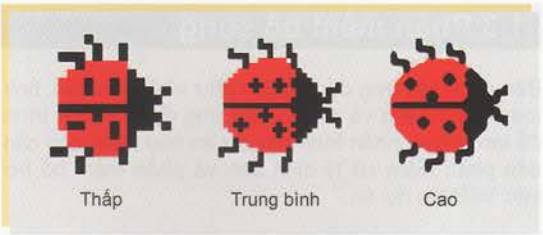
Hình 3: Đồ họa vectơ

https://tieulun.hopto.org

Kích thước của một ảnh đồ họa raster (raster graphics) (thí dụ ảnh khổ 10cm x 15cm) cho biết kích cỡ của bức đồ họa lớn bao nhiêu khi được in với tỷ lệ phóng ảnh 100%.

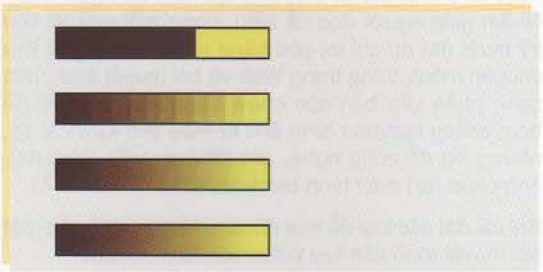
Mật độ điểm, thường được gọi là độ phân giải hình ảnh, là một đặc tính quan trọng khác của một đồ họa điểm ảnh (**Hình 1**). Các đơn vị phổ biến nhất là:

- dpi (dots per inch; điểm ảnh mỗi inch)
- ppi (pixel per inch)



Hình 1: Các độ phân giải khác biệt

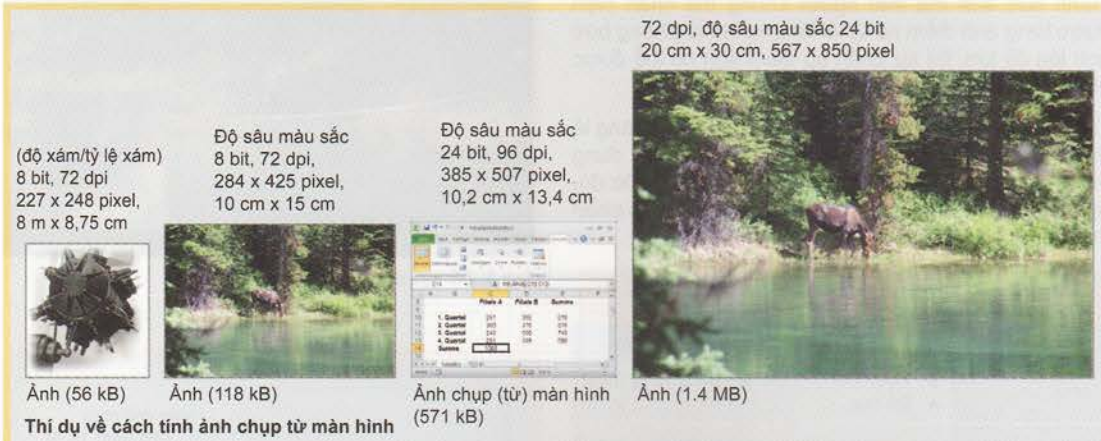
Các trị số về màu sắc và độ sáng (còn được gọi là độ sâu màu hay độ đậm màu) của hình ảnh kỹ thuật số, sẽ được lưu trữ theo điểm ảnh đối với các loại đồ họa điểm ảnh và được lưu trữ theo mỗi vectơ định nghĩa màu đối với các loại đồ họa vectơ. Mỗi điểm ảnh hoặc mỗi vectơ có chứa một số lượng được ấn định về khả năng xếp nấc thang (độ sâu màu sắc) cao tối đa (**Hình 2**). Phổ biến nhất là không gian màu RGB (đỏ, xanh lá cây, xanh da trời) với 8 bit cho mỗi kênh, về mặt lý thuyết khả dĩ tương ứng với $(2^8)^3 = 16.777.216$ (khoảng 16,7 triệu) màu; nó còn được gọi là "true color" (tiếng Anh có nghĩa là màu sắc trung thực).



Hình 2: Các độ sâu về màu sắc khác nhau

Độ phân giải càng cao, hình đồ họa càng lớn và độ sâu màu sắc càng nhiều thì hình đồ họa đòi hỏi lại càng dùng nhiều bộ nhớ hơn (**Hình 3**).

Nhờ có mô hình toán học phức tạp mà các đồ họa điểm ảnh có thể được nén lại. Tất nhiên, khi làm thế chất lượng hình ảnh sẽ giảm. Ngày nay các chương trình đồ họa cho phép nén vô cấp, qua đó (người dùng) có thể thẩm định được chất lượng của kết quả qua một khung cửa sổ xem trước.



Thí dụ về cách tính ảnh chụp từ màn hình

Chiều rộng: $10{,}2 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ inch}}{2{,}54 \text{ cm}} \times 96 \frac{\text{Pixel}}{\text{inch}} = 385 \text{ Pixel}$; Chiều cao: $13{,}4 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ inch}}{2{,}54 \text{ cm}} \times 96 \frac{\text{Pixel}}{\text{inch}} = 507 \text{ Pixel}$

Tổng số điểm ảnh = 385 x 507 = 195.195 pixel

Nhu cầu (chiếm dụng) bộ nhớ = tổng số lượng điểm ảnh x độ sâu màu sắc x 1byte/8bit

$$\text{Ảnh chụp (từ) màn hình} = 195195 \text{ Pixel} \times \frac{24 \text{ Bit}}{\text{Pixel}} \times \frac{1 \text{ Byte}}{8 \text{ Bit}} = 585585 \text{ Byte} \triangleq 571{,}8 \text{ kB} \triangleq 0{,}56 \text{ MB}$$

(hệ số chuyển đổi $1024 = 2^{10}$)

đồ họa điểm ảnh chưa được nén

Hình 3: Ảnh hưởng của độ phân giải, kích cỡ và độ sâu màu sắc của một đồ họa điểm ảnh đến nhu cầu chiếm dụng bộ nhớ

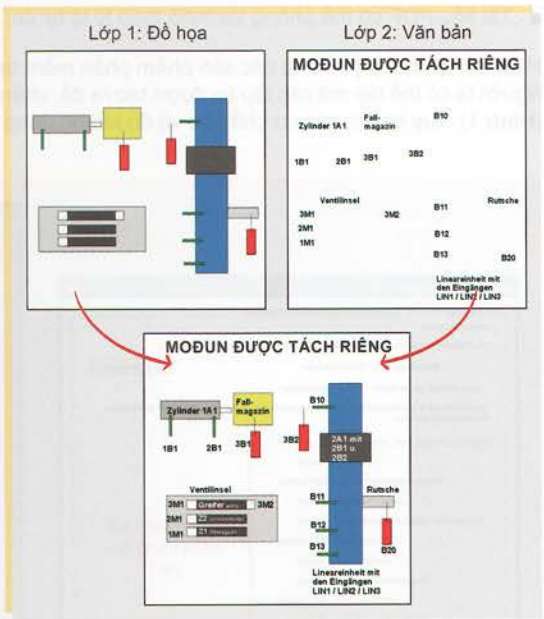
https://tieulun.hopto.org

Điều quan trọng đối với đồ họa điểm ảnh là phải biết tập tin gốc mang những đặc điểm nào, sau đó mới chọn ứng dụng đồ họa được. Thí dụ như, với một đồ họa lấy từ mạng Internet (2 cm x 3 cm, độ sâu màu sắc 8 bit và 50ppi; dung lượng 1 kB) thì không thể in ra khổ DIN A4 được. Tương tự, chẳng có lợi gì khi tích hợp vào trang Web một bức ảnh chụp với máy chụp ảnh kỹ thuật số loại có kính phản chiếu (5184 pixel x 3456 pixel, 72 dpi và độ sâu màu 24 bit; dung lượng (nén): 6 MB).

Hình 1: Chỉnh sửa một đồ họa điểm ảnh

Những chương trình đồ họa phổ biến hiện nay đều cho phép khả năng thay đổi vị trí, độ phân giải, kích cỡ và độ sâu màu sắc của đồ họa điểm ảnh. Việc lưu trữ dưới những định dạng đồ họa khác nhau hoặc nén lại, cũng được tích hợp sẵn. Bên cạnh đó, nó còn cho phép cắt xén, nghĩa là chỉ sử dụng một phần cắt từ một đồ họa có sẵn. Có thể loại bỏ phần nội dung bị lỗi của một bức ảnh (**Hình 1**), cho phép gỡ bỏ tình trạng mắt đỏ khi chụp hình có dùng flash.

Những đồ họa vectơ rất thích hợp cho việc tạo các sơ đồ công nghệ. Phần lớn chỉ sử dụng đến những dạng hình học đơn giản (thí dụ như hình chữ nhật, hình vuông v.v...), văn bản và biểu tượng (như mũi tên khối và đường kẻ v.v...) để trình bày các lưu đồ về năng lượng, thông tin và về vật liệu hoặc về các chi tiết gia công. Những hình dạng hình học sẽ được tô màu (đồng đều hoặc chuyển màu từ từ) và được đóng khung bằng đường kẻ (**Hình 2**). Độ phóng lớn của một đồ họa vectơ có khả năng thay đổi tỷ lệ mà không bị giảm chất lượng, vì sự mô tả toán học của các đối tượng hình học có thể được phóng lớn hoặc thu nhỏ tùy ý thông qua hệ số hình dạng. Nhu cầu về bộ nhớ cho một đồ họa vectơ như thế nói chung là rất thấp.



Hình 2: Đồ họa vectơ với nhiều lớp

Vào thời điểm hiện tại, mỗi phần mềm xử lý văn bản đều cung cấp một khả năng tạo đồ họa vectơ. Điều này rất có ích cho các ứng dụng đơn giản. Tuy nhiên, nếu muốn tạo một sơ đồ công nghệ phức tạp hơn thì công cụ này sẽ không đủ. Thí dụ, người ta không thể lưu đồ họa đó dưới dạng một tập tin độc lập. Những kỹ thuật quan trọng khác giúp đơn giản hóa việc tạo ra các đồ họa phức tạp không tích hợp đủ, chẳng hạn như việc thao tác với các lớp khác nhau (tiếng Anh là Layer) (**Hình 2**).

1.3.2 Tạo tài liệu PDF

Trên Internet luôn có những đòi hỏi trao đổi tài liệu giữa các nền khác nhau. Công ty Adobe Systems đã phát triển dạng thức tài liệu chuyển được (tiếng Anh: **P**ortable **D**ocument **F**ormat, gọi tắt là PDF) với mục đích tạo một định dạng tập tin độc lập, làm nền tảng cho các tài liệu. Định dạng này được công bố lần đầu vào năm 1993.

Định dạng tài liệu này cho phép chuyển giao tập tin độc lập với chương trình ứng dụng, với hệ điều hành hoặc với các nền phần cứng. Người sử dụng các tập tin PDF luôn có thể đọc hoặc in tài liệu dưới định dạng do tác giả đã thiết lập. Những vấn đề hoán chuyển điển hình phát sinh khi trao đổi giữa các chương trình ứng dụng khác nhau (như việc thay đổi phân trang hoặc thay đổi phông chữ khác) được loại bỏ.

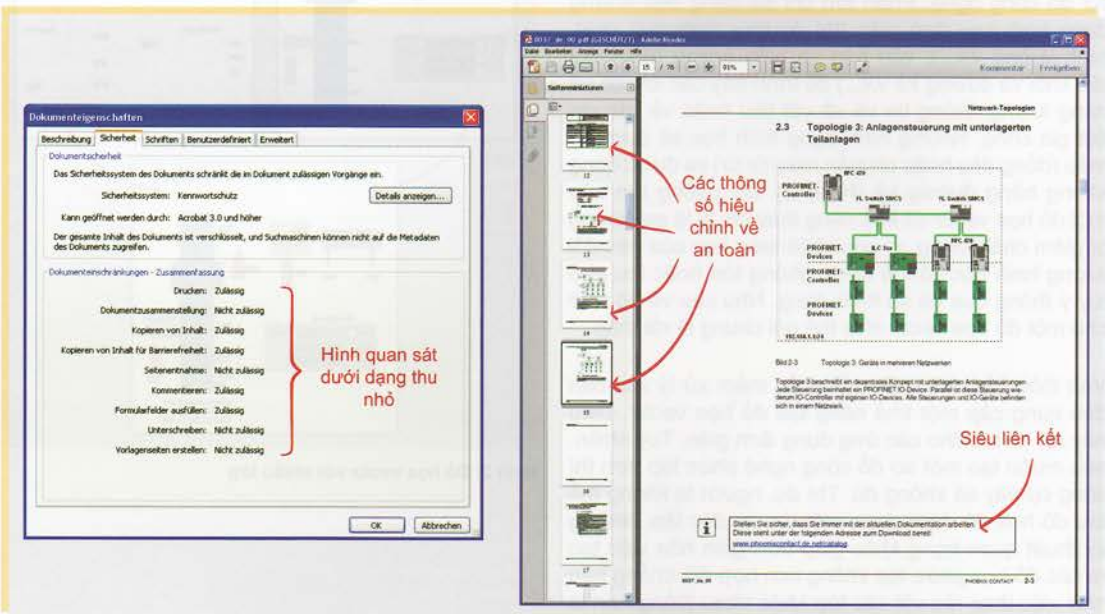
https://tieulun.hopto.org

Cho đến nay, việc phân bố tài liệu ứng dụng điện tử định dạng PDF hiển nhiên đã trở thành tiêu chuẩn mở ổn định rộng khắp thế giới. Tất cả các phông chữ, các định dạng, màu sắc và đồ họa của mỗi tài liệu gốc sẽ được duy trì, không bị lệ thuộc vào ứng dụng và phần nền được sử dụng để tạo ra nó. Đã có một số chương trình đọc PDF miễn phí (thí dụ như Adobe Reader, Foxit Reader) để đọc các văn bản PDF. Các trình duyệt Web hiện đại đều có khả năng hiển thị các tài liệu PDF trực tiếp mà không cần phải mở một chương trình đọc PDF từ bên ngoài.

Ngoài ra, PDF có sẵn các đặc tính cần thiết dành cho các tài liệu điện tử như:

- Tích hợp các yếu tố đa phương tiện truyền thông (thí dụ: audio, video, hình ảnh chuyển động (animation)) thông qua sự hỗ trợ của trình Adobe-Flash trong Adobe Reader nên không cần thêm máy phát (player).
- Liên kết siêu văn bản (hypertext link) cho phép việc điều hướng bên trong tài liệu (thí dụ như mục lục có thể click vào hoặc xem trước các trang dưới dạng thu nhỏ **(Hình 1)**). Nhiều nhà sản xuất cung cấp sách hướng dẫn hoặc những hướng dẫn sử dụng dưới dạng tập tin PDF trên mạng để người dùng dễ tải về.
- Cho phép tạo các mẫu đơn hoàn chỉnh (thí dụ bản báo cáo về thiệt hại bảo hiểm) để sau đó có thể gửi lại cho người tạo mẫu qua mạng.
- Tài liệu PDF có thể phóng lớn/nhỏ theo tỷ lệ tự do, nhờ PDF dựa vào kỹ thuật vectơ.

Hiện tồn tại trên thị trường các sản phẩm phần mềm tạo các tập tin PDF, có loại miễn phí và có loại phải trả tiền. Người ta có thể lập mã các tập tin được tạo ra để, chẳng hạn như, không cho phép sao chép hoặc in ấn nội dung (**Hình 1**). Tuy nhiên, các cơ chế bảo vệ đó không đáng tin cậy lắm và có thể được khắc phục tương đối dễ dàng.



Hình 1: Tài liệu PDF

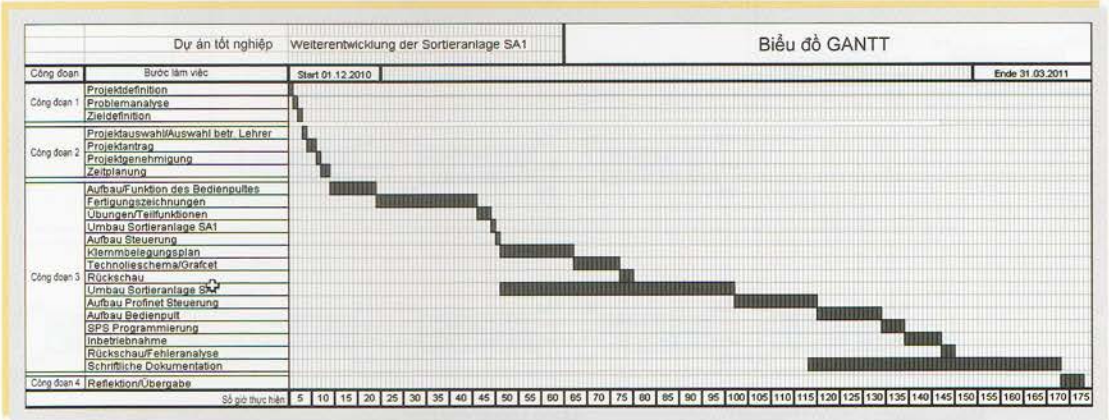
1.3.3 Quản lý dự án

Bất kỳ một dự án nào diễn ra trong một khoảng thời gian khá dài đều cần phải lập lịch thời gian. Các dự án lớn sẽ được lập kế hoạch với các phần mềm mạnh tương xứng (thí dụ: MS Project, OpenProj). Để sử dụng những công cụ này, tất nhiên cần phải được đào tạo thật chu đáo. Điều này nằm ngoài khuôn khổ của cuốn sách. Đối với các dự án nhỏ, tất nhiên có các công cụ khá đơn giản đủ đáp ứng cho các yêu cầu này.

Mục tiêu cơ bản của sự hoạch định từng dự án là cần đề ra một mô hình tương đối chính xác cho tiến trình dự án. Mô hình này bao gồm tất cả các hoạt động và trình tự của nó. Đối với các dự án ở mức hoạt động thấp cho đến trung bình, thì biểu đồ GANTT, còn được gọi là biểu đồ thanh ngang, rất thích hợp. Trong biểu đồ Gantt, các hoạt

https://tieulun.hopto.org

động của một dự án được trình bày dưới dạng bảng. Các hoạt động riêng rẽ sẽ được hiển thị bởi một thanh ngang (chạy) dọc theo trục thời gian; độ dài của thanh ngang tương ứng thời gian của hành động (**Hình 1**).



Hình 1: Biểu đồ Gantt

Biểu đồ Gantt rất rõ ràng, nó cho phép thể hiện trực tiếp thời gian của từng hành động riêng rẽ và của toàn bộ dự án. Nhược điểm của nó là khó thể hiện sự kết nối của các hoạt động chạy song song.

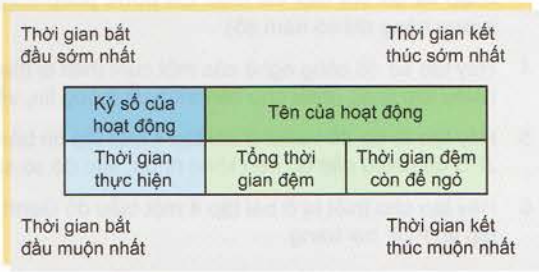
Mối liên quan giữa các hoạt động đơn lẻ có thể được diễn đạt qua phương pháp kỹ thuật sơ đồ mạng. Sơ đồ mạng rất dễ hiểu và có nội hàm lớn, vì nó cung cấp cái nhìn tổng thể tuyệt vời về toàn bộ các hoạt động của dự án và mối liên quan giữa chúng.

Trước tiên, ta cần ghi chép từng tiến trình và thời gian của nó theo dạng bảng (**Bảng 1**). Sau đó lập sơ đồ mạng, trong đó mỗi hoạt động riêng lẻ được xem là những trạm sơ đồ mạng (hộp nhỏ). Tại các vị trí xác định, sẽ kèm ghi chú mô tả thời gian thực hiện, bắt đầu sớm nhất, kết thúc sớm nhất, bắt đầu muộn nhất và kết thúc muộn nhất. Ngoài ra còn có các ô dành để ghi tổng thời gian đệm và thời gian đệm để trống (**Hình 2**).

Các hộp nhỏ riêng rẽ được nối với nhau bằng những mũi tên, qua đó, mối liên hệ giữa các hoạt động được hiển thị. Thời gian đệm được tính bằng cách cộng thời gian diễn ra vào thời gian bắt đầu sớm nhất của hoạt động. Như thế ta có được thời điểm kết thúc sớm nhất và đó cũng chính là thời điểm bắt đầu sớm nhất của hoạt động tiếp theo. Cách tính tịnh tiến này sẽ được thực hiện cho đến hoạt động cuối cùng. Từ đó ta lại bắt đầu tính ngược để được tổng thời gian đệm qua sự sai biệt giữa bắt đầu sớm nhất và muộn nhất (**Hình 1, trang 62**).

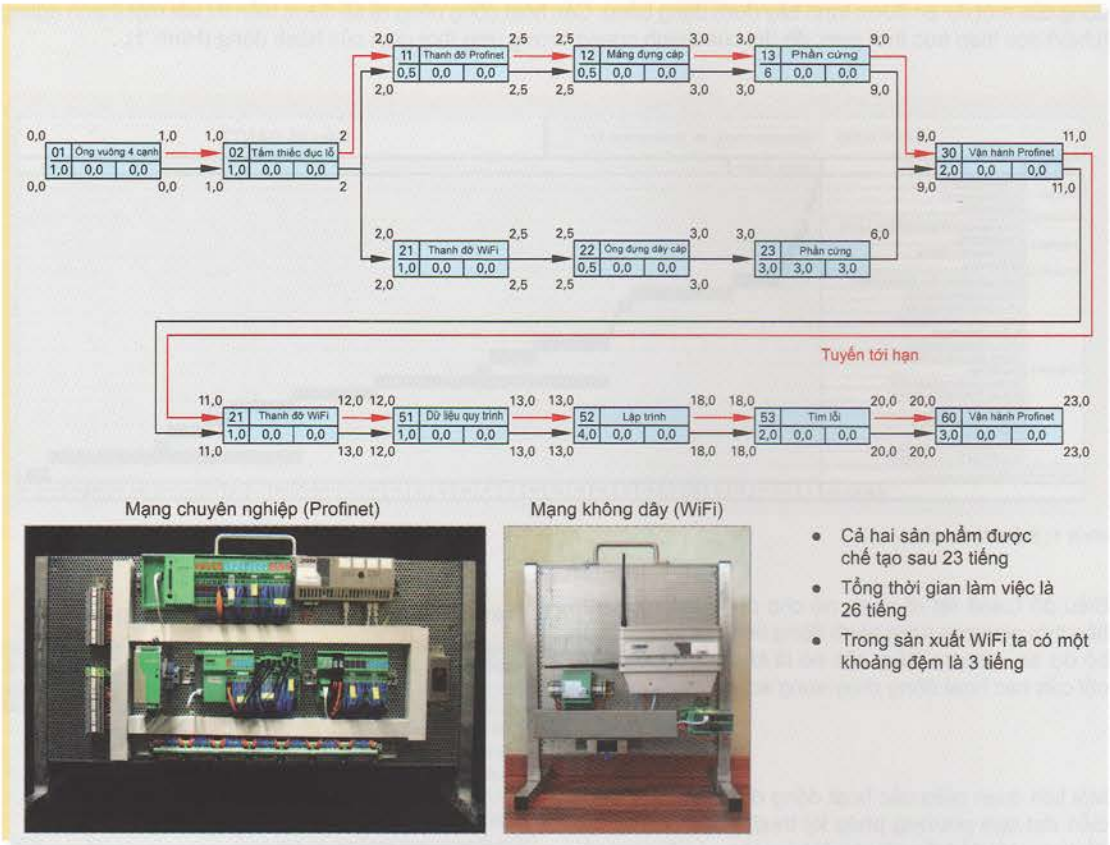
Bảng 1: Khái quát về các hoạt động

Sự điều khiển mạng chuyên nghiệp và điểm truy cập WiFi	Ký hiệu ngắn	Thời gian thực hiện
Chế tạo 2 thanh chống		
Cưa ống nhôm 4 cạnh, lắp ghép thanh chống hình chữ T, thiết lập máy	01	1
Cắt xén tấm thiếc đục lỗ, gấp cạnh và lắp ráp, thiết lập máy	02	1
Gắn phần cứng của mạng chuyên nghiệp		
Cưa độ dài thanh đỡ và gắn lên tấm thiếc đục lỗ	11	0,5
Cắt ống đựng dây cáp và gắn lên	12	0,5
Gắn phần cứng và kết nối dây	13	6
Điểm truy cập WiFi		
Cưa thanh đỡ và gắn lên tấm thiếc đục lỗ	21	0,5
Cắt ống đựng dây cáp và gắn lên	22	0,5
Gắn phần cứng và kết nối dây	23	3
Cho khởi động mạng chuyên nghiệp	30	2
Cho khởi động WiFi	40	1
Đề án hệ thống phân loại		
Sắp xếp dữ liệu quy trình bao gồm tìm lỗi	51	1
Lập trình trong PCWorx	52	4
Tìm lỗi hoặc điều chỉnh kỹ càng cho hệ thống	53	2
Tài liệu	60	3
Tổng cộng		26



Hình 2: Nút của sơ đồ trạm

https://tieulun.hopto.org



Hình 1: Sơ đồ mạng

Nhờ có sơ đồ mạng mà ta thấy được tuyến tới hạn. Đó là chuỗi tiếp nối nhất định của các hoạt động mà sự thay đổi về thời gian của nó sẽ làm xê dịch thời hạn cuối cùng. Tuyến tới hạn thấy được trong sơ đồ mạng là chuỗi những hoạt động cho thấy tổng thời gian thực hiện lâu nhất (**Hình 1**).

Bài tập:

1 Hãy tạo một cơ sở dữ liệu với tất cả địa chỉ của các công ty đào tạo cho lớp học của bạn, để khi thông báo bằng văn bản cho cả lớp có thể thảo thư gởi hàng loạt. Hãy ấn định một khóa chính.

2 Hãy tạo một cơ sở dữ liệu của tất cả các máy tính có sẵn trong hai phòng thí nghiệm khác nhau. Hãy phân loại các dữ liệu này theo những tiêu chí khác nhau.

3 Hãy thiết kế một mẫu nhập liệu cho bảng biểu ở bài tập 1 và 2. Bạn hãy ấn định những giá trị mặc định khi nhập và đối với một vài mục, chỉ được phép nhập trị bằng số với những phạm vi nhất định (thí dụ mã số lượng hàng chỉ có năm số).

4 Hãy tạo sơ đồ công nghệ của một cụm thiết bị theo sự chọn lựa của bạn dựa vào đồ họa vectơ. Hãy tạo ra nhiều lớp khác nhau cho tiến trình về thông tin, về năng lượng và về chi tiết gia công.

5 Hãy tạo từ sơ đồ vectơ ở bài tập 4 một tập tin bằng đồ họa điểm ảnh bitmap và một số tập tin bằng đồ họa JPG có nhiều cấp độ nén khác nhau, sau đó so sánh chất lượng và dung lượng lưu trữ.

6 Hãy tạo cho thiết bị ở bài tập 4 một biểu đồ Gantt và một sơ đồ mạng và chuyển đổi cả hai sang dạng một tập tin PDF hai trang.

https://tieulun.hopto.org

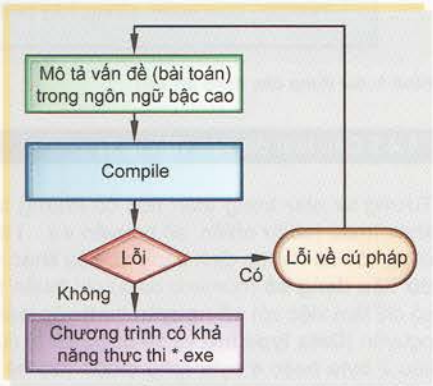
1.4 Giới thiệu lập trình

1.4.1 Ngôn ngữ lập trình

Bảng 1: Ngôn ngữ lập trình

Bậc thấp	Bậc cao
Ngôn ngữ máy	C, C++
Hợp ngữ (assembly)	Java

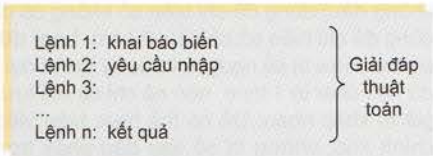
Ngôn ngữ lập trình là giao diện quan trọng nhất giữa người sử dụng và máy tính. Khi người sử dụng giao cho máy tính một nhiệm vụ để xử lý, người sử dụng phải diễn tả công việc này qua ngôn ngữ của máy tính. Cơ bản, ngôn ngữ lập trình được chia ra ngôn ngữ lập trình bậc cao và ngôn ngữ lập trình bậc thấp (**Bảng 1**). Ngôn ngữ máy là ngôn ngữ định hướng bit và thông thường được chia ra tùy theo họ của bộ vi xử lý (thí dụ Intel hay AMD). Vì ngôn ngữ này rất khó hiểu cho con người, nên **ngôn ngữ assembly (hợp ngữ)** mới được triển khai để có thể nhận biết ý nghĩa của lệnh. Thí dụ có hai con số trong thanh ghi (register) A (10110101) và trong thanh ghi B (11100110) được cộng lại với nhau thì tạo ra câu lệnh ADD A,B. Vì con người chúng ta muốn giải quyết nhiệm vụ và vấn đề, nên những ngôn ngữ mới được phát triển để mô tả vấn đề và không bị phụ thuộc vào bộ vi xử lý. Những ngôn ngữ bậc cao không phụ thuộc vào bộ vi xử lý và định hướng vấn đề được thể hiện qua những bộ ký tự (mẫu tự, chữ cái), trong những từ khóa (chữ trong một ngôn ngữ, thí dụ AND), cú pháp (văn phạm) vay mượn từ các cấu trúc ngôn ngữ tự nhiên và ngữ nghĩa, mô tả ý nghĩa về những đơn vị thuộc về cú pháp. Trong khi ngôn ngữ C++ và Java là ngôn ngữ bậc cao thông dụng, có định hướng đối tượng, thì ngôn ngữ SQL (Structure Query Language = ngôn ngữ cấu trúc vấn đáp) được phát triển đặc biệt dành cho cơ sở dữ liệu hoặc cơ sở dữ liệu truy vấn. Ở đây **đối tượng** được xem là một vật thể và được xác định qua những thuộc tính và những phương thức (những phép tính có thể thực hiện với đối tượng). Tuy nhiên, không phải lúc nào ngôn ngữ bậc cao cũng gồm những câu lệnh, thay vào đó nó có thể dựa vào tiền đề của các ngôn ngữ lập trình bằng đồ họa. Thí dụ, ngôn ngữ lập trình STEP 7 trong ứng dụng kỹ thuật tự động hóa, cung cấp một giao diện đồ họa để lập trình (lập trình theo sơ đồ chức năng hay sơ đồ khối). Để những ngôn ngữ bậc cao này có thể thực hiện trên nhiều hệ điều hành và các bộ vi xử lý khác nhau, cần thiết phải có **bộ phiên dịch** (compiler). Khi phiên dịch mã nguồn thành ngôn ngữ máy, thí dụ được viết với ngôn ngữ C++, bộ phiên dịch kiểm tra độ chính xác của cú pháp (**Hình 1**).



Hình 1: Phiên dịch chương trình

1.4.2 Thuật toán

Một chương trình của ngôn ngữ bậc cao, trong trường hợp đơn giản nhất, bao gồm một chuỗi những chỉ thị hay dòng lệnh đến máy tính. Một chuỗi hữu hạn những dòng lệnh rõ rệt đó cho máy tính nhằm giải quyết một vấn đề được gọi là thuật toán hoặc giải pháp thuật toán, tức là một quy tắc tính toán (**Hình 2**).



Hình 2: Thuật toán

1.4.3 Cấu tạo tổng quát một chương trình (Hình 3)

Tổng quát chương trình được cấu tạo theo những khuôn mẫu như sau:

① Những dòng lệnh cho bộ phiên dịch, để dịch các mã nguồn (thành ngôn ngữ máy)

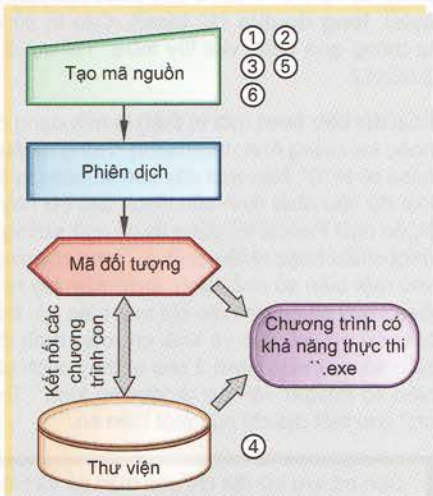
② Xác định những biến số hợp lệ (cục bộ, toàn cục)

③ Công bố những chức năng (hàm) tiêu chuẩn, những chức năng này được tóm tắt trong thư viện

④ Thư viện

⑤ Chương trình chính để giải quyết một vấn đề

⑥ Định nghĩa những chức năng ứng dụng



Hình 3: Xây dựng một chương trình

https://tieulun.hopto.org

1.4.4 Các loại dữ liệu và biến số

Việc lưu trữ và xử lý dữ liệu là nhiệm vụ cơ bản của chương trình. Thông thường qua bàn phím, những dữ liệu, những trị số được nhập vào mô đun đầu vào và được xử lý trong một chương trình. Trong nhiều ngôn ngữ lập trình, những biến số được sử dụng để phục vụ cho việc lưu trữ các trị số, hoặc để giữ chỗ cho một trị số bất kỳ, thí dụ cho một kết quả tính toán. Biến số có tên, một định danh hợp lệ, có thể lưu trữ một trị số bất kỳ như số nguyên (integer, int), số dấu phẩy động (floating point number), hay chuỗi ký tự (string). Trong nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau, trước hết phải xác định thể loại trị số nào được lưu trữ trong biến số, tức loại dữ liệu (datatype) của biến số.

Hình 1: Sử dụng các dạng dữ liệu

1.4.5 Các loại dữ liệu (Bảng 1)

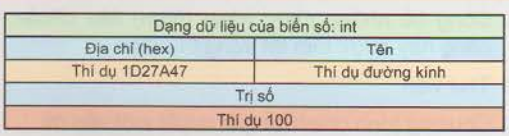
Tương tự như trong toán học có những tập hợp số khác nhau (số tự nhiên, số nguyên v.v...) thì lập trình cũng còn có những định dạng dữ liệu khác nhau. **Loại dữ liệu dạng số** (numeric data) chỉ thuần trị số. Biến số chỉ làm việc với **số nguyên** thì thuộc loại dữ liệu số nguyên (**Data type int**) và sẽ được xử lý dưới loại dữ liệu 2 byte hoặc 4 byte (phụ thuộc vào hệ điều hành hoặc bộ biên dịch). Loại dữ liệu int được mặc định có dấu (+/-) đi kèm. Unsigned (tiếng Anh có nghĩa là không dấu) dùng để chỉ biến số không có dấu, signed dùng để chỉ biến số có dấu đi kèm. **Loại dữ liệu char** có thể chứa trị số nguyên hoặc ký tự. Vì đại lượng của dữ liệu char là 1 byte, nên nó chỉ có thể lưu được 256 giá trị khác nhau. Để có thể thực hiện việc tính toán chính xác, những trị số sau dấu phẩy trong biến số được sử dụng. Điều này dẫn đến loại **dữ liệu số dấu phẩy động** (với 3 đại lượng **float** (4 byte), **double** (8 byte), **long double** (10 byte)). Các trị số được diễn tả thông qua cách viết lũy thừa. Thí dụ: $2.5 \cdot 10^{12} \rightarrow$ 2.5E+12.

Bảng 1: Các dạng dữ liệu

Tên	Đại lượng	Phạm vi trị số
int, short	2 Byte	–32768 đến + 32767
int, long	4 Byte	–2147483648 đến + 2147483647
signed short int	2 Byte	–32768 đến + 32767
unsigned short int	2 Byte	0 đến 65536
char	1 Byte	–128 đến 128
unsigned char	1 Byte	0 đến 255
float	4 Byte	–3.4 E-38 đến 3.4 E+ 38
double	8 Byte	–1.7 E-308 đến 1.7 E+ 308
long double	10 Byte	–1.1 E-4932 đến 1.1 E+ 4932

Loại **dữ liệu bool** (giá trị thật) là một dạng đặc biệt của loại dữ liệu int, nó chỉ có thể giả định với hai trị số: đúng hoặc sai (tiếng Anh: true/false). Trong nhiều ngôn ngữ lập trình, thí dụ như C++ hay STEP 7 thì true có trị "1" và false có trị "0". Nếu một dãy con số hoặc ký tự như 148975320 hay dgh47bel04hf, còn gọi là chuỗi ký tự, của một loại dữ liệu nhất định cần được lưu trữ hay xử lý, thì ngôn ngữ lập trình dùng đến nhiều khái niệm khác nhau. Ngôn ngữ Pascal thì dùng thuật ngữ **string** (chuỗi), trong khi C++ hay STEP 7 lại dùng khái niệm **array** (mảng) (một chiều hoặc nhiều chiều). Trong chương trình hoặc khối chương trình thường có những lệnh chỉ thị truy cập vào một biến số nhất định. Điều này xảy ra qua **biến số con trỏ**, cũng còn được gọi là **con trỏ**. Thí dụ con trỏ được quy chiếu đến địa chỉ một biến số, thì trị số của biến số này sẽ đọc và khối chương trình đó sẽ xử lý biến số mới này. **Hình 2** cho ta thấy cách cấu tạo một biến số integer với tên là "đường kính". Toán tử "địa chỉ" cho biết địa chỉ của một biến số.

Con trỏ lưu trữ địa chỉ của biến số và biến số lưu trữ trị số của nó.



Hình 2: Cấu tạo một biến số

https://tieulun.hopto.org

Loại dữ liệu hằng số là những biến số có trị số không thay đổi. Để một biến số trở thành hằng số, người ta viết "const" trước biến số (**Hình 1**). Trong đó, ta phân biệt các loại hằng số như sau:

- Hằng số số nguyên
- Hằng số dấu phẩy động
- Hằng số ký tự và hằng số chuỗi

cont int so_nha = 111
Biến số integer có tên là **so_nha** có trị số không thay đổi 111

cont float PI = 3.14159f
Hằng số có dấu phẩy **PI** có trị số không thay đổi 3.14159, f cho biết 3.14159 là một số thực.
const char ký_tự = 'A'

Hình 1: Kết cấu của một hằng số

1.4.6 Đầu vào và đầu ra trong ngôn ngữ bậc cao

Việc giao lưu giữa con người-chương trình-máy tính cá nhân diễn ra qua việc nhập liệu với bàn phím và xuất liệu với màn hình. Phục vụ cho mục đích này, các cơ chế đầu vào và đầu ra (**Bảng 1**) đã cung cấp sẵn, tùy theo ngôn ngữ lập trình qua các hàm (C; C++) hoặc tùy vào các phương thức của đối tượng (Object C#) (xem 1.4.1). Những phân đoạn của chương trình có nội dung lặp lại có thể gom lại thành một **khối chức năng,** gọi tắt là **hàm**. Đây là những **phương pháp** dùng để mô tả những phép tính, như phép cộng hoặc phép so sánh, mà nó có thể thực thi với các đối tượng.

Bảng 1: Ngôn ngữ-Nhập- Xuất

Ngôn ngữ	Xuất	Nhập
C++	Cout; << (Character output)	Cin; >> (Character input)
C#	WriteLine()	ReadLine()

1.4.7 Kết nối logic các loại dữ liệu

Những loại dữ liệu được kết nối với những toán tử trong ngôn ngữ lập trình cấp cao. Tuy nhiên, cần phân biệt các loại dữ liệu khác nhau (thí dụ integer hay float). Có những phép toán như sau:

- Các loại tính toán cơ bản (cộng, trừ, nhân, chia)
- Đếm tới hoặc đếm lui theo từng bước (phép toán tăng số hoặc giảm số)
- Phép toán modulo (cho biết số dư của phép chia số nguyên)
- Thực hiện các phép so sánh (nhỏ hơn, nhỏ hơn hay bằng, lớn hơn, lớn hơn hay bằng, bằng, không bằng)
- Thực hiện kết nối logic (AND (VÀ), OR (HOẶC), NEGATION (PHỦ ĐỊNH))
- Phép gán giá trị =; Thí dụ: x = 7.

Ngoài ra ngôn ngữ lập trình bậc cao còn sử dụng các phép toán về bit (những phép toán giải quyết trên bình diện bit, thí dụ để so sánh hai số nguyên theo từng bit) và các phép toán dịch chuyển (dịch chuyển bit của các trị số số nguyên int - thí dụ thanh ghi dịch chuyển).

1.4.8 Phát triển chương trình phần mềm

Những công đoạn của việc phát triển chương trình phần mềm được chia ra như sau:

- Mô tả vấn đề, xác định chức năng
- Phân tích vấn đề: dữ liệu đầu vào nào được cung ứng sẵn, dữ liệu đầu ra nào được mong muốn, những xử lý nào cần phải đặt ra?
- Những phương pháp giải quyết vấn đề thông qua thuật toán, được định hướng theo sự việc và nhờ vậy sẽ không bị phụ thuộc vào ngôn ngữ lập trình
- Sự mô tả bằng đồ họa các giải pháp thông qua các biểu tượng chuẩn
- Chuyển đổi sang ngôn ngữ bậc cao tương ứng với sự thử nghiệm chương trình và biên soạn tài liệu

Như liệt kê theo phương pháp Top-Down (từ trên xuống dưới) ở **Hình 2**, thuật toán dùng giải quyết vấn đề có thể trình bày theo sơ đồ trình tự chương trình. Loại minh họa này được chọn lựa khi thuật toán phải làm việc với những bước nhảy. Các sơ đồ cấu trúc được sử dụng trong việc triển khai thuật toán khi ngôn ngữ lập trình cho phép lập trình theo cấu trúc, thí dụ với ngôn ngữ Pascal hoặc C++.

Hình 2: Phương pháp Top-Down
(từ trên xuống dưới)

https://tieulun.hopto.org

1.4.9 Các loại mô tả thuật toán

Người ta biết đến 3 loại thuật toán cơ bản trong việc lập trình:

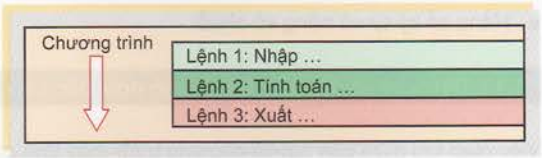
1. Các lệnh cơ bản, 2. Các lệnh chọn lựa, 3. Các lệnh lặp lại từ chúng,

tất cả có thể được kết hợp ít hay nhiều thành những thuật toán bao quát, thí dụ như thuật toán sắp xếp thứ tự.

Cấu trúc cơ bản về thuật toán

Lệnh chuỗi, **tuần tự**

Lệnh tuần tự bao gồm những lệnh được thực thi tiếp nối nhau, không có sự rẽ nhánh hay sự lặp lại (cũng theo từng khối) (**Hình 1**).

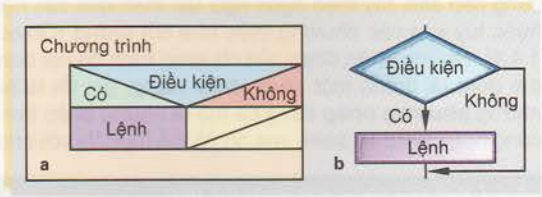


Hình 1: Biểu đồ cấu trúc tuần tự

Sự rẽ nhánh, **chọn lựa**

Ở mỗi sự chọn lựa đều kiểm tra có đáp ứng điều kiện định sẵn. Phụ thuộc vào kết quả đó mà những lệnh tương ứng được thực thi. Ở sự chọn lựa **một chiều** (truy vấn với **if**), mệnh lệnh được thực hiện khi điều kiện đáp ứng, nếu không đáp ứng sẽ không có gì xảy ra (**Hình 2**). Ở sự chọn lựa **hai chiều** (truy vấn với **if-else**) sẽ có hai nhánh để chọn lựa. Khi điều kiện được đáp ứng:

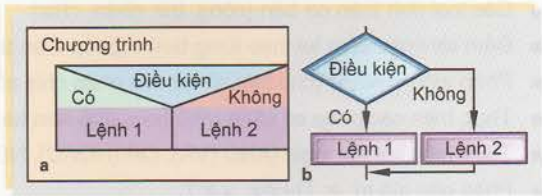
if/nếu (= có) → thực thi lệnh 1 → **else**/ngoài ra (= không) → thực thi lệnh 2 (**Hình 3**)



Hình 2: a) Biểu đồ cấu trúc
b) Lưu đồ PAP của chọn lựa một chiều

Thay vì một lệnh riêng lẻ ta cũng có thể đưa vào nguyên một khối dòng lệnh. Khi những lệnh nào đó phải thực hiện nhiều lần kế tiếp nhau, và ở đó những thông số riêng lẻ (luôn) được thay đổi, thì đã có cấu trúc vòng lặp. Các loại **vòng lặp** phổ biến:

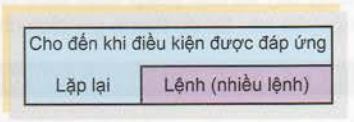
- Trong ngôn ngữ Pascal/Delphi: các lệnh vòng lặp **while**, **repeat, until, for**
- Trong ngôn ngữ Java/C/C++: các lệnh vòng lặp **while**; **do while** và **for**



Hình 3: a) Biểu đồ cấu trúc
b) Lưu đồ PAP của chọn lựa hai chiều

Các vòng lặp có thể được kiểm soát ở phần đầu, phần cuối hoặc điều khiển với số đếm.

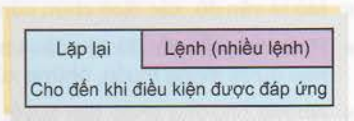
Ở những vòng lặp đã nêu trên luôn kèm theo một điều kiện (biểu thức logic) mà vòng lặp phải thực hiện tùy thuộc vào giá trị của nó. Tùy thuộc vào thời điểm kiểm tra điều kiện, ở phần đầu hoặc ở phần cuối của quá trình lặp lại, mà ta phân biệt hai loại lệnh lặp lại như sau:



Hình 4: Vòng điều khiển ở phần đầu

Vòng lặp được thực hiện ở phần đầu: (**Hình 4**)

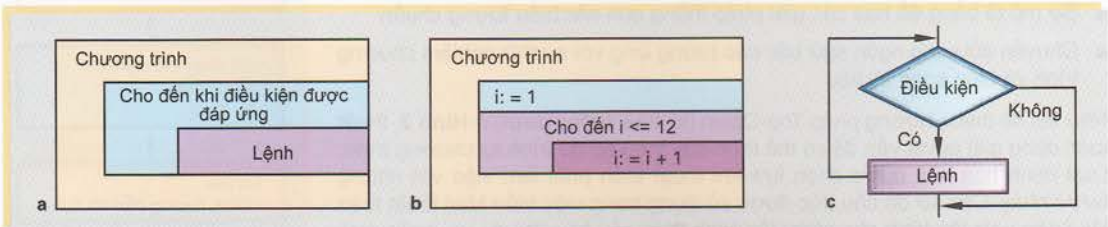
Nếu điều kiện ở đầu được thỏa, thì (các) lệnh được lặp lại.



Hình 4: Vòng điều khiển ở phần cuối

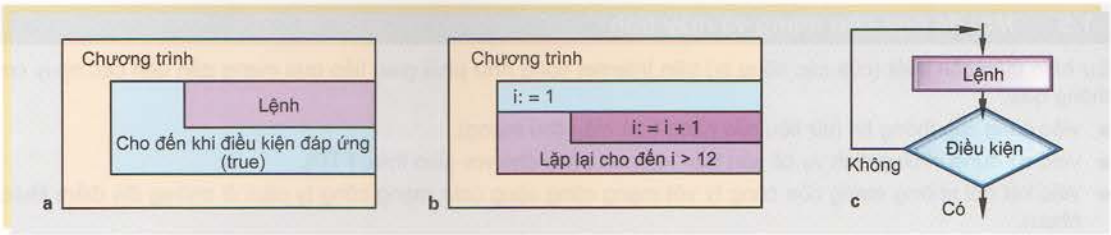
Vòng lặp được thực hiện ở phần cuối: (**Hình 5**)

(Các) lệnh được lặp lại chừng nào điều kiện ở cuối được thỏa. Ở **while** điều kiện vòng lặp được thực hiện ở phần đầu, các lệnh hoặc khối dòng lệnh được lặp lại khi điều kiện vẫn đúng (true) và chấm dứt khi điều kiện không còn đúng. Một biến số dùng để đếm số lần lặp lại cần được tự quản lý (**Hình 6**).



Hình 6: Vòng while điều kiện ở phần đầu a) Biểu đồ cấu trúc b) thí dụ c) lưu đồ PAP

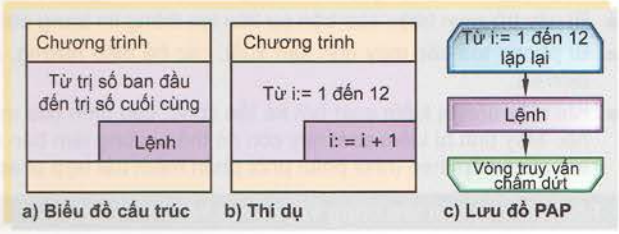
https://tieulun.hopto.org



Hình 1: Vòng truy vấn repeat a) Biểu đồ cấu trúc b) Thí dụ c) PAP

Ở vòng lặp **repeat** được điều kiện ở phần cuối bằng các lệnh, thì khối dòng lệnh trong vòng lặp được lặp lại cho đến khi điều kiện đúng (true) và chấm dứt khi điều kiện không còn đúng. Một biến số dùng để đếm cần được tự quản (**Hình 1**).

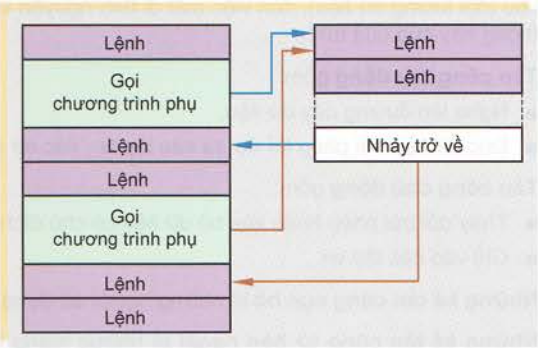
Vòng lặp FOR là một vòng lặp điều khiển dựa trên số đếm. Thông thường bộ đếm khởi động từ một trị số ban đầu cho trước, theo một bước tăng đã được quy định (**Hình 2**) và chấm dứt khi đạt trị số ấn định sau cùng.



Hình 2: Vòng FOR

Những chương trình phụ có thể được sử dụng để đơn giản hóa một chương trình. Chúng phục vụ cho việc thay thế, một đoạn chương trình (hầu như) đồng dạng được sử dụng nhiều lần qua một lệnh gọi riêng rẽ. Chúng được kích hoạt qua một từ khóa. Chương trình thật sự được chia thành một chương trình chính và nhiều chương trình phụ (**Hình 3**).

Các thông số được chuyển giao toàn bộ cho chương trình con qua một giao diện quy định, giao diện này là danh sách tham số.



Hình 3: Lập trình với chương trình phụ

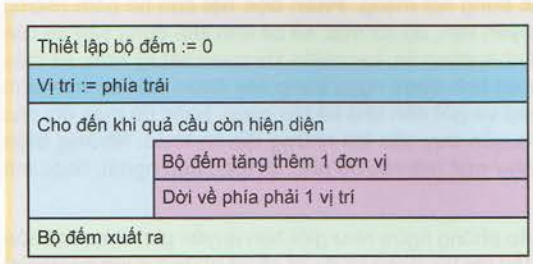
1.4.10 Thí dụ một chương trình phần mềm

Cần đếm những quả cầu rời rạc và xếp nó lên một giá (**Hình 4**). Bạn hãy triển khai một thuật toán để đếm những quả cầu.

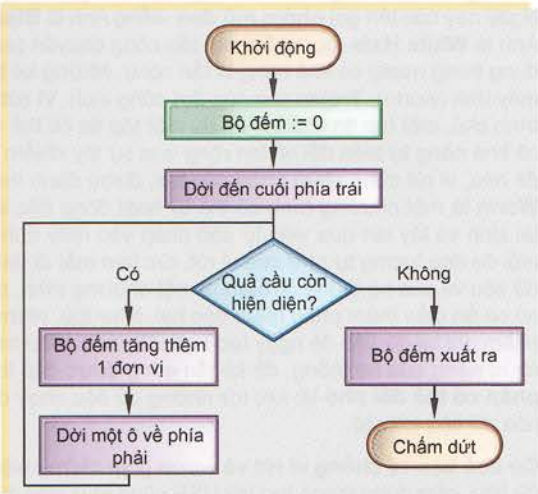
Hình 5 trình bày một biểu đồ cấu trúc cho thuật toán.

Hình 6 là lưu đồ PAP của chương trình tương ứng.

Hình 4: Tổng số quả cầu



Hình 5: Biểu đồ cấu trúc, vòng truy vấn điều khiển ở đầu



Hình 6: Sơ đồ trình tự chương trình

https://tieulun.hopto.org

1.5 Mối đe dọa cho mạng và máy tính

Sự hiện diện cần thiết (của các công ty) trên Internet cũng như phải giao tiếp qua mạng dẫn đến các nguy cơ thông qua:

- việc cung cấp thông tin (dữ liệu của hãng trên máy chủ mạng),
- việc sử dụng những dịch vụ có sẵn trên Internet (máy chủ với giao thức FTP),
- việc kết nối những mạng của công ty với mạng công cộng (các mạng công ty nằm ở những địa điểm khác nhau).

Những mối nguy hiểm và rủi ro có thể là:

- Bị tải xuống trái phép (ăn cắp) những dữ liệu nhạy cảm như kiến thức (bí quyết nghề nghiệp) của hãng xưởng, dữ liệu về sản xuất hoặc sách lược tương lai từ những máy tính (nội bộ).
- Bị thay đổi hoặc bị ngụy tạo những dữ liệu hoặc giả mạo chúng.
- Bị gây trở ngại hoặc xáo trộn sự liên lạc thông tin trong nội bộ và với bên ngoài.
- Bị phong tỏa các máy tính sản xuất, các hệ điều hướng, các hệ thống máy tính ở cấp cao hơn và những dịch vụ.
- Khi máy tính bị kiểm soát bởi kẻ tấn công, cấu hình của máy có thể bị thay đổi và bị cài đặt phần mềm độc hại. Máy tính bị kiểm soát này còn có thể bị dùng làm bàn đạp cho những cuộc tấn công, những hành động trái phép tiếp theo (như phân phối phần mềm bất hợp pháp hoặc sao chép chúng).

1.5.1 Những loại tấn công và những kẻ tấn công

Tấn công thụ động là một loại truy cập trái phép hoặc tìm cách truy cập vào một mạng hay một máy tính. Qua đó tìm cách thu thập thông tin trái phép. Còn **tấn công chủ động** là nhằm sửa đổi, thay đổi trái phép các dữ liệu (đối tượng dữ liệu), đến việc mất đi tính nguyên vẹn của dữ liệu và có thể dẫn đến sự vận hành sai của hệ thống hay của quá trình.

Tấn công thụ động gồm:

- Nghe lén đường dây dữ liệu,
- Đọc dữ liệu trái phép thí dụ, từ các tập tin, các cơ sở dữ liệu.

Tấn công chủ động gồm:

- Thay đổi trái phép hoặc xóa bỏ dữ liệu có chủ đích,
- Ghi vào các tập tin.

Những kẻ tấn công cục bộ là những người sử dụng trong mạng lưới nội bộ.

Những kẻ tấn công từ bên ngoài là những mạng không tin tưởng như mạng Word Wide Web (www) khởi động.

Những kẻ tấn công được đánh giá cao khi phân loại qua khái niệm "**tin tặc**" (hacker) và "**hắc thủ**" (cracker). Ngày nay các tên gọi **nhóm mũ đen** -tiếng Anh là **Black Hats**- (gọi kẻ tấn công có ác ý), **nhóm mũ trắng** -tiếng Anh là **White Hats**- gọi những kẻ tấn công chuyên phát hiện ra những lỗ hổng an toàn, những điểm yếu thông dụng trong mạng có khả năng bị tấn công. Những kẻ tấn công sử dụng các thứ như **vi rút** máy tính (virus), **sâu** máy tính (worm), **Trojan** cho các đợt công kích. **Vi rút máy tính** là một chuỗi dòng lệnh, nó cần có một chương trình chủ, một tập tin khả thi, thí dụ một tập tin có thể vận hành dạng exe. Vi rút có thể tái sinh sản nhưng cũng có khả năng tự biến đổi và lan rộng qua sự lây nhiễm đến các chương trình chủ. Bổ sung vào những khả năng đã nêu, vi rút cũng chứa phần độc hại, được đánh thức bởi một lệnh kích hoạt, thí dụ theo ngày giờ quy định. **Worm** là một chương trình có thể tự hoạt động độc lập, không cần đến chương trình chủ. Nó có khả năng tự tái sinh và lây lan qua việc tự sao chép vào máy tính khác trong nội mạng. **Phần độc hại** của nó gồm những mối đe dọa tương tự như của vi rút, tức làm mất đi tính nguyên vẹn, độ cơ mật, kể cả tính khả dụng sẵn có của dữ liệu và của hệ thống. **Trojan** là một chương trình, thoạt nhìn đáng tin, tuy nhiên khi quan sát kỹ hơn, sẽ thấy nó có ẩn giấu thêm phần mềm độc hại. Như thế, những thuộc tính được ngụy trang này được cài vào máy tính nhằm ghi lại dữ liệu để ngụy tạo hoặc lén sao chép trái phép và gởi đến cho kẻ tấn công, hoặc để thay đổi các chức năng của hệ thống, để kẻ tấn công được cấp thêm quyền truy cập lên những tập tin khác. **Những biện pháp có thể đối phó** là: lưu trữ những dữ liệu nhạy cảm như mật mã vào bộ nhớ an toàn bên ngoài, hoặc mã hóa dữ liệu cất giữ.

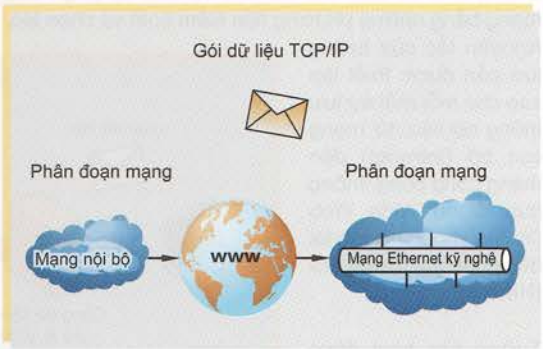
Cơ chế bảo vệ chống vi rút và worm gồm những biện pháp phòng ngừa như giới hạn quyền ghi chép, mã hóa dữ liệu, cấm dùng thanh lưu trữ USB cũng như việc dùng dấu chỉ tay dạng kỹ thuật số và những dụng cụ (tools) để nhận diện sự thâm nhập vi rút, thí dụ như với trình quét vi rút.

https://tieulun.hopto.org

Những cuộc tấn công như vậy có thể dẫn đến những khó khăn về mặt pháp lý cho tư nhân hoặc các công ty cũng như những tổn thất về tài chính và những thiệt hại về thanh danh.

1.5.2 Những giao thức truyền thông

Để giao tiếp cục bộ và giữa các phân đoạn mạng người ta dùng những giao thức truyền thông như giao thức TCP (Transmission Control Protocol, tiếng Anh có nghĩa là giao thức kiểm soát truyền tải) hoặc giao thức UDP (User Datagram Protocol, tiếng Anh có nghĩa là giao thức gói dữ liệu người dùng) và giao thức IP (Internet Protocol, tiếng Anh có nghĩa là giao thức mạng Internet) **(Hình 1).** Để những thành viên tham gia mạng như máy tính hay các thành phần ethernet có thể được nhận dạng rõ ràng, mỗi thành viên phải sở hữu một địa chỉ phần cứng độc nhất mang tính toàn cầu, gọi là địa chỉ MAC (Medium Access Control, tiếng Anh có nghĩa là phương tiện kiểm soát truy cập). Địa chỉ MAC có 48 bit, được mã hóa theo hệ thập lục phân, thí dụ như A5: 26: C2: BF: 05: 90. Để mỗi thiết bị phần cứng có thể giao tiếp với các thiết bị khác trong các phân đoạn mạng, người ta cần đến địa chỉ phần mềm, gọi là địa chỉ IP. Giao thức IP phiên bản 4, IPv4, hoặc phiên bản 6, IPv6, ấn định một lược đồ địa chỉ hóa, mà địa chỉ ở IPv4 bao gồm 32 bit, và ở IPv6 là 128 bit. Để có thể nhận dạng được các đoạn mạng trong các mạng được thiết lập địa chỉ với IPv4, phải cần đến mặt nạ mạng phụ (subnet mask), cũng gồm 32 bit. Nó phân địa chỉ IP ra thành hai mảng, một phần để xác định mạng và một phần để xác định thành viên của mạng (phần xác định thiết bị) **(Hình 2)**.



Hình 1: Giao tiếp trong các phân đoạn mạng

Như cái tên cho thấy, IP là một giao thức vận chuyển các gói dữ liệu và phục vụ việc chọn đường, định tuyến, để các gói tin đến được người nhận như mong muốn. Còn giao thức TCP thì chịu trách nhiệm để các gói dữ liệu chuyển tải đến được người nhận theo đúng trình tự và đầy đủ. Giao thức TCP cũng chịu trách nhiệm cho việc chuyển tải dữ liệu an toàn và cung cấp các cơ chế kiểm soát và sửa lỗi. Do một người tham gia mạng thông thường chỉ có một địa chỉ duy nhất, nhưng lại dùng nhiều dịch vụ trao đổi dữ liệu cùng một lúc, thí dụ như với FTP hoặc IMAP, nên phải cần thêm một cách nhận dạng dịch vụ nữa. Việc này diễn ra qua các cổng (tiếng Anh: **Ports**) hoặc với số cổng (tiếng Anh: **Port Numbers**). Tổng cộng có 65536 cổng được trưng dụng: **Well Known Ports** (cổng từ 0 đến 1023) được dành cho các dịch vụ gần hệ thống, thí dụ như TELNET (cung cấp khả năng bảo trì từ xa các máy tính được nối mạng qua hình thức văn bản), **Registered Ports** (từ 1024 đến 49151) được trưng dụng cho các nhà sản xuất ứng dụng, dùng khi họ cần đăng ký giao thức riêng với cơ quan IANA (Internet Assigned Number Authority = Tổ chức cấp phát số hiệu Internet). **Private Ports** (từ 49152 đến 65535) có thể dùng linh hoạt. Trong khi TCP là giao thức có tính định hướng kết nối, nhằm vào việc thiết lập và tháo dỡ việc kết nối giữa hai đối tượng giao dịch qua thể thức Ba bước bắt tay (Three-Way-Handshake), còn UDP thì hoạt động phi kết nối, nhưng vẫn (thông qua) cùng các cổng đó.

Hình 2: Địa chỉ IP với khuôn lọc địa chỉ mạng phụ (subnet mask)

Đối chiếu TCP - UDP

Giao thức TCP:

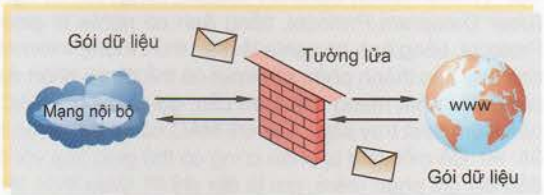
- Thực hiện việc kiểm soát và sửa lỗi,
- Ký nhận những gói dữ liệu đến từ phía người nhận, nhờ đó phát hiện được việc thất thoát các gói dữ liệu (phía người gởi sẽ gởi lại gói tin bị thất lạc),
- Nếu các phần gói dữ liệu chuyển đến phía người nhận theo đúng thứ tự, như thế tập tin gởi đi từ phía người gởi đã tương ứng với tập tin người nhận nhận được.

https://tieulun.hopto.org

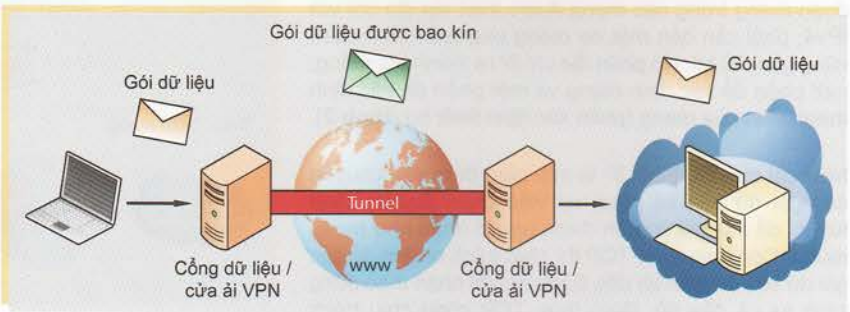
Giao Thức UDP (User Datagram Protocol)

UDP cũng như TCP là giao thức truyền tải các gói dữ liệu, nhưng nó không thực hiện những điểm tiêu biểu cho TCP được dẫn chứng ở trang trước. Điều này phải được thực hiện bởi những giao thức nằm trên tầng cao hơn UDP (tầng ứng dụng). Tuy nhiên tốc độ truyền tải những gói dữ liệu với giao thức UDP nhanh hơn, vì nó không cần thiết phải lập kết nối trước.

Những giao thức truyền thông kể trên cho thấy nhiều vấn đề về sự an toàn, như thế sự toàn vẹn, độ tin cậy, sự bảo mật, sự ràng buộc và độ xác thực của dữ liệu cũng như tính khả dụng của chúng bị đe dọa. Ta có thể đối phó những nguy hiểm này bằng công nghệ **tường lửa** (tiếng Anh: Firewall). Tường lửa có nhiệm vụ ngăn cản việc chuyển tiếp các gói dữ liệu có khả năng chứa những mối đe dọa cho dữ liệu và các bộ phận của mạng bằng những phương tiện kiểm soát và chọn lọc. Nguyên tắc của tường lửa cần được thiết lập sao cho mỗi một sự lưu thông dữ liệu, từ mạng cục bộ (Intranet) đến mạng công cộng, thông qua World Wide Web (WWW) hoặc ngược lại đều phải qua tường lửa **(Hình 1)**.



Hình 1: Lọc gói dữ liệu qua bức tường lửa



Hình 2: Chui đường hầm VPN

Tường lửa hoạt động trên tầng 3 và 4 (xem trang 555 chương 12.1, bảng mô hình 7 lớp) của mô hình tham chiếu OSI (Open Sytems Interconnection, tiếng Anh có nghĩa là kết nối các hệ thống mở) được gọi là bộ lọc gói tin, còn những bộ lọc nằm trên tầng 7 gọi là Application level Gateways (cổng dữ liệu của tầng ứng dụng). Khi một đại diện thương mại muốn truy cập vào mạng nội bộ của hãng mình, thì Virtual Private Network (mạng riêng ảo) cung cấp một kết nối VPN cho việc giao dịch được an toàn. Với công nghệ này những dữ liệu giao dịch được mã hóa khi truyền đi, các đối tác giao dịch được chứng thực, cũng như việc bảo mật dữ liệu được bảo đảm. Ngay cả những địa chỉ Intranet riêng qua công nghệ này cũng được giữ riêng tư khi ghép nối với một mạng công cộng, mà người ngoài không nhìn thấy. Từ đó một thuật ngữ thường đi kèm với VPN là **Tunneling** (chui đường hầm). Thông qua Tunneling các gói dữ liệu ở đầu đường hầm được "bọc lại" và ở cuối đường hầm sẽ được "mở ra". Giao thức đang được dùng hiện thời cho Tunneling là IPsec (Internet Protocol Security, tiếng Anh có nghĩa là giao thức mạng về bảo mật), là một giao thức an toàn. Bất cứ mạng nào cũng có thể dùng làm mạng truyền tải được. Thông thường thì dùng Internet **(Hình 2)**.

Bài tập:

1 Hãy tìm hiểu ý nghĩa của các từ viết tắt FTP và IMAP.

2 Những Well Known Ports nào được phân bổ cho FTP và IMAP?

3 Hãy tìm hiểu thuật ngữ IP-Spoofing. Và nó thuộc loại tấn công nào?

4 Người ta định danh địa chỉ logic và địa chỉ Hardware của một người tham gia mạng như thế nào?

5 Trong hình 2, trang 69, cho biết mặt nạ mạng phụ là 255.255.255.0. Nó có ý nghĩa gì?

6 Một người tham gia mạng có địa chỉ IP là 193.147.27.153 và mặt nạ mạng phụ là 255.255.255.0. Người này đang ở trong mạng nào và địa chỉ của người này là gì?

7 Hãy tìm hiểu những lớp địa chỉ IP nào được cung ứng sẵn dưới giao thức Internet phiên bản 4 (Ipv4) và hãy sắp xếp mỗi lớp IP đó theo khuôn lọc địa chỉ mạng phụ (subnet mask) mặc định.

8 Người ta đạt được gì qua sự kết nối VPN?

9 Tường lửa có nhiệm vụ gì trong việc chuyển giao dữ liệu?

https://tieulun.hopto.org

2 Truyền thông kỹ thuật

Để trình tự của tất cả các công việc gia công và lắp ráp trong một xưởng được đúng kế hoạch, ta cần có nhiều loại thông tin từ nhiều nguồn khác nhau. Những thông tin này phải được thể hiện sao cho người nhận không hiểu sai và có thể dùng cho những ứng dụng tiếp theo.

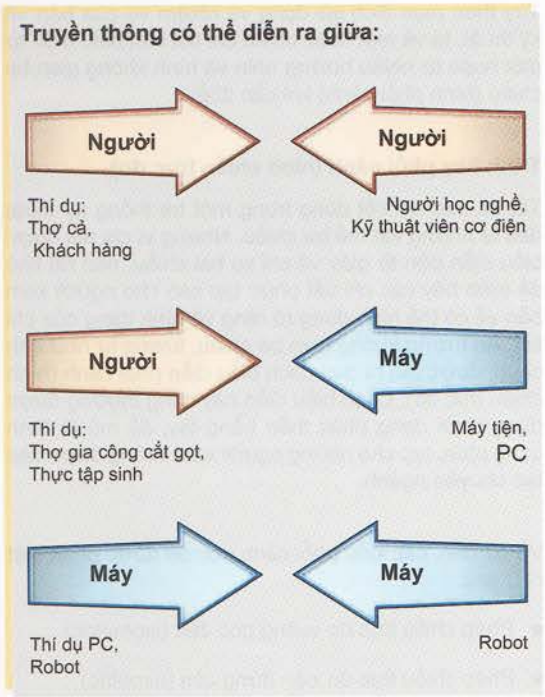
> Truyền thông kỹ thuật là việc xử lý, chuyển tiếp và lưu trữ các thông tin kỹ thuật.

Truyền thông kỹ thuật có thể diễn ra giữa người với người, cũng có thể giữa người và máy, cũng như giữa nhiều máy khác nhau (**Hình 1**). Ngoài ngôn ngữ, người ta còn dùng các phương tiện truyền thông khác để trao đổi thông tin.

Các phương tiện thông tin quan trọng nhất là:

- Các bản vẽ kỹ thuật
- Các sơ đồ
- Các biểu đồ
- Các bảng kê chi tiết
- Các bảng tra cứu
- Các chương trình

Đối với việc sản xuất, lắp ráp và bảo dưỡng các hệ thống cơ điện tử, trước đây cũng như sau này, thì các bản vẽ kỹ thuật dưới nhiều hình thức khác nhau vẫn là phương tiện thông tin quan trọng nhất.

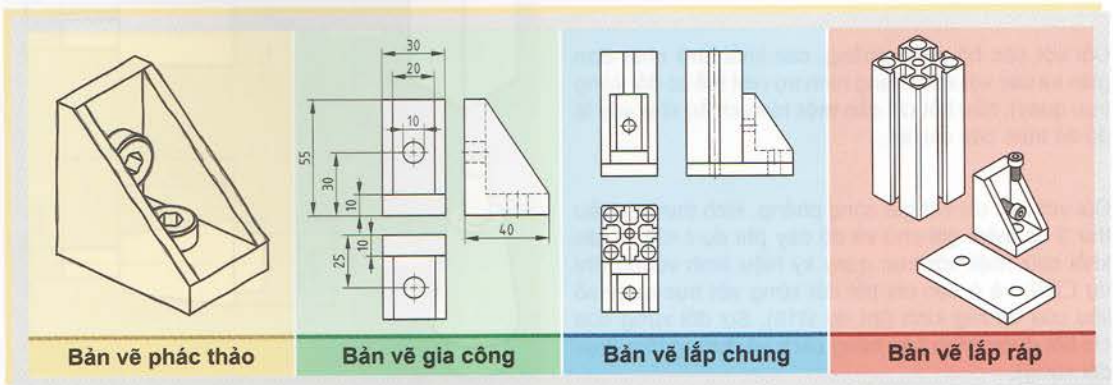


Hình 1: Những khả năng truyền thông

2.1 Bản vẽ kỹ thuật làm phương tiện thông tin

> Theo DIN 199, các **bản vẽ kỹ thuật** là những tài liệu có dạng phù hợp cho từng mục đích kỹ thuật.

Đối với bản vẽ kỹ thuật, thí dụ: bản vẽ chứa các thông tin và hướng dẫn cần thiết cho việc **sản xuất một chi tiết**, những yêu cầu được đặt ra khác hơn là đối với bản vẽ chỉ dẫn **lắp ráp** chi tiết này vào trong một hệ thống cơ điện tử phức tạp. Cho nên khái niệm chung "Bản Vẽ Kỹ Thuật" chỉ nhiều loại trình bày hoàn toàn khác biệt nhau.



Hình 2: Các loại bản vẽ khác nhau

https://tieulun.hopto.org

2.1.1 Các loại trình bày

Tùy theo mục đích sử dụng và nhiệm vụ của bản vẽ kỹ thuật, ta vẽ một hoặc nhiều chi tiết cần biểu diễn từ một hoặc từ nhiều hướng nhìn và hình không gian ba chiều (hình phối cảnh) khi cần thiết.

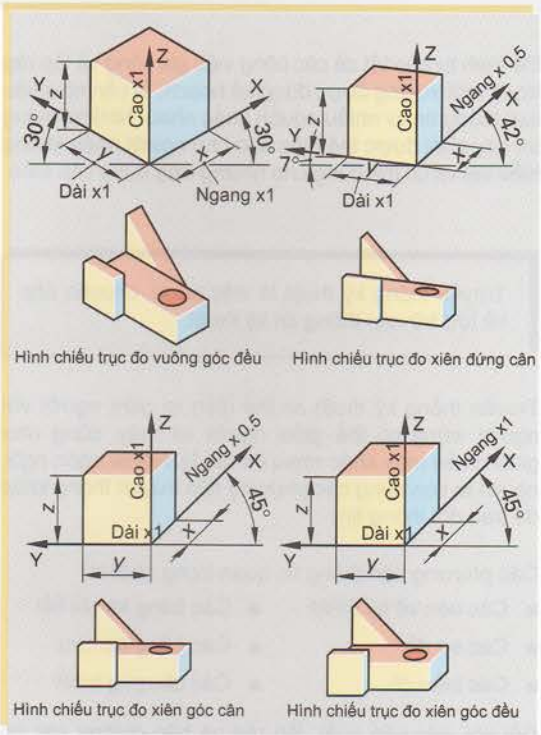
Trình bày phối cảnh (hình chiếu trục đo)

Tất cả các chi tiết dùng trong một hệ thống kỹ thuật đều là những vật thể ba chiều. Nhưng vì chi tiết được biểu diễn trên tờ giấy vẽ chỉ có hai chiều, nên rất khó để trình bày các chi tiết phức tạp sao cho người xem bản vẽ có thể hình dung rõ ràng về hình dạng của chi tiết. Ấn tượng không gian ba chiều, tương tự như ảnh chụp, được tạo ra qua cách biểu diễn phối cảnh (hình chiếu trục đo). Cách biểu diễn này cũng thường được dùng dưới dạng phác thảo bằng tay, để mô tả hình dạng phức tạp cho những người xem không được đào tạo chuyên ngành.

Về cơ bản, các kiểu phối cảnh trục đo được phân biệt như sau:

- Phép chiếu trục đo vuông góc đều (isometric)
- Phép chiếu trục đo xiên đứng cân (dimetric)
- Phép chiếu trục đo xiên góc đều (cavalier)
- Phép chiếu trục đo xiên góc cân (cabinet)

Sự khác biệt của mỗi cách chiếu được thể hiện qua những góc của các trục tọa độ, trên đó biểu diễn chiều dài và chiều ngang của vật thể, chiều dài biểu diễn (hệ số biến dạng qui ước) của các cạnh của vật thể cũng nằm trên các trục tọa độ này **(Hình 1)**.



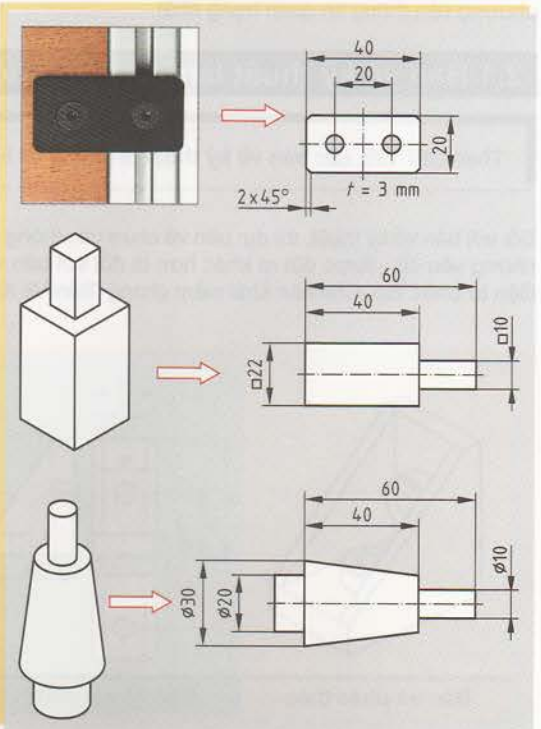
Hình 1: Các loại hình chiếu trục đo

Trình bày theo một hình chiếu

Phép chiếu một phía của vật thể ba chiều lên trên mặt phẳng hai chiều (bản vẽ) được gọi là hình chiếu.

Đối với các bộ phận phẳng, các khối chữ nhật đơn giản và các vật xoay dạng hình trụ (vật thể có đối xứng trục quay), hầu hết chỉ cần **một** hình chiếu như vậy là đủ để trình bày chi tiết.

Đối với các chi tiết gia công phẳng, kích thước chiều thứ 3 có thêm ghi chú về độ dày (thí dụ t =3), ở các khối chữ nhật với trục quay ký hiệu hình vuông (thí dụ □20) và ở các chi tiết đối xứng với trục quay số liệu của đường kính (thí dụ Ø18). Sự đối xứng của chi tiết được trình bày bằng cách vẽ đường tâm (trục đối xứng).



Hình 2: Trình bày trong một hình chiếu

https://tieulun.hopto.org

Trình bày theo nhiều mặt chiếu (hình chiếu)

Đối với các bộ phận phức tạp thì hình chiêu một mặt không đủ để diễn tả rõ ràng hình dạng của vật thể. Trong trường hợp này, chi tiết gia công phải được trình bày bằng **nhiều** mặt chiếu áp dụng phép chiếu song song vuông góc **(Hình 3).** Theo DIN 5, những mặt chiếu có thể có của một vật thể được qui định theo sáu hướng nhìn:

Mặt chiếu từ hướng a: Mặt trước hình chiếu đứng

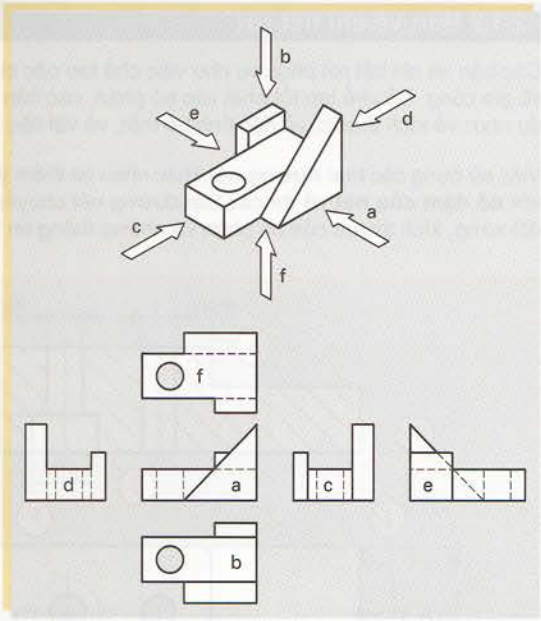
Mặt chiếu từ hướng b: Mặt trên hình chiếu bằng

Mặt chiếu từ hướng c: Mặt trái hình chiếu cạnh

Mặt chiếu từ hướng d: Mặt phải hình chiếu cạnh

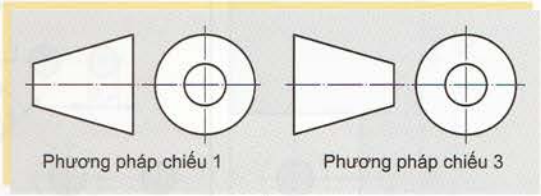
Mặt chiếu từ hướng e: Mặt sau hình chiếu

Mặt chiếu từ hướng f: Mặt dưới hình chiếu **(Hình 1)**



Hình 1: Các mặt chiếu

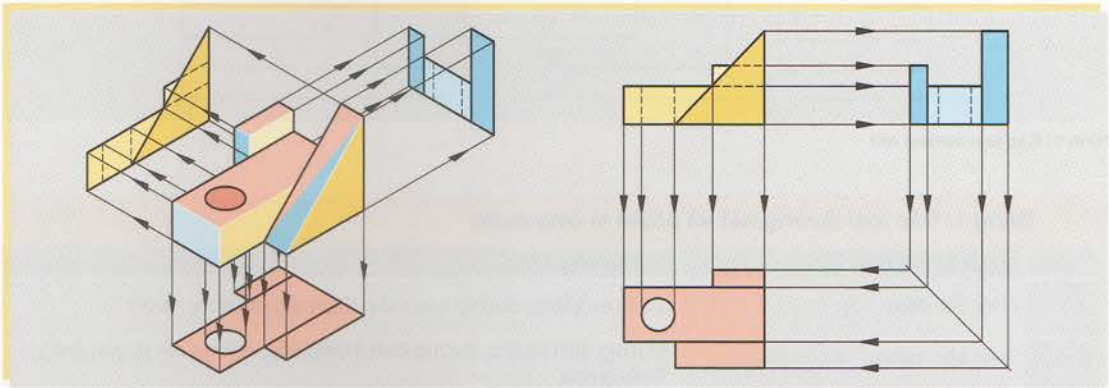
Sự sắp xếp của từng mặt chiếu căn cứ theo hình chiếu từ phía trước được qui định trong phương pháp chiếu và được ký hiệu bằng một biểu tượng tương ứng **(Hình 2)**. Các nước Âu châu, phần lớn làm việc theo phương pháp chiếu 1, các nước ngoài Âu châu thường theo phương pháp chiếu 3.



Hình 2: Các phương pháp chiếu

Nguyên tắc cơ bản sau luôn có giá trị không phụ thuộc vào phương pháp chiếu:

> Một chi tiết gia công luôn được trình bày trong nhiều hình chiếu và ghi kích thước một cách rõ ràng.

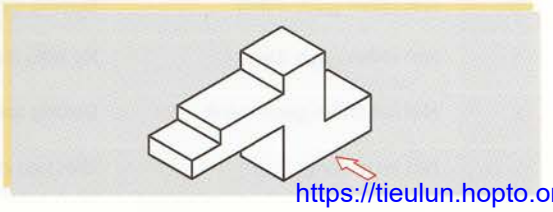


Hình 3: Cơ bản của phép chiếu song song vuông góc

Bài tập:

Bạn hãy lập bản vẽ kỹ thuật tất cả các diện có thể có cho vật thể được minh họa bên phải.

Bạn hãy thực hiện việc vẽ theo phương pháp hình chiếu 1 và 3.

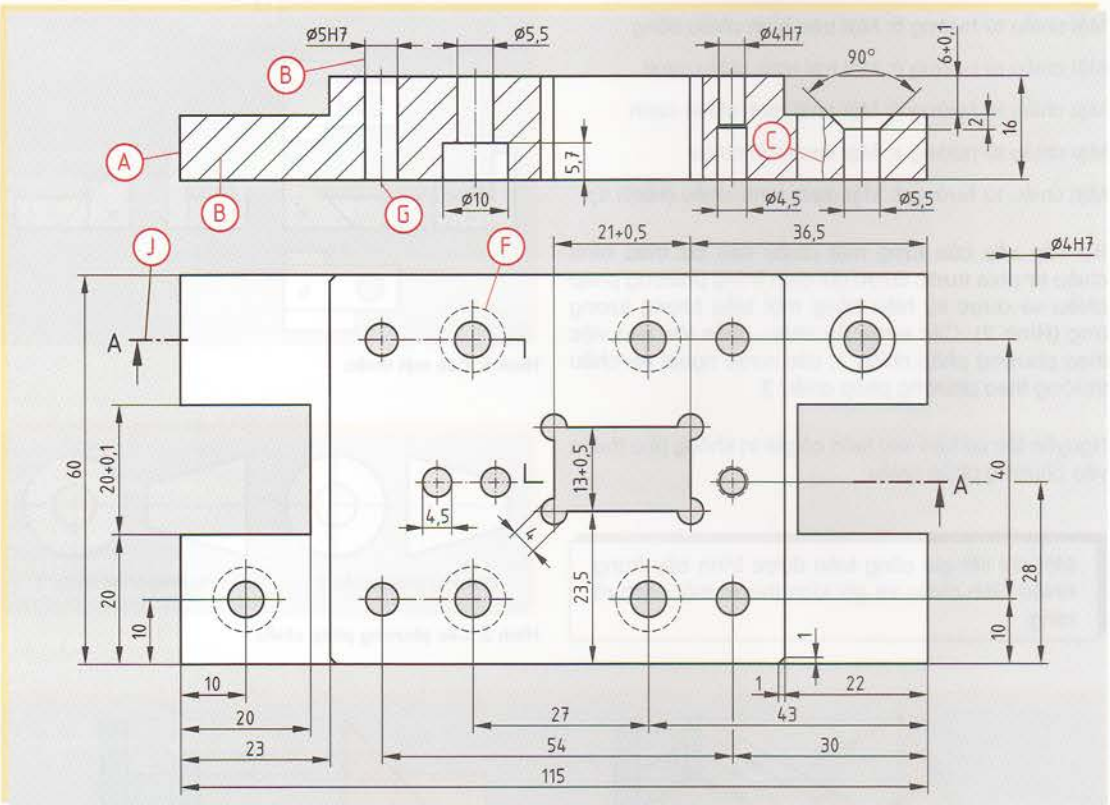


https://tieulun.hopto.org

2.1.2 Bản vẽ chi tiết rời

Các bản vẽ chi tiết rời phục vụ cho việc chế tạo các chi tiết gia công. Bản vẽ này cũng thường được gọi là bản vẽ gia công. Để chế tạo tốt nhất các bộ phận, các bản vẽ này phải bao gồm tất cả những thông tin cần thiết, thí dụ như: về kích thước, về đặc tính bề mặt, về vật liệu v.v...

Việc sử dụng các **loại đường nét** khác nhau có thêm ý nghĩa đặc biệt khi tạo các bản vẽ gia công. Kết hợp thêm với **độ đậm của nét vẽ** thì các loại đường nét chuyển đạt những thông tin quan trọng về đường biên, đường đối xứng, kích thước của bộ phận và những thông tin khác **(Hình 1)**.



Hình 1: Các loại đường nét

Bảng 1: Các loại đường nét và phạm vi ứng dụng

	Loại đường nét	Thí dụ ứng dụng
A	Nét liền đậm	Các cạnh thấy, đường bao thấy, đoạn dài ren dùng được
B	Nét liền mảnh	Đường kích thước, đường kích thước phụ, đường cắt (tuyến ảnh), đường ren
F	Nét đứt mảnh	Cạnh khuất , đường che khuất
G	Nét chấm gạch mảnh	Đường tâm, đường đối xứng, vòng tròn lỗ
J	Nét chấm gạch đậm	Ký hiệu cho nét cắt
K	Nét hai chấm gạch mảnh	Đường bao của chi tiết giới hạn
C, D	Nét lượn sóng	Giới hạn của các diện gián đoạn

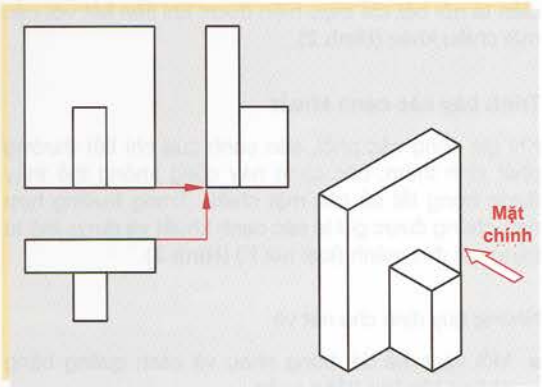
https://tieulun.hopto.org

Chi tiết với dạng cơ bản lăng trụ

Ngoại trừ các bộ phận được đúc hay rèn, các chi tiết gia công được chế tạo ra từ các vật liệu bán thành phẩm. Các chi tiết cán phẳng hay cán định hình, đúc, ép hay kéo **(Hình 1)** được dùng cho các bộ phận dạng lăng trụ, các chi tiết này có hình dạng như mong muốn là nhờ các phương pháp gia công đa dạng. Mặc dù sau khi gia công nhiều lần, hình dạng gốc hầu như không nhận ra được, nhưng có thể giúp nhiều cho việc hình dung từng mặt chiếu. Chi tiết gia công dạng lăng trụ được biểu diễn trong nhiều mặt chiếu khác nhau (xem trang 73) thành bản vẽ gia công. Trong đó mặt chiếu nổi bật (thể hiện rõ ràng, chính xác) được chọn là chính diện (nhìn từ phía trước) **(Hình 2)**.

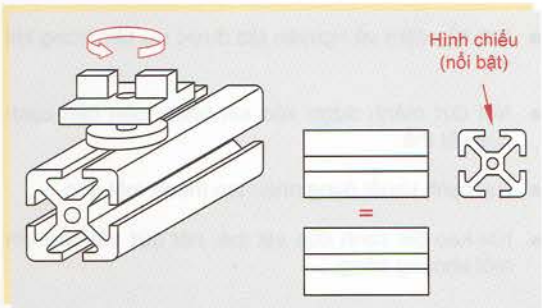
Hình 1: Vật liệu bán thành phẩm

Khi chọn các mặt chiếu khác, ta phải chú ý sao cho qua đó những thông tin mới bổ sung thêm về hình dạng của chi tiết cũng được thể hiện (cung cấp) qua mỗi mặt chiếu tương ứng. Chẳng hạn ở các thanh định hình không gia công, hình chiếu bằng từ trên và hình chiếu đứng từ trước thường giống nhau. Vì vậy, các diện của prôfin chỉ được xác định rõ từ hình chiếu cạnh từ trái, phải **(Hình 3)**.



Hình 2: Chọn mặt chính (hình chiếu đứng từ phía trước)

Với **các tia chiếu**, kích thước chiều rộng được truyền vào hình chiếu bằng từ trên và hình chiếu dưới, nếu cần. Cũng với cách này, kích thước chiều cao được chiếu vào hình chiếu cạnh trái, phải từ các cạnh cần thiết. Qua một đường phụ trợ (đường chuyển hướng) nghiêng 45°, mỗi diện còn thiếu có thể được khai triển từ những giao điểm phát sinh **(Hình 3, Trang 76)**.



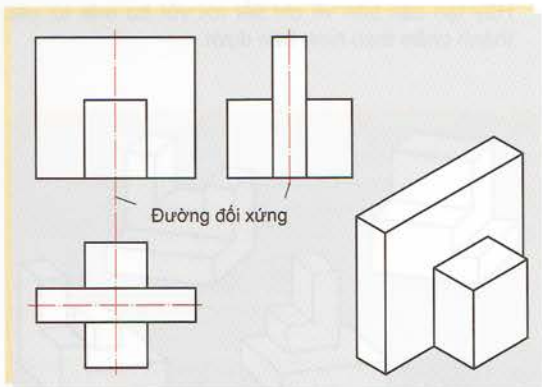
Hình 3: Hình chiếu bổ sung

Khi các chi tiết gia công được biểu diễn đối xứng trong từng hình chiếu, thì điểm này được làm rõ bằng cách vẽ các trục đối xứng **(Hình 4)**.

Qui định vẽ cho trục đối xứng:

- Trục đối xứng được ký hiệu bằng đường tâm (nét chấm gạch mảnh).
- Độ dài của nét gạch chỉnh theo độ lớn của chi tiết gia công
- Trục đối xứng bắt đầu và kết thúc luôn bằng một nét gạch, nét gạch lố ra khỏi ngoài cạnh biên của chi tiết khoảng 3 mm.
- Đường tâm luôn cắt cạnh của chi tiết gia công bằng nét gạch.
- Chi tiết gia công đối xứng qua hai hướng, điều này được thể hiện bằng một hình chữ thập của hai đường tâm giao nhau.

Những qui định về đường tâm vẫn có giá trị khi hình dạng thay đổi không đáng kể ở một phía đối xứng của nó.



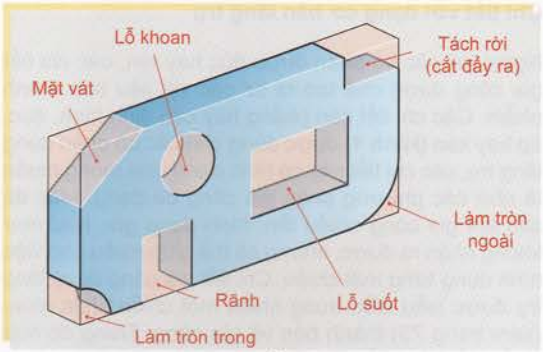
Hình 4: Chi tiết đối xứng

https://tieulun.hopto.org

Các hình thức gia công những dạng cơ bản hình lăng trụ

Những khả năng biến đổi hình dạng vật liệu bán thành phẩm có thể giảm thành vài loại cơ bản. Trong thuật ngữ vẽ kỹ thuật, chúng được gọi là: tách rời (cắt đẩy ra), vạt nghiêng, làm tròn ngoài và trong, lỗ xuyên qua, rãnh và lỗ khoan **(Hình 1)**.

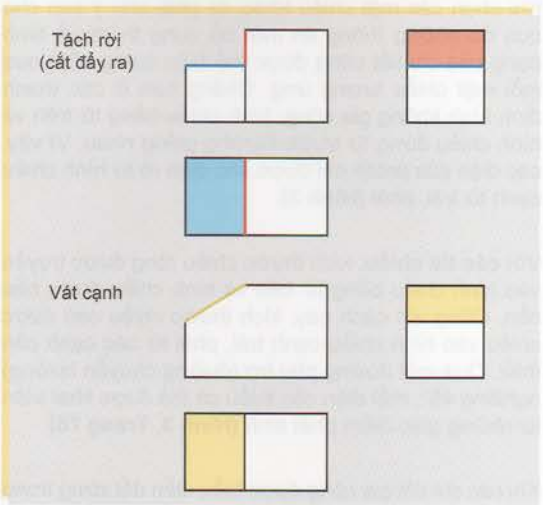
Các phương pháp gia công khác nhau, thí dụ như vát nghiêng và tách rời (cắt đẩy ra) có thể trình bày hoàn toàn giống nhau trên mặt chiếu riêng lẻ. Do đó, việc diễn tả nổi bật chỉ thực hiện được khi liên kết với các mặt chiếu khác **(Hình 2)**.



Hình 1: Gia công bán thành phẩm

Trình bày các cạnh khuất

Khi gia công các phôi, các cạnh của chi tiết thường phát sinh thêm; các cạnh này cũng không thể thấy được trong tất cả các mặt chiếu. Trong trường hợp này, chúng được gọi là các cạnh khuất và được mô tả bằng nét đứt mảnh (loại nét F) **(Hình 3)**.



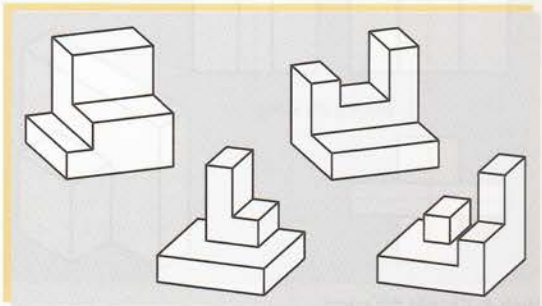
Hình 2: Kết quả gia công

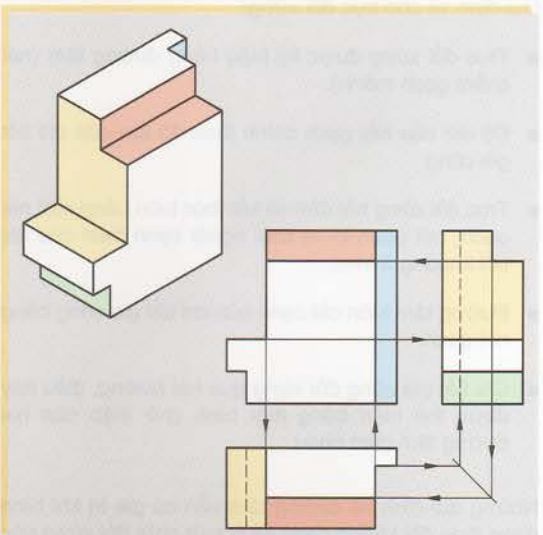
Những quy định cho nét vẽ:

- Mỗi vạch kẻ dài bằng nhau và cách quãng bằng những khoảng trống ngắn.
- Chiều dài của mỗi vạch kẻ tùy thuộc vào độ lớn của bản vẽ và có thể dài đến tối đa 10 m.
- Nét liền đậm về nguyên tắc được ưu tiên trong khi vẽ.
- Nét đứt mảnh được kéo sát hoàn toàn đến cạnh của vật thể.
- Hai cạnh khuất đụng nhau tạo thành một góc.
- Khi kéo dài cạnh của vật thể, nét đứt bắt đầu với một khoảng trống.

Bài tập:

Hãy tạo các bản vẽ chi tiết rời với ba mặt từ các thành phần theo hình bên dưới.





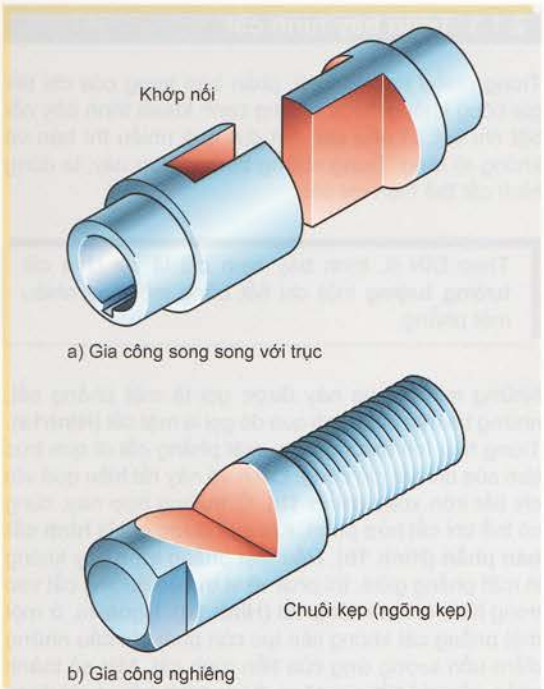
Hình 3: Các mặt chiếu với nhiều cạnh khuất

https://tieulun.hopto.org

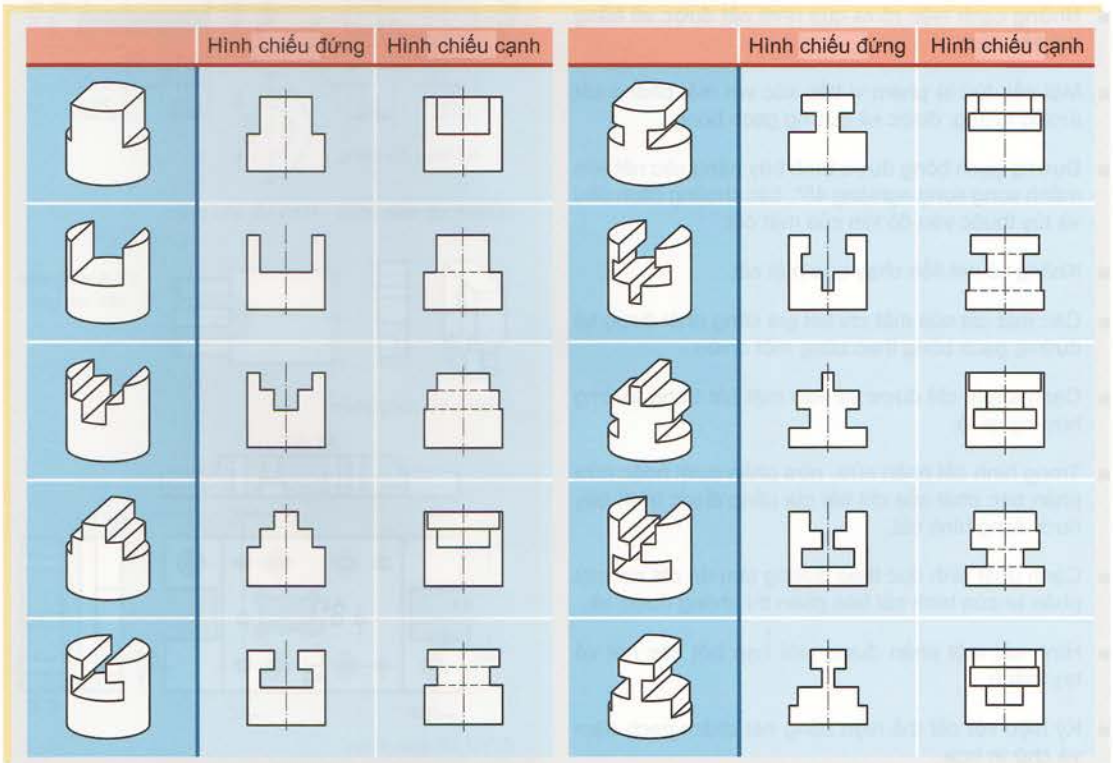
Chi tiết dạng trụ

Để biểu diễn một chi tiết hình trụ chưa gia công, thông thường chỉ cần một mặt chiếu là đủ (xem trang 75). Tuy nhiên khi qua gia công chi tiết có thể phát sinh những thay đổi rất phức tạp, khiến ta cần phải có thêm những mặt chiếu. Qua đó những thay đổi không chỉ tùy thuộc vào hướng mà còn vào loại gia công. Thí dụ một khớp nối hình lăng trụ chạy song song với trục chính gây ra sự thay đổi ít hơn về hình dạng (**Hình 1a**) và dễ trình bày hơn là so với một lỗ khoan thẳng góc với trục chính, hay lỗ khoan nghiêng lệch tâm xuyên qua hay tách vết khía nghiêng (**Hình 1b**).

Thông thường, việc vẽ những giao tuyến hình thành phức tạp này không phải là nhiệm vụ của kỹ thuật viên cơ điện tử. Kỹ thuật viên phải có khả năng đọc hiểu và đúc kết được những phương cách gia công từ hình dạng của những giao tuyến đó. Ngày nay, những họa viên kỹ thuật, thông thường là người chịu trách nhiệm dựng bản vẽ, được giảm tải ngày càng nhiều nhờ hệ thống CAD khi khai triển và biểu diễn các đường cong này (**Hình 2**).



Hình 1: Các chi tiết hình trụ



Hình 2: Vật thể hình trụ với cắt bậc

https://tieulun.hopto.org

2.1.3 Trình bày hình cắt

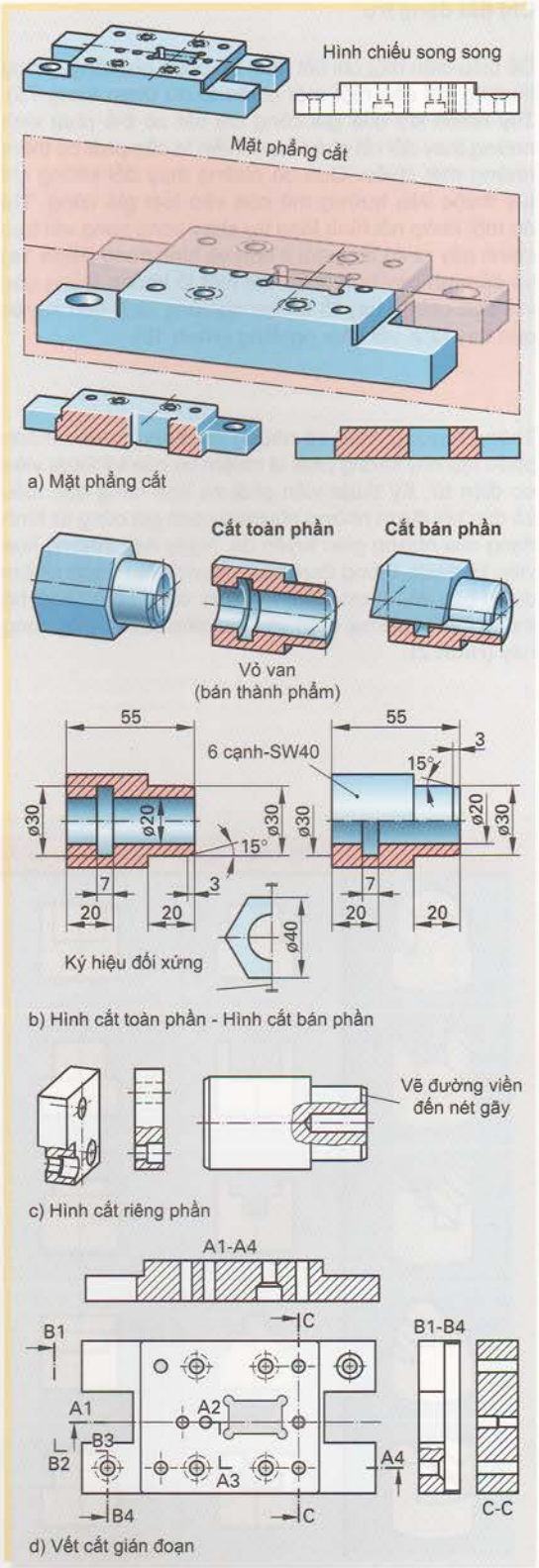
Trong nhiều trường hợp, phần bên trong của chi tiết gia công không được những cạnh khuất trình bày nổi bật chi tiết, vì nếu các nét đứt quá nhiều thì bản vẽ không rõ ràng. Trong những trường hợp này, ta dùng hình cắt thể hiện chi tiết.

> Theo DIN 6, trình bày hình cắt là sự chia cắt **tưởng tượng** một chi tiết bằng một hay nhiều mặt phẳng.

Những mặt phẳng này được gọi là mặt phẳng cắt, những bề mặt phát sinh qua đó gọi là mặt cắt **(Hình1a)**. Trong hầu hết trường hợp, mặt phẳng cắt đi qua trục tâm của chi tiết gia công. Cách vẽ này rất hiệu quả với chi tiết tròn xoay **(Hình 1b)**. Ở trường hợp này, cũng có thể chỉ cắt nửa phần. Kết quả được gọi là **hình cắt bán phần (Hình 1b)**. Nếu mặt phẳng trình bày không là mặt phẳng giữa, thì phải vẽ vị trí của đường cắt vào trong hình chiếu không cắt **(Hình 1d)**. Ngoài ra, ở một mặt phẳng cắt không liên tục còn phải ghi dấu những điểm uốn tương ứng của tiến trình cắt. Một số thành phần của chi tiết gia công được trình bày dưới dạng hình cắt một phần **(Hình 1c)**.

Các qui định đọc và vẽ các hình cắt là:

- Những cạnh hiện rõ ra qua nhát cắt được vẽ bằng nét liền đậm.
- Mặt cắt, tức là phạm vi tiếp xúc với mặt phẳng cắt tưởng tượng, được kẻ đường gạch bóng.
- Đường gạch bóng được trình bày bằng các nét liền mảnh song song nghiêng 45°, các khoảng cách đều và tùy thuộc vào độ lớn của mặt cắt.
- Không có nét liền chạy qua mặt cắt.
- Các mặt cắt của một chi tiết gia công phải được kẻ đường gạch bóng theo cùng một chiều.
- Cạnh khuất chỉ được vẽ vào mặt cắt trong trường hợp ngoại lệ.
- Trong hình cắt phân nửa, nửa phần dưới hoặc nửa phần bên phải của chi tiết gia công được trình bày dưới dạng hình cắt.
- Cạnh phát sinh dọc theo đường tâm do cắt rời một phần tư của hình cắt bán phần thì không được vẽ.
- Hình cắt một phần được giới hạn bởi các nét vẽ tay mảnh.
- Ký hiệu vết cắt thể hiện bằng nét chấm gạch đậm và chữ in hoa



Hình 1: Biểu diễn hình cắt

https://tieulun.hopto.org

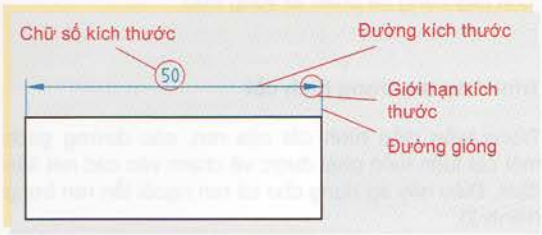
2.1.4 Ghi kích thước cho từng bộ phận

Khi chế tạo một bộ phận, ngoài sự trình bày rõ ràng thì việc ghi kích thước cũng rất quan trọng. Ghi kích thước bao gồm các đường gióng (đường phụ), đường kích thước và chữ số kích thước. Đường kích thước và đường dóng là đường liền mảnh, phải có khoảng cách với cạnh vật thể ít nhất 10 mm và cách nhau ít nhất 7 mm. Các kích thước dài được vẽ song song với các cạnh của vật thể sao cho không được cắt nhau. Trong ngành cơ khí, mũi tên kích thước được dùng để định giới hạn các kích thước **(Hình 1)**.

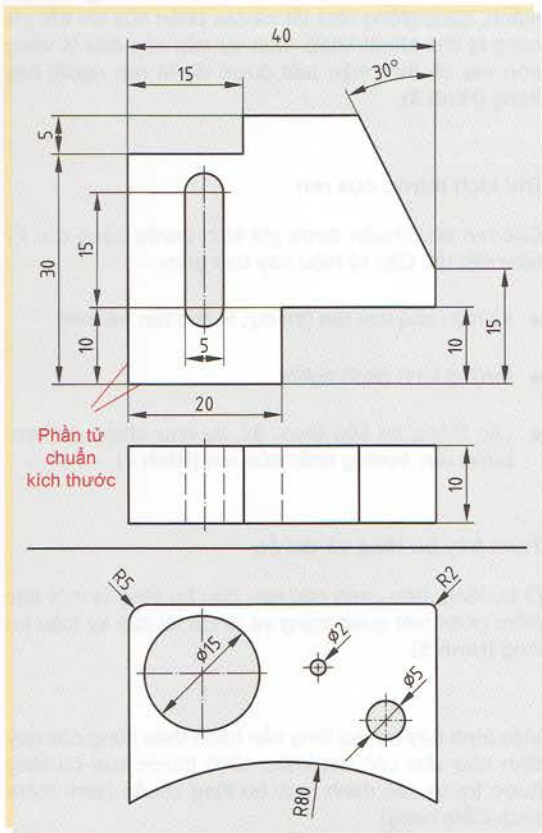
Sự sắp đặt các kích thước phải tuân thủ theo rất nhiều quy định, chúng đã được tiêu chuẩn hóa theo DIN 406-11. Vì thế ở đây chỉ nêu ra các quy định quan trọng nhất.

Quy định ghi kích thước:

- Các kích thước phải luôn luôn liên quan với **phần tử chuẩn kích thước**, thí dụ như các bề mặt hay các cạnh. Các kích thước đó cũng được dùng làm chuẩn khi gia công và kiểm tra.
- Mỗi kích thước chỉ được ghi một lần, tránh ghi hai lần.
- Khi trình bày một bộ phận với nhiều mặt chiếu thì ghi các kích thước vào nơi mà chi tiết gia công dễ nhận biết nhất.
- Các bộ phận đối xứng được ghi kích thước qua đường tâm (trục đối xứng).
- Trong bản vẽ, kích thước luôn luôn được ghi với độ lớn thật, kể cả khi bộ phận không được vẽ bằng tỷ lệ 1:1.
- Những kích thước phát sinh khi gia công, không được ghi hoặc ghi trong ngoặc đơn là kích thước tham khảo (phụ).
- Nên tránh các chuỗi kích thước, vì chúng có thể dẫn đến lỗi gia công do dung sai.
- Đường gióng kích thước góc phải quy về đỉnh góc, đường kích thước được vẽ trong trường hợp này là cung tròn.
- Khi ghi kích thước của đường kính phải thêm vào ký hiệu Ø, dạng vòng tròn có nhận biết được hay không.
- Việc ghi kích thước bán kính thì tùy thuộc vào chỗ trống. Trong mọi trường hợp phải ghi chữ R trước chữ số kích thước.
- Khi vị trí của tâm bán kính rõ ràng thì có thể bỏ qua việc biểu hiện nó. Nếu không thì tâm bán kính phải được trình bày và ghi kích thước.
- Khi nhiều bán kính bằng nhau, thì không cần phải ghi kích thước. Trong trường hợp này ghi chú "Tất cả bán kính không ghi kích thước = ...mm" là đủ.



Hình 1: Các định giới hạn kích thước



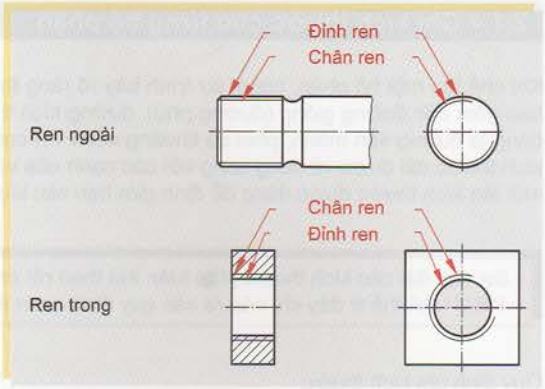
Hình 2: Quy định ghi kích thước

https://tieulun.hopto.org

2.1.5 Trình bày ren

Trong các bản vẽ kỹ thuật, việc trình bày ren chính xác là không thể được. Do đó, việc trình bày ren được đơn giản hóa. Qua đó, cả biên dạng (profin) ren lẫn bước ren đều không được vẽ. Ở ren ngoài, chân ren được vẽ bằng nét liền mảnh và đỉnh ren bằng nét liền đậm. Ở ren trong thì trình bày ngược lại **(Hình 1)**. Đoạn kết thúc ren được trình bày bằng nét liền đậm.

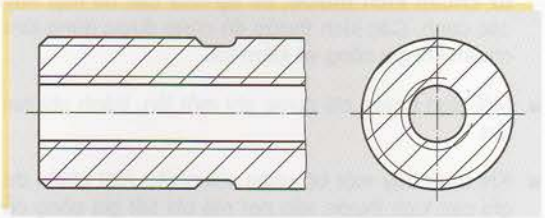
Trong hình chiếu cạnh, chân ren hoặc đỉnh ren được trình bày bằng ba phần tư vòng tròn.



Hình 1: Trình bày ren

Trình bày ren trong hình cắt

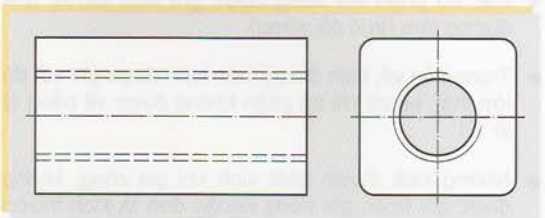
Trong biểu diễn hình cắt của ren, các đường gạch mặt cắt luôn luôn phải được vẽ chạm vào các nét liền đậm. Điều này áp dụng cho cả ren ngoài lẫn ren trong **(Hình 2)**.



Hình 2: Trình bày ren trong hình cắt

Ren khuất

Khi ren trong hoặc ren ngoài bị che khuất bởi các phần khác thì đỉnh ren và chân ren được vẽ bằng nét đứt mảnh, cũng giống như tất cả các phần của chi tiết gia công bị che khuất khác. Qua sự sắp xếp của ¾ vòng tròn mà có thể nhận biết được đó là ren ngoài hay trong **(Hình 3)**.

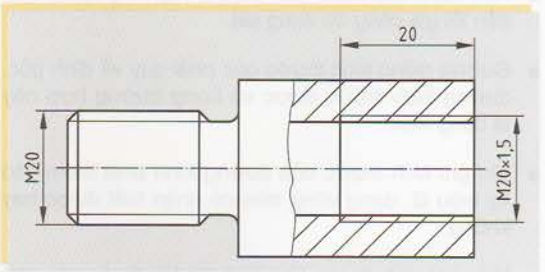


Hình 3: Ren khuất

Ghi kích thước của ren

Các ren tiêu chuẩn được ghi kích thước bằng các ký hiệu viết tắt. Các ký hiệu này bao gồm:

- ký hiệu cho loại ren (thí dụ: M cho ren hệ mét)
- đường kính danh nghĩa
- các thông tin tiếp theo, thí dụ như chiều dài ren, bước ren, hướng xoắn của ren **(Hình 4)**.

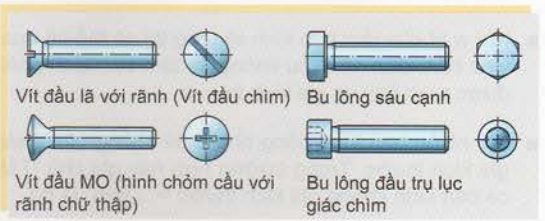


Hình 4: Ghi kích thước ren

Trình bày bu lông và đai ốc

Ở bu lông, bên cạnh các ren, đầu bu lông là một đặc điểm phân biệt quan trọng và là cốt lõi của ký hiệu bu lông **(Hình 5)**.

Việc trình bày ren bu lông tiến hành theo cùng các quy định như cho các ren khác. Kích thước của bu lông được tra từ các danh mục bu lông chuẩn (xem thêm sách Cẩm nang).



Hình 5: Các loại bu lông

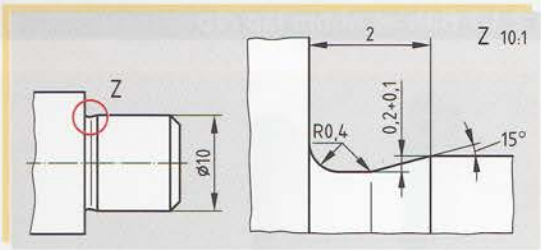
https://tieulun.hopto.org

2.1.6 Các chi tiết được chuẩn hóa

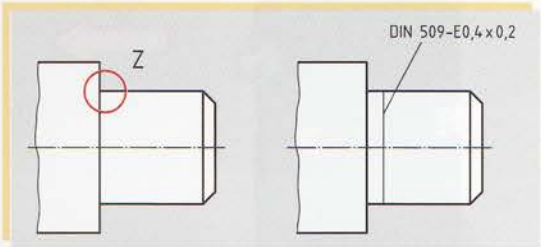
Cũng như việc trình bày bu lông và đai ốc, những chi tiết được chuẩn hóa khác, thí dụ như là lỗ khoét, xén rãnh thoát, khía gai nhám, lỗ tâm cũng phải tuân theo những quy định trình bày nhất định.

Trình bày các rãnh thoát

Các vai gờ của trục và đoạn thoát ren không bao giờ được làm sắc cạnh chính xác vì lý do gia công cũng như vì độ bền.Thông thường, thay cho đoạn chuyển tiếp sắc cạnh là một rãnh thoát tiêu chuẩn **(Hình 1)**. Sự trình bày chính xác rãnh thoát đòi hỏi rất nhiều phí tổn. Cho nên đối với ren, sự trình bày đơn giản theo DIN 509 cũng như DIN 76 thường là đủ **(Hình 2)**.



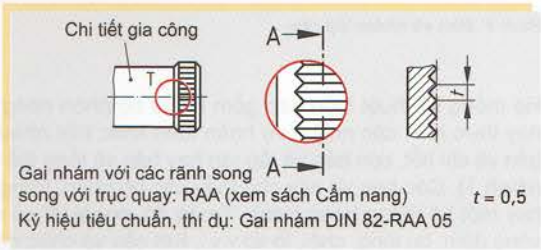
Hình 1: Rãnh thoát ở vai trục



Hình 2: Trình bày giản đơn rãnh thoát

Kích thước cho rãnh thoát tùy thuộc vào tải trọng và đường kính trục. Tùy theo từng trường hợp, các kích thước này được trích từ sách Cẩm nang. Việc gia công rãnh thoát đúng kích thước đã trở nên đơn giản hơn rất nhiều nhờ sự phổ biến của máy tiện CNC.

Trình bày gai nhám

Để thao tác dễ hơn, các bộ phận phải tác động bằng tay, thí dụ như vít điều chỉnh, tay quay, được lăn vân dọc (cán gai nhám). Việc trình bày chính xác gai nhám rất khó nên việc trình bày chúng được đơn giản hóa. Các thông tin về đặc tính chính xác của gai nhám nằm trong ký hiệu **(Hình 3)**.

Hình 3: Gai nhám theo DIN 82

Trình bày lỗ tâm

Lỗ tâm được dùng cho việc kẹp các phần tiện giữa các mũi chống tâm. Chúng được tiêu chuẩn hóa và có thể có nhiều dạng khác nhau. Theo DIN 332, lỗ tâm cũng có thể được biểu diễn giản đơn trong bản vẽ **(Hình 4)**. Kích thước chính xác được trích từ sách Cẩm nang.

Hình 4: Lỗ tâm

Bài tập:

1 Những loại phương tiện truyền thông nào được dùng trong kỹ thuật? Hãy cho thí dụ từng loại mà bạn biết trong xí nghiệp đào tạo của bạn.

2 Bạn biết những loại bản vẽ kỹ thuật nào? Bạn hãy trình bày những khả năng sử dụng hợp lý.

3 Nguyên tắc cơ bản nào được áp dụng cho số lượng các hình chiếu trình bày trong bản vẽ kỹ thuật?

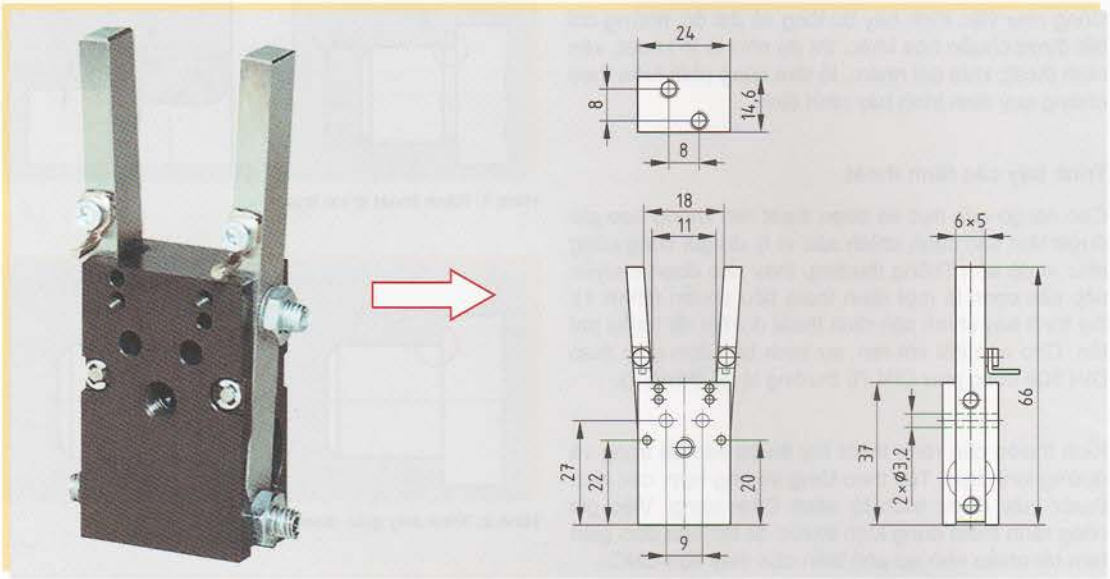
4 Trình bày hình cắt đáp ứng mục đích gì?

5 Bạn hãy nêu ra những quy định ghi kích thước quan trọng nhất phải tuân thủ trong các bản vẽ kỹ thuật cơ khí.

6 Ren trong và ren ngoài được trình bày bằng cách nào?

https://tieulun.hopto.org

2.1.7 Bản vẽ nhóm lắp ráp



Hình 1: Bản vẽ nhóm lắp ráp

Hệ thống kỹ thuật luôn bao gồm nhiều bộ phận riêng lẻ hay nhiều nhóm lắp ráp (hệ thống con), các bộ phận này thực hiện các nhiệm vụ hoàn toàn khác biệt nhau. Cơ sở quan trọng đối với việc gia công các bộ phận là bản vẽ chi tiết, còn bản vẽ lắp ráp hay bản vẽ tổng thể dùng cho việc lắp ráp các cụm máy hay toàn bộ hệ thống **(Hình 1)**. Các bản vẽ này cho thấy các bộ phận, trong không gian ba chiều, được lắp với nhau thành một cụm hay một hệ thống hoàn chỉnh. Trong đó, ngoài tất cả các bộ phận riêng lẻ còn có các bộ phận tiêu chuẩn như vòng đệm, bu lông, chốt, lò xo v.v... Kết cấu và chức năng của các nhóm lắp ráp được trình bày phải được nhận rõ được từ bản vẽ lắp ráp.

Các quy định trình bày cho bản vẽ nhóm lắp ráp và bản vẽ tổng thể cũng giống như các quy định cho các bộ phận riêng lẻ. Những chi tiết rời phức tạp (thí dụ: bánh răng) có thể trình bày giản đơn theo quy ước (xem sách Cẩm nang). Khi ghi kích thước nên giới hạn vào nhóm lắp ráp và hệ thống tổng thể, thì chỉ ghi các kích thước lắp ráp quan trọng và các kích thước cần thiết cho chức năng.

Thành phần quan trọng của bản vẽ lắp ráp là bảng kê các chi tiết **(Hình 2)**. Bên cạnh các thông tin về tên gọi bộ phận riêng lẻ, số vị trí, vật liệu, bảng kê còn bao gồm cả số lượng của mỗi bộ phận được dùng. Vị trí các chi tiết trong bảng kê được ký hiệu trong bản vẽ lắp ráp hay bản vẽ tổng thể bằng số vị trí. Bảng kê các chi tiết trong những bản vẽ nhỏ có thể là một thành phần của khung tên; ở những bản vẽ có rất nhiều chi tiết, bảng kê là một tờ riêng.

Hình thức của bảng kê được tiêu chuẩn hóa theo DIN ISO.

Vị trí	Số lượng	Tên gọi	Ký hiệu
1	1	Vỏ máy	AZY 12070
2	2	Tay cầm	BARM 180
3	2	Cam chuyển mạch	ANOCK 123
4	4	Màng	BGUM 189
5	2	Chốt đặc biệt	SOST 180
6	2	Bu lông đầu lục giác ISO 4017-M8x16	ISO 0816
7	4	Vòng đệm DIN 125 A 8.4	SCH 180
8	4	Vòng đệm chặn	SI 180
9	1	Lò xo nén	FD 180 li
10	1	Lò xo nén	FD 180 re
11	3	Chốt ren M4	GS 180-4

Hình 2: Bảng kê các chi tiết

https://tieulun.hopto.org

2.2 Bảng và biểu đồ

Bên cạnh bản vẽ kỹ thuật, các bảng (sắp xếp) và các dạng biểu đồ khác nhau chủ yếu được dùng để làm rõ các mối tương quan kỹ thuật.

2.2.1 Bảng

Trong các bảng (tra cứu), các trị số được trình bày rõ ràng **(Hình 1)**, các tiêu chí (ký hiệu, tên gọi...) ghi ở dòng đầu và cột đầu. Bằng cách gióng theo phương pháp ngang và dọc, ta sẽ xác định được trị số muốn tìm trong với cột và dòng thích ứng.

Mã đặt hàng	Tên gọi	Quảng chạy [mm]	Lực khóa [N]	Lực mở [N]	F_A [N]	M_X [Nm]	M_Y [Nm]
GP30	Tay kẹp song song	5	85,52	77,02	80	2	2
GP45	Tay kẹp song song	5	106,24	143,46	160	4	4
GH6040	Tay kẹp khoảng chạy lớn	40	114,60	142,22	500	35	35
GH6060	Tay kẹp khoảng chạy lớn	60	114,60	142,22	500	35	35
GH6080	Tay kẹp khoảng chạy lớn	80	114,60	142,22	500	35	35

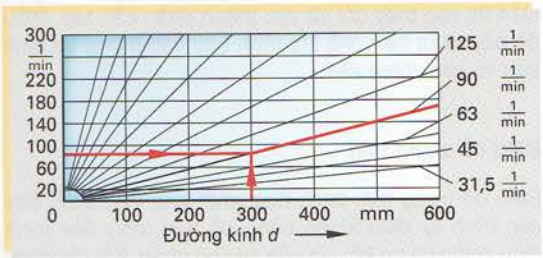
Hình 1: Thí dụ cho bảng (sắp xếp)

2.2.2 Biểu đồ

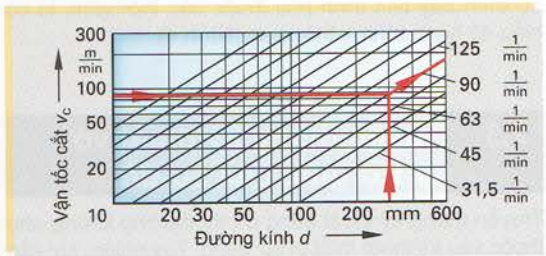
Biểu đồ là sự trình bày bằng đồ họa trong một hệ trục tọa độ. Qua biểu đồ, những liên hệ về trị số giữa các đại lượng biến đổi được trình bày bằng hình ảnh.

Hệ tọa độ vuông góc

Hai trục thẳng góc với nhau tạo thành cơ sở của hệ trục tọa độ. Điểm gốc (điểm 0) của hệ trục tọa độ là giao điểm của **trục hoành** nằm ngang với **trục tung** thẳng đứng. Trị số dương được tính từ điểm này về phía bên phải, hướng lên trên; trị số âm tính từ điểm gốc qua trái hoặc xuống dưới. Để điền các trị số, các trục phải có thông số tỉ lệ. Phần lớn đường biểu diễn là **tuyến tính (Hình 2)**, trong trường hợp hiếm có thể là dạng lôgarít **(Hình 3)**. Các đường trình bày đặc tính (đồ họa) cho biết mối liên hệ hàm số của các đại lượng biến đổi.



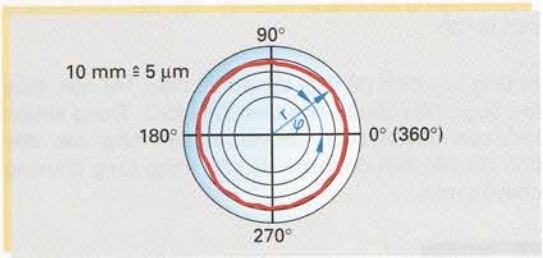
Hình 2: Đồ thị với trục tuyến tính



Hình 3: Đồ thị với trục lôgarít

Hệ tọa độ cực

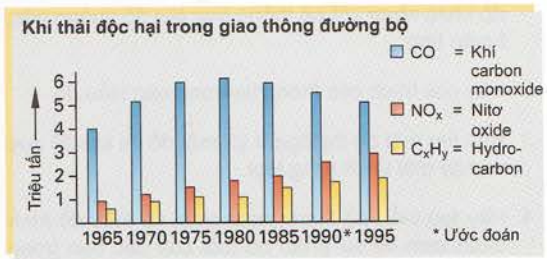
Trong hệ tọa độ cực, mô mặt tròn được chia 360°. Tại đây, góc 0° được quy định cho trục tia từ tâm theo phương ngang về phía bên phải. Góc dương được tính từ đó ra ngược chiều kim đồng hồ, góc âm cùng chiều kim đồng hồ **(Hình 4)**.



Hình 4: Đồ thị với hệ tọa độ cực

Biểu đồ trụ

Biểu đồ trụ thích hợp cho sự trình bày rõ ràng những sự thay đổi đơn giản hay các thành phần kết nối theo phần tỷ lệ. Thông thường, trong biểu đồ thanh và cột **(Hình 5)**, các số chỉ số lượng được ghi trên trục đứng, trục ngang gồm những thông tin đối ứng với nhau (thí dụ khí carbon, ni tơ, hydro carbon cho mỗi năm).



Hình 5: Biểu đồ trụ

https://tieulun.hopto.org

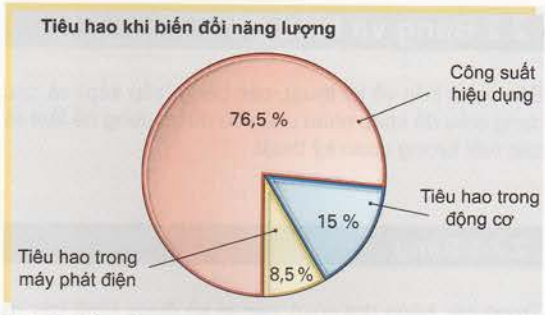
Trong **biểu đồ vòng tròn**, sự phân chia theo tỷ lệ được trình bày bằng độ lớn của diện tích thành phần **(Hình 1)**. Toàn bộ diện tích vòng tròn tương ứng với 100%. Khi diện tích vòng tròn được trình bày kiểu phối cảnh và có thêm chiều cao thì ta gọi đó là biểu đồ hình bánh kem.

Trong **biểu đồ Sankey**, các thành phần tỷ lệ được tính theo chiều rộng ban đầu của biểu đồ **(Hình 2)**.

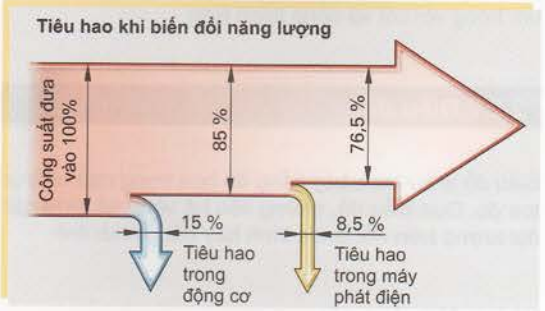
Biểu đồ Sankey và biểu đồ vòng tròn chủ yếu dùng để hiển thị các thay đổi và các thành phần cấu tạo. Biểu đồ này tỏ ra hạn chế khi trình bày các thông tin định tính và cần chính xác.

Biểu đồ trạng thái

Biểu đồ trạng thái thích hợp nhất cho việc trình bày các trình tự điều khiển bằng đồ họa, như tiến trình điều khiển và sự kết nối của các bộ phận. Khi chỉ riêng tiến trình phụ thuộc theo từng bước tương ứng được trình bày, ta có biểu đồ hành trình - bước (**Hình 3**); khi sự trình bày tiến trình phụ thuộc vào thời gian, ta có biểu đồ hành trình – thời gian **(Hình 4)**.



Hình 1: Biểu đồ vòng tròn

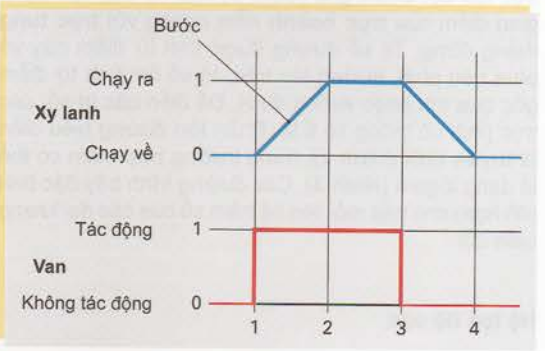


Hình 2: Biểu đồ Sankey

2.3 Truyền thông kỹ thuật với sự trợ giúp của sơ đồ

Truyền thông kỹ thuật bằng đồ thị thường không phụ thuộc vào kỹ thuật thiết bị sử dụng. Tuy nhiên, khi cần chuyển tiếp các thông tin kỹ thuật thiết bị và kỹ thuật mạch đặc biệt (kỹ thuật điện, khí nén, thủy lực v.v...), thì các thông tin này phải được xác định dưới dạng một sơ đồ.

Những quy định để thiết lập sơ đồ điện, khí nén, thủy lực được tiêu chuẩn hóa theo DIN ISO. Trong khuôn khổ của quyển sách chuyên ngành này, các đặc tính chuyên biệt đó được đề cập trong từng chương chuyên môn.



Hình 3: Biểu đồ hành trình - bước

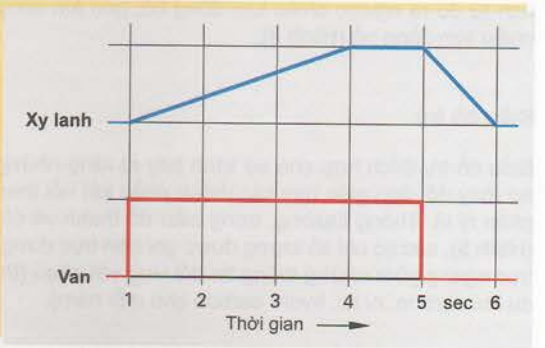
Bài tập:

1 Hãy tìm trong sách Cẩm nang tối thiểu năm biểu đồ khác nhau với hệ thống trục tọa độ vuông góc, tuyến tính.

2 Hãy giải thích các thông tin trong các biểu đồ.

3 Hãy tìm một đồ thị lôgarít và một đồ thị tọa độ cực và hãy giải thích từng loại.

4 Hãy tạo biểu đồ thanh ngang/cột và biểu đồ hình bánh kem về sự phân bố tuổi của các bạn trong lớp bằng phần mềm Office.



Hình 4: Biểu đồ hành trình - thời gian

https://tieulun.hopto.org

2.4 Ngôn ngữ làm phương tiện truyền thông

Bên cạnh tất cả các phương tiện trợ giúp cho việc truyền thông kỹ thuật được dễ dàng, ngôn ngữ, bao gồm lời nói và chữ viết, cũng là một phương tiện truyền thông không thể thiếu. Các công nhân lành nghề ngày càng phải có khả năng dùng phương tiện truyền thông này một cách chuyên nghiệp. Quá trình trao đổi với đồng nghiệp, người đặt hàng và khách hàng hoặc các biên bản, bài thuyết trình và các công việc của dự án đều phải diễn đạt chính xác và có hệ thống.

2.4.1 Cách tạo các biên bản

Nhiệm vụ của biên bản là ghi lại nội dung và diễn biến của các sự kiện nhất định như họp nhóm tổ, bàn bạc, giờ học, hội nghị, khóa họp và nhiều thứ khác, để sau đó có thể hình dung và xem lại kết quả. Ngoài ra dựa trên biên bản, những người không thể tham dự cũng được thông tin về những kết quả của sự kiện. Biên bản dù ghi vắn tắt hay đầy đủ đều phải đảm bảo tính khách quan, ngôn ngữ phù hợp, những đoạn quan trọng phải trích dẫn nguyên văn.

Các dạng biên bản

Cơ bản có hai loại biên bản:

- **Biên bản tường thuật diễn tiến**
- **Biên bản kết quả**

Trong biên bản tường thuật diễn tiến, tất cả các chi tiết quan trọng và toàn thể diễn biến của sự kiện được ghi lại, trong đó phải ghi chú cả các phát biểu quan trọng nhất.

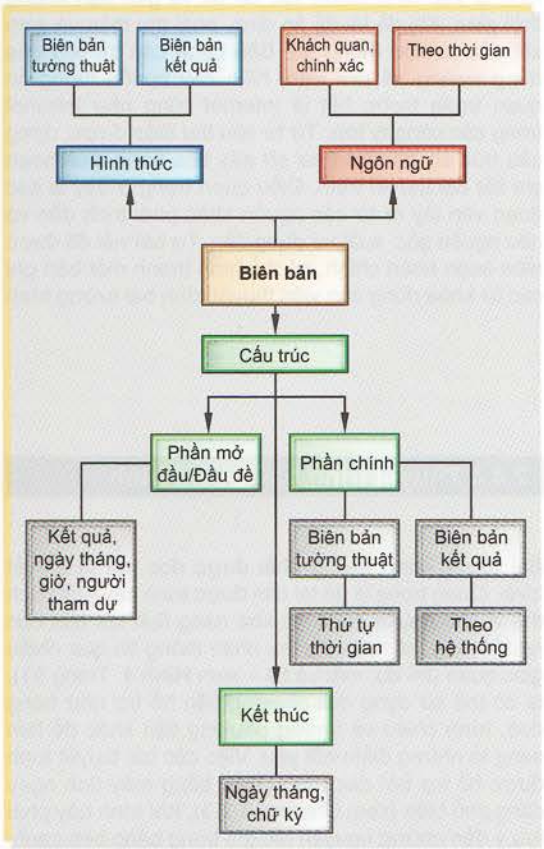
Trong biên bản kết quả chỉ ghi lại những kết quả, thí dụ như: kiến nghị, quyết định, thỏa thuận, giao ước. Thông thường thì biên bản kết quả ngắn hơn nhiều so với biên bản tường thuật, nhưng không nói rõ được cách đi đến quyết định.

Cấu trúc của một biên bản

Biên bản gồm có phần đầu (phần mở đầu), phần chính và cuối biên bản là ngày tháng, địa điểm và chữ ký của người viết biên bản. Trong phần đầu thường ghi đề tài của sự kiện, địa điểm, ngày tháng và giờ cũng như tên các người tham dự. Trường hợp có nhiều người tham dự, thì đính kèm danh sách người tham dự.

Phần chính tóm tắt những bài nói quan trọng hoặc các kết quả theo thứ tự thời gian. Thư mời họp với chương mục nghị sự đã ấn định thường được gởi đi trước buổi họp.

Cuối biên bản là ngày tháng lập biên bản và chữ ký của người ghi biên bản.



Hình 1: Biên bản

https://tieulun.hopto.org

Sự thiết lập một biên bản

Biên bản được lập trên cơ sở các ghi chép bởi người ghi biên bản trong suốt buổi họp. Người đó phải có khả năng phân biệt được điều quan trọng và không quan trọng ngay trong buổi họp, ghi chú nhanh và rõ ràng những điểm quan trọng. Ở đây hoàn toàn hợp lý khi sử dụng các chữ viết tắt và các ký hiệu (thí dụ ký hiệu =, →). Trong trường hợp cần thiết, người viết biên bản có thể đề nghị người phát biểu nhắc lại hay diễn đạt rõ ràng hơn. Ngày nay, biên bản thường được soạn trên máy tính. Cách công bố cũng như phân phối biên bản thường đã được quyết định trước. Biên bản thường phải được chủ tịch cuộc họp hay toàn nhóm tham dự phê duyệt.

2.4.2 Tường trình và thuyết trình

Bài tường trình là một bài thuyết trình cụ thể về một đề tài nhất định,nhằm mục đích chuyển giao các kiến thức thu được. Thí dụ, một thành viên của nhóm dự án sưu tập những thông tin về các đặc tính của một loại điều khiển và tường trình những nhận định thu thập được cho các thành viên khác trong nhóm. Điều kiện đầu tiên cho sự thành công của một bài tường trình là sự tranh luận về đề tài. Cơ sở của bài thuyết trình thường là việc biên soạn kỹ lưỡng.

2.4.3 Tạo bài tường trình

Bước đầu tiên khi chuẩn bị một bài tường trình luôn luôn là xác định chính xác đề tài và giới hạn khung thời gian. Khi đề tài đã ấn định, phải thu thập và xem xét các tư liệu thông tin. Bên cạnh các tài liệu của hãng xưởng và thư viện, hiện nay nguồn thông tin quan trọng trước hết là Internet cũng như intranet trong các công ty lớn. Từ tư liệu thu thập được, dựng cấu trúc sơ bộ. Trên cơ sở này tiến hành biên soạn chi tiết bài thuyết trình. Điều quan trọng ở đây là các đoạn văn lấy ra từ các nguồn khác phải trích dẫn và nêu nguồn gốc, xuất xứ đúng đắn. Từ bài viết đã được biên soạn hoàn chỉnh, có thể hình thành một bản ghi các từ khóa dùng cho việc thuyết trình bài tường trình

Hình 1: Tổng quan về tường trình

2.4.4 Thuyết trình bài tường trình

Bài tường trình không phải được đọc mà là thuyết trình. Quan trọng là đề tài cần được trình bày một cách thú vị cho người nghe. Vì khả năng lĩnh hội của con người tăng thêm khi họ thu nhận thông tin qua nhiều giác quan (thí dụ: mắt và tai – xem **Hình 1**, Trang 51), ta có thể sử dụng các phương tiện hỗ trợ như bảng đen, trình chiếu và những phương tiện khác để làm sáng tỏ những điểm cốt yếu. Việc các bài thuyết trình được hỗ trợ bởi các trình chiếu bằng máy tính ngày càng phổ biến (xem Chương 1.2.3). Khi trình bày phải lưu ý đến những nguyên tắc ghi trong bảng bên cạnh.

Các nguyên tắc khi thuyết trình

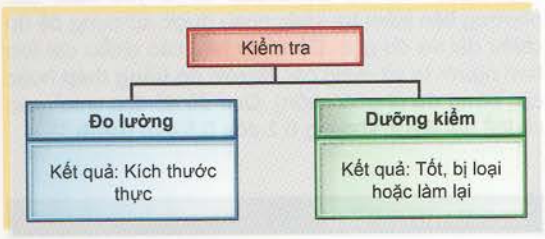
- Cố gắng nói một cách tự nhiên
- Nói chậm, to và rõ
- Cài các đoạn dừng
- Thay đổi giọng
- Để ý đến tư thế
- Giữ tiếp xúc bằng mắt với người nghe
- Không "nói với tấm bảng"

https://tieulun.hopto.org

3 Kỹ thuật kiểm tra

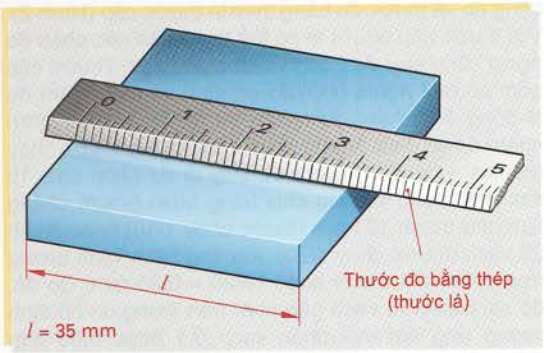
Khi sản xuất và lắp ráp các chi tiết gia công, việc kiểm tra lại nhiều lần các đặc tính theo yêu cầu là cần thiết. Việc này bao gồm xem xét các **kích thước**, **chất lượng bề mặt** và giữ nguyên **hình dạng** mong muốn được chỉ dẫn trong bản vẽ kỹ thuật. Với mục đích này, các giá trị thực (trị số thực tế) được so sánh với giá trị mong muốn (trị số cài đặt) bằng các phương tiện thích hợp.

Kiểm tra nghĩa là **so sánh** một trạng thái thực tế với một trạng thái mong muốn (**Hình 1**).



Hình 1: Phân loại kiểm tra

Khi kiểm tra, các kích thước kiểm tra được so sánh với đơn vị của chúng, quá trình này được gọi là sự **đo lường**. Công việc này được thực hiện với những **thiết bị đo** thích hợp. Kết quả của quá trình đo là **kích thước thực (Hình 2** và **Hình 3).**



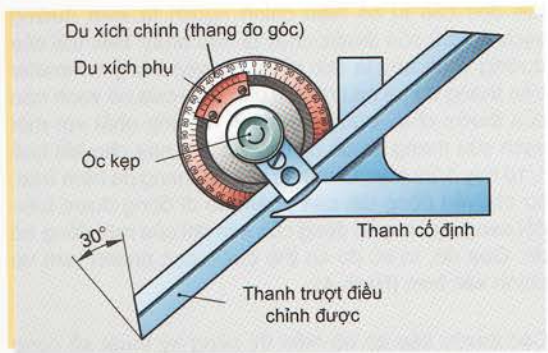
Hình 2: Đo lường

Trái lại đối với **dưỡng kiểm** (calip, rập, căn mẫu, cử chuẩn) các kích thước cần kiểm tra được so sánh với một dưỡng kiểm, các căn mẫu này biểu thị (tượng trưng) cho kích thước hoặc hình dáng mong muốn, được gọi là **trạng thái định trước** (**Hình 4**). Kết quả của quá trình này là nhận xét: "tốt", "làm lại" hoặc "bị loại".

3.1 Kiểm tra độ dài và kiểm tra góc

Để có được trị số có thể so sánh người ta cần phải xác định các đại lượng cơ bản thống nhất. Trong hệ thống đơn vị quốc tế SI có tổng cộng 7 đại lượng cơ bản và đơn vị cơ bản độc lập với nhau được quy định.

Đơn vị cơ bản của chiều dài là mét (m). Mét là khoảng cách của ánh sáng truyền trong chân không trong khoảng thời gian của 1/299.792.458 giây.



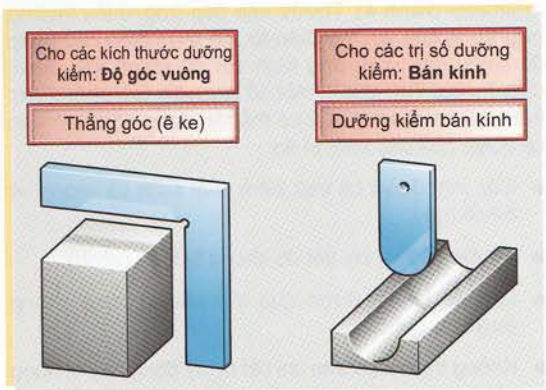
Hình 3: Đo góc

Do nhu cầu có được trị số không quá lớn hoặc không quá nhỏ trong các ứng dụng nhất định, các trị số này được giảm đi hoặc tăng lên bằng cách thêm các chữ đứng trước (tiếp đầu ngữ) thích hợp. Trong cơ học các đơn vị này là **c**m và **m**m. Tuy nhiên ở các giá trị nhỏ hơn như thông số độ nhám (độ nhấp nhô) thì đơn vị là µm.

Đơn vị cho góc là độ (°). Một độ là 1 phần 360 của nguyên một vòng tròn.

Sự phân chia độ thành các phần thập phân hoặc phút (´) và giây (´´).

1° = 60´ 1´ = 60 ´´ 30 ´= 0,5 °

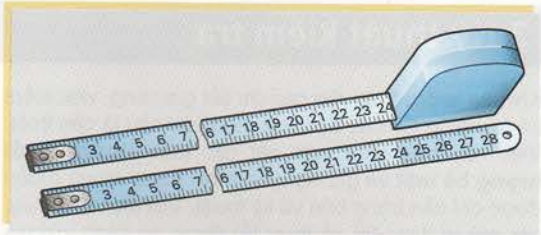


Hình 4: Dưỡng kiểm (rập, cử chuẩn)

https://tieulun.hopto.org

3.2 Phương tiện kiểm tra cơ học

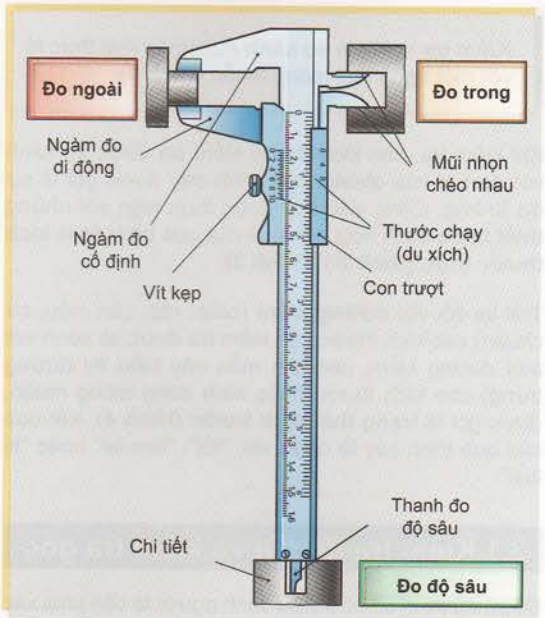
Tùy thuộc vào độ chính xác được yêu cầu, các phương tiện kiểm tra khác nhau được sử dụng để đo chiều dài và đo góc. Để nhận biết các chiều dài lớn hơn người ta sử dụng các **thước đo bằng thép** hoặc các **băng đo** (thước cuốn). Qua đó độ đọc chính xác có thể đạt được khoảng 0,2 đến 0,5 mm (**Hình 1**).



Hình 1: Thước băng bằng thép cuốn được (thước dây kéo, thước rút)

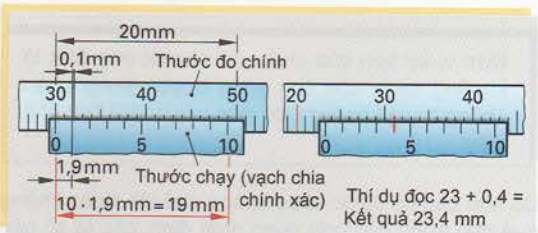
3.2.1 Thước cặp

Được sử dụng đa diện hơn và cũng chính xác hơn băng đo và thước đo bằng thép là thước cặp (**Hình 2**). Với thước cặp người ta có thể thực hiện các phép đo ngoài cũng như đo trong và cả chiều sâu. Thước cặp gồm có một ngàm (mỏ) đo cố định và một ngàm đo di động. Một thang đo millimeter (mm) được ghi trên ngàm đo cố định. Ngàm đo di động mang thước chạy (nonius – du xích – vecniê). Đây là sự phân chia 19 mm thành các khoảng chia bằng nhau (vạch) chẳng hạn như thành 10 vạch (thước chạy 1/10) hoặc thành 20 vạch (thước chạy 1/20). Khoảng cách vạch tương ứng 19/10 = 1,9 mm hoặc 19/20 = 0,95 mm. Do đó, độ sai biệt giữa vạch gần nhất trên thang đo cố định tương ứng với mỗi phân vạch 0,1 hoặc 0,05 mm (**Hình 3**).



Hình 2: Thước cặp vạn năng

Khi đọc các trị số hiệu chỉnh người ta xem đường vạch ở số 0 của thước chạy là dấu phẩy. Bên trái của đường vạch này ta đọc trị số nguyên bằng millimeter trên thang đo và sau đó tìm bên phải của nó vạch nào của thước chạy trùng một cách rõ ràng nhất với một vạch của thang đo cố định. Việc đọc này cho kết quả 1/10 hay 1/20 mm. Ở thước cặp có thang đo hình tròn, sự chuyển động dài của ngàm đo di động được biến đổi sang sự chuyển động của kim chỉ của một đồng hồ đo. Qua đó, trị số đo có thể được đọc nhanh hơn và chính xác hơn (**Hình 4**).



Hình 3: Thước chạy: Cấu tạo và cách đọc

Các thước cặp có bộ hiển thị bằng kỹ thuật số cung cấp khả năng đọc đáng tin cậy nhất. Chúng hiển thị bằng số millimeter, phần mười millimeter và phần trăm millimeter (**Hình 4**). Thước cặp đáp ứng nhiều trường hợp trong lĩnh vực cơ điện tử, để thực hiện các phép đo chiều dài và đường kính với độ chính xác được định trước. Tuy nhiên, một số **nguyên tắc** phải được tuân thủ khi thao tác để có thể tận dụng độ chính xác có được của các thiết bị đo:

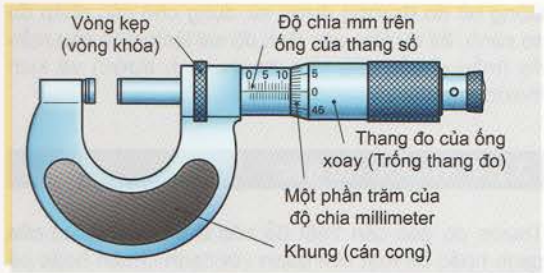
- Các mặt đo và bề mặt kiểm phải sạch và không có bavia (gờ).
- Thước cặp và chi tiết đo không bị lệch (vênh).
- Lực đo không được quá lớn nhưng cũng không được quá nhỏ.
- Không thực hiện trên chi tiết bị lay động hay bị nung nóng.

Hình 4: Thước cặp đồng hồ với thang đo hình tròn và hiển thị kỹ thuật số

https://tieulun.hopto.org

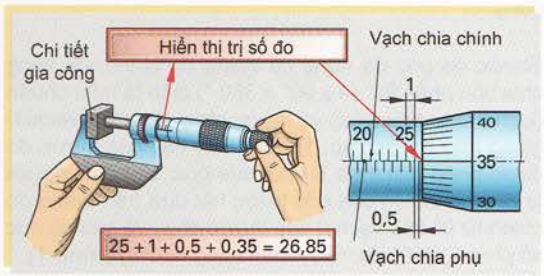
3.2.2 Thước panme (vít đo - vi kế)

Thước panme được sử dụng tại nơi mà độ chính xác của thước cặp không đáp ứng được. Độ chính xác đọc được của thước đo panme là 0,01 mm. Trên thị trường chúng được cung cấp theo nhiều loại kết cấu khác nhau để đo trong hay đo ngoài. Nếu so sánh với các phương tiện đo bằng cơ, thì phạm vi đo của thước panme nhỏ, cho nên tùy theo nhu cầu, có thể sử dụng những kích cỡ có sẵn trên thị trường. Thông thường thước panme sẵn có được phân loại theo từng bậc là 25 mm.



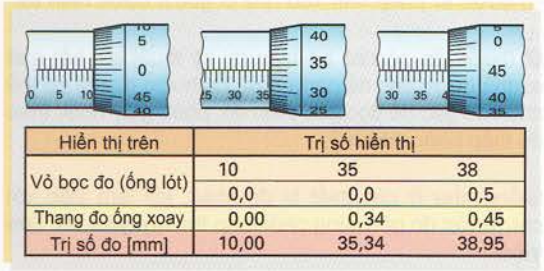
Hình 1: Cấu tạo của một thước panme đo ngoài

Nguyên tắc đo của thước panme là chuyển động tịnh tiến (thẳng) đòi hỏi của đầu đo (mặt đo) có thể đạt được qua chuyển động quay của trục đo. Độ tăng của trục quay thường là 0,5 mm. Có nghĩa là với một vòng quay của trục, thì trống (ống xoay) di chuyển một quãng chạy 0,5 mm. Nếu trên vỏ bọc (ống lót) thực hiện chuyển động quay có một thang đo có 50 phần (vạch) bằng nhau, thì mỗi phần tương ứng với một vạch = 0,5 mm : 50 = 0,01 mm (**Hình 1**).



Hình 2: Đọc trên thước panme đo ngoài

Số nguyên millimeter hay một nửa số nguyên 0,5 mm cũng đọc được trên thang đo của thước panme. Số phần trăm millimeter được đọc trên trống (ống xoay) của thang đo sẽ được cộng với trị số trên (**Hình 2** và **3**). Để cân bằng với những lực đo khác nhau, khi thao tác người ta sử dụng bộ **ly hợp trượt**. Cũng như ở thước cặp, thước panme cũng được trang bị bộ hiển thị bằng kỹ thuật số (digital).



Hiển thị trên	Trị số hiển thị		
Vỏ bọc đo (ống lót)	10	35	38
	0,0	0,0	0,5
Thang đo ống xoay	0,00	0,34	0,45
Trị số đo [mm]	10,00	35,34	38,95

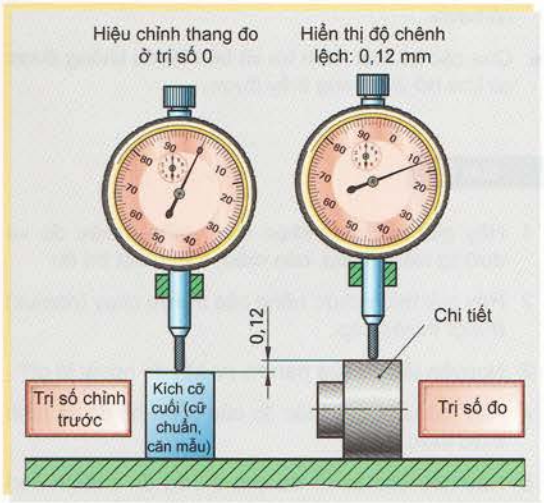
Hình 3: Thí dụ về đọc trị số đo

Những nguyên tắc khi đo với thước panme:

- Các mặt đo và bề mặt kiểm tra phải sạch và không có bavia
- Tránh làm lệch (vênh) chi tiết hay thước đo panme
- Đặt đúng nhiệt độ tham chiếu ghi sẵn
- Các thước panme chỉ nên tác động qua bộ ly hợp chống trượt.

3.2.3 Đồng hồ đo

Ở đồng hồ đo (**Hình 4**), chuyển động thẳng (tuyến tính) của trục đo biến thành chuyển động vòng tròn của kim đo qua bộ truyền động (thường là bánh răng hay thanh răng). Một quãng chạy một millimeter (mm) ứng với một vòng quay trọn vẹn. Nếu trên thang đo của đồng hồ được chia thành 100 phần bằng nhau, thì độ chính xác đọc được là 1mm : 100 = 0,01 mm.



Hình 4: Các cách đo so sánh (sự khác nhau) với đồng hồ đo

https://tieulun.hopto.org

Đồng hồ đo thường được sử dụng cho các phép đo so sánh, thí dụ như xác định độ sai lệch giữa căn mẫu đo (mẫu chuẩn của kích thước định trước) và kích thước thực tế.

3.2.4 Thước đo góc

Thước đo góc cần thiết để xác định vị trí (góc) của cạnh hoặc bề mặt liên quan với cạnh chuẩn hoặc bề mặt chuẩn. Ngoài ra thước đo góc đơn giản với độ chính xác tương đối thấp hoặc thước đo góc đa năng với độ chính xác hiển thị đến 5' (phút) cũng được sử dụng.

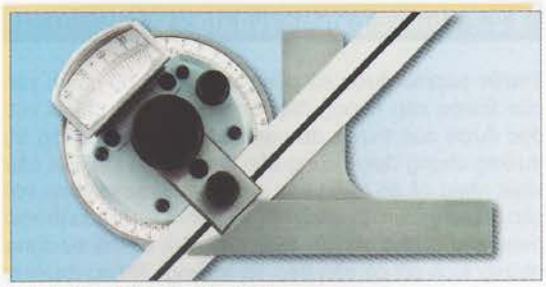
Thước đo góc đa năng có thang đo chính với vòng chia bốn phần 90° (4 x 90° = 360 °) diễn tả mẫu chuẩn (kích thước tiêu biểu) và thước chạy (du xích, vecniê) giống như thước cặp. Thước chạy này của thước đo được phân giải theo 5 phút của góc. Khi đọc, người ta đếm số độ (°) của góc trước hết dựa trên thang đo chính từ 0° đến vạch 0 của thước chạy và sau đó đọc số phút (') ở thước chạy theo cùng hướng (**Hình 1**).

Chú ý: Góc đo được không phải lúc nào cũng tương ứng trực tiếp với hiển thị. Ở **Hình 2** góc tù α là kết quả có được từ phép tính 180° trừ đi góc β được hiển thị.

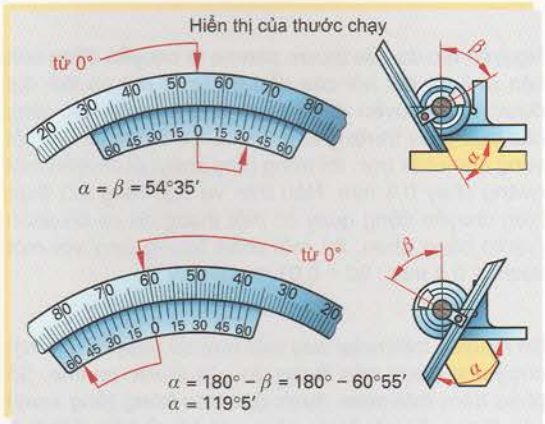
Ở thước đo góc có bộ hiển thị kỹ thuật số, kết quả có thể được đọc dễ dàng hơn. Ở thước này ta có thể chọn đo góc để đọc góc theo độ, phút, giây hoặc theo độ thập phân (**Hình 3**).

Giống như ở các thiết bị đo khác, khi làm việc với các thước đo góc cũng phải tuân thủ **nguyên tắc làm việc**:

- Phải thẳng góc với bề mặt kiểm tra
- Bề mặt đo và bề mặt kiểm tra phải sạch và không có bavia
- Qua các bề mặt kiểm tra và bề mặt đo không được có khe hở ánh sáng thấy được.



Hình 1: Thước đo góc đa năng



Hình 2: Hiển thị góc

Hình 3: Thước đo góc vạn năng có hiển thị số

Bài tập:

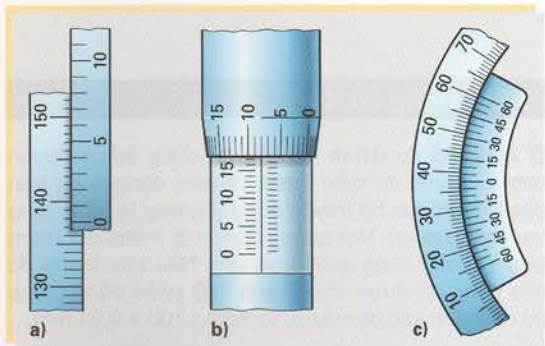
1 Hãy giải thích sự khác nhau giữa thước đo và dưỡng kiểm (calip, căn mẫu) bằng một thí dụ.

2 Hãy giải thích chức năng của thước chạy (nonius) ở một thước cặp.

3 Nguyên tắc đo của panme (vi kế) đo ngoài là gì?

4 Hãy mô tả nguyên tắc đo của đồng hồ đo và hình thức thực hiện.

5 Hãy nêu các trị số đo cho thí dụ đo ở hình bên cạnh.



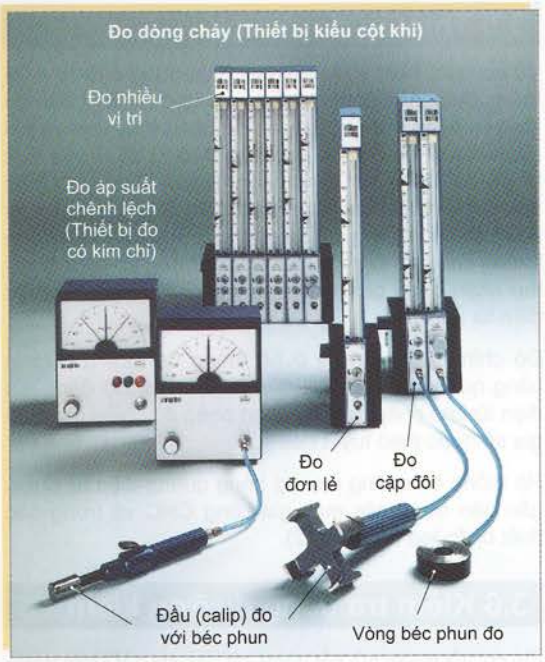
https://tieulun.hopto.org

3.3 Thiết bị đo bằng khí nén

Khi đo bằng khí nén, sự thay đổi áp suất hay sự thay đổi dòng chảy được sử dụng để xác định sự thay đổi chiều dài. Các phương pháp này được gọi là phương pháp đo áp suất hay phương pháp đo thể tích (**Hình 1**).

Khi khoảng cách của một chi tiết gia công đối với một bộ béc phun đo bị thay đổi do kích thước của nó thay đổi, thì **áp suất** của dòng khí thoát ra cũng thay đổi. Sự thay đổi áp suất này được truyền qua một áp kế có thang đo theo chiều dài (**Hình 2**). Ở **phương pháp đo thể tích**, những thay đổi của lưu lượng do sự thay đổi của khoảng cách gây ra được xác định và được biến đổi thành thang đo theo chiều dài.

Trị số thang đo của các thiết bị đo bằng khí nén thường là 0,001 mm, độ chính xác đo khoảng 0,01 mm. Vì phải cần một bộ thu nhận trị số đo đặc biệt (thí dụ cảm biến) cho mỗi kích thước đo, nên phương pháp này không thích hợp cho các kiểm tra đơn lẻ. Nó được sử dụng nhiều hơn trong kiểm tra hàng loạt. Các ưu điểm nằm ở độ chính xác cao, vị trí đo được làm sạch vì không khí còn tồn do áp suất thoát ra, và không gây hư hại cho chi tiết gia công do đo không tiếp xúc.



Hình 1: Thiết bị đo bằng khí nén

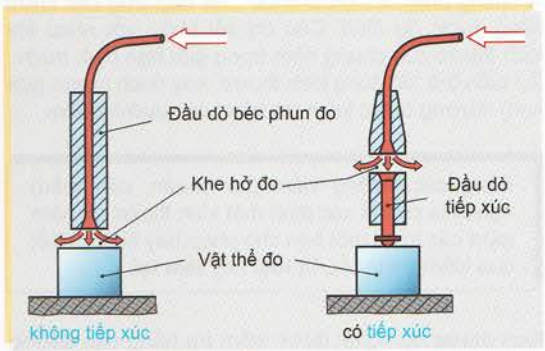
3.4 Thiết bị đo bằng điện

Thiết bị đo bằng điện bao gồm bộ thu nhận trị số đo (đầu dò), bộ biến đổi trị số đo và thiết bị hiển thị.

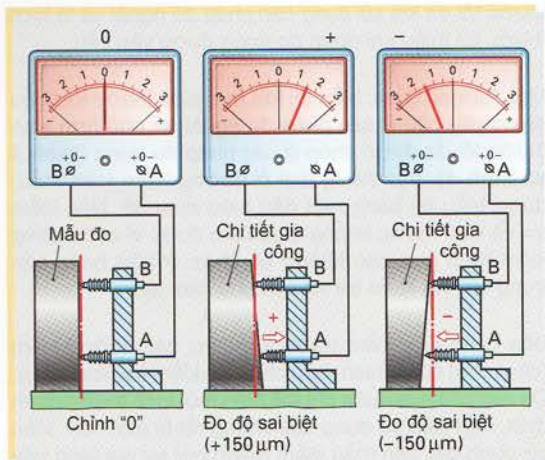
Nguyên tắc đo của thiết bị đo bằng điện là các đại lượng đo cơ học được dò tìm (quét) và được biến đổi thành các tín hiệu điện. Điều này thường được thực hiện bằng việc tận dụng sự thay đổi điện cảm. Qua đó, đầu dò (cảm biến) được nối với một lõi sắt di chuyển giữa hai cuộn dây. Sự chuyển động của đầu dò dẫn đến sự thay đổi điện áp của cuộn dây (xem trang 286). Điện áp này được thu nhận như tín hiệu, được khuếch đại và hiển thị trên thiết bị thích hợp. Độ chính xác đo vào khoảng 0,001 mm (**Hình 3**).

Ưu điểm của thiết bị đo bằng điện là:

- Phạm vi đo rất lớn
- Độ chính xác đo cao
- Sử dụng dữ liệu trong các máy tính và hệ điều khiển
- Các trị số đo thường được hiển thị kỹ thuật số



Hình 2: Bộ thu nhận trị số đo



Hình 3: Đo bằng điện

https://tieulun.hopto.org

3.5 Thiết bị đo điện tử

Về cơ bản, thiết bị đo điện tử hoạt động dựa trên hệ thống đo quãng đường bằng quang-điện. Một đầu dò chuyển động trên một thước đo bằng thủy tinh và ghi nhận các phân đoạn của quãng đường đã đi qua (tức là gia số - tăng lên từng phân đoạn). Thước đo thủy tinh được phân chia thành các phân đoạn rất nhỏ, một đoạn cho ánh sáng xuyên qua và xen kẽ với một đoạn không cho ánh sáng xuyên qua. Những tín hiệu được thu nhận bằng quang học được xử lý thành tín hiệu điện tử (**Hình 1**).

Hình 1: Máy đo điện tử

Độ chính xác hiển thị ở hệ thống đo quãng đường bằng quang-điện tử đạt đến 0,001 mm. Bộ đánh giá điện tử cho phép ta tùy ý chọn phép đo chiều dài theo gia số hoặc theo tuyệt đối.

Hệ thống đo quãng đường bằng quang-điện tử được gắn bên trong các máy gia công CNC và trong các thiết bị đo tọa độ (**Hình 2**).

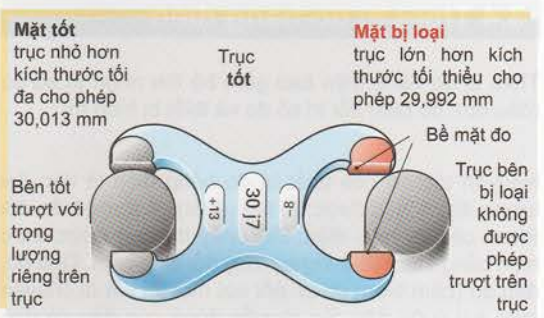
Hình 2: Máy đo tọa độ

3.6 Kiểm tra bằng dưỡng kiểm

Khi chi tiết được nối kết cùng với các chi tiết khác trong cùng một cụm lắp ráp, thì điều quan trọng trước tiên là chúng phải "ăn khớp nhau", để đáp ứng các chức năng được dự định. Các chi tiết khớp với nhau khi kích thước của chúng nằm trong giới hạn định trước. Sự tuân thủ "độ đúng kích thước" này (kích thước giới hạn) thường được kiểm tra bằng các dưỡng kiểm.

> Bằng các dưỡng kiểm (cử chuẩn, căn mẫu) người ta có thể xác định một kích thước có nằm giữa các trị số giới hạn cho phép hay không. Kết quả kiểm tra là **tốt**, **bị loại** hay **làm lại**.

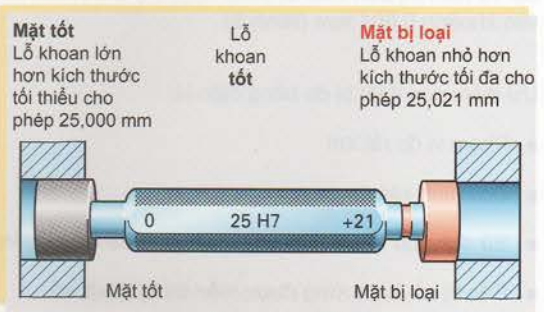
Kích thước đo ngoài được kiểm tra bằng các dưỡng kiểm hàm giới hạn, kích thước đo trong bằng trụ dưỡng kiểm giới hạn. Mặt "tốt" được biểu thị là kích thước tối đa khi sử dụng các phép đo ngoài và là kích thước tối thiểu khi phép đo trong được yêu cầu.



Hình 3: Dưỡng kiểm hàm giới hạn dành cho kích thước có dung sai 30 j7

Mặt "bị loại" được biểu thị lớn hơn kích thước tối thiểu được yêu cầu ở các phép đo ngoài và nhỏ hơn kích thước tối đa được phép ở các phép đo trong (**Hình 3 và hình 4**). Vật thể bị loại ở dưỡng kiểm (căn mẫu) được biểu thị bằng một dấu hiệu màu đỏ. Nếu kiểm tra về kích thước không thực hiện được vì các dưỡng kiểm hàm giới hạn không ăn khớp ở trên hoặc bên trong vật thể kiểm tra thì cần phải làm lại.

Bên cạnh việc kiểm tra kích thước, các dưỡng kiểm (căn mẫu) cũng thích hợp cho việc kiểm tra hình dáng. Do các căn mẫu luôn chỉ thể hiện một kích thước danh định, nên việc sử dụng của chúng rất bị giới hạn. Việc sử dụng các căn mẫu giảm mạnh bởi sự gia tăng của các phương tiện đo đạc tân tiến hơn và đa dạng hơn.

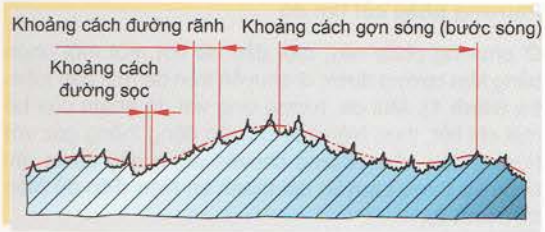


Hình 4: Trụ dưỡng kiểm giới hạn dành cho kích thước có dung sai H7

https://tieuluan.hopto.org

3.7 Kiểm tra bề mặt

Bên cạnh việc giữ đúng kích thước, thì việc tạo ra chất lượng bề mặt theo yêu cầu cũng quan trọng như khi chế tạo các thành phần riêng lẻ. Thí dụ như mặt phẳng cắt (tiết diện) của một profin nhôm có thể tương đối nhám nếu khi lắp đặt được che đậy bởi một nắp nhựa, tuy nhiên độ nhám bề mặt của lỗ khoan trong đó có bulông di chuyển phải ít hơn nhiều.



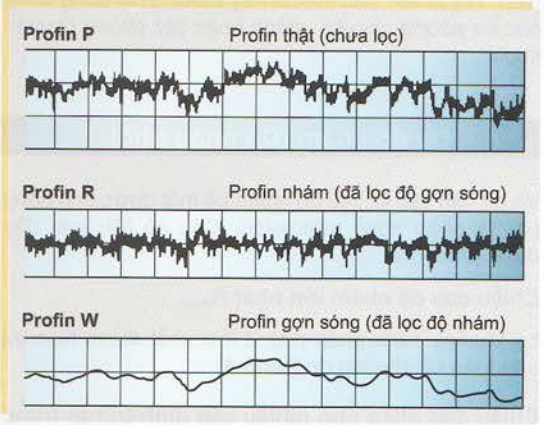
Hình 1: Profin sơ cấp (profin đầu tiên)

3.7.1 Khái niệm cơ bản về kiểm tra bề mặt

Như ở kích thước các chi tiết, khi kiểm tra bề mặt người ta cũng nói về trạng thái mong muốn và trạng thái thực tế.

Bề mặt mong muốn là bề mặt của chi tiết được cho trước bởi các số liệu trong bản vẽ. Bề mặt thật là bề mặt có được trong thực tế bằng các phương pháp kỹ thuật đo bề mặt có thể kiểm tra được.

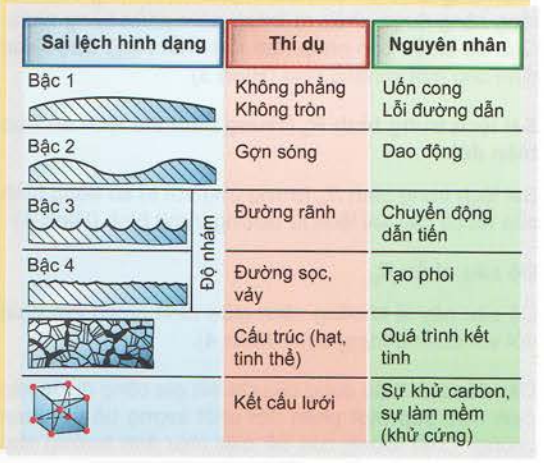
Ở kiểm tra bề mặt, một profin bề mặt (Profin thực = Profin P) được xác định bằng phương pháp kỹ thuật đo (**Hình 1**).



Hình 2: Biểu đồ profin của bề mặt

Nếu độ nhám của bề mặt được lọc, người ta có được đường profin gợn sóng (profin W). Việc lọc độ gợn sóng cho kết quả một đường profin nhám (profin R) của bề mặt (**Hình 2**).

Vì điều kiện kỹ thuật gia công tạo ra sự sai lệch, nên bề mặt thật có nhiều đặc tính khác biệt với hình dáng lý tưởng được yêu cầu trong bản vẽ. Trong DIN 4760 các **sai lệch hình dáng** có thể được xếp hạng trong 6 cấp bậc (**Hình 3**).



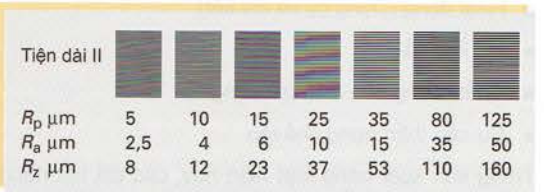
Hình 3: Sai lệch hình dạng (của bề mặt)

3.7.2 Phương pháp kiểm tra bề mặt

Hiện nay có sẵn nhiều phương pháp khác nhau để kiểm tra chất lượng bề mặt. Chúng được lựa chọn tùy thuộc vào điều kiện vận hành và các yêu cầu kỹ thuật đo đạc.

Kiểm tra bằng giác quan

Ở kiểm tra bằng giác quan bề mặt của chi tiết được so sánh với bề mặt của mẫu so sánh (**Hình 4**). Sau đó, bề mặt của chi tiết kiểm tra và bề mặt của mẫu so sánh được luân phiên cà bằng móng tay. Thông qua phương pháp kiểm tra chủ quan này cho phép người sử dụng có kinh nghiệm xác định sự khác biệt về độ nhám đến tối đa 0,002 mm.



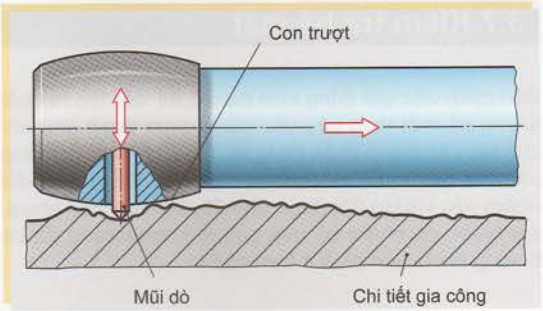
Hình 4: Mẫu so sánh bề mặt

https://tieulun.hopto.org

Phương pháp cắt tìm dò

Ở phương pháp này, một đầu dò với một mũi nhọn bằng kim cương được di chuyển trên bề mặt cần kiểm tra (**Hình 1**). Mũi dò, tương ứng với độ nhám của bề mặt chi tiết, thực hiện các chuyển động thẳng góc với hướng dẫn tiến. Những chuyển động này được ghi nhận và được chuyển đổi thành tín hiệu điện để hiển thị (**Hình 2**).

Bên cạnh các thiết bị đo độ nhám được mô tả trên còn có các thiết bị khác hoạt động theo nguyên tắc quang-điện. Tuy nhiên, các thiết bị này thường chỉ dùng trong các cơ xưởng chuyên ngành hoặc các phòng chuyên khoa.



Hình 1: Hệ thống tìm dò với con trượt di động

3.7.3 Đo độ nhám (Độ nhấp nhô)

Về cơ bản các số liệu độ nhám bề mặt được tính bằng µm (= phần ngàn millimeter). Các số liệu sau đây được phân biệt:

Chiều cao độ nhám lớn nhất R_{max}

Là khoảng cách nhấp nhô Z lớn nhất được hiển thị trên toàn bộ khoảng đo (**Hình 4**).

Chiều cao nhấp nhô (chiều cao đỉnh-trũng) trung bình R_z

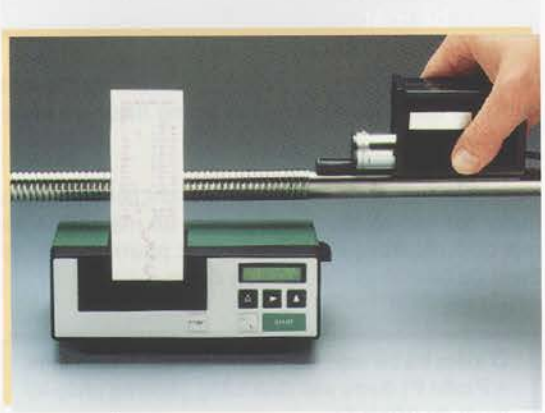
Đây là trị số trung bình cộng của năm chiều cao nhấp nhô riêng lẻ từ Z1 đến Z5. Ngoài ra khoảng cách đo tổng cộng được phân ra thành năm phần bằng nhau. Qua đó chiều cao nhấp nhô lớn nhất R_{max} được xác định cho mỗi khoảng chia (**Hình 3**).

Sai lệch trung bình R_a (Trung bình sai lệch số học biên độ)

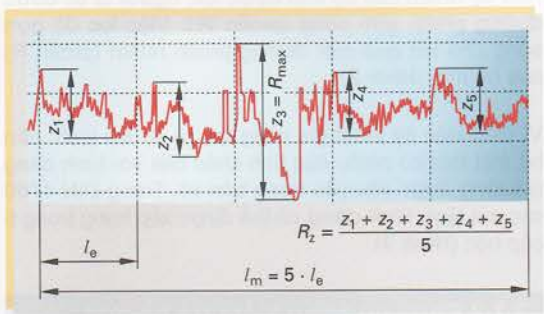
Sai lệch trung bình R_a tương ứng với trị số trung bình của tất cả các sai lệch từ đường trung bình (**Hình 4**).

Độ sâu nhẵn R_p

Độ sâu này là khoảng cách giữa đỉnh profin lớn nhất đối với đường trung bình (**Hình 4**).



Hình 2: Đo bề mặt

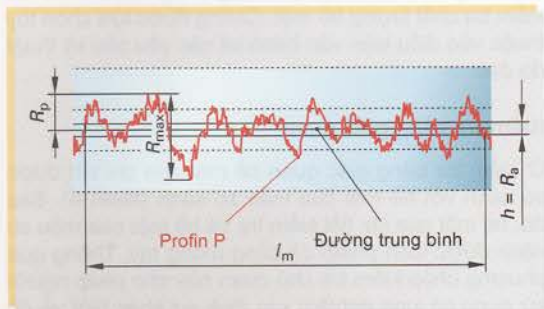


Hình 3: Chiều cao nhấp nhô trung bình R_z

Các đặc tính hiệu dụng của chi tiết gia công được xác định trực tiếp một phần bởi chất lượng bề mặt của chúng. Chất lượng của bề mặt chịu ảnh hưởng chủ yếu bởi các yếu tố sau đây:

- Quá trình sản xuất
- Hoạt động (Dụng cụ và chi tiết)
- Dữ liệu cắt
- Chất lượng của máy gia công
- Sự cẩn thận trong chế tạo

Trong sản xuất hàng loạt hiện nay, các chi tiết riêng lẻ thường được kiểm tra theo một chương trình kiểm tra chính xác dành riêng cho chúng tại chỗ làm việc.

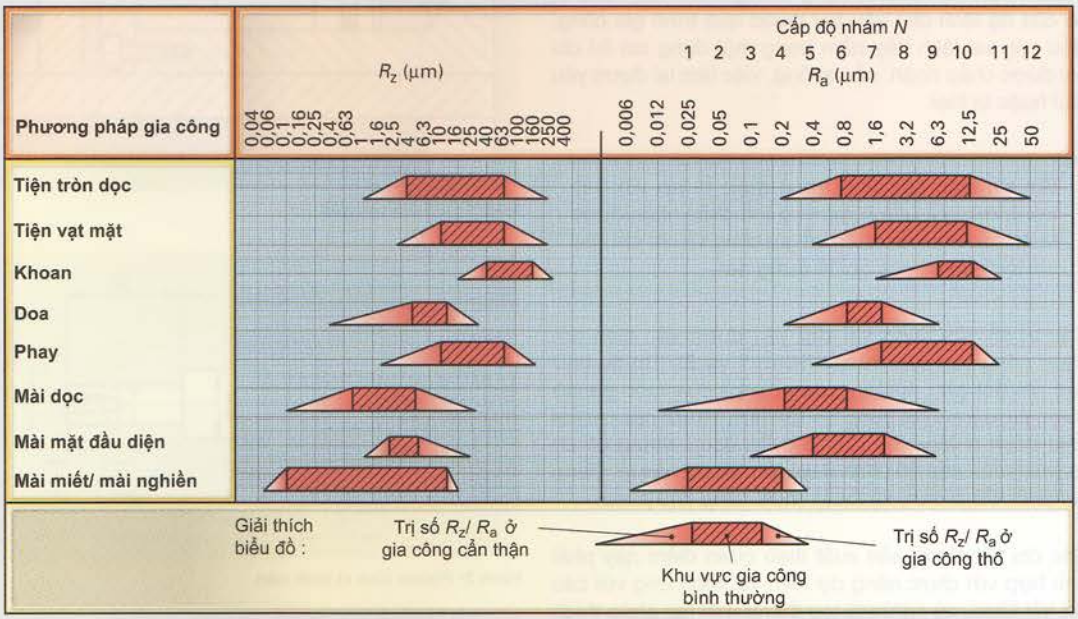


Hình 4: Sai lệch trung bình R_a, chiều cao nhấp nhô lớn nhất R_{max} và độ sâu nhẵn R_p

https://tieulun.hopto.org

Không thể đạt được trị số độ nhám (độ nhấp nhô) bất kỳ dù dùng tất cả phương pháp gia công. Trong **Bảng 1** trị số có thể đạt được R_a và R_z được sắp xếp trong các phương pháp gia công phổ biến. Các trị số khác được trích ra từ sách Cẩm nang.

Bảng 1: Trị số độ nhám của các phương pháp cắt gọt được lựa chọn



3.7.4 Số liệu của chất lượng bề mặt (độ bóng bề mặt) trong các bản vẽ kỹ thuật

Một nguyên tắc cơ bản trong sản xuất là:

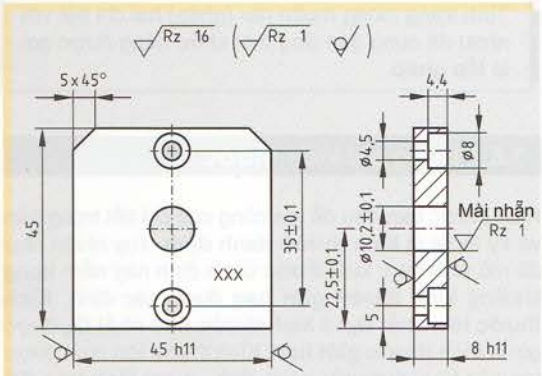
"Luôn luôn làm việc chính xác theo như yêu cầu".

Phương châm này áp dụng cho cả việc giữ đúng kích thước cũng như kết cấu của bề mặt. Các số liệu chuẩn trong các bản vẽ kỹ thuật như thế nào thì phải làm việc đúng như thế. Những biểu tượng (ký hiệu hình) được sử dụng để giải thích chủ yếu về độ nhám và nếu cần biểu tượng cũng giải thích phương pháp sản xuất (**Hình 1**).

Thông thường một số liệu độ nhám được kê khai cho toàn chi tiết. Các vị trí biểu lộ các dấu hiệu của độ nhám sai lệch phải được đánh dấu riêng biệt. Các số liệu này được đặt trong dấu ngoặc khi kê khai độ nhám toàn diện (**Hình 1**).

Bài tập:

Hãy tìm trong **Hình 1** những trị số độ nhám được yêu cầu và sắp xếp chúng theo những phương pháp gia công phù hợp.



Biểu tượng	Giải thích
Mài nhẵn Rz 1	Cắt gọt bằng gia công miết Chiều cao nhấp nhô trung bình $R_z \leq 1$ µm
Rz 16	Chiều cao nhấp nhô trung bình lớn nhất R_z = 16 µm
	Bề mặt không xử lý

Hình 1: Bản vẽ gia công với các kê khai độ nhám

https://tieuluh.hopto.org

3.8 Dung sai và lắp ghép

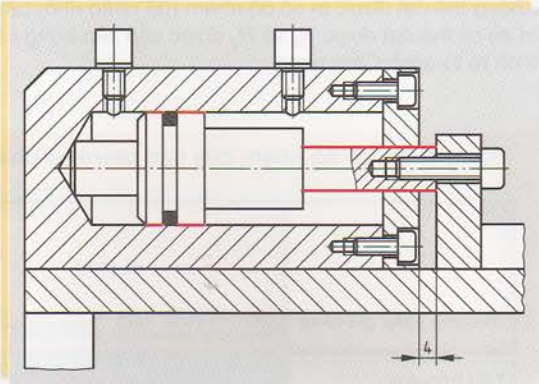
Kích thước mong muốn của một chi tiết gia công và mô tả kỹ thuật của bề mặt trình bày trường hợp lý tưởng cố gắng đạt được. Tuy nhiên trong thực tế, sau khi gia công tất cả các chi tiết bị sai lệch nhiều hơn hoặc ít hơn so với tình trạng mong muốn này. Các trị số của độ lệch chủ yếu tùy thuộc quá trình gia công. Nếu các sai lệch này nằm trong một dung sai thì chi tiết được chấp nhận, nếu không, việc làm lại được yêu cầu hoặc bị loại.

Sự sai lệch của tình trạng thực tế so với tình trạng mong muốn ở mức có thể chấp nhận được là do các nguyên nhân về gia công và chi phí. Sự sai lệch này được gọi là **dung sai.**

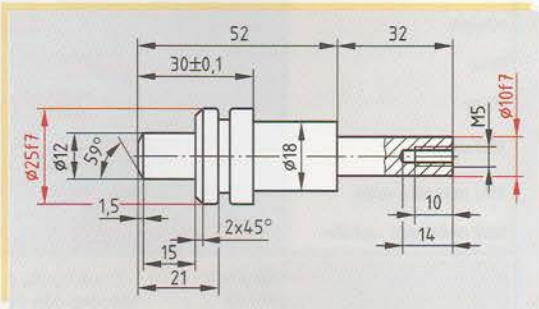
Các trị số của dung sai chủ yếu được xác định bởi chức năng của các chi tiết (**Hình 1 và 2**). Thí dụ như các chi tiết phụ (không quan trọng) của một giá đỡ được thực hiện với dung sai lớn hơn so với các chi tiết chịu trách nhiệm cho việc chuyển động không có độ rơ (khít) của các bộ phận. Nguyên tắc cơ bản là: Dung sai phải lớn ở mức kỹ thuật chức năng cho phép.

Các chi tiết được sản xuất theo quan điểm này phải phù hợp với chức năng dự kiến và thích ứng với các chi tiết khác, có nghĩa là tạo thành một lắp ghép thích hợp.

Tình trạng mong muốn ráp (ghép) hai chi tiết với nhau để cùng đáp ứng một chức năng được gọi là **lắp ghép.**



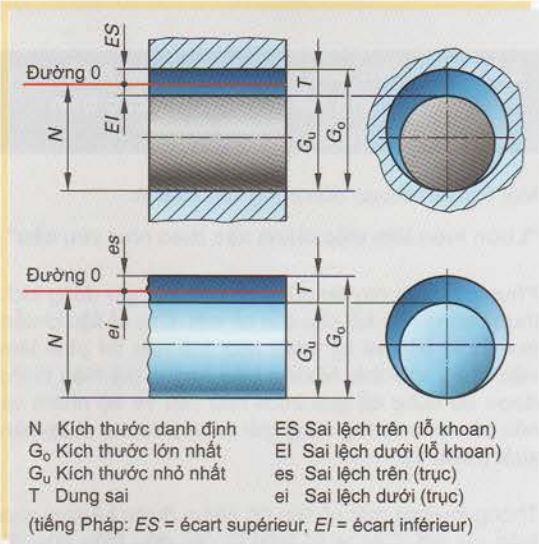
Hình 1: Xi lanh khí nén



Hình 2: Piston cho xi lanh nén

3.8.1 Dung sai kích thước

Kích thước ban đầu để gia công các chi tiết trong bản vẽ kỹ thuật là **kích thước danh định**. Tuy nhiên như đã mô tả ở trên, kích thước danh định này nằm trong khoảng **kích thước giới hạn** được xác định. **Kích thước lớn nhất G_o** và **kích thước nhỏ nhất G_u** được gọi là **kích thước giới hạn**. Kích thước lớn nhất được tạo nên từ kích thước danh định và **sai lệch trên *ES* (es),** kích thước nhỏ nhất được tạo nên từ kích thước danh định và **sai lệch dưới *EI* (ei).** Sự sai biệt (hiệu số) của kích thước lớn nhất và kích thước nhỏ nhất là **dung sai *T*** (**Hình 3**).



Hình 3: Khái niệm cơ bản trong dung sai

Thí dụ: Một lỗ khoan với kích thước danh định Ø 100 mm có độ sai lệch ES = 30 µm và EI = - 60 µm. G_{oB}, G_{uB} và T_B được tính như sau:

$G_{oB} = N + ES = 100\ mm + 0{,}030\ mm = 100{,}030\ mm$

$G_{uB} = N + EI = 100\ mm - 0{,}060\ mm = 99{,}940\ mm$

$T_B = G_{oB} - G_{uB} = 100{,}030\ mm - 99{,}940\ mm = 0{,}090\ mm$

Một trục có kích thước danh định Ø 22 mm và kích thước giới hạn G_{oW} = 22,015 mm và G_{uW} = 21,995 mm. Như vậy *es*, *ei* và T_w bằng bao nhiêu?

$es = G_{oW} - N = 22{,}015\ mm - 22\ mm = 0{,}015\ mm$

$ei = G_{uW} - N = 21{,}995\ mm - 22\ mm = -0{,}005\ mm$

$T_w = es - ei = 0{,}015\ mm - (-0{,}005\ mm) = 0{,}020\ mm$

https://tieulun.hopto.org

Các đại lượng của dung sai (miền dung sai) phụ thuộc chủ yếu vào các trị số của kích thước danh định và chức năng mà bộ phận phải đáp ứng trong nhóm lắp ráp.

> Miền dung sai càng nhỏ thì chất lượng càng lớn.

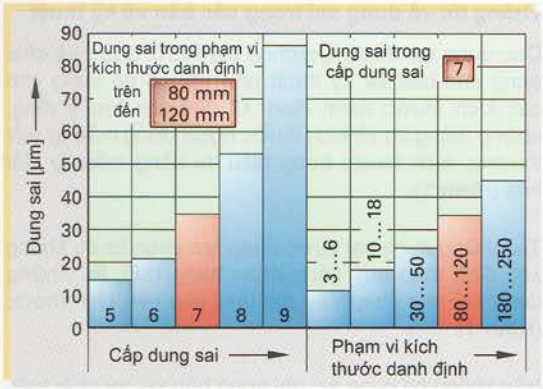
Chất lượng dung sai được phân chia theo DIN ISO trong 18 cấp (DIN ISO = **D**eutsches **I**nstutut für **N**ormung - **I**nternational **S**tandards **O**rganization = Học viện tiêu chuẩn Đức - Tiêu chuẩn quốc tế) với các số thứ tự từ 01 đến 18 trong cấp dung sai. Trị số dung sai 01 là nhỏ nhất cho một kích thước danh định, chỉ số 18 đặc trưng cho dung sai lớn nhất cho phép (**Hình 1**).

> Chất lượng của một kích thước lắp ghép được biểu thị bằng cấp dung sai của nó với **các số từ 01 đến 18**.

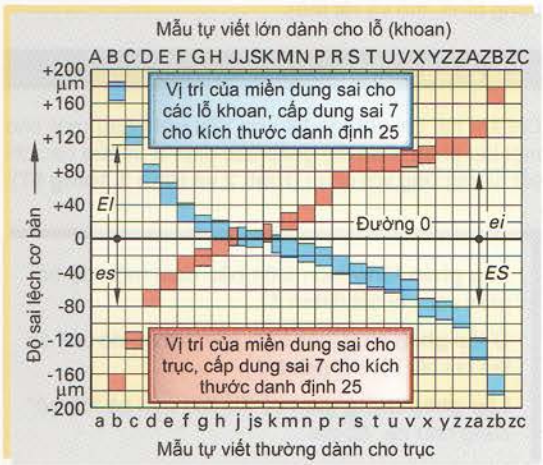
Bên cạnh chất lượng, đặc biệt vị trí của miền dung sai đối với kích thước danh định (đường 0) đóng một vai trò quan trọng. Thí dụ nếu một chi tiết được kết nối và bắt buộc di chuyển được với một chi tiết khác, thì phải nhận miền dung sai dưới đường 0, và nếu một chi tiết được gắn (được lắp) không được phép di chuyển trong mọi trường hợp, phải có miền dung sai trên kích thước danh định.

> Vị trí của miền dung sai đối với đường 0 được mã hóa bằng **các mẫu tự** (**Hình 2**).

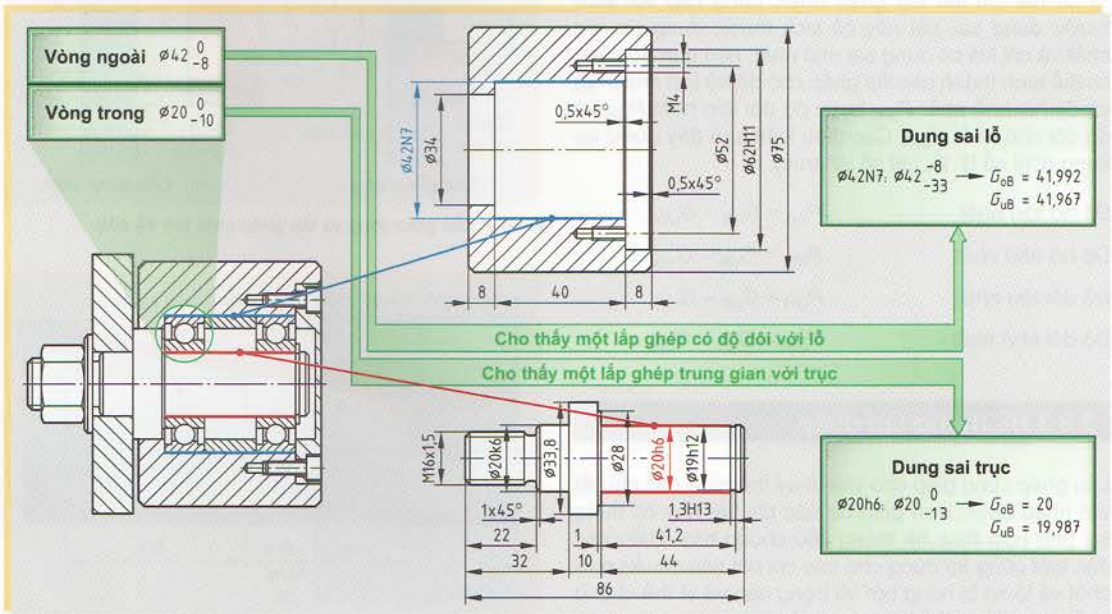
Sự sắp đặt của cấp dung sai và vị trí của miền dung sai đối với các kích thước danh định riêng lẻ được quy định trong bảng kê khai (xem sách Cẩm nang).



Hình 1: Sự liên quan giữa cấp dung sai và phạm vi kích thước danh định



Hình 2: Vị trí của miền dung sai đối với đường 0



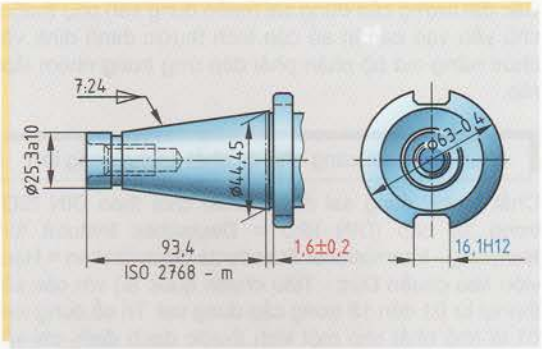
Hình 3: Các thí dụ cho vị trí miền dung sai

https://tieulun.hopto.org

Thông tin về dung sai trong các bản vẽ kỹ thuật

Các dung sai được lựa chọn theo ISO được kê khai trong các bản vẽ kỹ thuật như chỉ số bổ sung cho các kích thước danh định. Ở đây cần lưu ý rằng, những thông tin về kích thước ngoài dùng mẫu tự viết thường, kích thước trong biểu thị bằng mẫu tự viết hoa (**Hình 1**).

Tại những dung sai được phép lựa chọn tự do không xác định theo quy cách phân hạng ISO, thì những dung sai cho phép này đặt trực tiếp sau kích thước (**Hình 1**).



Hình 1: Thông tin về dung sai

Nếu không có dung sai ghi trong bản vẽ, thì phải tuân theo **dung sai tổng quát**. Độ lớn của chúng hướng theo kích thước danh định và cấp dung sai (chính xác, trung bình, thô và rất thô).

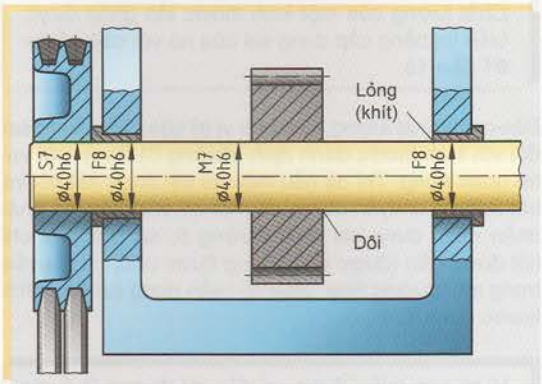
3.8.2 Lắp ghép

Chỉ khi hai chi tiết ráp lại vừa vặn với nhau mới cho một lắp ghép. Các lắp ghép xác định vị trí của các chi tiết tương ứng với nhau (**Hình 2 và Hình 3, trang 97**).

Lắp ghép lỏng luôn luôn bảo đảm một "độ hở" giữa các chi tiết (**Hình 3**).

Ở **lắp ghép chặt** luôn luôn xảy ra một "độ dôi" ép lên chi tiết kết nối (**Hình 3**).

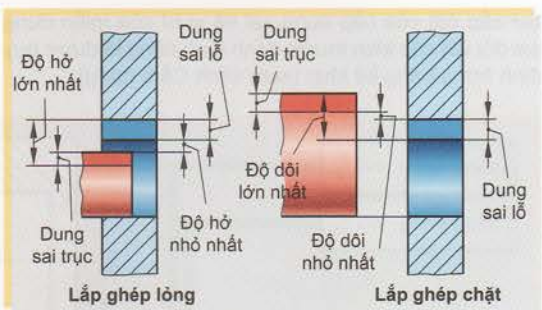
Lắp ghép trung gian có thể tạo nên cả "độ hở" cũng như cả "độ dôi".



Hình 2: Các loại lắp ghép

Vì cả hai chi tiết lắp ghép được cung cấp với kích thước dung sai, cái này có kích thước dung sai lớn nhất và cái kia có dung sai nhỏ nhất, nên qua đó cũng có thể hình thành các lắp ghép cho độ hở lớn nhất P_{SH} và độ hở nhỏ nhất P_{SM} hoặc độ dôi lớn nhất $P_{ÜH}$ và độ dôi nhỏ nhất $P_{ÜM}$. Các điều kiện sau đây được áp dụng (Chỉ số B: lỗ, chỉ số W: trục):

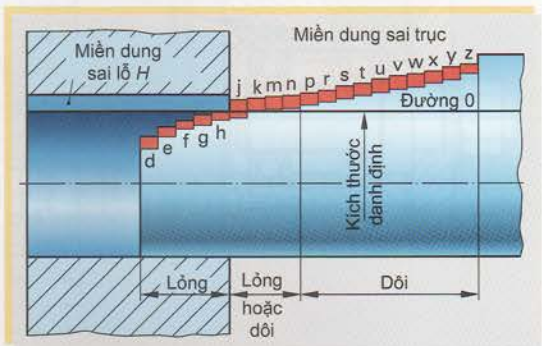
Độ hở lớn nhất	$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$
Độ hở nhỏ nhất	$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW}$
Độ dôi lớn nhất	$P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW}$
Độ dôi nhỏ nhất	$P_{ÜM} = G_{oB} - G_{uW}$



Hình 3: Lắp ghép lỏng và lắp ghép chặt (có độ dôi)

3.8.3 Hệ thống lắp ghép

Lắp ghép cũng giúp cho việc thay thế giữa các chi tiết với nhau được đơn giản do các chi tiết này có dung sai phù hợp theo hệ thống tiêu chuẩn hóa. Điều này đặc biệt cũng áp dụng cho các chi tiết tiêu chuẩn như chốt và lò xo bị hỏng bởi tải trọng cao và vì thế chúng phải được thay thế thường xuyên.



Hình 4: Lắp ghép hệ thống lỗ cơ bản

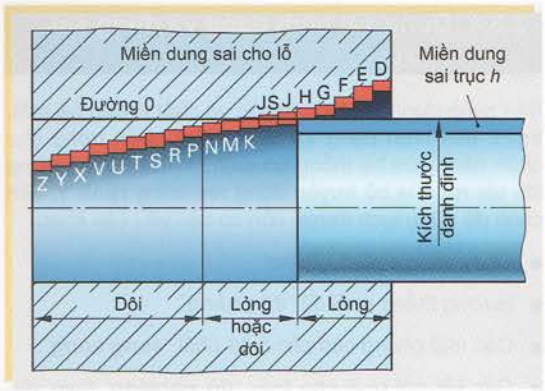
https://tieulun.hopto.org

Để đạt được các loại lắp ghép khác nhau, trên cơ bản có hai cách:

1 Lỗ tiếp nhận một sai lệch chuẩn, ở đây vị trí của miền dung sai luôn cố định (**H**). Trong trường hợp này loại dung sai phải đạt được trên vị trí miền dung sai của trục. Người ta gọi là hệ thống **lỗ cơ bản** (**Hình 4, trang 98**).

2 Vị trí miền dung sai của trục không thay đổi (**h**) và vị trí miền dung sai của các lỗ bị thay đổi. Hệ thống này được gọi là hệ thống **trục cơ bản** (**Hình 1**).

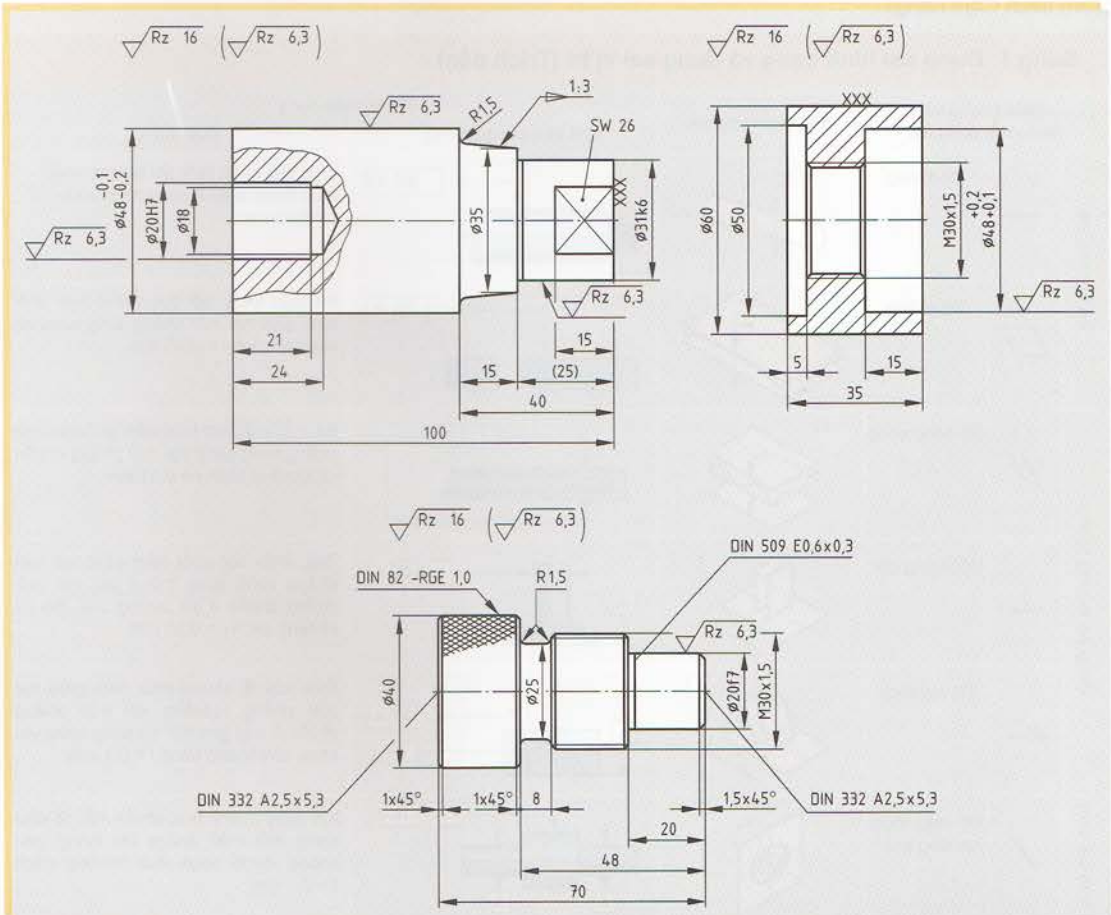
Trong gia công, việc thay đổi đường kính trục hoặc kích thước ngoài nói chung đơn giản hơn nhiều so với đường kính lỗ hoặc kích thước trong. Vì lý do này, hệ thống lỗ cơ bản (đơn vị lỗ) được ứng dụng thường xuyên hơn.



Hình 1: Lắp ghép hệ thống trục cơ bản

Bài tập:

Hình vẽ dưới đây cho thấy nhiều chi tiết riêng lẻ được lắp ghép chung với một nhóm lắp ráp. Hãy đánh dấu các bề mặt lắp ghép và giải thích với sự hỗ trợ của sách Cẩm nang cho mỗi loại lắp ghép. Ngoài ra hãy xác định kích thước lắp ghép và loại lắp ghép.



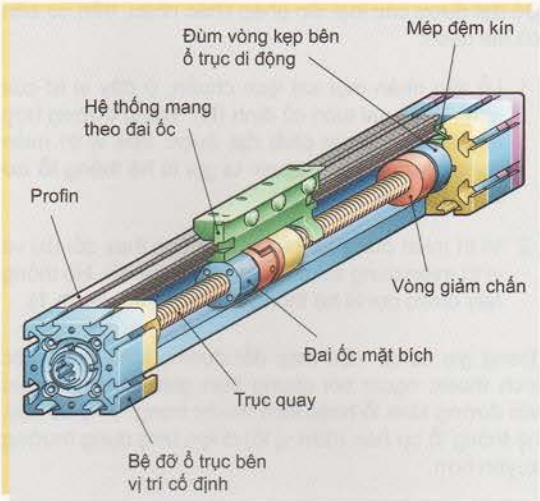
https://tieulun.hopto.org

3.8.4 Dung sai hình dạng và dung sai vị trí

Bên cạnh dung sai kích thước và chất lượng bề mặt, trước tiên hình dạng và vị trí cũng quan trọng cho chức năng của hệ thống cơ điện tử. Thí dụ: ở những chi tiết rời của bộ truyền động ren trong **Hình 1,** bên cạnh độ đúng kích thước còn có các yêu cầu khác:

- Chạy vòng phải đủ "**tròn**".
- Hướng thẳng phải đủ "**độ phẳng**".
- Các mặt phẳng của các ổ đỡ phải "**song song**".
- Các kết nối phải cho thấy "**độ nghiêng**" theo yêu cầu đối với bề mặt tựa.

Tất cả các yêu cầu này đối với **hình dạng** và **vị trí** phải được trích dẫn trong bản vẽ gia công và kiểm tra trong trường hợp yêu cầu.

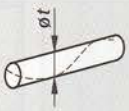
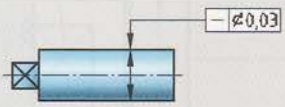
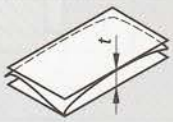
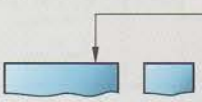
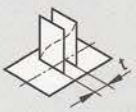
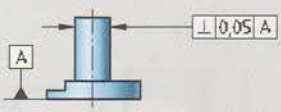
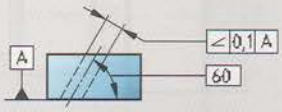
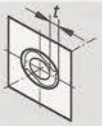
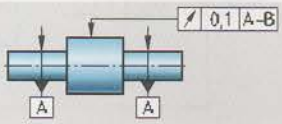


Hình 1: Bộ dẫn động ren

Mỗi điểm của các phần tử khảo sát (có dung sai) phải nằm trong phạm vi, phạm vi đó được định nghĩa là dung sai hình dạng và dung sai vị trí.

Biểu tượng (**Bảng 1**) và đặc tính của dung sai hình dạng và dung sai vị trí được quy định trong DIN ISO 1101 (xem sách Cẩm nang).

Bảng 1: Dung sai hình dạng và dung sai vị trí (Trích dẫn)

	Biểu tượng và tính chất dung sai		Khu vực dung sai	Thí dụ ứng dụng: Chỉ dẫn trong bản vẽ	Thí dụ ứng dụng: Giải thích
Dạng dung sai	—	Độ thẳng			Trục của phần hình trụ bulông phải nằm trong xi lanh với đường kính t = 0,03 mm
	▱	Độ phẳng			Bề mặt khảo sát (có dung sai) phải nằm giữa hai mặt phẳng song song có khoảng cách t = 0,05 mm
Dung sai hướng (vị trí)	//	Độ song song			Bề mặt khảo sát phải nằm giữa hai mặt phẳng song song với mặt phẳng chuẩn có khoảng cách t = 0,01 mm
	⊥	Độ vuông góc			Trục khảo sát phải nằm giữa hai mặt phẳng song song thẳng góc với mặt phẳng chuẩn A và hướng mũi tên có khoảng cách t = 0,05 mm
	∠	Độ nghiêng			Trục của lỗ khoan phải nằm giữa hai mặt phẳng nghiêng với mặt phẳng chuẩn A một góc 60° và song song với nhau có khoảng cách t = 0,1 mm
Dung sai chạy	↗	Độ chạy theo đường tròn			Khi quay quanh trục chuẩn AB, độ đảo trong mỗi mặt phẳng đo thẳng góc không được vượt quá khoảng cách t = 0,1 mm.

https://tieulun.hopto.org

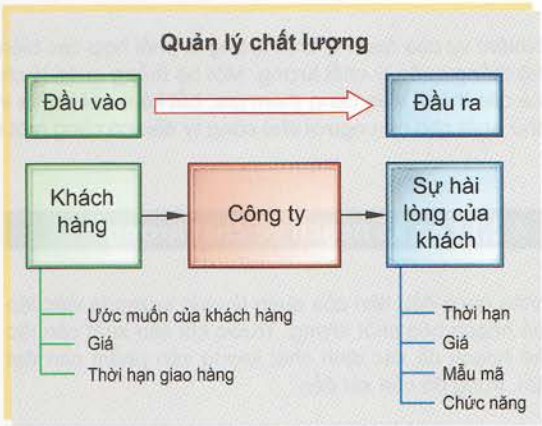
4 Quản lý chất lượng

Ngày nay nhiều cơ xưởng sản xuất công nghiệp thường treo các đồ thị, các bảng chỉ dẫn và các bảng tổng quan về đề tài "chất lượng". Qua đó, công ty muốn nâng cao ý thức về chất lượng của nhân viên và chứng tỏ cho khách hàng biết là công ty cố gắng đạt chất lượng cao nhất. Chất lượng, trước nhất là sự cố gắng một cách có hệ thống để đạt được sản phẩm chất lượng cao. Chất lượng là yếu tố sống còn cho mọi công ty trong ngành cơ điện tử chứ không chỉ đối với các công ty lớn. Ngày nay trong nhiều lĩnh vực có sức ép cạnh tranh khốc liệt, cho nên sự hài lòng của khách hàng trở thành yếu tố bảo đảm cho sự sống còn của công ty.

4.1 Khái niệm chất lượng

Khái niệm **chất lượng** ngày nay xuất hiện dưới nhiều khía cạnh khác nhau, như là tính năng, giá trị và phẩm chất của một sản phẩm, thí dụ như cấp chất lượng hay cấp dung sai của các con vít, ký hiệu về chất lượng của thép, thí dụ "chất lượng 1A" hay "chất lượng 1B". Chuẩn DIN 55350 định nghĩa khái niệm chất lượng như sau:

> Chất lượng là toàn bộ các đặc tính và giá trị đặc trưng của một sản phẩm hay một dịch vụ đặt thành điều kiện nhằm đáp ứng những nhu cầu nhất định.

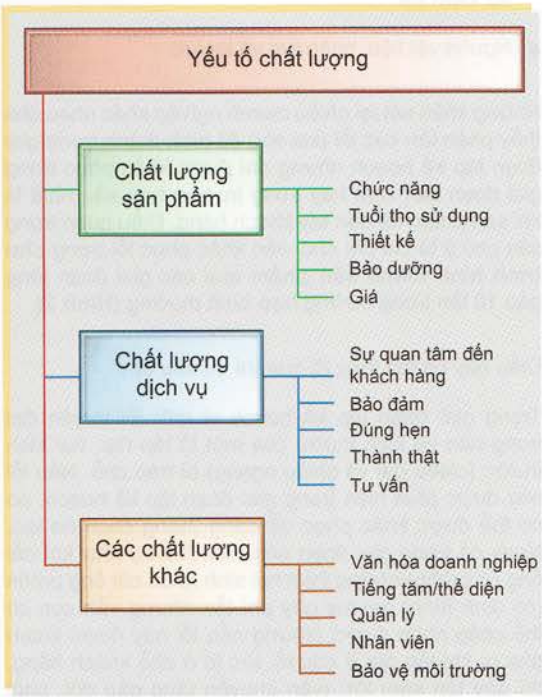


Hình 1: Quản lý chất lượng

Nói một cách đơn giản: Chất lượng là những gì làm cho khách hàng hài lòng. Trong thực tế "sự hài lòng của khách hàng" chiếm một vị trí nổi bật trong các khía cạnh về chất lượng. Thực ra chất lượng chính là mục tiêu hoạt động của mỗi doanh nghiệp công nghiệp. Công ty nào muốn đứng vững trên thị trường phải có khả năng đảm bảo chất lượng và hoạt động/kinh doanh theo phương châm:

> Khách hàng cần quay lại chứ không phải sản phẩm.

Khách hàng quay trở lại đồng nghĩa với nhiều đơn đặt hàng hơn, còn sản phẩm quay trở lại thường là đi liền với những khiếu nại, sửa chữa hay gia công lại, giảm giá, kiện tụng hoặc vấn đề khác. Chất lượng không tự nhiên sinh ra mà cần phải được kế hoạch hóa, thực hiện theo một quá trình phức tạp và luôn phải được kiểm tra (**Hình 1**). Bên cạnh chất lượng của sản phẩm, chất lượng của dịch vụ và văn hóa doanh nghiệp cũng như việc quản lý cơ xưởng có ý nghĩa rất quan trọng cho chất lượng của toàn công ty (**Hình 2**).



Hình 2: Chất lượng một công ty

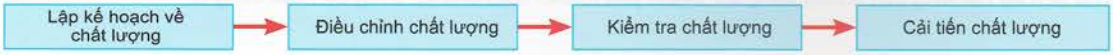
https://tieulun.hopto.org

EBOOKBKMT.COM

4.2 Nhiệm vụ của quản lý chất lượng

Khái niệm "quản lý" có thể tạm dịch ra là "mang lại một cái gì đó", vì vậy quản lý chất lượng có thể được định nghĩa là "mang lại chất lượng, giải quyết những vấn đề do chất lượng đòi hỏi ". Một công ty nếu chỉ thực hiện một vài biện pháp riêng lẻ để gia tăng chất lượng thì không đem lại lợi ích gì hay chỉ có lợi ích rất nhỏ. Chỉ khi nào toàn bộ các biện pháp được phối hợp với nhau mới có thể nâng cao chất lượng được một cách liên tục.

Những biện pháp cần thiết được thi hành trong các lãnh vực:



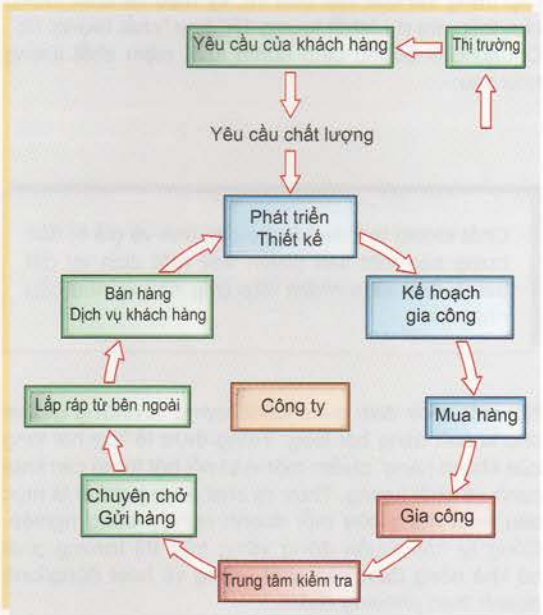
vượt qua khỏi ranh giới các phòng ban và lĩnh vực chuyên môn (**Hình 1**).

Nhiệm vụ của quản lý chất lượng là phối hợp các biện pháp này. Toàn bộ tất cả các biện pháp này được gọi là hệ thống quản lý chất lượng. Một hệ thống quản lý chất lượng (HTQLCL) như thế chỉ có thể hoạt động, khi tất cả các thành viên cùng tham gia, bất kể ở vai trò và vị trí nào trong công ty, từ người còn đang học nghề năm thứ nhất cho đến người chủ công ty đều có cùng một mục tiêu.

4.2.1 Lập kế hoạch về chất lượng

Viên gạch đầu tiên của quản lý chất lượng là việc lập kế hoạch hóa chất lượng. Trước khi sản xuất cần lập kế hoạch để xác định chất lượng sản phẩm cần đạt tới, trong đó cần xét đến:

- Mong muốn của khách hàng, từ đó xác định đặc tính của sản phẩm
- Tính khả thi về kỹ thuật của những yêu cầu này và sự kiểm tra
- Nguồn vật liệu, nhân lực và tài lực

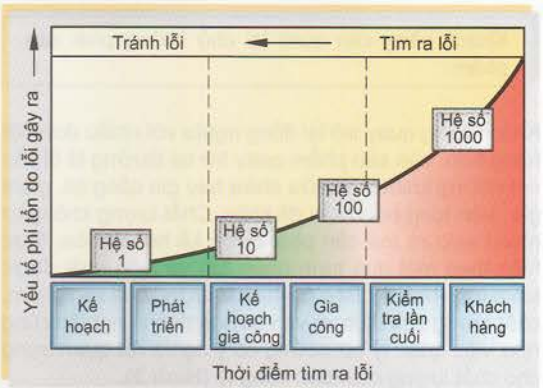


Hình 1: Vòng tròn chất lượng

Những khảo sát tại nhiều doanh nghiệp khác nhau cho thấy phần lớn các lỗi (sai sót) đã hình thành trong giai đoạn lập kế hoạch nhưng chỉ được khắc phục trong giai đoạn sản xuất hay trong trường hợp xấu nhất là khi sản phẩm đã đến tay khách hàng. Điều quan trọng cần chú ý là chi phí cho việc khắc phục lỗi trong **chu trình hình thành sản phẩm** qua các giai đoạn tăng gấp 10 lần trong trường hợp bình thường (**Hình 2**).

Điều này có thể thấy rõ qua thí dụ sau đây:

Trong giai đoạn lập kế hoạch vì một lỗi truyền đạt trong bản vẽ kích thước của một tổ lắp ráp, hai kích thước (chiều dài và chiều ngang) bị tráo chỗ. Nếu lỗi này được phát hiện trong giai đoạn lập kế hoạch, nó có thể được khắc phục dễ dàng (bằng cách đo lại). Ngay cả trong giai đoạn sản xuất (thí dụ như khi cắt ống có profin) những thiệt hại sinh ra do cắt ống profin (có định hình) sai tuy gây phí tổn nhưng vẫn còn có thể chấp nhận được. Nhưng nếu lỗi này được khám phá ra khi lắp ráp ở các tổ, tức là ở chỗ khách hàng, thì gây tốn kém lớn (vận chuyển tăng gấp đôi, phải tháo gỡ, phải cắt mới, thậm chí phải sản xuất lại toàn



Hình 2: Quy tắc tăng gấp 10 cho chi phí sửa lỗi

https://tieuluan.hopto.org

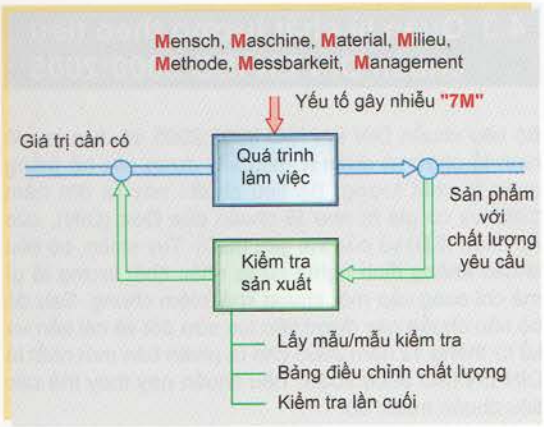
bộ). Qua đó sự tổn thất danh tiếng của công ty hoàn toàn không thể đo lường được.

4.2.2 Điều chỉnh chất lượng

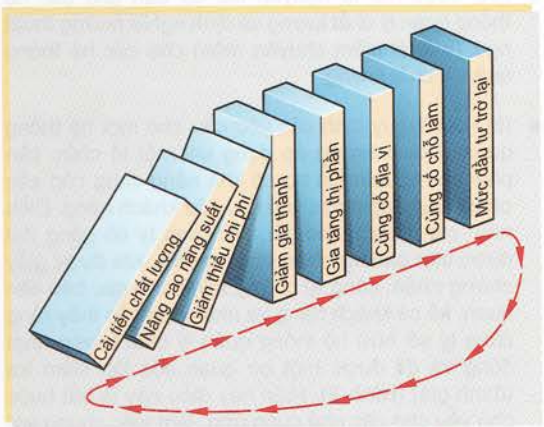
Con đường của một sản phẩm (thí dụ một tổ lắp ráp), từ mong muốn của khách hàng (giá trị mong muốn) thông qua các quy trình gia công cho đến tình trạng cuối cùng đủ để nghiệm thu được miêu tả qua một vòng điều chỉnh (**Hình 1**). Trong lúc gia công sản phẩm chịu tác động của nhiều yếu tố gây nhiễu, từ đó chất lượng có thể bị ảnh hưởng theo. Người ta gọi những nguồn gây nhiễu này (theo tiếng Đức) là "7M":

Mensch	Con người
Maschine	Máy móc
Material	Vật liệu
Milieu	Môi trường
Methode	Phương pháp
Messbarkeit	Đo lường được
Management	Quản lý

Mục đích của điều khiển chất lượng là giảm thiểu ảnh hưởng của những nguồn gây nhiễu này càng nhiều càng tốt. Trong ngành cơ điện tử, ta cần cung ứng công cụ, máy móc, thiết bị đo lường thích hợp cũng như nâng cao trình độ chuyên môn cho nhân viên, thí dụ qua các khóa học PLC.



Hình 1: Vòng điều chỉnh chất lượng



Hình 2: Phản ứng dây chuyền qua cải tiến chất lượng

4.2.3 Kiểm tra chất lượng

Lĩnh vực kiểm tra chất lượng trong một công ty bao gồm tất cả các biện pháp thử nghiệm, qua đó xác định xem một sản phẩm có đáp ứng được những yêu cầu định trước hay không.

Trong công nghiệp sản xuất hàng loạt, mỗi chi tiết và mỗi nhóm thiết bị đều có tài liệu ghi chép trong những kế hoạch kiểm tra chính xác. Khi sản xuất riêng lẻ hay sản xuất số lượng nhỏ thì điều này không cần thiết lắm. Tuy nhiên trong giai đoạn lập kế hoạch cũng nên cân nhắc đặt ra các biện pháp thử nghiệm. Qua đó, trước tiên nên xác định thử nghiệm cái gì, thử nghiệm như thế nào, dùng thiết bị gì để thử nghiệm, thời điểm thử nghiệm và ai thử nghiệm. Thử nghiệm cần được thi hành không những trong quá trình đang sản xuất mà cả sau khi kết thúc.

4.2.4 Cải tiến chất lượng

Mục tiêu của quản lý chất lượng là cải tiến liên tục chất lượng (ở Nhật bản gọi là "Kaizen"). Điều này áp dụng cho mọi lĩnh vực hoạt động của công ty. Cải tiến chất lượng có thể đạt được bằng các biện pháp liên quan đến nhân viên hoặc sản phẩm hay việc phục vụ khách hàng. Các biện pháp tác động lên sản phẩm chủ yếu gồm những đề nghị cải tiến thiết kế hay cải tiến phương pháp sản xuất và phương pháp thử nghiệm, trong đó các nhân viên tham gia đóng một vai trò quan trọng. Đầu tiên phải đề cập đến động lực, kỹ năng giao tiếp và khả năng làm việc theo nhóm của tất cả thành viên cũng như không khí làm việc. Nhân viên có động lực cao, xem công ty như chính mình thì họ sẵn sàng làm công việc với chất lượng cao hơn là những người chỉ coi công việc như một phương tiện kiếm tiền. Sự cải tiến chất lượng đạt được có thể kích thích một phản ứng dây chuyền rất hiệu quả trong nhiều hãng xưởng (**Hình 2**).

https://tieulun.hopto.org

4.3 Quản lý chất lượng theo tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000:2005

Bộ tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000:2005 đã đưa ra mô hình tổ chức và quản lý giúp xây dựng các hệ thống quản lý chất lượng. Bộ tiêu chuẩn này ra đời năm 1987 và có giá trị như là chuẩn của Đức (DIN), của Âu châu (EN) và của thế giới (ISO). Tuy nhiên, bộ tiêu chuẩn không định nghĩa cứng nhắc chất lượng là gì mà chỉ cung cấp một khung khái niệm chung. Sau đó bộ tiêu chuẩn này được liên tục sửa đổi và cải tiến và kể từ tháng 12 năm 2005 cho ra phiên bản mới nhất là DIN EN ISO 9000:2005. Tiêu chuẩn này thay thế các tiêu chuẩn trước đó.

Bộ tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000 gồm có bốn phần, được xây dựng với giá trị phổ biến chung (**Hình 1**):

- ISO 9000 mô tả nguyên tắc cơ bản cho các hệ thống quản lý chất lượng và định nghĩa những thuật ngữ (= khái niệm chuyên môn) cho các hệ thống quản lý chất lượng.
- ISO 9001 quy định các yêu cầu cho một hệ thống quản lý chất lượng áp dụng khi một tổ chức cần phải chứng minh là họ có khả năng cung cấp sản phẩm đáp ứng được yêu cầu của khách hàng. Điều này cần thiết trước hết, khi công ty cố gắng đạt được một **chứng nhận chất lượng**. Khi được giấy chứng nhận, công ty chứng minh cho các bên liên quan, kể cả khách hàng và nhà cung cấp thấy rằng công ty sở hữu hệ thống quản lý chất lượng hoạt động và đã được một cơ quan độc lập kiểm tra (đánh giá) (**Hình 2**). Hiện nay điều này là bắt buộc chủ yếu cho các nhà cung ứng làm việc chung với các công ty lớn, thí dụ trong ngành công nghiệp ô tô.
- ISO 9004 là kim chỉ nam cho việc điều tra/xem xét khả năng và hiệu quả của một hệ thống quản lý chất lượng.

Ngoài ra, ISO 19001 cung cấp hướng dẫn cho việc đánh giá các hệ thống quản lý chất lượng và quản lý môi trường.

Hình 1: Những thành phần trong bộ tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000

TÜV CERT

Giấy Chứng Nhận

Hiệp hội Chứng Nhận TÜV
- TÜV CERT -
với chứng chỉ này chúng tôi chứng nhận công ty

Mustermann GmbH
6800 Mannheim

có hiệu lực cho phạm vi
Cơ sở sản xuất:
Dòng sản phẩm
đã thiết lập một hệ thống đảm bảo chất lượng và ứng dụng

Qua việc đánh giá vào ngày 24.05.2008, báo cáo số QS-M-92/234 đã chứng minh đạt những yêu cầu của

DIN ISO 9001

Giấy chứng nhận này có giá trị đến
30.06.2010
Số đăng ký chứng nhận
70 100 234

Bonn, ngày 12.06.2008 — Mannheim, ngày 12.06.2008

TÜV SÜDWEST

Giám đốc công ty TÜV CERT — Cơ quan cấp chứng nhận

Hình 2: Thí dụ một giấy chứng nhận chất lượng

4.4 Chất lượng không chỉ là quan tâm của ban giám đốc

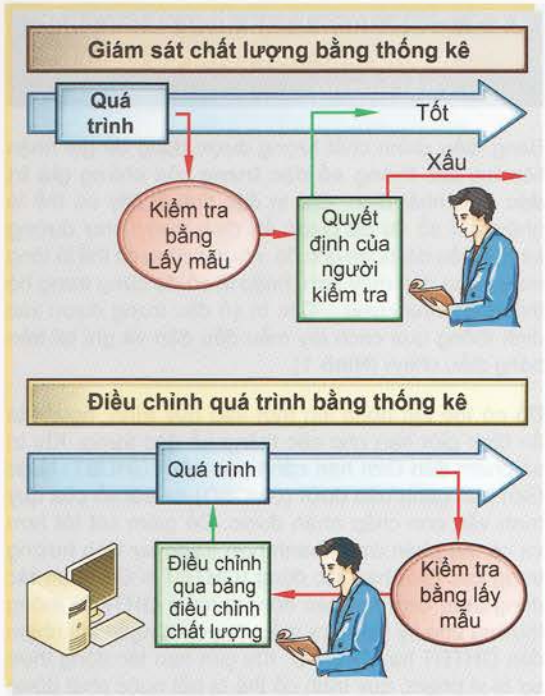
Trong mỗi công ty chất lượng phải đứng ở một vị trí nổi bật. Trong quá khứ các công ty công nghiệp và thủ công nghiệp cũng đã cung cấp được sản phẩm chất lượng tốt. Điểm mới là phương pháp quản lý chất lượng có hệ thống ở mọi cấp của công ty. Chất lượng chỉ có thể hình thành khi tất cả nhân viên ý thức rõ tầm quan trọng về công việc của mình, và ngay cả những việc rất nhỏ cũng thực hiện một cách chính xác và tận tâm. Điều này có thể đòi hỏi tăng cường sự tham gia và trách nhiệm, nhưng cuối cùng nó phục vụ cho việc duy trì công ăn việc làm cho toàn công ty.

https://tieulun.hopto.org

4.5 Quản lý chất lượng bằng thống kê

Không phải lúc nào tất cả các chi tiết sản xuất cũng có thể được thử nghiệm chính xác và giám sát chất lượng một cách liên tục. Thí dụ như trong sản xuất hàng loạt và sản xuất với số lượng lớn, việc kiểm 100% thường không thực hiện được vì lý do phí tổn và thời gian. Cho những trường hợp này người ta đã phát triển ra phương pháp thống kê để đánh giá mẫu. Bằng cách lấy mẫu người ta có thể xác định được kết quả hoặc một phần kết quả cho một quá trình sản xuất. Qua đó thu thập những thông tin quý báu để một quy trình sản xuất được liên tục tối ưu hóa. Mục tiêu của giám sát chất lượng bằng thống kê là:

- Tìm ra những thiếu sót về chất lượng trong khi sản xuất
- Khắc phục những thiếu sót bằng tác động tương ứng (**Hình 1**)



Hình 1: Giám sát và điều chỉnh chất lượng

4.5.1 Lỗi ngẫu nhiên và lỗi có hệ thống

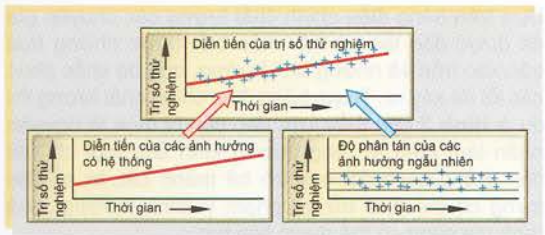
Một quy trình sản xuất chịu tác động bởi nhiều điều kiện. Người ta phân biệt ra những ảnh hưởng ngẫu nhiên và ảnh hưởng có hệ thống. Ảnh hưởng ngẫu nhiên là tất cả những ảnh hưởng xảy ra bất thường và đa số không thể đoán trước được, thí dụ như:

- Nhiệt độ dao động trong khi đo lường
- Sự khác biệt về cấu kết thành phần vật liệu
- Sự sai biệt về điện áp

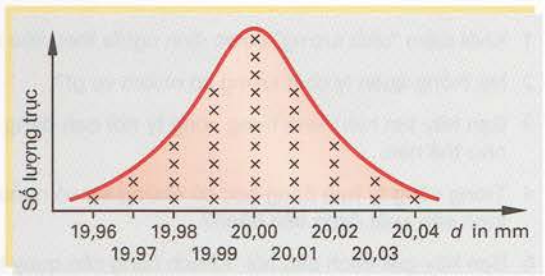
Ảnh hưởng có hệ thống thí dụ như:

- Lỗi của thiết bị kiểm tra
- Lỗi trong các dụng cụ cắt
- Độ chênh lệch nhiệt độ tại những thời điểm nhất định

Ảnh hưởng ngẫu nhiên tạo ra các lỗi ngẫu nhiên, ta chỉ có thể để ý để khắc phục khi phát sinh lỗi; ảnh hưởng có hệ thống tạo ra các lỗi có hệ thống, có thể được xác định và khắc phục bằng cách can thiệp/tác động vào quá trình (**Hình 1**). Lỗi ngẫu nhiên và lỗi có hệ thống có thể xuất hiện cùng lúc (**Hình 2**).



Hình 2: Sự chồng lên nhau của các yếu tố có ảnh hưởng



Hình 3: Biểu đồ đường cong hình chuông Gauß

4.5.2 Phân bố chuẩn Gauß

Nhà toán học người Đức Carl Friedrich Gauß (1777-1855) khám phá ra là lỗi do các ảnh hưởng ngẫu nhiên có đặc trưng luôn dao động xung quanh một trị số trung bình. Luật phân bố lỗi đặt tên theo tên ông được mô tả bởi một biểu đồ hình chuông (**Hình 3**). Với trị số đo là 20 mm, sự phân bố kết quả của các ảnh hưởng ngẫu nhiên được diễn tả như trong **Hình 3**.

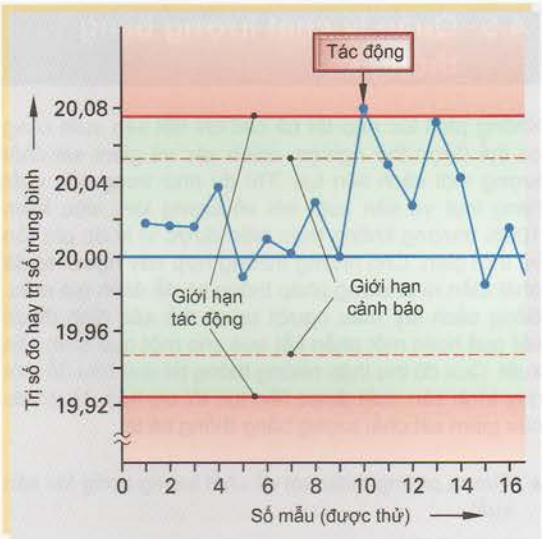
https://tieulun.hopto.org

4.5.3 Cách dùng bảng điều chỉnh chất lượng như một công cụ kiểm tra chất lượng

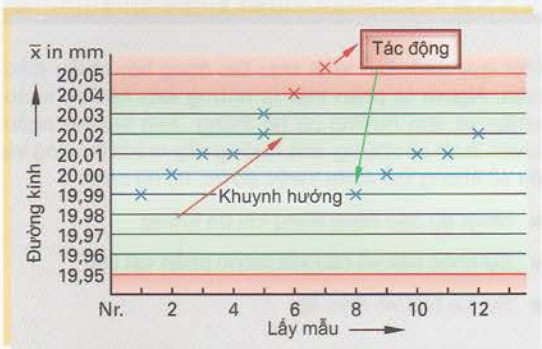
Bảng điều chỉnh chất lượng được dùng để ghi nhận liên tục các **thông số đặc trưng** của những **giá trị đặc tính** nhất định. Giá trị đặc tính ở đây có thể là những trị số đo đã được ấn định trước như đường kính, chiều dài hoặc góc đo, nhưng cũng có thể là tông màu trong dàn máy sơn, hoặc trị số độ cứng trong hệ thống hóa/trui cứng... Các trị số đặc trưng được xác định thông qua cách lấy mẫu đều đặn và ghi lại trên bảng điều chỉnh (**Hình 1**).

Để có thể tác động kịp thời vào quy trình, người ta ấn định giới hạn cho các thông số đặc trưng. Khi trị số chạm đến Giới hạn cảnh báo trên (GHCBT) hoặc Giới hạn cảnh báo dưới (GHCBD) thì sai số của quy trình vẫn còn chấp nhận được. Để giám sát tốt hơn và có thể phản ứng nhanh hơn tránh sự lệch hướng trong các Giới hạn tác động (GHTĐT = Giới hạn tác động trên, Giới hạn tác động dưới = GHTĐD) thông thường chu kỳ kiểm tra mẫu được rút ngắn khi chạm đến GHTĐT hay GHTĐD. Khi giới hạn tác động thực sự bị vi phạm, quy trình có thể bị bắt buộc phải dừng lại để nghiên cứu nguyên nhân và thay đổi đại lượng hiệu chỉnh của máy trong trường hợp cần thiết.

Dựa trên bảng điều chỉnh chất lượng các chuyên gia đã được đào tạo có thể nhận biết được những trục trặc/xáo trộn và những ảnh hưởng, qua đó khắc phục các lỗi đã xảy ra. Trong bảng điều chỉnh chất lượng thí dụ ở **Hình 2** cho thấy lưỡi dao tiện bị mòn là nguyên nhân làm tăng rõ ràng đường kính của một chi tiết tiện. Bằng cách đổi hay trở bề mảnh cắt, trị số đặc trưng có thể đưa trở về phạm vi bình thường, quá trình gia công có thể được tiếp tục.



Hình 1: Bảng điều chỉnh chất lượng (cấu tạo tổng quát)



Hình 2: Bảng mô phỏng một khuynh hướng

Bài tập:

1 Khái niệm "chất lượng" được định nghĩa theo tiêu chuẩn DIN như thế nào?

2 Hệ thống quản lý chất lượng có nhiệm vụ gì?

3 Bạn hãy tìm hiểu xem trong công ty nơi bạn đang được đào tạo việc kiểm tra chất lượng diễn ra ở đâu và như thế nào.

4 Trong công ty bạn đang học có những sự cố ngẫu nhiên và sự cố có hệ thống nào gây ra vấn đề cho quá trình sản xuất đang tiến hành?

5 Bạn hãy giải thích câu nói "Khách hàng cần quay trở lại, chứ không phải sản phẩm" trong bối cảnh công ty bạn đang thực tập.

6 Khi đánh giá các trị số đo đã cho ra các trị số đo như sau:

24,97	25,00	24,99	25,02	25,00
24,98	25,01	25,00	25,03	25,01
25,01	24,98	24,99	25,01	25,00
25,02	24,99	25,00	24,99	

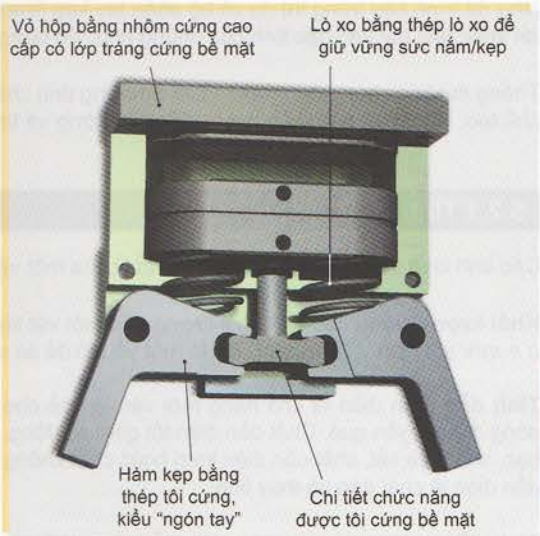
Bạn hãy đưa các trị số đo này vào trong một biểu đồ và qua đó tìm ra phân bố chuẩn.

https://tieulun.hopto.org

5 Kỹ thuật vật liệu

Tất cả cấu kiện và chi tiết của các thiết bị và máy móc về cơ điện tử đều được chế tạo từ những vật liệu vốn được chọn lựa để có thể đáp ứng đầy đủ các chức năng đòi hỏi. Vì vậy chúng cần phải hội đủ những đặc tính nhất định.

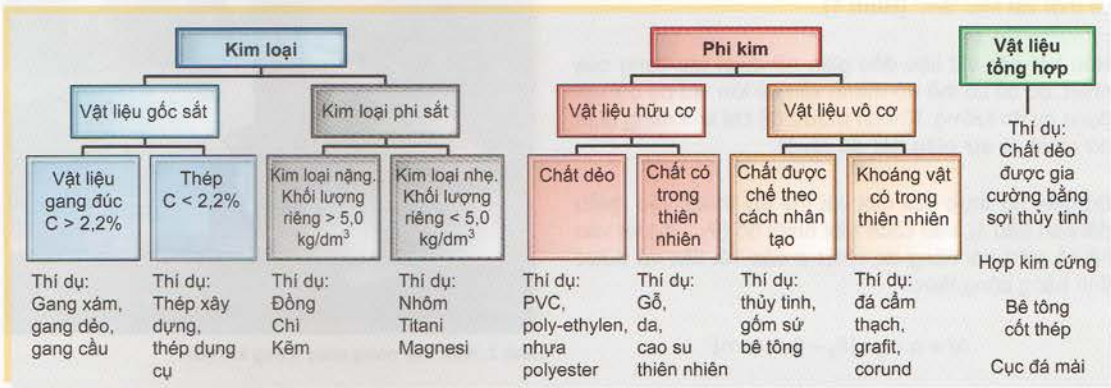
Thí dụ, bàn tay gắp của một máy thủ thuật (tay máy) **(Hình 1)** có lớp vỏ hộp bằng nhôm có đủ độ bền và độ cứng nhưng lại tương đối nhẹ. Bộ phận chức năng là hai càng kẹp và xi lanh vận hành tịnh tiến được làm bằng thép có tôi bề mặt, có tính chống mài mòn cao. Các lò xo kéo trở về (hồi vị) của càng kẹp đòi hỏi phải có độ đàn hồi cao. Do đó chúng được cuốn bằng thép lò xo. Các vòng nén kín và các chi tiết giảm chấn (xung lực) thì ngược lại, cần có khả năng nép/áp sát vào vật liệu khác, do đó phải được chế tạo bằng vật liệu nhựa dẻo.



Hình 1: Tay máy dạng góc

5.1 Phân loại vật liệu

Đa số vật liệu đang được sử dụng trong thực tiễn được phân chia thành ba nhóm tùy theo thành phần hóa học **(Hình 2)**.



Hình 2: Phân loại các vật liệu

Vật liệu gốc sắt bao gồm tất cả những vật liệu có thành phần chính là sắt, đó là tất cả các loại thép và vật liệu gang đúc.

Các **kim loại phi sắt** bao gồm tất cả các vật liệu kim loại không chứa sắt. Nếu khối lượng riêng của nó lớn hơn 5 kg/dm^3 thì gọi là **kim loại nặng**, và nếu khối lượng riêng nhỏ hơn 5 kg/dm^3 thì gọi là **kim loại nhẹ**.

Nhóm **phi kim** được phân chia thành vật liệu hữu cơ và vô cơ. Vật liệu hữu cơ gồm chất dẻo hoặc vật liệu từ thiên nhiên; vật liệu vô cơ gồm các chất được chế tạo theo phương pháp nhân tạo và từ các khoáng vật có trong thiên nhiên.

Vật liệu tổng hợp là loại vật liệu được chế tạo từ hai hay nhiều chất liệu đơn lẻ và được ứng dụng rất nhiều hiện nay.

https://tieulun.hopto.org

5.2 Các đặc tính của vật liệu

Như đã trình bày trong thí dụ về bộ phận tay kẹp (trang 107), các vật liệu được sử dụng đều có những yêu cầu rất khác biệt tùy vào đặc tính của chúng như: độ cứng cao, trọng lượng nhỏ, độ đàn hồi cao.

Thông thường chúng được phân biệt ở những tính chất vật lý, công nghệ cơ khí, công nghệ hóa học và kỹ thuật chế tạo. Ngoài ra, tính thân thiện với môi trường và tính kinh tế cũng đóng một vai trò quan trọng.

5.2.1 Tính chất vật lý

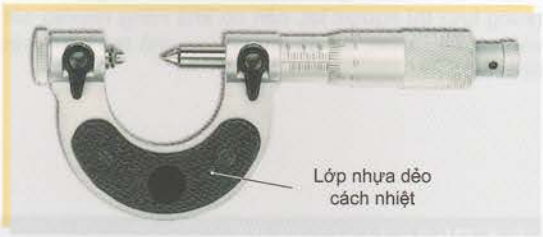
Các tính chất vật lý diễn tả trạng thái vật lý của một vật liệu.

Khối lượng riêng cho biết khối lượng của một vật liệu ứng với một đơn vị thể tích, được tính bằng công thức $\rho = m/V$ với đơn vị là kg/dm^3. Đó là một yếu tố để so sánh quan trọng.

Tính dẫn điện diễn tả khả năng một vật liệu để cho dòng điện truyền qua. Chất dẫn điện tốt gồm có đồng, bạc, nhôm và sắt, chất dẫn điện kém hoặc chất không dẫn điện là chất dẻo và thủy tinh.

Tính dẫn nhiệt tương tự như tính dẫn điện, diễn tả khả năng truyền nhiệt của một vật liệu.

Đối với chất dẫn nhiệt tốt, thí dụ như khi ta sờ thanh thép ở nhiệt độ 20 °C, sẽ có cảm giác lạnh vì nhiệt độ từ cơ thể được truyền tiếp rất nhanh sang vật liệu. Trong trường hợp chất truyền nhiệt kém như gỗ thì điều đó không xảy ra, do đó mới có cảm giác chủ quan về một vật liệu "ấm" **(Hình 1)**.

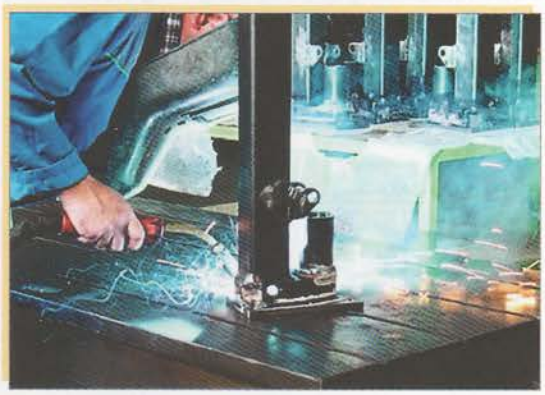


Hình 1: Chất dẻo dùng làm lớp cách nhiệt

Hầu hết các vật liệu đều giãn nở dưới tác dụng của nhiệt, do đó có thể trở thành vấn đề lớn, thí dụ đối với dụng cụ đo lường. Khuôn thước để chỉ khả năng giãn nở chính là **sự giãn dài do nhiệt.**

Độ giãn nở thực của một vật thể tùy thuộc vào chiều dài ban đầu l_0, vào cách biệt nhiệt độ $(\vartheta_2 - \vartheta_1)$ và vào hệ số giãn dài riêng do nhiệt α của vật liệu và được tính bằng công thức:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)\ [\text{mm}]$$



Hình 2: Kim loại nóng chảy trong khi hàn

Độ nóng chảy của một vật liệu cho biết điểm nhiệt độ khi vật liệu bắt đầu nóng chảy. Nó có vai trò quan trọng đối với kim loại **(Hình 2)**. Trái lại đối với hầu hết các vật liệu phi kim thì nhiệt độ nóng chảy không thể xác định được, bởi vì chúng có thể bắt đầu cháy ngay khi còn ở thể rắn.

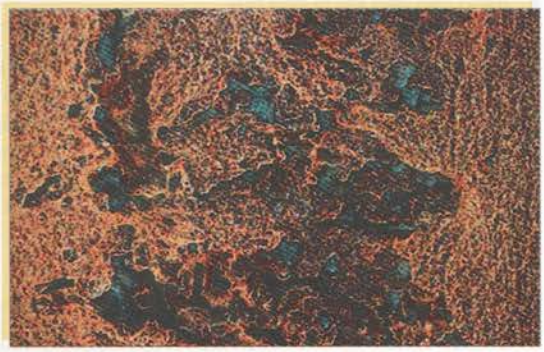
Tính từ hóa cũng là một đặc điểm riêng chỉ có ở kim loại. Vật liệu có khả năng từ hóa là khi ảnh hưởng bên ngoài khiến nó có được khả năng khuếch đại một từ trường đi qua (ND: do sự sắp xếp định hướng lại của các nam châm nhỏ bên trong vật liệu) (xem trang 298). Trong nhóm kim loại chỉ có vật liệu sắt, cũng như nickel và cobalt là có thể từ hóa được **(Hình 3)**.

Hình 3: Phần ứng từ trong động cơ

https://tieulun.hopto.org

5.2.2 Các tính chất công nghệ hóa học

Các tính chất công nghệ hóa học mô tả thành phần cấu tạo của vật liệu cũng như sự biến đổi về chất của vật liệu qua tác động của các vật chất quanh nó và của điều kiện môi trường bên ngoài.



Hình 1: Sự ăn mòn vật liệu thép

Các quá trình biến đổi của vật liệu trong điều kiện môi trường bình thường diễn ra tương đối chậm. Tác động của nhiệt hoặc/và của hóa chất ăn mòn như acid sẽ khiến cho thời gian phá hủy biến đổi rất nhanh.

Hàm lượng của mỗi một nguyên tố chứa trong vật liệu được xác định bởi **thành phần hóa học**, được tính theo phần trăm.

Qua sự ăn mòn, bề mặt của vật liệu bị phá hủy theo phương cách hóa học hoặc điện-hóa học **(Hình 1)**. Sự chống lại ăn mòn của vật liệu được gọi là **tính bền chống ăn mòn**.

Điều quan trọng đối với nhiều loại vật liệu là tính bền ở nhiệt độ cao. Bên cạnh kim loại, cũng có nhiều vật liệu nhân tạo **tính bền nhiệt độ cao** được phát triển mạnh mẽ để ứng dụng cho các đường ống và vật liệu trượt.

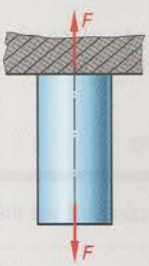
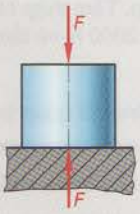
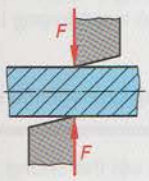
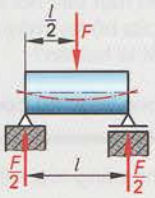
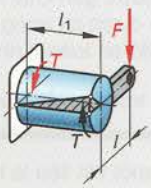
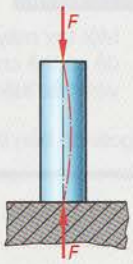
Đối với kim loại thì đặc tính hóa học về **khả năng cháy** hầu như không quan trọng. Tuy nhiên khi chế tạo và gia công các loại vật liệu chất dẻo cần phải chú ý rằng các vật liệu này dễ cháy.

5.2.3 Các tính chất công nghệ cơ học

Tính chất công nghệ cơ học được dùng để mô tả các tính năng của vật liệu khi chịu tác động của các lực cơ học. Một trong những đặc tính công nghệ cơ học quan trọng nhất của vật liệu là **độ bền (Bảng 1)**.

Bên cạnh độ bền, còn có **độ cứng, tính đàn hồi, tính giòn** và **độ dẻo dai**, đều là những tính chất đặc trưng của vật liệu.

Bảng 1: Các loại lực tải trên các chi tiết thiết kế

Loại lực tải	Kéo	Nén	Cắt	Uốn cong	Vặn xoắn	Bẻ gập
						
Tác động	Kéo dài	Thu ngắn	Cắt đứt	Cong	Xoắn	Gập (rùn)
Thí dụ:	Dây cáp, giá treo, ốc vít	Chân đế, khung, lòng bệ máy	Óc vít, chốt, trục, đinh tán	Trục, trục quay	Lưỡi khoan, trục quay, cột	Cột
Yêu cầu độ bền	Độ bền kéo	Độ bền nén	Độ bền cắt	Độ bền bẻ cong	Độ bền xoắn	Độ bền bẻ gập

https://tieulun.hopto.org

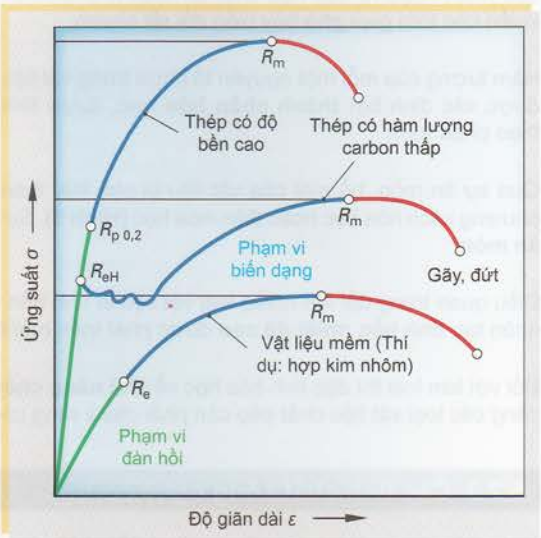
Độ bền của một vật liệu là sức đề kháng tối đa của vật liệu đó chống lại các lực từ bên ngoài làm nó biến dạng cho đến khi bị phá hủy.

Các lực này có thể tạo nên những hình thức chịu tải khác nhau **(Bảng 1, trang 109)**. Do đó, nếu lực tác động lên vật liệu là lực kéo thì đó là tải trọng đối với độ bền kéo của vật liệu. Đây là trường hợp khi tất cả các chi tiết được dùng để treo các bộ phận nhất định. Các lực đè nén lên vật liệu, thí dụ một bộ máy đặt trên bệ máy, thì đó là tải trọng đối với độ bền nén. Và các lực tác động xoắn lên vật liệu chính là tải trọng đối với độ bền xoắn của nó. Các thanh dầm chịu kết cấu kẹp một đầu hoặc tựa trên hai bệ, chịu lực tải đối với độ bền uốn. Các trị số được sử dụng thường xuyên nhất là độ bền kéo R_m và giới hạn chảy R_e **(Hình 1).**

$R_m = F_m/S$ [N/mm²] $\quad R_e = \sigma_{zzul} \cdot \nu$ [N/mm²]

Trong đó F_m là lực kéo tối đa, S là tiết diện của mẫu thử và ν là hệ số an toàn.

Trị số độ bền kéo của đa số vật liệu đều đã được đo và ghi trong các sách bảng về số liệu, chủ yếu được dùng để xác định tải trọng tối đa hoặc để tính tiết diện cần thiết của một cấu kiện. Các cấu kiện thông thường không được phép chịu tải tới giới hạn tối đa vì có thể xảy ra sự cố bị phá hủy, nên phải tính toán thêm một hệ số an toàn ν. Hệ số an toàn này bảo đảm, thí dụ cho thép một sự an toàn trong phạm vi dưới mức giới hạn chảy và tùy thuộc vào trường hợp chịu tải và vào phạm vi ứng dụng (xem sách Cẩm nang).



Hình 1: Giản đồ ứng suất – độ giãn dài

Thí dụ: Một thanh thép tròn có giới hạn chảy R_e = 300 N/mm² phải chịu một tải trọng là 5000 N. Đường kính của thanh thép phải là bao nhiêu để có độ an toàn gấp hai lần tải trọng.

Lời giải: $R_e = \sigma_{zzul} \cdot \nu$ $\qquad \sigma_{zzul} = \dfrac{F_{zul}}{S} = \dfrac{F_{zul} \cdot 4}{d^2 \cdot \pi}$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{300\ \text{N}}{\text{mm}^2 \cdot 2} = 150\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \qquad d = \sqrt{\frac{F_{zul} \cdot 4}{\sigma_{zzul} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{5000\ \text{N} \cdot \text{mm}^2}{150\text{N} \cdot \pi}} = \mathbf{6{,}5\ mm}$$

Bài tập:

Một tay máy được gắn chặt lên một tấm nối bằng thép bản dẹp. Tấm thép nối cần có độ bền kéo bao nhiêu để có thể chịu được tải trọng của bộ tay máy có trọng lượng là 2000 N và tấm nối có tiết diện 5 mm x 40 mm với điều kiện độ an toàn ít nhất là hai lần?

Ngoài độ bền thì trong nhiều trường hợp, **độ cứng** của vật liệu cũng rất quan trọng.

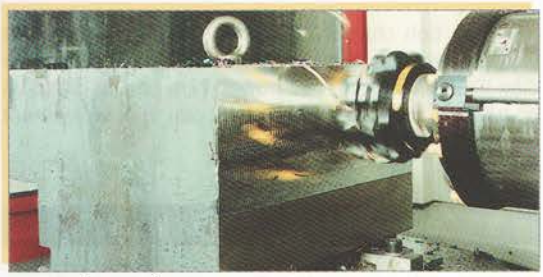
Độ cứng của một vật liệu là khả năng của một vật thể chống lại sự thâm nhập của một vật thể khác.

Nhôm, đồng và hầu hết các chất dẻo đều là những vật liệu mềm, ngược lại, thép và kim loại (hợp kim) cứng có độ cứng lớn. Nếu một vật liệu sau khi bị làm biến dạng có thể trở lại hình thể ban đầu của nó thì vật liệu đó có tính **đàn hồi**, như trường hợp của các lưỡi cưa mà ta đều biết. Nếu sự biến dạng đó vẫn giữ nguyên thì được gọi là **sự biến dạng dẻo**. Cả hai đều là những tính chất rất quan trọng khi cần chọn lựa vật liệu sao cho phù hợp với chức năng cần thiết. Một vật liệu **giòn** sẽ không chịu được gia công biến dạng và sẽ bị vỡ nếu bị tác động lực va đập. Một đại diện tiêu biểu của những vật liệu này là thủy tinh. Các vật liệu **dẻo** thí dụ như các thép không rỉ, lại có tính đề kháng mãnh liệt chống lại sự biến dạng dẻo, do đó rất khó bị phá hủy.

https://tieulun.hopto.org

5.2.4 Các đặc tính về kỹ thuật chế tạo

Các đặc tính về kỹ thuật chế tạo có tầm quan trọng lớn trong việc chọn phương pháp chế tạo. Trong đó cần phân biệt giữa các quá trình như chế tạo bán thành phẩm (điều này không liên quan đến công nhân kỹ thuật cơ điện tử) với quá trình chế tạo các cấu kiện và chi tiết thuộc phạm vi của ngành kỹ thuật cơ điện tử (chuyên viên cơ điện tử phải thực hiện). Do đó cần lưu ý đến các tính chất về kỹ thuật chế tạo sau đây:



Hình 1: Cắt gọt bằng phương pháp phay

Tính dễ cắt gọt cho ta biết thông tin về khả năng dễ cắt gọt có phoi (mảnh vụn, dăm) của một vật liệu, thí dụ như khoan, tiện hoặc phay **(Hình 1)**. Thông thường tất cả kim loại, tùy thuộc vào thành phần hóa học của chúng, đều dễ cắt gọt. Bằng cách chọn hình dạng dao cắt và điều kiện cắt, người ta còn có thể cải thiện tính cắt gọt. Điều kiện cắt gọt chịu ảnh hưởng chủ yếu bởi vận tốc cắt, góc và độ sâu của dao và bước dẫn tiến của phôi (xem trang 177 và tiếp theo), cũng như dung dịch bôi trơn làm nguội khi cắt. Các vật liệu quá mềm như cao su hoặc vật liệu giòn như thủy tinh đều không thể cắt gọt có phoi được.

Hình 2: Hàn nhôm

Tính rèn là một đặc tính riêng mà chỉ có thép và một vài loại hợp kim nhôm, hợp kim đồng mới có. Tuy nhiên điều này không quan trọng đối với công nhân kỹ thuật cơ điện tử trong thực tế hành nghề.

Tính hàn của vật liệu lại là điều rất thiết yếu, nhất là khi các chi tiết cần được hàn nóng chảy để liên kết bền vững với nhau (xem trang 222 và tiếp theo). Các loại thép không hợp kim và có pha hợp kim với hàm lượng carbon thấp, các hợp kim nhôm, hợp kim đồng và một vài loại chất dẻo có tính hàn **(Hình 2)**.

Nếu độ cứng cơ bản của một vật liệu không đủ cứng đối với một công dụng đặc biệt nào đó, có thể áp dụng phương pháp nhiệt luyện (tôi) để nâng cao độ cứng cơ bản. Biện pháp này đòi hỏi **tính tôi** (tính cứng) của vật liệu. Tính tôi lại tùy thuộc vào thành phần carbon. Một số loại thép nhất định cũng như hợp kim nhôm đều có thể tôi được.

5.2.5 Các tính chất về môi trường

Bên cạnh các tính chất cổ điển của vật liệu thì các quan điểm về môi trường đóng vai trò quan trọng và ngày càng lớn khi đánh giá về vật liệu. Thí dụ việc sử dụng vật liệu nhôm để ốp lát mặt tiền các tòa nhà đã trở thành vấn đề tranh cãi lớn, bởi năng lượng cần thiết để sản xuất nhôm là rất lớn và đó là điều khó có thể biện hộ được. Bên cạnh **năng lượng tiêu thụ** để chế tạo vật liệu còn có vấn đề quan trọng nữa là **ô nhiễm môi trường** do các chất như khí thải và bụi trong quá trình chế tạo, những yếu tố này cần phải được lưu tâm để đánh giá. Hiện tại, ngay ở giai đoạn thiết kế sản phẩm, người ta đã phải đặt nặng tầm quan trọng của việc **xử lý thải (Hình 3)** hoặc **tái chế** các vật liệu đã sử dụng.

Hình 3: Vấn đề giải quyết phế liệu/rác điện tử

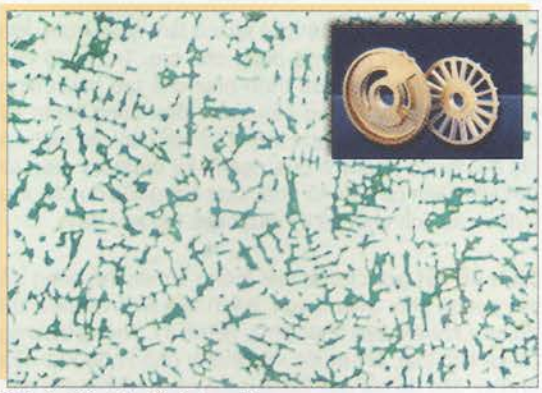
https://tieulun.hopto.org

5.3 Cấu tạo của vật liệu kim loại

Nhờ các tính chất đa dạng nên vật liệu kim loại rất thường được sử dụng trong các hệ thống kỹ thuật cơ điện tử, nhất là trong các trường hợp cần có giá trị về độ bền cao, cộng với đặc tính tốt cần thiết về kỹ thuật chế tạo.

5.3.1 Cấu tạo bên trong của kim loại

Các tính chất của kim loại được xác định bởi cấu tạo bên trong của nó **(Hình 1)**. Nếu quan sát bề mặt của một kim loại bằng một kính hiển vi điện tử có độ phân giải cao, người ta có thể nhận ra cấu trúc. Các ion kim loại, những phần tử nhỏ nhất của kim loại, được bao quanh bởi đám mây electron có liên hệ với nhau. Qua đó các phân tử kim loại được giữ chặt với nhau và độ bền của vật liệu có được cũng chính nhờ sự liên kết đó.

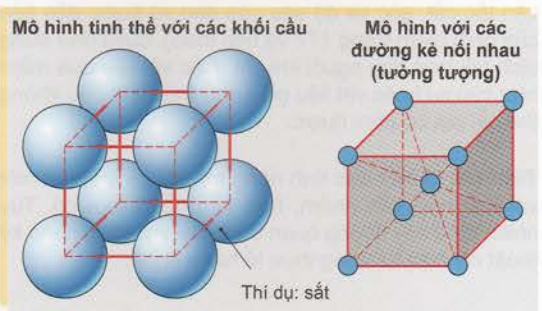


Hình 1: Cấu trúc tế vi của nhôm

Bởi vì electron của các đám mây electron di chuyển tự do nên kim loại có tính dẫn điện và nhiệt tốt. Nếu ta nối các tâm của những ion kim loại lại với nhau bằng những đường kẻ (tưởng tượng) thì các vạch kẻ nối kết đó sẽ hiển thị một mạng lưới không gian ba chiều mà ta gọi là **mạng tinh thể**.

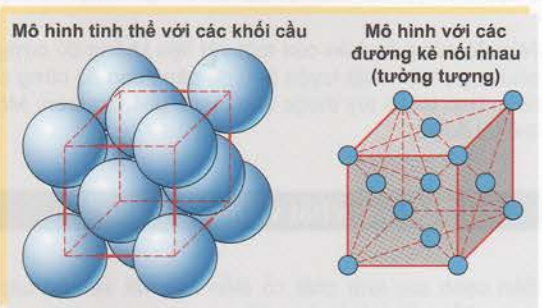
5.3.2 Các loại mạng tinh thể

Các mạng tinh thể hình thành trong quá trình làm nguội từ thể nóng chảy. Ở trạng thái lỏng, các ion kim loại di chuyển tự do và không có kết nối, chỉ đến khi nguội chúng mới vào vị trí cố định và bắt đầu kết thành tinh thể. Các tinh thể phát triển từ từ đến khi kim loại hoàn toàn đông cứng. Những tinh thể được tạo thành còn được gọi là hạt, các hạt này chạm nhau tại những biên hạt. Về cơ bản có ba loại mạng tinh thể.



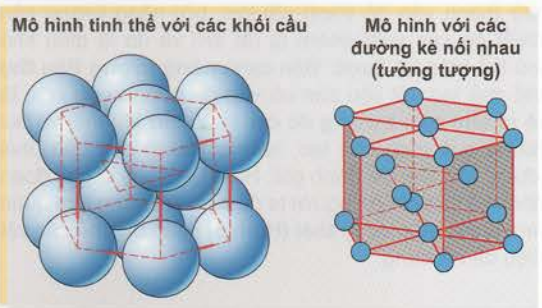
Hình 2: Mạng tinh thể lập phương tâm khối

Mạng tinh thể **lập phương tâm khối (tâm thể) (Hình 2)** có các ion kim loại xếp với nhau sao cho các tâm điểm của chúng tạo thành một khối lập phương (khối vuông). Trong trung tâm của khối lập phương còn có thêm một ion nữa. Các kim loại có loại mạng tinh thể này, thí dụ: sắt ở nhiệt độ dưới 911 °C, chromi, vanadi và wolfram.



Hình 3: Mạng tinh thể lập phương tâm mặt

Trường hợp mạng tinh thể **lập phương tâm mặt (tâm diện) (Hình 3)** thì khối cơ bản, có nghĩa là các đường nối tưởng tượng từ tâm điểm của các ion, cũng là một khối lập phương. Thêm vào các ion nằm ở vị trí trung tâm của các mặt tiếp giáp. Các kim loại như sắt ở nhiệt độ trên 911°C, nhôm, nickel và đồng có lưới mạng tinh thể loại này.



Hình 4: Mạng tinh thể khối lục giác

Mạng tinh thể **khối lục giác (Hình 4)** có nghĩa là các ion kim loại nằm ở vị trí sáu góc của một lăng trụ có sáu góc. Magnesi, kẽm và titani là những kim loại có lưới mạng tinh thể như thế.

https://tieulun.hopto.org

5.4 Vật liệu sắt và thép

Trên thị trường hiện nay có rất nhiều vật liệu sắt và thép, từ thép xây dựng đơn giản đến thép đặc biệt hợp kim cao. Điểm khác biệt giữa vật liệu thép và vật liệu sắt là ở thành phần carbon của nó.

Thép gồm tất cả những vật liệu gốc sắt có hàm lượng carbon thấp hơn 2,06 %, có thể gia công biến dạng ở trạng thái nóng hoặc nguội mà không cần phải xử lý lại.

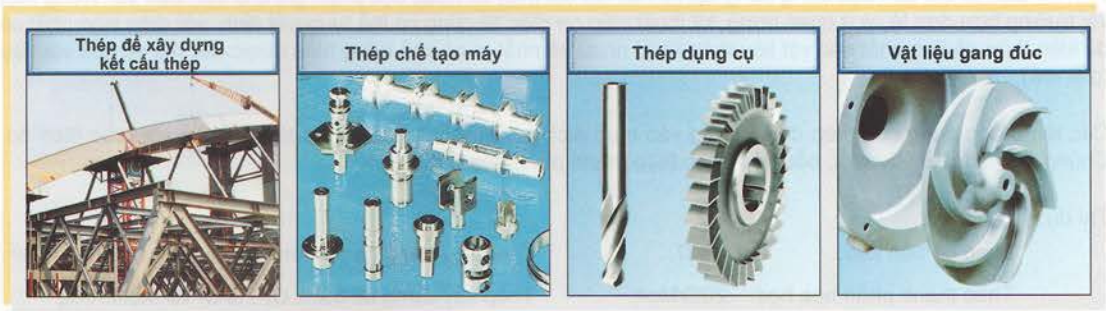
Vật liệu gang-sắt được chế tạo từ quặng sắt trong lò cao, gang từ lò cao có chứa carbon với hàm lượng tương đối cao (khoảng 4 – 5 % - ND) cùng với những tạp chất đi kèm như silic, mangan, photpho, lưu huỳnh. Vật liệu thép được chế tạo bằng cách khử carbon và các tạp chất nêu trên qua nhiều bước khác nhau. Thép dẻo và dễ gia công biến dạng hoặc cứng, dễ rèn và có thể tôi được hay không, tùy thuộc vào thành phần carbon còn lại trong thép. Hàm lượng carbon đóng vai trò quan trọng về mặt sử dụng đúng với công dụng và để chuẩn hóa thép.

Thép được cung cấp dưới dạng "bán thành phẩm" với đủ loại kích cỡ, hình dạng khác nhau (xem sách Cẩm nang). Vật liệu thép và sắt được phân loại theo công dụng, theo thành phần hóa học và theo chất lượng.

5

5.4.1 Phân loại theo công dụng

Tùy theo lĩnh vực sử dụng thích hợp, người ta phân chia thép thành các loại gồm thép xây dựng (thép kết cấu), thép dụng cụ và vật liệu gang đúc **(Hình 1).**



Hình 1: Phân loại vật liệu gang và thép

Kim loại gốc cho tất cả các vật liệu thép và vật liệu sắt chính là nguyên tố sắt (Fe). Nếu vật liệu này chỉ chứa thêm carbon (C) với các hàm lượng khác nhau, có ảnh hưởng lên tính chất của vật liệu, thì được gọi là **thép không hợp kim**. Thép xây dựng có hàm lượng carbon từ 0,1% đến 0,6%, thép công cụ có từ 0,35% đến 1,5% và các vật liệu gang đúc có từ 2,8% đến 3,6%. Nếu pha thêm các nguyên tố hợp kim khác nhau với những hàm lượng khác biệt, thí dụ chromi, mangan, molypden, vanadi, người ta có thể làm thay đổi những tính chất rất cơ bản của thép **(Hình 2)**. Trong trường hợp này, thép được gọi là **thép hợp kim**. Nếu thành phần của các nguyên tố hợp kim nhiều hơn 5%, như trường hợp của các thép không rỉ, thì được gọi là **thép hợp kim cao.**

Hình 2: Ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim lên đặc tính của thép

https://tieulun.hopto.org

5.4.2 Phân loại thép theo hạng chất lượng

Vì lý do bảo đảm những đặc tính về công dụng cũng như về sự chính xác của thành phần hóa học nên thép được phân loại thành thép cơ bản (không hợp kim), thép chất lượng (không hợp kim và có hợp kim) và thép quý chất lượng cao (không hợp kim và có hợp kim).

Thép thường (cơ bản) là những loại thép không chịu ràng buộc bởi những đòi hỏi đặc biệt về chất lượng. Thành phần hóa học và các đặc tính của chúng nằm trong phạm vi giới hạn tương đối rộng. Chúng được sử dụng chủ yếu trong ngành xây dựng dưới dạng thép profin được gia công cán nóng cũng như thép thanh tròn được gia công kéo nóng.

Thép chất lượng có các đặc tính sử dụng được đảm bảo. Chúng chịu những đòi hỏi cao hơn so với thép thường, thích hợp có giới hạn cho nhiệt luyện và gia công biến dạng theo phương pháp nhất định. Chúng được sử dụng cho những đòi hỏi cao hơn về độ bền, thí dụ như: chế tạo các bình chịu áp suất (chứa khí nén) hoặc để chế tạo các loại thép tấm cho thân xe bằng gia công dập sâu.

Thép quý là những loại thép đặc biệt tinh khiết và thành phần của nó phải được xác định chính xác. Nếu là thép không hợp kim thì phải dễ gia công biến dạng và dễ hàn. Nếu là thép hợp kim thì chúng được sử dụng làm thép dụng cụ, thép gió (gia công cắt gọt tốc độ cao) và sử dụng cho những bộ phận đòi hỏi độ bền cao như các viên bi của vòng bi. Là thép hợp kim cao nên chúng là những loại thép không rỉ. Tuy nhiên, tất cả các thép quý vẫn thường bị gọi sai là thép không rỉ.

5.4.3 Chuẩn hóa các vật liệu sắt thép

Vật liệu nào được sử dụng trong trường hợp nào, thông thường là do quyết định của người thiết kế. Kỹ thuật viên cơ điện tử chỉ cần đọc trong bảng liệt kê các chi tiết thiết kế hoặc đọc phần ghi chú trên bản vẽ. Trong một vài trường hợp đơn lẻ và ít quan trọng, kỹ thuật viên cơ điện tử cũng có thể tự quyết định, với điều kiện phải có đủ kiến thức về tính chất các vật liệu thép khác nhau và nhất là có khả năng hiểu được các mã số của vật liệu (giải mã).

Các tên thông dụng của thép đều hướng vào mục đích sử dụng và những đặc tính liên hệ với mục đích đó. Chúng được đặt tên theo độ bền kéo hoặc theo thành phần hóa học.

Thí dụ:

Theo độ bền kéo:	St 37:	Thép xây dựng có độ bền kéo tối thiểu là 370 N/mm^2.
Theo thành phần hóa học:	20CrMo4:	Thép xây dựng có 0,2% C, 1% Cr và một lượng molybden không xác định.

Cách gọi tên như thế vẫn còn được dùng ở nhiều xưởng máy, tuy nhiên, sau giai đoạn chuyển tiếp cho tới năm 1992, cách gọi này không còn phù hợp với tên chuẩn nữa (xem sách Cẩm nang).

Tên gọi theo chuẩn EN 10027 (xem sách Cẩm nang).

Chuẩn Âu châu 10027 về cơ bản cho phép đặt tên theo hai khả năng:

1. Đặt tên bằng **tên tắt** với hai biến thể:
   a) Tên tắt chỉ dẫn công dụng và các tính chất cơ học hoặc vật lý của thép (Nhóm 1)
   b) Tên tắt chỉ dẫn thành phần hóa học của thép (Nhóm 2)
2. Đặt tên theo **số vật liệu**.

Đặt tên theo tên tắt:

Các tên tắt của nhóm 1 gồm có một ký hiệu chính và một ký hiệu phụ. Ký hiệu chính bao hàm thông tin về nhóm thép **(Bảng 1)** và một chữ số xác định tính chất đặc trưng của nhóm thép này.

Bảng 1: Các thí dụ về ký hiệu chính

S	Thép dùng cho kết cấu thép phổ thông
E	Thép chế tạo cơ khí
P	Thép chế tạo bình chịu áp suất
L	Thép chế tạo ống

https://tieulun.hopto.org

Thí dụ:

Tên tắt của thép xây dựng không hợp kim, theo chuẩn Âu châu DIN EN 10 027 là: **S235JR**

S: thép xây dựng không hợp kim

235: giới hạn chảy R_e = 235 N/mm²

JR: Công va đập có khứa 27J ở 20 °C

Các tên tắt của nhóm 2 được thiết lập tương tự như các chuẩn đã có. Ký hiệu chính gồm có thông tin về thành phần carbon và đối với thép hợp kim, có thêm thông tin về nguyên tố hợp kim. Đi kèm với số đặc trưng của các nguyên tố hợp kim là các hệ số riêng biệt **(Bảng 1)**. Kèm theo ký hiệu chính, ngoài ra có thể còn có thêm ký hiệu phụ gồm mẫu tự và chữ số.

Thép không hợp kim luôn được bắt đầu bằng ký hiệu chữ C của carbon và số đặc trưng chỉ thành phần carbon. Các ký hiệu phụ sau đây, như R hoặc E để chỉ hàm lượng lưu huỳnh tối đa.

Thí dụ :

Tên tắt của một thép không hợp kim, nhiệt luyện nâng phẩm (hóa tốt): **C45E**

C45: hàm lượng carbon 45/100 = 0,45%

E: hàm lượng lưu huỳnh tối đa

Thép hợp kim thấp có chứa các hợp kim có thành phần dưới 5% mỗi loại. Thành phần carbon được ghi trực tiếp với hệ số 1/100 % và không có ký hiệu C đứng trước **(Hình 1)**. Kế tiếp là thông tin (chỉ số) về các thành phần hợp kim với mã số chỉ hàm lượng phần trăm tương ứng.

Thép hợp kim cao là các loại thép có chứa thành phần hợp kim trên 5%. Có thể nhận ra ở mẫu tự X đứng trước ký hiệu **(Hình 2)**. Đối với thép hợp kim cao thì hàm lượng phần trăm của nguyên tố hợp kim được ghi trực tiếp, **không** có hệ số.

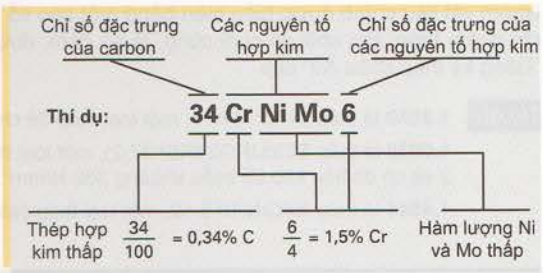
Tên gọi của vật liệu gang đúc cũng theo hệ thống này, gồm ký hiệu chính cho vật liệu gang đúc **(Bảng 2)** và thông tin về đặc tính sử dụng.

Ký hiệu dùng số vật liệu:

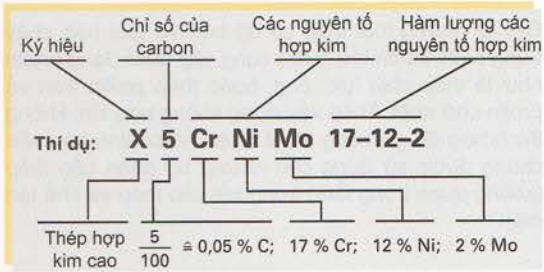
Đối với trường hợp quản lý bằng hệ thống vi tính thì cách dùng ký hiệu bằng số để làm tên gọi vật liệu rất thích hợp. Trong trường hợp này, mỗi vật liệu sẽ được mang 5 chữ số, và khi cần thiết có thể tăng lên 7 chữ số **(Bảng 3)**.

Bảng 1: Hệ số để tính hàm lượng của nguyên tố hợp kim

Hệ số 4	Cr	Ni	Mn	Co	Si	W
Hệ số 10	Al	Cu	Mo	Ta	Ti	V
Hệ số 100	C	P	S	N	Ce	



Hình 1: Tên tắt với thông tin về thành phần hóa học của thép hợp kim thấp



Hình 2: Tên tắt thông tin về thành phần hóa học của thép hợp kim cao

Bảng 2: Mẫu tự đặc trưng của vật liệu gang đúc

G	Vật liệu đúc
GG	Gang đúc có grafit tấm (Gang xám)
GGG	Gang đúc có grafit cầu
GGL	Gang đúc ôstenit có grafit tấm
GGK	Gang đúc trong khuôn rời (Kokill)
GH	Vật liệu đúc cứng
GS	Thép đúc
GSZ	Thép đúc ly tâm
GTS	Gang dẻo đúc không ủ khử carbon (gang dẻo đen)
GTW	Gang dẻo đúc có ủ khử carbon (gang dẻo trắng)

Bảng 3: Số nhóm của thép theo chuẩn Đức / Âu châu DIN EN 10027 (trích)

Số nhóm	Nhóm thép không hợp kim
00, 90	Thép cơ bản
	Thép chất lượng
01, 91	Thép xây dựng thông dụng, với R_m < 500 N/mm²
06, 96	Thép có trị số trung bình · 0,55% C hoặc R_m < 700 N/mm²
	Thép quý
10	Thép có những tính chất vật lý đặc biệt
12	Thép chế tạo máy có 0,50% carbon
Số nhóm	Nhóm thép có hợp kim
	Thép chất lượng
08, 98	Thép có những tính chất vật lý đặc biệt
	Thép quý
20 ... 28	Thép dụng cụ
40 ... 46	Thép không gỉ
50 ... 84	Thép xây dựng, thép chế tạo máy, thép bồn áp suất

https://tieulun.hopto.org

Nhóm vật liệu chính được biểu hiện bằng một con số đứng đầu, kèm theo là một dấu chấm. Hai con số kế tiếp chỉ nhóm thép. Hai chữ số cuối cùng, là số đếm, được dùng để gọi loại thép cụ thể. Hai số đếm do cơ quan "Đăng ký thép châu Âu" cấp.

Thí dụ: **1.8550** là thép 34 Cr Al Ni 7, một loại thép để chế tạo trục xoắn ốc điều khiển của máy công cụ.

1.0038 là thép S235JRG2 (RSt 37-2), một loại thép xây dựng được đúc, có làm lắng, thuộc nhóm chất lượng 2 và có độ bền kéo tối thiểu khoảng 360 N/mm^2.

1.4541 là thép X6CrNiTi18-10, một loại thép ôstenít không rỉ, có độ bền kéo từ 520 đến 720 N/mm^2.

5.4.4 Những loại thép và vật liệu gốc sắt quan trọng (trích)

Thép xây dựng không hợp kim:

Đây là những loại thép có độ bền và giới hạn chảy trung bình. Phần lớn được cung cấp dưới dạng profin như là thép chịu lực, ống, hoặc thép profin tròn và profin chữ nhật. Thép xây dựng không hợp kim không thích hợp để gia công nhiệt luyện. Vì có tính hàn nên chúng được sử dụng cho những bộ phận cấp thấp (không quan trọng lắm) trong kết cấu thép và chế tạo máy.

Thép xây dựng hạt mịn hàn được:

Thép xây dựng hạt mịn hàn được có độ bền và giới hạn chảy cao, cũng như có tính hàn rất tốt. Vì thế chúng được ưu tiên sử dụng trong ngành chế tạo máy, thiết kế kết cấu thép và chế tạo thiết bị. Độ bền cao đạt được là nhờ các thành phần hợp kim như mangan, nickel, chromi. Thép xây dựng hạt mịn có cấu trúc tế vi mịn nên phải được gia công cẩn thận.

Thép nhiệt luyện hóa tốt (hay còn gọi là thép tôi cải thiện):

Nhiệt luyện nâng phẩm là quá trình tôi và ram ngay sau đó. Thép nhiệt luyện nâng phẩm thích hợp cho quá trình này là nhờ vào thành phần hóa học của chúng, có thể là loại không pha hợp kim hoặc có pha hợp kim. Trong tình trạng đã được nhiệt luyện nâng phẩm, chúng có độ bền cao và đủ độ dẻo dai để được dùng như bánh răng xe, vít ốc, đai ốc, trục quay.

Thép tự động:

Thép tự động là loại thép thích hợp cho sản xuất đại trà (số lượng lớn) các chi tiết bằng gia công cắt gọt. Do có pha trộn với lưu huỳnh hoặc chì nên nó có tính cắt gọt tốt. Các mảnh dăm (phoi) vì thế gãy ngắn. Dù pha với lưu huỳnh nhưng độ bền bị ảnh hưởng không đáng kể. Hàm lượng carbon vào khoảng 0,09% đến 0,45%. Thép tự động với thành phần carbon trên 0,3% có thể tôi cải thiện được.

https://tieulun.hopto.org

Thép lò xo:

Các chi tiết thiết kế, sau khi được tôi nâng phẩm mà vẫn cần có khả năng đàn hồi khi bị tải trọng làm biến dạng, phải được chế tạo bằng thép lò xo. Về cơ bản, đó là tất cả các loại lò xo, như lò xo vít, lò xo dĩa, lò xo tấm. Thép lò xo không hợp kim có chứa carbon từ 0,5% đến 0,8%. Thép lò xo hợp kim phần lớn có chứa silic, cùng với chromi và vanadi.

Thép tôi thấm than:

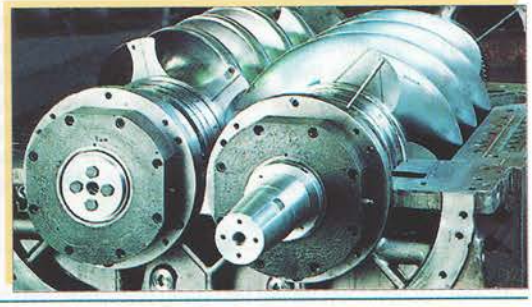
Thép tôi thấm than là loại thép có thành phần carbon thấp dưới 0,22%. Để tăng cường độ bền và độ cứng bề mặt, chúng được xử lý làm tăng carbon lên lớp vỏ bề mặt và qua đó có thể tôi hóa cứng ở vùng này. Vì trong ruột của chi tiết (phôi) không bị ảnh hưởng nên vẫn dẻo, cho nên loại thép này thích hợp cho các bộ phận như bánh răng, trục quay, dĩa cam.

Tôi thấm nitrogen:

Một hiệu ứng tương tự như đối với thép tôi thấm than được áp dụng để tôi thấm nitrogen lên lớp bề mặt. Qua đó, thép tôi thấm nitrogen có được một lớp nitrit bền nhiệt độ và bảo đảm một độ cứng cao. Thép tôi thấm nitrogen là loại thép có pha các nguyên tố hợp kim như nhôm, chromi, molybden, vanadi, niob hoặc titani.

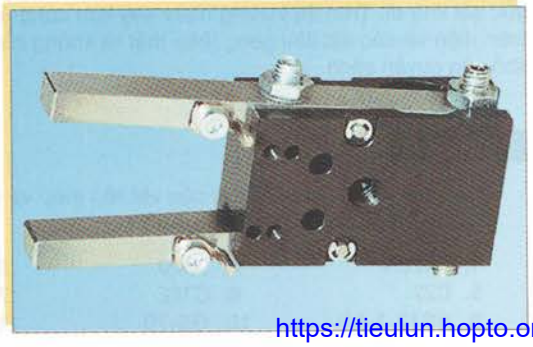
Thép không rỉ:

Đây là những loại thép hợp kim cao với thành phần chromi ít nhất là 13% và thành phần nickel khoảng 10%. thành phần carbon thường rất thấp (dưới 0,1%). Các thép này dai-đàn hồi và có độ bền trung bình. Đặc trưng của loại thép này là có tính bền chống ăn mòn lâu dài. Trong thực tế, chúng được biết đến với tên gọi là "thép không rỉ".



Thép dụng cụ:

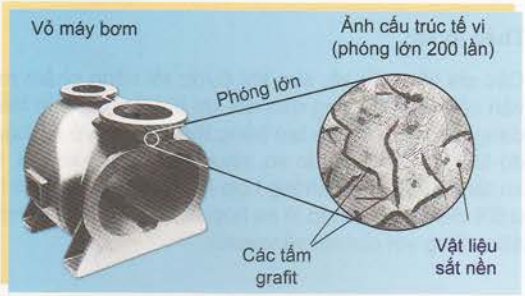
Thép dụng cụ được dùng để chế tạo nhiều loại dụng cụ, công cụ rất khác biệt để gia công chế tạo như: uốn, dập sâu, cắt gọt cũng như dùng trong kỹ thuật thủ thuật (kỹ thuật tay máy) và kỹ thuật đo đạc. Tùy thuộc vào thành phần hóa học, chúng được phân chia thành thép dụng cụ không hợp kim, hợp kim thấp và hợp kim cao. Tùy theo mục đích sử dụng, chúng được phân loại thành thép gia công nguội, thép gia công nóng và thép gia công tốc độ cao (thép gió).



https://tieulun.hopto.org

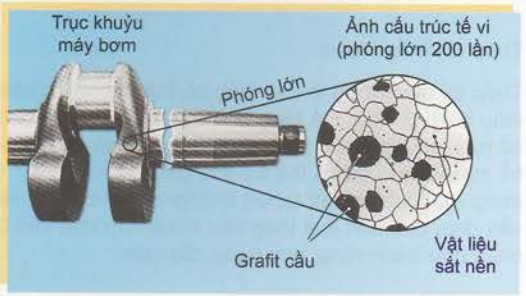
Gang đúc grafit tấm:

Các chi tiết thiết kế có hình dạng phức tạp và do đó rất khó chế tạo bằng các phương pháp gia công cắt gọt thì hầu hết được đúc. Gang đúc grafit tấm là vật liệu sắt với thành phần carbon từ 2,6% đến 3,6% nhưng carbon tách ra dưới dạng grafit tấm mỏng xếp cạnh nhau. Bởi vì gang grafit có tác dụng như vật liệu trượt nên thích hợp để chế tạo khối bệ (máy) bên dưới.



Gang đúc grafit cầu:

Grafit tách ra và nằm trong nền vật liệu sắt dưới dạng cầu. Nhờ đó gang grafit cầu có độ bền cơ bản cao hơn. Grafit dạng cầu hình thành nhờ được cho magnesi vào trong gang lỏng. Vật liệu gang cầu được dùng chế tạo các chi tiết đúc chịu đựng được các tải trọng va đập mạnh như vỏ hộp động cơ, bánh răng.



Gang dẻo (gang ủ dẻo):

Gang dẻo được dùng để đúc các chi tiết ráp nối đường ống, con đội, thanh truyền v.v... cần có độ dai dẻo đặc biệt. Độ dai dẻo đạt được nhờ vào sự gia công nhiệt luyện ủ sau khi đúc. Trong quá trình ủ, các vật đúc được nung ủ trong môi trường khí oxy (gang dẻo trắng) hoặc môi trường khí trơ (gang dẻo đen).

Thép đúc:

Thép đúc là thép được đúc trong khuôn. Cách làm này luôn được thực hiện để chế tạo các chi tiết cần có các đặc tính của thép, nhưng lại cần phải kết hợp với những điều kiện chế tạo thuận lợi của phương pháp đúc, thí dụ như các thân máy (lốt máy), vỏ hộp của máy nén khí, cánh quạt tuabin. Sau khi đúc, các sản phẩm sẽ được nung và sẽ có được độ bền tương đương với độ bền của thép cán.

Các loại vật liệu thép và vật liệu gang đúc được nêu trên mới chỉ là một vài tuyển chọn tiêu biểu cho các vật liệu gốc sắt khả dĩ. Trên thị trường ngày nay còn cung ứng rất nhiều các loại vật liệu thép và gang đúc. Kiến thức toàn diện về các vật liệu gang thép thật ra không cần thiết đối với kỹ thuật viên cơ điện tử và vượt quá khuôn khổ của quyển sách.

Bài tập:

Hãy định nghĩa các ký hiệu của vật liệu thép và vật liệu gốc sắt sau đây và hãy sắp xếp chúng theo thứ tự các loại thép đã được đề cập ở trên:

1. S420N	2. 9S20	3. C10E	4. 31CrMo12
5. C22	6. C75E	7. C55U	8. 120WV4
9. HS12-1-4-5	10. GS-70	11. GTW-40-5	12. GS-17CrMo 5 5

https://tiedlun.hopto.org

5.5 Kim loại phi sắt

Bên cạnh các vật liệu gốc sắt, các kim loại phi sắt (kim loại màu) cũng được sử dụng rất nhiều trong các thiết bị và máy móc trong ngành cơ điện tử. Thí dụ các vật liệu profin nhôm thường được sử dụng nhiều trong những phân xưởng tự động hóa **(Hình 1)**, các ổ bạc dẫn hướng của thanh nối (trục vít) bằng hợp kim đồng thiếc và các đường ống bằng đồng.

> Kim loại phi sắt là tất cả các kim loại ròng không phải là sắt và cũng là tất cả hợp kim của các kim loại mà trong đó thành phần sắt không được nhiều hơn các thành phần khác.

Kim loại phi sắt được phân chia thành kim loại nhẹ và kim loại nặng, sự phân chia này chủ yếu căn cứ trên khối lượng riêng của vật liệu đó.

> Kim loại nhẹ có khối lượng riêng nhỏ hơn 5 kg/dm^3, kim loại nặng có khối lượng riêng lớn hơn 5 kg/dm^3.

Đối với ngành cơ điện tử thì những kim loại phi sắt quan trọng nhất là đồng và nhôm cùng với các hợp kim của mỗi loại. Trong thực hành, các kim loại phi sắt rất ít khi được sử dụng ở dạng nguyên chất mà hầu hết là hợp kim, bởi vì các đặc tính của vật liệu được thay đổi có chủ đích bằng hợp kim nhất định để thích ứng với những ứng dụng riêng biệt.

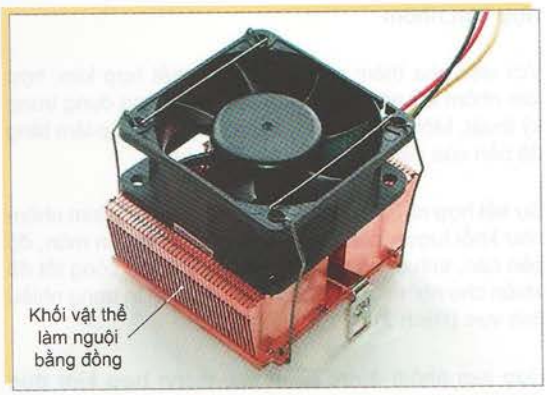
Hình 1: Thiết bị xây dựng với các profin nhôm

Bảng 1: Các chỉ số của đồng

Khối lượng riêng	8,9 kg/dm^3
Độ nóng chảy	1083 °C
Độ bền kéo	cán nóng: 200 ... 300 N/mm^2; hóa cứng nguội: đến 600 N/mm^2
Độ dãn khi đứt	50 ... 35%; hóa cứng nguội 2%

5.5.1 Đồng và hợp kim đồng

Đồng là một kim loại nặng có khối lượng riêng 8,92 kg/dm^3 **(Bảng 1)**. **Đồng nguyên chất** chủ yếu được sử dụng khi có yêu cầu cao về tính dẫn nhiệt và tính dẫn điện **(Hình 2)**, như trường hợp của thiết bị trao đổi nhiệt và đường dây truyền điện. Do có tính hàn vảy tốt nên đồng cũng thích hợp để sử dụng làm vật liệu đường ống. Vì có độ dẻo dai cao nên đồng không thích hợp để gia công cắt gọt có phoi.



Hình 2: Ứng dụng của đồng nguyên chất

Hợp kim đồng-kẽm

Hợp kim đồng-kẽm (Tên gọi trước kia là Messing = đồng thau) được sử dụng cho nhiều chi tiết cơ khí nhỏ trong ngành cơ khí chính xác và trong công nghiệp điện **(Hình 3)**. Hợp kim này có tính đúc tốt và với hàm lượng kẽm (Zn) khoảng 30% thì dễ gia công biến dạng, với hàm lượng kẽm trên 37% thì dễ gia công cắt gọt. Nếu pha thêm nhôm, sắt, nickel và mangan thì độ bền kéo sẽ tăng.

Hình 3: Ứng dụng của hợp kim đồng-kẽm

https://tleulun.hopto.org

Hợp kim đồng-thiếc

Hợp kim đồng thiếc được biết nhiều hơn dưới tên "thau", đồng điếu, đồng đỏ. Hàm lượng thiếc (Sn) vào khoảng 2% đến 15%. Các thành phần khác như chì, kẽm hoặc nickel được cho vào rất ít. Độ bền của hợp kim đồng-thiếc (CuSn) cao hơn của hợp kim đồng-kẽm (CuZn) và ở vào khoảng 350 N/mm² tới 410 N/mm². Hợp kim này dễ đúc, bền chống ăn mòn và nhờ tính chất trượt tốt nên được dùng chế tạo bạc trượt ổ trục và bạc lót ổ trục **(Hình 1)**.

Hình 1: Các chi tiết bợ trục, vòng đệm bằng hợp kim CuSn

5.5.2 Nhôm và các hợp kim nhôm

Nhôm là một kim loại nhẹ, có khối lượng riêng 2,7 kg/dm³ **(Bảng 1)**. Nhờ có bề ngoài ánh bạc và lớp oxide sáng loáng nên nó có đặc điểm của vật liệu trang trí.

Bảng 1: Các chỉ số của nhôm

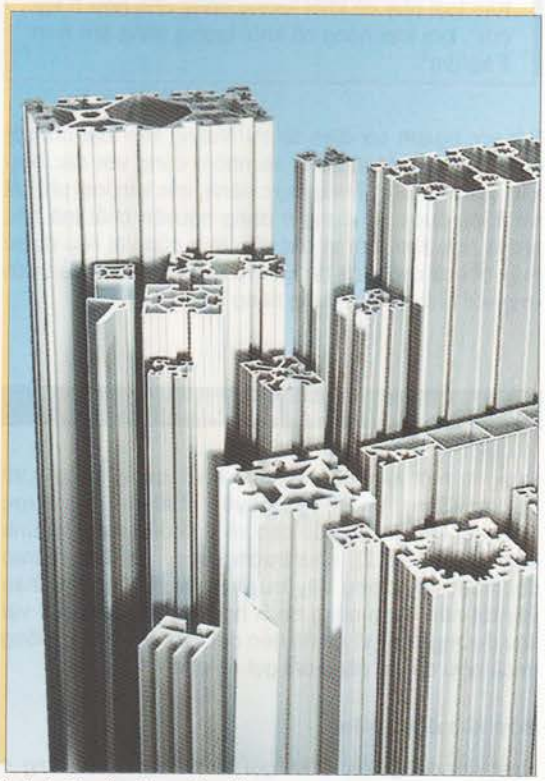
Khối lượng riêng	2,7 kg/dm³
Độ nóng chảy	658 °C
Độ bền kéo	vật liệu đúc 90 ... 120 N/mm² ủ mềm 65 N/mm² cán cứng 150 ... 230 N/mm²
Độ dãn khi đứt	25 ... 3%

Ở thể nguyên chất, nhôm không thích hợp cho các ứng dụng kỹ thuật. Nhờ vào tính không độc hại đối với sức khỏe nên nhôm được sử dụng rộng khắp để làm bao bì và hộp đựng thực phẩm. Năng lượng cần thiết để chế tạo nhôm tương đối cao, do đó giá thành cao và ảnh hưởng ô nhiễm môi trường cũng lớn, nhưng bù lại khả năng tái chế nhôm phế thải đạt được gần 100%.

Hợp kim nhôm

Với việc pha thêm một phần nhỏ chất hợp kim, hợp kim nhôm trở nên thích ứng với nhiều ứng dụng trong kỹ thuật. Một lượng nhỏ magnesi và silic giúp làm tăng độ bền của vật liệu một cách đáng kể.

Sự kết hợp những đặc tính tích cực của hợp kim nhôm như khối lượng riêng nhẹ, tính bền chống ăn mòn, độ bền cao, tính trang trí bề ngoài và tính gia công tốt đã khiến cho nhôm trở thành vật liệu rất giá trị trong nhiều lĩnh vực **(Hình 2)**.



Hình 2: Các thanh profin nhôm

Hợp kim nhôm được phân loại thành **hợp kim đúc** và **hợp kim dẻo**. Nguyên tố chính của hợp kim đúc là silic (Si). Hợp kim này được dùng để chế tạo các bộ phận hoàn chỉnh, chỉ cần gia công thêm rất ít, thí dụ: hộp vỏ (máy), đầu xi lanh (nắp cu lát) v.v...

Hợp kim nhôm dẻo có thành phần chính là mangan, đồng, magnesi và kẽm, được chế tạo thành bán thành phẩm như tấm mỏng, ống và chủ yếu là các thanh profin **(Hình 2)**. Hợp kim dẻo thông thường dễ gia công cắt gọt (có phoi). Nhưng cũng cần lưu ý là nên sử dụng các dụng cụ để gia công có dạng hình học thích hợp (xem trang 174). Vận tốc cắt gọt nhôm cao hơn hẳn vận tốc cắt thép. Việc kết nối các phần lại với nhau bằng cách hàn nóng chảy hay hàn vảy bằng những phương pháp tương ứng cũng đều thuận tiện (xem trang 223 và tiếp theo).

https://tieulun.hopto.org

5.6 Các kim loại quan trọng khác

Ngoài các kim loại đã được trình bày là đồng, nhôm và các hợp kim của chúng, còn có một loạt kim loại và hợp kim khác được ứng dụng hữu ích trong kỹ thuật. Do các tính chất đặc biệt của chúng, các kim loại này, dù ở trạng thái nguyên chất hoặc là thành phần của hợp kim, đều đáp ứng được những yêu cầu (kỹ thuật) đặc biệt.

Bảng 1: Đặc tính và sử dụng của các kim loại quan trọng trong kỹ thuật

Kim loại Ký hiệu	Khối lượng riêng kg/dm³	Nhiệt độ nóng chảy °C	Đặc tính	Ứng dụng
Kim loại có độ nóng chảy thấp				
Thiếc Sn	7,3	232	Dễ đúc Dễ biến dạng	Lớp tráng thép tấm (tôn tráng thiếc) Nguyên tố hợp kim cho hợp kim CuSn Hợp kim thiếc: gia phụ hàn vảy, Thí dụ: L-Sn 60 Pb
Chì Pb	11,3	327	Bền đối với acid sulfuric, hấp thụ tia Röntgen (tia X)	Bảo vệ chống bức xạ, phủ lớp kim loại, ắc quy chì, Nguyên tố hợp kim cho thép tự động Hợp kim chì: Thí dụ: LgPbSn9Cd (hợp kim làm ổ trục)
Kẽm Zn	7,1	419	Bền chống ăn mòn ngoài trời	Bảo vệ chống ăn mòn (tráng kẽm), Nguyên tố hợp kim cho các hợp kim Al Hợp kim kẽm: Đúc áp lực, Thí dụ: GD-ZnAl4Cu1
Kim loại nhẹ				
Magnesi Mg	1,8	650	Kim loại dùng trong kỹ thuật, nhẹ, ở dạng bột dễ bốc cháy	Nguyên tố hợp kim cho các hợp kim Al Hợp kim Mg: Chi tiết nhẹ cho các ngành chế tạo máy, xe cộ và máy bay
Titan Ti	4,5	1727	Độ bền cao, dẻo, bền chống ăn mòn và bền nhiệt độ cao, giá đắt	Các cơ phận, chi tiết nhẹ chịu tải cao như cánh tua-bin máy bay phản lực, thiết bị hóa học, Hợp kim titan: Chi tiết nhẹ năng suất cao
Kim loại hợp kim				
Mangan Mn	7,3	1250	Cứng, giòn	Kim loại hợp kim cho thép cứng dai/dẻo
Nickel Ni	8,9	1455	Sáng, bóng kim loại, bền chống ăn mòn	Lớp phủ bảo vệ (mạ nickel), nguyên tố hợp kim cho thép bền chống ăn mòn
Cobalt Co	8,8	1490	Dai/dẻo, bền chống ăn mòn	Nguyên tố hợp kim cho thép gió (gia công tốc độ), Kim loại liên kết cho hợp kim cứng
Vanadi V	6,0	1720	Cứng, giòn	Nguyên tố hợp kim cho thép cứng dẻo và thép gió
Chromi Cr	7,1	1900	Sáng, bóng kim loại, bền chống ăn mòn	Lớp phủ bảo vệ (mạ chromi), nguyên tố hợp kim cho thép không rỉ
Kim loại có độ nóng chảy cao				
Molybden Mo	10,2	2600	Bền chống ăn mòn	Dây điện trở, nguyên tố hợp kim cho thép bền nhiệt độ cao và thép gió
Tantal Ta	16,6	3000	Cứng dai/dẻo, bền chống ăn mòn của acid	Thiết bị máy hóa học đặc biệt Nguyên tố hợp kim cho thép bền nhiệt
Wolfram W	19,3	3380	Cứng dẻo, bền chống acid ăn mòn ở nhiệt độ cao, độ nóng chảy cao nhất	Thiết bị máy móc hóa học đặc biệt, dây tóc bóng đèn, nguyên tố hợp kim cho thép bền nhiệt và thép gió
Kim loại quý				
Bạc Ag	10,5	960	Tính dẫn điện cao nhất	Dây dẫn điện và công tắc Phản quang sáng bóng, lớp tráng gương
Vàng Au	19,3	1063	Trang trí bề ngoài, bền chống ăn mòn	Đồ trang sức, kim hoàn, lớp bảo vệ thiết bị hóa học, công tắc điện, điện tử
Platini Pt	21,5	1773	Bền chống acid ăn mòn cực tốt	Chén nung và vật dụng nhỏ cho phòng thí nghiệm hóa học. Đồ trang sức, cặp nhiệt điện

https://tieulun.hopto.org

5.7 Vật liệu thiêu kết

Kim loại ròng và các hợp kim của nó không phải lúc nào cũng có các tính chất tốt mong muốn. Thí dụ các bộ lọc **(Hình 1)** để lọc phần dầu trong không khí thoát ra từ thiết bị khí nén cần có độ bền cơ học cao và đồng thời phải xốp (có nhiều khe hở) để khí nén có thể thoát ra được. Sự việc này có thể đạt được bằng thiêu kết vật liệu.

> Thiêu kết là quá trình nung các chi tiết từ bột kim loại đã được nén, tạo thành một kết cấu dính chặt lại với nhau do quá trình khuếch tán và kết tinh.

Hình 1: Các chi tiết bằng vật liệu thiêu kết

5.7.1 Chế tạo chi tiết thiêu kết

Quá trình thiêu kết được thực hiện qua ba công đoạn **(Hình 2)**:

Bước 1: Chế tạo và trộn đều bột kim loại

Kim loại nóng chảy được phun mù (phun sương) hoặc phun tóe bằng một vòi phun (dưới áp suất và vận tốc rất cao) tạo nên những vi hạt kim loại. Chúng sẽ được pha trộn để có thành phần hóa học mong muốn.

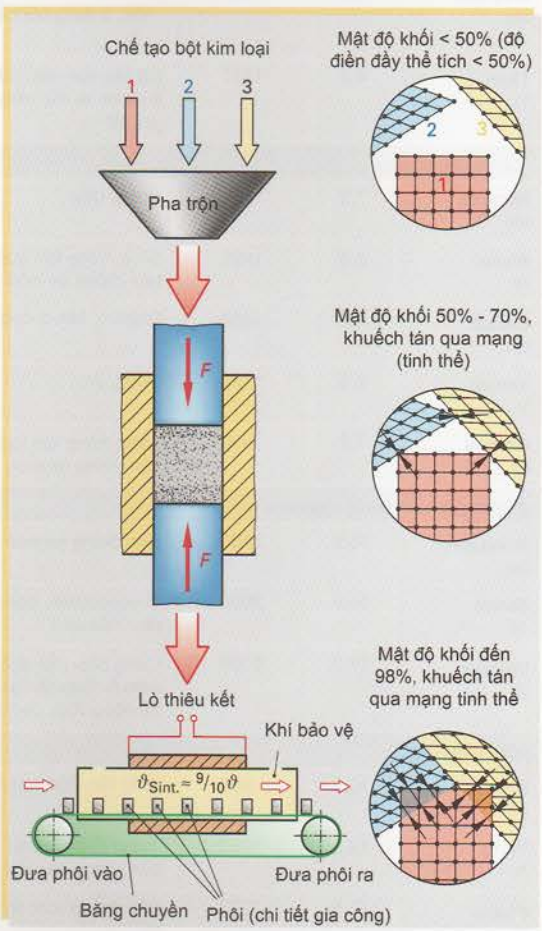
Bước 2: Ép bột kim loại

Các vi hạt kim loại được ép trong một khuôn tạo dạng dưới một áp suất rất lớn đến độ các hạt vật chất bám chặt vào nhau tại những điểm tiếp giáp ngay trong trạng thái nguội. Nhờ sự bám chặt vào nhau và lực áp dính nên phôi thô có được sự liên kết bền chặt với nhau.

Bước 3: Thiêu kết

Phôi nén có được độ bền cao cuối cùng là nhờ vào khâu nhiệt luyện tiếp theo, khâu thiêu kết, trong đó xảy ra các quá trình khuếch tán tại biên hạt và sự tái kết tinh tại những điểm tiếp giáp được nén cứng nguội. Nhiệt độ thiêu kết vào khoảng 20% thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của bột kim loại.

Độ bền về kích thước của các chi tiết thiêu kết rất cao. Tuy nhiên tùy từng trường hợp, chúng vẫn có thể được chỉnh lại (ép điều chỉnh lại) để có được kích cỡ theo yêu cầu và để có được chất lượng bề mặt như mong muốn.



Hình 2: Chế tạo vật liệu thiêu kết

5.7.2 Phạm vi ứng dụng của kim loại thiêu kết

Kim loại thiêu kết được sử dụng làm bộ lọc, bộ hãm thanh, ổ trục cần chất bôi trơn thường xuyên, chi tiết/phôi tạo hình v.v...

https://tieulun.hopto.org

5.8 Sự ăn mòn

Mọi vật liệu kim loại đều chịu biến đổi dạng bề ngoài khi được sử dụng ngoài trời. Đối với một vài loại vật liệu thì sự biến đổi đó có thể được xem là điều tốt (thuận lợi), thí dụ như nhôm, tuy nhiên đối với hầu hết các vật liệu khác thì đó là hiện tượng xấu (bất lợi), thí dụ: vật liệu sắt. Hiện tượng này được gọi là sự ăn mòn.

> Sự phá hủy các vật liệu kim loại bởi các phản ứng hóa học hoặc điện hóa học được gọi là sự ăn mòn.

Sự ăn mòn gây nên thiệt hại hàng năm vô cùng lớn trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Những nỗ lực nhằm ngăn chặn sự ăn mòn đòi hỏi tốn kém lớn về chi phí.

5.8.1 Nguyên nhân của sự ăn mòn

Sự ăn mòn có thể xuất phát từ hai nguyên nhân khác nhau cơ bản và tên gọi của chúng cũng xuất phát từ đó:

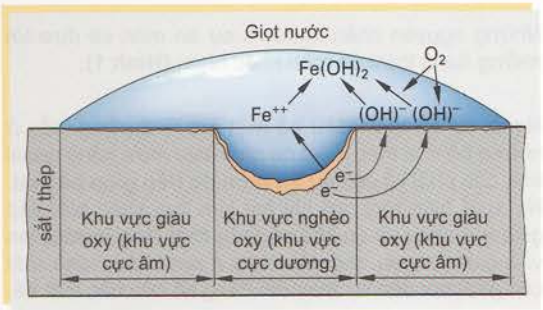
- sự ăn mòn điện hóa
- sự ăn mòn hóa học

Trong quá trình **ăn mòn điện hóa** trên bề mặt ẩm ướt của thép thì sự ăn mòn (trên bề mặt) xuất phát từ trong lớp chất lỏng có tính dẫn điện (thí dụ: nước mưa, mồ hôi tay), đó chính là một chất điện giải **(Hình 1)**. Trong đó các ion sắt kết hợp với các ion của oxy trong nước và tạo thành một lớp rỉ, lớp bị ăn mòn ngoài mong muốn **(Hình 2)**.

Nếu tại chỗ tiếp giáp của hai kim loại khác nhau, thí dụ: lớp vỏ thép tiếp xúc với profin nhôm **(Hình 3)**, có chất điện giải thì sẽ xảy ra hiện tượng điện phân (pin galvanic). Và chiếu theo dãy điện hóa các nguyên tố thì hậu quả là kim loại kém quý hơn sẽ bị phân hủy (xem sách Cẩm nang).

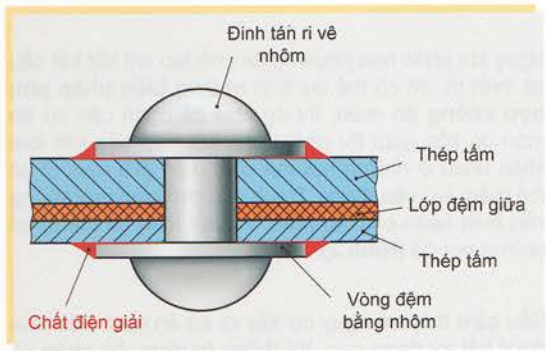
Loại ăn mòn này thường xảy ra tại nhiều vị trí trong các cỗ máy hoặc thiết bị cơ điện. Thí dụ, khi chọn sai các chi tiết kết nối (như đinh vít, vòng đệm, đinh tán v.v...) cho các bạc lót của bộ vỏ máy hoặc chọn sai phụ liệu trong trường hợp hàn nóng chảy.

Đối với trường hợp hàn nóng chảy thì xảy ra hiện tượng **ăn mòn hóa học**, ăn mòn ở nhiệt độ cao. Qua đó vật liệu kết hợp (phản ứng) trực tiếp với oxy trong không khí bao quanh, giống như trong trường hợp tạo vảy rỉ khi thép được cán nóng **(Hình 4)**.

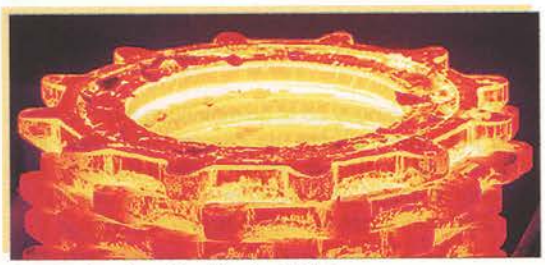


Hình 1: Các quá trình điện hóa trên bề mặt thép ẩm ướt

Hình 2: Bề mặt thép bị ăn mòn



Hình 3: Các yếu tố làm ăn mòn



Hình 4: Lớp vảy oxide sắt trên phôi nóng

https://tieulun.hopto.org

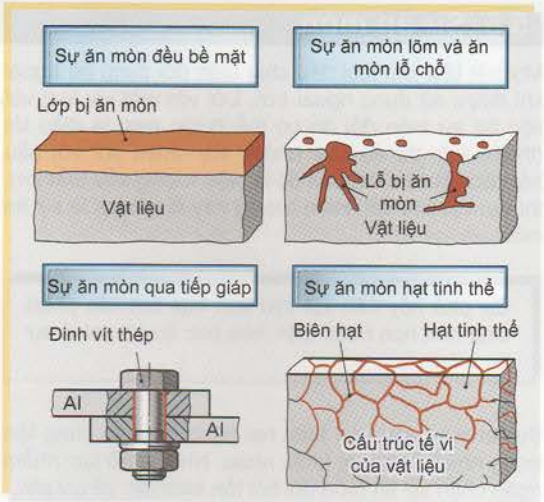
5.8.2 Các dạng thức ăn mòn

Những nguyên nhân khác về sự ăn mòn sẽ đưa tới những dạng thức ăn mòn khác nhau **(Hình 1)**.

Ngoài sự **ăn mòn đều bề mặt** mà ta thường thấy ở những bề mặt thép rỉ sét do phải chịu mưa nắng ngoài trời, còn phải kể đến sự **ăn mòn do tiếp giáp bề mặt**. Nó xuất hiện mọi nơi khi hai kim loại khác biệt tiếp giáp với nhau và có khả năng bị chất lỏng (nước) len vào giữa. Ngoài các dấu hiệu rỉ sét không đẹp mắt còn phải nói đến sự thay đổi đáng kể của các mặt đế.

Được gọi là **ăn mòn trũng** hoặc **ăn mòn lỗ chỗ** là khi xảy ra hiện tượng ăn mòn sâu trên bề mặt của phôi bằng thép hợp kim. Nó có tầm nguy hiểm đặc biệt đối với bộ phận chịu tải lớn, bởi vì qua đó tiết diện chịu tải trọng bị nhỏ đi.

Trong trường hợp **ăn mòn hạt tinh thể** thì xảy ra những đường nứt siêu nhỏ mà bên ngoài không trông thấy, nhưng lại làm giảm nghiêm trọng độ bền của vật liệu và thường đưa tới gãy, hỏng chi tiết kết cấu.

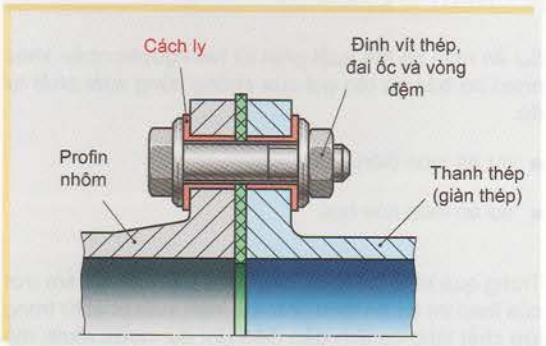


Hình 1: Các dạng thức ăn mòn

5.8.3 Những biện pháp chống ăn mòn

Sự ăn mòn các chi tiết kết cấu có thể ngăn chặn được bằng nhiều biện pháp khác biệt.

Ngay khi phác họa phương án chế tạo chi tiết kết cấu và thiết bị, đã có thể dự tính **những biện pháp phù hợp chống ăn mòn,** thí dụ như để ngăn cản sự ăn mòn do tiếp giáp thì phải tránh kết hợp các kim loại khác nhau ở những nơi mà chất điện giải (nước) có thể thấm len vào được. Tránh các chỗ giáp mối không cần thiết hoặc các lần rãnh, vì chất lỏng có thể tụ tại những nơi đó **(Hình 2)**.



Hình 2: Thí dụ về thiết kế có lưu ý đến chống ăn mòn hiệu quả

Nếu cảm thấy có nguy cơ xảy ra sự ăn mòn điện hóa dưới bất kỳ dạng nào, thì thông thường, bộ phận có khả năng bị nguy hại đó phải được **bảo vệ bằng lớp phủ bề mặt**. Lớp phủ này có thể chỉ đơn giản là bôi mỡ lên các bộ phận có thể tiếp xúc với mồ hôi tay, hoặc phết một lớp bảo vệ chống ăn mòn, hoặc phủ lớp bột lên thanh giá đỡ hoặc vỏ thiết bị.

Các bộ phận có nguy cơ bị ăn mòn cũng thường được tráng mạ, như mạ kền, mạ chromi hoặc tráng kẽm nóng chảy để tách ly với chất điện phân **(Hình 3)**. Nếu các chỗ đã được phủ, tráng bị trầy, tróc, hư hại thì nhất thiết phải được tu sửa hoặc phủ lớp mới.

Hình 3: Tráng kẽm bảo vệ chống ăn mòn

https://tieulun.hopto.org

5.9 Chất dẻo

Trong các hệ thống thiết bị và máy móc cơ điện tử, có nhiều bộ phận, chi tiết làm bằng chất dẻo. Hiện nay chất dẻo có vô số ứng dụng với nhiều đặc tính riêng biệt và được chế tạo bằng nhiều phương pháp khác nhau.

Tất cả những vật liệu hữu cơ được chế tạo bằng các phương pháp tổng hợp được gọi là chất dẻo.

Nguyên liệu dùng để chế tạo chất dẻo là dầu thô hoặc khí thiên nhiên. Các chất liệu mới được hình thành do biến đổi hóa học (tổng hợp) và có những đặc tính hoàn toàn khác với các nguyên liệu ban đầu. Do chúng được hình thành từ các hợp chất carbon hay hợp chất silic được biến đổi từ thiên nhiên, nên được xem là các chất hữu cơ.

5.9.1 Các đặc tính của chất dẻo và các khả năng ứng dụng của chúng

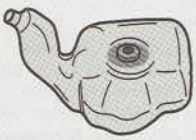
Không như vật liệu khác, các loại chất dẻo về tính chất có thể thích nghi được với các điều kiện đòi hỏi. Do vậy, một chất dẻo có thể trở nên mềm, cứng hoặc đàn hồi khi được xử lý hóa học thích hợp.

Các đặc tính quan trọng nhất:

- Không dẫn điện
- Khối lượng riêng thấp và do đó trọng lượng nhỏ
- Bền chống ăn mòn
- Dễ làm biến dạng
- Giá tương đối rẻ
- Tính dẫn nhiệt thấp
- Có tính cách nhiệt nóng và lạnh
- Có thể nhuộm màu
- Bền đối với nhiều hóa chất

Do những đặc tính này nên chất dẻo được sử dụng rất đa dạng (**Bảng 1**)

Bảng 1: Các đặc tính điển hình và ứng dụng của chất dẻo

Khối lượng riêng thấp: 0,9 kg/dm³ đến 2,2 kg/dm3 **Ứng dụng điển hình:** Thùng chứa vận chuyển, bình chứa, can xăng, các bộ phận ô tô và máy bay, các chi tiết kết cấu nhẹ, fôli (màng mỏng)	Thùng đựng dụng cụ	Can xăng	Màng, tấm mỏng
Đặc tính cơ học đa dạng: Từ cứng đến rắn chắc, từ dẻo dai đến mềm, giống da động vật hay đàn hồi cao su **Dễ tạo hình và dễ gia công** **Ứng dụng điển hình:** Chi tiết máy, vỏ bọc, lớp đệm, vỏ bánh xe ô tô	Bánh xe răng	Vỏ máy	Bọt xốp
Cách điện (không dẫn điện), cách ly nóng và lạnh **Ứng dụng điển hình:** Cách ly cho dụng cụ, các cấu kiện điện, vật liệu cách nhiệt	Lớp tra cán cầm tay	Cấu kiện cách điện	Tấm cách nhiệt
Bền chống ăn mòn đối với nhiều loại hóa chất và đối với ảnh hưởng ăn mòn của môi trường xung quanh **Các ứng dụng điển hình:** Bao tay bảo hộ, giày ủng, bồn chứa, đường ống, thùng chứa hóa chất, lớp sơn bảo vệ, lớp tráng phủ	Bao tay bảo hộ	 Thùng chứa nhiên liệu	Lớp tráng phủ

https://tieulun.hopto.org

Tuy nhiên, khả năng sử dụng của chất dẻo cũng có giới hạn. Đặc biệt hầu hết các chất dẻo có tính bền nhiệt thấp, không bền đối với các dung môi hữu cơ và không bền (nhạy cảm) đối với tia cực tím nên việc ứng dụng rộng rãi hơn nữa gặp trở ngại.

5.9.2 Phân loại các chất dẻo

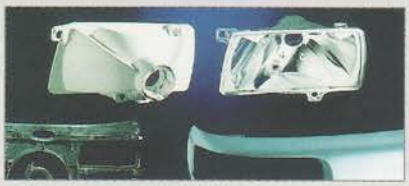
Chất dẻo được phân loại thành ba nhóm theo tính năng khi được nung nóng. Đặc biệt sự thay đổi độ bền đóng vai trò quyết định:

Nhựa nhiệt rắn, cứng ở nhiệt độ phòng và đặc tính của chúng chỉ thay đổi rất ít bởi tác dụng nhiệt. Nguyên do là vì cấu trúc phân tử liên kết mạng chặt chẽ. Chúng không trở nên mềm bởi tác dụng nhiệt, song sẽ tự phân hủy nếu nhiệt (độ) quá lớn.

Nhựa nhiệt dẻo được hình thành từ các đại (macro) phân tử không kết mạng, các đại phân tử này được sắp xếp theo dạng sợi dài. Chúng luôn rắn cứng ở nhiệt độ phòng, nhưng có thể bị biến dạng ở nhiệt độ trên 100 °C do sự kết mạng giảm đi, và có thể hóa lỏng khi nhiệt cao hơn nữa. Sau khi làm nguội, chúng lại đạt độ bền như trước đó.

Nhựa đàn hồi là chất dẻo có tính đàn hồi như cao su, chịu thay đổi hình dạng dưới tác dụng lực và sẽ trở lại hình dạng ban đầu sau khi tác dụng của lực chấm dứt.

Bảng 1: Nhựa nhiệt rắn

Tên Ký hiệu Tên thương mại	Đặc tính	Ứng dụng điển hình	
Nhựa phenol, PF **Nhựa urê, UF** **Nhựa melamin, MF** (Nhựa này cũng được gọi là nhựa formaldehyd)	Từ không màu đến nâu vàng, hình thành bề mặt nhẵn cứng và giòn Khối lượng riêng: khoảng 1,5 kg/dm^3 Bền đối với nước sôi và dung môi. Không bền đối với dung dịch mạnh của acid và kiềm.	 Các chi tiết nhỏ cho ô tô và điện	*Ở thể nguyên chất:* Chất dán cho gỗ laminate và sơn. *Gia cường với chất phụ gia:* chi tiết, bộ phận nhỏ cho xe ô tô, các linh kiện điện Phủ lớp gỗ laminate
Nhựa polyester không bão hòa, UP Palatal Vestopal Legural Polyleit Trevira, Diolen	Không màu, trong suốt, tính bám dính tốt, dễ đúc từ đàn hồi-cứng đến đàn hồi-mềm, tùy theo sự chế tạo Khối lượng riêng 1,2 kg/dm^3 Bền đối với dung dịch loãng acid, kiềm, muối và dung môi	 Các chi tiết trong ô tô	*Ở thể nguyên chất:* nhựa dán và nhựa sơn *Nhựa keo cho chất dẻo gia cường bằng sợi thủy tinh, dạng sợi:* vải dệt, dây buộc, dây thừng bện.
Nhựa epoxy, EP Epoxin Araldit Lekutherm Epikote	Từ không màu đến vàng mật ong, trong mờ. Khả năng bám dính tốt đối với hầu hết các vật liệu, dễ đúc Cứng, dai, khó vỡ Khối lượng riêng: 1,2 kg/dm^3 Bền đối với các dung dịch acid, kiềm, dung dịch muối và dung môi	 Keo hai thành phần Đầu mũi xe lửa tốc hành ICE	*Ở thể nguyên chất:* Nhựa keo dán và nhựa sơn *Nhựa liên kết cho chất dẻo gia cường bằng sợi thủy tinh chịu tải cao:* Lớp bọc bên trong khung vỏ ô tô. Chi tiết trong máy bay
Nhựa polyurethan, PU Moltopren Vulkollan Bayflex Desmodur Lycra	Từ không màu đến vàng mật ong, trong mờ Bám dính tốt Khối lượng riêng: 1,26 kg/dm^3 Bền đối với acid yếu, kiềm, dung dịch muối và nhiều dung môi. Tùy theo mỗi độ kết mạng: Cứng và đàn hồi dai đến mềm và đàn hồi cao su Có thể xe thành sợi đàn hồi	 Vỏ bọc tay lái Chi tiết định hình cách ly	*Ở thể nguyên chất:* Bánh xe nhỏ, con chạy, đệm cản sóc, thanh cản của xe, keo dán, sơn *Sử dụng như bọt xốp:* Lớp xốp đệm, bọt xốp cách ly *Sử dụng như sợi:* vải dệt đàn hồi và dây thừng.

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Nhựa nhiệt dẻo

Tên Ký hiệu Tên thương mại	Đặc tính	Ứng dụng điển hình		
Polyethylen, PE **Polypropylen, PP** Lupolen Hostalen Vestolen Supralen	Từ không màu đến trắng như sữa, bề mặt trơn (trượt) láng. Khối lượng riêng: khoảng 0,92 kg/dm^3 **PE mềm:** mềm và dẻo dễ uốn **PE cứng:** cứng nhưng dễ uốn Bền đối với chất tẩy rửa, dầu, mỡ, acid và kiềm	 Thùng chứa	 Ống dẫn mềm dễ uốn	**PE mềm:** Chai đựng hóa chất, ống mềm dẻo dễ uốn, màng **PE cứng:** Ống thoát nước thải, thùng chứa, foli mỏng, đồ dùng trong nhà.
Polyvinylchlorid, PVC Vinoflex Hostalit Vestolit Vinnol	Không màu, trong suốt, Khối lượng riêng: 1,35 kg/dm^3 **PVC cứng:** cứng, không vỡ **PVC mềm:** mềm như cao su Bền đối với dầu, mỡ, acid và kiềm. Hòa tan trong dung dịch tẩy (nguội) trichlorethylen và Tetrachlormethan	 Ống thoát nước thải	 Profin khung cửa sổ	**PVC cứng:** cấu kiện máy móc, ống dẫn, thùng chứa, tấm tôn nhựa, profin **PVC mềm:** da nhân tạo, ống mềm, vòng đệm kín.
Polystyren, PS Polystyrol Hostyren Vestyren Styropor	Không màu, trong suốt, trong như thủy tinh, bể văng mảnh nhỏ. Khối lượng riêng: 1,05 kg/dm^3 Bền đối với acid loãng, kiềm và dung dịch muối. Không bền đối với dung môi Có thể tạo nên bọt xốp cứng với khối lượng riêng 20 kg/dm^3.	 Vỏ bọc thiết bị	 Bao bì	Ly nhựa, bao bì, lớp vỏ (chi tiết). *Bọt xốp polystyren:* bao bì, cách ly nóng và lạnh (cách nhiệt)
Polyamid, PA Durethan Ultramid Vestamid Degamid Trogamid Perlon, Nylon	Trắng đục như sữa, bề mặt láng nhẵn, bền chống mài mòn, cách âm và giảm chấn động Khối lượng riêng: 1,14 kg/dm^3 Độ bền cao: đến 70 N/mm^2 Bền đối với acid yếu và kiềm, dung dịch muối, dầu, dung môi, xăng, có thể kéo thành sợi	 Vỏ máy móc	 Bánh xe răng	Bánh xe răng, bạc ổ trụi, đường rây trượt, cam (đĩa cam), bánh xe (con lăn) dẫn hướng, vỏ bọc máy móc, thùng chứa nhiên liệu *Sợi polyamid:* Dây thừng bền khó đứt, dây buộc, vải dệt
Thủy tinh nhân tạo (Polymethylmethacrylat) Plexiglas Plexidur Resartglas	Trong như thủy tinh, ánh sáng trung thực (không đổi màu), để cho tia cực tím xuyên qua, bề mặt bóng loáng. Cứng, dai, khó vỡ, bền với thời tiết. Khối lượng riêng: 1,18 kg/dm^3 Bền đối với acid yếu, kiềm cũng như dung dịch muối, dầu và xăng	 Nắp che đèn ô tô	 Kính bảo hộ	Thủy tinh bảo vệ, kính bảo vệ, kính chống mảnh văng của máy công cụ, vỏ bọc trong suốt, kính an toàn, dụng cụ phòng tắm, phòng vệ sinh.
Polytetrafluorethylen, PTFE Teflon Hostaflon TF Fluon	Trắng đục như sữa, bề mặt trơn như sáp, linh hoạt và dai, bền mài mòn Khối lượng riêng: 2,2 kg/dm^3 Bền hóa chất cao chống lại acid, kiềm, dung môi, dung dịch muối Bền nhiệt độ từ -150°C đến +280°C	 Lớp chống dính trên mặt chảo	 Lớp lót mặt trong máy bơm hóa chất	Vỏ áo và ổ bạc của ổ trục không cần bảo trì, vỏ máy bơm, vòng bạc van, vòng đệm, lớp phủ. Chất bôi trơn dưới dạng bột

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Nhựa đàn hồi (Cao su, chất đàn hồi)

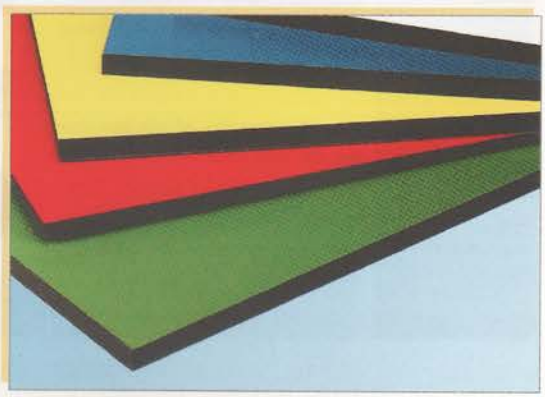
Tên Ký hiệu Tên thương mại	Đặc tính	Ứng dụng điển hình		
Cao su tổng hợp Thí dụ: Cao su styren-butadien (SBR) Buna Perbunan Cariflex	Vàng đến nâu đậm, thường được trộn màu với bồ hóng (đen). Tùy theo hàm lượng lưu huỳnh, từ cao su đàn hồi cứng đến cao su đàn hồi mềm	 Lốp xe ô tô	 Búa cao su	Lốp xe ô tô, vòng đệm kín tròn, măng-sét, ống mềm, nắp đậy bảo vệ, lò xo cao su, chân đế máy móc, hộp xếp, vòng đệm kín.
Cao su silicon, SIR Silicone Silopren Silastic	Trắng sữa, không bám nước, không bám keo. Bền nhiệt độ đến +180 °C Khối lượng riêng: 1,2 kg/dm^3 đến 2,3 kg/dm^3 Bền đối với dầu, không bền đối với acid, kiềm, dung môi Tùy thuộc cách chế tạo: từ cứng dẻo đến mềm và đàn hồi cao su	 Vòng đệm	 Chất liệu (nhão) trám khe hở	Vật liệu cách ly bền nước, khuôn đúc, vòng đệm kín bền dầu, vật liệu nhão trám khe hở, sơn cách ly, lớp sơn phủ không thấm nước.

Bài tập:

1. Những vật liệu nào được gọi là chất dẻo?
2. Hãy kể những đặc tính điển hình của chất dẻo.
3. Chất dẻo thường được phân loại theo những đặc tính nào?
4. Hãy kể tên ba nhóm chính của chất dẻo?
5. Diễn tả các tính chất điển hình và lĩnh vực ứng dụng cho nhựa nhiệt rắn, nhựa nhiệt dẻo và nhựa đàn hồi.
6. Hãy tìm và xác định các loại chất dẻo tại nơi làm việc của bạn.
7. Hãy trình bày lý do về sự lựa chọn các chất dẻo này.
8. Hãy thử tìm vật liệu khác thích hợp có thể thay thế cho chất dẻo mà bạn đã tìm thấy.
9. Khảo sát sự khác biệt trong gia công cắt gọt của chất dẻo so với kim loại, căn cứ vào góc độ dụng cụ và các đại lượng hiệu chỉnh (độ dẫn tiến, tốc độ cắt, độ dịch chỉnh ngang).

5.10 Vật liệu liên kết (vật liệu compozit)

Vật liệu liên kết là vật liệu bao gồm ít nhất là hai vật liệu có đặc tính khác biệt (**Hình 1**). Sự tổng hợp sẽ cho ra những đặc tính khác. Đại diện tiêu biểu lâu đời của vật liệu liên kết là bê tông cốt thép (thép có độ bền kéo cao, bê tông có thể dễ dàng tạo dáng với lượng lớn và có độ bền nén cao) hoặc chất dẻo được gia cường bằng sợi thủy tinh cũng đã được sử dụng từ lâu nay trong ngành chế tạo bồn chứa. Mục đích của vật liệu compozit là tổng hợp những đặc tính tốt của các vật liệu riêng lẻ. Các đặc tính bất lợi (nhược điểm) của các vật liệu cơ bản hầu như có thể được bù đắp.



Hình 1: Các tấm chất dẻo bọt xốp

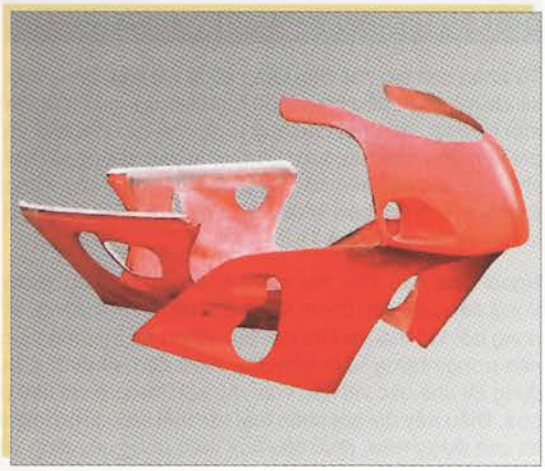
https://tieulun.hopto.org

Kết cấu của vật liệu liên kết (compozit)

Trong các hợp kim thì các hợp chất của chúng hòa tan vào nhau. Ngược lại, đối với các vật liệu liên kết thì các thành phần vật chất của chúng không bị thay đổi, mà thông thường vẫn giữ nguyên dạng ban đầu. Vật liệu liên kết được phân loại tùy theo cách thức phối hợp (gia công) của chúng trong sự liên kết:

- Vật liệu liên kết được gia cường bằng sợi
- Vật liệu liên kết được gia cường bằng hạt nhỏ
- Vật liệu liên kết theo cấu trúc và liên kết theo lớp

Với vật liệu liên kết gia cường bằng sợi, độ bền được gia tăng do sự liên kết với các sợi có độ bền cao bên trong chất dẻo. Vật liệu sợi thường sử dụng là sợi thủy tinh hoặc gần đây nhất là sợi carbon, ngày càng được dùng nhiều. Ngoài độ bền cao, đặc biệt trọng lượng tương đối thấp cũng là lý do chính để sử dụng vật liệu này (**Hình 1**).



Hình 1: Thân xe từ vật liệu chất dẻo có sợi gia cường

Vật liệu liên kết gia cường với các hạt nhỏ bao gồm một vật liệu chính và các thành phần phụ có dạng hạt nhỏ được pha trộn vào. Qua đó, các đặc tính cơ học được cải thiện, thí dụ: độ bền, độ cứng hoặc độ bền hình dạng. Chất dẻo được sử dụng làm vật liệu cơ bản, thí dụ để chế tạo bánh xe răng, công tắc điện, vỏ máy (**Hình 2**). Đối với các kim loại cứng và vật liệu gốm sứ để cắt gọt, cũng như đối với các chi tiết bằng ceramic **(Hình 3)** thì ngược lại, các phần tử bằng carbide cứng giòn được kết hợp với chất kết dính để trở thành vật liệu liên kết.

Hình 2: Các chi tiết bằng chất dẻo được gia cường bằng hạt nhỏ

Vật liệu liên kết xếp lớp bao gồm nhiều tầng lớp các vật liệu khác nhau, được liên kết bằng các kỹ thuật liên kết thích ứng (thí dụ: dán keo hoặc cán với trục lăn). Qua đó các tính chất không giống nhau của những vật liệu cơ bản cũng có thể được tận dụng, thí dụ cho trường hợp này là các lưỡng kim (hai kim loại) hoặc trường hợp các tấm thép được ghép lớp trong ngành chế tạo bồn chứa.

Hình 3: Các chi tiết bằng ceramic (gốm sứ)

5.11 Chất phụ trợ

Chất phụ gia có tham dự và góp phần thành công trong các quá trình (chế tạo, gia công), được gọi là các chất phụ trợ. Tùy theo loại quá trình, các chất phụ trợ này có thể là:

- Chất bôi trơn làm nguội khi gia công cắt gọt có phoi
- Phụ liệu hàn vảy và dây hàn trong kỹ thuật ghép nối
- Phụ liệu mài khi xử lý bề mặt
- Chất bôi trơn khi vận chuyển
- Khí nén và dầu thủy lực trong các thiết bị tự động hóa

Khi sử dụng các chất phụ trợ thì điều quan trọng là phải lựa chọn và ứng dụng đúng chuyên môn. Để lựa chọn đúng, thông thường cần tham khảo các bảng số liệu và các tờ ghi thông số kỹ thuật của nhà sản xuất hoặc nhà cung cấp.

https://tieulun.hopto.org

5.12 Vật liệu và sự bảo vệ môi trường

Từ khâu chế tạo cho đến khâu xử lý vật liệu, trong một số chừng mực đều kèm theo ô nhiễm đáng kể đối với môi trường. Hầu hết các quá trình chế tạo kim loại và phi kim đều cần một lượng năng lượng khổng lồ. Khi chế tạo các vật liệu sắt và chất dẻo, nhu cầu năng lượng vẫn thấp hơn nhiều so với quá trình chế tạo nhôm và đồng (**Bảng 1**).

Bảng 1: Năng lượng tiêu thụ (kWh) để chế tạo 1 tấn vật liệu

Vật liệu	Chế tạo từ khoáng sản	Tái chế từ thu hồi
Sắt / thép	4 300	1 670
Nhôm	18 000	2 000
Đồng	13 600	1 730
Polyethylen (PE)	3 500	–
Polyvinylchlorid	4 000	–

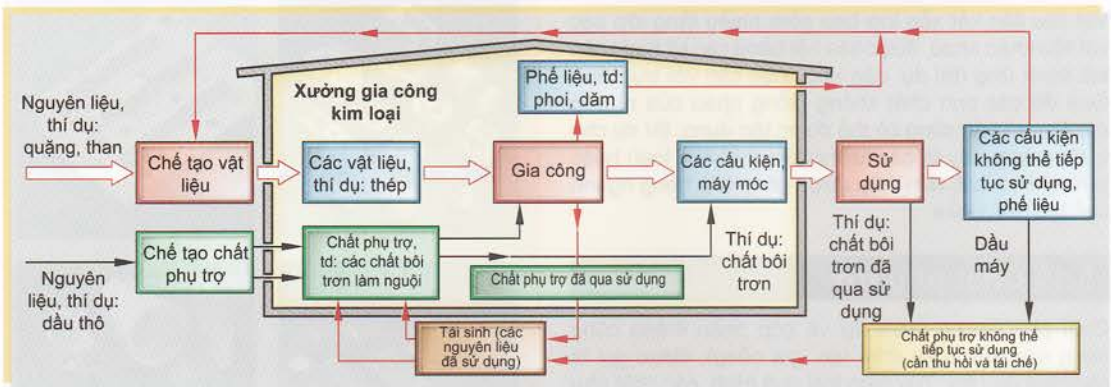
Ngoài nhu cầu tiêu thụ năng lượng cao, điều quan trọng đáng đề cập chính là sự ô nhiễm môi trường rất nặng bởi khí thải và các loại bụi. Nhờ các hệ thống lọc chi li và các luật lệ ràng buộc đối với kỹ thuật môi trường nên trong những năm gần đây, mức độ ô nhiễm về bụi và khí thải đã được giảm xuống mức độ thấp. Việc tận dụng tái chế các vật liệu vụn vặt, sót thừa và vật liệu phế thải để giảm ô nhiễm môi trường là điều không thể bỏ qua. Điều này đòi hỏi phân loại rác thải theo từng loại dù là số lượng nhỏ. Đối với các loại rác phế thải không thể tái chế được nữa, phải tiêu hủy theo đúng quy định về môi trường. Do đó, phương châm chủ yếu là:

> Tránh không sử dụng (các loại vật liệu gây ô nhiễm nặng cho môi trường) thì ưu tiên hơn là tái sử dụng (tái chế), và tái sử dụng thì ưu tiên hơn là thải bỏ.

Quá trình xử lý vật liệu sẽ gặp phải nhiều loại vật liệu khác biệt, có khi có tác dụng nguy hại đến sức khỏe và môi trường. Thí dụ trong quá trình cắt gọt mài giũa sẽ thải ra bụi, vụn kim loại nặng gây nguy hại sức khỏe, đưa đến các chứng bệnh ngoài da hoặc các bệnh tương tự. Trong một nước công nghiệp tân tiến, mỗi năm có nhiều ngàn tấn chất bôi trơn và làm nguội bốc hơi (trong khi gia công cắt gọt) dẫn đến ô nhiễm môi trường.

Vì thế, muốn tổ chức thực hiện các quá trình chế tạo và gia công có tính thân thiện nhất đối với môi trường thì nhất thiết phải tuân thủ quy tắc sau đây:

> Hết sức cố gắng chỉ sử dụng các vật liệu và chất phụ gia mà trong quá trình chế tạo, gia công và phế thải, chúng ít gây hại đến sức khỏe cũng như ít gây ô nhiễm môi trường.



Hình 1: Hành trình của vật liệu và quá trình tái chế trong công nghiệp kim loại

Bài tập:

Các câu hỏi sau đây có liên quan đến tay gắp (tay máy) trong hình (Hình 1) ở trang 107.

1. Vỏ và hàm kẹp được chế tạo từ các vật liệu khác nhau. Hãy nêu lý do về sự lựa chọn các vật liệu khác nhau.
2. Các hàm kẹp phải có sức bền chống mài mòn đặc biệt. Làm thế nào để đạt được điều này?
3. Lò xo kéo về (hồi vị) được chế tạo bằng loại thép nào?
4. Tại những vị trí nào trong bộ phận tay máy có thể sử dụng chất dẻo?

https://tieulun.hopto.org

6 Hệ thống cơ

Trong phạm vi cơ điện tử ta thường được tiếp xúc với những dàn máy, gá lắp và máy móc đủ loại. Chúng có thể đáp ứng nhiều nhiệm vụ hoàn toàn khác biệt và có những cấu trúc không giống nhau. Để có thể cùng xem xét chúng độc lập đối với nhiệm vụ và thiết kế ta gọi chúng là **hệ thống kỹ thuật**. Cơ sở cho những hệ thống kỹ thuật thông thường là những **hệ thống cơ khí**. Ngày nay, trong nhiều trường hợp, những hệ thống này cần phải được bổ sung thêm hệ thống điện, khí nén hay thủy lực.

6.1 Cơ sở của suy nghĩ về hệ thống

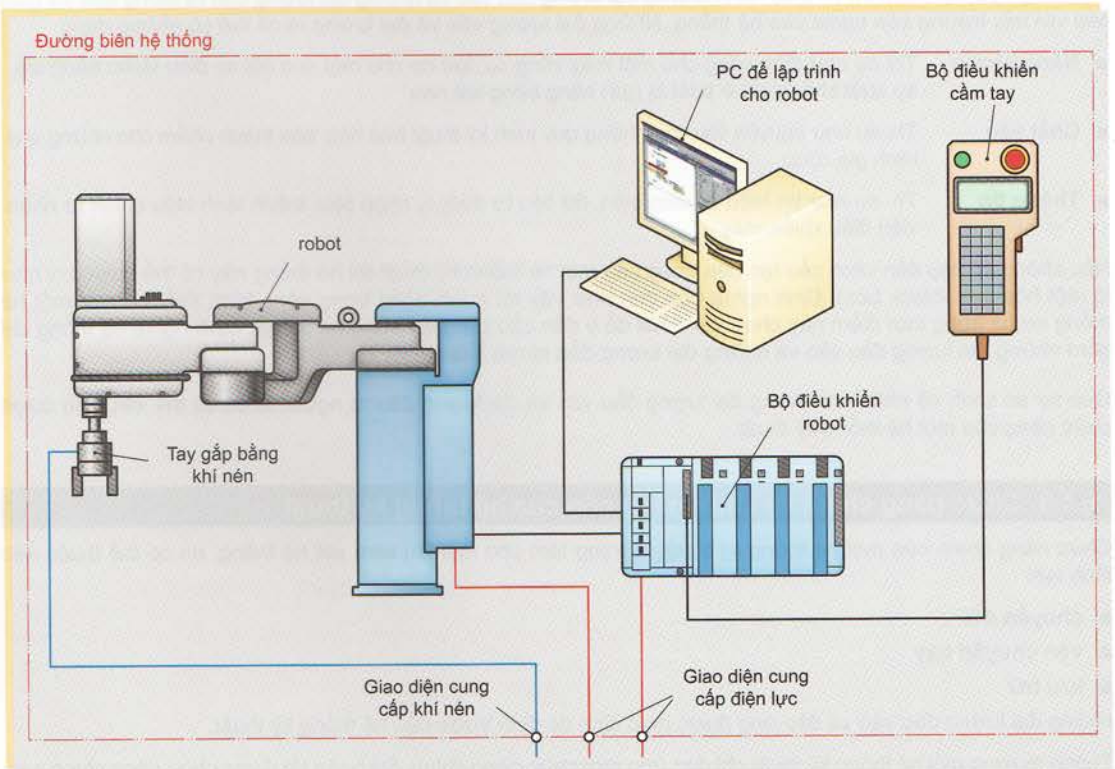
Nhờ khái niệm hệ thống nên những hệ thống kỹ thuật được diễn tả bằng những tính chất của chúng.

> Một hệ thống kỹ thuật là một cấu trúc được định ranh giới, và có thể đáp ứng một chức năng đã được đặt ra trước.

Hệ thống kỹ thuật được xác định với những phần tử sau đây:

- Đường biên hệ thống
- Đại lượng đầu vào với những đặc tính của nó
- Đại lượng đầu ra với những đặc tính của nó
- Những hệ thống con nằm trong đường biên hệ thống với những đặc tính
- Môi trường của hệ thống

Thí dụ: Dùng một robot đơn giản để diễn tả những điểm bên trên:



Hình 1: Hệ thống robot

https://tieulun.hopto.org

6.1.1 Đường biên hệ thống

Hệ thống luôn luôn được ngăn cách với môi trường bên ngoài qua những đường biên hệ thống. Những đường biên này thường cũng được gọi là **giao diện**. Thí dụ robot **(Hình 1)** được kết nối với bộ phận cung cấp năng lượng bằng dây điện tại đầu vào của robot. Trong trường hợp tay gắp của robot được tác động bằng khí nén, người ta còn phải thiết lập thêm một giao diện cho sự cung cấp khí nén nữa. Hệ thống con điều khiển công việc sắp xếp những cử động của robot. Như vậy hệ thống con này có một thành phần chức năng hoàn toàn độc lập nằm trong hệ thống toàn bộ.

Hình 1: Những giao diện của robot

Một hệ thống toàn bộ thường gồm có nhiều hệ thống con (thí dụ như hệ thống dẫn động, điều khiển và thiết bị đo lường). Phần lớn những hệ thống con đều có quan hệ với nhau về chức năng và với hệ thống toàn bộ. Chúng đều có những môi trường xung quanh riêng và những đường biên riêng. Thí dụ trong một robot, giao diện dẫn đến những thiết bị đầu vào và giao diện dẫn đến thiết bị điều khiển động cơ dẫn động là những đường biên đối với môi trường bên ngoài của hệ thống.

Hình 2: Sự điều khiển robot diễn tả bằng hộp đen

6.1.2 Đại lượng vào và đại lượng ra

Hệ thống kỹ thuật kiểm tra và điều hành những đại lượng đầu vào và những đại lượng đầu ra thông qua sự giao tiếp với môi trường bên ngoài của hệ thống. Những đại lượng vào và đại lượng ra có thể có những dạng

- **Năng lượng** Thí dụ như điện năng cho một máy công cụ, lực cơ cho một con đội xe điều khiển bằng tay, áp suất không khí ở thiết bị (gá) nâng bằng khí nén
- **Chất liệu** Thí dụ như nguyên liệu cho những quy trình kỹ thuật hóa học, bán thành phẩm cho những quy trình gia công
- **Thông tin** Thí dụ như tín hiệu từ cảm biến, dữ liệu từ thiết bị nhập liệu, mệnh lệnh hiệu chỉnh từ nhân viên điều khiển máy

Nếu không đề cập đến cách cấu tạo bên trong của một hệ thống kỹ thuật thì hệ thống này có thể được coi như là một hộp đen (black box). Định nghĩa hộp đen như vậy rất quan trọng trong công trình thiết kế mới một hệ thống cơ, vì trong thời điểm này chưa cần phải để ý đến cấu trúc bên trong hệ thống. Định nghĩa hệ thống chỉ gồm những đại lượng đầu vào và những đại lượng đầu ra mà thôi **(Hình 2)**.

Qua sự so sánh và nhận xét những đại lượng đầu vào và đại lượng đầu ra người ta đã có thể xác định được chức năng của một hệ thống kỹ thuật.

6.1.3 Chức năng chính và chức năng con của hệ thống kỹ thuật

Chức năng chính của một hệ thống kỹ thuật là trọng tâm cho mỗi khi xem xét hệ thống, nó có thể thuộc các lãnh vực

- **chuyển đổi**
- **vận chuyển hay**
- **lưu trữ**

những đại lượng đầu vào và đáp ứng được mục đích đã định trước của hệ thống kỹ thuật.

Thông thường mỗi hệ thống kỹ thuật chỉ đáp ứng một chức năng chính. Để hoàn tất được chức năng chính này, một loạt chức năng con trong hệ thống phải được đáp ứng.

https://tieulun.hopto.org

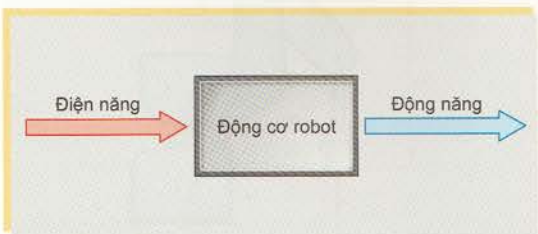
Bảng 1: Chức năng của hệ thống kỹ thuật

Đại lượng đầu vào và đại lượng đầu ra \ Chức năng	Chuyển đổi	Vận chuyển	Lưu trữ
Năng lượng	Một loại năng lượng được biến đổi sang một loại năng lượng khác. **Thí dụ:** Điện năng được biến đổi sang cơ năng thông qua động cơ điện	Năng lượng được vận chuyển từ nơi này sang nơi khác. **Thí dụ:** Một chất dưới một áp suất, thí dụ như khí nén hoặc dầu thủy lực được vận chuyển đến nơi ứng dụng bằng ống dẫn áp suất.	Năng lượng được lưu trữ để được sử dụng tiếp tục. **Thí dụ:** Trong một bình áp suất, khí nén được chứa và chuẩn bị sẵn sàng để dùng cho những thiết bị dùng khí nén
Nguyên liệu	Chất liệu được biến đổi do sự thay đổi thành phần hoặc hình dạng bên ngoài. **Thí dụ:** Trong nhà máy lọc dầu, xăng được sản xuất từ dầu mỏ.	Chất liệu được vận chuyển từ địa điểm này qua địa điểm khác. **Thí dụ:** Robot vận chuyển linh kiện từ chỗ này đến chỗ khác	Chất liệu được lưu trữ trong hệ thống kho để sử dụng về sau. **Thí dụ:** Những linh kiện được cất trữ trên kệ cao trong kho, chờ khi dùng tới.
Thông tin	Thông tin được biến đổi về dạng. **Thí dụ:** một tế bào quang nhận một tín hiệu quang và biến đổi nó thành tín hiệu điện.	Thông tin được vận chuyển từ chỗ này đến chỗ khác. **Thí dụ:** Bộ cảm biến của một băng chuyền nhận thấy một kiện hàng đi qua. Tín hiệu này được thay đổi sang một dạng có thể chuyển vận được và báo tin đến hệ thống điều khiển.	Những thông tin được giữ trong một phương tiện lưu trữ **Thí dụ:** CD-ROM dùng để lưu trữ những dữ liệu

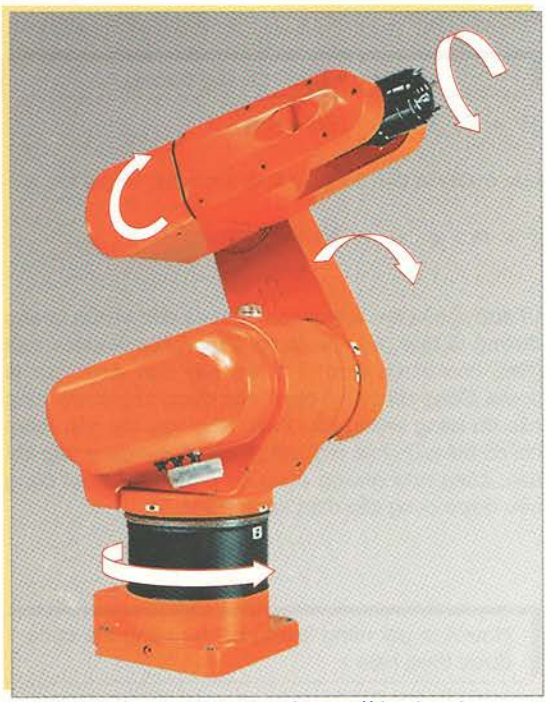
Robot **(Hình 2)** đáp ứng được chức năng chính trong công việc **chuyển đổi nguyên liệu** bằng tay gắp, với sự thay đổi góc nhìn và vị trí của những linh kiện.

Sự đáp ứng chức năng chính phải đi qua nhiều quá trình làm việc của những **chức năng con** khác nhau. Thông thường những chức năng con này được đảm nhận bởi nhiều hệ thống phụ riêng biệt. Trong đó, chức năng của từng hệ thống phụ rất khác nhau và cũng khác cả với tính chất của chức năng chính.

Thí dụ điện năng được biến đổi thành động năng qua những động cơ làm chuyển động cánh tay của robot **(Hình 1)**. Theo tính chất của nó, chức năng này được xếp vào nhóm chuyển đổi năng lượng.



Hình 1: Sơ đồ hệ thống con (phụ) "động cơ robot"



Hình 2: Hệ thống con (phụ) "động cơ robot"

https://tieulun.hopto.org

Trong quá trình điều khiển, tất cả các mệnh lệnh nhận được qua đơn vị xử lý trung tâm (CPU) được xử lý và được chuyển đổi thành những lệnh điều chỉnh **(Hình 1)**. Như vậy là chức năng con của hệ thống phụ điều khiển này là sự chuyển đổi của thông tin.

Sau cùng đơn vị xử lý trung tâm CPU thâu nhận thông tin, xử lý những thông tin này với một phần mềm và rồi chuyển tiếp đến hệ thống điều khiển. Tùy theo mức độ lắp ráp hiện tại của robot, còn có nhiều hệ thống phụ khác, thí dụ như hệ thống đo lường, hệ thống chuyển động tuyến tính (đường thẳng), hệ thống tay gắp **(Hình 2)**. Chức năng chính của robot chỉ có thể được hoàn thành khi có sự phối hợp nhịp nhàng định sẵn của tất cả các hệ thống phụ. **Kỹ thuật hệ thống cơ** đóng góp một vai trò nổi bật trong lãnh vực cơ khí khi cần biến đổi, vận chuyển hoặc lưu trữ năng lượng hay nguyên liệu.

Hình 1: Hệ thống phụ điều khiển

6.2 Cơ bản vật lý của hệ thống cơ

Mọi trường hợp chuyển đổi nguyên liệu đều cần thực hiện công. Thí dụ như tay gắp robot được kích hoạt bởi một xi lanh khí nén, ở đó pittông tác động một lực dọc theo quãng đường trong xi lanh. Pittông đã thực hiện công.

Hình 2: Hệ thống con tay gắp

6.2.1 Công cơ học

Khi hướng của lực và của quãng đường trùng nhau, thì:

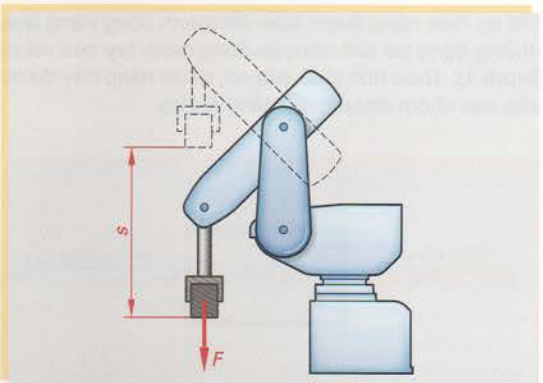
Công = Lực · Quãng đường

$W = F \cdot s$ $\quad [W] = Nm = J$

Lực ở đây là tích số giữa khối lượng m và gia tốc a:

$F = m \cdot a$ $\quad [N] = kg \frac{m}{s^2}$

Vì đơn vị của lực là Newton[1] (N) và đơn vị của quãng đường là mét (m) nên ta có đơn vị kép Newton mét (Nm) cho công. Đơn vị 1 Nm này còn được gọi là Joule. Công chỉ có thể thực hiện được nếu được cung cấp đủ năng lượng cần thiết. Như vậy tay gắp robot chỉ có thể giữ chắc một vật gì nếu được cung cấp khí nén, cũng như những động cơ chỉ có thể hoạt động nếu được cung cấp điện năng **(Hình 3)**.



Hình 3: Tay gắp robot như một thí dụ về công cơ học

Người ta gọi năng lượng là khả năng mà công được thực hiện

[1] Gọi theo nhà bác học người Anh Sir Isaac Newton (1643 - 1727)

https://tieulun.hopto.org

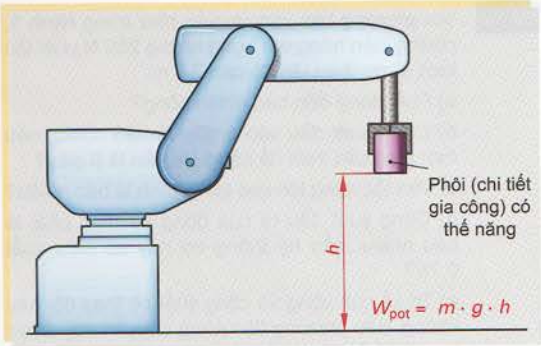
Năng lượng được phân biệt ra nhiều loại như cơ năng, điện năng, hóa năng và nhiệt năng. Tuy nhiên trong phần này đặc biệt chỉ cơ năng được đề cập đến.

Cơ năng được phân biệt với hai dạng khác nhau:

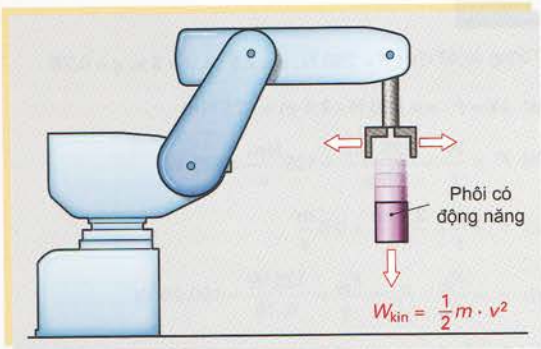
- Năng lượng do vị trí (thế năng) **(Hình 1)** và
- Năng lượng do chuyển động (động năng) **(Hình 2)**

Năng lượng cung ứng cho chúng ta dùng dưới nhiều dạng khác nhau. Chúng không thể được sinh ra và cũng không bị phá hủy. Chúng chỉ có thể được biến đổi từ dạng này sang dạng khác trong những ứng dụng kỹ thuật khác nhau. Trong tất cả các quá trình biến dạng năng lượng đều xảy ra sự "thất thoát năng lượng". Cách gọi này thật ra không được chính xác. Phần thất thoát năng lượng trên thực tế chỉ là phần bị thiếu hụt đi sau khi năng lượng đi qua một quá trình biến đổi thành dạng mới và đang được chờ đợi để sử dụng. Thí dụ trong tất cả các quá trình biến đổi cơ học, cơ năng bị biến đổi một phần nào sang nhiệt năng ngoài mong muốn do ma sát. Phần nhiệt năng này được gọi là phần thất thoát (tiêu hao) của năng lượng **(Hình 3)**.

Cơ năng có mặt trong tất cả các lãnh vực cơ khí, thí dụ như thế năng khi nâng vật hoặc trong một lò xo được kéo hay nén, hay động năng trong những chuyển động có gia tốc.



Hình 1: Thế năng



Hình 1: Động năng

6.2.2 Công suất cơ và hiệu suất

Khi xem xét đầy đủ thời gian cần thiết để gia công thì ta mới đánh giá được lợi ích kinh tế cũng như năng suất làm việc của hệ thông cơ.

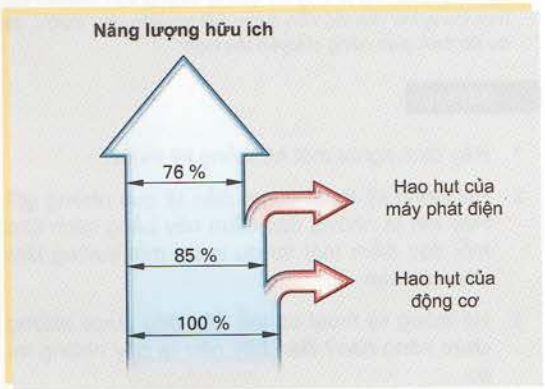
Công suất là thương số giữa công và thời gian.

$$\text{Công suất} = \frac{\text{Công}}{\text{Thời gian}}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} \qquad [W] = \frac{J}{s} = \frac{Nm}{s}$$

Đơn vị của công suất là Watt (W)[1].

Như đã đề cập ở trên, các hệ thống cơ không thể tận dụng được hết tất cả năng lượng cũng như tất cả công suất mà nó đã nhận được từ đầu vào. Mức độ tận dụng công suất từ đầu vào được định nghĩa bởi hiệu suất của hệ thống.



Hình 3: Sự chuyển đổi năng lượng

Hiệu suất của một hệ thống cho ta biết tỉ lệ giữa công suất phát ra và công suất nhận vào.

$$\text{Hiệu suất} = \frac{\text{Công suất ra}}{\text{Công suất vào}}$$

$$\eta = \frac{P_{ra}}{P_{vào}}$$

Vì hiệu suất là một tỉ số không có đơn vị, người ta thường diễn tả hiệu suất bằng phần trăm.

[1] James Watt (1736 - 1819)

https://tieulun.hopto.org

Thí dụ: Với phương tiện vận chuyển như trong **Hình 1**, những kiện hàng với trọng lượng 250 N phải lần lượt được đem lên độ cao 2,5 m.

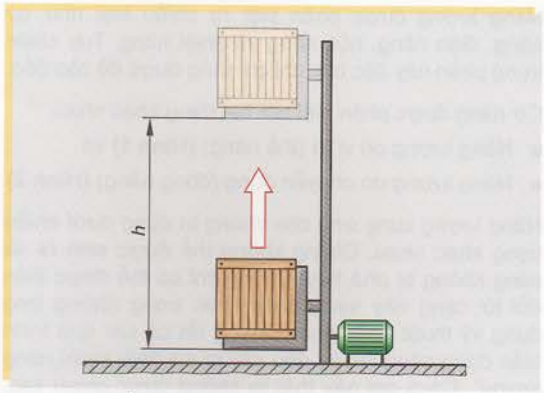
a) Phải dùng đến bao nhiêu công?

b) Công suất đầu vào ở đây là bao nhiêu, nếu thời gian cần thiết để nâng chuyển là 5 giây?

c) Vận tốc nâng lên cao trung bình là bao nhiêu?

d) Công suất đầu ra của động cơ điện phải là bao nhiêu, nếu hệ thống cơ này có hiệu suất 0,78?

e) Trị số của công và công suất có thay đổi hay không, nếu phương tiện nâng chuyển này được thay thế bằng một hệ thống kéo nghiêng **(Hình 2)** làm việc với cùng một vận tốc như trên?



Hình 1: Kéo thẳng đứng

Lời giải:

Thông số đã cho: $F = 250$ N, $s = 2,5$ m, $t = 5$ s, $\eta = 0,78$

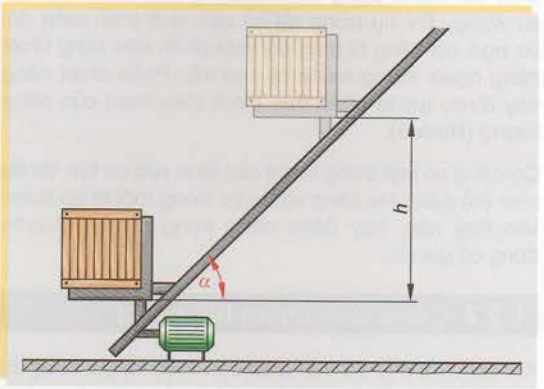
a) $W = F \cdot s = 250\ \text{N} \cdot 2,5\ \text{m} = 625\ \text{Nm}$

b) $P = \frac{W}{t} = \frac{625\ \text{Nm}}{5\ \text{s}} = 125\frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 125\ \text{W}$

c) $v = \frac{s}{t} = \frac{2,5\ \text{m}}{5\ \text{s}} = 0,5\frac{\text{m}}{\text{s}}$

d) $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{125\ \text{W}}{0,78} = 160,26\ \text{W}$

e) Trị số công trong động tác nâng lên không thay đổi, vì lý do khối lượng kiện hàng và độ cao được nâng lên không thay đổi (như vậy lực kéo cần thiết cũng không đổi). Trị số công suất nhỏ đi vì lý do quãng đường vận chuyển dài hơn trong khi vận tốc vẫn được giữ nguyên như trước, và do đó thời gian nâng chuyển lâu hơn.

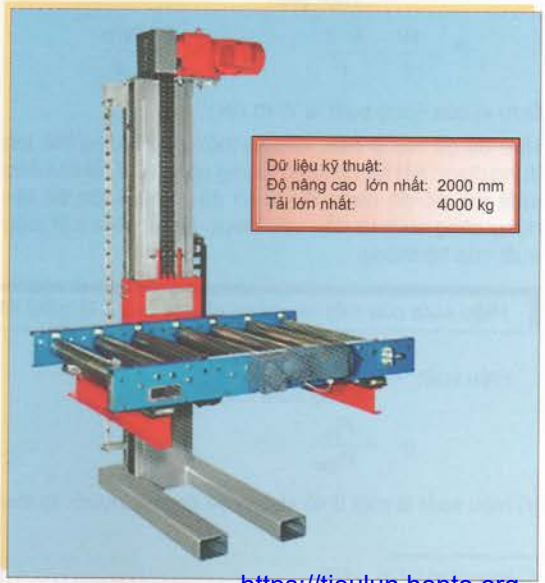


Hình 1: Kéo nghiêng

Bài tập:

1. Hãy định nghĩa một hệ thống kỹ thuật?
2. Hệ thống kỹ thuật được diễn tả qua những gì? Hãy mô tả những đặc điểm này bằng cách cho mỗi đặc điểm một thí dụ trong môi trường làm việc của bạn.
3. Hệ thống kỹ thuật có thể đáp ứng được những chức năng nào? Bạn hãy nêu ra đây những thí dụ.
4. Hãy giải thích khái niệm công, công suất và hiệu suất.
5. Trị số hiệu suất có thể đạt được là bao nhiêu qua công thức tính hiệu suất. hãy giải thích kết quả này.
6. Hãy tính những thông số sau đây cho một hệ thống được vẽ bên cạnh:
   a) Công cần thiết
   b) Công suất của hệ thống

   với thời gian nâng lên cao là 20 giây.



https://tieulun.hopto.org

6.3 Đơn vị chức năng của hệ thống cơ

Như đã được diễn tả trong phần đầu của chương này, người ta dựa vào định nghĩa chung về hệ thống để tìm hiểu và khảo sát nhiệm vụ của hệ thống kỹ thuật chứ không căn cứ vào một kết cấu riêng biệt nào của nó. Sau khi biết rõ những nhiệm vụ này qua sự so sánh giữa những đại lượng đầu vào và đại lượng đầu ra để rồi đi đến công việc kỹ thuật hóa, người ta phải thay thế "hộp đen" bằng những thiết bị kỹ thuật. Hệ Thống Kỹ Thuật bây giờ có tên cụ thể, thí dụ như máy công cụ, trạm lắp ráp, thiết bị nâng v.v... và đồng thời những hệ thống con cần thiết bây giờ được gọi là những **đơn vị chức năng (Hình 1)**. Đơn vị chức năng nhằm đáp ứng những nhiệm vụ sau đây:

- **Dẫn động**: Qua sự dẫn động năng lượng đưa vào được biến đổi sang một dạng cần thiết và sẵn sàng để sử dụng (thí dụ động cơ điện, động cơ thủy lực)
- **Truyền năng lượng:** Năng lượng đang có sẵn được phân phối và làm cho thích ứng với việc sử dụng (thí dụ bộ truyền động, bộ phận kết nối)
- **Vận hành:** Năng lượng đang có sẵn được tận dụng để thực hiện công việc (thí dụ dụng cụ, máy nâng)
- **Điều khiển và điều chỉnh :** Luồng năng lượng, luồng vật liệu, luồng thông tin được kiểm soát (thí dụ như điều khiển logic lập trình được PLC, máy tính PC công nghiệp, thiết bị chuyển mạch)
- **Mang và nâng đỡ:** Những thiết bị chức năng khác được thu nhận, mang và đưa vào vị trí vận hành (thí dụ như dàn khung đỡ, bợ trục, bộ phận dẫn hướng)

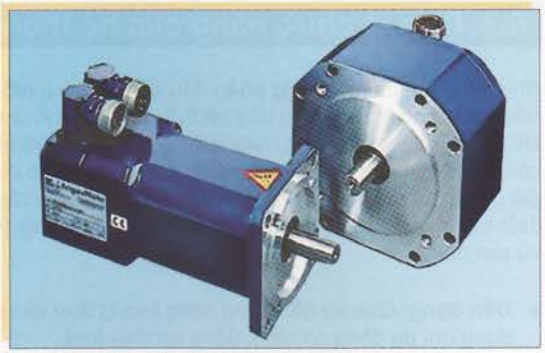
Nhiều đơn vị chức năng nói trên được cung ứng bởi những nhà cung cấp bên ngoài để phân biệt với chi tiết tự làm trong xưởng. Trong trường hợp này nhiệm vụ của chuyên viên cơ điện tử thường gồm việc định cỡ, lựa chọn, lắp ráp đúng theo tiêu chuẩn và kết nối với những đơn vị chức năng khác. Những đơn vị chức năng cũng được gọi là những **nhóm lắp ráp**. Những đơn vị chức năng hoặc nhóm (cụm) lắp ráp thông thường đều được bao gồm nhiều **linh kiện** khác nhau.

Hình 1: Những đơn vị chức năng của một hệ thống cơ điện tử

https://tieulun.hopto.org

6.3.1 Đơn vị chức năng dẫn động

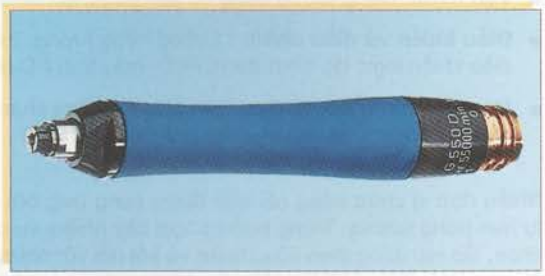
Những đơn vị chức năng dẫn động cũng thường gọi tắt là những đơn vị dẫn động có nhiệm vụ cung cấp năng lượng cần thiết cho sự hoạt động của một hệ thống. Công việc này thường là sự biến đổi một năng lượng có sẵn sang một dạng năng lượng khác. Trong một động cơ điện **(Hình 1)**, điện năng được biến đổi sang động năng (xem chương 9.2).



Hình 1: Đơn vị chức năng động cơ điện

Trong những bộ phận dẫn động khí nén, thí dụ như trong những động cơ khí nén **(Hình 2)** hay động cơ quay và xi lanh khí nén, năng lượng của không khí nén đang lưu trữ được biến đổi sang động năng với dạng chuyển động tịnh tiến (thẳng) hay chuyển động quay (xem chương 10.4.4.3).

Những đơn vị dẫn động thủy lực cũng làm việc với cùng một nguyên tắc như trên. Nơi đây chuyển động thẳng hay chuyển động vòng tròn đều được tạo ra qua sự biến đổi từ năng lượng đang có sẵn trong chất lỏng thủy lực (xem chương 10.6.3).

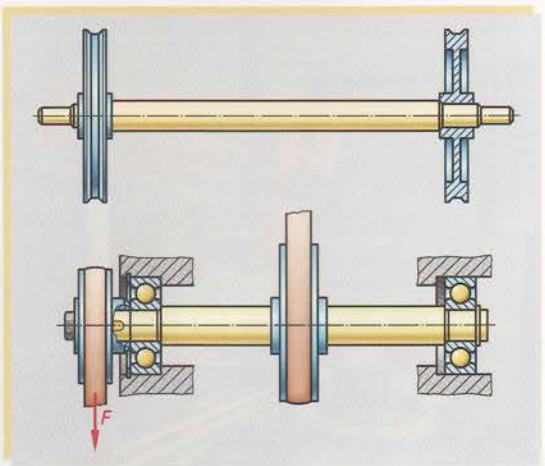


Hình 2: Động cơ khí nén

Những đơn vị dẫn động với sự biến đổi hóa năng sang động năng, thí dụ trong trường hợp những động cơ đốt trong, rất hiếm dùng trong lĩnh vực cơ điện tử.

6.3.2 Đơn vị chức năng truyền năng lượng

Động năng được cung cấp bởi những đơn vị dẫn động được trình bày ở phần trên thường được truyền tiếp tục tới những hệ thống kỹ thuật dưới dạng chuyển động quay. Với những trục truyền động hoặc những khớp nối, chuyển động quay được thu nhận với tỷ lệ 1:1. Người ta phân biệt giữa trục truyền và trục tâm, trong khi trục tâm chỉ có nhiệm vụ chịu đựng những lực hướng tâm, trục truyền còn có thêm nhiệm vụ truyền mômen quay **(Hình 3)**.



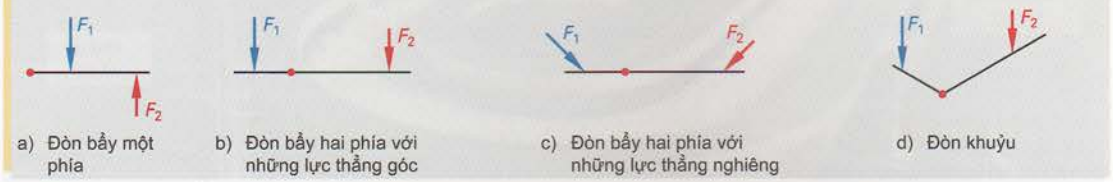
Hình 3: Trục tâm và trục truyền

Tích số của lực và cánh tay đòn là mômen quay

Mômen quay = Lực · Đòn bẩy

$$M = F \cdot l \qquad [Nm]$$

Đòn bẩy được định nghĩa là khoảng cách thẳng góc từ đường tác dụng của lực tới tâm quay **(Hình 4)**.



Hình 4: Các loại đòn bẩy

https://tieulun.hopto.org

6.3.2.1 Trục truyền

Những trục truyền được phân biệt ra nhiều loại: **trục cứng**, **trục mềm** và **trục các đăng**. Bởi trục truyền không những truyền lực mà cả mômen xoắn nên chúng phải chịu đồng thời tải xoắn và tải uốn (xem trang 109).

Trục cứng đều có một đầu dẫn động và một đầu phát động với cùng một vị trí và góc độ giống nhau. Trái lại, trục các đăng cho phép hai đầu trục thay đổi góc độ ngay cả trong khi hoạt động.

Trục cứng được phân biệt với nhiều dạng khác nhau:

Trục trơn có một tiết diện từ đầu đến cuối giống nhau và được dùng để truyền mômen xoắn trên một khoảng cách lớn.

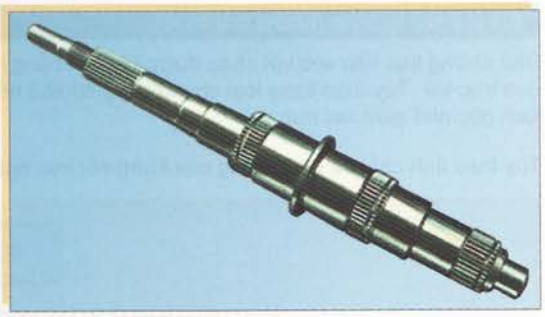
Trục bậc (Hình 1) có nhiều đường kính khác nhau. Những bậc trục thường được sử dụng cho việc lắp ráp ổ trục, bánh răng v.v. vì với những đường kính khác nhau, người ta khó có thể nhầm lẫn trong công việc lắp ráp.

Trục khuỷu cho phép biến đổi những chuyển động quay sang những chuyển động thẳng hay ngược lại. Thí dụ các trục khuỷu trong máy bơm pittông **(Hình 2)**.

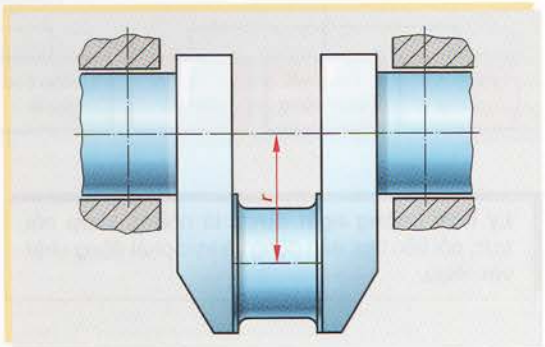
Trục định hình (trục then hoa) (Hình 3) có tiết diện đặc biệt, thí dụ như hình răng cưa hay hình nhiều cạnh theo chu vi của nó. Những phần này của trục có khả năng tiếp nhận trực tiếp những bánh răng hay tương tự và rất thích hợp để truyền những mômen quay lớn.

Trục mềm dùng để truyền những mômen nhỏ **(Hình 4)** Chúng được cấu tạo bởi nhiều lớp dây kim loại cuốn với nhau, thí dụ được dùng để làm trục của những đồng hồ tốc độ (tacho).

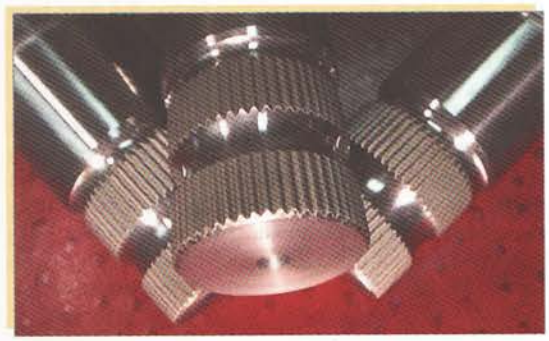
Trục các đăng có khả năng điều chỉnh sự lệch tâm và lệch góc giữa đầu dẫn động và đầu phát động trong khi làm việc **(Hình 5)**.



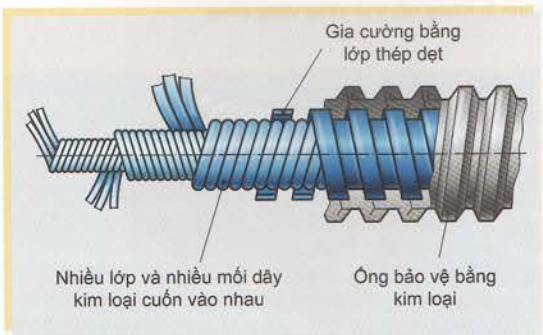
Hình 1: Trục bậc



Hình 2: Trục khuỷu



Hình 3: Trục định hình (trục then hoa)



Hình 4: Trục mềm

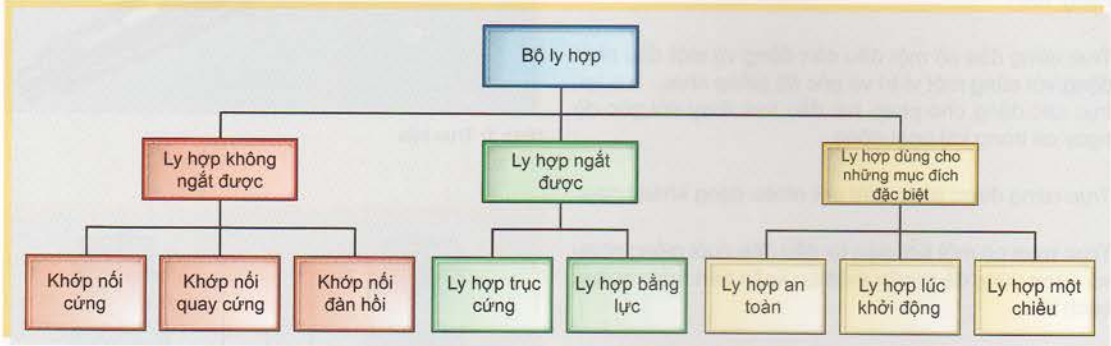
Hình 5: Trục các đăng

https://tieulun.hopto.org

6.3.2.2 Bộ ly hợp (khớp nối trục)

Đầu những trục tiếp xúc với nhau được liên kết bằng khớp nối. Chúng dùng để truyền mômen quay từ trục này qua trục kia. Tùy theo từng loại chúng cũng có khả năng giảm chấn cũng như tự cân bằng những lệch tâm và lệch góc nhỏ giữa hai trục.

Tùy theo tính chất và chức năng của khớp nối trục người ta phân loại như sau:

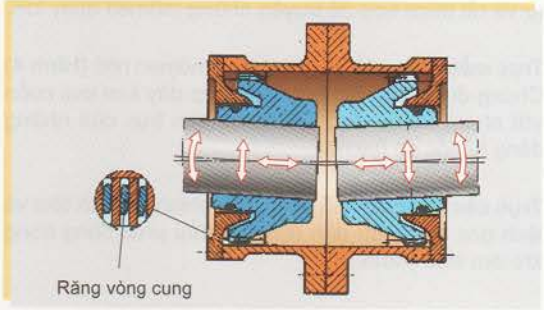


Ly hợp không ngắt được là những khớp nối trục, nối liền trục dẫn động và trục phát động chặt với nhau.

Với **khớp nối cứng** (thí dụ khớp nối đĩa, **Hình 1**) hai trục có tâm thẳng hàng được nối chặt với nhau. Việc điều chỉnh lệch tâm giữa hai trục không thể thực hiện được.

Hình 1: Khớp ly hợp đĩa

Khớp nối quay cứng có khả năng tự điều chỉnh những lệch tâm và lệch góc nhỏ, có thể do sự cong của trục gây ra. Thí dụ với nối trục răng dạng vòm cung, hai đầu trục được thiết kế với những răng dạng vòm cung ngoài, ăn khớp với những răng trong của phần vỏ nối trục (**Hình 2**). Trục các đăng (xem trang 139) cũng thuộc vào nhóm nối trục cứng xoay.



Hình 2: Khớp nối trục răng vòng cung

Ngoài khả năng hiệu chỉnh những sai lệch hướng tâm và dọc trục, **khớp nối trục đàn hồi** còn có có thể giảm xóc và giảm rung. Tính chất này có được nhờ những vật liệu đàn hồi tại phần truyền tiếp. Trong lĩnh vực cơ điện tử người ta rất hay dùng khớp nối trục đàn hồi bằng loại nối trục ống xếp kim loại (**Hình 3**). Rất thông thường, thí dụ như bộ truyền vít-đai ốc bi trong những bàn tọa độ hay trong máy CNC được kết nối với động cơ trợ động (servo) bằng những nối trục ống xếp kim loại. Do đó người ta có thể đạt được chuyển động đều và không bị giật xóc ngay cả khi vận tốc xoay nhỏ. Mômen xoay được truyền bởi những lớp ống xếp kim loại có dạng đặc biệt. Nhờ sức bền xoắn rất lớn và do đó có thể truyền được những mômen quay từ 0,1 Nm đến 4000 Nm.

Hình 3: Ly hợp ống xếp kim loại

https://tieulun.hopto.org

Ly hợp có thể ngắt được (khớp nối trục chuyển đổi) cho phép tách rời hai trục trong một thời gian nhất định và như vậy ngưng truyền mômen xoắn trong khi trục đang đứng yên hay đang hoạt động.

Ly hợp có thể làm việc theo nguyên tắc kết nối bằng khớp hoặc kết nối bằng lực ma sát (xem trang 205 và những trang tiếp theo).

Ly hợp bằng khớp (ly hợp vấu) (Hình 1) truyền mômen xoắn bằng những cơ cấu ăn khớp với nhau (vấu hay răng). Ly hợp bằng khớp chỉ có thể kết nối hoặc tách rời trong khi đứng yên.

Nếu muốn truyền mômen xoắn theo nguyên tắc **kết nối lực ma sát**, ma sát giữa hai mặt tiếp xúc với nhau phải được tăng lên qua một lực bên ngoài. Điều này có thể thực hiện được với lực lò xo, tay đòn kẹp, tác động thủy lực hoặc điện từ.

Những bề mặt với lớp cọ xát đặc biệt còn có thể làm tăng thêm lực ma sát. Ngoài ra nếu thiết kế sao cho số lượng bề mặt ma sát được tăng thêm, kết nối có thể truyền được những mômen quay lớn hơn nữa **(Hình 2)**.

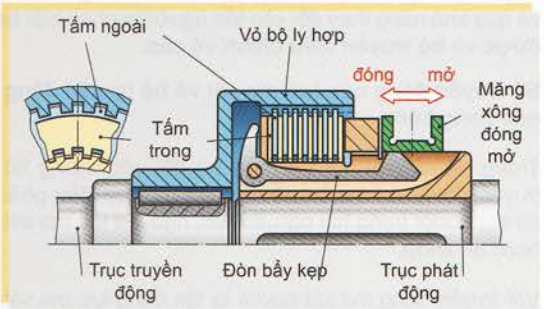
Trong nhóm ly hợp dùng cho những ứng dụng đặc biệt, **ly hợp an toàn** có tầm quan trọng hơn tất cả. Chúng có nhiệm vụ gián đoạn truyền mômen quay khi vượt quá mômen quay cho phép. Trong kết nối bằng khớp, động tác này được thực hiện đơn giản bằng một chốt gãy **(Hình 3)**. Nhiệm vụ của chốt gãy là gãy tại một rãnh khắc tạo trước, khi vượt quá mômen xoắn tối đa.

Ly hợp trượt được thiết kế giống như ly hợp nhiều đĩa **(Hình 4)**. Mômen xoắn được hiệu chỉnh qua lực nén của những đĩa ma sát.

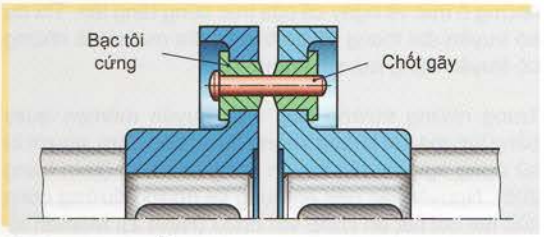
Thường những động cơ truyền động phải được cho chạy không tải trước cho đến khi chúng đạt được một vận tốc quay thích ứng, rồi lúc đó mới được kết nối vào với những nhóm chức năng khác. Rất thích hợp để dùng cho những trường hợp này là ly hợp khởi động và ly hợp một chiều **(Hình 5)**. Bộ ly hợp này được thiết kế, thí dụ theo nguyên tắc lực ly tâm. Với vận tốc quay tăng dần lên, phần tử ma sát bị lực ly tâm đẩy ra ngoài và rồi được nén ép vào vách thành vỏ của bộ ly hợp, vỏ này sẽ bắt đầu quay khi lực nén đạt được độ lớn cần thiết.

Ly hợp một chiều còn được sử dụng trong những đùm một chiều, được biết trong xe đạp. Khi vận tốc quay của trục ngoài và trục trong khác nhau thì những con lăn bị ép vào vách thành của hai nửa ly hợp, và như vậy ly hợp truyền mômen quay **(Hình 5)**.

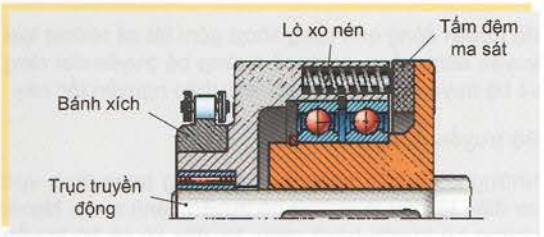
Hình 1: Ly hợp đĩa vấu



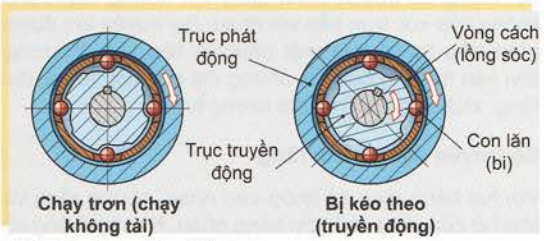
Hình 2: Ly hợp nhiều tấm đóng mở



Hình 3: Ly hợp chốt gãy



Hình 4: Ly hợp trượt



Hình 5: Ly hợp một chiều

https://tieulun.hopto.org

6.3.2.3 Hộp số (bộ truyền động)

Trong trường hợp chuyển động quay xuất phát từ trục truyền động không thể dùng trực tiếp được, thí dụ vì tần số quay hay mômen quay chưa được thích ứng, chuyển động quay này phải được biến đổi bằng cách đi qua một bộ truyền động.

> Bộ truyền động có chức năng truyền năng lượng và đồng thời có thể biến đổi tần số quay, chiều quay và mômen quay.

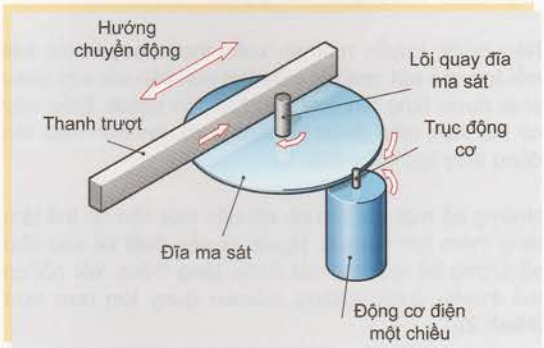
Những bộ hộp số được xếp loại theo nhiều đặc điểm khác nhau:

Dựa vào thiết kế kết cấu người ta phân biệt **bộ truyền bánh xe**, **bộ truyền cam**, **bộ truyền khuỷu**, theo cách truyền lực người ta phân biệt **bộ kết nối cứng lúc ma sát** và **bộ kết nối qua dạng khớp**, qua tỉ số truyền động và qua khả năng thay đổi vận tốc người ta phân biệt **bộ truyền ngắt được (gián đoạn), bộ truyền không ngắt được** và **bộ truyền điều chỉnh vô cấp**.

Bộ truyền động qua lực ma sát và bộ truyền động qua dạng khớp

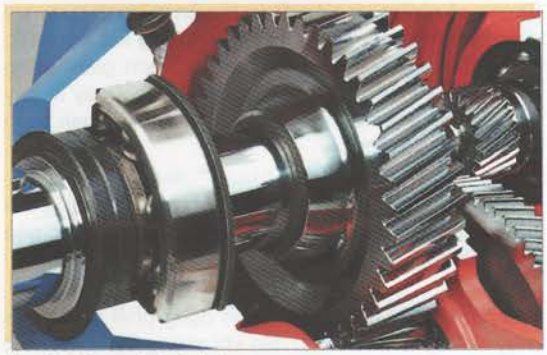
Trong tất cả mọi nơi và ngay cả đối với những bộ truyền động, sự truyền dẫn lực và mômen đều phải áp dụng một trong hai nguyên tắc, nguyên tắc ma sát hoặc ăn khớp.

Với truyền động ma sát người ta tận dụng lực ma sát giữa hai bộ phận tiếp xúc với nhau. Lực truyền động phụ thuộc vào lực nén (lực thẳng góc) và hệ số ma sát (xem trang 150). Khi lực nén tăng lên thì tải trọng của những ổ trục và ngay cả của trục cũng tăng lên. Thí dụ bộ truyền đai thang và bộ truyền đĩa ma sát là những bộ truyền động ma sát **(Hình 1)**.



Hình 1: Bộ truyền đĩa ma sát

Trong những trường hợp việc truyền mômen quay bằng lực ma sát không không được bảo đảm, người ta sử dụng nguyên tắc truyền động ăn khớp (xem trang 205). Nguyên tắc này áp dụng tại những đường cong của hai chi tiết ăn khớp với nhau **(Hình 2)**. Mômen tối đa có thể truyền được với nguyên tắc ăn khớp không phụ thuộc vào lực ma sát mà chỉ vào sức bền của những chi tiết chịu tải mà thôi.

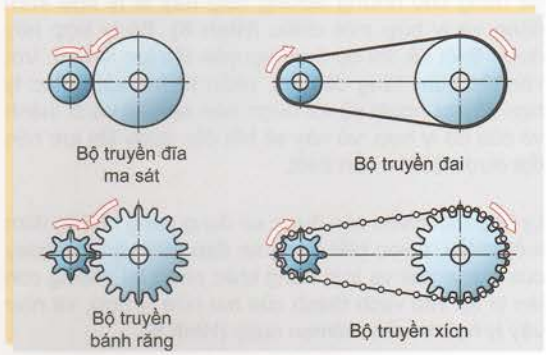


Hình 2: Bộ truyền bánh răng

Bộ truyền động qua dạng khớp gồm tất cả những loại truyền bánh răng, ngay cả những bộ truyền đai răng và bộ truyền xích cũng làm việc theo nguyên tắc này.

Bộ truyền động bánh quay

Những bộ truyền động thường dùng trong lãnh vực cơ điện tử đều là những bộ truyền bánh quay. Ngoài những bộ truyền bánh răng, tại đây có cả bộ truyền bánh quay ma sát và bộ truyền bằng phương tiện kéo **(Hình 3)**. Thuộc vào nhóm bộ truyền dây kéo là tất cả những bộ truyền bánh quay với những cặp bánh không tiếp xúc trực tiếp với nhau. Sự truyền lực được **gián tiếp** thông qua một phương tiện kéo. Phương tiện kéo thường dùng là những đai dẹt, đai thang, đai răng, xích hoặc những đai tương tự.



Hình 3: Bộ truyền động bánh quay

Bộ truyền động bánh răng

Với hai bánh răng ăn khớp vào nhau, những răng và khe hở của răng phải lớn bằng nhau. Những thông số quan trọng nhất của bánh răng là bước răng *p*,

https://tieulun.hopto.org

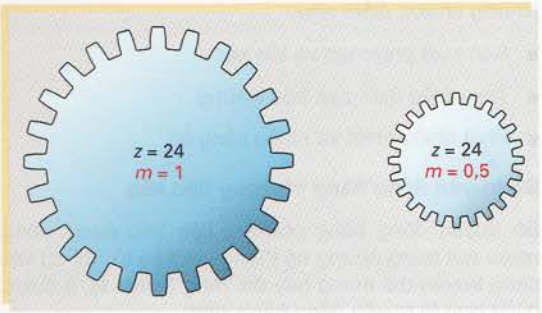
môđun m, và số răng z. Bước răng có đơn vị radian, cho ta biết khoảng cách từ giữa tâm răng nọ đến giữa tâm răng kia nằm trên vòng chia của bánh răng. Nhân bước răng với số răng z ta được chu vi U của vòng chia. Muốn biết đường kính của vòng chia d người ta phải chia số này cho π.

$$d = \frac{U}{\pi} = \frac{z \cdot p}{\pi}$$

Vì π là một con số dài vô tận sau dấu phẩy, khi chia U cho π để tính đường kính d của vòng chia thì d cũng sẽ có số lẻ vô tận và làm cho sự sản xuất chính xác bánh răng không thể thực hiện được. Vì lý do này người ta dùng một số chẵn để định nghĩa cho thương số p/π và gọi đó là môđun m. Như vậy ta nhận được đường kính vòng chia trên thực tế với công thức:

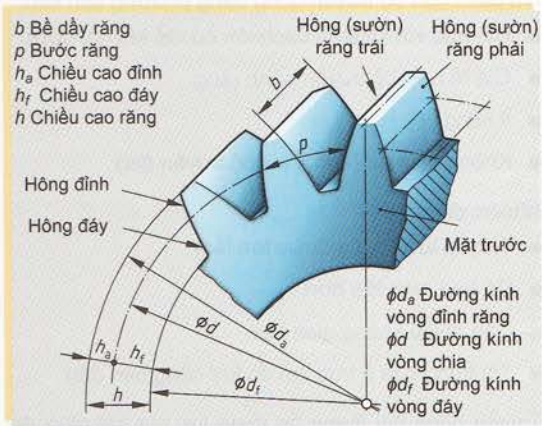
$$d = z \cdot m$$

Môđun đã được tiêu chuẩn hóa và có đơn vị mm. Sự thay đổi của môđun có ảnh hưởng đến độ lớn của bánh răng **(Hình 1)**.



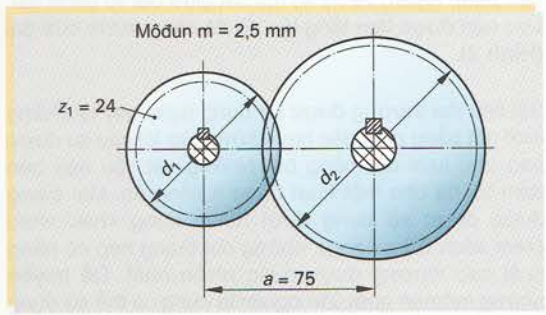
Hình 1: Biến đổi qua sự thay đổi của môđun *m*

Để giảm bớt ma sát giữa đỉnh răng của một bánh răng và đáy răng của bánh răng đối diện, một cặp bánh răng phải có một khe hở hướng kính c. Với số răng, môđun và khe hở hướng kính người ta có thể tính ra được tất cả các kích thước cần thiết của bánh răng (xem sách Cẩm nang, bảng tra cứu và **Hình 2**).



Hình 2: Thông số hình học (Kích thước) của bánh răng

Thí dụ: Bộ truyền động bánh răng trụ vẽ bên cạnh có những kích thước đã ghi vào trên hình vẽ: Hãy tính kích thước bánh răng còn thiếu của z_2 để đặt mua bánh răng thay thế.



Lời giải:

$$a = \frac{m \cdot z_1}{2} + \frac{m \cdot z_2}{2} = \frac{m\,(z_1 + z_2)}{2}$$

$$z_2 = \frac{2 \cdot a}{m} - z_1 = \frac{2 \cdot 75\ \text{mm}}{2{,}5\ \text{mm}} - 24$$

$$z_2 = 36$$

Có nhiều cách phân loại cho những bộ truyền động bánh răng. Khi dựa theo vị trí răng ta có những bánh răng trong và bánh răng ngoài, khi dựa theo hình dạng đường răng ta có những bánh răng thẳng, răng nghiêng và răng cong, khi dựa theo hướng của những trục đối với nhau ta có truyền động bánh răng trụ, bánh răng côn, bánh vít, và trục vít **(Hình 3)**. Bộ truyền động thanh răng có dạng đặc biệt, qua thanh răng chuyển động quay được biến đổi ra chuyển động thẳng hoặc ngược lại.

Hình 3: Những dạng cơ bản của bộ truyền động bánh răng

Bộ truyền động bánh răng có những ưu điểm như:

- Cấu trúc gọn
- Có thể truyền những lực lớn

https://tieulun.hopto.org

Những nhược điểm như:

- Sản xuất phức tạp và tốn kém
- Tốn nhiều thời gian bảo dưỡng
- Phát nhiều nhiệt và nhiều tiếng ồn

Bộ truyền động bằng phương tiện kéo

Bộ truyền động bằng phương tiện kéo được dùng nhiều nơi trong những hệ thống cơ điện tử, thí dụ với dạng truyền đai thang hay đai răng **(Hình 1)**, ít được dùng hơn là truyền động bằng xích.

Ưu điểm của bộ truyền động bằng phương tiện kéo:

- Hai trục với khoảng cách lớn có thể kết nối được
- Giá rẻ hơn bộ truyền bánh răng
- Ít tiếng ồn
- Không bị trượt (ngoại trừ bộ truyền đai)

Nhược điểm:

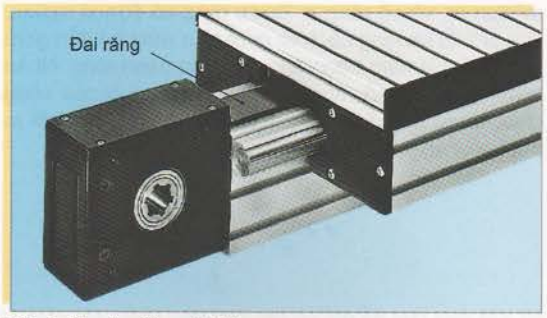
- Truyền lực không được lớn lắm
- Độ hao mòn lớn hơn
- Cần nhiều không gian hơn
- Tải trọng của ổ trục lớn do lực căng ban đầu

Truyền động đai thang áp dụng lực ma sát giữa đai và bánh đai để truyền mômen quay (kết nối bằng lực). Độ lớn lực ma sát có thể được thay đổi bởi lực nén (lực pháp tuyến) và hệ số ma sát giữa đai và bánh đai. Lực nén được làm tăng lên do độ căng trước của đai **(Hình 2)**.

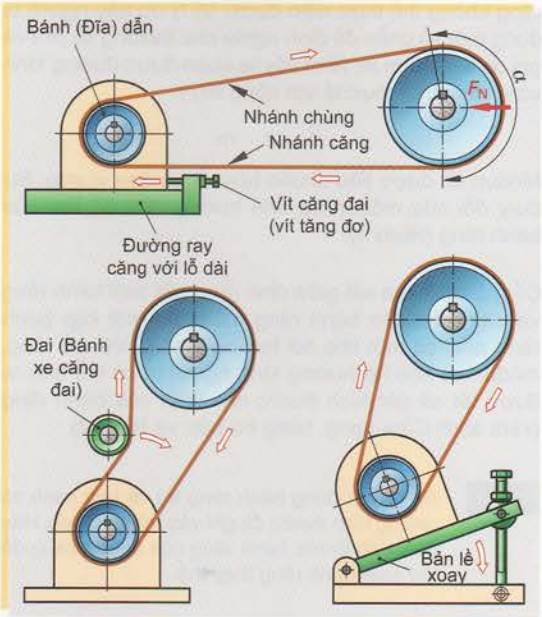
Vật liệu đai thường được sử dụng ngày nay là những lưới dệt bằng chất dẻo hay những lớp lõi cao su được bao phủ lưới dệt bằng bố. Những vật liệu này bảo đảm tối đa cho một hoạt động ít tiếng ồn. Đai thang được được sử dụng dưới nhiều dạng khác nhau (xem sách Cẩm nang), những đai thang hẹp có năng suất cao thường được dùng nhiều nhất. Để truyền những mômen quay lớn người ta cũng có thể sử dụng cùng lúc nhiều đai thang hay đai thang có nhiều gân **(Hình 3)**.

Trong truyền động bằng đai răng, ngoài việc truyền mômen quay qua kết nối lực ma sát người ta còn có thêm sự kết nối bằng khớp bởi những răng của đai. Do đó phương pháp truyền đai này vẫn có thể truyền những mômen lớn hơn đáng kể, mà không phải bỏ đi những ưu điểm nêu trên.

Truyền động bằng xích **(Hình 4)** được dùng để truyền những mômen quay lớn với khoảng cách xa giữa hai trục truyền. Thường người ta sử dụng xích nối khớp (xích chốt mắt dẹt, xích bản lề), giống như những xích xe đạp. Bằng cách dùng xích con lăn, độ ma sát còn có thể được giảm bớt.

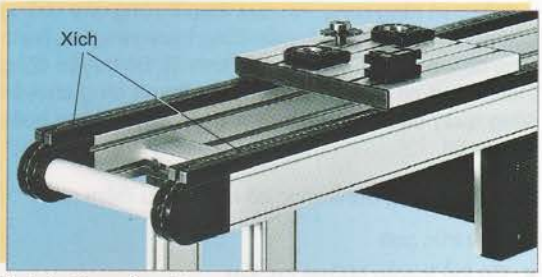


Hình 1: Truyền động đai răng



Hình 2: Những bộ phận căng đai

Hình 3: Các loại đai thang



Hình 4: Bộ truyền xích

https://tieulun.hopto.org

Truyền động xích hoạt động có nhiều tiếng ồn hơn so với những truyền đai. Nhưng thay vào đó truyền bằng xích làm việc không bị trượt và do đó bảo đảm chắc chắn tỉ số truyền động. Bánh xích phải có những kích thước thích hợp với xích.

Bộ truyền trục cam và bộ truyền trục khuỷu

Qua bộ truyền trục cam những chuyển động quay đều được biến đổi thành những chuyển động không đều qua lại hay chuyển động theo chu kỳ **(Hình 1)**. Chúng được dùng tại những nơi cần chuyển động lặp đi lặp lại nhiều lần. Thí dụ ứng dụng cụ thể nhất của truyền trục cam được thấy tại bộ phận điều khiển xú páp (van) hút và xú páp (van) xả của những động cơ đốt trong thông qua cốt cam. Cũng như ngay trong phạm vi gia công cơ khí, thí dụ trong công việc ép theo chu kỳ cho những ống lót, bộ truyền trục cam có thể được sử dụng **(Hình 2)**. Ưu điểm của trục cam là độ làm việc chính xác cao và độ chính xác lặp lại những chuyển động không đều. Nhược điểm của chúng là chi phí sản xuất cao và tương đối kém linh hoạt trong ứng dụng.

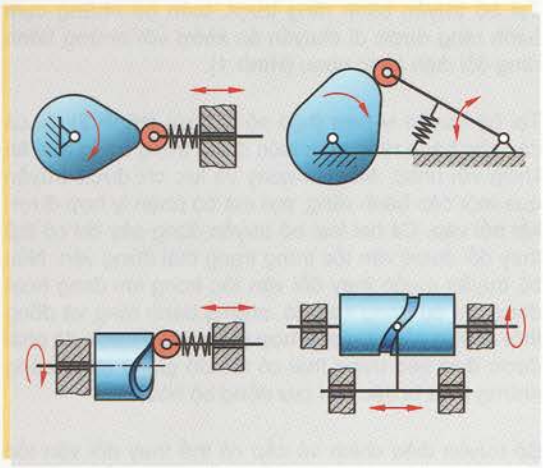
Bộ truyền trục khủy biến đổi chuyển động quay tròn đều thành những chuyển động qua lại. Trong phạm vi cơ điện tử, thí dụ thường thấy là máy nén pittông trong ngành khí lực (xem trang 422).

Bộ truyền động không ngắt được, bộ truyền động gián đoạn và bộ truyền động vô cấp có thể chỉnh được.

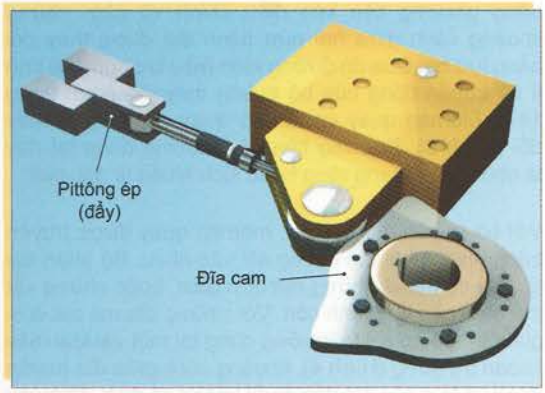
Như đã nêu trên, nhiệm vụ chính của những bộ truyền động là truyền mômen quay và làm thay đổi vận tốc quay. Trong một vài trường hợp điều này có thể thực hiện qua những cặp bánh răng hoặc cặp bánh đai thang cố định **(Hình 3)**. Những thay đổi vận tốc truyền động (hay là vận tốc ra) đòi hỏi điều chỉnh vận tốc dẫn động (vận tốc vào). Không thể thực hiện điều chỉnh ngay trong bộ truyền được. Trong trường hợp này người ta gọi là bộ truyền không ngắt được.

Thông thường hơn tùy theo điều kiện vận hành, vận tốc quay và mômen quay cần phải có thể thay đổi được. Thí dụ một máy khoan với vận tốc dẫn động cố định, nhưng phải cần những vận tốc ra tại trục khoan khác nhau, tùy theo đường kính lưỡi khoan và vật liệu.

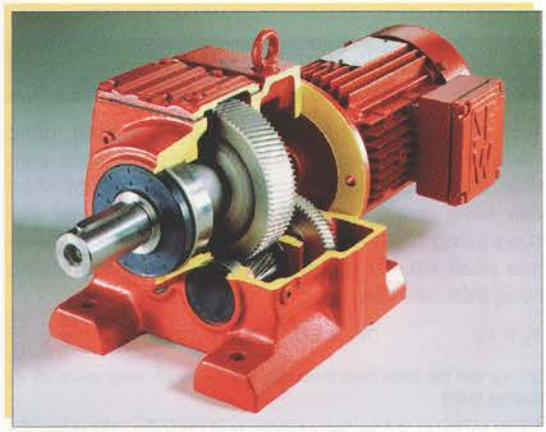
Yêu cầu này chỉ có thể đáp ứng qua những bộ truyền (hay hộp giảm tốc) có khả năng thay đổi vận tốc, đó là những bộ truyền điều chỉnh phân cấp hoặc điều chỉnh vô cấp. Sự thay đổi vận tốc và mômen quay chịu ảnh hưởng bởi đường kính cũng như số răng của những bánh quay tiếp xúc và ăn khớp với nhau. Bộ truyền có thể thay đổi vận tốc phần nhiều là bộ truyền bánh răng. Những cặp bánh răng có thể được thay đổi theo sự phân cấp cố định từ trước. Bộ truyền điều chỉnh phân cấp thường là bộ truyền bánh răng trượt hay bộ truyền ly hợp.



Hình 1: Bộ truyền cam



Hình 2: Bộ truyền cam trong việc lắp ráp đúng nhịp

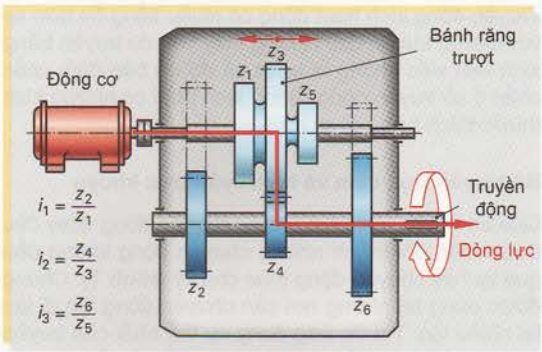


Hình 3: Bộ truyền động không gián đoạn

https://tieulun.hopto.org

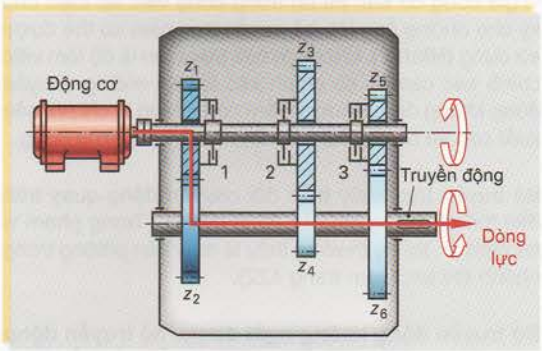
Tại bộ truyền bánh răng trượt, toàn bộ những cụm bánh răng được di chuyển ăn khớp với những bánh răng đối diện khác nhau **(Hình 1)**.

Tại bộ truyền ly hợp (hộp số ly hợp) **(Hình 2)** tất cả các cặp bánh răng luôn luôn đứng trong trạng thái ăn khớp với nhau. Mômen quay và lực chỉ được truyền qua một cặp bánh răng, nơi mà bộ phận ly hợp được kết nối vào. Cả hai loại bộ truyền động này chỉ có thể thay đổi được vận tốc trong trạng thái đứng yên. Nếu bộ truyền muốn thay đổi vận tốc trong khi đang hoạt động, thí dụ trong xe ô tô, những bánh răng và đồng thời những vòng trượt ly hợp (bộ ly hợp) trước đó phải được đưa vào trạng thái có tốc độ giống nhau bằng những thiết bị đặc biệt (sự đồng bộ hóa).



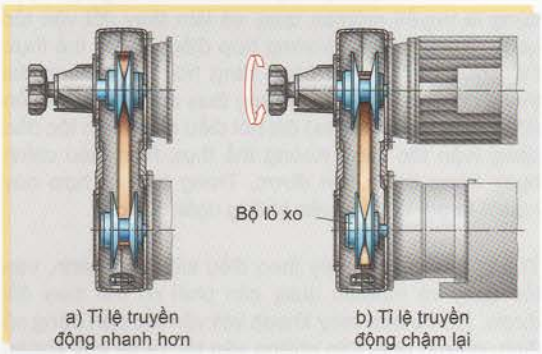
Hình 1: Hộp số với bánh răng trượt

Bộ truyền điều chỉnh vô cấp có thể thay đổi vận tốc ngay trong khi hoạt động. Tại đây sự truyền mômen được dựa trên nguyên tắc lực ma sát bằng những phương tiên kéo hoặc phần tử ma sát. Tại bộ truyền bằng phương tiện kéo điều chỉnh vô cấp, những khoảng cách giữa hai nửa bánh đai được thay đổi bằng lực cơ. Qua đó đường kính hiệu lực dùng để tính tỉ số truyền động của bộ truyền thay đổi (xem trang 147). Mômen quay và tần số quay cũng được thay đổi **(Hình 3)**. Phương tiện kéo thường dùng tại đây là những đai thang rộng hoặc xích nhiều lá đặc biệt.



Hình 2: Hộp số ly hợp

Với bộ truyền đĩa ma sát, mômen quay được truyền bằng những vật thể lăn cọ xát vào nhau. Bộ phận lăn tại đây có thể là những đĩa đơn giản, hoặc những vật thể hình cầu hay hình côn. Với những đĩa ma sát đơn giản, thí dụ người ta thường dùng tại một vài loại máy khoan trụ đứng **(Hình 4)**, khoảng cách giữa đĩa truyền động và trục của đĩa dẫn động không cố định. Nhờ vậy đường kính và tỉ số truyền động có thể thay đổi được.



Hình 3: Hộp số nhiều xích lá

6.3.2.4 Đại lượng đặc trưng của bộ truyền động (hộp số)

Trong tất cả các bộ truyền bằng bánh ma sát, bằng bánh răng, và bằng phương tiện kéo, vận tốc biên (tính theo chu vi) của những bánh liên kết với nhau đều bằng nhau. Ngay cả những lực truyền tại đây cũng giống nhau khi chúng được chuyển từ bánh nọ qua bánh kia. Từ nguyên tắc này hình thành những công thức sau đây:

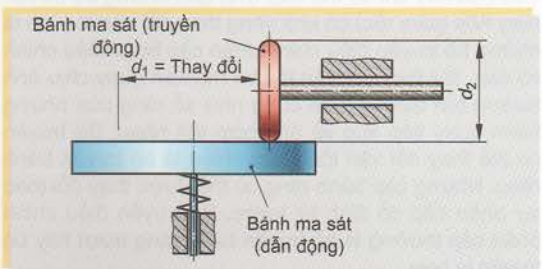
$$v_1 = v_2 \qquad n_1 \cdot \pi \cdot d_1 = n_2 \cdot \pi \cdot d_2 \qquad \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

(v_1, v_2 vận tốc biên (tính theo chu vi); n_1, n_2 số vòng quay; d_1 d_2 đường kính)

Tỷ lệ giữa n_1 và n_2 tại những nơi chuyển đổi một cấp được gọi là **tỉ số truyền động** ***i***. Đối với những bánh răng, đường kính d có thể thay thế được bằng $m.z$ (xem trang 143). Ta nhận được phương trình như sau:

$$n_1 \cdot z_1 \cdot m = n_2 \cdot z_2 \cdot m$$

Như vậy m có thể bỏ đi ở hai vế.



Hình 4: Bộ truyền đĩa ma sát

https://tieulun.hopto.org

Như vậy tỉ số truyền động i được định nghĩa như sau:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Cách tính tỉ số truyền động:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \qquad i = \frac{d_2}{d_1} \qquad i = \frac{z_2}{z_1}$$

Bộ truyền động đa cấp thường dùng để đạt được những tỉ số truyền động như ý muốn **(Hình 1)**. Để tính toán người ta đặt tên theo thứ tự cho những bánh quay bằng những chỉ số. Cho mỗi cấp của một bộ truyền động người ta có thể tính tỉ số truyền động từng phần riêng biệt:

$$i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} \qquad i_2 = \frac{z_4}{z_3} = \frac{n_3}{n_4}$$

Tích số của những tỉ số truyền động từng phần là tỉ số tỉ số truyền động chung i

$$i = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_3}{n_4}$$

Vì lý do bánh quay 2 và 3 và nhiều khi có cả 4 và 5 hoặc 7 và 8 v.v... luôn luôn chỉ nằm chắc trên một trục, nên tất cả các vận tốc quay cho những bánh này đều lớn bằng nhau. Những vận tốc quay có cùng độ lớn nằm cả trên tử số cũng như dưới mẫu số nên ta có thể rút gọn được. Còn lại trong công thức cho

Tỉ số truyền động chung: n_a = Vận tốc quay đầu vào (động cơ), n_e = Vận tốc quay đầu ra (công tác)

$$i = \frac{n_a}{n_e} \qquad i = i_1 \cdot i_2 \ldots$$

Như đã nói ở trên, không những vận tốc biên (tính theo chu vi) mà cả lực tại điểm tiếp xúc truyền giữa hai bánh quay cũng bằng nhau (xem trang 146). Tuy nhiên, vì những lực này lại tác dụng trên cặp bánh quay với hai đường kính khác nhau nên chúng tạo ra hai mômen quay khác nhau. Như vậy:

Bộ truyền động cũng là bộ biến đổi mômen xoắn

Vì mômen xoắn có đặc tính giống như đường kính hoặc số răng của bánh quay, ta có thể tính tỉ số truyền động như sau:

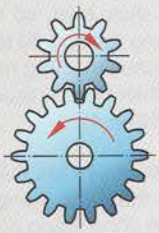
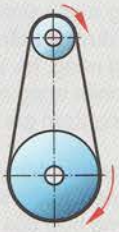
$i = \frac{M_2}{M_1}$ và từ đây ta có thể tính được mômen truyền động

$M_2 = M_1 \cdot i$ Tuy nhiên M_2 đây chỉ là một trị số lý thuyết, vì chưa xét tới ma sát luôn sinh ra trong bộ truyền động.

Sự hao hụt gây ra bởi ma sát sẽ được ghi nhận qua định nghĩa của hiệu suất η. Cùng với hiệu suất, mômen dẫn động thật sự sẽ là:

$$M_2 = M_1 \cdot i \cdot \eta$$

Bảng 1: Những thông số của bộ truyền động

	Bộ truyền bánh răng		Bộ truyền đai	
				
Đại lượng	đầu vào	đầu ra	đầu vào	đầu ra
Số vòng quay n	n_1	n_2	n_1	n_2
z, d	z_1	z_2	d_1	d_2
M, P	M_1, P_1	M_1, P_2	M_1, P_2	M_2, P_2

Thí dụ: Bánh dẫn động của một bộ truyền bánh răng một cấp có số răng $z_1 = 32$ và vận tốc quay $n_1 = 440^1/\text{min}$. Bánh truyền động có $z_2 = 80$ răng.

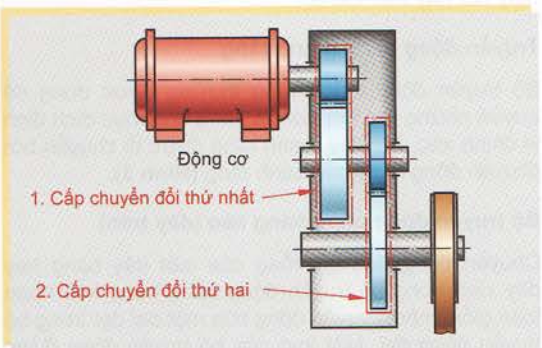
Hãy tính vận tốc ra n_2 và tỉ số truyền động i.

Lời giải:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$n_2 = \frac{z_1 \cdot n_1}{z_2} = \frac{32 \cdot 440 \frac{1}{\text{min}}}{80} = 176 \frac{1}{\text{min}}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{32} = \frac{2,5}{1}$$



Hình 1: Bộ truyền đa cấp

Thí dụ: Một bộ truyền bánh răng hai cấp có những số răng $z_1 = 25$, $z_2 = 50$, $z_3 = 42$ và $z_4 = 63$. Hãy tính tỉ số truyền động trong trường hợp bánh răng z_1 gắn chặt vào trục của động cơ.

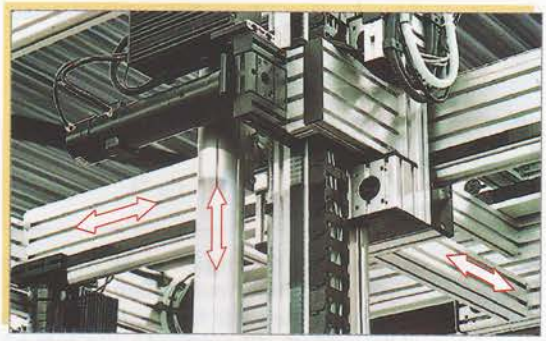
Lời giải:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{50 \cdot 63}{25 \cdot 42} = \frac{3}{1}$$

https://tieulun.hopto.org

6.3.2.5 Thiết bị dẫn động đường thẳng (tuyến tính)

Trong những hệ thống cơ điện tử có nhiều chuyển động tuyến tính được thực hiện, có nghĩa là đi theo một đường thẳng. Thông thường đó là những chuyển động nâng, hạ và vận chuyển, cũng như các động tác cần thiết trong những thiết bị xử lý thao tác hoặc trong những trạm gia công **(Hình 1)**.



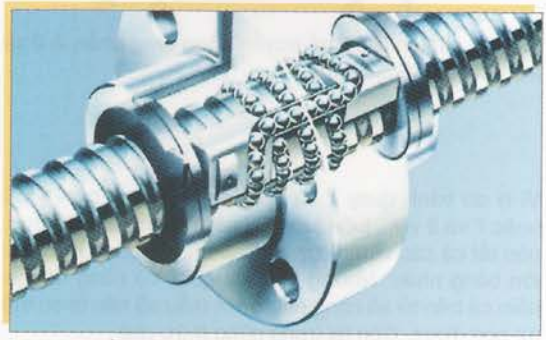
Hình 1: Trạm gia công với thiết bị dẫn động thẳng

Ngoại trừ những thiết bị truyền lực thẳng bằng xi lanh khí nén hoặc xi lanh thủy lực, trong phần lớn các trường hợp của chuyển động thẳng nói trên đều được tạo ra bởi sự biến dạng từ một chuyển động quay.

Trục ren

Thiết bị truyền động với trục ren là ren chuyển động. Tại đây một đai ốc được chuyển động chạy theo đường thẳng bởi chuyển động quay của trục ren. Khi dùng trục ren hình thang, ở đây sẽ nảy sinh ra một độ ma sát tương đối lớn.

Vì trục ren hình thang phải có một độ hở nhất định nên khi chuyển động đổi chiều, trong bộ truyền nảy sinh ra một **sự hở đảo chiều** (độ rơ) ngoài ý muốn. Do sự kém chính xác này nên ren hình thang chỉ được sử dụng có giới hạn.

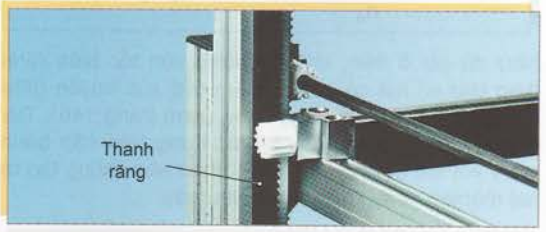


Hình 2: Truyền động bằng vít me đai ốc bi

Truyền động bằng ren cầu với những viên bi hoạt động khít, không có độ hở. Ở đây những viên bi được dẫn và lăn dọc theo một rãnh chạy nằm giữa trục ren và đai ốc và sau đó quay trở lại vị trí ban đầu nhờ một ống dẫn ngược lại **(Hình 2)**. Nhờ độ chính xác cao, truyền động bằng vít me đai ốc bi được sử dụng, thí dụ cho những bộ dẫn động bước tiến trong những máy NC hay bàn tọa độ.

Truyền động bằng thanh răng

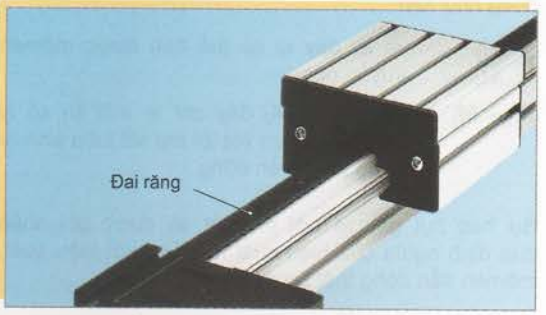
Bộ truyền động thanh răng thường được dùng để truyền những lực lớn hơn là dùng cho mục đích định vị chính xác. Tại đây thanh răng được di chuyển bởi chuyển động quay của bánh răng **(Hình 3)**.



Hình 3: Truyền động bằng thanh răng

Bộ truyền động bằng băng kéo (dây trần)

Chuyển động đường thẳng của một dây băng hay dây xích trong bộ truyền động bằng băng kéo hoàn toàn giống như chuyển động của một đai dẹt trong bộ truyền động đai. Một trục của bộ truyền động được vận hành bởi động cơ điện và làm chuyển động băng nằm trên trục. Băng chạy qua một trục thứ hai và sau đó được chuyển hướng ngược lại **(Hình 4)**.



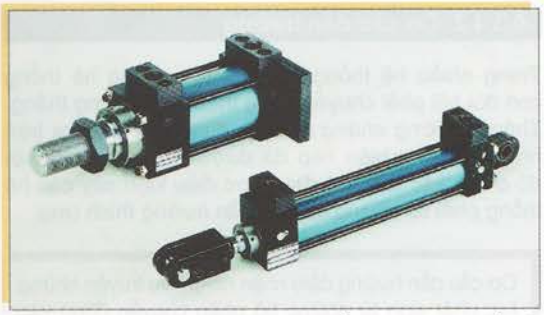
Hình 4: Bộ truyền động băng kéo

Trong việc bố trí luồng vật liệu ở quy trình gia công, bộ truyền bằng băng kéo được sử dụng chủ yếu làm băng vận chuyển. Độ định vị chính xác tùy thuộc vào thiết kế của băng vận chuyển, động cơ điện cũng như vào bộ truyền động tiếp theo sau động cơ. Bộ truyền băng tải cũng có thể chuyển hướng qua một góc nhờ những biện pháp thiết kế phù hợp.

https://tieulun.hopto.org

6.3.3 Đơn vị chức năng để làm việc (vận hành)

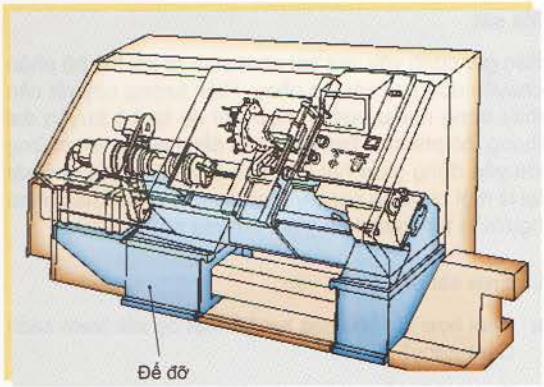
Đơn vị chức năng gia công là những hệ thống con của một hệ thống kỹ thuật, chúng bắt buộc phải có để có thể thực hiện được chức năng chính. Thí dụ xi lanh làm việc **(Hình 1)** cùng với một dụng cụ uốn thích hợp trong một thiết bị uốn thủy lực, hay là cánh tay cùng với tay gắp tương ứng trong robot dùng để lắp đặt linh kiện cho những bản mạch in điện tử, hay là gá giữ và gá kẹp cho dụng cụ phay trong máy phay CNC.



Hình 1: Xi lanh công tác là thành phần sinh công (phần tử vận hành)

6.3.4 Đơn vị chức năng đỡ và mang

Đơn vị chức năng đỡ và mang có nhiệm vụ thu nhận và giữ vững những hệ thống con đúng vị trí để thực hiện chức năng của nó trong một hệ thống kỹ thuật. Nhiệm vụ này được đáp ứng phần lớn nhờ những khung đỡ, thân máy, cũng như cả trục, ổ trục và bộ phận dẫn hướng.



Hình 2: Đế đỡ máy

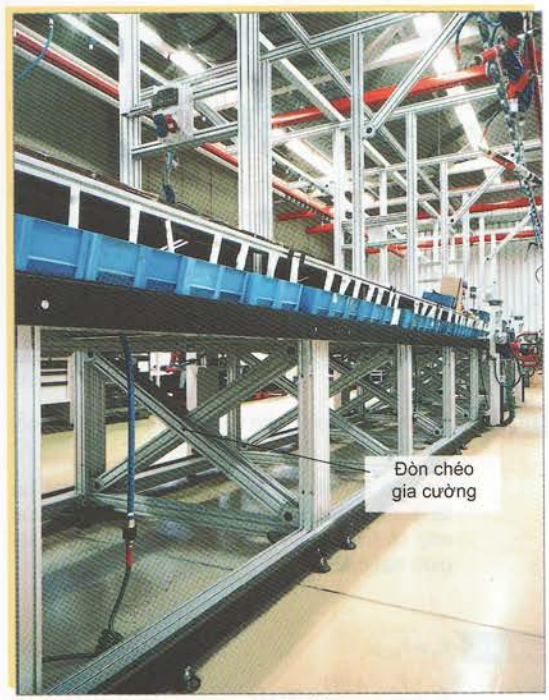
6.3.4.1 Thân máy và khung đỡ

Thân máy và khung đỡ có bổn phận mang những nhóm lắp ráp cũng như cấu kiện riêng lẻ, trong một hệ thống kỹ thuật và gánh tải trọng từ đây gây ra, bất kể những nhóm lắp ráp này được lắp chặt vào hệ thống hay đặt di chuyển được trên ổ đỡ. Tùy theo từng trường hợp ứng dụng, có thể đó là những lực tĩnh lớn do trọng lượng hay những tải trọng phát sinh từ sự dao động. Thí dụ thân máy và khung đỡ của những máy công cụ **(Hình 2)** hay những khung đỡ của một thiết bị lắp ráp **(Hình 3)** đều phải chịu đựng tải có dạng tương tự như nhau.

Để chịu được những tải trọng này, những khung đỡ phải có đủ độ cứng vững. Đòi hỏi này có thể đáp ứng được qua sự lựa chọn vật liệu thích hợp hay qua những biện pháp thiết kế thích hợp (thí dụ thanh giằng chéo trong **Hình 3**).

Khung đỡ cho những máy công cụ thường được xây dựng bằng những kết cấu đúc hay kết cấu hàn. Độ cứng cần thiết của khung đỡ có được nhờ vào việc thêm những gân trong thiết kế đúc và với những tấm tôn có prôfin trong kết cấu hàn.

Khung đỡ của những thiết bị lắp ráp hay tương tự, ngày nay thường được xây dựng bằng những prôfin nhôm. Những thanh giằng chéo và sự tính toán kích thước prôfin tương xứng bảo đảm cho sự vững chắc độ ổn định của khung.



Hình 3: Khung đỡ của một đơn vị lắp ráp

https://tieulun.hopto.org

6.3.4.2 Cơ cấu dẫn hướng

Trong nhiều hệ thống cơ điện tử, những hệ thống con đòi hỏi phải chuyển động theo một đường thẳng. Thông thường những chuyển động này diễn ra trên những đường biên hẹp đã được định trước và với độ chính xác cao. Để đạt được điều kiện này các hệ thống phải có những cơ cấu dẫn hướng thích ứng.

Cơ cấu dẫn hướng đảm nhận nhiệm vụ truyền những lực phát sinh từ những bộ phận chuyển động vào thân máy và khung đỡ cũng như hướng dẫn chính xác những bộ phận này đi theo một đường thẳng.

Ma sát

Bao giờ cũng vậy, ma sát phát sinh ra khi hai bộ phận chuyển động cọ xát lên nhau. Hiện tượng này rất cần thiết trong nhiều trường hợp (thí dụ tại bộ truyền đai thang, bộ phanh). Trong cơ cấu dẫn hướng với những chuyển động giữa hai bộ phận của hệ thống, ma sát lại là một chướng ngại. Với nhiều giải pháp khác nhau người ta tìm cách làm giảm bớt ma sát.

Lực ma sát phụ thuộc vào:

- Phối hợp vật liệu của hai bề mặt cọ xát (xem sách Cẩm nang)
- Trạng thái bề mặt cọ xát
- Lực pháp tuyến F_N
- Loại ma sát (xem thí nghiệm)
- Tình trạng bôi trơn (xem thí nghiệm)

Lực pháp tuyến là lực có hướng thẳng góc với bề mặt mà lực tác động lên đó. Lực này tùy thuộc vào trọng lượng của vật thể và độ nghiêng của bề mặt.

Lực ma sát giữa hai vật thể cứng được tính với công thức sau đây (cũng xem chương 14.1.2):

$$F_R = F_N \cdot \mu$$

- μ_H Ma sát tĩnh
- μ_G Ma sát trượt
- μ_R Ma sát lăn

Thí dụ: Hai thanh được ghép vào nhau bởi một kết nối bu lông.

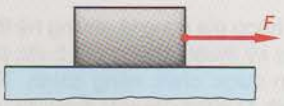
Lực ép F_N nào phải được thực hiện bởi bu lông, nếu hệ số ma sát là $\mu = 0.2$, để cấu trúc này có thể truyền một lực kéo F_R bằng 4 kN giữa hai thanh?

Lời giải: $F_R = F_N \cdot \mu$

$$F_N = \frac{F_R}{\mu} = \frac{4\ \text{kN}}{0{,}2} = 20\ \text{kN}$$

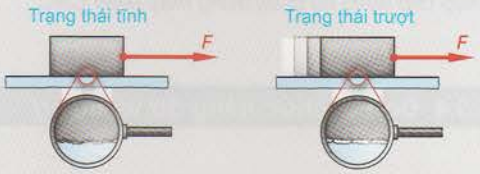
Thí nghiệm 1:

Một khối gỗ với một lực kế được kéo trên một mặt phẳng.



Quan sát:

Lực cần thiết dùng để khởi động khối gỗ lúc ban đầu lớn hơn lực kéo khối gỗ khi đang chuyển động



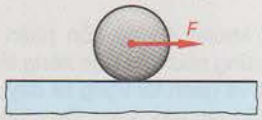
Giải thích:

Trong trạng thái tĩnh, những ""đỉnh nhọn"" của mặt phẳng có thể bị vướng vào nhau.

Trong trạng thái trượt, những đỉnh nhọn của mặt phẳng trượt lên nhau.

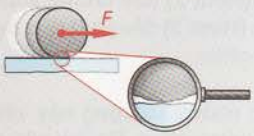
Thí nghiệm 2:

Khối gỗ được thay thế bởi một bánh lăn với cùng một trọng lượng.



Quan sát:

Lực cần dùng để bánh lăn chuyển động nhỏ hơn rất nhiều. **Ma sát lăn** nhỏ hơn ma sát trượt.

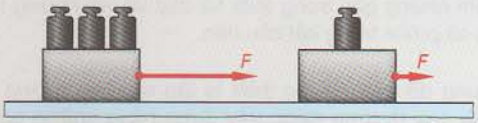


Nhận biết:

Vật thể trong trạng thái tĩnh chịu ảnh hưởng **ma sát tĩnh.** Vật thể đang chuyển động chịu **ma sát trượt**. Vật thể lăn chịu **ma sát lăn**.

Thí nghiệm 3:

Trên khối gỗ được đặt thêm nhiều tải có trọng lượng khác nhau. Lực kéo cần thiết được đo.



Quan sát:

Lực kéo cần thiết khi khối gỗ chuyển động lớn dần, và tỉ lệ với lực pháp tuyến (trong trường hợp này bằng các trọng lượng)

https://tieulun.hopto.org

Những loại dẫn hướng

Cơ cấu dẫn hướng được phân loại chủ yếu qua **hình dạng đường dẫn hướng** và qua **loại ma sát**.

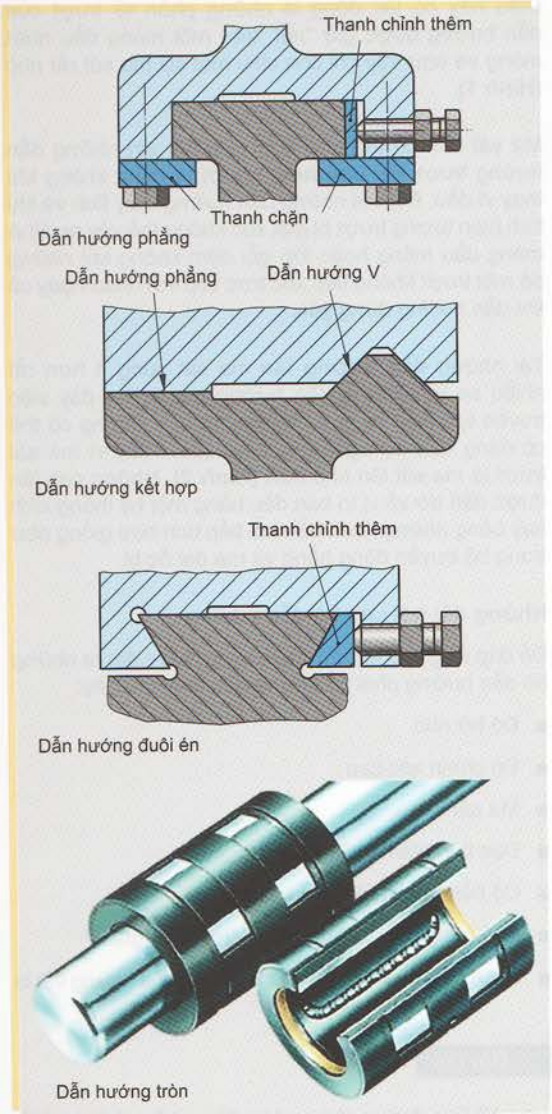
Trong phạm vi kỹ thuật chế tạo máy cổ điển người ta thường gặp dẫn hướng phẳng, dẫn hướng hình V, dẫn hướng hình thang (đuôi én hay mang cá) và dẫn hướng hình tròn **(Hình 1)**.

Dẫn hướng phẳng được chế tạo đơn giản nhất, nhưng có yếu điểm là chỉ tiếp nhận được những lực tác động thẳng góc với đường dẫn hướng. Sự tách rời của vật thể trượt khỏi mặt phẳng trượt được ngăn chặn bằng cách lắp thêm những thanh chặn. Độ hở trong dẫn hướng thay đổi được nhờ sự chuyển dịch của những thanh chỉnh.

Dẫn hướng hình V thường được dùng chung với dẫn hướng phẳng trong một dẫn hướng kết hợp. Chúng có thể tiếp nhận được những lực ngang nhỏ. Khi có sự hao mòn dẫn hướng hình V có thể tự hiệu chỉnh được.

Dẫn hướng hình thang (đuôi én) kết hợp những ưu điểm của của hai dẫn hướng phẳng và hình V. Tùy theo kích thước dẫn hướng này có thể tiếp nhận được những lực pháp tuyến và lực ngang lớn. Nhờ dạng hình thang nên sự tách rời của bộ phận trượt khỏi mặt phẳng trượt không thể xảy ra và do đó không cần phải có thanh giữ. Độ hở của dẫn hướng được điều chỉnh nhờ những thanh chỉnh. Một yếu điểm của dẫn hướng hình thang là chi phí chế tạo cao.

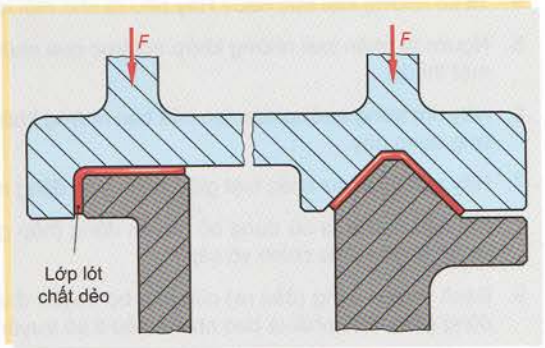
Dẫn hướng tròn giản dị nhất trong công trình sản xuất khi so sánh với những loại dẫn hướng khác. Trái với những dẫn hướng khác nó còn cho phép có những chuyển động vòng quanh phần tử dẫn hướng, thí dụ ứng dụng trong máy khoan trục đứng. Trong trường hợp không muốn có chuyển động quay này, thì thiết kế thêm những đường rãnh.



Hình 1: Những loại dẫn hướng

Thông thường những dẫn hướng được diễn tả trên đây đều có dạng là **dẫn hướng trượt.** Có nghĩa là những vật thể trượt chuyển động trực tiếp ngay trên đường dẫn hướng. Để giảm bớt ma sát phát sinh trong quá trình làm việc, chúng phải được bôi trơn với những chất bôi trơn thích ứng. Nhiều khi đường trượt được tráng những lớp lót chất dẻo **(Hình 2)**. Những lớp lót này có đặc tính trượt và giảm chấn tốt. Ngoài ra những lớp lót chất dẻo này có hệ số ma sát tĩnh và hệ số ma sát trượt gần bằng nhau. Nhờ vậy tránh được hiện tượng trượt bị giật xóc (hiệu ứng dính trượt) ngoài ý muốn, thường xảy ra với những vận tốc thấp.

Một khả năng khác để có thể giảm bớt ma sát nằm trong những dẫn hướng trượt là sự bôi trơn bằng phương pháp **thủy tĩnh**. Tại đây dầu với áp suất cao được chuyển tới những bề mặt trượt bằng một hệ thống ống dẫn.



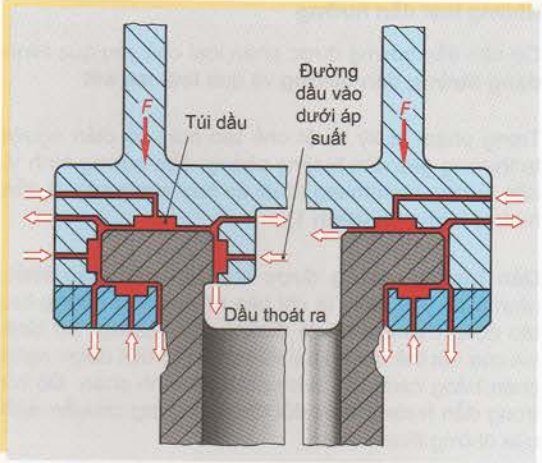
Hình 2: Đường dẫn hướng được phủ lớp lót

https://tieulun.hopto.org

Điều này có tác động là những phần tử trượt của dẫn hướng được giữ "nổi" trên một màng dầu nhớt mỏng và như vậy chỉ còn chịu một sự ma sát rất nhỏ **(Hình 1)**.

Ma sát còn có thể nhỏ hơn nữa đối với những dẫn hướng trượt **khí tĩnh học**, người ta dùng không khí thay vì dầu. Đối với những dẫn hướng thủy tĩnh và khí tĩnh hiện tượng trượt bị giật xóc không thể xảy ra. Nhờ màng dầu mỏng hoặc lớp gối đệm không khí những bề mặt trượt không tiếp xúc trực tiếp với nhau ngay cả khi dẫn hướng đứng yên.

Tại những **dẫn hướng lăn** ma sát cũng ít hơn rất nhiều so với những dẫn hướng trượt. Nơi đây việc truyền lực diễn ra qua những con lăn. Chúng có thể có dạng đũa trụ ngắn hay hình cầu. Thay vì ma sát trượt là ma sát lăn nhỏ hơn **(Hình 2)**. Những con lăn được dẫn trở về vị trí ban đầu bằng một hệ thống xích hay bằng những kênh dẫn hồi tiếp tích hợp giống như trong bộ truyền động bằng vít me đai ốc bi.

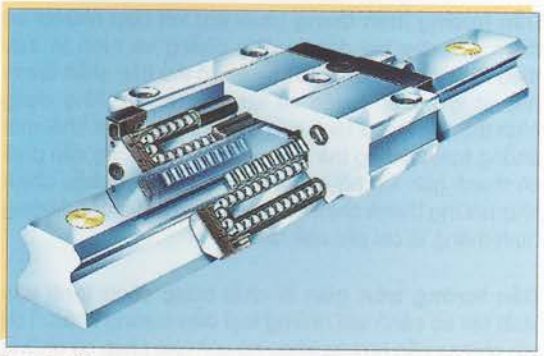


Hình 1: Bôi trơn thủy tĩnh

Những đòi hỏi cho bộ dẫn hướng

Để đáp ứng cho những chức năng được đặt ra những bộ dẫn hướng phải có những đặc tính sau đây:

- Độ hở nhỏ
- Độ chính xác cao
- Ma sát ít
- Đặc tính giảm chấn tốt
- Độ bền uốn và độ bền xoắn cao
- Khả năng bảo dưỡng và bôi trơn đơn giản
- Được bịt kín chống lại sự xâm nhập của những vật lạ


Hình 2: Dẫn hướng lăn

Bài tập:

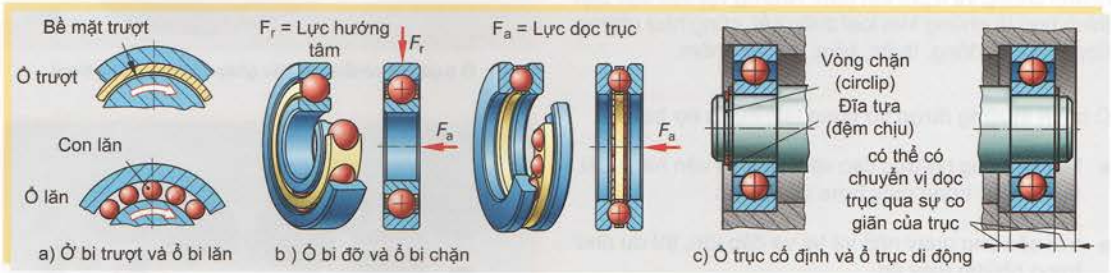
1. Những đơn vị chức năng đảm nhận những nhiệm vụ gì trong hệ thống cơ?
2. Hãy nêu lên những đơn vị chức năng dùng để dẫn động.
3. Sự khác biệt giữa cốt (trục tâm) và trục (trục truyền) là gì?
4. Ta có những loại trục nào? Hãy nêu ra cho mỗi loại trục một thí dụ ứng dụng.
5. Người ta phân loại những khớp nối trục qua những đặc điểm nào? Hãy nêu ra cho mỗi loại khớp nối trục một thí dụ.
6. Hãy tìm trong xưởng đào tạo của bạn những khớp nối trục khác nhau và thuyết minh tương ứng cho từng ứng dụng này.
7. Hãy giải thích sự khác biệt giữa bộ truyền động ma sát và bộ truyền động ăn khớp.
8. Khi nào người ta sử dụng bộ truyền động (hộp giảm tốc) có thể thay đổi vận tốc, không thay đổi vận tốc và bộ truyền điều chỉnh vô cấp?
9. Bánh truyền động (đầu ra) của một bộ truyền đai răng có đường kính 80 mm. Đường kính của bánh dẫn động (đầu vào) phải là bao nhiêu, nếu tỉ số truyền động phải đạt được là 2.5/1?
10. Những bộ dẫn hướng đảm nhận những nhiệm vụ gì trong hệ thống cơ?

https://tieulun.hopto.org

6.3.4.3 Bợ trục (ổ trục)

Ổ trục có nhiệm vụ dẫn hướng và mang những chi tiết máy có chuyển động quay. Trong lĩnh vực cơ điện tử những chi tiết này hầu như chỉ là những cốt (trục tâm) và trục truyền được quay vòng quanh. Chúng được phân loại như sau:

- Theo loại ma sát: ổ trượt và ổ lăn **(Hình 1a)**
- Theo lực tác dụng vào ổ trục: ổ đỡ và ổ chặn **(Hình 1b)**
- Theo khả năng di động dọc trục: ổ cố định và ổ di động **(Hình 1c)**



Hình 1: Các loại bợ trục

Ổ đỡ và ổ chặn (ổ trục hướng tâm và hướng kính)

Ổ đỡ là ổ trục truyền những lực có hướng thẳng góc với chiều dài của trục (lực hướng tâm). Những lực có cùng hướng với chiều dài trục là lực dọc trục. Ổ chặn là ổ truyền có thể chịu những lực dọc trục **(Hình 1b)**.

Ổ trượt

Ổ trượt là những ổ tiếp nhận ngõng (cán, chuôi) của cốt hoặc của trục vào những bạc lót ổ trục. Ma sát phát sinh được giảm đi nếu bôi trơn đầy đủ và nhờ vậy giảm hao mòn.

Qua sự bôi trơn người ta phân biệt ba trạng thái ma sát khác nhau:

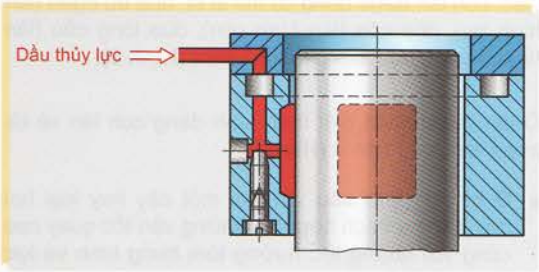
- Ma sát khô
- Ma sát hỗn hợp và
- Ma sát chất lỏng **(Hình 2)**

Ma sát khô xuất hiện tại những ổ trượt đơn giản, trong thời gian ổ trượt bắt đầu chuyển động hay chuyển động với một vận tốc nhỏ, vì màng bôi trơn lúc này bị đẩy ra ngoài bởi tải trọng lớn của ổ.

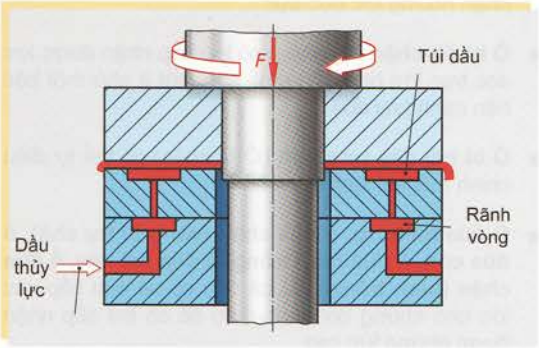
Với vận tốc quay cao hơn màng bôi trơn sẽ được ngõng trục kéo chạy theo, lúc này không còn sự tiếp xúc trực tiếp giữa hai vật liệu cứng với nhau nữa. Bây giờ ổ hoạt động với trạng thái ma sát hỗn hợp hay là ma sát chất lỏng (bôi trơn dạng **thủy động**).

Bằng những biện pháp thích ứng, thí dụ như bơm dầu thủy lực nén vào ổ trục, trạng thái ma sát chất lỏng cũng có thể đạt được ngay cả trong khi ổ trục đứng yên. Trường hợp này người ta gọi là bôi trơn bằng **thủy tĩnh (Hình 3 và 4)**.

Hình 2: Những trạng thái ma sát



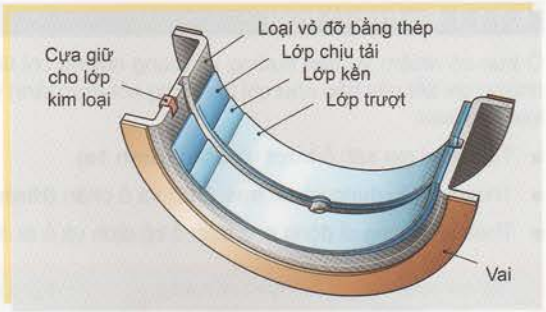
Hình 3: Ổ đỡ hướng tâm với bôi trơn thủy tĩnh



Hình 4: Ổ chặn dọc trục với bôi trơn thủy tĩnh

https://tieulun.hopto.org

Ngoài ra ma sát của ổ trục cũng có thể được thay đổi tốt tùy theo việc lựa chọn vật liệu phù hợp. Ngõng của cốt hay ngõng của trục thông thường được làm bằng thép tôi cứng có sức chống hao mòn cao. Những phần tử chịu tải của ổ trượt thường được chế tạo bằng vật liệu với độ bền nén cao như gang đúc hoặc thép **(Hình 1)**. Để bớt sự hao mòn, ống lót cũng như bạc lót nên được chế tạo bằng những vật liệu có tính chất trượt tốt để khi cần thay thế ống và bạc lót thì nhanh chóng và ít phí tổn hơn. Những vật liệu đặc biệt thích hợp là những kim loại thiêu kết, cũng như những hợp kim của đồng, thiếc, kẽm, chì và nhôm.



Hình 1: Ổ trục với nhiều vật liệu ghép (ổ trục phức hợp)

Ổ trượt thường được sử dụng tại những bợ trục

- Với tải trọng bợ trục cao và thời gian vận hành dài, thí dụ như trong máy bơm và tua bin
- Với số vòng quay nhỏ và tải va đập lớn, thí dụ như trong những máy ép

So với ổ lăn, ổ trượt có chi phí sản xuất và bảo dưỡng thấp. Trong điều kiện sử dụng tốt tuổi thọ của ổ trượt có thể đạt được rất cao.

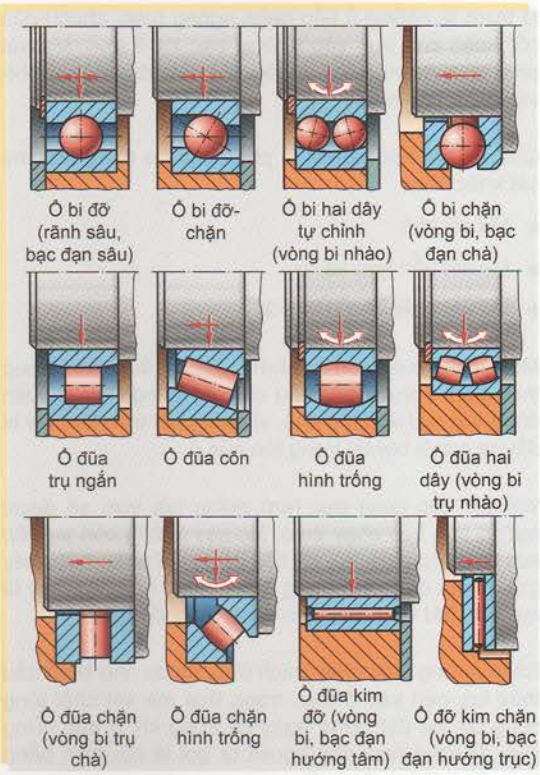
Ổ lăn

Sự truyền lực tại ổ lăn được thực hiện qua những con lăn có hình dạng khác nhau. Những con lăn chuyển động giữa hai vòng của ổ đỡ hoặc giữa hai đĩa của ổ chặn, và như vậy tạo ra ma sát lăn, tốt hơn ma sát trượt. Tùy trường hợp ứng dụng và tùy yêu cầu công việc, con lăn được dùng có thể là bi, đũa trụ ngắn (lăn hình trụ), đũa côn (lăn hình côn), đũa lòng cầu (lăn hình thùng), đũa kim (lăn hình kim) **(Hình 2)**.

Hình 2: Con lăn

Ổ lăn được phân biệt theo hình dạng con lăn và tải trọng tác dụng trên ổ **(Hình 3)**.

- **Ổ bi đỡ rãnh sâu** với loại một dãy hay loại hai dãy. Chúng thích hợp cho những vận tốc quay cao cùng với những lực hướng tâm trung bình và lực dọc trục nhỏ
- **Ổ bi chặn (vòng bi, bạc đạn chà)** dùng để tiếp nhận những lực dọc trục
- **Ổ bi đỡ-chặn** (nghiêng) có thể tiếp nhận được lực dọc trục lớn hơn ổ bi rãnh sâu một ít nhờ một bậc bên cạnh (vai đỡ)
- **Ổ bi hai dây tự chỉnh** (*Ổ bi nhào*) có thể tự điều chỉnh một sai lệch góc nhỏ
- **Ổ đũa hình trụ, ổ đũa chặn (vòng bi trụ chà), ổ đũa côn, ổ đũa hình trống, ổ đũa hai dây, ổ đũa chặn (hình trống)**, tất cả đều có bề mặt tiếp xúc lớn cho những con lăn và do đó có thể tiếp nhận được những lực cao



Hình 3: Những loại ổ lăn

https://tieulun.hopto.org

- **Ổ đũa kim đỡ (hướng tâm)** và **ổ đũa kim chặn (hướng trục)**. Những ổ này chỉ cần không gian lắp ráp nhỏ và cũng có thể được lắp ráp với dạng không có vòng lăn

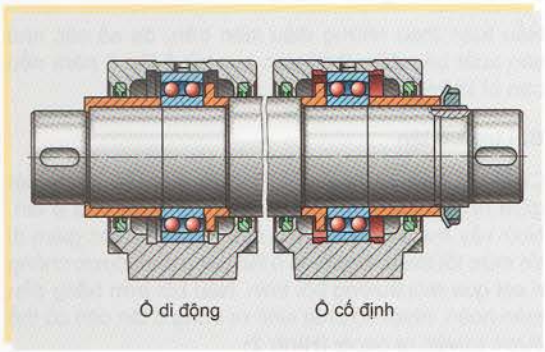
Cấu trúc của những ổ lăn

Ngoại trừ một vài ổ đũa kim, những ổ đỡ đều luôn luôn được cấu tạo bởi hai vòng lăn, đó là vòng ngoài và vòng lăn, ở giữa là những con lăn chạy vòng quanh. Tại những ổ chặn hai vòng lăn được thay thế bởi hai đĩa lăn. Những con lăn được làm bằng thép tôi cứng, sau đó được mài và đánh bóng. Chúng được dẫn trong một vòng cách (vòng rế) với những khoảng cách bằng nhau **(Hình 1)**.

Hình 1: Kết cấu của ổ lăn

Ổ trục cố định và ổ trục di động

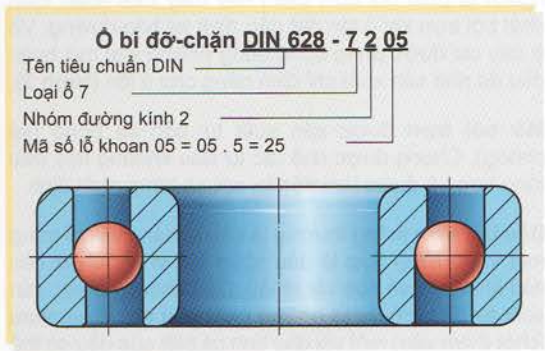
Những ổ trục cùng với những cốt hoặc trục cần được đỡ, rất thường phải hoạt động trong những môi trường có nhiệt độ cao. Nếu trong các thiết bị chỉ được dùng duy nhất những ổ trục cố định, sự co giãn nhiệt của trục có thể gây ra ứng suất bên trong cấu trúc. Vì lý do này phần nhiều trục được đỡ bằng một ổ cố định và một ổ di động **(Hình 2)**. Cả hai ổ trục này đều có thể tiếp nhận lực hướng tâm. Ổ cố định tiếp nhận thêm những lực dọc trục, trong khi ổ di động có khả năng truyền đi những co giãn phát sinh dọc theo hướng trục. Vòng ngoài của những ổ di động thường có một độ hở nhỏ hướng tâm. Ổ đũa trụ ngắn không mép chặn và ổ đũa kim có thể truyền đi những chuyển động co giãn tại giữa vòng lăn và con lăn.



Hình 2: Ổ cố định và ổ chuyển động

Lựa chọn và tiêu chuẩn hóa những ổ lăn

Ổ lăn thuộc vào loại chi tiết máy được sản xuất hàng loạt với độ chính xác cao. Khi lựa chọn một ổ lăn thích hợp nhiều tiêu chí phải được để ý đến. Đầu tiên ổ lăn phải có đủ sức chịu đựng tải trọng, nghĩa là phải đáp ứng với độ lớn và chiều hướng của lực cũng như kích thước để lắp ráp. Sau đó là phải bảo đảm được thời gian hoạt động. Những đặc tính khác như ít tiếng ồn, có khả năng tự điều chỉnh sai lệch góc và sai lệch tâm v.v. cũng quan trọng.



Hình 3: Thí dụ cho tiêu chuẩn ổ trục

Để thay thế ổ lăn dễ dàng, chúng phải đảm bảo những tiêu chuẩn chặt chẽ. Những kích thước bên ngoài, lỗ khoan ổ trục, đường kính ngoài và bề dày ổ đều được quy định qua tiêu chuẩn DIN 616 **(Hình 3)**. Nhờ vậy người ta có thể thay thế dễ dàng một ổ bi rãnh sâu, thí dụ bằng một ổ đũa trụ ngắn. Mã số (Ký hiệu) ngắn dùng cho ổ lăn gồm ba phần:

- **Mã số đứng đầu** mô tả những thành phần của toàn thể ổ trục, thí dụ như vòng R với bộ con lăn
- **Mã số chính** chứa đựng ký tự và mã số cho loại ổ trục và lỗ khoan ổ trục
- **Mã số đứng sau** có thể chứa đựng thêm những thông tin về hình dạng bên ngoài của ổ trục, phương pháp bít kín, dung sai, v.v. (xem sách Cẩm nang)

https://tieulun.hopto.org

Bảo quản ổ lăn

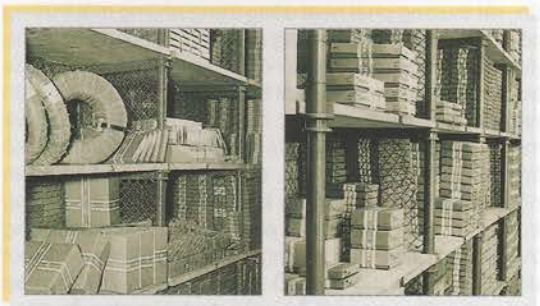
Ổ lăn được nhúng vào dầu chống ăn mòn trước khi đóng gói. Loại dầu đặc biệt này có tính chất không biến cứng và không biến thành nhựa trong thời gian bảo quản. Ngoài ra nó trung tính đối với mỡ bôi trơn ổ trục và vì vậy đáp ứng được sự bảo vệ tối ưu cho ổ lăn. Do đó những ổ lăn phải được cất giữ trong bao bì đóng gói nguyên thủy cho đến khi được lắp ráp **(Hình 1)**.

Nếu điều kiện cho phép, những ổ lăn nên được bảo quản trong thế nằm, để có thể tránh được ngay cả những sự mất cân bằng nhỏ nhất trong khi chạy sau này, nhất là đối với những ổ lăn có đường kính lớn và trọng lượng cao.

Trong thời gian bảo quản, ổ lăn không được tiếp xúc với những chất có tính ăn mòn như axít hay chất kiềm. Đồng thời phải nên tránh trực tiếp nắng mặt trời và sự ngưng tụ hơi nước. Theo hướng dẫn của nhà sản xuất những điều kiện sau đây phải được nhất thiết tuân theo:

- Nhiệt độ từ +7 đến +25 ^{0}C (tối đa 30 ^{0}C)
- Nhiệt độ chênh lệch ngày/đêm < 8 ^{0}C
- Độ ẩm tương đối < 65 %

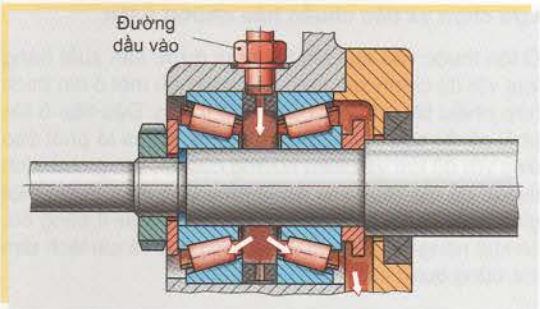
Nếu tuân theo những điều kiện trên, đa số các nhà sản xuất bảo đảm thời gian lưu trữ ổ lăn 5 năm nếu bao bì không hư hại.



Hình 1: Nơi bảo quản ổ lăn

Bôi trơn ổ lăn

Chất bôi trơn có nhiệm vụ tạo ra một lớp cách biệt giữa những phần tử lăn và phần tử trượt của ổ lăn. Nhờ vậy ma sát và sự hao mòn có thể được giảm đi tới mức tối thiểu. Ngoài ra ổ lăn cũng phải được chống rỉ sét qua môi trường bôi trơn. Nếu bôi trơn bằng dầu tuần hoàn, nhiệt độ phát sinh ra trong ổ lăn còn có thể được truyền ra ngoài **(Hình 2)**.



Hình 2: Bôi trơn với dầu tuần hoàn

Bởi quá trình lão hóa và phải chịu tải nên đặc tính sử dụng của chất bôi trơn mất dần đi với thời gian. Do đó người ta phải bôi trơn thêm hay thay mới hoàn toàn chất bôi trơn khi ổ lăn đạt đến định kỳ bảo dưỡng. Và ở đây chỉ được phép dùng đúng những loại mỡ hoặc dầu do nhà sản xuất chỉ định riêng cho ổ lăn **(Hình 3)**.

Mỡ bôi trơn được sản xuất từ gốc xà bông (xà phòng). Chúng được chế tạo từ dầu khoáng hay dầu tổng hợp và được làm đặc lại với xà bông nhất định.

Dầu bôi trơn thông thường là dầu khoáng và chỉ trong một vài trường hợp là dầu nhân tạo vì lý do giá tiền dầu khoáng cao hơn rất nhiều. Dầu khoáng được sản xuất từ dầu mỏ. Nhờ những chất phụ gia khác nhau (chất thêm vào) một vài đặc tính cá biệt của dầu có thể tốt hơn, thí dụ như chống lão hóa, chống ăn mòn v.v...

Việc lựa chọn chất bôi trơn cho ổ lăn được dựa theo nhiều tiêu chí khác nhau. Qua đó nhiệt độ trong lúc vận hành, tải trọng và vận tốc quay, độ lớn của ổ lăn, độ ẩm và độ chịu bẩn giữ vai trò rất quan trọng. Ưu điểm chính của mỡ bôi trơn là giúp bảo dưỡng dễ dàng cũng như phương pháp bít kín đơn giản. Bôi trơn bằng dầu có ưu điểm là tất cả mọi nơi trong ổ lăn đều được bôi dầu đồng đều. Tuy nhiên sự bít kín khó xử lý hơn.

Tên Aca-nol	Mã màu RAL	Chất làm có đặc	Độ nhớt chuẩn tại 40 °C $mm^2/_3$	Nhiệt độ sử dụng °C	Đặc tính chính	Phạm vi sử dụng
L78V	1018 vàng-kẽm	xà bông Lithium	ISO VG 100	–30... +130	Loại mỡ thông thường cho ổ trục với ϕ D ≤ 62 mm	Động cơ điện nhỏ, máy nông nghiệp, máy xây dựng, máy gia dụng
L71V	4008 tím-tín hiệu	xà bông Lithium	ISO VG 100	–30... +140	Loại mỡ thông thường cho ổ trục với ϕ D>62 mm	Động cơ điện lớn, ổ trục bánh xe ô tô, quạt thông hơi
L135V	2000 vàng-cam	xà bông Lithium với phụ chất EP	85	–40... +150	Mỡ đặc biệt cho vận tốc cao, độ chịu tải cao, nhiệt độ cao	Dàn cán thép, máy xây dựng, xe ô tô, xe lửa

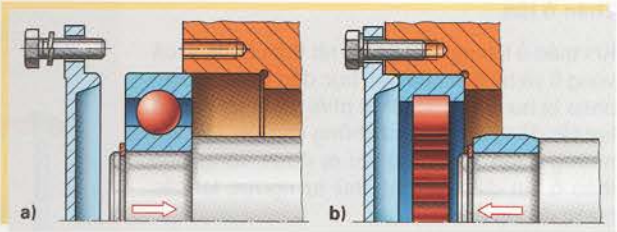
Hình 3: Chất bôi trơn

https://tieulun.hopto.org

Lắp ráp ổ lăn

Ổ lăn có thể có rất nhiều loại kết cấu và kích cỡ khác nhau. Do đó chúng cũng không thể được lắp ráp giống nhau với cùng một phương pháp. Về cơ bản những cách lắp ổ lăn vào và tháo ổ lăn ra được phân biệt như sau:

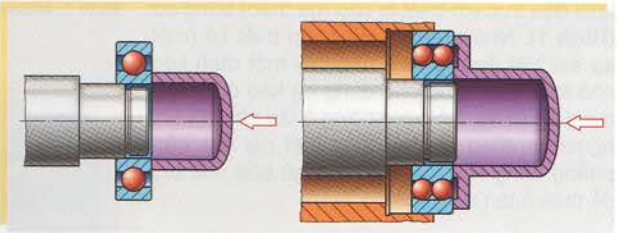
- Lắp ráp với phương pháp cơ khí
- Lắp ráp với phương pháp thủy lực
- Lắp ráp với phương pháp nhiệt



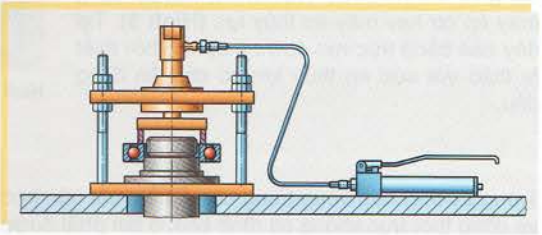
Hình 1: Lắp ráp ổ lăn

Lắp ổ lăn vào

Ổ lăn với những thành phần rời nhau, được lắp ráp từng vòng một. Qua cử động giống như vặn ốc, người ta lắp các thành phần từ từ và cẩn thận vào với nhau **(Hình 1b)**. Với những ổ lăn không tách rời ra được thì vòng chặt luôn luôn được lắp đặt vào trước, vòng có khe hở được lắp sau **(Hình 1a)**.



Hình 2: Lắp ráp ổ lăn với ống lót



Hình 3: Máy ép thủy lực

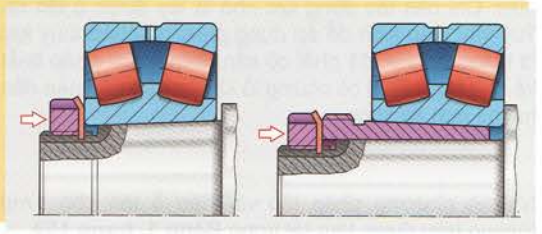
Trong khi lắp ráp ổ lăn trước hết phải cần để ý, lực ép phải được phân bố đồng đều để tránh cho ổ không bị lệch. Ngoài ra lực ép cũng không được truyền đến những con lăn. Có nhiều thiết bị và dụng cụ có sẵn để đáp ứng những yêu cầu này. Vòng ổ với điều kiện lắp căng được lắp vào bằng cách dùng ống lót để gõ hay bằng đĩa lắp đặt **(Hình 2)**, với máy ép cơ hay máy ép thủy lực **(Hình 3)** hay sau khi nong rộng vòng ổ bằng cách làm nóng.

Khi nong rộng ra vòng ổ bằng cách làm nóng, nhiệt độ không được lên quá 100 ^{0}C. Để làm tạm người ta cũng có thể dùng một bếp điện có điều chỉnh nhiệt độ. Và như vậy ổ lăn phải được quay trở nhiều lần để đạt được độ nóng đồng đều.

Hình 4: Thiết bị hâm nóng

Cách làm nóng thích hợp hơn là làm nóng trong bồn dầu, trong lò không khí nóng, hay trong thiết bị cảm ứng hâm nóng **(Hình 4)**. Nếu ổ lăn có một lỗ khoan hình côn, nó được ép trực tiếp vào bề mặt côn của đầu trục bằng một đai ốc xẻ.

Nếu ngõng trục không có dạng côn (độ dốc 1:12), ổ lăn phải nhờ một vòng cảo (đẩy) để được ép vào. Do sức ép vào bề mặt côn, vòng trong của ổ nở rộng ra và độ lỏng của ổ giảm bớt đi. Khe hở của ổ lăn phải được đo bằng dưỡng và chỉnh lại cho đúng với thông số kỹ thuật của nhà sản xuất **(Hình 5)**.

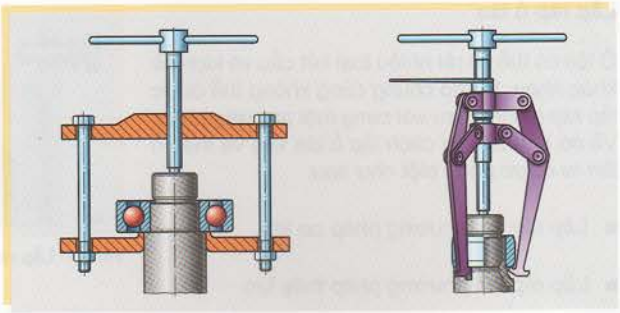


Hình 5: Ổ lăn hình côn

https://tieulun.hopto.org

Tháo ổ lăn

Khi tháo ổ lăn người ta phải rất thận trọng vì cả vòng ổ và bề mặt của đầu trục đều không được phép bị hư hại. Đồng thời phải tránh không để lực tác động truyền qua những con lăn. Đối với những ổ lăn không gỡ rời ra được công việc tháo ổ lăn diễn ra theo thứ tự ngược lại các bước để lắp ổ vào.



Hình 1: Những thiết bị tháo

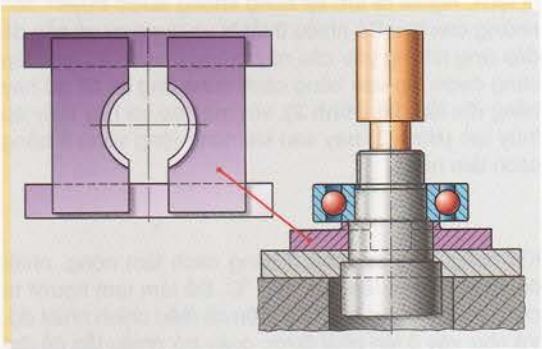
Những ổ lăn nhỏ thông thường được kéo ra khỏi đầu trục với thiết bị cảo (gá tháo) bằng cơ **(Hình 1)**. Nhờ những biện pháp thiết kế (một sự sai biệt đường kính nhỏ hay một rãnh kéo nhỏ trên trục) giúp cho dụng cụ kéo được sử dụng dễ dàng. Đối với những ổ lăn nhỏ đôi khi người ta cũng có thể dùng một cái đục đầu phẳng bằng kim loại mềm và gõ búa nhẹ tay để tháo ổ lăn ra.

Công việc tháo ổ lăn có thể thực hiện được dễ dàng và chính xác hơn rất nhiều, nếu sử dụng máy ép cơ hay máy ép thủy lực **(Hình 3)**. Tại đây cảo bằng trục ren được thay thế bởi thiết bị tháo với sức ép thủy lực có chuyển động đều.

Hình 2: Những thiết bị nung nóng

Trong trường hợp vòng trong của ổ nằm sát bậc trục và đồng thời trục không có rãnh kéo, ổ lăn phải được tháo ra với một loại cảo đặc biệt **(Hình 1)**. Với phương pháp này, một vòng kẹp được bắt chặt vào vòng trong của ổ lăn, và sau đó vòng kẹp liền với ổ lăn cùng được kéo ra.

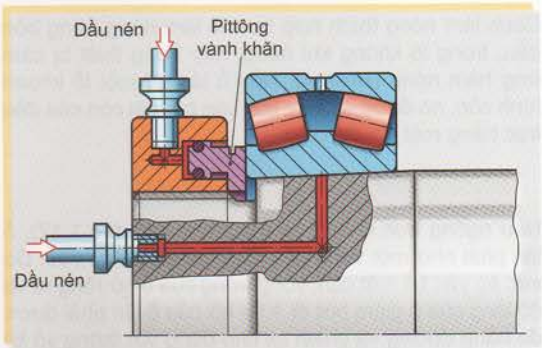
Tương tự như lắp ổ lăn vào người ta cũng có thể dùng những phương pháp nhiệt khác nhau để tháo ổ lăn ra. Vòng trong được làm nóng tới 100 ^{0}C bằng một vòng thích ứng đã được nung nóng trước, hay làm nóng bằng cảm ứng **(Hình 2)**. Nhờ sự giãn rộng ổ lăn có thể được tháo ra một cách dễ dàng hơn.



Hình 3: Máy ép thủy lực

Với phương pháp thủy lực **(Hình 4)** dầu được nén vào giữa hai bề mặt ăn khớp của trục và ổ lăn. Như vậy hai phần tử này không còn tiếp xúc trực tiếp với nhau nữa. Chỉ cần tác động lực nhỏ là lấy được ổ lăn ra. Tuy vậy điều kiện để áp dụng phương pháp thủy lực là trước đó trục đã phải có sẵn những giải pháp thiết kế phù hợp. Phải có những lỗ khoan dẫn dầu nén đến hai bề mặt ăn khớp.

Những phương pháp lắp và tháo ổ lăn cho từng trường hợp được tóm tắt trong **Bảng 1, trang 159**.



Hình 4: Phương pháp thủy lực

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Dụng cụ và phương pháp lắp ráp ổ lăn

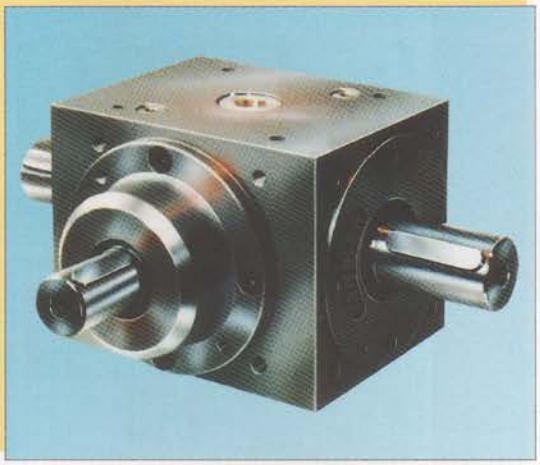
Các loại ổ lăn	Lỗ khoan ổ trục	Kích cỡ ổ lăn	Lắp vào			Tháo ra			Biểu tượng
			Có làm nóng	Không làm nóng	phương pháp thủy lực	Có làm nóng	Không làm nóng	phương pháp thủy lực	
Ổ bi rãnh sâu	Ổ đũa côn	nhỏ							Thiết bị hâm nóng bằng cảm ứng
Ổ bi đỡ-chặn (nghiêng)	Ổ đũa hình trống	trung bình							Bếp điện
Ổ bi bốn điểm tiếp xúc	Ổ đũa hai dãy tự chỉnh (*Ổ bi nhào, ổ đũa hình trụ*)	lớn							Tủ không khí nóng Tủ làm nóng
Ổ bi lòng cầu (*Ổ bi nhào, ổ đũa hình trụ*)	Hình trụ	nhỏ							Bồn dầu nóng
Ổ đũa hình trụ		trung bình							Thiết bị cảm ứng
Ổ đũa kim		lớn							Vòng nung nóng
Ổ bi rãnh sâu chặn (ổ bi chặn)	Hình trụ	nhỏ							Búa và ống lót để gõ
Ổ bi đỡ-chặn (nghiêng) (ổ bi côn)		trung bình							Máy ép cơ và máy ép thủy lực
Ổ đũa trụ ngắn chặn		lớn							Chìa khóa hai móc
Ổ đũa trụ lòng cầu chặn		nhỏ							Đai ốc và chìa khóa móc
Ổ bi lòng cầu Ổ bi lòng cầu với ống kẹp chặt	hình côn	trung bình							Đai ốc và bu lông lắp ráp
Ổ đũa trụ ngắn lòng cầu Ổ đũa trụ ngắn lòng cầu với ống kẹp chặt Ổ đũa trụ ngắn lòng cầu Ổ đũa trụ ngắn lòng cầu với ống kẹp chặt Ổ đũa trụ ngắn lòng cầu với ống cảo Ống kẹp chặt — Ống cảo		lớn							Nắp đậy cốt Máy ép pittông vành khăn
Ổ đũa hình trụ, hai dãy	hình côn	nhỏ							Búa và đục nhỏ đầu phẳng
		trung bình							Cảo
		lớn							Phương pháp thủy lực

https://tieulun.hopto.org

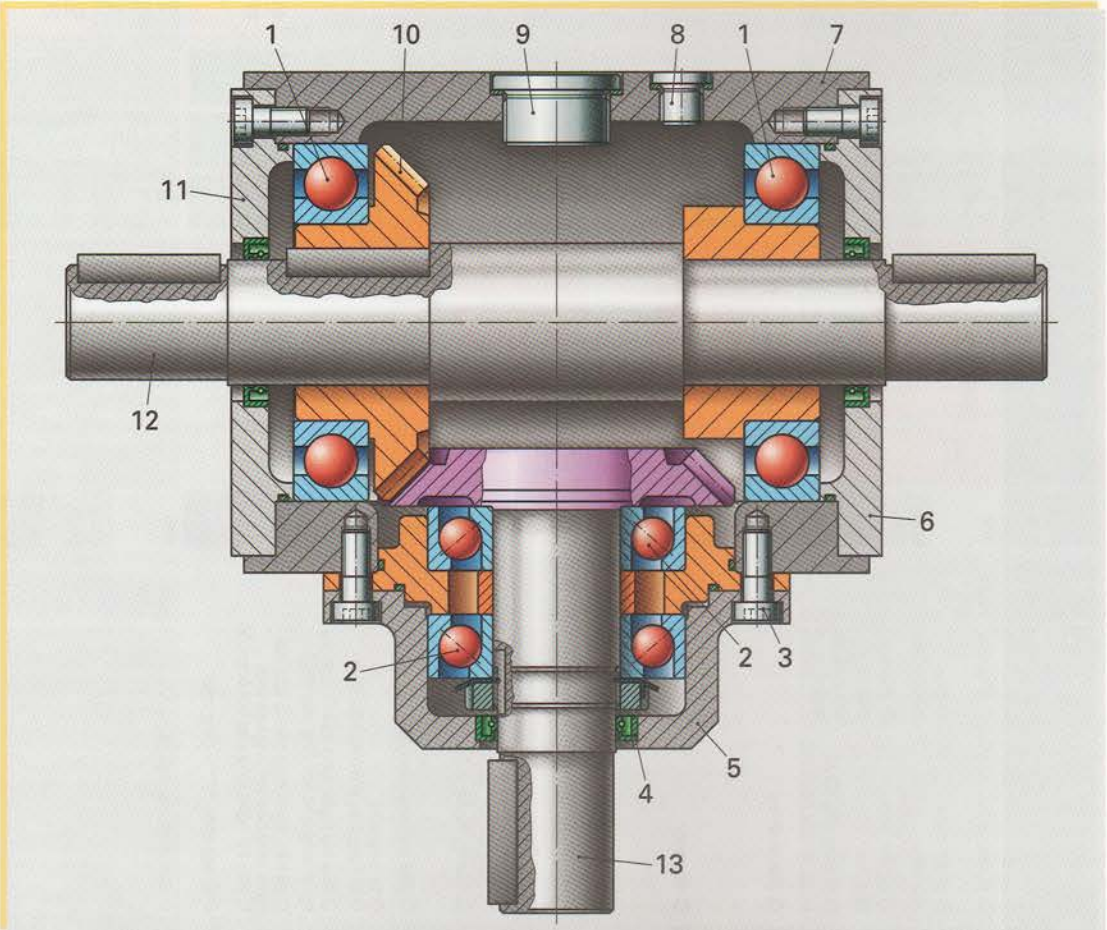
Bài tập:

Việc xây dựng những dàn máy tự động hóa thường đòi hỏi nhiều phần mômen quay khác nhau phải được cung cấp từ một bộ trục chính. Cho nhiệm vụ này, người ta dự kiến sử dụng một bộ truyền động (hộp giảm tốc) với bánh răng côn như **(Hình 1)** cùng với những phần tử (bộ phận) khác. Bạn hãy hoàn chỉnh những việc sau đây:

1. Hãy mô tả rõ ràng chi tiết chức năng của bộ truyền động.
2. Hãy tìm ra tên theo tiêu chuẩn cho những phần tử (bộ phận) có số thứ tự trong **(Hình 2)**.
3. Hãy nêu lý do cho sự lựa chọn những ổ lăn tại đây.
4. Dạng lắp ghép nào nên dùng cho nơi lắp ráp những ổ lăn?
5. Bộ phận số 4 trong hình vẽ đáp ứng chức năng gì?
6. Hãy thảo luận cách thức giữ chặt của bánh răng côn 10 trên trục 12.
7. Hãy thiết lập một kế hoạch để tháo gỡ bộ truyền động.



Hình 1: Bộ truyền động (hộp giảm tốc) bánh răng côn



Hình 2: Bộ truyền động bánh răng côn trong bản vẽ tiết diện

https://tieulun.hopto.org

7 Chế tạo những hệ thống cơ khí (Kỹ thuật gia công)

Các cấu kiện và cụm lắp ráp sử dụng trong cơ điện tử được chế tạo cũng như gia công theo những cách thức khác nhau. Phạm vi kỹ thuật giải quyết những việc đó được gọi là kỹ thuật gia công.

Kỹ thuật gia công hoạt động với những cách thức, phương pháp và thiết bị cho việc chế tạo các sản phẩm kỹ thuật.

7.1 Cơ bản của kỹ thuật gia công

Để gia công một sản phẩm có hiệu quả kinh tế thì phải trả lời được những câu hỏi sau đây:

- **Phương pháp gia công nào** phù hợp để chế tạo một chi tiết nhất định từ một vật liệu phù hợp cho trước?
- **Thiết bị gia công nào** có sẵn để sử dụng cũng như có lợi?
- **Phương tiện gia công** nào bức thiết?
- **Phương tiện phụ trợ nào** là cần thiết cho gia công?

Cơ sở để trả lời các câu hỏi này là việc xác định một phương pháp gia công cụ thể. Thí dụ bên cạnh **(Hình 1)** chỉ một sự lựa chọn phương pháp gia công và có tầm quan trọng lớn cho người làm cơ điện tử.

Hình 1: Cấu kiện là kết quả của quy trình gia công

7.2 Các nhóm gia công sản xuất chính

Các phương pháp gia công có thể sử dụng theo tiêu chuẩn DIN 8580 được tập hợp lại thành 6 nhóm chính **(Bảng 1)**.

Bảng 1: Các nhóm gia công chính theo tiêu chuẩn DIN 8580

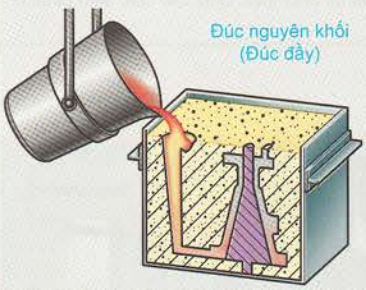
Dạng					
Tạo ra	Thay đổi			Giữ nguyên	
Nhóm chính 1 **Tạo dạng nguyên mẫu**	Nhóm chính 2 **Biến dạng**	Nhóm chính 3 **Tách**	Nhóm chính 4 **Ghép nối**	Nhóm chính 5 **Phủ lớp**	Nhóm chính 6 **Thay đổi đặc tính vật liệu**
Tạo ra	Giữ nguyên	Làm giảm	Tăng thêm		Giữ nguyên Làm giảm Tăng thêm
Gắn kết					

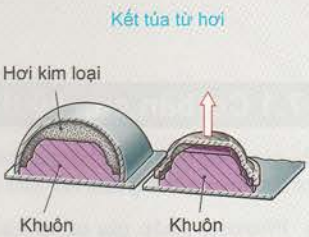
Theo đó, các nhóm chính được phân biệt tùy theo:

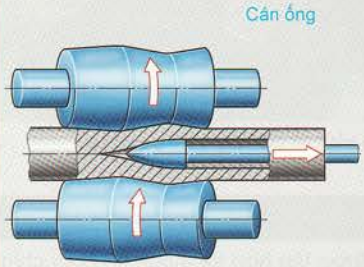
- Việc gắn kết bị hủy bỏ hoặc được tạo ra.
- Dạng hình học của vật rắn được tạo ra như thế nào.
- Đặc tính vật liệu của sản phẩm có thay đổi hay không và thay đổi như thế nào.

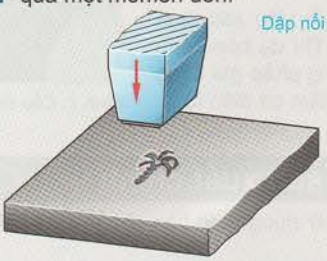
https://tieulun.hopto.org

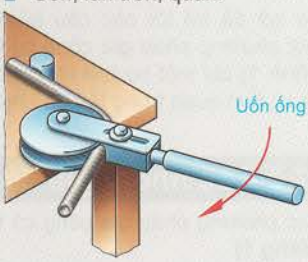
Các nhóm gia công chính	Loại gia công	Phương pháp riêng lẻ
1 Tạo dạng nguyên mẫu		
■ Tạo ra dạng của vật thể rắn ■ Tạo ra sự gắn kết của hạt vật liệu	■ từ trạng thái rắn (dạng bột): ■ từ trạng thái lỏng hoặc sệt: ■ từ trạng thái khí: ■ từ trạng thái ion hóa:	■ thiêu kết bột kim loại, ép từ nhựa tổng hợp; ■ đúc, phun (tiêm) và tạo bọt; ■ kết tủa từ hơi; ■ đúc điện.
2 Biến dạng		
■ Dạng của vật thể rắn bị biến thành dạng dẻo ■ Sự gắn kết của hạt vật liệu và khối lượng được giữ nguyên	■ qua lực kéo: ■ qua lực nén: ■ qua lực kéo và lực nén: ■ qua lực đẩy (lực cắt): ■ qua một momen uốn:	■ Chỉnh thẳng qua kéo giãn, làm rộng, làm sâu; ■ Cán, rèn, dập nổi (dập khuôn); ■ Vuốt sâu, cán kéo; ■ Vặn uốn (xoắn), ghép chèn (tán điền đầy); ■ Uốn, lăn tròn, quấn.
3 Tách rời		
■ Dạng của chi tiết được thay đổi, dạng cuối cùng có chứa dạng ban đầu ■ Gắn kết của hạt vật liệu bị phá vỡ	■ qua chia nhỏ (tách ra): ■ qua cắt gọt có phoi: ■ qua làm xói mòn: ■ qua tháo rời: ■ qua làm sạch:	■ Cắt, xé, bẻ; ■ Khoan, xọc, đẩy, cưa, mài; ■ Cắt bằng hơi đốt, ăn mòn (khắc mòn), xói mòn; ■ Tháo bulông ra (vặn vít ra), tháo móc ra; ■ Chải, phun sạch, rửa;

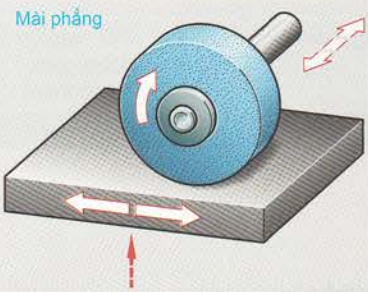


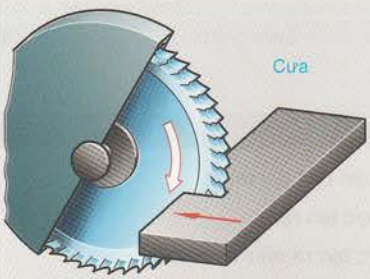


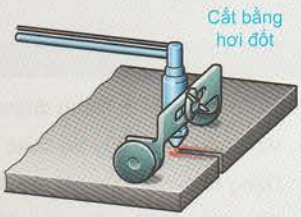








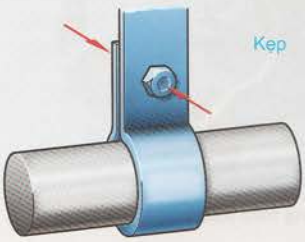




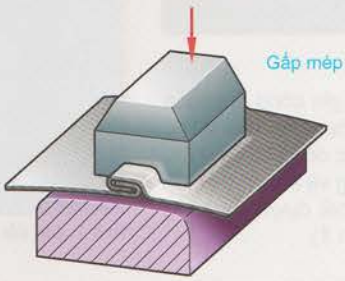
https://tieulun.hopto.org

4 Ghép nối

- Một dạng thể rắn mới được tạo ra bằng cách hợp nhất nhiều chi tiết hoặc với chất không định dạng
- Sự gắn kết của hạt vật liệu được tạo tăng thêm trên tổng thể hoặc tại cục bộ



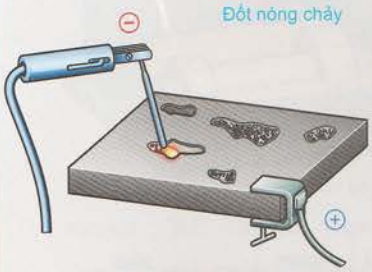
- qua chồng lên nhau:
- qua điền đầy:
- qua nén mạnh và ép vào:
- qua tạo dạng nguyên mẫu:
- qua biến dạng:
- qua kết nối bằng vật liệu:



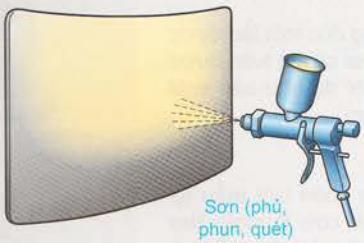
- Đặt vào, đẩy lồng vào nhau;
- Đổ vào, ngâm (tẩm);
- Kết nối bằng ốc vít, kẹp;
- Đúc ghép lồng, đúc bao;
- Gấp mép, tán đinh (tán ri-vê), cuốn chồng mí;
- Hàn, hàn vảy, dán.

5 Phủ lớp

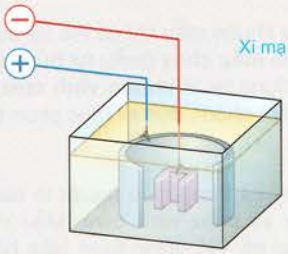
- Sự gắn kết mới của hạt vật liệu được tạo ra
- Hạt vật liệu được phủ lên trên một vật thể rắn



- từ trạng thái dạng khí hay dạng hơi nước:
- từ dạng chất lỏng, sệt hay nhão:
- từ trạng thái ion hóa:
- từ trạng thái rắn (hạt hay bột):

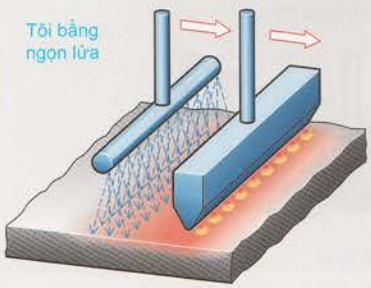


- Kết tủa từ hơi;
- Quét sơn, phun sơn, hàn đắp cứng bề mặt;
- Xi mạ;
- Phun bột, mạ lớp kim loại lên trên bằng cách đập búa.

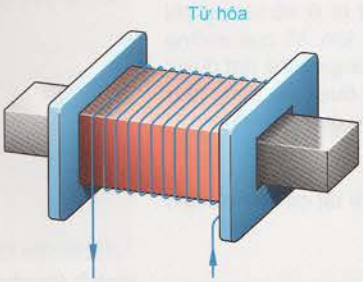


6 Thay đổi tính chất vật liệu

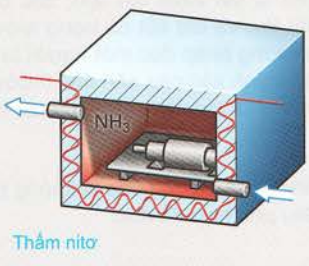
- Dạng rắn của chi tiết giữ nguyên
- Vị trí của hạt vật liệu thay đổi và vì vậy tính chất của vật liệu thay đổi



- bằng việc chuyển vị trí của hạt vật liệu:
- bằng việc phân tách hạt vật liệu:
- bằng việc đưa hạt vật liệu vào:



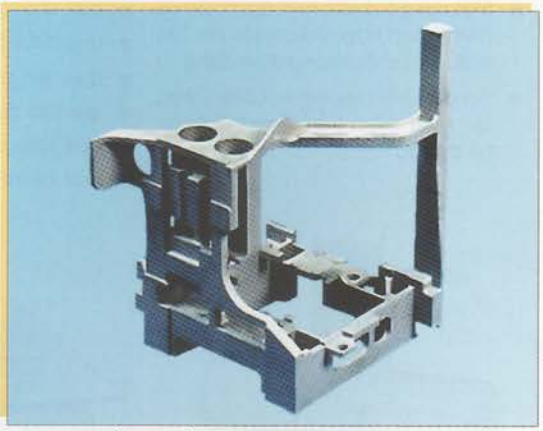
- Nung, tôi, ủ, hóa tốt, từ hóa;
- Khử carbon, ủ dẻo;
- Thấm than (làm cứng bề mặt), thấm nitơ.



https://tieulun.hopto.org

7.3 Tạo dạng nguyên mẫu (đúc)

Hai phương pháp tạo dạng nguyên mẫu quan trọng nhất là đúc (kim loại lỏng) và thiêu kết (kim loại bột). Ở tạo dạng nguyên mẫu, một vật liệu không định hình được đưa vào một hình dạng nhất định. Nhờ đó sự gắn kết và hình dạng được tạo ra.



Hình 1: Chi tiết đúc bằng thép đúc

7.3.1 Tạo dạng qua đúc

Vật liệu ban đầu cho phương pháp gia công đúc luôn luôn là kim loại ở dạng lỏng. Kim loại lỏng này được rót vào khuôn rỗng phù hợp và được đông cứng ở đó. Kết quả có được là phôi thô với dạng và kích thước đã ít nhiều chính xác, thông thường phải được gia công tiếp mới có thể sử dụng được (**Hình 1**).

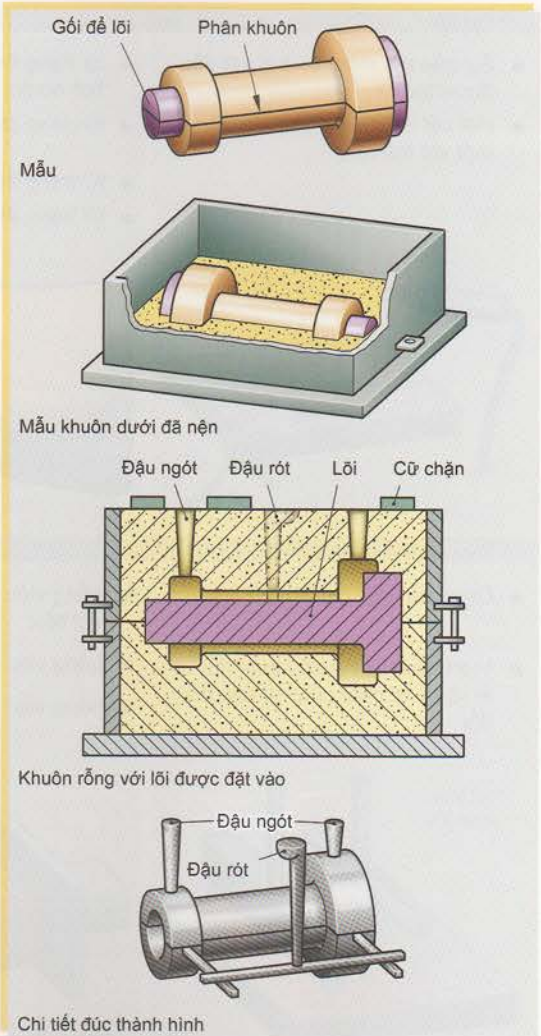
Tổn phí lớn nhất trong quá trình đúc là việc tạo ra khuôn đúc âm (khuôn cái). Khuôn đúc có thể được chế tạo bằng cát hay bằng thép chịu nhiệt. Để chế tạo khuôn cát cần thiết phải có **mẫu đúc** bổ sung để thể hiện hình dạng cần được tạo ra. Vì kim loại trong lúc nguội co rút lại, mẫu đúc và khuôn phải cộng thêm độ co rút (độ co ngót). Độ co rút tùy thuộc vào kim loại và được xác định bởi người thợ làm mẫu đúc.

Loại khuôn mẫu chỉ có thể sử dụng đúc một lần được gọi là **mẫu chảy** (**mẫu tự hủy**). Loại có thể luôn được sử dụng lại là **khuôn vĩnh cửu**, thí dụ như sản xuất chi tiết nhôm, đúc xịt (đúc phun tiêm).

Ngay cả trong mẫu người ta cũng phân biệt **mẫu tự hủy** và **mẫu vĩnh cửu**. Mẫu vĩnh cửu thường làm bằng gỗ. Nó được thực hiện bởi thợ khuôn mẫu và được sử dụng để sản xuất khuôn cát. Để tạo ra khuôn rỗng còn phải đặt lõi vào trong khuôn trước khi đổ khuôn (**Hình 2**). Mẫu tự hủy làm bằng sáp hay ở loại mẫu rất lớn thì bằng xốp (styropor) hoặc chất tương tự. Nó tan chảy ra khỏi khuôn sau khi nện cát thành khuôn.

Ưu điểm của đúc so với các phương pháp khác chủ yếu là tiết kiệm vật liệu, đặc biệt là ở số lượng chi tiết lớn và chi tiết có trọng lượng lớn. Vì qua những phương pháp đúc mới người ta cũng có thể đạt được độ chính xác cao nên đúc thường được sử dụng như một phương pháp sản xuất có hiệu quả kinh tế cao.

Nhược điểm của đúc là không phải tất cả các vật liệu đều phù hợp để đúc.



Hình 2: Nguyên tắc đúc qua thí dụ làm khuôn tay

https://tieulun.hopto.org

7.3.2 Tạo dạng nguyên mẫu qua thiêu kết

Ở thiêu kết (nung kết), kim loại bột trong một khuôn nhất định được ép với áp suất cao. Qua đó các chi tiết dạng phức tạp có thể được chế tạo với số lượng lớn và độ chính xác cao **(Hình 1).**

Hình 1: Chi tiết thiêu kết

Thiêu kết được thực hiện qua các giai đoạn khác nhau:

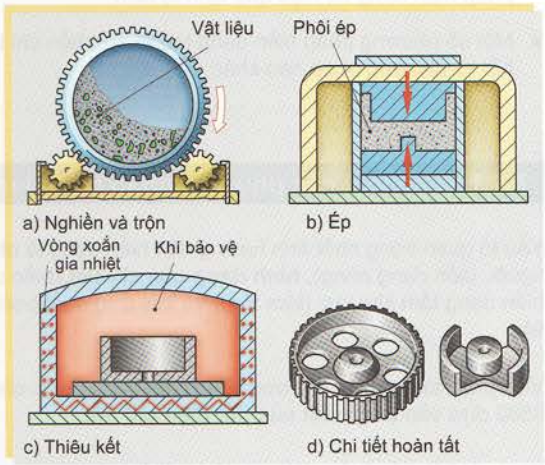
a) **Chế tạo bột kim loại:** Bột kim loại được tạo ra qua phương pháp phun kim loại nóng chảy (phun mù, phun sương).

b) **Trộn bột kim loại:** Từng loại bột riêng lẻ được trộn vào nhau và người ta thêm vào một chất bôi trơn để các hạt bột trượt lên nhau dễ dàng trong quá trình ép tiếp theo.

c) **Ép khuôn:** Dưới áp suất rất cao hỗn hợp bột được ép trong khuôn.

d) **Thiêu kết:** Ở 50% - 90% nhiệt độ nóng chảy của kim loại ban đầu, phôi ép phải trải qua quy trình xử lý nhiệt. Qua đó các bộ phận đạt được độ bền cuối nhờ việc khuếch tán tại các vị trí tiếp xúc.

e) **Hiệu chuẩn:** Thông thường thì chi tiết thiêu kết có độ chính xác cao. Trong trường hợp đặc biệt, nếu việc này không đạt được thì sau đó các chi tiết được ép bổ sung (hiệu chuẩn) để đạt được kích thước chính xác như mong muốn **(Hình 2).**



Hình 2: Quy trình chế tạo ở thiêu kết

Tính chất của chi tiết thiêu kết tùy thuộc vào những yếu tố khác nhau. Đặc biệt là vật liệu sử dụng cũng như lực ép và nhiệt độ thiêu kết giữ vai trò quan trọng. Lực ép thấp cho ra vật liệu xốp và với lực ép cao vật liệu sẽ rất đặc.

Vật liệu xốp rất thích hợp để sử dụng làm vật liệu lọc và vật liệu cho bợ trục (bạc xốp). Vật liệu cho bợ trục được nhúng vào dầu trước khi lắp đặt. Dầu chứa trong lỗ xốp thoát ra lúc bợ trục bị nung nóng và được sử dụng như là chất bôi trơn (**Hình 3**).

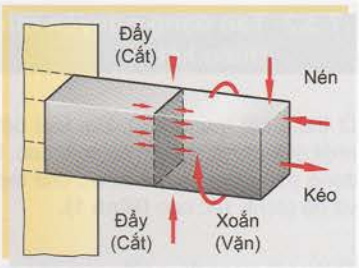
Hình 3: Lõi lọc và bợ trục bằng vật liệu thiêu kết

Ngược lại với các chi tiết đúc, ưu điểm của vật liệu thiêu kết chủ yếu là các cấu kiện sẵn sàng để lắp ghép, có thể sản xuất với độ chính xác cao, kích thước được giữ đúng cũng như hiệu quả kinh tế với số lượng lớn. Việc ứng dụng thiêu kết đối với chi tiết nhỏ bị giới hạn bởi lực ép cao. Nhược điểm của phương pháp thiêu kết nằm ở chi phí cao cho khuôn ép và việc tạo dạng bị giới hạn do loại bỏ sự cắt mặt sau trong khi làm khuôn đúc.

https://tieulun.hopto.org

7.4 Biến dạng

Phương pháp gia công qua biến dạng cũng thường được gọi là gia công định hình không phoi, vì nó không có vật liệu thừa. Thể tích phôi giữ nguyên ở chi tiết hoàn tất. Sự gia công định hình được thực hiện bởi tác động của các lực ngoài, trong đó dạng của chi tiết được tạo ra do hình thể của dụng cụ hay khuôn. Điều kiện tiên quyết cho việc ứng dụng phương pháp biến dạng là tính chất biến dạng dẻo được (tạo hình được) của đa số kim loại.

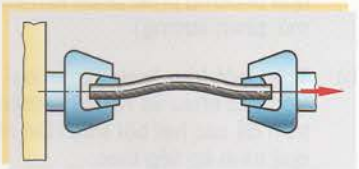


Hình 1: Ứng suất của tiết diện chi tiết

> Biến dạng là tạo dạng những vật thể rắn trong tình trạng dẻo dưới tác động của các lực ngoài.

Những đặc điểm quan trọng về công nghệ của phương pháp biến dạng:

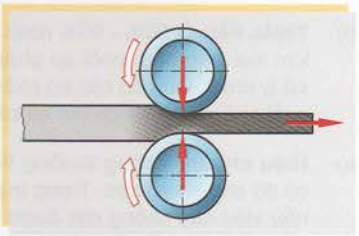
- Số lượng quá trình gia công ít hơn so với phương pháp ghép nối.
- Vật liệu được tận dụng tốt hơn so với phương pháp loại bỏ phoi. Việc này cộng với chi phí hợp lý hơn ở sản xuất loạt lớn làm cho phương pháp biến dạng có hiệu quả kinh tế hơn.
- Một số phương pháp biến dạng tạo ra sức bền chi tiết cao hơn so với bất kỳ phương pháp nào khác.



Hình 2: Biến dạng kéo: Chỉnh thẳng qua kéo giãn

7.4.1 Phân loại các phương pháp biến dạng

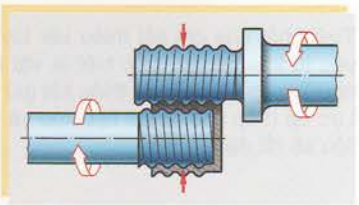
Yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến biến dạng là **nhiệt độ** (biến dạng nguội, biến dạng nóng), **hình dạng của chi tiết** (biến dạng nguyên khối, biến dạng tấm kim loại (tấm tôn)) và loại ứng suất trong cấu trúc của vật liệu.



Hình 3: Biến dạng nén: Cán tôn

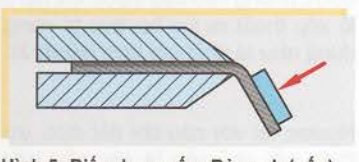
Việc phân loại những phương pháp biến dạng được chuẩn hóa trong DIN 8582 dựa vào **ứng suất của tiết diện chi tiết.**

Xem xét tiết diện tưởng tượng của một thanh thép, ta có thể thấy hạt vật liệu di chuyển ngược với nhau tùy theo chiều của lực áp dụng **(Hình 1):**

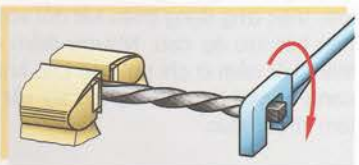


Hình 4: Biến dạng kéo nén: Cán ren

- **Biến dạng kéo** xảy ra khi toàn bộ chi tiết được giãn theo chiều kéo. Trong chiều này hạt vật liệu di chuyển ngược hướng với nhau **(Hình 2).**
- **Biến dạng nén** xảy ra khi toàn bộ chi tiết được rùn (chồn mép, ép) theo chiều của lực. Các phần nhỏ (hạt vật liệu) của chi tiết trượt ngược chiều với nhau nên bề ngang lớn hơn **(Hình 3).**
- **Biến dạng kéo nén** là một quá trình phức tạp, do sự dẫn hướng của vật liệu trong dụng cụ mà một phần của chi tiết bị rùn và phần kia giãn ra (**Hình 4**).
- **Biến dạng uốn** xảy ra khi biến dạng chủ yếu được tác động bởi một ứng suất uốn. Một trục tưởng tượng của chi tiết được uốn cong với một góc được xác định trước (**Hình 5**).
- **Biến dạng xoắn đẩy** xảy ra khi hai tiết diện kế nhau của chi tiết được đẩy đối nghịch nhau dưới ứng suất xoắn đẩy (cắt). Hai tiết diện này có thể nằm song song với nhau (đẩy) hay nằm nghiêng với nhau tạo thành một góc (xoắn, **Hình 6**).



Hình 5: Biến dạng uốn: Bẻ cạnh (gấp)



Hình 6: Biến dạng xoắn đẩy: Xoắn (vặn)

https://tieulun.hopto.org

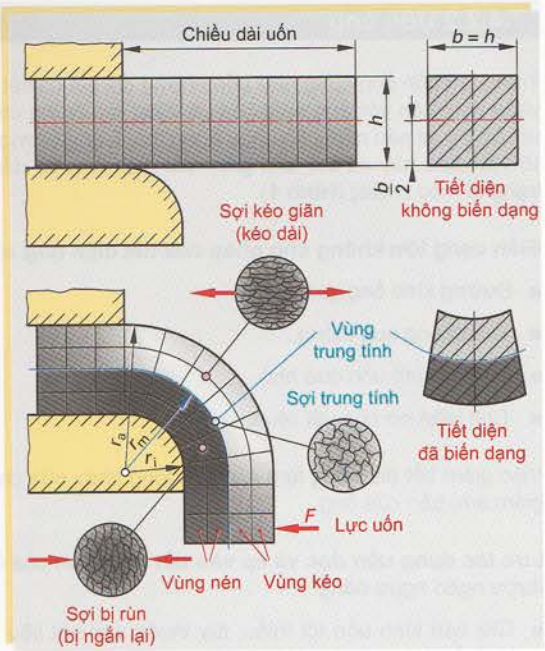
7.4.2 Uốn

Phương pháp cần thiết và phổ biến nhất của gia công không cắt gọt trong cơ điện tử là **biến dạng uốn**. Bồn, nắp đậy, các bộ phận thiết kế và nhiều thứ khác được chế tạo từ thép tấm (tấm kim loại), ống và thép hình.

7.4.2.1 Khái niệm cơ bản về công nghệ

Trong khi biến dạng kéo hay biến dạng nén tạo hình toàn bộ chi tiết, phương pháp uốn chỉ thay đổi một phần của chi tiết tại vùng uốn.

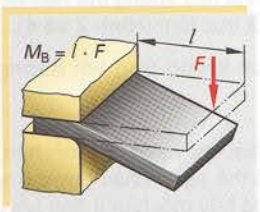
Trong một thử nghiệm, thanh kim loại mềm với tiết diện vuông được kẹp chặt và được uốn 90° với một lực tăng lên từ từ. Phía trên giãn ra không đứt. Phía dưới bị nén lại (**Hình 1**). Sớ ở vùng ngoài của vật liệu dài ra, sớ ở vùng trong ngắn lại. Giữa hai vùng này là vùng trung tính có sớ không thay đổi gọi là "sợi trung tính".



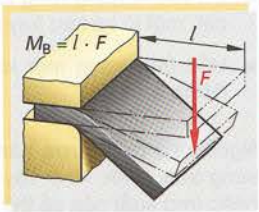
Hình 1: Ứng suất của vật liệu trong quá trình uốn

> Trong phương pháp uốn, một phần của chi tiết chịu ứng suất kéo, phần kia chịu ứng suất nén.

Một băng kim loại (tấm) được kẹp và uốn hơi cong bởi một lực, nó sẽ đàn hồi trở lại vị trí ban đầu sau khi xả tải (**Hình 2**). Chỉ sau khi lực uốn mạnh hơn và tấm kim loại được tiếp tục uốn thì độ cong giữ nguyên (**Hình 3**). Trong trường hợp này sau khi xả tải, hình thành **độ hồi phục đàn hồi** nhỏ.



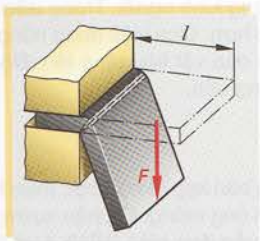
Hình 2: Độ dôi đàn hồi trong phạm vi đàn hồi



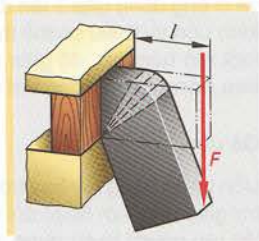
Hình 3: Biến dạng còn lại trong phạm vi dẻo

Để có thể uốn được một chi tiết, phải vượt qua giới hạn đàn hồi của vật nhưng không được phép đạt đến giới hạn gãy của nó và vật liệu phải đạt đủ độ dài. Vật liệu thích hợp để uốn là thép mềm, đồng, kẽm, nhôm, magnesi và hợp kim của nó.

Một băng kim loại được bẻ cong xung quanh một cạnh sắc, đường uốn ở ngoài có thể xảy ra lằn nứt nhỏ (**Hình 4**). Cùng một miếng kim loại được kẹp đứng (ở cạnh cao), ta cần một lực uốn lớn hơn so với trước. Ở đây đường uốn cũng có thể nứt (**Hình 5**).



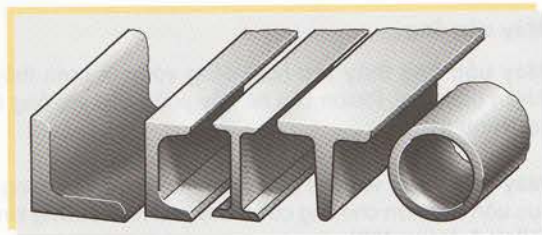
Hình 4: Uốn với bán kính uốn nhỏ



Hình 5: Uốn với chi tiết có tiết diện cao (Uốn đứng)

> Ở biến dạng uốn, bán kính uốn không được nhỏ hơn **bán kính uốn tối thiểu** đã được xác định.

Bán kính uốn tối thiểu được giữ nguyên qua thí nghiệm (**Bảng ở trang 169**). Nó tùy thuộc vào loại vật liệu và chiều cao của tiết diện. Trong những thiết kế để chống đỡ và chịu lực, người ta sử dụng những tiết diện dựng theo chiều cao để tránh bị uốn cong (**Hình 6**).

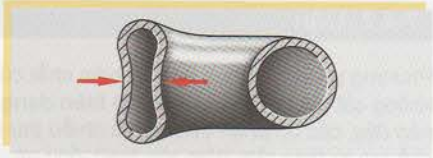


Hình 6: Tiết diện có độ uốn cứng

https://tieulun.hopto.org

7.4.2.2 Uốn ống

Trong khi uốn ống cũng như uốn những chi tiết có tiết diện rỗng, vùng kéo giãn với ứng suất kéo và vùng rùn (vùng chồn bị nén) với ứng suất nén nằm gần nhau trong thành ống tương đối mỏng. Vì vậy điều này có thể làm giảm tiết diện ống và dẫn đến tình trạng bị móp (méo) (**Hình 1**).



Hình 1: Tiết diện ống biến dạng nhiều

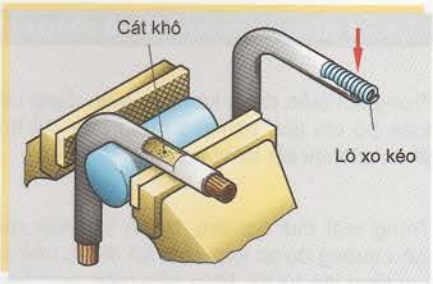
Biến dạng lớn không cho phép của tiết diện ống xảy ra khi:

- Đường kính ống quá lớn,
- Thành ống quá mỏng,
- Đường kính uốn quá nhỏ,
- Tính giãn nở của vật liệu quá thấp.

Việc giảm tiết diện ống làm cản trở dòng chảy của chất lỏng và giảm sức bền của ống.

Lực tác dụng uốn dọc và ép vào tiết diện uốn của ống có thể được ngăn ngừa bằng:

- Giữ bán kính uốn tối thiểu, tùy thuộc vào vật liệu và đường kính ống.
- Đổ vào khoảng rỗng loại vật liệu không thể nén lại được như cát, một lò xo kéo hay một trục tâm (**Hình 2 và 4**).
- Uốn ống trong một khuôn tương ứng với đường kính ống (**Hình 4 và 5**).

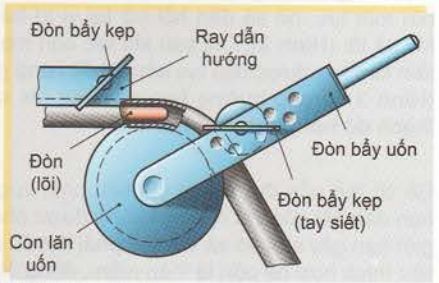


Hình 2: Uốn tự do ống với vật liệu độn

Ngoài ra ở **ống được hàn** phải lưu ý sao cho mối hàn nằm trong vùng trung tính. Nhờ vậy có thể ngăn chặn được ứng suất kéo hoặc ứng suất nén có thể phá hủy mối hàn ít đàn hồi (**Hình 3**).

Hình 3: Vị trí mối hàn khi uốn

Bán kính uốn chính xác nhỏ nhất phải được lấy theo chỉ dẫn của nhà sản xuất. Bán kính uốn ở ống thép đạt tới khoảng 10 lần và ở ống đồng gấp 3 lần đường kính ngoài. Trong **uốn nóng** bán kính uốn tối thiểu có thể thấp hơn. Qua việc nung nóng ống bằng một mỏ hàn hơi, độ giãn nở của vật liệu tăng lên. **Độ dài vùng làm nóng** tương ứng với vùng uốn.



Hình 4: Gá uốn ống

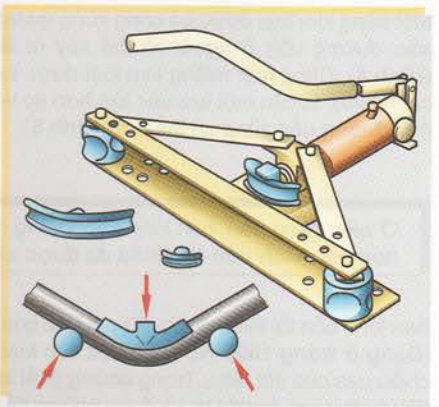
Gá uốn

Uốn tự do bằng tay hay trong bàn kẹp (êto) được thực hiện chỉ để trợ giúp tạm thời hoặc đối với ống mỏng. Ở phân xưởng hoặc nơi lắp ráp người ta sử dụng gá uốn đơn giản (**Hình 4 và 5**). Momen uốn được tạo ra qua một gá uốn đơn giản (đòn bẩy tay). Góc uốn có thể điều chỉnh chính xác được. Con lăn có thể thay thế được để ngăn chặn việc thay đổi tiết diện ống.

Máy uốn ống

Máy uốn ống thủy lực hoạt động với một bơm thủy lực điều khiển bằng tay. Piston của nó đẩy phần uốn với ống ở vị trí đối lại (**Hình 5**).

Máy uốn vòng với con lăn định hình được dẫn động cung cấp lực uốn cao hơn cho ống có bề dày thành và đường kính lớn hơn (**Hình 4, trang 169**).



Hình 5: Máy uốn ống thủy lực với chạc uốn có thể thay thế được

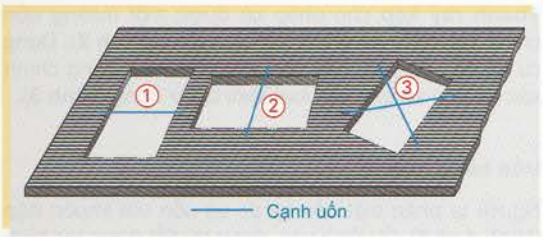
https://tieulun.hopto.org

Uốn tấm kim loại (tấm thép, tấm tôn)

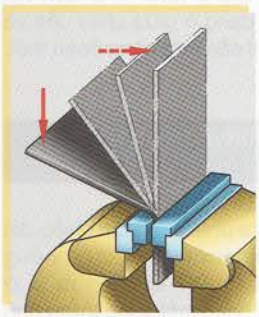
Tuyệt đại đa số các tấm kim loại được gia công với phương pháp uốn. Là bán thành phẩm được định dạng trước, tấm kim loại (tấm tôn) đạt được những tính chất đặc biệt qua quá trình cán, những tính chất này luôn phải được lưu ý.

Ảnh hưởng của chiều cán

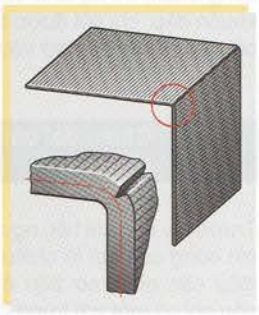
Cán nguội tấm kim loại cho ra một cấu trúc vật liệu thẳng hàng với chiều cán. Người ta thử nghiệm với ba hình chữ nhật được cắt ra từ một tấm kim loại (**Hình 1**) và uốn chúng qua lại ở trên bàn kẹp (êtô) (**Hình 2**). Trước tiên tấm ① cho thấy vết nứt nhỏ (**Hình 3**). Tấm ② chịu được tải lâu nhất. Khi uốn, tấm kim loại nên được uốn thẳng góc với chiều cán. Nếu chi tiết phải uốn nhiều chiều, người ta để cạnh uốn nghiêng với chiều cán.



Hình 1: Lưu ý đến chiều cán của tấm kim loại



Hình 2: Thử nghiệm uốn



Hình 3: Nứt ở cạnh uốn do chiều uốn sai hoặc bán kính uốn quá nhỏ

Khi uốn tấm kim loại đòi hỏi góc uốn chính xác, độ hồi phục đàn hồi phải được cân bằng qua cách uốn dôi (uốn lố qua).

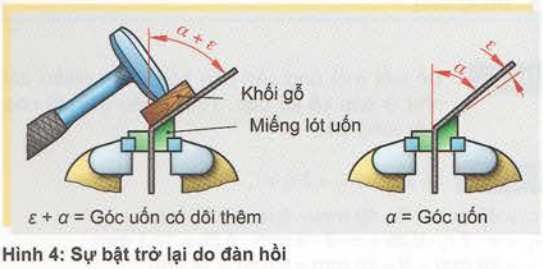
Góc đàn hồi ε là 1% đến 3% của góc uốn α. Độ lớn của nó tùy thuộc vào bề dày tấm, góc uốn, bán kính uốn (xem trang tiếp theo) và tính đàn hồi của vật liệu.

Bán kính uốn

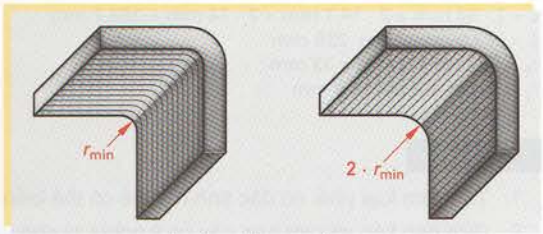
Khi uốn tấm kim loại tạo thành một cạnh sắc, luôn luôn có nguy cơ là cạnh uốn bị xé do kéo giãn quá mức (**Hình 3**). Vì vậy cần lưu ý:

Khi uốn tấm kim loại, phải giữ đúng bán kính uốn tối thiểu. Độ lớn của nó tùy thuộc vào vật liệu, sức bền và độ giãn của vật liệu cũng như chiều cán và bề dày tấm kim loại.

Bán kính tối thiểu của các loại tấm kim loại quan trọng đều được tiêu chuẩn hóa (**Bảng 1** và cẩm nang tra cứu).



Hình 4: Sự bật trở lại do đàn hồi



Hình 5: Bán kính uốn tối thiểu và chiều cán

Phương pháp biến dạng uốn

Bồn chứa, thép hình, nắp đậy và các cấu kiện khác từ tấm kim loại có được hình dạng qua các phương pháp biến dạng uốn khác nhau.

Uốn bằng tay

Được thực hiện trong phân xưởng và trên công trường xây dựng cho gia công đơn hay công việc sửa chữa. Kim loại lá mỏng và vật mềm dễ uốn (thí dụ như đồng) được gia công với búa gỗ hay búa nhựa (**Hình 1, trang 170**).

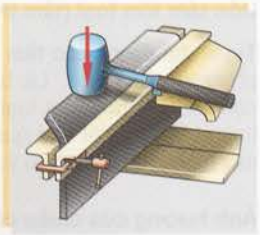
Bảng 1: Bán kính uốn tối thiểu ở uốn nguội thép tấm, thí dụ (trích từ DIN 6935)

Bề dày tấm kim loại s (mm)					
Sức bền tối thiểu N/mm²	≦ 1	> 1 ... 1,5	> 1,5 ... 2,5	> 2,5 ... 3	> 3 ... 4
Bán kính uốn tối thiểu r_{min} [mm]					
đến 380	1	1,6	2,5	3	5
≦ 390 390 ... 490	1,2	2	3	4	6

https://tieulun.hopto.org

Thanh ray kẹp cho phép có được một đường uốn chính xác ngay cả ở kim loại tấm rộng (**Hình 2**). Dụng cụ lót để uốn cần thiết cho việc uốn hình dạng chính xác và bảo vệ tấm kim loại khỏi bị hư hỏng (**Hình 3**).

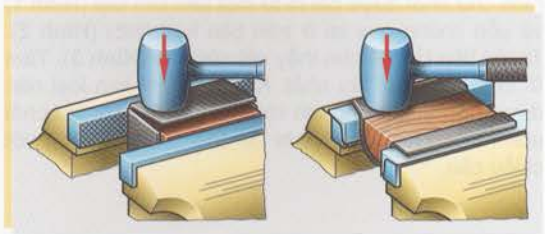
Hình 1: Uốn với lực tay



Hình 2: Thanh ray kẹp

Uốn bằng máy

Người ta phân biệt uốn tự do và uốn với khuôn dập (**Hình 4 và 5**). Ở uốn tự do, dạng chi tiết được tạo hình tự do. Để có được hình dạng phức tạp phải qua nhiều công đoạn, thí dụ như vòng kẹp ở **hình 4**. Ở uốn với khuôn dập, chi tiết được tạo dạng ở giữa chày uốn và cối dập (**Hình 5**). Như vậy chỉ cần một công đoạn thôi.



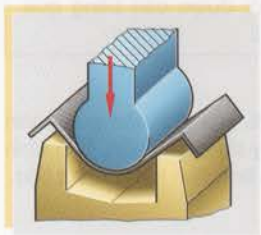
Hình 3: Miếng lót (đón) chịu để uốn

7.4.2.3 Chiều dài cắt (Chiều dài khai triển cắt)

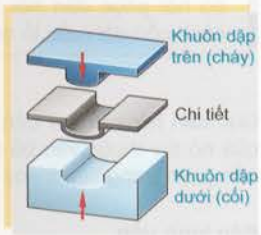
Trước khi uốn chi tiết, người ta phải tính toán chiều dài cắt cũng còn gọi là chiều dài khai triển. Trong những điều cân nhắc cơ bản ở trang 167 ta nhận ra là ở uốn chỉ có một sợi trung tính hoặc một vùng trung tính không thay đổi. Do đó có nghĩa là:

> Chiều dài khai triển cắt bằng chiều dài của sợi trung tính.

Thí dụ: Để siết một ống cần đến bốn đoạn chiều dài như ở bản vẽ kế bên. Tính chiều dài cắt cho mỗi vòng siết.



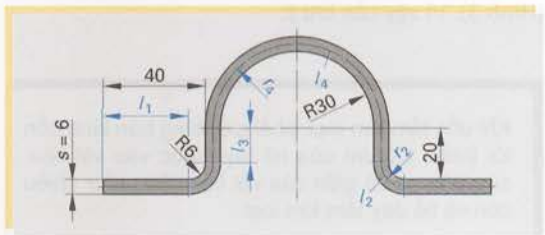
Hình 4: Uốn tự do một vòng siết (vòng kẹp)



Hình 5: Uốn vòng siết bằng khuôn dập

Lời giải: $l = 2\,l_1 + 2\,l_2 + 2\,l_3 + l_4$

$l_1 = 40\text{ mm} - R = 40\text{ mm} - 6\text{ mm} = 34\text{ mm}$
$l_2 = \pi \cdot 2\,r_2 \cdot 0{,}25 = \pi \cdot 2 \cdot 9\text{ mm} \cdot 0{,}25 = 14{,}1\text{ mm}$
$l_3 = 20\text{ mm} - R = 20\text{ mm} - 6\text{ mm} = 14\text{ mm}$
$l_4 = \pi \cdot 2\,r_4 \cdot 0{,}5 = \pi \cdot 2 \cdot 33\text{ mm} \cdot 0{,}5 = 103{,}7\text{ mm}$
$L = 2 \cdot 34\text{ mm} + 2 \cdot 14{,}1\text{ mm} + 2 \cdot 14\text{ mm} + 103{,}7\text{ mm}$
$L = 227{,}9\text{ mm}$, chọn: 228 mm
$r_4 = 30\text{ mm} + 3\text{ mm} = 33\text{ mm}$
$r_2 = 6\text{ mm} + 3\text{ mm} = 9\text{ mm}$



Bài tập:

1. Tấm kim loại phải có đặc tính nào để có thể biến dạng tốt?
2. Giới hạn kéo và giới hạn gãy có ý nghĩa gì cho việc uốn tấm kim loại?
3. Giải thích sự hình thành cấu trúc sớ trong khi cán và ý nghĩa của nó cho việc uốn.
4. Độ hồi phục đàn hồi uốn của tấm kim loại được uốn có ý nghĩa gì?
5. Làm thế nào để uốn góc chính xác mặc dù có sự đàn hồi?
6. Hãy cắt nghĩa sự hình thành của đường nứt nhỏ như sợi tóc ở bên ngoài và xếp mí ở bên trong tấm kim loại khi uốn sai.
7. Tại sao không được phép chọn bán kính uốn nhỏ hơn bán kính uốn tối thiểu?
8. Độ lớn đặc trưng của vật liệu và của chi tiết ảnh hưởng như thế nào đến bán kính uốn tối thiểu?
9. Uốn với khuôn dập có ưu điểm kỹ thuật nào so với uốn tự do?
10. Tại sao uốn tự do thường được ưa chuộng hơn uốn với khuôn dập?
11. Loại gá nào được sử dụng cho việc uốn ống?

https://tieulun.hopto.org

7.5 Tách

Trong tất cả các chi tiết được tạo ra qua tách (phương pháp gia công ở nhóm chính thứ 3), dạng của chi tiết hoàn tất nằm trong phôi. Có nghĩa là với phương pháp này các phần dư không cần thiết được lấy ra cho đến khi hình dạng cuối cùng được hình thành như mong muốn. Tùy theo cách thức các nguyên liệu được tách lấy ra, người ta phân biệt các nhóm sau đây của **phương pháp tách**:

Bảng 1: Tách

Chia nhỏ	Cắt gọt có phoi		Xói mòn	Tháo rời	Làm sạch	Tháo xả
- Cắt - Đục lỗ - Bẻ gãy - Xé	- Đục - Cưa - Khoan - Bào - Chuốt - Mài khôn	- Giũa - Cạo - Tiện - Đẩy (xọc) - Mài - Miết	- Ăn mòn - Gia công bằng tia lửa điện (gia công điện hóa) - Cắt bằng hơi hàn - Xói mòn bằng tia điện tử	- Vặn ra bằng vít đai ốc	- Chải - Phun sạch - Rửa	- Bơm ra - Tháo ra hết (rút chân không)

7.5.1 Nguyên tắc cơ bản của phương pháp tách bằng cơ học

Khi **chia nhỏ**, vật liệu còn lại được hình thành ở hình dạng đã được xác định trước. Ngược lại, với **cắt gọt có phoi,** hình dạng còn lại của vật liệu phoi không xác định được. Các vật liệu không cần thiết được tách rời bằng phương pháp cơ học. Những phương pháp có vật liệu bị tách ra không bằng cơ học thuộc vào nhóm **xói mòn**.

Hình 1: Tách ra với nêm cầm tay

Ở những phương pháp chia nhỏ cũng như ở cắt gọt có phoi đều cần đến một **dụng cụ** mà **lưỡi cắt** của nó tách vật liệu và do đó phá hủy sự gắn kết ban đầu của các phân tử. Mặc dầu có sự đa dạng về thiết kế và chức năng, các dụng cụ này có chung một đặc tính hình học:

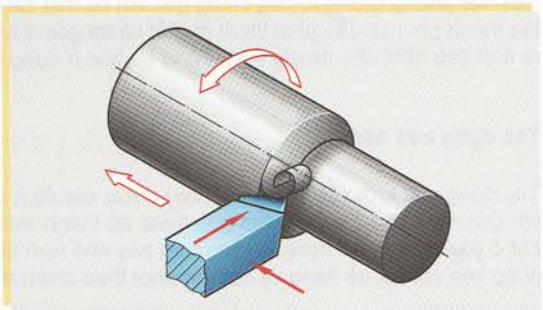
> Nêm là dạng cơ bản của mỗi dụng cụ tách bằng phương pháp cơ học.

Hình 2: Cắt đứt với kiềm cắt ngang

Dụng cụ nhân tạo đầu tiên đã được sử dụng từ lúc lịch sử của nền văn minh con người bắt đầu có hình dạng cái nêm (**Hình 1**). Theo nguyên tắc của mặt phẳng nghiêng thì lực tay hay lực máy được chuyển hướng và khuếch đại (được trình bày ở các trang tiếp theo). Ngoài ra phải có được hai điều kiện sau đây trước khi lưỡi cắt dạng nêm thâm nhập (cắt) vào vật liệu.

- Dụng cụ lưỡi cắt phải cứng hơn vật liệu của chi tiết.
- Các lực cắt đứt tác động qua dụng cụ phải lớn hơn lực gắn kết của phân tử trong vật liệu.

Những ai đã thử dùng dao cắt gỗ hoặc đá sẽ hiểu quy tắc này.



Hình 3: Cắt có phoi với dao tiện

https://tieulun.hopto.org

7.5.2 Cắt gọt có phoi

Đại cương: Cắt gọt có phoi, các phương pháp quan trọng nhất

Với lưỡi cắt có dạng hình học được xác định		Với lưỡi cắt có dạng hình học không xác định
■ Đục	■ Chuốt	■ Mài
■ Cưa	■ Tiện	■ Mài khôn (mài doa)
■ Giũa	■ Khoan	■ Miết (mài nghiền, mài ra)
■ Cạo	■ Lã (khoét loe)	■ Cắt bằng tia hơi nước
■ Bào	■ Phay	
■ Đẩy (Xọc)		

Phương pháp được dùng nhiều nhất trong lĩnh vực gia công của thợ cơ điện tử là cắt gọt có phoi.

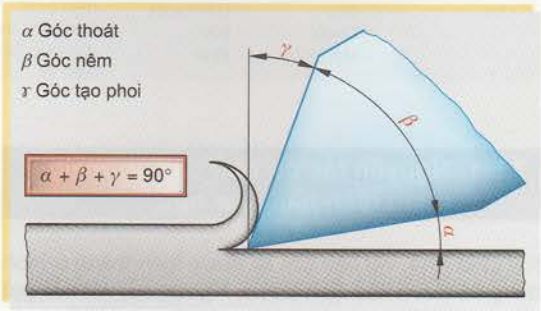
Khi gia công cắt gọt, các hạt nguyên liệu từ phôi được lấy ra bằng một lưỡi cắt. Quá trình cắt gọt có thể được thực hiện bằng **dạng lưỡi cắt (mũi dao) với dạng hình học được xác định**. Dạng lưỡi cắt được xác định rõ ràng. Như thế những bước đơn lẻ của quá trình cắt gọt loại bỏ phoi có thể được định rõ một cách chính xác.

Ở phương pháp cắt gọt có phoi, **lưỡi cắt với dạng hình học không xác định** cũng có thể bị thay đổi hình dạng trong quá trình gia công.

Góc và mặt cắt ở cạnh cắt (lưỡi cắt)

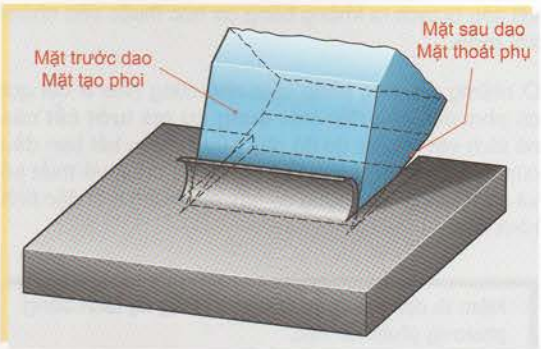
Hình dạng cơ bản của mỗi dụng cụ cắt là **cái nêm**.

Góc nêm (góc mũi dao) β (beta) quyết định cách thâm nhập vào vật liệu và tính ổn định của lưỡi cắt (**Hình 1**). Dụng cụ với góc nêm lớn thâm nhập không tốt vào chi tiết, nhưng tuổi thọ lại cao. Tuổi thọ là thời gian sử dụng dụng cụ gia công vật liệu đến khi phải mài lại. Dụng cụ với góc nêm lớn phù hợp cho vật liệu cứng.



Hình 1: Góc ở lưỡi cắt của dụng cụ

Ngoài vị trí của lưỡi cắt dạng nêm với chi tiết còn có thêm các góc khác. Góc ở giữa nêm và mặt cắt (bề mặt gia công mới) gọi là **góc thoát α** (alpha). Góc này làm giảm bớt sự cọ xát giữa dụng cụ và chi tiết. Vật liệu nhô (phồng) ra qua quá trình gia công và đàn hồi sau đó, vật liệu cứng bị đàn hồi nhiều hơn vật liệu mềm. Vì thế vật liệu cứng chịu ma sát ít hơn, góc thoát ở đây có thể nhỏ. Bề mặt ở nêm cắt được giới hạn bởi góc thoát gọi là **bề mặt thoát hay mặt sau dao** (**Hình 2**).



Hình 2: Các mặt ở lưỡi cắt của dụng cụ

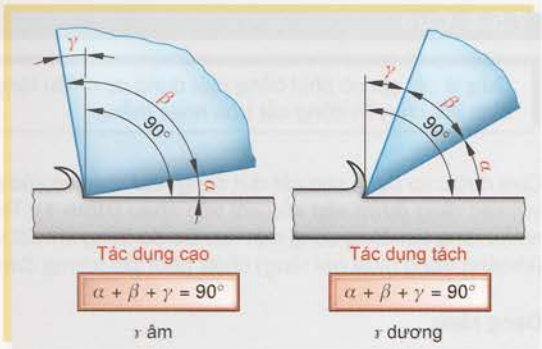
Bề mặt dụng cụ nêm, nơi mà phoi trượt dọc theo, gọi là **mặt tạo phoi (mặt trước dao)**. Giữa mặt tạo phoi và một mặt phẳng tưởng tượng thẳng góc với bề mặt cắt là **góc tạo phoi γ** (gamma). Góc này ảnh hưởng đến việc tạo thành phoi và dẫn phoi thoát đi. Tất cả ba góc ở lưỡi cắt đều phụ thuộc vào nhau. Một góc tạo phoi lớn cho ra một góc nêm nhỏ tương ứng. Tổng ba góc ở dụng cụ nêm là 90°.

Tác dụng của nêm cắt

Tác dụng của lưỡi cắt nêm (mũi dao) được xác định qua độ lớn của góc tạo phoi. Góc tạo phoi được nhập lại với góc nêm và bổ sung thêm góc thoát để thành một góc vuông (thẳng góc), gọi là góc tạo phoi dương. **Góc cắt δ** (delta) = $\alpha + \beta$ trong trường hợp này nhỏ hơn 90° (**Hình 1, trang 173**). Trong điều kiện này mũi cắt thâm nhập vào chi tiết dễ dàng và cắt đứt phoi theo chiều lên trên. Dụng cụ này có **tác dụng cắt**.

https://tieulun.hopto.org

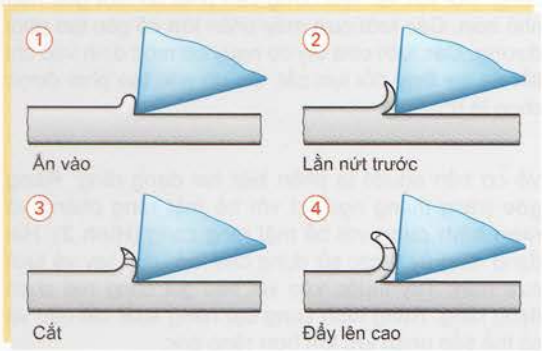
Ngược lại khi góc cắt δ lớn hơn 90° và như thế phủ cả góc tạo phoi, ta gọi là góc tạo phoi âm (**Hình 1**): dụng cụ cắt tạo phoi nhuyễn trên bề mặt của chi tiết. Như vậy dụng cụ có **tác dụng cạo**. Dụng cụ với tác dụng cắt có thể cắt loại bỏ nhiều vật liệu, dụng cụ cạo thích hợp cho gia công tinh.



Hình 1: Tác dụng ở nêm cắt (mũi dao)

Tạo phoi

Trong quá trình cắt gọt có phoi, đầu tiên là lưỡi cắt ấn vào vật liệu và dẫn đến biến dạng dẻo. Dụng cụ tiếp tục được ấn vào vật liệu và tạo ngay trước mũi lưỡi cắt một làn nứt. Vào lúc này, những phần phoi vỡ vụn hình thành được cắt từ dụng cụ và cuối cùng được đẩy lên cao. Những phần phoi vỡ vụn tiếp nối và hình thành phoi (**Hình 2**).



Hình 2: Quá trình cắt có phoi

Các loại phoi

Tùy theo loại vật liệu của chi tiết và độ lớn các góc tạo phoi mà cho ra các loại phoi khác nhau (**Hình 3**). Với góc tạo phoi nhỏ lưỡi dao ấn mạnh vào chi tiết, việc này đòi hỏi một lực mạnh và tạo thành một lần nứt sâu. Phoi phát sinh được gọi là **phoi gãy** (phoi vụn). Nó dễ vỡ và tạo thành bề mặt nhám. Đặc biệt ở vật liệu cứng và giòn tạo thành loại phoi không mong muốn này.

Ở góc tạo phoi từ 5° đến 25° và vật liệu dai sẽ hình thành loại **phoi xếp**. Thường đó là loại phoi nhỏ, nhẵn, bị cắt đứt. Vì nguy cơ gây tai nạn thấp nên phoi này được ưa chuộng. Với tốc độ cắt tăng phoi xếp bắt đầu cuộn thành dây (chảy), qua đó chất lượng bề mặt được cải thiện.

Hình 3: Các loại phoi

Vật liệu mềm như đồng, nhôm hay chì được gia công với một góc nêm nhỏ, góc tạo phoi lớn và thường cũng với tốc độ cắt cao. Qua đó, hình thành loại **phoi dây**. Chi tiết chỉ bị ấn nhẹ khi đòi hỏi lực ít và nó chỉ hình thành một lần nứt nhỏ. Bề mặt gia công nhẵn. Phoi dây này dài, không bị đứt đoạn vì thế không thuận lợi do khả năng làm hư hại máy và đài dao, đồng thời nguy cơ gây thương tích thấp.

Hình dạng phoi

Đặc biệt phoi dây tạo thành những dạng khác nhau (**Hình 4**). Phoi băng và phoi rối không thuận lợi vì chiếm nhiều chỗ. Phoi vặn (dạng vít xoắn) rất nguy hiểm cho người đứng gần. Dạng phoi thuận lợi là phoi vặn gãy (phoi gãy dạng vít xoắn) và phoi xoắn gãy. Đặc biệt dụng cụ định hình, tốc độ cắt thấp hay hợp kim dễ gia công trên máy tự động (thép da láng, thép chuẩn hóa) dẫn đến bẻ gãy phoi.

Hình 4: Dạng phoi

https://tieulun.hopto.org

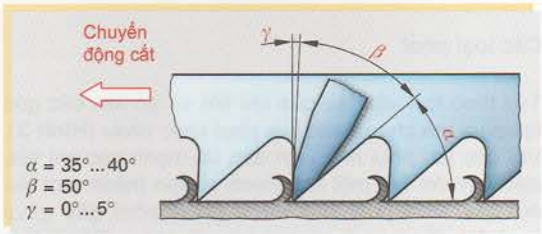
7.5.3 Cưa

Cưa là cắt gọt có phoi bằng một dụng cụ nhiều răng có bề rộng cắt nhỏ và lưỡi cắt có dạng hình học nhất định với chuyển động cắt tròn hoặc thẳng.

Cưa được áp dụng cho cắt đứt cũng như chế tạo các rãnh then và cắt đường khe rãnh. Cưa gồm một lưỡi cưa với các răng được sắp xếp nối tiếp nhau (**Hình 1**). Trong khi lưỡi đục chỉ làm việc với một lưỡi cắt, thì ở cưa nhiều răng tác động cùng một lúc. Do đó trong khi cắt với cưa, phoi không thoát ra được. Nó phải có một buồng (khoảng trống giữa hai răng) chứa phoi lớn tương đương (**Hình 3**).

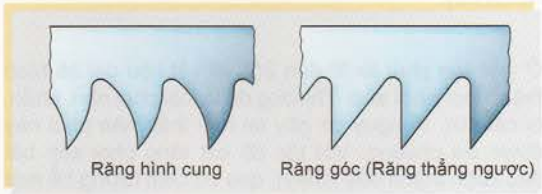
Dạng răng

Dạng cơ bản của răng cưa tương ứng với dạng nêm của lưỡi đục. Góc của lưỡi cắt tùy thuộc theo vật liệu gia công. Đối với vật liệu cứng cần phải có một góc nêm lớn (50°). Vì thế góc thoát và buồng chứa phoi trở nên nhỏ hơn. Các lưỡi cưa máy phần lớn có góc tạo phoi dương. Các lưỡi cưa tay có nguy cơ móc dính vào chi tiết do sự thay đổi lực cắt. Do đó góc tạo phoi được chọn là 0°.



Hình 1: Góc ở răng cưa

Về cơ bản người ta phân biệt hai dạng răng: **Răng góc** (răng thẳng ngược) với bề mặt răng phẳng và **răng hình cung** với bề mặt răng cong (**Hình 2**). Hai dạng răng ấy được sử dụng cho lưỡi cưa tay và lưỡi cưa máy. Tùy thuộc vào vật liệu gia công mà chọn dạng răng. Răng hình cung đạt năng suất cắt cao và có thể tiếp nhận lực lớn hơn răng góc.



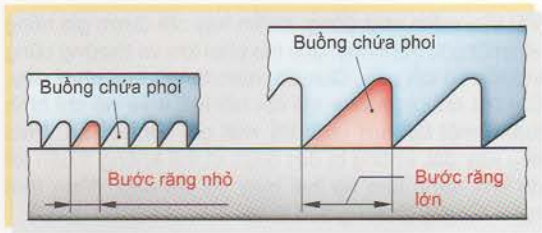
Hình 2: Dạng răng

Bước răng

Độ lớn của buồng chứa phoi tùy thuộc vào dạng răng, góc ở mũi cắt và khoảng cách giữa hai răng kề nhau. Các răng càng gần với nhau thì buồng chứa phoi càng nhỏ. Khoảng cách giữa hai đỉnh răng gọi là bước răng và được tính như sau:

$$\text{Bước răng} = \frac{\text{Chiều dài chuẩn}}{\text{Số răng}}$$

Chiều dài chuẩn ở cưa phần lớn là 1 inch = 25,4mm. Đối với **vật liệu mềm** người ta sử dụng cưa với bước răng lớn vì cần thiết phải có buồng chứa phoi lớn để cho phoi thoát ra.



Hình 3: Bước răng

Vật liệu cứng được gia công với cưa có bước răng nhỏ (**Bảng 1**).

Bên cạnh độ cứng của vật liệu còn phải chú ý đến việc chọn lưỡi cưa phù hợp với **bề dày của chi tiết**. Nếu có ít hơn ba răng tiếp xúc thì cưa dễ dàng bị móc dính, nhất là ở cưa tay. Lưỡi cưa kết hợp (lưỡi cưa với bước răng tăng dần) giúp ngăn ngừa hiện tượng này lúc bắt đầu cắt. Thường bước răng bắt đầu ở 32 răng và tăng dần đến cuối lưỡi cưa với 20 răng trên mỗi inch của chiều dài lưỡi cưa.

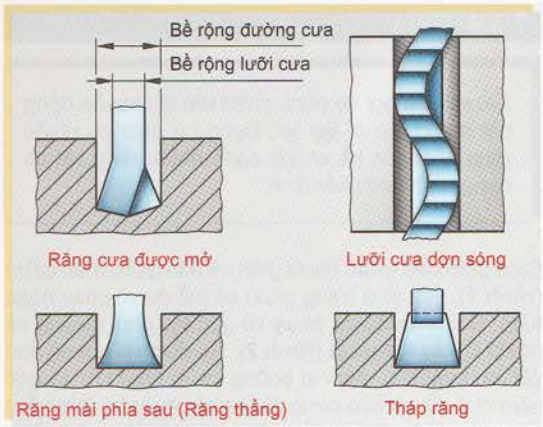
Bảng 1: Phân loại cưa

Phân loại	Số răng	Bước răng	Ứng dụng
Thô	16	$\frac{25\text{ mm}}{16} = 1{,}56\text{ mm}$	Đồng, nhôm
Trung bình	22	$\frac{25\text{ mm}}{22} = 1{,}14\text{ mm}$	Thép
Nhuyễn	32	$\frac{25\text{ mm}}{32} = 0{,}78\text{ mm}$	Ống mỏng, gang đúc cứng

https://tieulun.hopto.org

Cắt tự do

Trong lúc cưa, cưa nóng lên do ma sát. Nếu đường cưa có chiều rộng chính xác như lưỡi cưa, sau một thời gian ngắn qua sự giãn nở do nhiệt và qua phoi phát sinh, cưa sẽ bị dính cứng. Do vậy lưỡi cưa phải có mặt cắt thoát, nghĩa là đường cưa phải rộng hơn lưỡi cưa (**Hình 1**). Lưỡi cưa tay dùng cho vật liệu cứng thường dợn sóng: Lưỡi cưa được bẻ dợn sóng tại mặt răng. Ở lưỡi cưa vòng (lưỡi cưa bản) răng cưa được mở (rẽ luân phiên qua hai bên). Một răng được uốn qua bên trái lưỡi cưa, răng kế tiếp qua phải. Lưỡi cưa vòng hạn chế chỉ dùng cho vật liệu mềm. Nó thường được mài phía sau hoặc được tháp răng bằng hợp kim cứng, với bề ngang rộng hơn lưỡi cưa.



Hình 1: Cắt thoát

Cưa tay

Ngành cơ khí thường dùng cưa tay. Cưa gồm cần (khung cưa), lưỡi cưa được kẹp giữa cán cưa với chốt định vị siết chặt lưỡi cưa và chốt định vị siết căng lưỡi cưa và cán cưa (**Hình 2**).

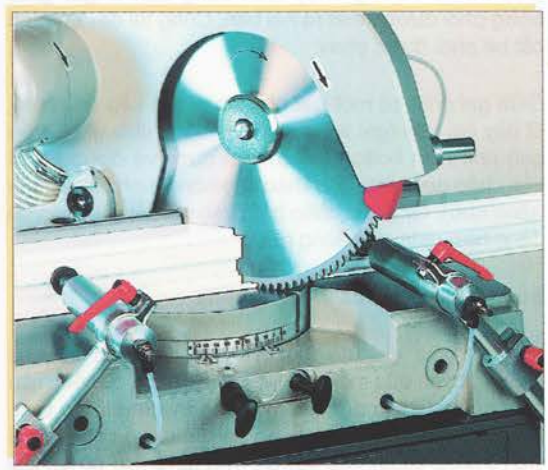
Thay lưỡi cưa rất đơn giản. Một số loại lưỡi cưa có răng ở hai bên để trở đầu sử dụng tiếp.

Hình 2: Cưa cần (cưa cầm tay)

Cưa máy

Tiết diện, ống và thanh vật liệu được cắt theo chiều dài tương ứng với **máy cưa cần** và **máy cưa đĩa**. Loại này thích hợp với sản xuất đơn lẻ và sản xuất hàng loạt.

Cưa đĩa (**Hình 3**) có khả năng tạo ra tốc độ chu vi cao. Nó không cần hành trình chạy không tải và do đó đạt được năng suất cắt cao. Tuy nhiên những chi tiết lớn hơn chỉ có thể được gia công với đường kính lưỡi cưa lớn và máy tương ứng. Cắt hình dạng và gia công đơn lẻ được thực hiện với **cưa dây vòng**. Một lưỡi cưa vòng vô tận được hàn vào cho phép cắt liên tục như với các cưa đĩa.



Hình 3: Cưa đĩa

Bài tập:

1. Kích thước nào phải thay đổi để cho buồng chứa phoi được lớn hơn?
2. Tại sao người ta cần buồng chứa phoi lớn?
3. Người ta xác định bước răng của một lưỡi cưa như thế nào?
4. Làm thế nào để phòng ngừa lưỡi cưa mắc dính (bó)?
5. Ở loại cưa nào hành trình chết (lưỡi cưa không ăn vào chi tiết) không xảy ra?

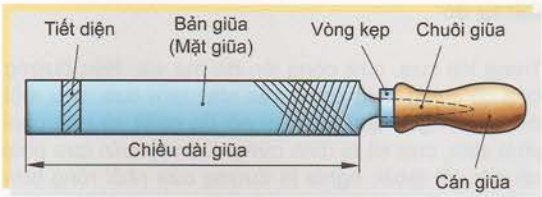
Phòng ngừa tai nạn

- Lưỡi cưa luôn được kẹp siết cứng.
- Trước khi lắp lưỡi cưa máy vào phải kiểm tra vết nứt. Đặc biệt khi dùng cưa vòng các phần rời ra có thể văng đi rất mạnh.
- Không được bỏ nắp đậy máy.
- Giảm áp lực ở cuối đường cắt của cưa tay để tránh bị trượt.

https://tieulun.hopto.org

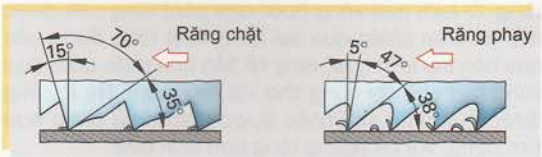
7.5.4 Giũa

Giũa là cắt gọt có phoi, phần lớn là chuyển động cắt thẳng lặp đi lặp lại. Dụng cụ giũa có nhiều răng nằm liền kề và sát cạnh nhau, răng cắt có dạng hình học nhất định.



Hình 1: Giũa bản (giũa dẹt, giũa phẳng)

Giũa gồm **cán giũa**, chuôi giũa và bản giũa (thân giũa) (**Hình 1**). Gai giũa (răng giũa) có thể được phay hoặc băm. **Gai giũa được phay** có góc tạo phoi dương và do đó có tác dụng cắt (**Hình 2**). Nó được sử dụng chủ yếu cho vật liệu mềm vì buồng chứa phoi lớn và góc nêm nhỏ. Ở vật liệu cứng phát sinh phoi nhỏ (nhuyễn) hơn, người ta dùng giũa với góc nêm lớn và buồng chứa phoi nhỏ. **Giũa gai chặt** (răng được cắt) đáp ứng được những đặc tính này (**Hình 2**). Nó có góc nêm âm và qua đó có tác dụng cạo. Trong thực tiễn người ta không gọi là răng giũa mà là gai giũa.



Hình 2: Răng chặt (răng cắt) và răng phay

Sắp xếp gai giũa và các loại gai giũa

Giũa một hàng gai (**Hình 3**) có gai nghiêng (xiên) để cho phoi thoát ra, nghĩa là tất cả hàng răng của giũa đứng nghiêng một góc đối với trục giũa. Ở gai xiên, giũa có xu hướng chạy lệch sang bên ở **gai giũa cong** phoi được thoát ra hai bên. Cũng tại đây có rãnh cắt bẻ phoi được phay.

Hình 3: Sắp xếp gai

Giũa gai chặt có một **gai chéo** hay **gai kép** (**Hình 1**). Ở đây gai trên (gai thứ hai) với khoảng chia gai (bước gai) nhỏ hơn hoặc lớn hơn gai dưới và được bố trí xếp chéo dưới một góc khác để không hình thành khía (rãnh nhỏ). Giũa gai chéo bám vào chi tiết gia công dễ dàng hơn giũa một hàng gai.

Bước chia gai giũa và dạng giũa

Khoảng chia gai (độ thô của giũa) là kích cỡ cho khoảng cách của mỗi gai. Nó bằng số gai ở mỗi chiều dài chuẩn. Chiều dài chuẩn thông thường là 10 mm. **Giũa nhuyễn** được sử dụng để tạo ra các chi tiết có kích thước chính xác với bề mặt láng. Nó có số gai lớn hơn đối với giũa thô. **Giũa thô** (giũa phá) đặc biệt thích hợp cho việc cắt phoi nhiều và đòi hỏi ít hơn về chất lượng bề mặt.

Tên giũa	Tên ngắn	Dạng tiết diện	Chi tiết
Giũa phẳng đầu bằng cho phân xưởng	A		
Giũa phẳng đầu nhọn cho phân xưởng	B		
Giũa phẳng ba lá (giũa ba cạnh) cho phân xưởng	C		
Giũa vuông (giũa bốn cạnh) cho phân xưởng	D		
Giũa lòng mo (giũa bán nguyệt) cho phân xưởng	E		
Giũa tròn cho phân xưởng	F		

Hình 4: Dạng giũa (Trích)

Tùy theo khoảng chia gai ở bề dài của bản, giũa được chia theo số gai. **Bảng 1** cho biết sự liên quan giữa chất lượng bề mặt, khoảng chia gai và bề dài giũa.

Bảng 1: Khoảng chia gai

Thông số bề mặt ở bản vẽ theo DIN 3141	Giũa thô (Phá) ▽	Giũa tinh ▽▽	Giũa nhuyễn ▽▽▽
Theo DIN ISO 1302	25/ ▽ ... 3,2/ ▽	6,3/ ▽ ... 0,8/ ▽	1,6/ ▽ ... 0,2/ ▽
Số gai	1 2	3	4
Khoảng chia gai ở bề dài giũa 100 mm	17 23	28	34
Khoảng chia gai ở bề dài giũa 250 mm	8 13	17	21

Có một loạt dạng giũa khác nhau. Phổ biến nhất là sử dụng giũa phẳng đầu bằng cho phân xưởng. Để sản xuất các dạng chi tiết đặc biệt, giũa được sử dụng có tiết diện phù hợp. **Hình 4** trình bày tổng quát một vài loại giũa phân xưởng. Chúng được sử dụng trước hết để gia công các rãnh và các chỗ lõm.

https://tieulun.hopto.org

7.5.5 Gia công có phoi với máy công cụ

Ngày nay hầu như tất cả các chi tiết đều được sản xuất bằng máy. Như vậy, độ chính xác trong chế tạo và an toàn lao động tăng lên so với gia công có phoi bằng tay, cùng với chi phí giảm đáng kể qua việc rút ngắn thời gian. Phần lớn các dạng chi tiết và các loại vật liệu khác nhau đòi hỏi nhiều phương pháp gia công khác nhau với các máy (thiết bị) tương ứng. Bảng tổng quan bên cạnh liệt kê các phương pháp quan trọng nhất.

Tổng quan: Phương pháp gia công có phoi bằng máy

Với mũi cắt có dạng hình học xác định		Với mũi cắt có dạng hình học không xác định
■ Khoan	■ Phay	■ Mài
■ Khoét, lã	■ Bào	■ Mài khôn
■ Doa	■ Đẩy	■ Miết
■ Tiện	■ Chuốt	■ Tạo phoi bằng phương pháp tạo phoi trượt

Chuyển động ở máy công cụ

Cũng như gia công có phoi bằng tay, ở phương pháp gia công có phoi bằng máy cũng cần những chuyển động khác nhau (**Hình 1**).

> Người ta phân biệt bốn loại chuyển động của máy công cụ: Chuyển động cắt hay chuyển động chính, chuyển động dẫn tiến, chuyển động bước tiến ngang và chuyển động định vị (không cắt gọt) dẫn đến nơi quá trình cắt gọt bắt đầu.

Chuyển động cắt (Chuyển động chính)

Việc loại bỏ phoi được thực hiện qua chuyển động cắt. Nó có thể là chuyển động **tròn** như tiện và chuyển động **thẳng** như bào (đẩy). Chuyển động cắt được thực hiện từ dụng cụ cắt như bào hoặc từ chi tiết như tiện. Độ lớn của chuyển động cắt được xác định qua **tốc độ cắt v_c**.

Tốc độ cho biết hành trình đi qua trong một thời gian nhất định.

$$\text{Tốc độ} = \frac{\text{Hành trình}}{\text{Thời gian}} \qquad v = \frac{s}{t} \qquad [v] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tốc độ ở chuyển động quay là:

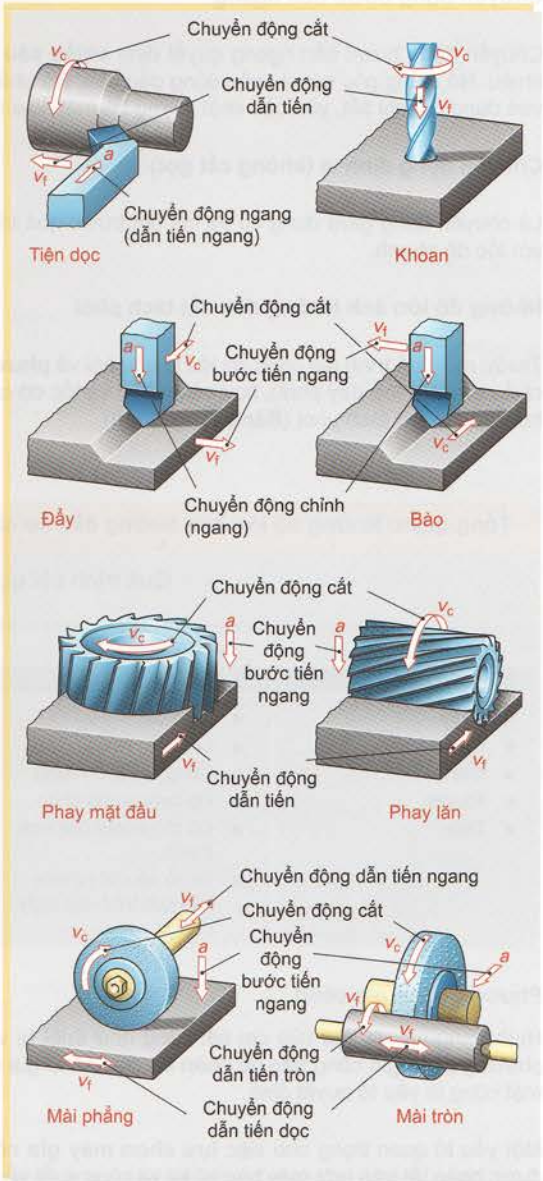
$$\text{Tốc độ} = \text{Chu vi} \times \text{Tần số quay}$$

$$v = d \cdot \pi \cdot n \qquad [v] = \text{m} \cdot \frac{1}{\text{min}} = \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Tần số quay là số vòng quay trong một phút (1/phút)

Tốc độ cắt là tốc độ tách rời phoi của chi tiết. Nó thường được đo với đơn vị m/min, trong phương pháp gia công ở máy mài là m/s, vì ở đây tốc độ cắt phải đạt được rất lớn. Sự lựa chọn độ lớn của tốc độ cắt tùy thuộc vào máy công cụ, chi tiết, chất làm nguội, công suất và cấu tạo của máy công cụ. Trị số tương ứng có thể đọc được từ bảng tra cứu kỹ thuật (cẩm nang kỹ thuật).

Nếu chỉ qua chuyển động cắt thì việc loại bỏ phoi sẽ xảy ra một lần. Đối với gia công cắt phoi liên tục thì phải thêm một chuyển động gia công thứ hai là chuyển động dẫn tiến.



Hình 1: Chuyển động ở máy công cụ

https://tieulun.hopto.org

Chuyển động dẫn tiến

Chuyển động dẫn tiến phục vụ cho việc lấy phoi liên tục hoặc từng bước. Nó có thể thực hiện liên tục như trong phương pháp tiện, phay, khoan hoặc từng bước như bào và đẩy. Chuyển động dẫn tiến được thực hiện thẳng góc với chuyển động cắt qua dụng cụ (thí dụ như ở tiện) hoặc qua chi tiết (thí dụ như phay). Nó quyết định **bề rộng của phoi**.

Độ lớn của bước dẫn tiến f tùy thuộc vào yêu cầu về chất lượng bề mặt, lượng phoi được tách ra và công suất của máy. Nó được đo bằng mm mỗi vòng quay hay hành trình và **tốc độ cắt** v_f (mm/min).

Khi công suất của máy được tăng lớn hơn, **lực cắt tạo phoi** ở mũi cắt của dụng cụ để tách phoi cũng lớn hơn. Sau đó trong cùng điều kiện bước dẫn tiến cũng được tăng lên, từ đó dẫn đến một **lượng phoi** lớn hơn được tách ra.

Chuyển động bước tiến ngang

Chuyển động bước tiến ngang quyết định **chiều sâu cắt** có nghĩa là dụng cụ xâm nhập sâu vào chi tiết bao nhiêu. Nó thẳng góc với chuyển động dẫn tiến. **Độ chỉnh ngang (bước tiến ngang)** a, đo bằng mm, phụ thuộc vào dụng cụ, chi tiết, yêu cầu chất lượng bề mặt, loại kẹp và công suất của máy (**Hình 1, trang 179**).

Chuyển động định vị (không cắt gọt)

Là chuyển động giữa dụng cụ và chi tiết trước quá trình gia công cắt phoi. Thông thường nó được thực hiện với tốc độ nhanh.

Những độ lớn ảnh hưởng đến cắt tách phoi

Trước mỗi quá trình gia công cơ khí là câu hỏi về **phương pháp gia công** và **trị số chỉnh (cài đặt)** tốt nhất cho chiều sâu cắt (bề dày phoi), bước dẫn tiến và tốc độ cắt. Do đó, điều quan trọng là biết được tất cả độ lớn ảnh hưởng đến cắt tách phoi (**Bảng tổng quan**).

Tổng quan: Những độ lớn ảnh hưởng đến sự cắt gọt

Quá trình cắt gọt bị ảnh hưởng bởi:

Phương pháp gia công	Máy công cụ	Dụng cụ	Chi tiết
■ **Phay** ■ **Bào** ■ **Đẩy** ■ **Khoan** ■ **Tiện**	■ Kích cỡ ■ Loại dẫn động ■ Công suất dẫn động ■ Độ cứng vững chắc ■ Độ chính xác của kích thước ■ Trị số cài đặt (chỉnh) của quá trình cắt tách phoi	■ Vật liệu lưỡi cắt ■ Dạng ■ Tuổi thọ	■ Vật liệu ■ Kích thước ■ Bề mặt

Phương pháp gia công

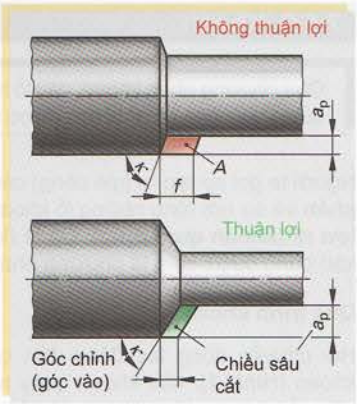
Hình dạng và vật liệu của chi tiết cũng như thiết bị và máy móc hiện có trong xí nghiệp xác định việc dùng phương pháp gia công nào để hoàn tất chi tiết. Ở gia công hoàn tất thì độ chính xác yêu cầu và chất lượng bề mặt cũng là yếu tố quyết định.

Một yếu tố quan trọng cho việc **lựa chọn máy gia công** là hiệu quả kinh tế. Như vậy một chi tiết vẫn có thể được hoàn tất trên một máy bào cũ kỹ và công suất yếu hơn, nếu một trung tâm gia công CNC tốt hơn bị quá tải.

https://tieulun.hopto.org

Máy công cụ

Qua các đại lượng cố định và có thể thay đổi được, máy công cụ tác động vào quá trình gia công. Độ lớn, loại dẫn động, công suất dẫn động, sự cứng vững của các bộ phận mang và độ chính xác kích thước có thể đạt tới được và do đó không thể thay đổi.



Hình 1: Tiết diện cắt với bề mặt tương đương

Những điều kiện cắt là các thông số chỉnh được như **chiều sâu cắt a_p**, **bước dẫn tiến f** và **tốc độ cắt v_c**. Chúng quyết định trước hết đến độ bóng bề mặt, công suất cắt và tuổi thọ dụng cụ.

Tích số giữa chiều sâu cắt và bước dẫn tiến chính là **tiết diện cắt phoi** (tiết diện chịu ứng suất $A=f.a_p$). Độ lớn và hình dạng của tiết diện cắt ảnh hưởng trước nhất đến tuổi thọ. Tiết diện cắt hẹp và dài là do bước dẫn tiến nhỏ và chiều sâu cắt lớn. Dạng này thuận lợi hơn một tiết diện cắt có bề mặt tương đương với bước dẫn tiến lớn hơn và chiều sâu cắt ngắn hơn (**Hình 1**). Ở đó áp lực cắt lớn hơn. Qua đó phát sinh nhiều nhiệt hơn dẫn đến việc thoát nhiệt kém vì bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn.

Độ bóng bề mặt tốt đạt được do bước dẫn tiến nhỏ, chiều sâu cắt ít và tốc độ cắt cao, hay nói chung được gọi là gia công tinh. Bước dẫn tiến lớn, chiều sâu cắt lớn và tốc độ cắt thấp tạo ra bề mặt thô, loại cắt tách phoi này gọi là **gia công thô**.

Dụng cụ

Nhiều **vật liệu cắt** khác nhau được sử dụng làm dụng cụ: Thép dụng cụ không hợp kim, thép gió, hợp kim cứng, oxit gốm và kim cương. Vật liệu cắt cho tốc độ rất cao như oxit gốm thì đắt tiền, ngược lại thép dụng cụ không hợp kim rẻ nhưng lại có tuổi thọ thấp. Điều này có nghĩa là sự lựa chọn vật liệu dụng cụ tối ưu thường được quyết định theo quan điểm kinh tế.

Với việc sử dụng **dung dịch bôi trơn và làm nguội**, năng suất cắt và tuổi thọ của dụng cụ sẽ tăng. Không chỉ vật liệu cắt mà hình dạng, kích thước, góc ở mũi cắt, góc chỉnh (góc vào) và tốc độ cắt cũng ảnh hưởng tới việc cắt gọt có phoi.

Chi tiết

Yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến quá trình cắt gọt có phoi chính là **tính chất của vật liệu**. Vật liệu cứng và vật liệu có độ bền lớn đòi hỏi chất liệu mũi cắt rất cứng với một lực cắt lớn. Vật liệu mềm, thí dụ như nhôm, được gia công với tốc độ cao.

Các kích thước của chi tiết cũng ảnh hưởng đến cắt gọt có phoi: Chi tiết dài có độ đàn hồi nhỏ và phải được kẹp đặc biệt. Khi gia công thường xảy ra rung, dẫn đến bề mặt kém chất lượng, đầy lỗi. Ngoài cách kẹp thích hợp người ta có thể tránh sự cố này bằng cách chỉnh chiều sâu cắt nhỏ, lực cắt nhỏ và tốc độ cắt cao.

Bài tập:

1. Hãy phân biệt chuyển động chính, chuyển động dẫn tiến, chuyển động ngang và chuyển động định vị (không cắt gọt) đến điểm bắt đầu gia công.
2. Bộ phận nào (dụng cụ hay chi tiết) thực hiện chuyển động cắt và bộ phận nào thực hiện chuyển động dẫn tiến trong từng phương pháp gia công tiện, khoan, phay lăn hoặc mài tròn?
3. Tốc độ cắt được đo bằng đơn vị nào?
4. Thông số nào ảnh hưởng đến quá trình cắt tách phoi?
5. Mô tả ảnh hưởng của tỷ lệ độ cứng của vật liệu cắt và vật liệu chi tiết đến lượng cắt tách phoi và kích cỡ phoi.
6. Dựa vào kiến thức của bạn về ma sát, hãy giải thích chất làm nguội bôi trơn có ảnh hưởng nào đến năng suất cắt và tuổi thọ của dụng cụ.
7. Hãy cắt nghĩa thuật ngữ chuyển động định vị (không cắt gọt) đến điểm bắt đầu gia công.
8. Bạn biết những loại vật liệu cắt nào?

https://tieulun.hopto.org

7.5.6 Khoan

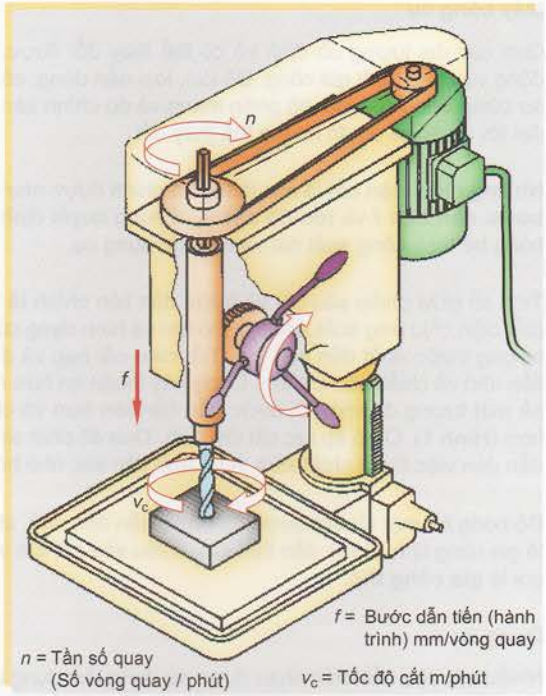
Qua phương pháp khoan, các lỗ hình trụ (lỗ khoan) được gia công có phoi hay được nới rộng ra.

Người ta gọi sự tạo ra (gia công) các lỗ là **khoan toàn phần** và sự nới rộng những lỗ khoan có sẵn là **khoan lớn ra (khoan quẹt rộng)**. Cả lã (khoét) và doa (chà xát) cũng được xem là phương pháp khoan.

Quá trình khoan

Hai chuyển động tác động đến cắt loại bỏ phoi ở khoan (**Hình 1**). Mũi khoan quay nhờ động cơ điện, hộp số và trục chính khoan và kết quả của nó là dẫn đến **chuyển động cắt** hình tròn (chuyển động chính). Để tạo ra áp lực cắt, mà trước hết dẫn đến sự hình thành phoi, trục khoan chính được nhấn xuống theo chiều của trục khoan qua cần tay, trong đó trục quay của máy khoan và trục của bề mặt bên trong của lỗ khoan thẳng hàng. Chuyển động này là **chuyển động dẫn tiến** thẳng hàng.

Khi cả hai chuyển động (gia công) diễn ra cùng lúc, hai mũi cắt nêm của lưỡi khoan xoắn ăn vào vật liệu và cắt lấy phoi (**Hình 2**).



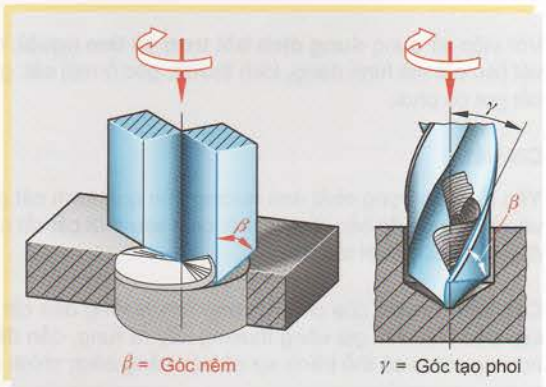
Hình 1: Quá trình khoan

Khoan là cắt tách phoi với chuyển động cắt hình tròn (dạng quay tròn). Chuyển động dẫn tiến chạy thẳng theo chiều của trục lỗ khoan.

Dụng cụ khoan

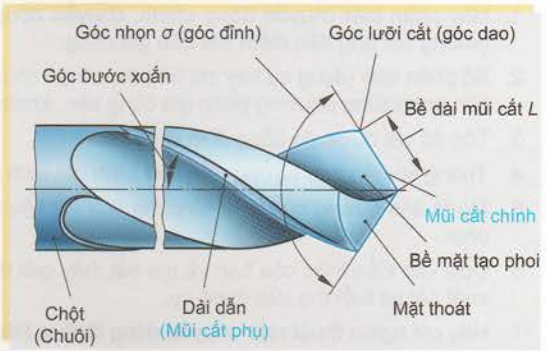
Mũi khoan xoắn, đúng hơn là mũi khoan xoắn ốc, là dụng cụ khoan thường được sử dụng nhất. Người ta có thể minh họa kết cấu của nó như sau:

Trong một phôi hình trụ bằng thép gió hai rãnh xoắn ốc được phay. Bước của rãnh xoắn xác định bước góc xoắn và do đó **góc tạo phoi** γ hữu ích (**Hình 2 và 3**). Ứng dụng vào dụng cụ, nó được gọi là góc tạo phoi ngang γ_f. Phôi được cắt rãnh có thể sẽ là nguyên nhân tạo ra ma sát mạnh do chuyển động quay của nó trong lỗ khoan. Do đó, người ta tạo ra một dải dẫn (mặt vát dẫn hướng) tương đối hẹp với **lưỡi cắt phụ** qua việc phay phía sau theo chiều dài của rãnh phoi, nhờ đó làm giảm ma sát. Ngoài ra, cạnh vát của lưỡi cắt phụ dẫn mũi khoan vào trong lỗ khoan. Đường kính mũi khoan được đo tại đường biên dẫn của cạnh vát (**Hình 1, trang 181**).



Hình 2: Hình thành mũi nêm cắt ở mũi khoan xoắn

Mũi cắt chính ở mũi khoan hình thành qua mài dạng côn của phôi được cắt rãnh. **Góc đỉnh khoan (góc nhọn)** σ (sigma) được hình thành qua đó xác định bề dài L của mũi cắt. Mũi cắt chính được mài phía sau cùng một lúc để nó có thể xâm nhập (ăn) vào vật liệu. Từ đó hình thành **bề mặt thoát** (**Hình 3**).



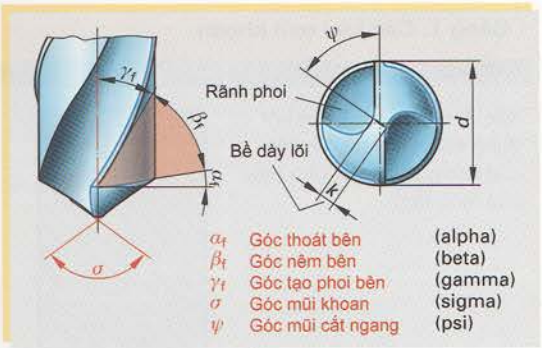
Hình 3: Cấu tạo mũi khoan

https://tieulun.hopto.org

Góc thoát α xác định độ nghiêng của bề mặt thoát, **góc nêm** β giới hạn độ lớn của góc mũi cắt. Đối với dụng cụ nó là góc thoát bên α_1 và góc nêm thoát bên γ_f (**Hình 1**).

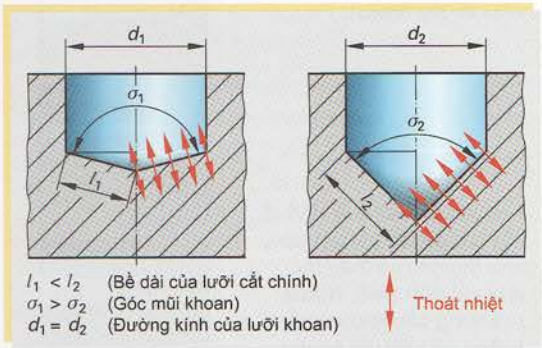
Góc đỉnh khoan (Góc nhọn)

Ở góc đỉnh khoan σ lớn hơn của mũi khoan, góc mũi cắt (nêm cắt) ổn định hơn, bởi vì lưỡi cắt chính ngắn hơn. Nguy cơ gãy mũi khoan giảm. Độ lớn của góc đỉnh khoan tùy thuộc vào độ cứng và độ dẫn nhiệt của vật liệu gia công. Nhiệt phát sinh do lúc tách phoi được truyền trong các phoi và dung dịch làm nguội, nhưng cũng truyền qua chi tiết và lưỡi cắt chính (**Hình 2**).



Hình 1: Góc ở mũi khoan xoắn

Lưỡi cắt chi tiết dài truyền nhiệt tốt hơn. Nguy cơ quá nóng của lưỡi cắt chính giảm.



Hình 2: Thoát nhiệt ở góc đỉnh khoan (góc nhọn) khác nhau

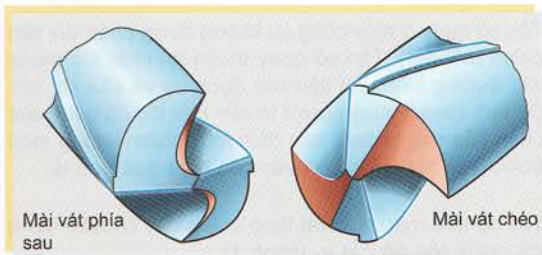
Lưỡi cắt ngang (me cắt ngang) và lực dẫn tiến

Bề mặt thoát tạo với lưỡi cắt chính cho ra lưỡi cắt ngang, chiều dài của nó tùy thuộc vào bề dày lõi của mũi khoan và góc Ψ (psi = 55°) giữa lưỡi cắt ngang và lưỡi cắt chính (**Hình 1**).

Đường kính mũi khoan càng tăng thì chiều dài của lưỡi cắt ngang càng tăng, lực dẫn tiến cần thiết tăng mạnh.

Điều này là do góc tạo phoi của lưỡi cắt ngang âm chỉ sinh ra tác động cạo ở mũi cắt. Kết quả là phải sử dụng khoảng 60% lực dẫn tiến trên đó để mũi cắt thâm nhập vào chi tiết.

Vì thế để **giảm lực dẫn tiến** ở lỗ khoan có đường kính trên 10 mm, người ta khoan mồi trước để mũi cắt ngang không còn tiếp xúc hoặc đỉnh mũi khoan được mài vát đặc biệt **(Hình 3)** để làm nhỏ lưỡi cắt ngang.

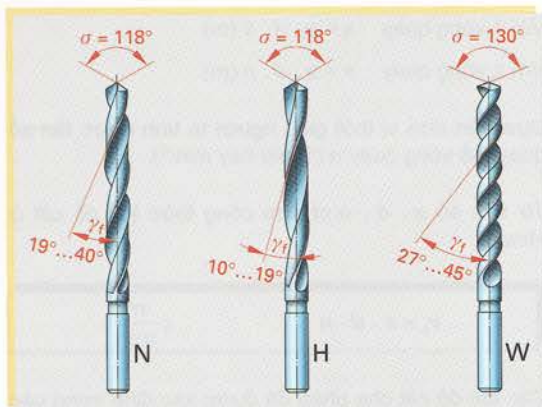


Hình 3: Làm nhỏ lưỡi cắt ngang

Các loại mũi khoan

Thay đổi góc rãnh xoắn và góc tạo phoi γ cũng làm thay đổi góc nêm β. Ở vật liệu mềm cần phải có góc nêm nhỏ (loại W), ở vật liệu cứng thì góc nêm lớn và góc tạo phoi nhỏ (loại H trong **Hình 4**).

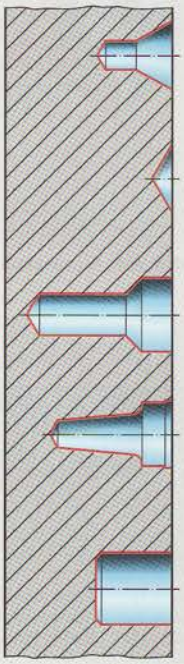
Với sự gia tăng độ cứng của vật liệu khoan, người ta chọn mũi khoan với góc rãnh xoắn nhỏ và nhờ đó góc nêm lớn hơn.



Hình 4: Các loại mũi khoan xoắn, góc nhọn và góc xoắn

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Các loại mũi khoan

Khả năng ứng dụng	Loại mũi khoan		Vật liệu
Xác định tâm lỗ khoan với dung sai vị trí nhỏ, lấy tâm của trung tâm trục, tâm mồi của lệch tâm.		**Mũi khoan tâm** (DIN 333)	HSS
		Mũi khoan lấy dấu cho máy NC	HSS HM
Khoan với bậc khác nhau trong một công đoạn (thí dụ như lã, lấy bavia).		**Mũi khoan có bậc** (DIN 8374)	HSS HM
		Mũi khoan dạng phẳng	HSS HM
Khoan có hiệu quả kinh tế với năng suất cắt gọt cao, tuổi thọ cao và thay thế mũi cắt đơn giản. Ngoài ra không cần khoan mồi vì không có lưỡi cắt ngang.		**Mũi khoan với mảnh cắt trở bề (trở mặt)**	HM

Tốc độ cắt ở khoan

Tần số quay ở máy công cụ không được phép tùy tiện chỉnh (cài đặt). Tần số quay thuận lợi nhất tùy thuộc vào đường kính, vật liệu của dụng cụ và của chi tiết. Để tính tần số quay người ta cần biết tốc độ quay cho phép của mũi khoan, bảo đảm mũi khoan không mòn trước thời hạn và khoan vẫn còn hiệu quả kinh tế.

Tốc độ của mép mũi cắt theo chiều của chuyển động cắt gọi là **tốc độ cắt v_c (Hình 1).**

Hành trình đã thực hiện là:

Với 1 vòng quay $s = \pi \cdot d \cdot 1$ (m)

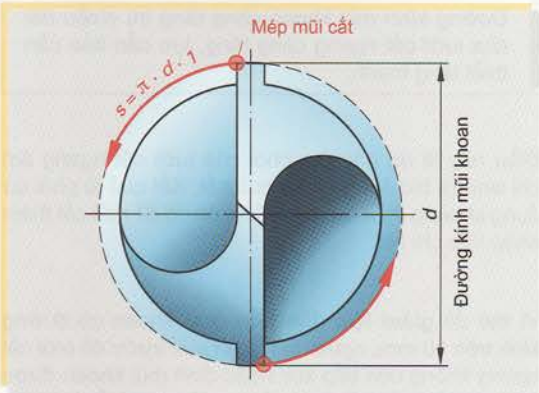
Với n vòng quay $s = \pi \cdot d \cdot n$ (m)

Dựa trên đơn vị thời gian người ta tính được tần số quay (số vòng quay n (1/min hay min^{-1}).

Từ tích số $\pi \cdot d \cdot n$ cho ra công thức tốc độ cắt ở khoan:

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n \qquad \left(\frac{m}{min}\right)$$

Các tốc độ cắt cho phép đã được xác định trong các thí nghiệm cho những vật liệu khác nhau (**Bảng 2**).



Hình 1: Hành trình của mép mũi cắt ở một vòng quay

Bảng 2: Tốc độ cắt và bước dẫn tiến

Vật liệu	Tốc độ cắt v_c (m/min) HSS	HM	Bước dẫn tiến f (mm)
St đến			
R_m = 400 N/mm²	25	80	0,04 ... 0,8
= 600	22	60	
= 800	18	40	0,03 ... 0,6
GG, GT, GS *)	15 ... 25	40 ... 70	0,05 ... 1,0
Thép dụng cụ	5 ... 10	20 ... 30	0,025 ... 0,5
Hợp kim Cu–Zn	30 ... 80	80 ... 125	0,05 ... 1,0
Hợp kim nhôm	35 ... 150	100 ... 200	0,05 ... 1,0

*) Gang xám, gang dẻo, gang đúc

https://tieulun.hopto.org

Nếu **tốc độ cắt cho phép** được lấy ra từ bảng tra cứu, **tần số quay** thuận lợi nhất có thể được tính với công thức tốc độ cắt:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Để xác định tần số quay phù hợp của mũi khoan, người ta luôn cần biết tốc độ cắt cho phép và đường kính mũi khoan.

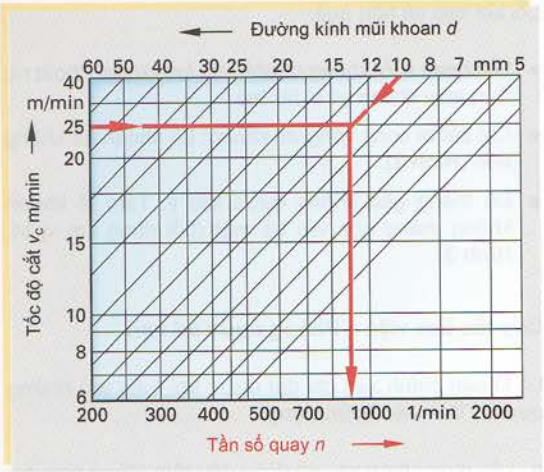
Nếu tần số quay tính được không thể chỉnh bằng hộp số, ta luôn chọn tần số khoan thấp kế tiếp.

Tuy nhiên thông thường người ta xác định tần số quay từ sơ đồ của tốc độ cắt (**Hình 1**).

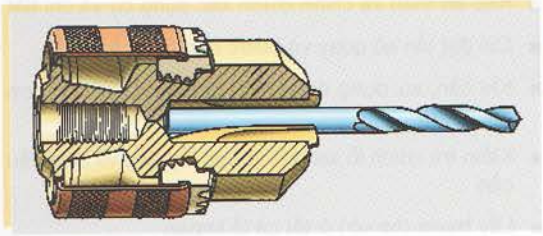
Tần số quay lớn được cài đặt (chỉnh) cho mũi khoan nhỏ.

Tần số quay nhỏ được cài đặt (chỉnh) cho mũi khoan lớn.

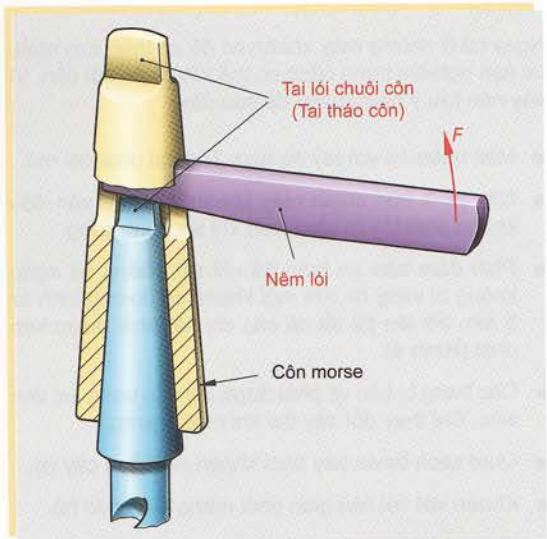
Thí dụ: Chọn bước dẫn tiến cho mũi khoan có đường kính 10 mm. Vật liệu Fe 360 B, cho ra tốc độ cắt v_c = 25 m/min (**Bảng 2, trang 174**) và bước dẫn tiến f = 0,04 mm - 0,8 mm; chọn 0,4 mm. Từ biểu đồ có được vòng quay n = 900 1/min.



Hình 1: Biểu đồ tốc độ cắt



Hình 2: Đầu khoan ba chấu



Hình 3: Mũi khoan với chuôi côn và đuôi côn – Tháo ra bằng cây lói lưỡi khoan

Kẹp dụng cụ

Chuôi kẹp của mũi khoan xoắn với đường kính mũi khoan đến khoảng 10 mm có dạng hình trụ. Với đường kính lớn hơn, dụng cụ với chuôi kẹp hình côn được sử dụng.

Lực truyền xảy ra ở chuôi hình trụ có được do kết nối lực qua đầu kẹp ba chấu hoặc một **đầu kẹp nhanh**. Lỗ khoan chính xác đạt được khi chuôi mũi khoan nằm sát trong cùng của đầu kẹp và được siết chặt đồng tâm (**Hình 2**).

Mũi khoan có chuôi hình côn truyền momen quay với kết nối bằng lực. **Côn lót giảm dần** với các trục côn morse 2-6 (nghĩa là góc côn tiêu chuẩn) phù hợp với mũi khoan tương ứng của trục máy khoan. Khi kẹp với trục côn phải chú ý để chuôi côn không bị kẹt và không có phoi giữa đuôi và mũi khoan (**Hình 3**). Có thể kẹp mũi khoan và trục côn morse trên máy công cụ với côn dốc bằng cách sử dụng đuôi trung gian.

Kẹp chi tiết

Với đường kính lỗ khoan từ 8 mm trở lên, chi tiết phải được bảo vệ không bị xé văng ra. Việc này xảy ra ở chi tiết nhỏ hơn với **êtô máy**. Nếu cần thiết nó được kẹp chặt trên bàn máy khoan (**Hình 1, trang 184**).

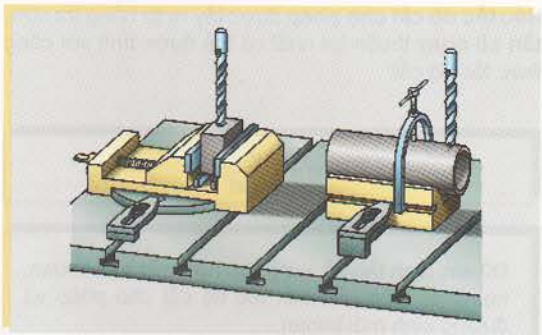
https://tieulun.hopto.org

Với chi tiết lớn, cần sử dụng **đai kẹp**, **bulông kẹp** và **đế kẹp** bắt trực tiếp vào bàn máy khoan.

Với chi tiết tròn, đặt lên một **khối lăng trụ có rãnh hình V** và siết với một vòng kẹp (**Hình 1**).

Lỗi khi kẹp và hậu quả:

- Lỗ khoan suốt không có chỗ cho lưỡi khoan thoát ra: Bàn máy khoan sẽ bị hư hại.
- Chi tiết bị cong võng do khoan: Lỗ khoan sẽ không tròn (**Hình 2**).
- Độ thẳng góc không được lưu ý: Tâm lỗ khoan không thẳng góc với bề mặt (Lỗi dung sai vị trí, **Hình 3**).

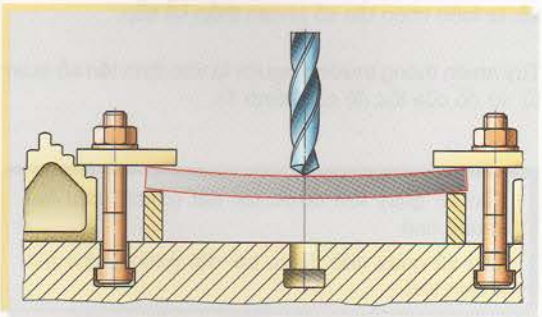


Hình 1: Khoan trong êtô máy (bàn kẹp) và với khối lăng trụ có rãnh V

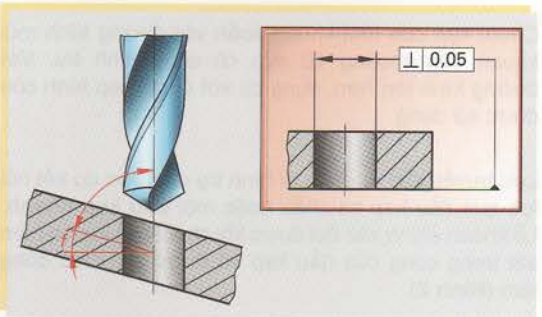
Quy tắc làm việc – Phòng ngừa tai nạn

Lỗ khoan chính xác chỉ đạt được khi tuân thủ những quy tắc làm việc quan trọng:

- Lấy mực chính xác và đóng dấu tâm (đóng poin-tu)
- Chọn đúng mũi khoan (N, H hoặc W)
- Kẹp an toàn và chỉnh chính xác dụng cụ và chi tiết
- Cài đặt tần số quay và bước dẫn tiến cần thiết
- Khi cần, sử dụng dung dịch làm nguội và bôi trơn thích hợp
- Kiểm tra chích lỗ sau khi khoan lấy dấu và sửa nếu cần
- Lấy bavia (ba vớ) ở tất cả lỗ khoan



Hình 2: Lỗi kẹp – Cong võng

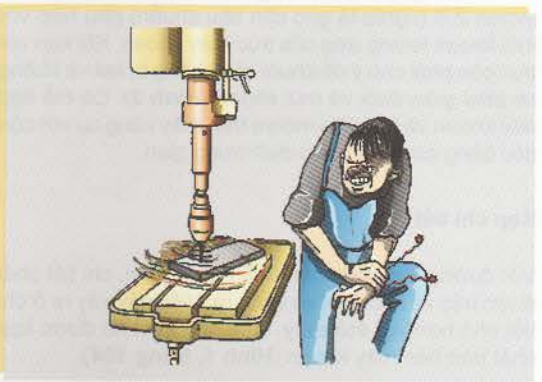


Hình 3: Lỗi dung sai vị trí

Phòng ngừa tai nạn

Ngay cả ở những máy khoan có độ an toàn cao nhất, tai nạn nghiêm trọng cũng có thể xảy ra do bất cẩn. Vì vậy nên lưu ý những vấn đề sau đây:

- Mặc quần áo với tay áo hẹp. Tóc dài phải đội mũ.
- Cây lói ở trục chính máy khoan và khóa vặn đầu khoan phải lấy ra ngay sau khi sử dụng xong.
- Phải đảm bảo an toàn để chi tiết phẳng và ngắn không bị văng ra. Khi mũi khoan có đường kính từ 8 mm trở lên thì tất cả các chi tiết phải được kẹp chặt (**Hình 4**).
- Các trang bị bảo vệ phải được lắp vào trong lúc làm việc. Chỉ thay đổi dây đai khi máy ngừng.
- Quét sạch bavia (lấy phoi khoan ra) bằng cây cọ.
- Khoan với vật liệu giòn phải mang kính bảo hộ.
- Khi có sự cố ở các trang thiết bị điện phải báo ngay (không tự ý sửa chữa)!



Hình 4: Phòng ngừa tai nạn lúc khoan

https://tieulun.hopto.org

7.5.7 Khoét (Lã, khoét miệng, khoét loe)

Khoét là phương pháp khoan đặc biệt được phát triển cho việc lấy bavia, lã định hình (hình côn hay hình trụ) và làm phẳng (khoét vào trong, khoét mặt đầu và khoét mặt, khoét loe miệng).

Khoét tương đương với một quá trình khoan để tạo ra bề mặt trụ hay côn theo chiều của trục lỗ khoan (**Hình 2 và 5**) và từ mặt phẳng thẳng góc với trục lỗ khoan (**Hình 3**) với các dụng cụ thích hợp.

Phân loại và ứng dụng phương pháp khoét (lã)

Các chi tiết được trình bày trong thí dụ được gia công sau khi đã khoan lỗ trước với những dao khoét khác nhau (**Hình 1 đến 5**). Dụng cụ được làm từ thép gió HSS hay hợp kim cứng.

Khoét phẳng (Lã phẳng)

Với lưỡi lã bằng (mũi khoét phẳng) chi tiết được lã bề mặt phẳng (**Hình 3**). Nó được dùng phần lớn là để tạo bề mặt tựa cho bulông và tán trong trường hợp bề mặt chưa xử lý ở trạng thái thô.

Có lưỡi lã phẳng với chuôi dẫn hướng và không có chuôi dẫn hướng.

Khoan khoét (khoan lớn ra)

Một lỗ khoan có trước được khoan mở rộng với một lưỡi khoét xoắn (lưỡi quẹt, ba hoặc nhiều mũi cắt) (**Hình 2**). Qua đó độ chính xác về kích thước và hình dạng cũng như độ bóng bề mặt của lỗ khoan được nâng cao.

Lã phẳng sâu (khỏa mặt tạo ra vai vuông góc với đường tâm lỗ)

Lã sâu hình trụ được thực hiện với lưỡi lã phẳng (lưỡi lã chốt) (**Hình 4**). Có 2 loại lã phẳng với chốt dẫn hướng cố định và chốt dẫn hướng thay đổi được.

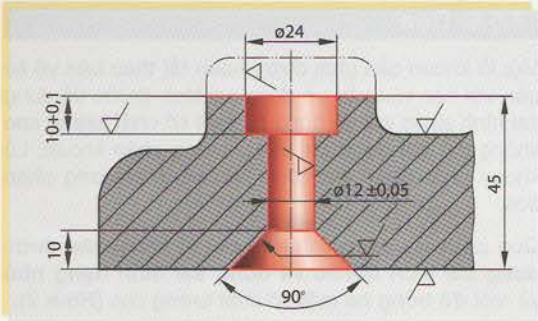
Khoét (lã) định hình

Lưỡi khoét côn gia công hoàn tất lã định hình dạng côn (**Hình 5**). Góc lã cho đỉnh tán là 75°, 60° hoặc 45°, cho vít đầu lã là 90° và 120° và để lấy bavia với 60°. Tùy theo mỗi loại thiết kế, lưỡi lã côn có thể có một, hai hay nhiều mũi cắt.

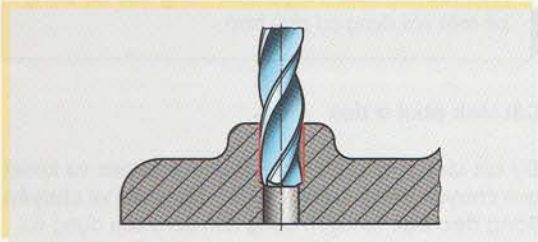
Việc gia công lã có thể thực hiện được trên tất cả máy khoan, máy phay và máy tiện.

Quy tắc làm việc

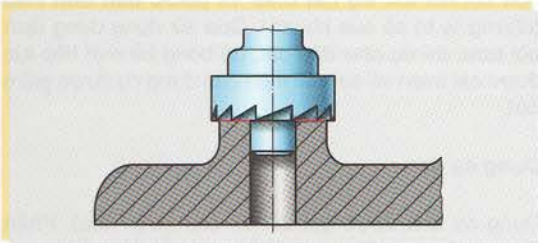
- Chỉnh tần số quay nhỏ (tốc độ cắt v_c = 0,2 . v_c của mũi khoan đến 0,5 . v_c của mũi khoan), ở lưỡi lã xoắn thì $v_c = v_c$ của mũi khoan.
- Phải kẹp lưỡi lã với chuôi trụ đến đáy của mâm kẹp.
- Sử dụng dung dịch làm nguội giống như ở khoan, tuy nhiên chỉ làm nguội ở khoan khoét lớn và lã mặt đầu.
- Bước dẫn tiến được chọn lớn hơn đối với khoan (đặc biệt ở khoan khoét mở rộng).



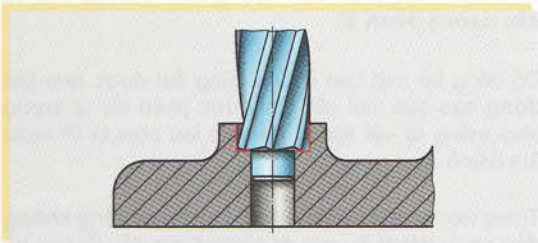
Hình 1: Gia công chi tiết bằng gang qua khoan và lã



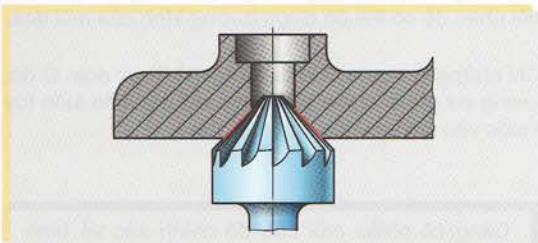
Hình 2: Khoét mở rộng với mũi khoan xoắn



Hình 3: Lã phẳng với lưỡi lã phẳng (tạo bề mặt vuông góc với tâm lỗ)



Hình 4: Lã phẳng sâu với lưỡi lã phẳng (Khỏa mặt tạo ra vai vuông góc với đường tâm lỗ)



Hình 5: Lã định hình với lưỡi lã côn

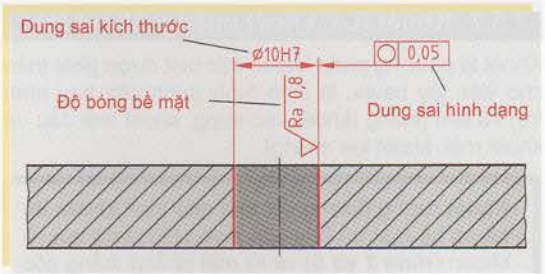
https://tieulun.hopto.org

7.5.8 Doa

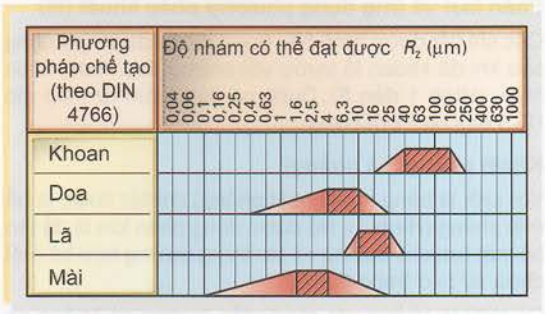
Một lỗ khoan cần phải được hoàn tất theo bản vẽ kế bên với các yêu cầu về dung sai kích thước và dung sai hình dạng với độ bóng bề mặt có chất lượng cao không thể đạt được chỉ với phương pháp khoan. Lỗ khoan phải được gia công tinh bằng phương pháp doa.

Qua cách gia công tinh này các lỗ khoan đạt được **dung sai kích thước và dung sai hình dạng nhỏ** và một **độ bóng bề mặt** có chất lượng cao **(Hình 2).**

Doa tương ứng một quá trình khoan với bề dày phoi rất nhỏ nhằm mục đích nâng cao độ bóng bề mặt với dụng cụ phù hợp.



Hình 1: Lỗ được doa



Hình 2: So sánh độ nhám (độ nhấp nhô) có thể đạt được

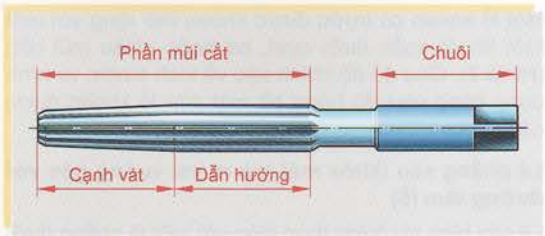
Cắt tách phoi ở doa

Sự cắt tách phoi ở doa xảy ra như ở khoan và khoét qua **chuyển động quay** (chuyển động cắt) và **chuyển động dọc trục** (chuyển động dẫn tiến) của dụng cụ.

Việc tạo ra độ bóng bề mặt cao bằng phương pháp doa đòi hỏi **tốc độ cắt thấp** và **bước dẫn tiến nhỏ** (chừng ¼ trị số của khoan). Qua sử dụng dung dịch bôi trơn, thí dụ như dầu cắt, độ bóng bề mặt tiếp tục được cải thiện và sự mài mòn của dụng cụ được giảm bớt.

Dụng cụ doa

Dụng cụ doa được gọi là mũi doa (lưỡi doa). Phần tách phoi của mũi doa là phần mũi cắt. Nó gồm cạnh vát (mép vát) và phần dẫn hướng. Việc lấy phoi xảy ra chỉ ở cạnh vát, phần dẫn hướng làm nhẵn bề mặt và dẫn hướng (**Hình 3**).



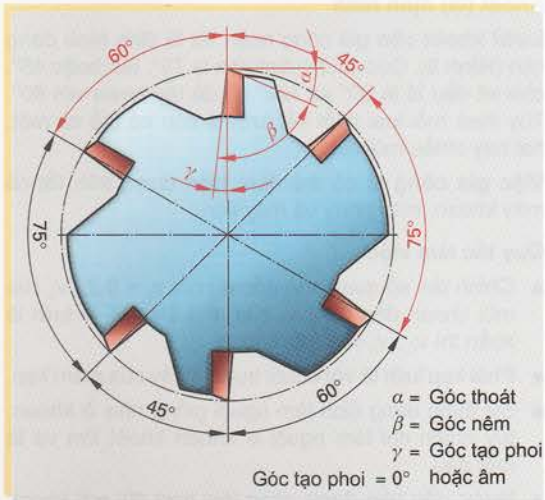
Hình 3: Kết cấu một mũi doa (lưỡi doa) tay

Độ bóng bề mặt cao ở doa cũng đạt được qua **tác động cạo** của mũi cắt. Chỉ được phép lấy ra lượng phoi mỏng từ vật liệu vì thế góc tạo phoi là 0° hoặc âm (**Hình 4**).

Trong việc bố trí mũi cắt ở chu vi thì **bước răng không đều nhau** (**Hình 4**), qua đó tránh được dấu lỗi trên bề mặt chi tiết vì máy rung (mũi cắt tiếp theo không tiếp xúc cùng vị trí). Dầu vậy cứ hai mũi cắt một được bố trí đối nhau để có thể đo được đường kính của mũi doa.

Chỉ những lỗ khoan trước mới có thể được doa. Ở đó, lượng dư gia công và số lượng mũi cắt luôn luôn tùy thuộc vào đường kính của mũi doa.

Càng có nhiều mũi cắt, độ chính xác về hình dạng càng cao.

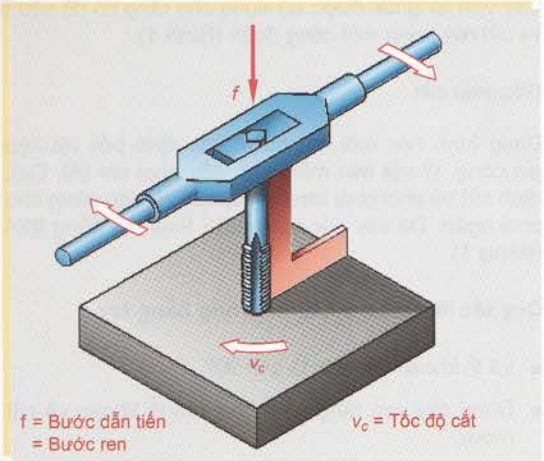


Hình 4: Bước chia và góc ở mũi doa

https://tieulun.hopto.org

7.5.9 Cắt ren

Người ta cần và gia công ren cho các chức năng khác nhau. Ren có tác dụng kết nối các chi tiết thí dụ ở bulông (ren ngoài) và đai ốc (tán) (ren trong, **Hình 1**) hoặc tạo chuyển động cho các chi tiết máy với nhau thí dụ ở trục chính (phần lớn là răng hình thang).



Hình 1: Cắt ren bằng tay

Những thông số sau đây biểu thị cho những đặc tính của ren:

- Profin ren (ren nhọn, ren hình thang...)
- Bước ren
- Số dây ren (một hay nhiều dây)
- Chiều ren (ren phải / trái)

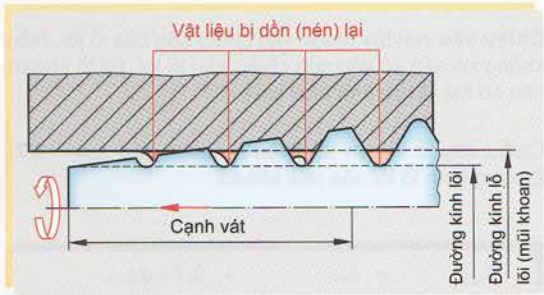
Ngoài ra còn những tiêu chí khác hữu dụng để phân loại ren cho việc lựa chọn như **vị trí** của ren (ren ngoài hoặc trong) và **ứng dụng** cụ thể của ren như ren cố định (siết cứng) hay chuyển động.

Trong việc gia công ren hầu như không thể có cái nhìn rõ ràng về số lượng các phương pháp chế tạo có phoi và không có phoi.

Trong chế tạo ren có phoi (cắt ren), mối ren trên bulông hay ở trong lỗ khoan được hoàn tất với dụng cụ có một hay nhiều mũi cắt.

Cắt ren (ven răng) trong bằng tay

Chuyển động cắt gọt bao gồm một chuyển động quay của tarô (cây ven răng) (chuyển động chính) và **chuyển động dọc** đi vào trong lỗ khoan (chuyển động dẫn tiến). Phần vạt côn của dụng cụ và độ dốc của bước ren tác động vào chiều sâu dần dần cho đến khi profin ren hoàn tất (**Hình 2**).



Hình 2: Quá trình cắt gọt ở cắt ren trong

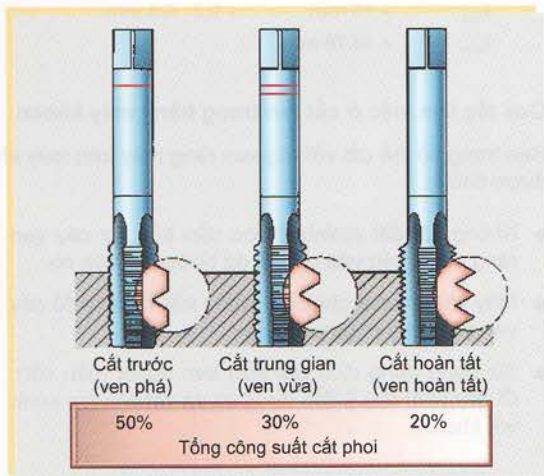
Khi cắt ren trong, phần lớn vật liệu được cắt bằng tarô thường là gia công có phoi. Phần còn lại của vật liệu được đẩy ép vào (không phoi) và nén lại (**Hình 2**). Vì vậy đường kính **lõi mũi khoan** phải luôn lớn hơn một ít (0,2 - 0,4 mm) đối với đường kính lõi của ren.

Vật liệu càng dẻo (thí dụ: Al, Cu), các lỗ lõi càng phải lớn hơn.

Cây ven răng (tarô)

Bộ ven răng (3 hoặc 2 cây cho ren nhuyễn), **tarô đai ốc** (cây ven răng cái) và **cây ven răng máy** là những loại cây ven răng thường dùng nhất cho việc chế tạo ren. Phần lớn chúng bằng thép gió HSS hoặc bằng kim loại cứng (hợp kim cứng).

Chuyển động cắt ở bộ ven răng và bàn ren (khuôn cắt ren) được thực hiện bằng tay. Bộ ven răng cắt dạng răng trong hai hoặc ba công đoạn (**Hình 3**).



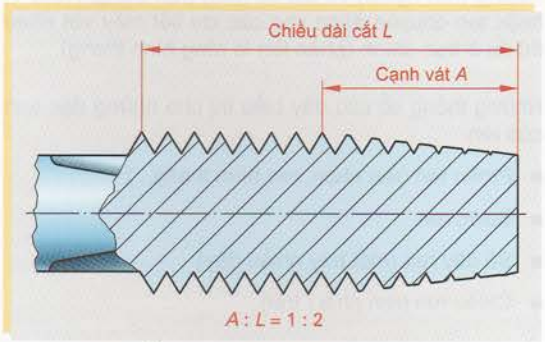
Hình 3: Bộ ven răng

https://tieulun.hopto.org

Cây ven răng cái được sử dụng cho răng có độ sâu thấp (đến 1,5 đường kính răng). Nó có phần cạnh vát dài và cắt ren trong một công đoạn (**Hình 1**).

Góc mũi cắt

Dạng hình học mũi cắt được xác định bởi vật liệu gia công. Ở vật liệu mềm cho dây phoi dài (Al, Cu), rãnh cắt bẻ phoi phải lớn hơn so với vật liệu cứng cho phoi ngắn. Do vậy góc tạo phoi γ thay đổi đồng thời (**Bảng 1**).



Hình 1: Tarô đai ốc (cây ven răng cái)

Bảng 1: Góc ở cây ven răng

Vật liệu	Fe 360 B ... Fe 690	GG	Al
γ = Góc tạo phoi	10° ... 12°	4° ... 6°	16° ... 22°

Quy tắc làm việc ở cắt ren trong bằng tay

- Lã lỗ khoan với lưỡi lã côn 90°.
- Dùng cây ven răng số 1 cho vào lỗ khoan và cắt mớm.
- Kiểm tra độ thẳng góc với chi tiết.
- Đè đều hai tay cây ven răng và quay với tay quay.
- Sử dụng đủ dung dịch bôi trơn và làm nguội.
- Nếu hơi cứng thì vặn ngược ngắn cây ven răng để cho phoi gãy.
- Chú ý đến thứ tự của bộ ven răng.
- Ngừa phoi đọng ở các lỗ cụt (lỗ có đáy) và thận trọng khi quay tới đáy lỗ.

Chiều sâu ren tùy thuộc vào chiều sâu của lỗ lõi. Nếu không có sẵn số liệu của chiều sâu lỗ lõi, thì lỗ khoan sâu có thể được tính như sau:

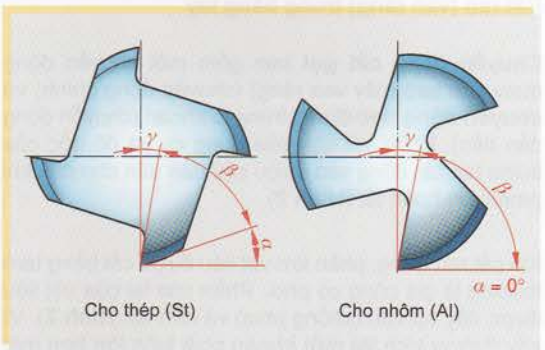
Chiều sâu lỗ khoan tối thiểu = Chiều sâu ren + 0,7. Đường kính lỗ lõi của mũi khoan

$$l_{min} = l_{ren} + 0{,}7 \cdot d_{\text{lỗ lõi}}$$

Thí dụ:

l_{min} = 15 mm + 0,7 · 6,8 mm

l_{min} = **19,76 mm**



Hình 2: Góc ở cây ven răng

Quy tắc làm việc ở cắt ren trong bằng máy khoan

Ren trong có thể cắt với cây ven răng máy trên máy khoan. Qua đó, những **nguyên tắc làm việc** sau đây phải được chú ý:

- Không cài đặt (chỉnh) bước dẫn tiến, tự cây ven răng được kéo vào chi tiết do bước ren của nó.
- Máy khoan phải chạy hai chiều trái và phải để cây ven răng chạy ngược trở lại.
- Sử dụng dung dịch bôi trơn làm nguội (dầu cắt). Ở đây phải chú ý đến dụng cụ và vật liệu (so sánh với khoan).
- Lực cắt phải có thể chỉnh được để ngăn ngừa cây ven răng bị gãy. Với một thiết bị cắt ren gắn vào trục chính của máy khoan, lực cắt được chỉnh và tự vận hành việc chạy ngược (lưu ý các lỗ đáy).
- Chú ý đến tốc độ cắt đúng (Trị số chuẩn St ≈ 12 m/min, GG ≈ 8 m/min)
- Chọn đúng cây ven răng.

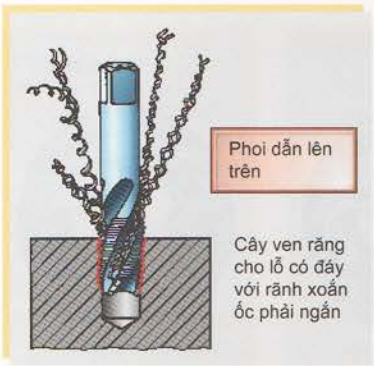
https://tieulun.hopto.org

Cây ven răng máy

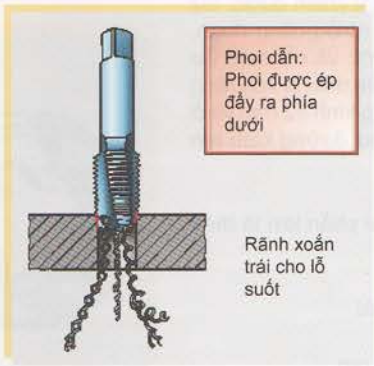
Cây ven răng máy được phân biệt qua rãnh phoi xoắn trái và rãnh phoi xoắn phải (**Hình 1 và 2**). **Cây ven răng xoắn trái** dẫn phoi xuống (thích hợp cho lỗ khoan suốt). **Cây ven răng xoắn phải** kéo phoi lên khỏi lỗ khoan (thích hợp cho lỗ có đáy).

Chiều dài ren tối đa là 1 x đường kính ren có thể được gia công hiệu quả với một **cây ven răng máy kết hợp (Hình 3)**.

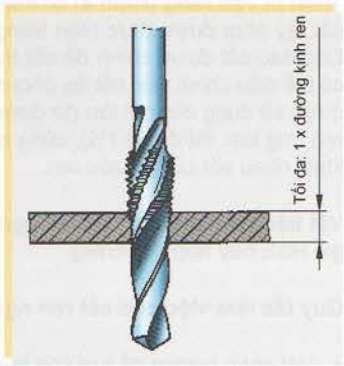
Tất cả các cây ven răng máy có một **cạnh vát ngắn** và phần lớn cắt ren trong một công đoạn.



Hình 1: Cây ven răng máy với xoắn ốc phải

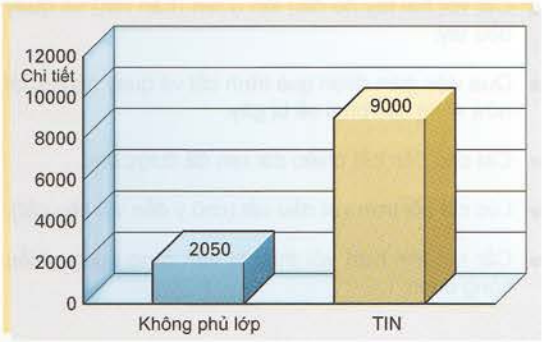


Hình 2: Cây ven răng máy với xoắn ốc trái



Hình 3: Cây ven răng máy kết hợp

Trong một thời gian dài việc chế tạo ren là phương pháp tốn rất nhiều thời gian và đắt tiền, nhưng với những phát triển mới nhất trong lĩnh vực của cây ven răng thì những vấn đề như vậy không còn nữa. Cây ven răng phủ lớp, một phần trong số đó được trang bị làm nguội bên trong, cho phép tốc độ cắt tương đối cao (đến khoảng 50 m/phút) đồng thời tuổi thọ cao (**Hình 4**). Chất phủ lớp gồm Titan-Nitrid (TiN) như ở mũi khoan xoắn, các tính chất rất tốt của nó trong phạm vi ứng dụng nhất định còn được cải thiện hơn qua chất bổ sung (TiCN, TiAlN).



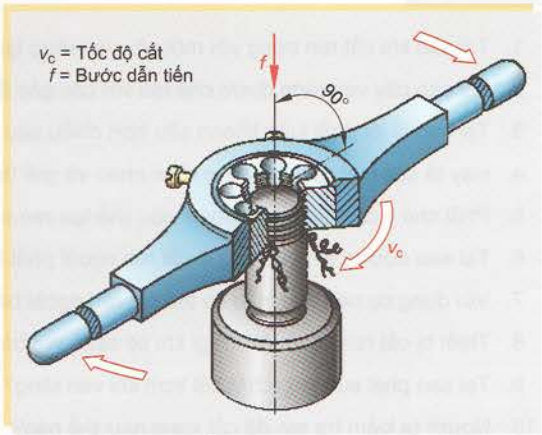
Hình 4: So sánh tuổi thọ

Cắt ren ngoài bằng tay

Để cắt ren ngoài bằng tay người ta sử dụng bàn ren và ụ ren (**Hình 5**).

Như trong cắt ren, việc vật liệu bị nén cũng xảy ra qua việc tách phoi với bàn ren sau khi phần lớn tiết diện ren được cắt, do vậy đường kính của bulông phải nhỏ hơn một ít so với đường kính ren cần cắt (0,1 - 0,3 mm). Ngoài ra bulông phải được vạt (lã) để có thể đặt thẳng với gờ của bàn ren (**Hình 1, trang 190**).

Vật liệu càng bị chồn (chảy) mạnh, đường kính bulông càng phải nhỏ hơn trong tỷ lệ đối với đường kính lõi.

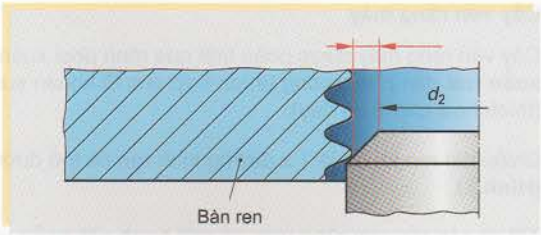


Hình 5: Cắt ren ngoài bằng tay

https://tieulun.hopto.org

Dụng cụ để cắt ren ngoài

Ở **bàn ren** (**Hình 2**) ren được cắt hoàn toàn trong một công đoạn. Loại thiết kế với rãnh cắt (khe xẻ) (**Hình 3**) có thể được điều chỉnh tâm. Qua đó người ta có thể tác động gây ảnh hưởng vào đường kính ren trong giới hạn hẹp. Các bàn ren chỉ được sử dụng cho đường kính ren đến 16 mm, vì phải có công suất lớn để thực hiện việc cắt tách phoi.



Hình 1: Đường kính cạnh vát ở bulông

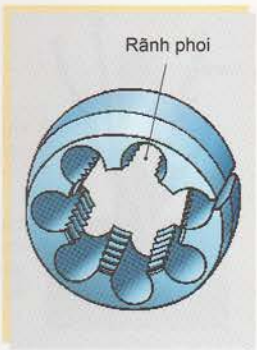
Thiết bị ven răng (**Hình 4**) có má cắt chỉnh được. Sự cắt lấy phoi được thực hiện trong nhiều công đoạn. Các dao cắt được chỉnh để cắt trước và cắt sau. Do có thể điều chỉnh việc cắt lấy phoi nên thiết bị ven răng được sử dụng cho ren lớn (từ đường kính 12 mm và ở ren ống lớn, thí dụ: R 1¼), cũng như đường kính ren khác nhau với cùng bước ren.

Vật liệu dao cắt cho bàn ren ngoài phần lớn là thép gió HSS hay hợp kim cứng.

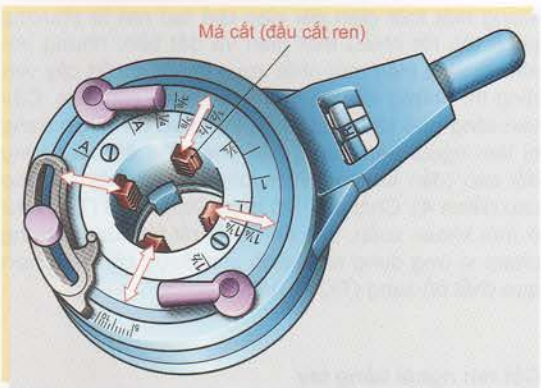
Quy tắc làm việc cho cắt ren ngoài

- Vát cạnh bulông để tựa vào bàn ren.
- Bàn ren đặt thẳng góc với trục chi tiết.
- Cắt với hai tay đè đều lên ụ ren (bàn ren) và quay đều tay.
- Qua việc gián đoạn quá trình cắt và quay ngược lại nửa vòng các phoi sẽ bị gãy.
- Cắt cho đến hết chiều dài ren đã được cho.
- Lúc cắt bôi trơn với dầu cắt (chú ý đến vật liệu cắt).
- Cắt ren lớn hơn với thiết bị ven răng trong nhiều công đoạn.

Hình 2: Bàn ren kín (Khuôn cắt ren nguyên khối)



Hình 3: Bàn ren chẻ (hở) (Khuôn cắt ren điều chỉnh được)



Hình 4: Bộ bàn ren tháo và điều chỉnh được

Bài tập:

1. Tại sao khi cắt ren trong với một cây ven răng lại xảy ra biến dạng nhỏ ngoài sự cắt phoi?
2. Tại sao cây ven răng được chế tạo với các góc lấy phoi khác nhau?
3. Tại sao lỗ lõi phải luôn khoan sâu hơn chiều sâu ren có thể sử dụng được?
4. Hãy tả các loại cây ven răng khác nhau và giải thích phạm vi sử dụng?
5. Phải chú ý các điểm nào trong việc chế tạo ren trong bằng tay?
6. Tại sao đường kính bulông ở cắt ren ngoài phải luôn nhỏ hơn đường kính ren?
7. Với dụng cụ nào người ta có thể cắt ren ngoài bằng tay?
8. Thiết bị cắt ren có thuận lợi gì khi so sánh với bàn ren?
9. Tại sao phải sử dụng chất bôi trơn khi ven răng?
10. Người ta kiểm tra ren đã cắt xong như thế nào?

https://tieulun.hopto.org

7.5.10 Tiện

Qua tiện người ta có thể chế tạo trục, bulông, đĩa, trục chính, ống lót và kể cả ren. Chi tiết được chế tạo có tiết diện tròn hoặc hình vành khăn. Chúng có dạng trụ, côn hoặc cầu (**Hình 1**).

Hình 1: Các chi tiết được chế tạo bằng phương pháp tiện

Quá trình tiện – Phương pháp tiện

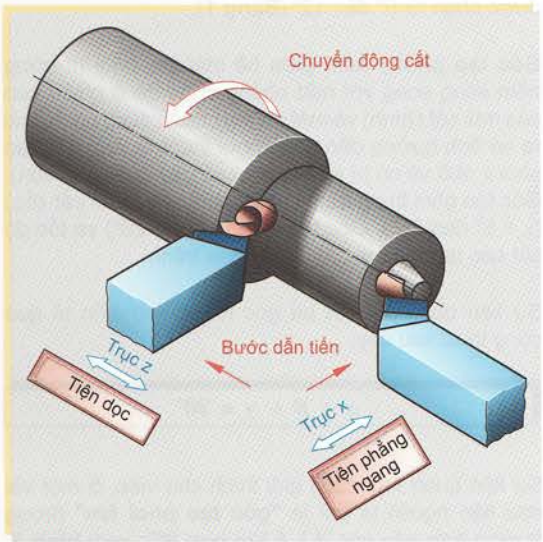
Tiện là cắt có phoi với chuyển động cắt tròn (dạng tròn) và chuyển động dẫn tiến nằm ngang với chiều cắt.

Qua đó **chuyển động cắt (chuyển động chính)** từ chi tiết và **chuyển động dẫn tiến** từ dụng cụ được thực hiện (**Hình 2**).

Theo chiều dẫn tiến của dụng cụ, của dao tiện, dựa vào trục chi tiết người ta phân biệt **tiện dọc và tiện ngang**, còn dựa vào vị trí gia công người ta phân biệt **tiện trong và tiện ngoài (Hình 3)**.

Tiện dài (tiện tròn theo chiều dài (dọc trục)) xảy ra ở chiều của trục chi tiết. Chuyển động chỉnh (vào vị trí tiện) đi theo chiều của tâm chi tiết (trục x), bước dẫn tiến đi theo chiều trục z (**Hình 2**).

Tiện phẳng theo chiều ngang (tiện vạt mặt, tiện mặt đầu) được gia công ngang với trục chi tiết bằng bước dẫn tiến ngang. Việc chỉnh xảy ra theo chiều trục z, bước dẫn tiến theo chiều trục x (**Hình 2**).

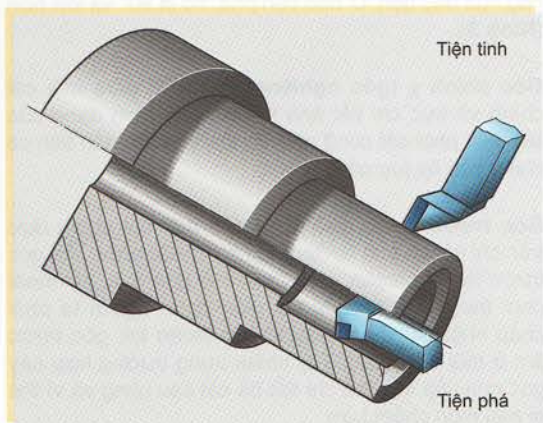


Hình 2: Tiện dọc và tiện phẳng ngang (tiện vạt mặt)

Các chuyển động gia công tương tự như ở **tiện vạt mặt** cũng được thực hiện ở tiện chích rãnh (tiện rãnh dạng vòng) và ở tiện cắt đứt (tách rời chi tiết).

Các phương pháp tiện tiếp theo là **tiện định hình** (thí dụ như tiện côn), **tiện ren** (của ốc vít) và **tiện chép hình**.

Theo việc loại bỏ phoi và độ bóng bề mặt người ta phân biệt **tiện phá**, trong đó với bước dẫn tiến lớn nhất và tốc độ cắt cao rất nhiều vật liệu bị loại bỏ (mục đích: dạt gần hình dạng chi tiết một cách nhanh chóng) và **tiện tinh**. Ở tiện tinh với tần số quay cao và bước dẫn tiến nhỏ, chỉ cắt gọt một lượng vật liệu nhỏ (mục đích: chế tạo với kích thước chính xác của hình dáng chi tiết). Thể tích lớn của phoi lấy ra ở tiện phá sẽ cho ra một bề mặt tương đối thô, trong khi tiện tinh cho ra bề mặt nhẵn hơn nhiều.



Hình 3: Tiện trong và tiện ngoài

https://tieulun.hopto.org

Dụng cụ tiện

Ở phương pháp tiện, một **dụng cụ một lưỡi cắt** với **dạng hình học nhất định** được sử dụng, đó là **lưỡi tiện (dao tiện).**

Mũi cắt của dao tiện tương ứng với đầu nhọn của nêm (đỉnh nêm). **Góc nêm** β được cấu tạo từ **mặt thoát chính và mặt tạo phoi** (mặt trước) (**Hình 1 và 2**). Độ lớn của nó tùy thuộc vào vật liệu gia công và yêu cầu của độ bóng bề mặt (**Bảng 1**).

> Góc nêm nhỏ giúp mũi cắt ăn vào vật liệu dễ dàng, nhưng ít ổn định hơn và tiềm ẩn nguy cơ bị gãy.

Góc thoát α làm giảm ma sát giữa vật liệu và chi tiết, được chọn từ 5° đến 12° (**Bảng 1**).

Góc tạo phoi γ nằm giữa bề mặt tạo phoi (thường nằm song song với mặt phẳng chân đế ở chiều cao của mũi cắt chính) và mặt phẳng chuẩn dụng cụ. Ngoài ra nó ảnh hưởng đến dòng phoi thoát ra. Với góc tạo phoi γ nhỏ và có trị số âm phoi sẽ gãy đứt (phoi vụn). Góc tạo phoi trung bình cho ra phoi xếp (phoi cắt xếp) (γ = 5° đến 25°). Góc tạo phoi lớn (γ > 25°) và tốc độ cắt cao tạo ra phoi dây do đó nên tránh.

Sự liên quan đối với ba góc này được diễn tả qua công thức sau đây:

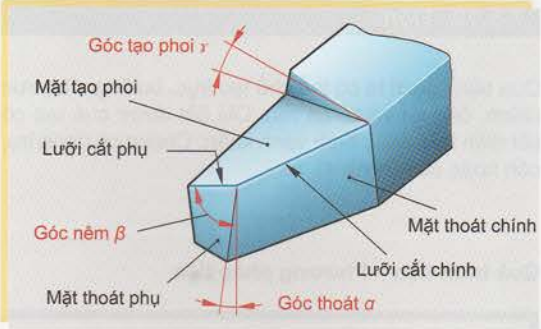
$$\alpha + \beta + \gamma = 90°$$

Sự liên quan này cũng giải thích cho việc, ở một vài dao tiện người ta gọi là **"góc tạo phoi âm"** (trong trường hợp này góc $\alpha + \beta$ lớn hơn 90°; xem **hình 3, trang 173**).

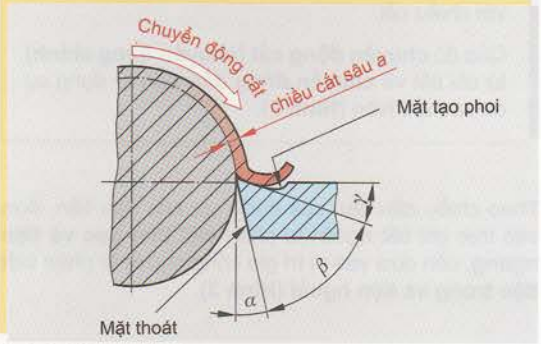
Góc mũi ε hình thành giữa lưỡi cắt chính và lưỡi cắt phụ của dao tiện. Ở dao tiện phá, nó là 90° và lớn hơn (**Hình 3**).

Góc chỉnh χ **(góc nghiêng) (Hình 3)** giữa mũi cắt chính và trục chi tiết ảnh hưởng đến hình dạng của tiết diện phoi cắt cũng như độ lớn của lực dẫn tiến và chiều của áp lực cắt.

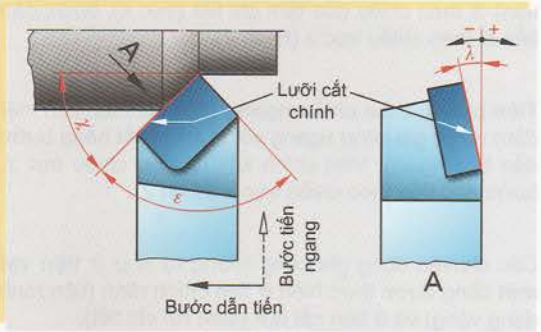
Góc trước λ xác định vị trí của mũi cắt chính dựa trên chi tiết và ảnh hưởng đến **sự thoát phoi**. Với góc trước dương, cạnh vạt bắt đầu ở góc mũi, sự thoát phoi thuận lợi. Ở việc cắt gián đoạn người ta phải chấp nhận sự thoát phoi không thuận lợi, góc trước âm ở mũi cắt chính. Tuy nhiên trong trường hợp này góc mũi tiếp xúc với chi tiết để cắt sau cùng và vì thế bị mài mòn chậm hơn.



Hình 1: Góc và các mặt ở dao tiện (lưỡi tiện)



Hình 2: Cắt phoi ở tiện



Hình 3: Góc chỉnh ở lưỡi cắt dao tiện

Bảng 1: Trị số chuẩn cho góc tạo phoi và góc thoát ở dao tiện

Vật liệu	Góc thoát α	Góc tạo phoi γ	Vật liệu cắt
St đến R_m = 500 N/mm²	6° ... 8°	12° ... 14°	HSS
	5° ... 8°	10° ... 15°	HM
St đến R_m = 900 N/mm²	6° ... 8°	8° ... 10°	HSS
	5° ... 8°	6° ... 10°	HM
GG	6° ... 8°	0°	HSS
	5° ... 8°	0° ... 5°	HM
Hợp kim Cu-Zn	6° ... 8°	0°	HSS
	5° ... 8°	0° ... 10°	HM
Chất dẻo	10° ... 12°	8° ... 12°	HSS
	8° ... 10°	10° ... 12°	HM

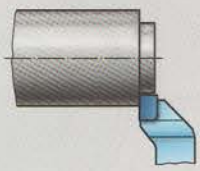
https://tieulun.hopto.org

Tổng quan: Các loại dao tiện

Dao tiện bên dạng cong

ISO 6 DIN 498

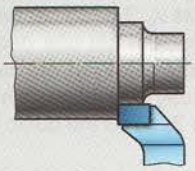
Sử dụng cho gia công tinh ở tiện dọc và tiện ngang



Dao tiện mặt đầu dạng cong

ISO 5 DIN 4977

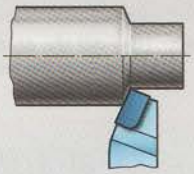
Dùng để cắt lấy phoi thô ở mặt đầu (tiện ngang)



Dao tiện thẳng

ISO 1 DIN 4971

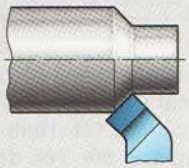
Thích hợp cho gia công thô ở tiện dọc



Dao tiện cong

ISO 2 DIN 4972

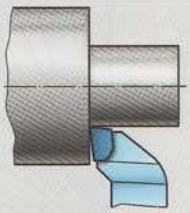
Sử dụng cho gia công phá thô ở tiện dọc và tiện ngang



Dao tiện góc dạng cong

ISO 3 DIN 4978

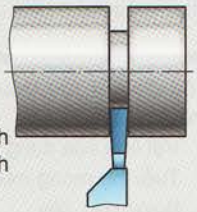
Sử dụng cho gia công tinh từ trong ra ngoài, ở tiện tròn dọc trục và tiện góc.



Dao tiện chích (dao tiện rãnh)

ISO 7 DIN 4981

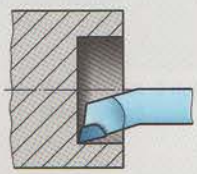
Sử dụng làm dao tiện chích rãnh ở chu vi, dạo tiện chích cắt đứt chi tiết.



Dao tiện góc trong

ISO 9 DIN 4974

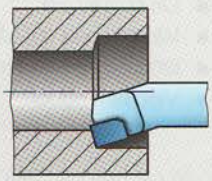
Sử dụng cho tiện lỗ và tiện tinh các lỗ có gờ (lỗ bậc) (mặt phẳng và mặt bên)



Dao tiện trong

ISO 8 DIN 4973

Sử dụng để tiện móc lỗ (tiện thô và tiện tinh)

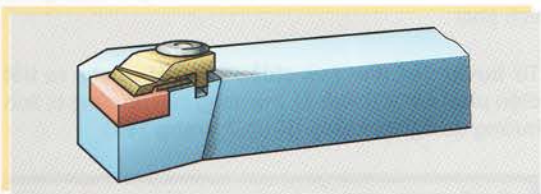


Chất liệu cắt ở lưỡi tiện

Chất liệu lưỡi cắt được sử dụng ở tiện là thép gió năng suất cao (HSS), hợp kim cứng (HM) và chất liệu cắt oxit gốm.

Dao tiện bằng HSS dẻo và cứng, thích hợp cho hầu hết các công việc tiện. Khi bị mài mòn nhanh nó có thể được mài lại mà không cần nhiều công sức. Tuy nhiên chất liệu này chỉ cho phép gia công chi tiết với vận tốc cắt tương đối thấp, vì năng suất cắt ở nhiệt độ trên 600°C giảm đáng kể (độ bền nhiệt thấp).

Dao tiện tháp hợp kim cứng cho phép tiện với tốc độ cắt cao hơn. Độ bền nhiệt của chất liệu này ở khoảng 900°C. Phần lớn nó được kẹp vào thân dao tiện dưới dạng mảnh cắt trở bề hay hàn dính vào cán qua hàn vảy cứng.



Hình 1: Cán dao tiện với mảnh cắt trở bề

Chất liệu cắt bằng oxit gốm (từ oxit nhôm) vô cùng cứng và không bị mài mòn nhưng rất nhạy với va đập. Ở tốc độ cắt rất cao nhiệt độ có thể đến 1300°C. Chất liệu cắt này cũng được sử dụng làm mảnh cắt trở bề.

Dung dịch bôi trơn và làm nguội giảm bớt ma sát và qua đó tuổi thọ của dụng cụ có thể tăng lên với cùng một tốc độ cắt. Tuy nhiên ở dụng cụ với hợp kim cứng (nếu thực sự được làm nguội) phải được bảo đảm việc làm nguội không bị gián đoạn để tránh nứt do ứng suất làm nguội.

https://tieulun.hopto.org

Tốc độ cắt ở tiện

Trong phương pháp tiện, phoi được tách rời với **tốc độ cắt v_c**. Tốc độ cắt tương ứng tốc độ chu vi của chi tiết ở điểm cắt của dao tiện (**Hình 1**). Nó tùy thuộc vào **đường kính chi tiết d** ở vị trí tách phoi và **tần số quay của trục chính gia công n** (xem thí dụ và **Hình 2**) và có thể được tính như sau:

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n \qquad \text{m/min}$$

Tốc độ này không đổi ở tiện dọc trục, tuy nhiên ở tiện vát mặt (tiện ngang) nó thay đổi đến v_c = 0 m/min ở tâm của chi tiết (**Hình 1**), khi tần số quay được giữ không thay đổi. **Tốc độ cắt cho phép** ở cắt lấy phoi của chi tiết được lấy ra từ bảng tra cứu, được tìm ra qua thử nghiệm.

Tốc độ cắt tùy thuộc vào các thông số cho trước của:

- Vật liệu của dụng cụ,
- Tuổi thọ mong muốn của dụng cụ,
- Bước dẫn tiến,
- Chiều sâu cắt,
- Vật liệu của chi tiết,
- Độ bóng bề mặt mong muốn và
- Việc làm nguội.

Tốc độ cắt quá cao làm dao tiện bị quá tải. Qua nhiệt từ ma sát, dụng cụ bị mài mòn sớm.

Bước dẫn tiến và tiết diện phoi cắt

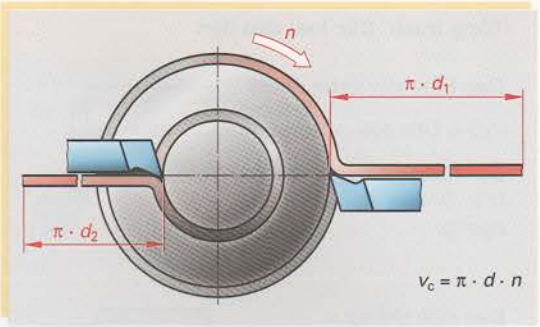
Bước dẫn tiến f ảnh hưởng đáng kể đến độ bóng bề mặt của bề mặt tiện. Vì thế các bước dẫn tiến nhỏ (0,05 mm/vòng đến 2,2 mm/vòng) được chọn để tiện tinh, bước dẫn tiến lớn hơn để tiện thô (tiện phá). Với bước dẫn tiến lớn hơn để tiện thô cũng làm tăng thể tích phoi.

Từ **bước dẫn tiến f** và **chiều sâu cắt a_p** cho ra **tiết diện phoi cắt A (Hình 3)**, mà dạng của nó cũng bị ảnh hưởng qua góc chỉnh χ (**Hình 3, trang 192**).

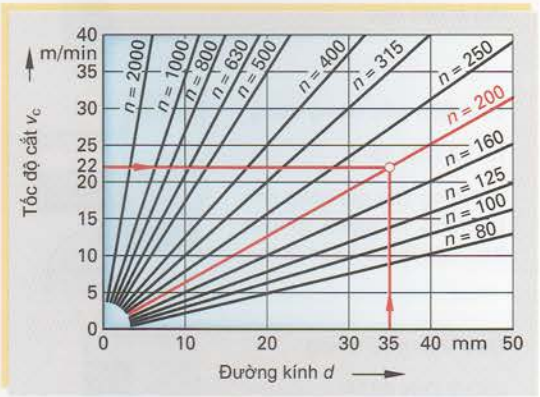
$$A = f \cdot a_p \qquad \text{mm}^2$$

Tiết diện phoi cắt và thể tích phoi tùy thuộc vào hiệu suất và sự ổn định của máy tiện, ngoài ra chúng còn tùy thuộc vào chất liệu mũi cắt của dao tiện.

Tiết diện phoi cắt đạt được thuận lợi qua chiều sâu cắt lớn cùng lúc với bước dẫn tiến nhỏ (tỷ lệ khoảng 3:1 đến 8:1).



Hình 1: Thay đổi tốc độ cắt ở tần số quay được giữ nguyên không thay đổi trong tiện ngang (tiện vạt mặt)



Hình 2: Xác định tần số quay n ở trục chính gia công (vòng/phút)

Thí dụ: Tần số quay của trục chính gia công (làm việc) phải được chỉnh (cài đặt).

Cho: v_c = 22 m/min, d = 35 mm
Tìm: n = ? 1/min

a) Tính:

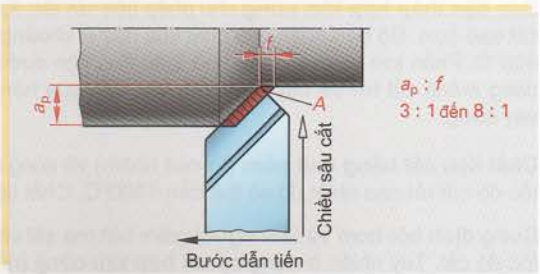
$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi}$$

$$n = \frac{22 \text{ m/min}}{0{,}035 \text{ m} \cdot \pi} = \mathbf{200{,}08 \text{ min}^{-1}}$$

b) Tra ở bảng:

$$\mathbf{n = 200 \text{ min}^{-1}}$$

Chú ý: Khi tần số quay được tính toán không thể chỉnh được thì sẽ chọn số nhỏ hơn kế tiếp.



Hình 3: Tiết diện phoi cắt

https://tieulun.hopto.org

Máy tiện

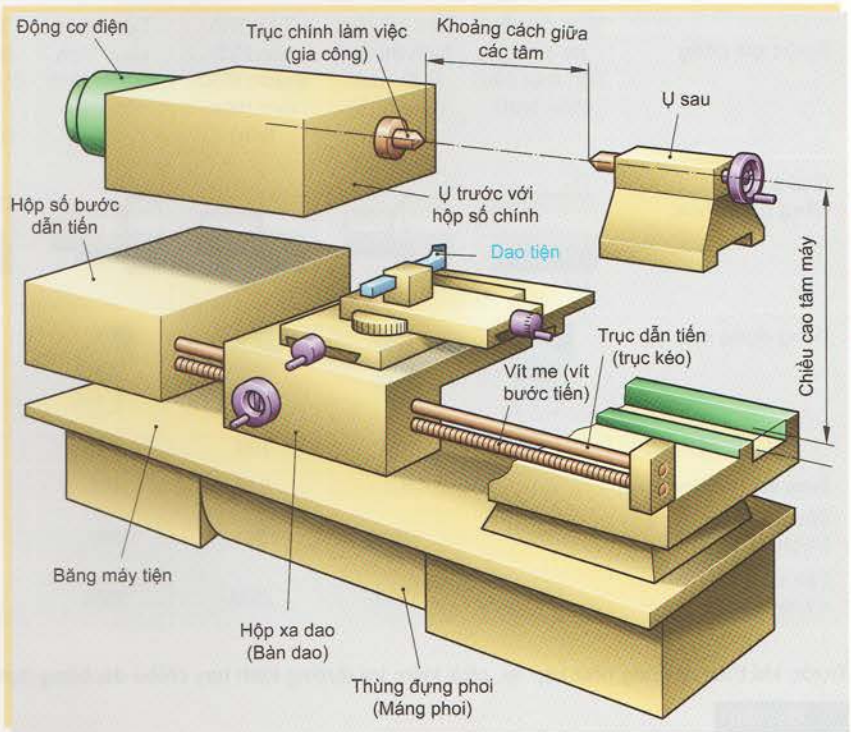
Tương ứng với những đòi hỏi khác nhau được đặt ra trong gia công ở máy tiện ngày nay mà người ta chế ra các loại máy tiện có kết cấu khác biệt, thí dụ như máy tiện có chống tâm, máy tiện tự động điều khiển bằng cam, máy tiện tự động điều khiển số CNC, tế bào tiện linh hoạt, máy tiện đứng (máy tiện revonve đứng – máy tiện Carusen). Tùy theo phạm vi ứng dụng, người ta phân biệt máy tiện vạn năng và máy tiện chuyên dùng. Một thí dụ điển hình được mô tả ở đây là máy tiện "cổ điển" vít me có trục dẫn tiến (**Hình 1**) và được tiếp tục phát triển thành máy tiện CNC (xem mục 7.7). Cả hai đều là đại diện cho máy tiện vạn năng, có nghĩa là hầu hết các công việc tiện có thể được thực hiện trên các máy như vậy.

Máy tiện trục vít (vít me) có trục dẫn tiến được sử dụng cho gia công chi tiết đơn lẻ và cả cho gia công loạt nhỏ. Nó chia ra thành nhiều cụm lắp ráp. **Ụ trước** đảm nhận truyền động chính (động cơ điện) và trục chính (trục làm việc). Ngoài ra nó có hộp số chính để phục vụ việc chuyển đổi số vòng quay. Hộp số chính dẫn động đồng thời với hộp số phụ (hộp số dẫn tiến), cho phép chỉnh bước dẫn tiến tương ứng phù hợp với từng công việc tiện (công đoạn tiện). Qua hộp số truyền động (bước dẫn tiến), **trục dẫn tiến** truyền động lần nữa thành bước tiến dọc trục và bước tiến ngang tự động qua một hộp số vít vô tận.

Trục vít me phục vụ làm ren. Nó ăn khớp với bàn xa dao qua một đai ốc của vít me (đai ốc hai mảnh, đai ốc của vít dẫn).

Hộp xa dao (Hình 2) kẹp chặt và dẫn dao tiện. Nó được thiết kế dưới dạng bàn dao chữ thập và có thể được chuyển dịch bằng tay nhờ vào pi nhông (bánh răng nhỏ) và thanh răng trên băng máy tiện (theo chiều trục z).

Trong **nắp đậy bàn xa dao** có bộ phận của thiết bị động lực để làm chuyển động hộp xa dao theo chiều dọc và chiều ngang.

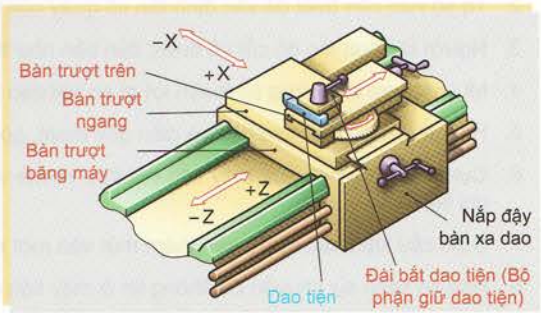


Hình 1: Những cụm lắp ráp chủ yếu của máy tiện có vít me và trục dẫn tiến (sơ đồ)

Bàn trượt dao ngang di chuyển qua một trục có răng và dẫn chuyển động phẳng (trục x).

Bàn trượt dao trên giữ lấy dụng cụ và kết nối với xa dao ngang qua một đĩa quay, do đó nó có thể chỉnh nghiêng thí dụ như trong tiện côn.

Ụ sau (Hình 1) như là bợ trục đối có nhiệm vụ gia công chi tiết dài hơn và để giữ dụng cụ, thí dụ như khoan, doa và lã.



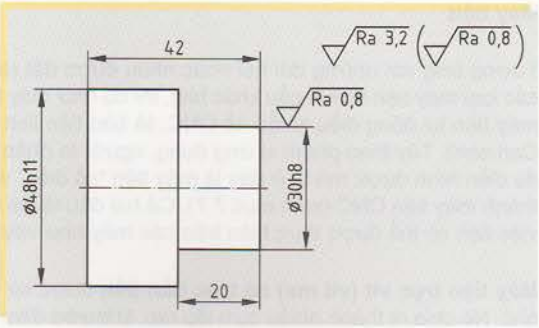
https://tieulun.hopto.org

Thí dụ gia công TIỆN – Quy tắc làm việc (gia công)

Với quan điểm gia công hợp lý, người ta cũng cần đề ra một kế hoạch gia công cho sản xuất chi tiết đơn lẻ và sản xuất loạt nhỏ.

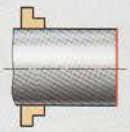
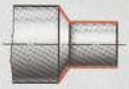
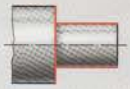
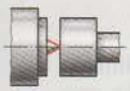
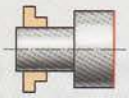
Qua đó cần lưu ý những điểm sau đây:

- Sử dụng càng ít dụng cụ càng tốt
- Kẹp chặt và kẹp lại chi tiết càng ít càng tốt
- Gia công với tốc độ quay và bước dẫn tiến được chỉnh tối ưu
- Tăng tuổi thọ cho dụng cụ



Hình 1: Bulông

Bảng 1: Sản xuất một bulông

	1	2	3	4	5	6
Bước gia công	Kẹp ở mâm ba chấu, tiện mặt đầu (tiện tinh)	Tiện sơ cho kích thước Ø31 mm (tiện phá)	Tiện tinh cho kích thước Ø30 mm (tiện tinh)	Tiện hoàn tất ở kích thước Ø48 mm (tiện tinh)	Tiện chích đứt bulông ở kích thước Ø30 mm (chích đứt)	Tiện phẳng mặt đầu theo chiều dài 42 mm (tiện tinh)
Quá trình gia công (Phác họa)						
Dạng dụng cụ						
Chất liệu cắt	HM	HM	HM	HM	HSS	HM
Bước dẫn tiến *f* (mm/vòng)	0,1	0,4	0,05	0,1	0,8	0,1
Tốc độ cắt v_c (m/phút)	280	200	280	280	24	280
Tần số quay *n* (vòng/phút)	1600	1250	2500	1600	160	1600

Trước khi tháo ra cũng như kẹp lại, phải kiểm tra đường kính hay chiều dài bằng dụng cụ đo cần thiết.

Bài tập:

1. Góc nào thay đổi khi dao tiện không nằm ở tâm và gây ra hậu quả gì đối với việc gia công cắt gọt?
2. Trị số nào cần thiết để xác định tần số quay của một máy tiện?
3. Người ta chọn tốc độ cắt và bước dẫn tiến như thế nào để có được bề mặt nhẵn?
4. Mũi cắt hợp kim cứng có thuận lợi gì so với dao tiện bằng thép gió (HSS)?
5. Hãy phác họa một dao tiện và điền góc thoát, góc nêm và góc tạo phoi (góc trước) trên bản vẽ?
6. Cụm cấu kiện nào của máy tiện với trục vít me và trục dẫn tiến tham gia vào việc truyền năng lượng đến chi tiết?
7. Cụm cấu kiện nào được gắn thêm mới vào một máy tiện CNC?
8. Hãy so sánh sự chuyển đổi thông tin ở máy tiện cổ điển với máy tiện CNC?
9. Hãy đặt ra một kế hoạch làm việc cho một chi tiết tiện tự chọn theo thí dụ như ở hướng dẫn trên.

https://tieulun.hopto.org

7.5.11 Phay

Với phương pháp phay người ta có thể gia công các bề mặt bằng phẳng và bề mặt cong, profin, bánh răng, rãnh và ren.

> Phay là phương pháp gia công cắt có phoi với một dụng cụ **nhiều lưỡi cắt** và **chuyển động cắt tròn** để chế tạo các bề mặt chi tiết bất kỳ.

Dụng cụ phay

Dụng cụ **phay** (**dao phay**, **lưỡi phay**) có các đường viền (biên dạng) của một vật thể dạng trục lăn (**Hình 1**).

Lưỡi cắt chính là **lưỡi cắt chu vi**, nằm trên bề mặt xung quanh (bề mặt bao) của hình trụ tưởng tượng. Những lưỡi cắt bên, những **lưỡi cắt mặt đầu,** ở trên bề mặt vòng tròn.

Mũi cắt dao phay có hình dạng của một cái nêm (**Hình 2**). Ở trong góc vuông 90° được tạo bởi bề mặt chi tiết và trục thẳng góc với trục dao phay, người ta có thể nhận thấy một cách rõ ràng **góc nêm β, góc thoát α** với **mặt thoát** và **góc tạo phoi γ** với **mặt tạo phoi**.

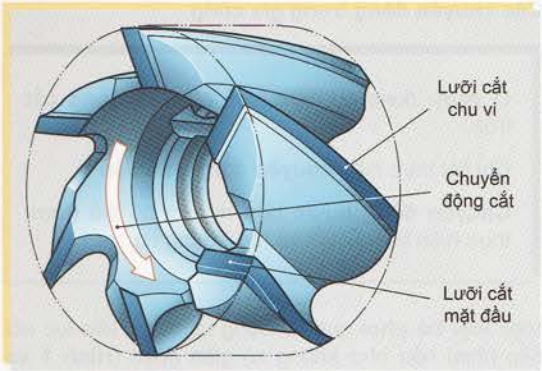
Góc trước λ (góc xoắn) chỉ độ dốc của cạnh cắt so với trục dao phay (**Hình 3**). Khi $\lambda = 0°$, mép cắt (lưỡi cắt) ăn vào không đột ngột, nhưng từ từ thâm nhập vào bề mặt chi tiết. Độ lớn của góc α, β và γ phụ thuộc vào vật liệu được gia công.

Số lưỡi cắt cũng phụ thuộc vào vật liệu của chi tiết. Vật liệu mềm phát sinh lượng phoi lớn. Do vậy khoảng trống giữa hai răng mà trong đó các phoi được vận chuyển lớn hơn so với vật liệu cứng hơn. Với đường kính dao phay bằng nhau người ta ứng dụng điều sau đây:

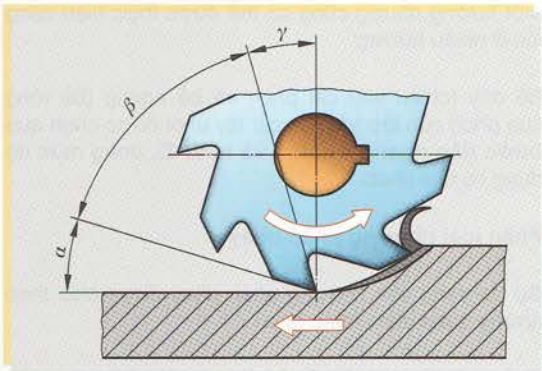
> **Vật liệu mềm:** Khoảng trống giữa hai răng lớn
> Số răng nhỏ
> **Vật liệu cứng:** Khoảng trống giữa hai răng nhỏ
> Số răng lớn

Vì thế ở dụng cụ phay, nhà sản xuất phân biệt **loại N** (bình thường), **W** (mềm) và **H** (cứng, **Hình 4**).

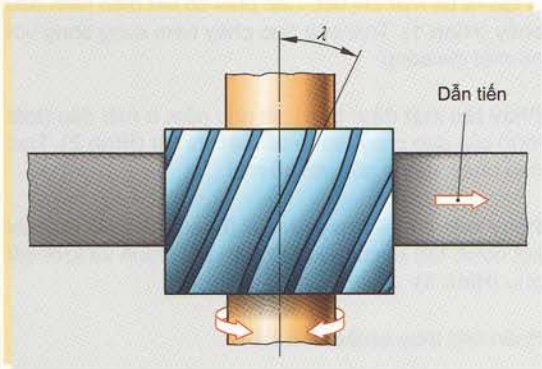
Thông thường **thép gió** (thép cắt nhanh **HSS**) được sử dụng làm **chất liệu cắt**. Thép gió có tính dẻo dai cần thiết và có khả năng chịu thay đổi nhiệt do việc cắt gián đoạn. **Hợp kim cứng (HM)** được sử dụng làm mảnh cắt ở đầu dao cắt (**Trang 199, tổng quan**) và mảnh cắt trở bề ở các đầu phay (**Trang 199, tổng quan**).



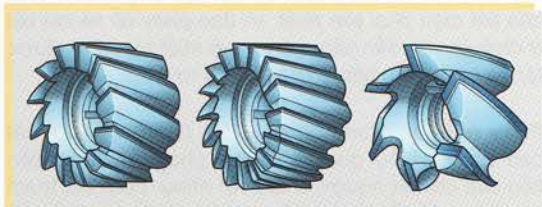
Hình 1: Dao phay lăn mặt đầu



Hình 2: Góc ở lưỡi cắt dao phay



Hình 3: Góc trước ở dao phay răng xoắn



Hình 4: Dao phay loại N, loại H và loại W

https://tieulun.hopto.org

Các chuyển động trong gia công

Ở phay, dụng cụ thực hiện **chuyển động cắt** tròn.

Chi tiết thực hiện **chuyển động dẫn tiến**.

Chuyển động bước tiến ngang có thể được thực hiện bởi chi tiết và (bởi) dụng cụ.

Việc **loại bỏ phoi** qua sử dụng cạnh cắt liên tục nối tiếp nhau hầu như không có gián đoạn (**Hình 1 và hình 2**).

Chuyển động dẫn tiến thường được thực hiện theo một hướng nhưng cũng có thể được thực hiện cùng lúc ở nhiều hướng.

Bề dày (chiều sâu cắt phoi) và bề ngang (bề rộng của phoi) của lớp vật liệu cắt lấy phoi được chọn qua **bước tiến ngang** (**Hình 1 và hình 2**), trong mức độ dụng cụ cho phép.

Phân loại phương pháp phay

Sự đa dạng của phương pháp phay được chia theo những quan điểm khác nhau.

Phân biệt theo **cách vận hành của dao phay**:

Phay chu vi (phay lăn): Các lưỡi cắt chính nằm ở chu vi tạo ra bề mặt chi tiết. Các phoi có tiết diện hình dấu phẩy (**Hình 1**). Trục của dao phay nằm song song với bề mặt gia công.

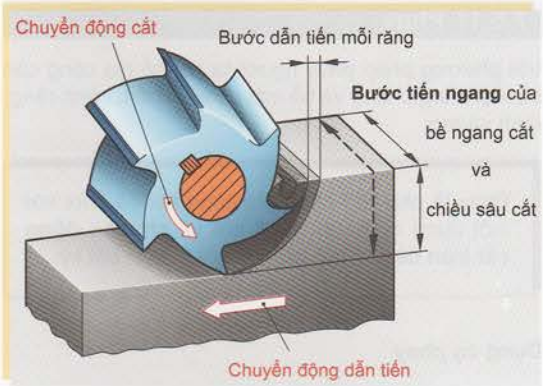
Phay lăn mặt đầu: Lưỡi cắt phụ nằm ở mặt đầu (mặt mút) của dao phay tạo ra bề mặt chi tiết (**Hình 2**). Trục dao phay vuông góc với bề mặt.

Phay mặt đầu – Phay chu vi (bao hình): Bề mặt chi tiết được tạo ra cùng lúc từ lưỡi cắt chính và lưỡi cắt phụ (**Hình 3**).

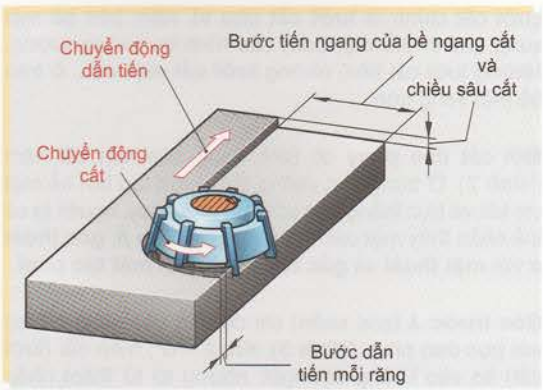
Phân biệt theo **chiều dẫn tiến:**

Phay thuận: Trong phạm vi tác động của lưỡi cắt dao phay, chiều quay của dao phay cùng chiều với bước dẫn tiến của chi tiết (**Hình 4**). Vật liệu được cắt ở vị trí của tiết diện phoi lớn nhất. Vì dao phay cố xé chi tiết ở chiều bước dẫn tiến, nên trang thiết bị không được tạo ra bước dẫn tiến có độ hở (độ rơ).

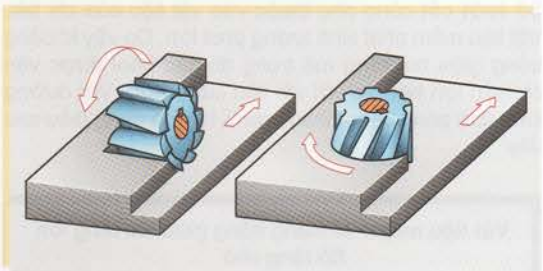
Phay nghịch: Trong phạm vi tác động của lưỡi cắt dao phay, chiều quay của dao phay và bước dẫn tiến của chi tiết ngược chiều với nhau. Lưỡi cắt trượt nhẹ trên chi tiết trước khi nó thâm nhập vào bề mặt (**Hình 5**).



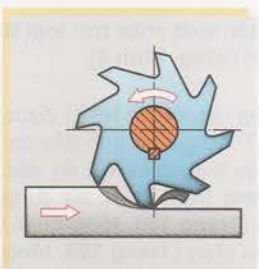
Hình 1: Chuyển động ở phay chu vi (phay lăn)



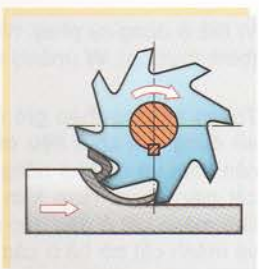
Hình 2: Chuyển động ở phay mặt đầu



Hình 3: Phay lăn mặt đầu – Phay chu vi



Hình 4: Phay thuận



Hình 5: Phay nghịch

https://tieulun.hopto.org

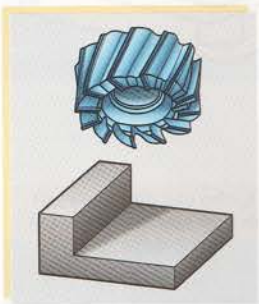
Ở phay nghịch lưỡi cắt sẽ mau mòn hơn ở phay thuận. Lực cắt lớn nhất ở cuối quá trình cắt phoi và sau đó đột ngột bằng 0. Điều này có thể dẫn đến rung, dễ nhận biết qua xọc (gờ nhỏ). Phay nghịch chỉ thuận lợi khi gia công bề mặt cứng (chi tiết gang đúc và chi tiết rèn).

Phân biệt theo dạng dự kiến của **chi tiết** như sau:

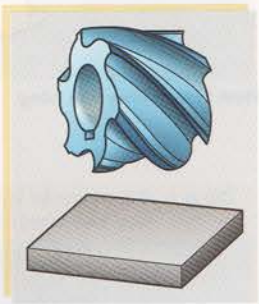
- Phay phẳng để tạo ra bề mặt phẳng (thí dụ: **Hình 8**)
- Dao phay bộ (dao phay tổ hợp), ở đó nhiều đĩa phay (**Hình 6**) được kẹp trên một trục gá (**Hình 2, trang 200**)
- Phay chép hình (thí dụ: **Hình 4 và Hình 5**)
- Phay định dạng, ở đó chuyển động dẫn tiến được điều khiển qua các trang thiết bị điều khiển (**Hình 12**).

Các loại dao phay

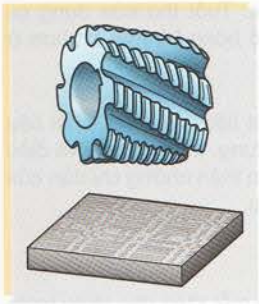
Người ta có thể phân biệt dụng cụ phay theo kết cấu thiết kế như **dao phay cán lắp** (Hình 1, Hình 2...), **dao phay ngón** (Hình 9, Hình 10...) và **dao phay lưỡi chắp (đầu dao phay)** (Hình 8) cũng như **đầu phay** (Hình 7). Theo loại chế tạo người ta phân biệt được **dao phay cắt răng nhọn** (Hình 1, Hình 2), **dao phay xén lưng** (Hình 4) cũng như **dao phay tháp lưỡi cắt** (Hình 7, Hình 8).



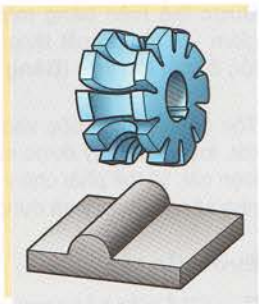
Hình 1: Dao phay lăn mặt đầu



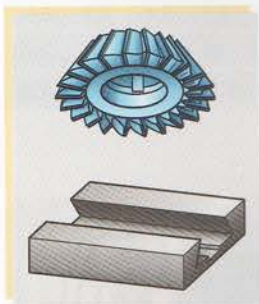
Hình 2: Dao phay lăn



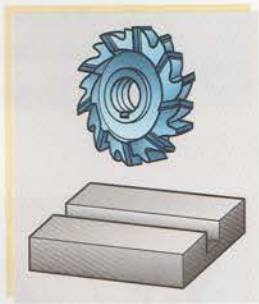
Hình 3: Dao phay lăn với răng phay phá



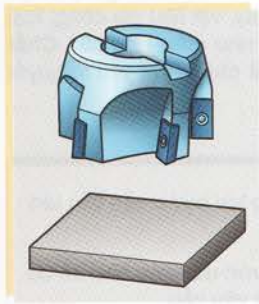
Hình 4: Dao phay dạng bán nguyệt



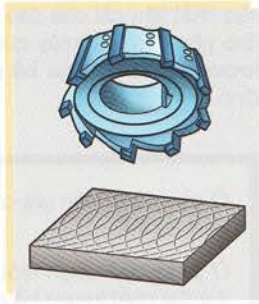
Hình 5: Dao phay góc mặt đầu



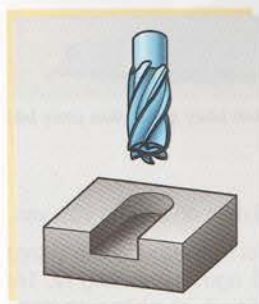
Hình 6: Dao phay đĩa cắt răng chéo



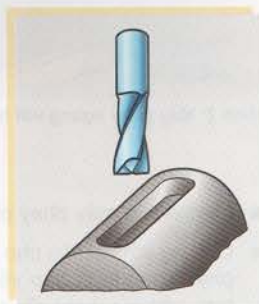
Hình 7: Đầu phay với mảnh hợp kim được ghép (tháp)



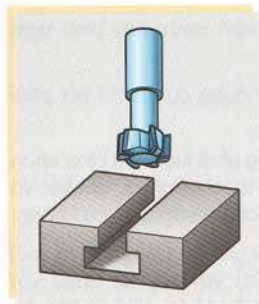
Hình 8: Đầu dao phay



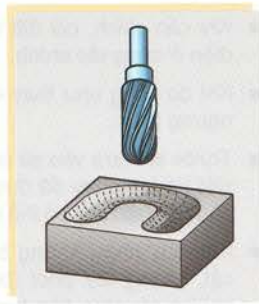
Hình 9: Dao phay ngón (dao phay trụ đứng)



Hình 10: Dao phay lỗ dài



Hình 11: Phay ngón cho rãnh T



Hình 12: Dao phay khoét (Dao phay khuôn)

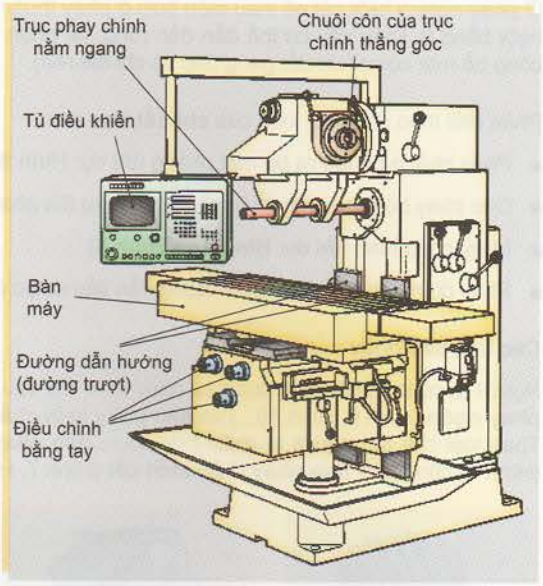
https://tieuluan.hopto.org

Công việc ở máy phay

Loại kết cấu máy phay được phổ biến rộng rãi nhất là **máy phay công xôn (máy phay đế chân quỳ) (Hình 1)**.

Tùy theo vị trí của trục chính đến bàn gia công (bàn kẹp chi tiết) người ta phân biệt **máy phay ngang** (để phay biên chu vi, **Hình 2**) và **máy phay đứng** (để phay mặt đầu).

Ở **máy phay vạn năng (Hình 1)** có một đầu trục chính xoay được và được trang bị với hai trục chính và bàn có thể xoay và chỉnh được nhiều cạnh. Ngoài ra **máy phay dụng cụ vạn năng** còn có thể trang bị để khoan và đẩy (chọt).



Hình 1: Máy phay vạn năng

Tốc độ cắt

Được thể hiện bằng m/phút. Tuổi thọ của dụng cụ giảm với tốc độ cắt tăng. Độ bóng bề mặt tốt hơn ở tốc độ cắt lớn hơn (**Bảng 1**).

Tốc độ cắt tùy thuộc vào vật liệu gia công, chất liệu cắt, loại dao phay được sử dụng, thiết kế máy và điều kiện cắt. Vì thế phải chú ý cẩn thận những chỉ dẫn của nhà sản xuất máy và dụng cụ.

Bảng 1: Giá trị chuẩn v_c và f_z cho các đầu phay với hợp kim cứng-mảnh hợp kim trở bề (Trích)

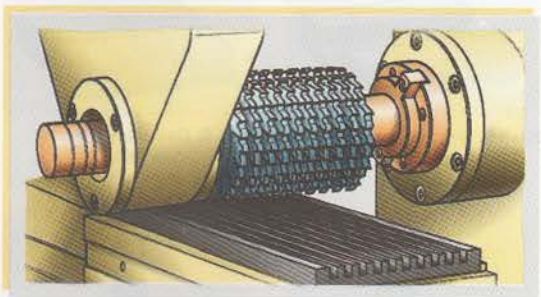
Loại gia công		Thép không hợp kim R_m đến 700 N/mm²	Thép hợp kim R_m đến 1000 N/mm²	Gang đến 180 HB
Phay phá	v_c	100 ... 200	60 ... 200	70 ... 140
	f_z	0,1 ... 0,4	0,1 ... 0,4	0,1 ... 0,5
Phay tinh	v_c	100 ... 300	80 ... 220	90 ... 300
	f_z	0,1 ... 0,3	0,06 ... 0,3	0,1 ... 0,25

Bước dẫn tiến

Được thể hiện bằng mm cho mỗi răng dao phay hoặc bằng m/phút cho vận tốc bước dẫn tiến. Việc chọn bước dẫn tiến cũng như chiều sâu cắt cũng tùy thuộc vào chất liệu cắt của dao phay, vật liệu gia công, loại dao phay và loại máy cũng như điều kiện cắt. **Chất lượng cần thiết của bề mặt chi tiết** là yếu tố quyết định.

Ở **phay phá** nên gia công với bước dẫn tiến lớn nhất có thể.

Ở **phay tinh** chọn một bước dẫn tiến nhỏ để có thể đạt chất lượng bề mặt yêu cầu.



Hình 2: Máy phay ngang với bộ dao phay ghép (dao phay bộ)

Phòng ngừa tai nạn

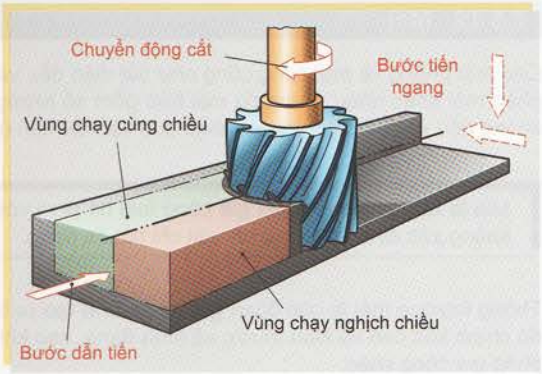
- Khi cân chỉnh, cài đặt và làm sạch máy phải ngắt điện ở công tắc chính.
- Khi đo cũng như thay đổi dụng cụ và chi tiết phải ngưng máy.
- Trước khi đưa vào sử dụng phải kiểm tra chìa khóa siết và tay quay đã được tháo ra chưa, chi tiết và các bộ phận siết có thể va chạm với dụng cụ không.
- Khi máy chạy, không bao giờ để tay gần với mũi cắt, không lấy phoi (bavia) với cây cọ hoặc với những phương tiện tương tự khác. Không loại bỏ thiết bị bảo vệ.
- Làm việc ở máy phay phải mặc đồ bảo hộ vừa vặn.
- Ở phay với vật liệu cho phoi ngắn (thí dụ như gang) phải mang kính bảo vệ để ngừa phoi văng ra. Tốt hơn nên sử dụng chụp bảo vệ và những phương tiện tương tự.

https://tieulun.hopto.org

Lựa chọn phương pháp

Xét về hiệu quả kinh tế thì phay chu vi mặt đầu được ưu tiên lựa chọn hơn phay chu vi.

Lưỡi cắt chính ở chu vi dụng cụ tách phoi ra, trong khi lưỡi cắt phụ làm láng bề mặt chi tiết. Tác động phay thuận và tác động phay nghịch xảy ra cùng lúc, qua đó máy được chịu tải đều (**Hình 1**). Công suất truyền động có thể nhỏ hơn ở phay chu vi, vì dao phay có thể chịu tải mạnh hơn qua kẹp ngắn. Dao phay lăn mặt đầu không những có thể được kẹp ngang mà còn thẳng góc.



Hình 1: Chuyển động ở phay chu vi mặt đầu

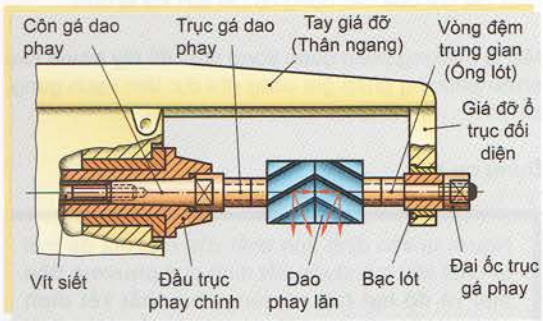
Chọn dao phay

Đường kính ngoài của dao phay càng nhỏ thì momen quay cần thiết càng nhỏ và như thế tải của trục chính phay cũng nhỏ theo. Ngoài ra phải chú ý:

- Dạng và độ bóng bề mặt của chi tiết
- Chất liệu cắt và số răng của dao phay
- Phương pháp phay và chiều bước dẫn tiến

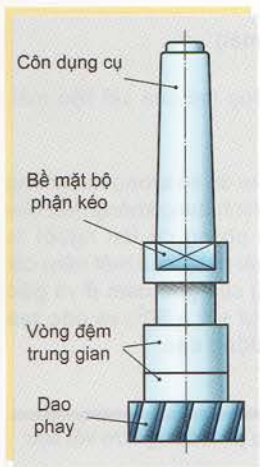
Kẹp dao phay

Để kẹp và lắp đặt dao phay người ta sử dụng **dụng cụ kẹp chặt (siết)** đặc biệt. Dụng cụ này gồm có trục gá dao phay với các vòng, trục gá dao phay cán lắp, trục gá quăng và khâu ốc kẹp (**Hình 2, 3 và 4**). Để ngăn ngừa độ võng của trục trong lúc phay lăn, trục gá dao phay phải được đỡ trong một ổ trục đối diện (**Hình 2**).

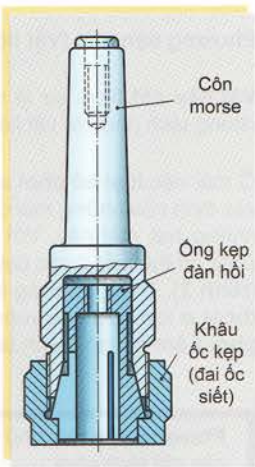


Hình 2: Kẹp của dao phay lăn

Dao phay răng xoắn phải được kẹp sao cho lực dọc trục tác động theo chiều của trục chính (**Hình 3, trang 197**). Khi hai dao phay lăn được kết hợp có chiều xoắn ngược lại với nhau, nó phải được kẹp sao cho lực dọc trục triệt tiêu lẫn nhau.



Hình 3: Trục gá cán lắp cho dao phay ngón



Hình 4: Khâu ốc kẹp cho dao phay ngón

Quy tắc làm việc

- Trước khi kẹp, chi tiết phải được cắt bavia để đảm bảo đế tựa được chắc chắn.
- Các phương tiện kẹp phải phù hợp với dạng và độ lớn của chi tiết.
- Các chi tiết phải cứng (vững), được kẹp càng sâu càng tốt và gần gá đỡ.
- Chi tiết ngắn và nhỏ được kẹp vào êtô, nếu lớn hơn thì kẹp vào bàn máy.
- Đường kính của trục gá kẹp được chọn càng lớn càng tốt để giữ độ võng ít.
- Khi kẹp phải chú ý đến then bằng (mang dao phay trên trục gá dao phay) được bợ chắc chắn.
- Dao phay phải được mài lại kịp thời.

https://tieulun.hopto.org

7.5.12 Mài

Các mặt phẳng và mặt cong cũng như tiết diện đều và không đều được tạo ra và gia công bằng nhiều phương pháp mài khác nhau. Dụng cụ mài bao gồm số lượng lớn những hạt mài nhỏ, rất cứng. Chúng có hình dạng không đều và được giữ lại với nhau qua vật liệu nền (chất kết dính).

Mài là một phương pháp gia công loại bỏ phoi với dụng cụ nhiều mũi cắt và lưỡi cắt với dạng hình học không xác định để tạo ra bề mặt chi tiết đa dạng.

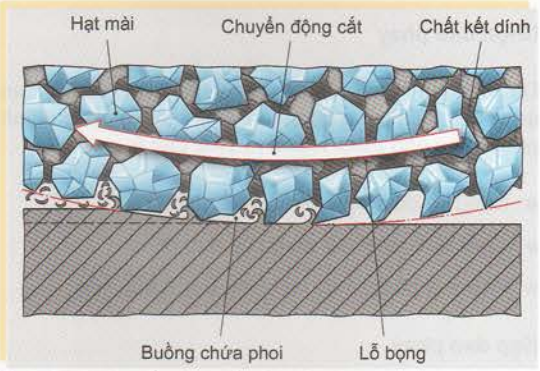
Thông thường mài là giai đoạn **gia công tinh** tạo ra bề mặt với độ nhám (bề mặt nhấp nhô) rất nhỏ cũng như độ chính xác cao về kích thước và hình dạng, sau khi dạng hình học của chi tiết được tạo ra qua các phương pháp gia công khác.

Mài cũng được sử dụng để mài sắc, phục hồi lại tính chất cắt gọt của các dụng cụ cắt đứt khi bị cùn.

Mài là phương pháp quan trọng nhất để **lấy bavia** sau nhiều phương pháp gia công (thí dụ: làm sạch gang, cắt tôn).

Dụng cụ mài

Người ta xác định tính chất của một đĩa đá mài từ chất liệu mài được kết dính qua **phương tiện mài** và **độ hạt** của nó cũng như **chất kết dính** và sức bền của nó (**độ cứng**) và **cấu trúc tinh thể (Hình 1)**.

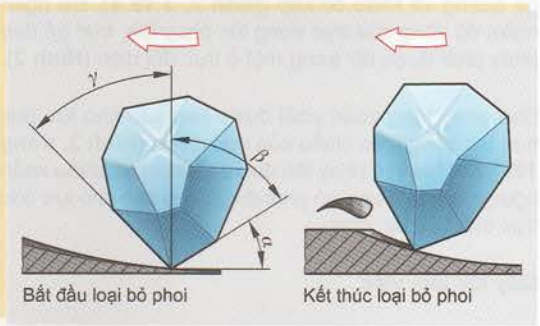


Hình 1: Thành phần tinh thể của đá mài

Phương tiện mài (Vật liệu mài)

Vật liệu cắt thực sự là những hạt của vật liệu mài, chúng tách phoi rời vật liệu.

Ở mài việc **loại bỏ phoi** xảy ra do số lượng lớn không xác định của những mũi cắt hình dạng không đều của những hạt mài này. Với độ phóng đủ lớn người ta cũng có thể biết được đại khái dạng của một nêm cắt (**Hình 2**). Thông thường tổng của **góc nêm β** và **góc thoát α** lớn hơn góc vuông ($\beta + \alpha > 90^0$) và **góc tạo phoi γ âm** để tạo thành **tác động cạo**.



Hình 2: Góc hạt mài khi loại bỏ phoi

Phương tiện mài chủ yếu phải cứng hơn vật liệu cần cắt tách phoi.

Người ta sử dụng khoáng sản tự nhiên hoặc khoáng sản nhân tạo. Đó là bột mài (coridon) (A), Carbon Silium (C), Bonitrit (B) và kim cương (D). Mỗi đá mài chỉ chứa vật liệu mài có kích cỡ hạt đồng nhất (**Bảng 1**).

Bảng 1: Mã số kích cỡ hạt

Độ hạt		Ứng dụng
Thô	4 6 8 10 12 14 16 20 24	Mài thô
Vừa	30 36 46 54 60	Mài tinh
Mịn	70 80 90 100 120 150 180 220	
Rất mịn	230 240 280 320 400 500 600 800 1000 1200	Mài tinh và cực tinh

Kích cỡ hạt ảnh hưởng đến công suất cắt gọt phoi và chất lượng bề mặt.

https://tieulun.hopto.org

Sự kết dính

Chất kết dính giữ các hạt mài lại với nhau (**Bảng 1**). Khi đã bị mòn, chúng cần phải vỡ ra. Khi vỡ quá nhanh, đĩa mài mòn rất nhanh, còn nếu liên kết quá cứng, các hạt sẽ mòn quá nhiều và sinh nhiệt độ quá cao.

Độ cứng của một đĩa mài là thước đo lực kết dính của các hạt mài qua chất kết dính.

Khi lựa chọn vật liệu cho đĩa mài, **cấp độ cứng** phải được thích ứng (phù hợp) với vật liệu chi tiết (**Bảng 2**). Ở vật liệu cứng và giòn, đá mài mau mòn, vì thế nó phải có thể vỡ ra từ chất kết dính dễ dàng hơn. Ở vật liệu mềm và dai các hạt mài giữ được sắc bén lâu hơn. Vì vậy lựa chọn đĩa mài hợp lý là:

Vật liệu cứng – đĩa mài mềm
Vật liệu mềm – đĩa mài cứng

Cấu trúc tinh thể

Phân bố không gian của các hạt mài, chất kết dính và lỗ bọng tạo thành cấu trúc của đĩa mài (**Bảng 3**). Số ký hiệu chỉ **độ xốp** (độ bọng, độ rỗng), cũng có nghĩa đá mài có cấu trúc kín hoặc hở.

Lựa chọn cấu trúc phải lưu ý đến lượng phoi dồn nén (**Hình 1, trang 202**), phoi càng nhiều, các lỗ bọng (lỗ rỗng) phải càng lớn.

Ở mài ướt, dung dịch làm nguội có thể được vận chuyển tới vị trí mài (vị trí tiếp xúc) qua lỗ bọng lớn. Điều này tăng cao công suất loại bỏ phoi.

Đĩa mài chặt (kín) có độ cứng cao và hao mòn không quá nhanh. Tuy nhiên nó có thể bị phoi dính vào dễ dàng hơn và phải được thường xuyên liếc lại.

Hình dạng của đĩa mài

Đĩa mài phân loại theo dạng hình học cơ bản và cách kẹp chặt (Đĩa mài – lỗ khoan; chốt mài – cốt) (**Hình 1**).

Thường sử dụng nhiều nhất là đĩa mài thẳng, bên cạnh dạng trục lăn (con lăn) thông thường còn có dạng profin (**Hình 2**).

Bảng 1: Chất kết dính cho đĩa mài

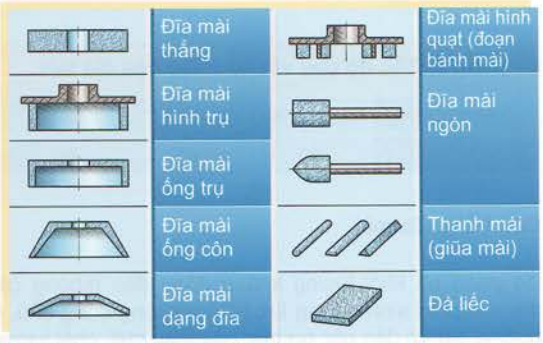
Loại kết dính	Ký hiệu ngắn	Tính chất và ứng dụng
Gốm	V	Phổ biến nhất, trơ (không nhạy) với nước, dầu và nhiệt, không đàn hồi và giòn.
Cao su	R	Rất đàn hồi và dai, cho tốc độ chu vi cao, rất nhạy với nhiệt, thích hợp cho mài ướt, công suất thấp.
Cao su có sợi gia cường	RF	
Nhựa tổng hợp	B	Chất kết dính đàn hồi phổ biến nhất, độ bền cao, độ dai, cho đĩa mài mỏng và tốc độ chu vi cao.
Nhựa có sợi gia cường	BF	
Kim loại	M	Độ bền cơ khí và độ bền mài mòn cao, ít nhạy với va đập mạnh.

Bảng 2: Ký hiệu bằng chữ cho độ cứng của đá mài

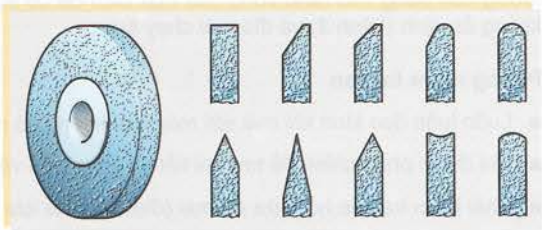
A	B	C	D ..... M	N ..... W	X	Y	Z
Cực mềm			Trung bình			Cực cứng	

Bảng 3: Ký hiệu bằng số cho cấu trúc của đá mài

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cấu trúc chặt (đặc) kín													Cấu trúc hở	
Lỗ rỗng nhỏ													Lỗ rỗng lớn	



Hình 1: Dạng cơ bản của đĩa mài



Hình 2: Dạng profin đĩa mài

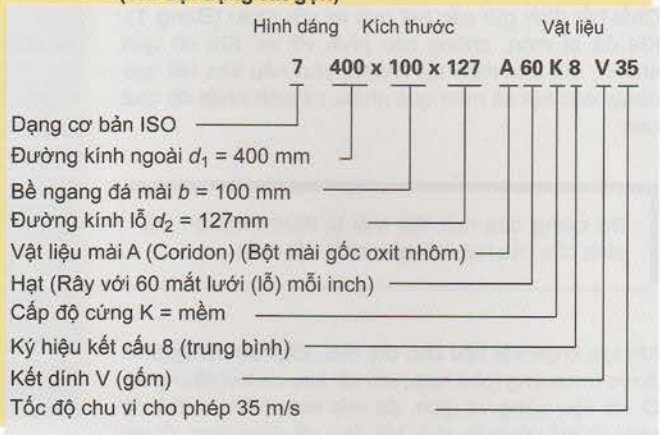
https://tieulun.hopto.org

Tên gọi của dụng cụ mài

Phân loại và tên gọi của đĩa mài đã được chuẩn hóa, có thể tìm thấy tất cả chỉ dẫn cần thiết trên nhãn hiệu của đĩa mài. Dạng cơ bản được chỉ dẫn trước tiên. Tiếp theo đó là kích thước và sau nữa là chất liệu cắt (**Bảng 1**).

Cho băng mài, giấy nhám và những phương tiện mài khác cũng áp dụng những quy tắc tương tự.

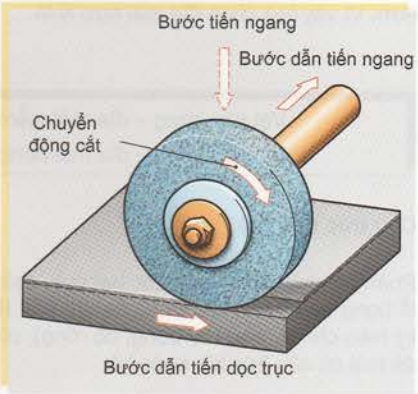
Bảng 1: Sơ đồ ký hiệu của đĩa mài tiêu chuẩn (Thí dụ: dạng rút gọn)



Quá trình loại bỏ phoi

Chuyển động cắt được thực hiện qua dụng cụ, được gọi chung là đĩa mài. Chuyển động bước dẫn tiến và chuyển động chỉnh thường xảy ra trên chi tiết (**Hình 1**). **Chiều sâu cắt** cũng như bề ngang cắt được xác định qua **bước tiến ngang**. Nếu chỉ có bề mặt cần được cải thiện qua mài, thì đĩa mài chỉ cần chạm nhẹ vào bề mặt của chi tiết.

Tốc độ cắt cao hơn đáng kể so với những phương pháp cắt gọt khác dẫn đến **nhiệt độ quá cao** trong việc lấy phoi. Trong trường hợp này các phoi có thể nóng chảy hoặc nóng đỏ rực (tia lửa mài).



Hình 1: Quá trình loại bỏ phoi ở mài chu vi-phẳng

Làm việc với dụng cụ mài

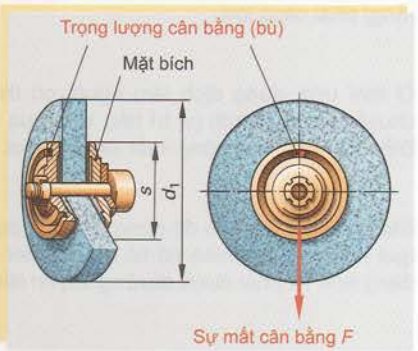
Đĩa mài có độ bền kéo tương đối thấp do cấu trúc của nó. Như thế để không bị xé rời ra do **lực ly tâm**, tốc độ chu vi phải được giới hạn.

Bảng 2: Tốc độ chu vi cho phép của đĩa mài

Lần sọc màu	Xanh da trời	vàng	đỏ	Xanh lá cây
v m/s	50	63	80	100

Cân bằng đĩa mài

Do phân bố khối lượng không đồng đều (không cân bằng) ở đĩa mài phát sinh những lực ly tâm không đồng đều. Chúng ảnh hưởng bất lợi đến các bợ trục của máy mài, chất lượng của công việc mài và độ mài mòn của đĩa mài. Vì thế vị trí không cân bằng được xác định trên **thiết bị cân bằng**. Sau đó người ta gắn trọng lượng cân bằng vào rãnh vòng của mặt bích để có sự cân bằng không ổn định (**Hình 2**) và đĩa mài chạy êm.



Hình 2: Lắp đặt và cân bằng một đĩa mài

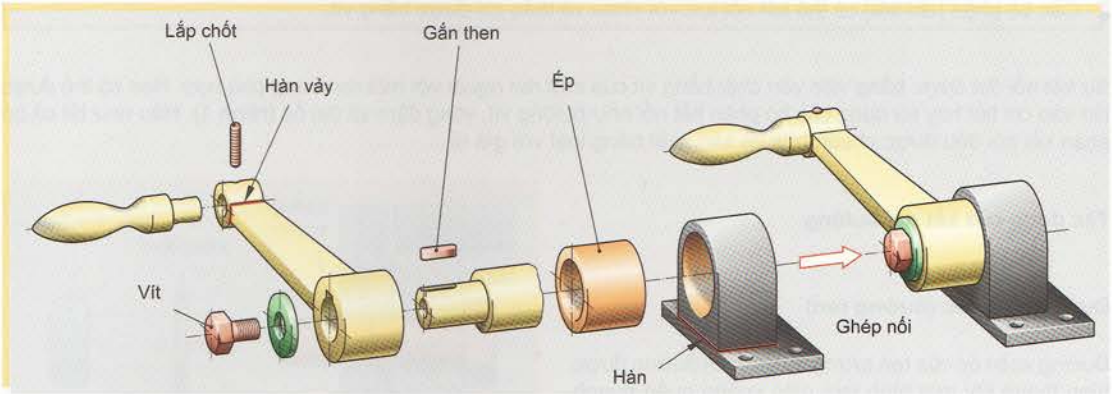
Phòng ngừa tai nạn

- Luôn luôn đeo kính khi mài với máy mài không có nắp đậy.
- Chỉ được phép chỉnh đế tựa chi tiết và chụp bảo vệ khi máy đứng.
- Phải kiểm tra khe hở giữa đá mài (đĩa mài), đế tựa chi tiết và chụp bảo vệ mỗi ngày (**Hình 1**).
- Ở mài khô thì bụi tích tụ được hút ra tùy theo khả năng.

https://tieulun.hopto.org

7.6 Ghép nối

Với phương pháp ghép nối, từng chi tiết hay cấu kiện rời được hợp thành dạng cuối cùng như mong muốn. Qua đó hình thành các thiết bị, cụm lắp ráp hay máy có khả năng hoạt động được **(Hình 1).**



Hình 1: Tác động tổng hợp từng phương pháp ghép nối để chế tạo cụm lắp ráp

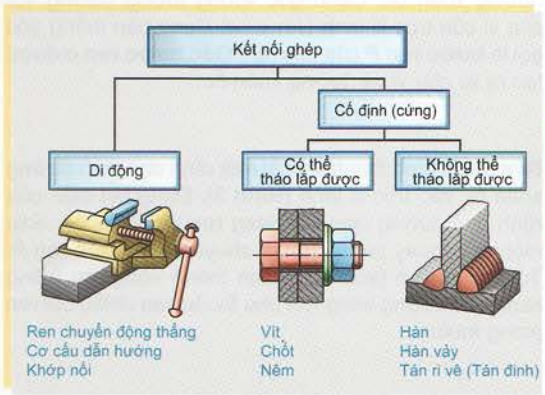
7.6.1 Phân loại và tác dụng

Các chi tiết có thể gắn kết di động hay cố định tùy thuộc vào loại kết nối.

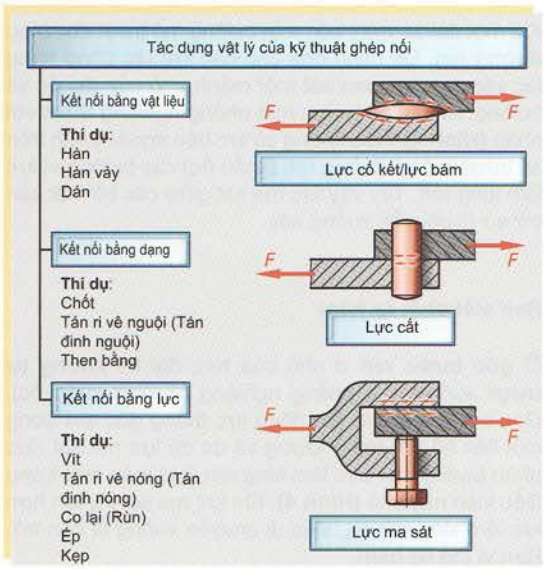
- **Kết nối ghép di động**, thí dụ như trục ren, các chi tiết rời hay cụm chi tiết có thể chuyển động đối nghịch.
- **Kết nối ghép cố định (cứng)** có thể tháo rời hay không tháo rời. Trong cả hai trường hợp sự dịch chuyển các chi tiết rời với nhau bị ngăn chặn.
- **Kết nối tháo rời**: các chi tiết kết nối tách rời **không cần phá hủy** phương tiện kết nối.
- **Kết nối không tháo rời:** các chi tiết kết nối chỉ có thể tách rời **thông qua việc phá hủy** phương tiện kết nối **(Hình 2)**.

  Có thể **truyền tải lực** giữa các chi tiết rời, vì dòng lực khép kín bởi kết nối ghép.

  Người ta phân biệt giữa **kết nối bằng vật liệu, kết nối dạng cứng** và **kết nối lực (Hình 3).**
- **Kết nối bằng vật liệu**: ở đây vật liệu của chi tiết kết nối hợp lại với nhau.
- **Kết nối dạng khớp (cứng):** Điều cần thiết để có kết nối này là những bề mặt tạo dạng của các cấu kiện và bộ phận kết nối phải được lắp ráp vào với nhau.
- **Kết nối lực** (kết nối qua ma sát): phát sinh qua các bề mặt ép lại với nhau.



Hình 2: Phân loại kết nối ghép



Hình 3: Phân chia phương pháp ghép nối theo cách tác dụng lực

https://tieulun.hopto.org

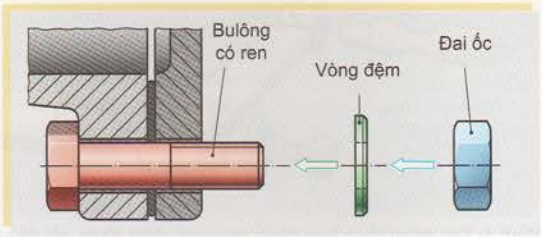
7.6.2 Kết nối bulông

Để chi tiết có thể tháo rời thì kết nối bằng ốc vít thường là kỹ thuật kết nối tốt nhất hay duy nhất mà người ta có thể sử dụng được.

Các bộ phận (chi tiết) có thể kết nối lực với nhau và tháo rời được bằng vít.

Sự kết nối đạt được bằng việc vặn chặt bằng vít của một ren ngoài với một ren trong phù hợp. Ren có thể được lắp vào chi tiết hay sử dụng các bộ phận kết nối như bulông vít, vòng đệm và đai ốc **(Hình 1)**. Hầu như tất cả bộ phận kết nối đều được chuẩn hóa và sản xuất hàng loạt với giá rẻ.

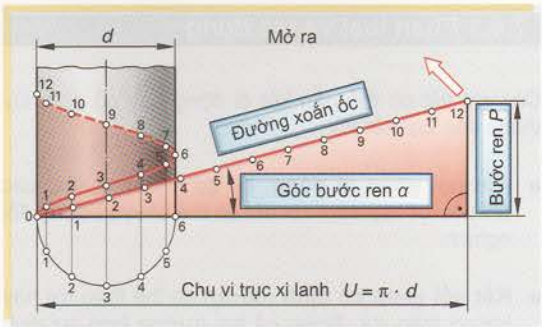
Tác dụng của kết nối bulông



Hình 1: Nguyên tắc ghép nối ren

Đường xoắn ốc (đường ren)

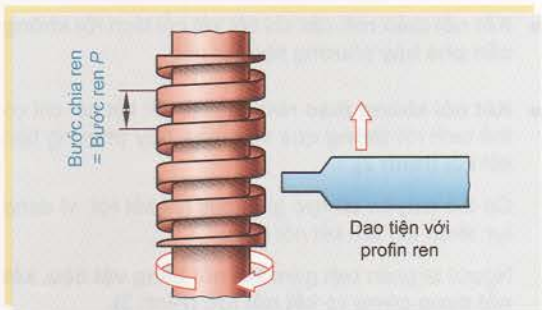
Đường xoắn ốc của ren tương đương với đường được hình thành khi một hình tam giác vuông quấn quanh một trục xi lanh **(Hình 2).** Cạnh huyền của nó thể hiện đường xoắn ốc. Cạnh góc vuông tương đương với chu vi của trục xi lanh $U = \pi \cdot d$. Cạnh bên thẳng góc gọi là **bước ren** P của dây ren. **Góc bước ren** α được tạo ra từ chu vi và đường xoắn ốc.



Hình 2: Đường xoắn ốc (đường ren)

Ren được hình thành khi cắt một rãnh dọc theo đường xoắn ốc vào trục xi lanh **(Hình 3).** Dạng tiết diện của rãnh phải tương ứng với dạng ren mong muốn. Sau một vòng quay profin, ren di chuyển một bước ren P. Từ đường ren (xoắn ốc) hình thành vòng ren (vòng xoắn). Số lượng vòng ren phụ thuộc vào chiều dài ren mong muốn.

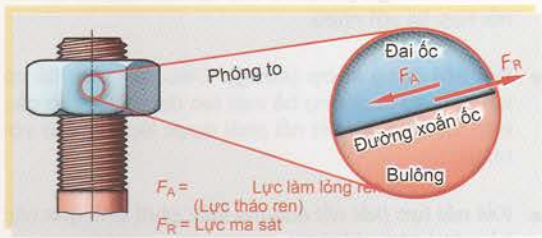
Tác dụng nêm của ren



Hình 3: Hình thành ren

Khi một đai ốc xoay trên một bulông, nó trượt dọc theo đường ren. Để minh họa cho các lực tác động trong lúc vặn ren, ta quan sát một mảnh nhỏ của đai ốc và bulông. Khi vít quay, hai mặt phẳng nghiêng trượt với nhau **(Hình 4)**. Nếu không có lực bên ngoài, phần trên sẽ trượt xuống đường ren (xoắn ốc) của bulông vì lực làm lỏng ren. Tuy vậy lực ma sát giữa các bề mặt cản trở sự di chuyển xuống này.

Ren siết chặt tự hãm



Hình 4: Tác dụng nêm ở ren

Ở **góc bước ren** α nhỏ của ren, đai ốc **không tự trượt** xuống mặt phẳng nghiêng (đường xoắn ốc). Góc bước ren nhỏ tác động lực thẳng góc lớn trong mối liên hệ với trọng lượng và do đó lực ma sát (lực pháp tuyến) lớn. Lực làm lỏng ren (lực tháo ren) trong điều kiện này nhỏ **(Hình 4).** Khi lực ma sát F_R lớn hơn lực làm lỏng ren F_A, việc di chuyển xuống bị cản trở. Ren vì thế **tự hãm**.

https://tieulun.hopto.org

Bulông (vít) siết chặt là bulông tự hãm có góc bước ren nhỏ.

Góc bước ren của bulông ghép chặt khoảng từ 3° đến 1°.Dưới điều kiện bình thường bulông này không thể tự tháo rời được.

Ren di chuyền

Khi góc bước ren của đường xoắn ốc (đường ren) lớn hơn, do đó lực ép (lực thẳng góc/lực pháp tuyến) cùng với lực ma sát giảm. Ngược lại lực tháo ren sẽ lớn hơn **(Hình 1).** Nếu lực tháo ren F_A lớn hơn lực ma sát F_R, thì xảy ra sự di chuyển xuống. Ren này **không tự hãm.**

Ren di chuyền có góc bước ren lớn.

Tỷ lệ truyền lực ở bulông ghép chặt

Bulông siết chặt tạo ra ghép nối bằng lực. Các bộ phận phải được ép lại đủ mạnh với nhau để chúng không dịch chuyển ngược nhau. Lực tháo ren lớn cần thiết được tạo ra bằng cách sử dụng tỷ lệ truyền lực theo hai nguyên tắc vật lý: **tác dụng đòn bẩy và mặt phẳng nghiêng (Hình 2).**

Tỷ lệ truyền lực qua tác dụng đòn bẩy

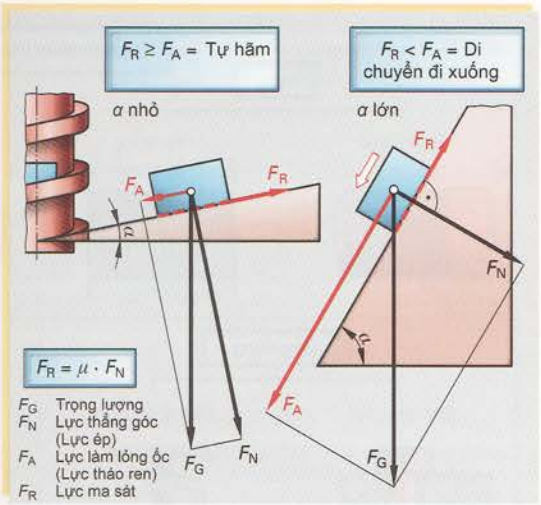
Tác dụng đòn bẩy được tận dụng khi sử dụng chìa khóa bulông. Với tay đòn dài tương ứng có thể đạt lực kẹp lớn bằng lực siết nhỏ.

Tỷ lệ truyền lực qua mặt phẳng nghiêng

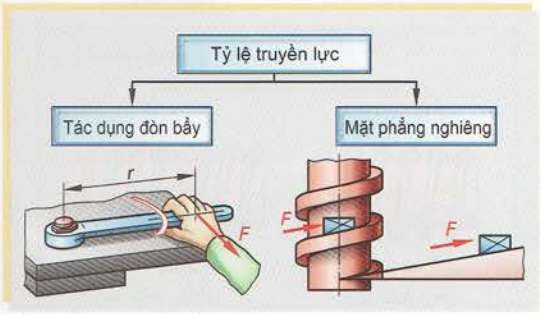
Với sự hỗ trợ của mặt phẳng nghiêng của đường xoắn ốc, tải trọng lớn có thể di chuyển về phía trên với lực tương đối nhỏ. Qua đó một công cơ học được thực hiện. Việc áp dụng kiến thức này vào bulông dẫn đến cách tính **lực siết F_2 (Hình 3)**.

Bài tập:

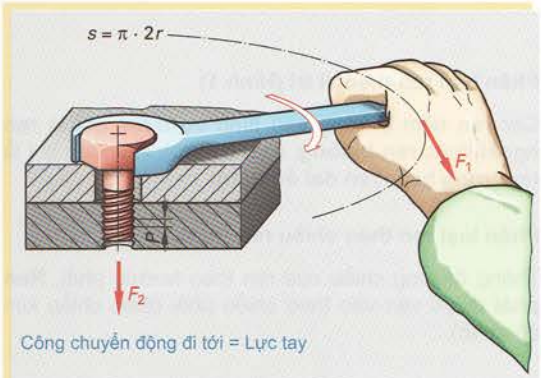
1. Giải thích sự khác biệt giữa kết nối ghép tháo rời được và không tháo rời được! Sắp xếp vào mỗi nhóm ba phương pháp ghép nối!
2. Kết nối bằng vật liệu, dạng và ma sát được hiểu như thế nào? Sắp xếp vào mỗi nhóm ba phương pháp ghép nối!
3. Liệt kê các chi tiết rời của một ghép nối bulông (vít)!
4. Đường xoắn ốc (đường ren) hình thành như thế nào?
5. Ren ghép chặt và ren di chuyển có đặc điểm nào khác nhau?
6. Hãy nêu các nguyên tắc vật lý mà nhờ đó tỷ lệ truyền lực được thực hiện!



Hình 1: Phân bố lực



Hình 2: Sự tạo ra lực ép



Từ công chuyển động đi tới = Lực tay
suy ra Lực tay = Công tạo ra bằng bulông (vít)

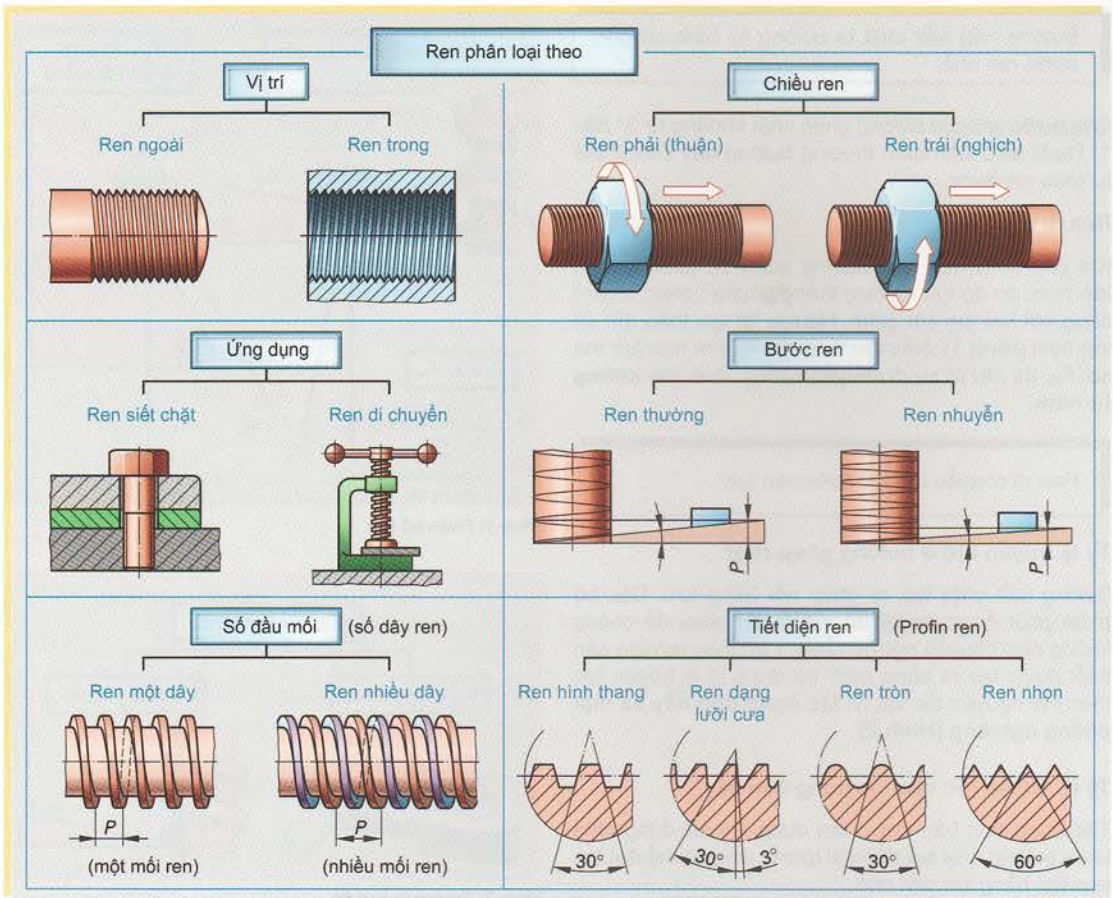
Lực tay . Đường tay đòn ở 1 vòng quay = Lực . Bước ren trong trục bulông (vít)

$$F_1 \cdot \pi \cdot 2r = F_2 \cdot P$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot \pi \cdot 2r}{P}$$

Hình 3: Siết chặt một bulông (vít)

https://tieulun.hopto.org



Hình 1: Tổng quan và phân loại ren

Phân loại ren theo vị trí (Hình 1)

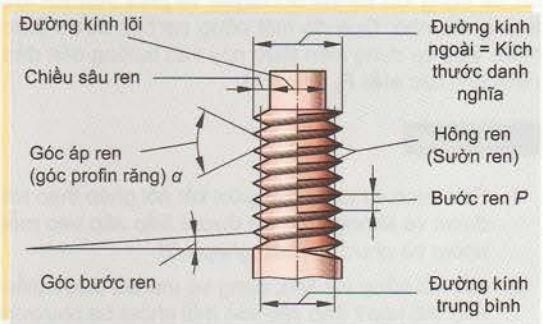
Các ren nằm ở vòng bao hình trụ được gọi là **ren ngoài** hoặc **ren bulông.** Ren ở thành lỗ khoan gọi là **ren trong** hoặc **ren đai ốc (tán).**

Phân loại ren theo chiều ren (Hình 1)

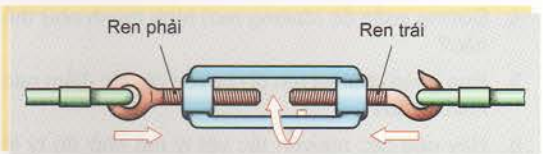
Thông thường chiều của ren theo hướng phải. **Ren phải** được vặn vào theo chiều phải (theo chiều kim đồng hồ).

Ren trái vặn vào theo chiều trái và chỉ dùng trong trường hợp đặc biệt. Ren trái thường được sử dụng khi:

- Được yêu cầu dịch chuyển theo chiều dọc với một chiều quay cho trước (Bộ căng bằng vít, tăng đơ hai đầu, **Hình 3**)
- Ren phải sẽ tự động tháo ra (siết chặt đĩa mài)
- Cần tránh nhầm lẫn (khớp nối bình ga propan)



Hình 2: Đặt ký hiệu ở ren



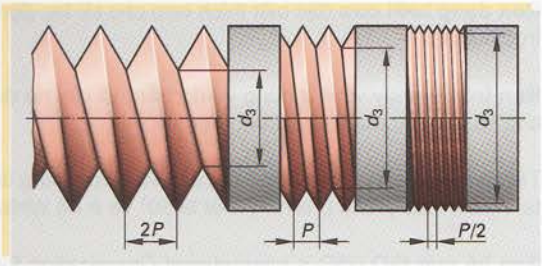
Hình 3: Ren phải và trái ở bộ căng bằng vít (tăng đơ hai đầu)

https://tieulun.hopto.org

Phân loại ren theo cách sử dụng

Ren siết chặt có bulông dùng để kết nối các bộ phận có thể tháo rời được. Các bulông này phải siết chặt và không được phép tự tháo rời (lỏng ra) ở điều kiện bình thường.

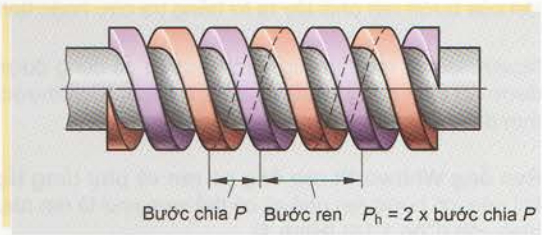
Ren chuyển động (ren di chuyển, ren truyền động) phục vụ cho việc chuyển đổi chuyển động quay thành chuyển động thẳng. Thí dụ như chuyển động quay của một trục được chuyển đổi thành chuyển động thẳng.



Hình 1: Sự phụ thuộc của chiều sâu ren vào bước ren

Phân loại ren theo bước ren

Tại một góc profin ren (góc hông) không đổi, bước ren ảnh hưởng trực tiếp đến chiều sâu ren (**Hình 1**). Bước ren càng lớn thì chiều sâu ren càng lớn và đường kính lõi d_3 càng nhỏ tương ứng. Bước ren tăng làm giảm tiết diện chịu tải và sức chịu tải của vít (bulông). Điều này có ý nghĩa với ren trên ống có thành mỏng.



Hình 2: Ren 2 mối

Ren với bước ren nhỏ hơn ren thường được gọi là **ren nhuyễn**. Góc bước ren nhỏ hơn có tác dụng là bulông không bị tháo lỏng khi bị rung. Do đó ren này phù hợp cho ren siết chặt. Tuy nhiên góc bước ren nhỏ hơn lại tạo ra quãng đường di chuyển dọc trục[1] ngắn hơn mỗi vòng quay.

Phân loại ren theo số mối ren

Nếu muốn đạt được quãng đường dài dọc trục với ít vòng quay, ta nên dùng ren nhiều mối (nhiều dây). Nó có nhiều ren phân bố lệch đều ở đầu ren. Mối ren chạy song song kề nhau (**Hình 2**). Càng nhiều mối ren thì bước ren càng lớn, chiều sâu ren không bị thay đổi. Ren nhiều mối là ren chuyển động, thí dụ như trục chính máy ép và vít vô tận (trục vít).

Bảng 1: Ký hiệu ren tiêu chuẩn

Tiết diện ren	Ký hiệu ngắn	Ký hiệu ren (Thí dụ)
Ren nhọn		
Hệ mét M	M 10	M 10
Ren nhuyễn	M	M 10 x 1
Ren ống - Withworth	R	R 3/4 DIN 2999
Ren hình thang	Tr	Tr 20 x 4
Ren dạng lưỡi cưa	S	S 20 x 2
Ren tròn	Rd	Rd 8 x $\frac{1}{10}$
Ren trái	LH[2]	M 20-LH
Ren nhiều mối	P	Tr 30 x 16 P2

Phân loại ren theo theo tiết diện (profin)

Tương ứng theo các yêu cầu khác nhau khi sử dụng ren, các tiết diện ren được phát triển và chuẩn hóa. Các ký hiệu ren được chuẩn hóa chứa ký tự ngắn cho tiết diện và kích thước danh nghĩa. Trong trường hợp cần thiết, bước ren, hướng chạy (hướng vận hành), và ở ren đặc biệt là số tiêu chuẩn (DIN), được ghi thêm. Ở ren tiêu chuẩn, khi đã biết profin ren, đường kính danh nghĩa và bước ren, người ta tính được các kích thước ren khác hay lấy ra các thông số này từ những bảng tra cứu (**Bảng 1**).

Ren hình thang phần lớn sử dụng cho ren chuyển động. Tiết diện ren của ren hình thang được tạo dạng hình thang và có một góc profin là 30°. Ren hình thang chịu tải dọc trục cả hai phía. Ren có khe hở đỉnh và được dẫn ở hông ren.

Thí dụ ký hiệu Tr 36 x 6 P3: Ren hình thang với nhiều mối có đường kính ngoài là 36 mm, bước ren 6 mm, bước chia là 3 mm và như vậy đây là loại có 2 mối ren (dây).

[1] Dọc trục: theo hướng trục

[2] LH: left hand (tay trái)

https://tieulun.hopto.org

Ren dạng lưỡi cưa đặc biệt thích hợp cho tải tác động một chiều. Cạnh hông chịu lực nằm gần thẳng góc với trục bulông.

Ren tròn ít nhạy với hư hỏng và dơ bẩn. Vì vậy nó được sử dụng chủ yếu cho trang bị phụ (phụ kiện), ly hợp cho xe lửa, ổ (chuôi) cắm bóng đèn v.v...

Tất cả **ren nhọn** có góc bước ren nhỏ và được dùng làm ren siết chặt. Tiết diện ren của nó được tạo thành hình tam giác. Góc profin ở ren hệ mét là 60° và ở hệ Whitworth là 55°.

Ren hệ mét ISO (ISO = International Organization for Standardization = Tổ chức Tiêu chuẩn Quốc tế). Được phân thành ren thường và ren nhuyễn.

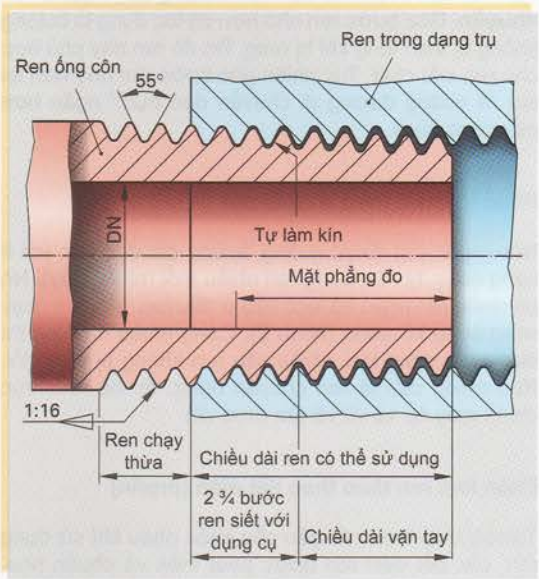
Ren thường được biểu thị rõ ràng qua ký hiệu ngắn chỉ profin với đường kính danh nghĩa. Các thông số về độ lớn của bước ren phải lấy ra từ bảng tra cứu hoặc tính với công thức.

Ngược lại với ren thường, **ren nhuyễn** có cùng đường kính danh nghĩa nhưng bước ren nhỏ. Bước ren này được ấn định trong chuỗi số để lựa chọn. Kích thước bước ren trong ký hiệu ren được cho biết bổ sung theo mm (thí dụ M 20 x **1,5**).

Ren ống Whitworth cho **ống có ren** và **phụ tùng lắp ráp** theo DIN 2999. Sử dụng cho đường ống cung cấp khí nén, có bước ren nhỏ và có thể xem như là ren nhuyễn. Kết nối ren gồm ren trong dạng trụ và một ren ngoài hình côn (Côn 1:16) **(Hình 1).**

Qua kết hợp của ren trong hình trụ với ren ngoài dạng hình côn được bảo đảm, phần lớn kết nối ống đã được làm kín qua việc ép kim loại với kim loại. Một chất làm kín được lắp vào lúc vặn. Nó cân bằng cho những bất thường nhỏ trên bề mặt ren và làm kín bổ sung.

Các kích thước của ren này phải được lấy từ bảng tra cứu. Kích thước (độ lớn) danh nghĩa của ren không dựa vào đường kính ngoài của ren mà dựa vào độ rộng danh nghĩa DN của ống. Nó chỉ gần bằng đường kính trong của ống và dùng làm tham số cho các bộ phận khớp nhau.



Hình 1: Kết nối ren ống - Whitworth

Bài tập:

1. Hãy kể 6 đặc điểm khác nhau được sử dụng để phân loại ren.
2. Hãy diễn đạt qua một câu ghi nhớ về mối quan hệ giữa bước ren và chiều sâu ren.
3. Vì lý do gì sự tự hãm ở ren nhuyễn lớn hơn ren thường?
4. Ren nhiều mối được sử dụng để làm gì?
5. Hãy kể ra chỉ dẫn phải có của một ký hiệu ren.
6. Kể tên 3 tiết diện ren, và cho biết các đặc điểm tương ứng.
7. Hãy cắt nghĩa, tại sao răng ống Whitworth phù hợp cho kết nối kín.

Thí dụ: Về bài tính bulông:

Momen siết của bulông M10 (bước ren 1,5 mm) là 50 Nm. Chìa khóa miệng có chiều dài đòn bẩy tác dụng 150 mm.

$$\text{Lực tay } F_1 = \frac{M}{r} = \frac{50\ \text{Nm}}{0{,}15\ \text{m}} = \mathbf{333\ N}$$

$$\text{Lực ở trục bulông } F_2 = \frac{F_1 \cdot \pi \cdot 2r}{P}$$

$$F_2 = \frac{333\ \text{N} \cdot 3{,}14 \cdot 300\ \text{mm}}{1{,}5\ \text{mm}} = \mathbf{209\ 124\ N}$$

https://tieulun.hopto.org

Thành phần của kết nối ren

Dạng bulông

Các yêu cầu của kết nối bulông rất khác nhau. Tương ứng như vậy, một số lượng lớn bulông khác nhau được phát triển. Chúng khác nhau qua hình dạng đầu, kích thước thân (chuôi), đầu cuối bulông, loại ren và dạng ren **(Hình 1)**.

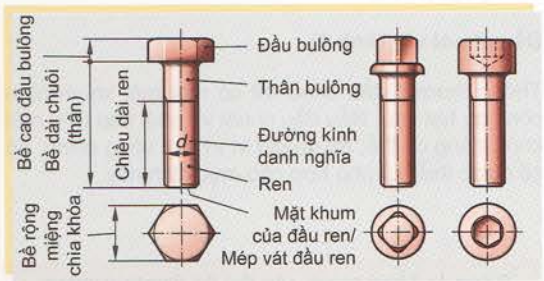
Hình 1: Phân loại bulông theo hình dạng

Đầu bulông

Các đầu bulông quan trọng nhất gồm: bulông sáu cạnh và bulông bốn cạnh, bulông trụ với đầu lục giác chìm, bulông (vít) xẻ rãnh và bulông (vít) xẻ rãnh chữ thập.

Bulông đầu sáu cạnh là loại đầu bulông thường được sử dụng **(Hình 2 bên trái).**

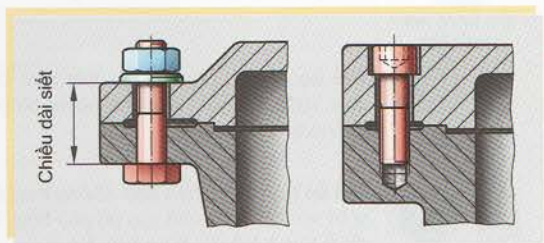
Bulông đầu bốn cạnh (Hình 2 bên phải) cần kích thước đặt chìa vặn (bề rộng miệng chìa khóa) nhỏ hơn so với bulông sáu cạnh, vì bề mặt tựa cho miệng chìa khóa lớn hơn. Tuy nhiên góc vặn tăng từ 60° đến 90° khi vặn bằng chìa khóa với bulông đầu bốn cạnh thay vì sáu cạnh. Do đó ở vị trí tiếp cận kém, bulông đầu bốn cạnh rất khó quay với một chìa khóa (cờ lê) miệng.



Hình 2: Bulông đầu sáu cạnh và bulông đầu bốn cạnh
Thí dụ về tên đặt cho một bulông sáu cạnh với ren M12 Chiều dài thân 80 mm, Cấp độ bền 8.8
Bulông sáu cạnh DIN 931- M12 x 80-8.8

Bulông trụ với đầu lục giác chìm (Hình 3 bên phải) cần ít chỗ lúc siết và tháo (mở). Nó có thể thay thế bulông đầu sáu cạnh ở những nơi khó tiếp cận.

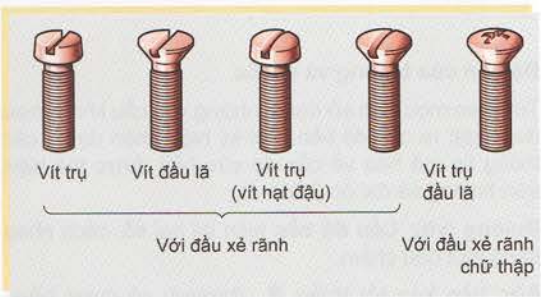
Bulông này cũng được sử dụng khi có yêu cầu khoảng cách nhỏ giữa các bulông. Nó tạo điều kiện tiết kiệm trọng lượng thông qua cấu trúc được thiết kế thích hợp của các cấu kiện. Đầu vít được đặt chìm xuống để tạo độ nhẵn cho bề mặt chi tiết. Ở các chi tiết quay, nguy cơ gây thương tích qua đó được giảm đi **(Hình 3).**



Hình 3: Thiết kế cấu trúc

Vít đầu xẻ rãnh có nhiều dạng đầu khác nhau. Nó được siết với một cái vặn vít (tuộc nơ vít). Do tác động của đòn bẩy nhỏ nên chỉ đạt được lực kẹp tương đối nhỏ.

Vít đầu xẻ rãnh chữ thập siết chặt hơn vì bề mặt để siết lớn hơn. Loại này thích hợp dùng với cây vặn vít do dẫn hướng của cây vặn vít tốt hơn, cũng phù hợp rất tốt cho siết và tháo bằng máy **(Hình 4).**

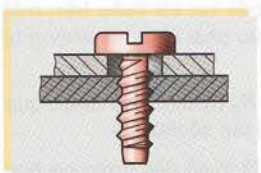


Hình 4: Vít đầu xẻ rãnh

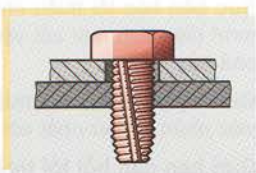
Đầu bulông cho mục đích đặc biệt

Vít siết tôn (Hình 5) được tôi (trui) cứng và tự tạo dạng ren đai ốc lúc siết vào. Nó phù hợp kết nối tôn (kim loại tấm) đến 2,5 mm dày. Đường kính lỗ phải tương ứng với đường kính lõi.

Vít cắt (Hình 6) được tôi thấm than và tự cắt ren đai ốc. Nó có rãnh thoát phoi như cây ven răng.



Hình 5: Vít siết tôn



Hình 6: Vít cắt

https://tieulun.hopto.org

Vít cấy (goujon) (Hình 1)

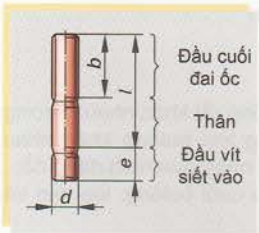
Vít cấy thường được sử dụng trong kết nối tháo rời được thay vì với bulông có đầu. Đầu cuối được vặn vào của vít cấy vẫn còn trong cấu kiện khi tháo rời kết nối. Qua đó ren ở đai ốc được dùng cẩn thận không bị ảnh hưởng.

Chốt ren (Hình 2)

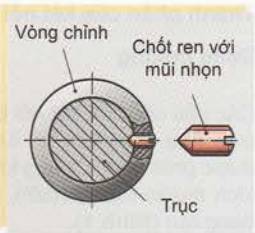
Chốt ren có ren trên toàn bộ chiều dài. Chốt ren được sử dụng chủ yếu để giữ (để bảo đảm) vị trí cho vòng chỉnh, bạc lót v.v.

Đầu chuôi vít (Hình 3)

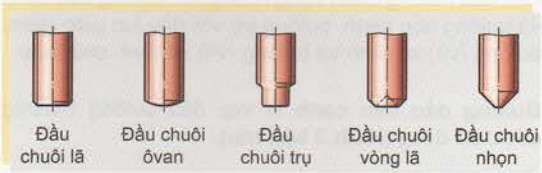
Thông thường đầu chuôi vít có một mặt khum hình côn hay hạt đậu. Nếu đầu chuôi vít phải đáp ứng một chức năng cụ thể, thí dụ giữ vị trí của vòng chỉnh, nó sẽ được thiết kế phù hợp cho mục đích này.



Hình 1: Vít cấy



Hình 2: Chốt ren



Hình 3: Đầu chuôi vít

Bảng 1: Tổng quan các đai ốc thường dùng

Phần tử kết nối	Mô tả	Phần tử kết nối	Mô tả
Đai ốc có mũ DIN 1587	**Đai ốc có mũ** bảo vệ ren khỏi hư hại và làm giảm nguy cơ chấn thương.	Đai ốc 6 cạnh DIN 555	**Đai ốc 6 cạnh** được sử dụng thường xuyên nhất. Bề cao thông thường của nó là 0,8 . đường kính danh nghĩa.
Đai ốc vuông DIN 557	**Đai ốc vuông** có mặt tựa lớn hơn cho chìa khóa miệng, tuy nhiên nó lại có góc xoắn/vặn bất lợi hơn.	Đai ốc chuồn DIN 315; Đai ốc có khía DIN 467	**Đai ốc chuồn và đai ốc có khía** vặn bằng tay. Chỉ phù hợp cho kết nối với lực tải thấp.
Đai ốc hoa DIN 935	**Đai ốc hoa** được bảo đảm chống thay đổi vị trí với các chốt chẻ (gu pi) phù hợp, thí dụ ổ trục bánh xe ở xe hơi. Nó được sử dụng điều chỉnh 6 hay 10 khe, nghĩa là cho 60° hay 36°.	Đai ốc xẻ răng DIN 1804	**Đai ốc xẻ răng** thường có răng nhuyễn và đặc biệt thích hợp để chỉnh độ rơ dọc trục của bợ trục và trục.

Độ bền của bulông và đai ốc

Tùy theo mục đích sử dụng, những yêu cầu khác nhau được đặt ra cho độ bền. Với ký hiệu nhận dạng, các thông tin mã hóa về cấp độ sức bền được thể hiện trên bulông và đai ốc **(Hình 4)**.

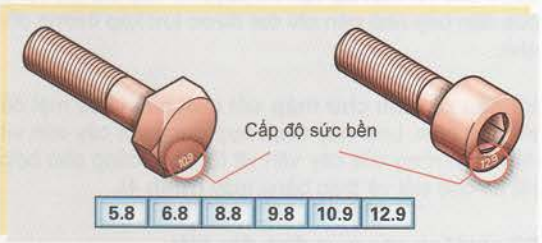
Bulông (vít): Cấp độ bền hiển thị hai số, cách nhau bằng một dấu chấm.

Sức bền kéo tối thiểu R_m (N/mm²) có được bằng cách nhân số thứ nhất với 100.

Sức bền kéo tối thiểu cho biết lực tối thiểu trên một mm² diện tích mặt cắt vật liệu phải chịu mà không bị phá hủy.

Giới hạn đàn hồi tối thiểu R_e (N/mm²) có được qua việc nhân số thứ nhất với 10 lần số thứ hai.

Giới hạn đàn hồi tối thiểu là trị số đặc trưng cơ học quan trọng nhất của bulông.



Hình 4: Cấp độ sức bền của bulông

Thí dụ: Tìm sức bền kéo tối thiểu R_m và giới hạn kéo tối thiểu R_e của một bulông với cấp độ bền 9.8.

Lời giải: $R_m = 9 \cdot 100 \frac{N}{mm^2} = \mathbf{900 \frac{N}{mm^2}}$

$R_e = 9 \cdot 8 \cdot 10 \frac{N}{mm^2} = \mathbf{720 \frac{N}{mm^2}}$

https://tieulun.hopto.org

Ở tải nằm dưới giới hạn đàn hồi, xem như trong phạm vi đàn hồi, bulông hoạt động như một lò xo kéo mạnh **(Hình 1)**. Ở ứng suất kéo, lò xo dài hơn không đáng kể. Khi giảm tải nó trở về chiều dài ban đầu.

Ở ứng suất kéo vượt qua giới hạn đàn hồi, bulông sẽ dài ra rõ rệt và bị biến dạng. Lực ép giữa các bộ phận sẽ ít hơn và bulông có thể tự long ra. Tiết diện của bulông phải được chọn lớn hơn sao cho ứng suất tối đa xuất hiện còn nằm dưới giới hạn đàn hồi.

Đai ốc (tán): được nhận dạng chỉ qua một con số. Từ đây người ta tìm ra **sức bền kéo tối thiểu** R_m như với bulông.

Đối với những yêu cầu đặc biệt, còn có bulông và đai ốc có độ bền cao, chịu bền nhiệt hoặc tính bền chống ăn mòn.

Vòng đệm (long đền)

Các vòng đệm có tác dụng ngăn chặn sự hư hại của bề mặt chi tiết. Ở các chi tiết rèn, cán hay đúc mặt, đế tựa của đai ốc và của đầu bulông được cải thiện qua các vòng đệm. Lực ép mạnh qua đó phân bố đều trên vòng đệm (tấm đỡ).

Bề mặt nghiêng phải được làm bằng qua các đệm nghiêng **(Hình 2)**. Cho các đà U người ta sử dụng đệm vuông với hai rãnh, cho đà I sử dụng đệm có một lần rãnh.

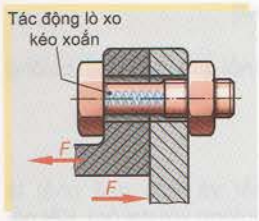
Khóa chặt bulông

Qua dao động, nhiệt độ dao động và ứng suất đổi chiều, kết nối bulông có thể tự tháo (lỏng). Vị trí của nó phải được giữ cố định ở các lực tải này. Việc hãm kết nối bulông được phân loại ra thành kết nối lực, kết nối dạng cứng và kết nối bằng vật liệu tùy theo cách tác động.

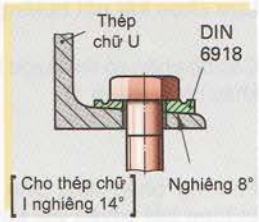
Khóa chặt bulông qua kết nối lực (Hình 3) qua tác động sức căng ban đầu của một chi tiết đàn hồi ở vòng lò xo (đệm chẻ), vòng đệm răng v.v hoặc do tăng ma sát. Điều này xảy ra qua việc đặt (chèn) các vòng nhựa, thay đổi bước ren hay sức căng với đai ốc hãm.

Khóa chặt bulông qua kết nối dạng cứng tạo thành một trở ngại cho sự tự nới lỏng. Tuy nhiên qua đó vẫn không ngăn chặn được việc nới lỏng nhẹ các kết nối **(Hình 4)**.

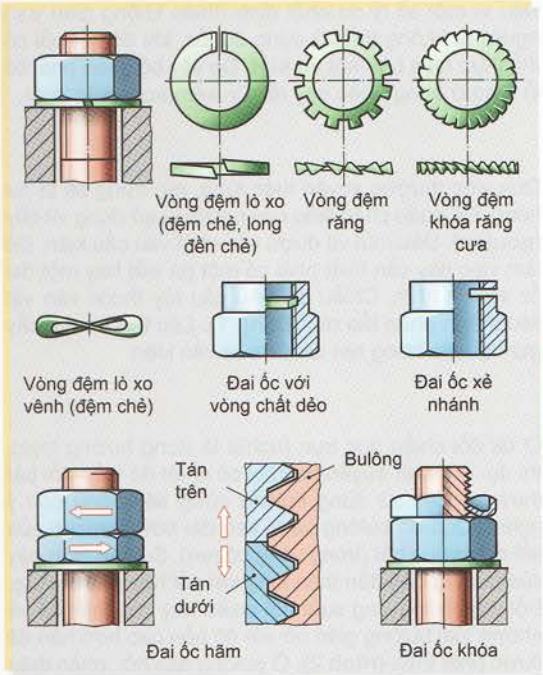
Khóa chặt bulông qua kết nối bằng vật liệu thông thường có thể đạt được bằng cách dán các ren với nhựa lỏng có khả năng biến cứng **(Hình 5)**.



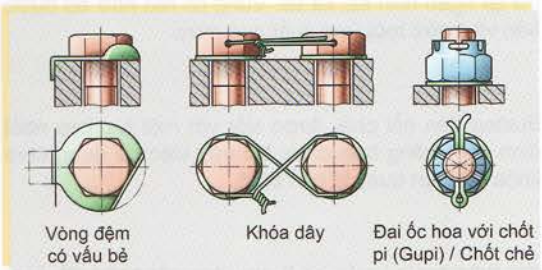
Hình 1: Trình bày phác họa tác động đàn hồi của một kết nối bulông



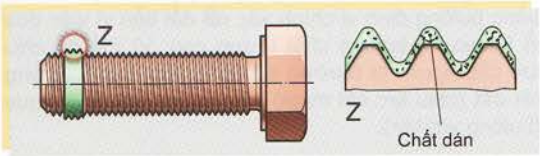
Hình 2: Vòng đệm cho thép chữ U



Hình 3: Khóa chặt bulông qua kết nối lực



Hình 4: Khóa chặt bulông qua kết nối dạng cứng

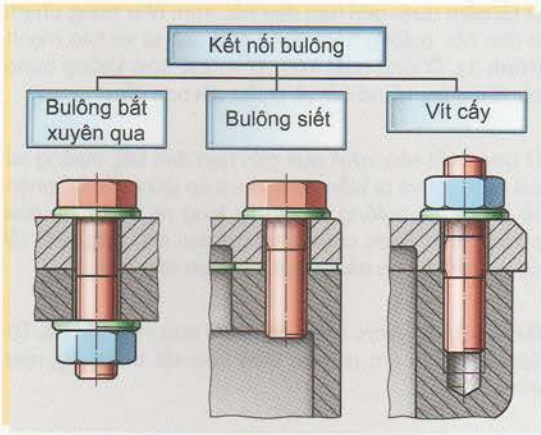


Hình 5: Khóa chặt bulông qua kết nối bằng vật liệu

https://tieuluan.hopto.org

Lựa chọn kết nối bulông (vít)

Các bộ phận có thể được kết nối qua nhiều loại bulông khác nhau **(Hình 1)**:



Hình 1: Các loại kết nối bulông

Phương pháp đơn giản nhất và hiệu quả nhất là **bulông bắt xuyên với tán** (bulông với đai ốc). Kết nối bulông gồm thân bulông, vòng đệm và đai ốc. Chi tiết kết nối có các lỗ thông.

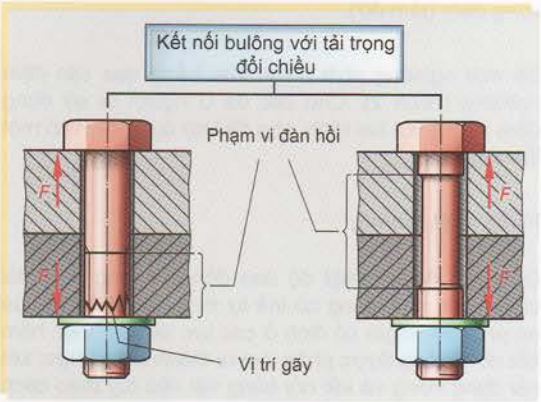
Nếu vì một số lý do nhất định (thiếu không gian v.v.) người ta không thể sử dụng đai ốc, khi đó kết nối có thể thực hiện bởi một **vít siết**. Do vậy bộ phận phải có lỗ răng ở trong. Việc này rất tốn kém trong sản xuất.

Qua việc thường xuyên tháo lỏng, ren trong sẽ bị hư hỏng. Để ngăn chặn điều này người ta sử dụng vít cấy **(goujon)**. Đầu mút vít được vặn chặt vào cấu kiện. Để làm việc này cần thiết phải có một gá siết hay một đai ốc với ốc hãm. Chiều dài yêu cầu tùy thuộc vào vật liệu thành phần lắp ráp **(Bảng 1).** Lúc tháo ra vít cấy giữ nguyên trong ren đai ốc của cấu kiện.

Bảng 1: Chiều dài vặn e ở vít cấy (goujon)

Vặn vào thép	$e \approx d$
Vặn vào hợp kim nhôm	$e \approx 2\ d$
Vặn vào gang	$e \approx 1{,}25\ d$
Vặn vào kim loại mềm	$e \approx 2{,}5\ d$

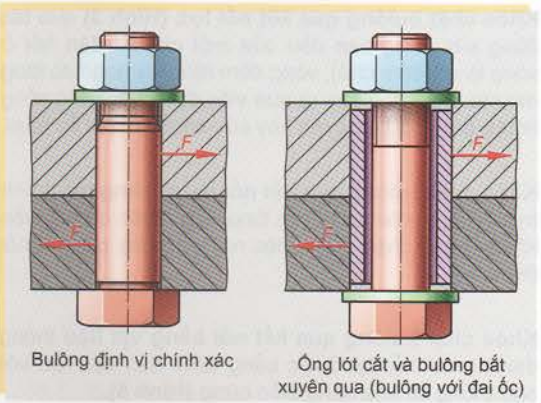
Ở tải đổi chiều dọc trục (nghĩa là trong hướng trục), thí dụ: ở thanh truyền hay khi có nhiệt độ biến đổi bất thường, việc sử dụng bulông cứng sẽ không còn ý nghĩa. Qua đó bulông sẽ bị kéo dài bởi tải mạnh của tiết diện yếu nhất (trong vùng có ren). Sự kéo giãn này của bulông dẫn đến tháo lỏng kết nối hay gãy bulông. Đối với những ứng suất đổi chiều này các thiết kế về những loại bulông giãn nở với độ bền cao hơn hẳn đã được phát triển **(Hình 2).** Ở bulông đàn hồi, phần thân dài, mỏng có tiết diện thấp nhất (90% của đường kính lõi ren). Thân này sẽ kéo giãn bởi lực tải của bulông và trở lại ngắn hơn lúc xả tải. Vùng có ren nhờ đó được bảo vệ trước một ứng suất quá mức.



Hình 2: Bulông cứng và bulông đàn hồi

Bulông đàn hồi phải được siết với một lực kẹp nhất định (sức căng ban đầu). Do vậy việc sử dụng chìa khóa momen quay là cần thiết.

Khi thân bulông cần phải chịu lực cắt hoặc để đảm bảo vị trí của chi tiết lắp ráp, có thể sử dụng **bulông định vị** chính xác (bulông lắp sít) **(Hình 3).** Kết nối bằng bulông định vị chính xác rất đắt tiền vì việc doa lỗ khoan và bulông chất lượng cao. Vì thế để chịu lực cắt, người ta thường sử dụng **ống kẹp** hay **ống lót cắt** (chịu lực cắt trượt) với bulông bắt xuyên qua (bulông với tán).



Hình 3: Chịu lực cắt

https://tieulun.hopto.org

7.6.3 Kết nối chốt và kết nối bulông

Qua việc lắp vít cấy (đóng chốt), các chi tiết lắp ráp kết nối với nhau bởi dạng kết cấu tháo rời được.

Chốt định vị chính xác kết nối các bộ phận máy để chúng có được vị trí chính xác với nhau. Các bộ phận này được đảm bảo chống lại sự dịch chuyển cũng như có thể đưa trở lại dễ dàng về vị trí ban đầu sau khi tháo ra. Sự truyền lực thực sự thường được thực hiện bởi một kết nối bulông bổ sung **(Hình 1).**

Chốt đóng chặt (lắp chặt) có thể truyền lực nhỏ hơn. Nó là cách đơn giản và có chi phí thấp để sản suất các kết nối cứng và chuyển động **(Hình 1).**

Chốt cắt đứt bảo vệ máy khi quá tải (ứng suất quá mức). Nó được lắp vào giữa trục truyền động và trục làm việc chính. Khi quá tải chỉ chốt cắt đứt (điểm phải gãy) bị phá hủy **(Hình 1).**

Có sẵn nhiều chốt tiêu chuẩn khác nhau đáp ứng các yêu cầu khác nhau. Các chốt thường dùng nhất là: chốt trụ, chốt côn, chốt có khía và chốt cuốn (chốt bung, chốt chẻ, chốt lò xo) **(Hình 2).**

Chốt trụ có thể được sử dụng làm chốt định vị, chốt đóng chặt và chốt cắt đứt. Các loại này được phân biệt qua kích thước có dung sai, được nhận dạng ở đầu cuối của chốt **(Hình 3).**

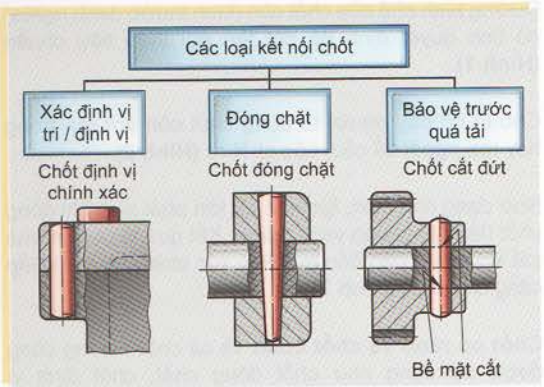
Thí dụ ký hiệu của một chốt trụ đường kính từ 8 mm và dài 50 mm với đầu hình hạt đậu.

Chốt trụ DIN 7-8 m6 x 50

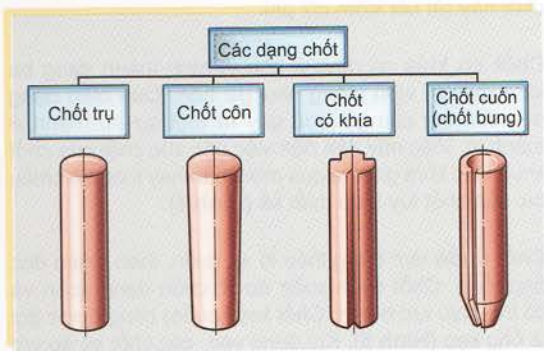
Chốt trụ loại m6 được sử dụng chủ yếu làm chốt định vị. Các chốt loại h8 và h11 dùng làm chốt đóng chặt. Cho các lỗ cụt (lỗ không thông) có chốt trụ với rãnh dài (để thông gió) và với ren trong (để cảo chốt) **(Hình 4).**

Chốt trụ loại h11 thì yêu cầu các lỗ khoan đã doa. Các chi tiết cần kết nối với nhau phải được khoan và doa trong tình trạng lắp ráp. Để đảm bảo một đế tựa (mặt tựa) chính xác, các lỗ khoan của từng chi tiết phải làm sạch bavia. Trước khi đóng vào, các chốt nên được thoa mỡ. Qua đó tránh được việc bị hao mòn, nghĩa là sự hàn nguội.

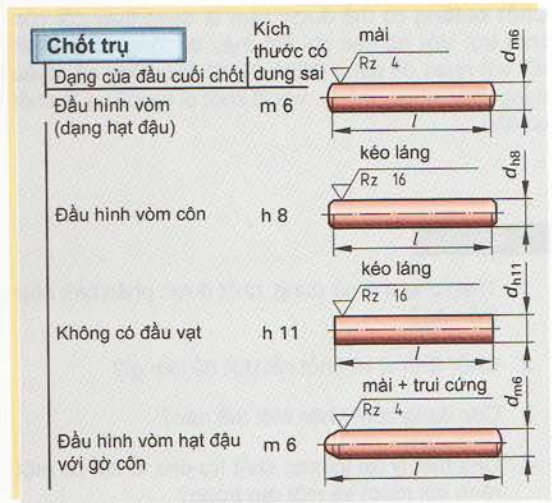
Chốt côn phục vụ chủ yếu để đóng cứng (đóng chặt). Nó có một tỷ lệ côn tiêu chuẩn hóa từ 1:50 nghĩa là trên 50 mm chiều dài côn thay đổi đường kính ở 1 mm.



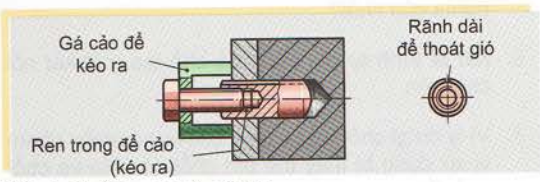
Hình 1: Kết nối chốt



Hình 2: Các dạng chốt



Hình 3: Phân loại các chốt trụ



Hình 4: Chốt trụ cho lỗ có đáy

https://tieulun.hopto.org

Đường kính nhỏ của chốt côn (kích thước danh nghĩa) có tính quyết định để đặt tên gọi theo tiêu chuẩn **(Hình 1).**

Cho lỗ có đáy người ta dùng chốt côn với ren trong hay ren ngoài để cảo, kéo chốt ra **(Hình 2).**

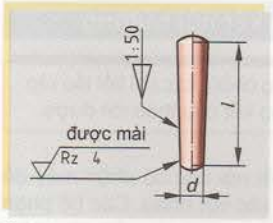
Nhờ dạng côn thon, lực nén rất lớn phát sinh khi đóng chốt (lắp căng) vào vách thành. Kết quả là các lực ma sát lớn từ đó dẫn đến một tiếp xúc chặt còn gọi là lắp căng cho chốt **(Hình 3).**

Chốt có rãnh và chốt cuốn và cả chốt bulông cũng được sử dụng như chốt đóng chặt, chốt định vị **(Hình 6).** Ưu thế của nó là các lỗ khoan không phải doa như ở các chốt trụ và côn. Do đó việc sử dụng các chốt này rất tiết kiệm chi phí.

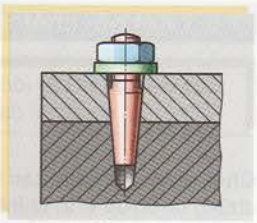
Chốt có khía có rãnh ở chu vi hình thành dạng ba khía dài với viền giống như gờ tròn. Qua biến dạng dẻo-đàn hồi của gờ tròn gây ra một sự ép mạnh ở thành lỗ. Việc này dẫn đến việc tiếp xúc chặt của chốt khía. Các khía giãn ra qua một phần hay toàn bộ chiều dài của chốt tùy theo thiết kế **(Hình 4).**

Chốt cuốn làm bằng thép lò xo cuốn, theo chiều dọc ống rỗng. Chốt cuốn xoắn được cuốn dạng xoắn và có thể chịu lực mạnh. Chốt kẹp (cuốn) cũng được gọi là ống kẹp **(Hình 5).** Khi đóng vào, các chốt sẽ ép với nhau đàn hồi và nằm chặt ở lỗ vách thành.

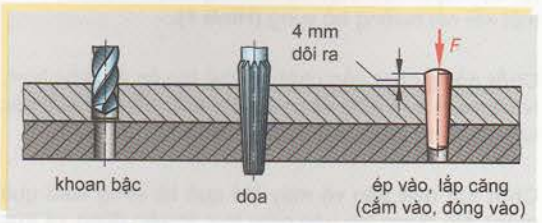
Chốt bulông có thể được xem là dạng thay đổi của chốt trụ. Với nó các chi tiết máy di động có thể kết nối với nhau dễ dàng **(Hình 7).** Chốt bulông có nhiều dạng khác nhau, thí dụ: với lỗ chốt pi (gupi) và lỗ chốt có đầu.



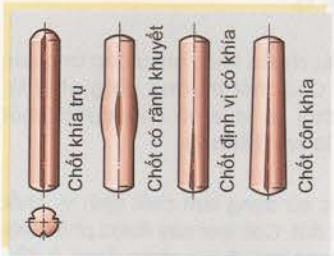
Hình 1: Côn



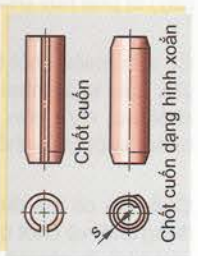
Hình 2: Chốt côn cho lỗ có đáy



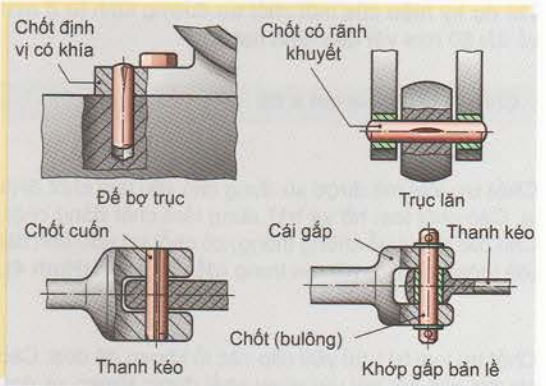
Hình 3: Thí dụ lắp ráp một chốt côn



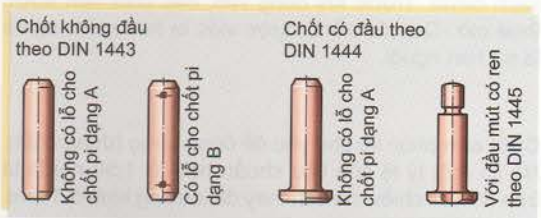
Hình 4: Chốt có khía



Hình 5: Phân loại chốt cuốn



Hình 6: Thí dụ ứng dụng chốt cuốn có khía và chốt bulông



Hình 7: Chốt

Bài tập:

1. Theo phạm vi sử dụng, chốt được phân biệt như thế nào?
2. Chốt định vị và chốt cắt đứt để làm gì?
3. Các dạng chốt phân biệt thế nào?
4. Cho biết lý do tại sao chốt trụ cho lỗ cụt có một rãnh dài (dọc) và một ren trong?
5. Ở vị trí nào bạn có thể đo đường kính danh nghĩa của chốt?
6. Mô tả trình tự gia công để chế tạo một kết nối chốt côn.
7. Vì lý do gì chốt trụ và chốt côn trong nhiều phạm vi sử dụng bị thay thế bởi chốt có khía và chốt cuốn?

https://tieulun.hopto.org

7.6.4 Kết nối nêm

Qua kết nối nêm, cấu kiện được kết nối với nhau bằng lực có thể tháo ra được.

Bulông và chốt không phù hợp để truyền tải momen quay (xoắn) lớn giữa một trục và một đùm (may ơ). Người ta có thể sử dụng kết nối nêm. Thí dụ như ở trường hợp máy móc hạng nặng. Con nêm được đóng vào rãnh kết nối trục và đùm. Chiều sâu của rãnh được tiêu chuẩn hóa. Rãnh ở đùm phải có độ nghiêng tương ứng với nêm.

Độ nghiêng thấp của nêm tác động một lực căng F_1 tạo ra một lực ép F_N (lực thẳng góc) lớn và như thế hình thành một lực ma sát F_R lớn **(Hình 5)**.

Ở kết nối nêm bánh răng, puli đai v.v. không cần phải được bảo vệ chống lại việc dịch chuyển.

Nêm chỉ chịu tải ở dưới và ở trên bề mặt ma sát và có độ rơ ở bên hông.

Vì lực ép (lực thẳng góc) lớn tạo ra sự lắp căng của nêm gây nên biến dạng giữa trục và đùm **(Hình 6).** Sự biến dạng này một mặt dẫn đến một mặt tựa chặt của đùm nhưng mặt khác tạo ra sự dịch chuyển nhẹ của trục trung tâm (ở giữa) và như thế tạo ra độ lệch tâm của kết nối. Qua đó hình thành việc mất cân bằng, có thể gây ra dao động.

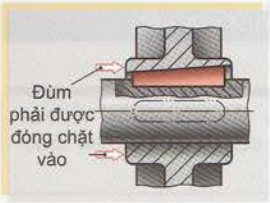
Trong tình trạng quá tải có thể xảy ra của sự kết nối lực, nêm tạo ứng suất ở một bên của rãnh và chịu ứng suất cắt. Kết nối nêm sau đó là kết nối lực và kết nối dạng khớp **(Hình 5).**

Các dạng nêm quan trọng nhất là nêm chìm, nêm đẩy (nêm lói), nêm vát có đầu và nêm tiếp tuyến **(Hình 1 đến 4).**

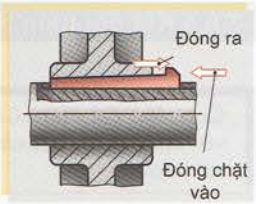
Nêm tiếp tuyến thích hợp cho việc truyền momen xoắn cao, va đập và cả cho momen xoắn đổi chiều. Sự kết nối được dựa vào hai cặp nêm so le **(Hình 3).**

Bài tập:

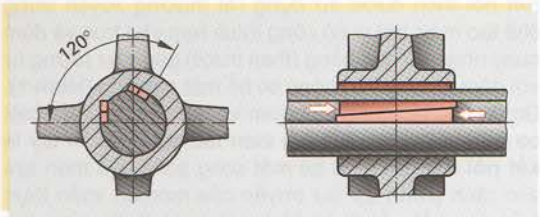
1. Hãy giải thích tại sao kết nối nêm là kết nối lực.
2. Kết nối nêm phù hợp cho phạm vi sử dụng nào?
3. Độ nghiêng được chuẩn hóa của nêm là bao nhiêu?
4. Phác họa tác động lực và truyền lực ở một kết nối nêm.
5. Tại sao khóa chống dịch chuyển dọc trục ở một kết nối nêm là không cần thiết?



Hình 1: Nêm chìm

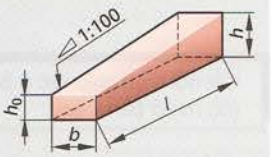


Hình 2: Nêm vát có đầu

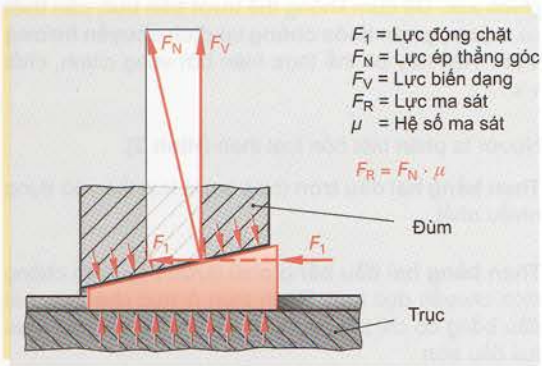


Hình 3: Nêm tiếp tuyến

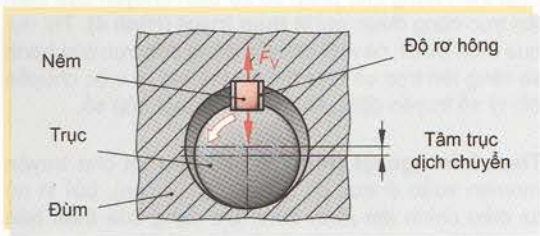
$$\text{1:100} = \frac{h - h_0}{l} = \frac{8\text{ mm} - 7{,}4\text{ mm}}{60\text{ mm}}$$



Hình 4: Kích thước ở nêm



Hình 5: Tác động lực ở một kết nối nêm



Hình 6: Dịch chuyển của tâm trục ở kết nối nêm (vẽ phóng đại)

Thí dụ ký hiệu cho nêm từ 10 mm bề ngang, 8 mm bề cao và 60 mm bề dài:

Nêm chìm: Nêm DIN 6886-A 10x8x60

Nêm đóng chặt: Nêm DIN 6886-B 10x8x60

https://tieulun.hopto.org

7.6.5 Kết nối then (Chốt cla vết)

Qua việc đặt then. Các cấu kiện được kết nối với nhau bằng kết cấu dạng khớp có thể tháo rời được.

Kết nối then được sử dụng rất thường xuyên trong chế tạo máy, bởi vì nó cũng thích hợp cho trục và đùm quay nhanh. Then bằng (then trượt) gần như tương tự với nêm, nhưng nó không có bề mặt nghiêng **(Hình 1)**. Do đó các tác dụng của then và nêm có sự khác biệt cơ bản với nhau. Kết nối then tác động thuần túy là **kết nối dẫn theo**, vì bề mặt song song của then tựa vào rãnh **(Hình 2)**. Sự truyền của momen xoắn thực hiện qua **kết nối dạng khớp**, then phải chịu ứng lực cắt và lực ép bề mặt. Momen xoắn có thể truyền được ít hơn so với kết nối nêm.

Kết nối then chịu lực ở bề mặt hông và có khe hở (độ rơ) ở bên trên.

Qua đó ngăn ngừa được việc trục và đùm làm biến dạng lẫn nhau và có được chuyển động chạy tròn chính xác. Để đùm không thể trượt trên trục, cần thiết có **một bộ phận khóa chống lại dịch chuyển hướng trục**. Việc này có thể thực hiện bởi vòng chỉnh, chốt v.v.

Người ta phân biệt bốn loại then **(Hình 3)**:

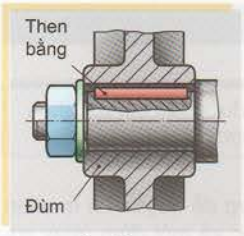
Then bằng hai đầu tròn (bo tròn) là loại then sử dụng nhiều nhất.

Then bằng hai đầu bằng phải được bảo đảm chống dịch chuyển dọc trục. Rãnh then ở trục cho then hai đầu bằng có chi phí sản xuất rẻ hơn so với các then hai đầu tròn.

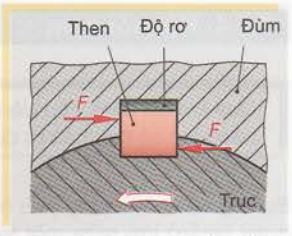
Loại then bằng cho phép có sự dịch chuyển của đùm lên trục cũng được gọi là **then trượt (Hình 4).** Thí dụ: qua then trượt, có một chuyển động dọc trục của bánh xe răng lên trục và như thế có thể tạo ra việc chuyển đổi tỷ số truyền động khác nhau ở một hộp số.

Then bán nguyệt (Hình 5) phù hợp tốt cho truyền momen xoắn ở trục có đót côn (đầu côn), bởi vì nó tự điều chỉnh lên rãnh đùm. Do dạng của then bán nguyệt là đoạn tròn và do đó cần rãnh trong trục sâu hơn, khả năng tải của kết nối bị hạn chế.

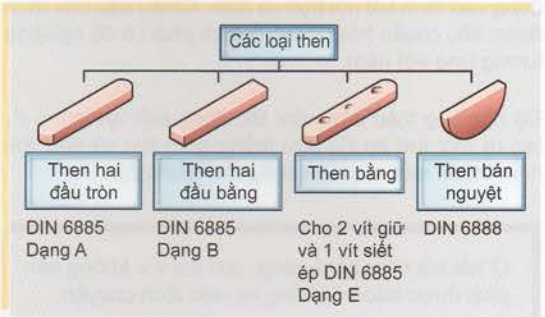
Trục profin và đùm profin (đùm then hoa) trình bày một loại thiết kế đặc biệt của kết nối then dạng khớp **(Hình 6).** Ở đó, sự truyền của momen lực phân bố trên toàn chu vi. Điều này tăng khả năng tải và cải thiện tính chất chạy chính xác của cấu kiện (độ đồng tâm).



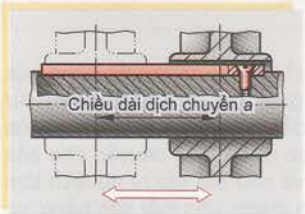
Hình 1: Kết nối then



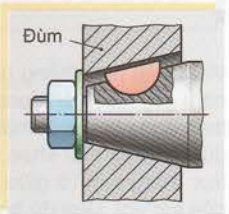
Hình 2: Tác động của kết nối then



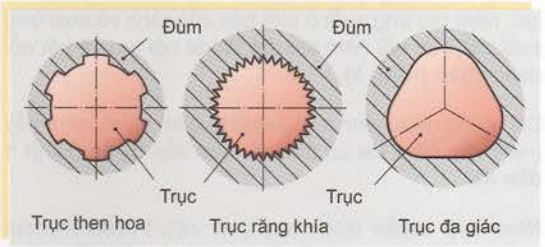
Hình 3: Các loại then



Hình 4: Kết nối then trượt



Hình 5: Kết nối then bán nguyệt



Hình 6: Trục profin (trục then hoa)

Bài tập:

1. Sự khác nhau giữa then và nêm là gì?
2. Giải thích về truyền lực ở một kết nối then.
3. So sánh tính chất quay đồng tâm ở kết nối nêm và kết nối then.
4. Tại sao phải khóa đùm chống lại dịch chuyển dọc?
5. Hãy kể bốn loại then.
6. Then trượt cần thiết để làm gì?

https://tieulun.hopto.org

7.6.6 Hàn vảy

Qua hàn vảy, kim loại có thể kết nối với nhau bằng vật liệu không tháo rời được.

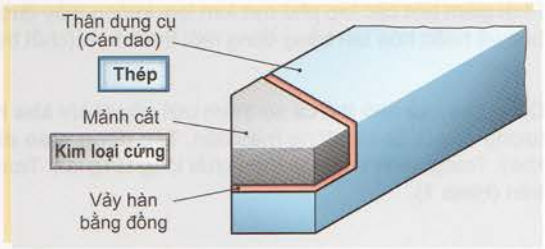
Vật liệu nền và chất phụ gia dễ nóng chảy, gọi chung là chất hàn vảy, được nung nóng đến nhiệt độ làm việc của vảy hàn. Ở đây, vật liệu của các bộ phận được kết nối vẫn còn ở trạng thái rắn và vảy hàn trở thành lỏng. Khi nguội vảy hàn đông đặc và kết nối các bộ phận lại với nhau. Phạm vi ứng dụng của hàn vảy trải dài từ sửa chữa thủ công đến sản xuất hàng loạt.

Hàn vảy có những ưu điểm sau:

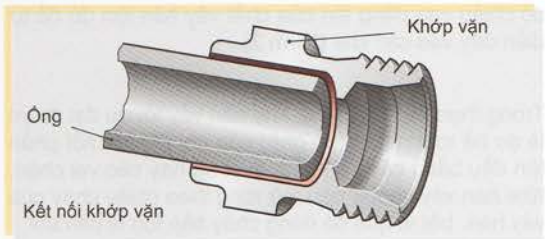
- Qua hàn vảy, các kim loại khác nhau cũng có thể được kết nối với nhau dễ dàng.
- Do nhiệt độ làm việc thấp dẫn đến lợi thế rất lớn khi kết nối các chi tiết với thành dày nhỏ hoặc có độ dày khác nhau. Ngoài ra, giảm nguy cơ phá hủy các chi tiết bởi sự thay đổi cấu trúc, ứng suất nhiệt và hư hỏng **(Hình 1 và Hình 2).**
- Phần lớn mối hàn vảy kín đối với hơi và chất lỏng.

  Thí dụ về các ứng dụng: Bồn chứa, lắp đặt ống **(Hình 2).**
- Mối hàn vảy thông thường dẫn điện tốt.

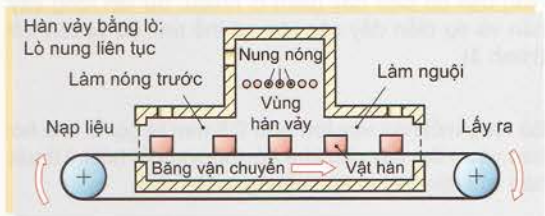
  Thí dụ về các ứng dụng: chế tạo động cơ điện, hàn vảy các kết nối điện và bản mạch in (tấm lắp ráp các bộ phận điện tử).
- Phương pháp hàn vảy thường được tự động hóa dễ dàng **(Hình 3).**



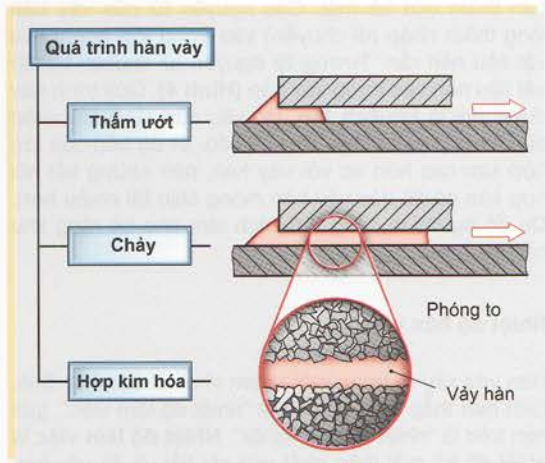
Hình 1: Hàn vảy các kim loại khác nhau



Hình 2: Hàn vảy các bộ phận làm kín với bề dày khác nhau



Hình 3: Phương pháp hàn vảy được tự động hóa



Hình 4: Các giai đoạn của quá trình hàn vảy

Quá trình hàn vảy

Một kết nối hàn vảy được hình thành qua ba giai đoạn **(Hình 4)**. Chất liệu hàn vảy lỏng được phủ lên trên vật liệu nền sạch bằng kim loại và đã được nung nóng đến nhiệt độ gia công, do đó diễn ra **sự thấm ướt**. Hiện tượng này tạo ra **sự tiếp xúc** bên trong giữa vật liệu phụ gia và vật liệu nền đồng thời **làm chảy** vảy hàn. Những giọt vảy hàn lỏng lan ra mở rộng bề mặt tiếp xúc và chảy vào các khe nhỏ nhất. Đồng thời xuất hiện **sự cấu tạo hợp kim** giữa vật liệu nền và vảy hàn.

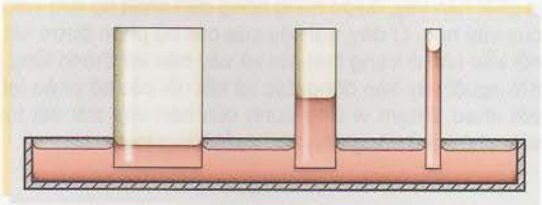
Để có thể tạo ra sự thấm ướt dựa vào **lực bám** (lực dính), phải để vảy hàn lỏng tiếp xúc trực tiếp với vật liệu nền. Chỉ cần phủ một ít kim loại rắn với các tạp chất hoặc bao vảy hàn lỏng với oxit, đã ngăn chặn sự tiếp xúc trực tiếp và làm cho kết nối hàn vảy không thể thực hiện được.

Ngay cả sau khi xử lý trước bằng cơ học hay hóa học để hàn, lớp oxit vẫn được tạo thành ngay lập tức ở nhiệt độ phòng.

https://tieulun.hopto.org

Phải giảm bớt các lớp phủ oxit kim loại không thấy được bằng cách nung nóng chi tiết và chất vảy hàn trong khí bảo vệ hoặc hòa tan bằng dung môi thích hợp (chất trợ dung).

Dòng chảy và nhờ thế cả sự thấm ướt xảy ra khi **khe hở hàn** đủ hẹp ở vị trí ngang cũng như thẳng đứng. Hiện tượng này là do tác động mao dẫn. **Tác động mao dẫn** dựa vào lực bám giữa chất lỏng và bề mặt rắn (vách khe). Trong vách khe, lực bám chất lỏng tăng lên. Trong ống hẹp lực bám đủ mạnh để hút chất lỏng còn lại lên trên **(Hình 1).**

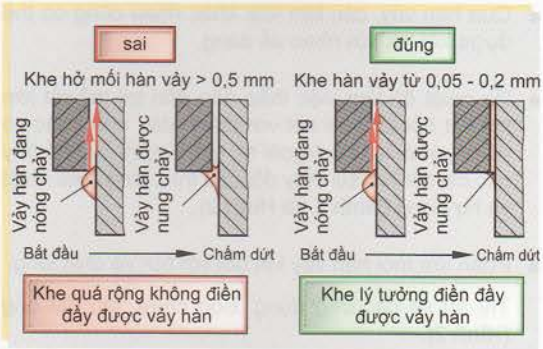


Hình 1: Tác động mao dẫn

Bề rộng khe hở hẹp từ 0,05 mm đến 0,2 mm thích hợp nhất cho hàn vảy. Ở đây áp suất mao dẫn và nhờ đó chiều cao dâng lên của chất vảy hàn lớn đủ để tự điền đầy vào các khe **(Hình 2)**.

Trong thực tiễn ở xưởng, khe hàn vảy tối ưu đạt được là do bề mặt nhám (gồ ghề) của chi tiết kết nối phần lớn đều bằng các đế thông thường hay các vai chặn. Khe hàn vảy không nên mở rộng theo chiều chảy của vảy hàn, bởi vì qua đó dòng chảy tiếp tục bị cản trở.

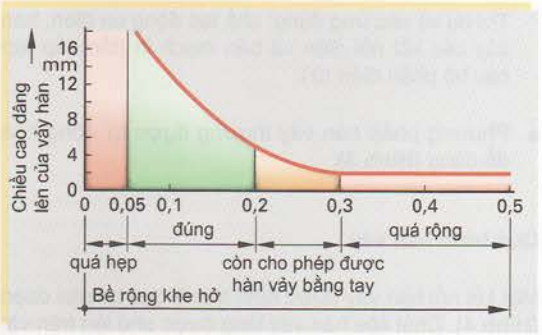
Trong phạm vi bề rộng từ 0,2 mm đến 0,5 mm, áp suất mao dẫn để điền đầy giảm đi nhiều. Sự lan rộng vảy hàn và sự điền đầy các khe có thể tình cờ bị cản trở **(Hình 3)**.



Hình 2: Tác động mao dẫn ở khe hở hẹp hàn vảy

Bề rộng mối hàn vảy lớn hơn 0,5 mm ta gọi là khe hở hàn vảy. Hàn vảy cho khe hở thường đòi hỏi kỹ thuật hàn vảy đặc biệt vì áp suất mao dẫn nhỏ.

Giai đoạn **hình thành hợp kim** xảy ra ngay khi vảy hàn thấm ướt bề mặt. Các nguyên tử của vảy hàn lỏng thâm nhập (di chuyển) vào trong lớp ngoài của vật liệu nền rắn. Tương tự nguyên tử khuếch tán từ vật liệu nền vào trong vảy hàn **(Hình 4)**. Quá trình này được gọi là **khuếch tán**. Độ sâu của sự thâm nhập phụ thuộc vào vật liệu và nhiệt độ. Vì độ bền của lớp hợp kim cao hơn so với vảy hàn, nên những kết nối hợp kim có độ dày vảy hàn mỏng chịu tải nhiều hơn. Do đó người ta cũng tìm cách làm cho bề rộng khe hở hẹp hơn.

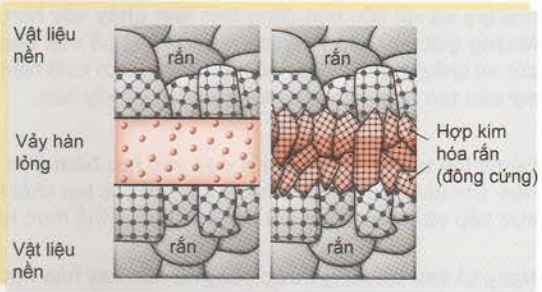


Hình 3: Sự liên quan giữa bề rộng khe hở và chiều cao dâng lên khi hàn vảy

Nhiệt độ hàn vảy

Hàn vảy xảy ra trong một phạm vi nhiệt độ nhất định. Giới hạn thấp nhất của nó là "nhiệt độ làm việc", giới hạn trên là "nhiệt độ hàn tối đa". **Nhiệt độ làm việc** là nhiệt độ bề mặt thấp nhất của chi tiết, ở đó vảy hàn thấm ướt, chảy và hợp kim hóa. Nó được xem như hằng số hàn vảy khi sử dụng chất trợ dung thích hợp.

Khi vượt qua **nhiệt độ hàn vảy tối đa** không thể có hàn vảy hoàn hảo. Để quá trình hợp kim hóa thuận lợi, sau khi hàn vảy nên giữ nhiệt độ làm việc tùy theo chất liệu hàn 15-60 giây. Lúc nguội và hóa rắn (đông cứng) vảy hàn phải giữ mối hàn không có dao động.



Hình 4: Sự hình thành hợp kim

https://tieulun.hopto.org

Phương pháp hàn vảy

Khoảng nhiệt độ làm việc giới hạn hai phương pháp hàn vảy mềm và hàn vảy cứng với nhau.

Ở hàn vảy mềm, mối hàn mềm và không phù hợp cho việc truyền lực lớn. Điều này là do nhiệt độ làm việc thấp, mà ở đó chỉ có thể hình thành một lớp hợp kim mỏng. Ngoài ra, độ bền của chì, chất hàn vảy được sử dụng chủ yếu, thấp. Nhiệt độ làm việc thấp khiến đường hàn rất nhạy với nhiệt. Do đó phương pháp hàn vảy mềm hiếm khi kết nối được vật liệu sắt. Mặt khác, đồng, thiếc, kẽm và hợp kim của chúng được sử dụng thường xuyên cho việc kết nối và làm kín. Những linh kiện điện tử được hàn với phương pháp hàn vảy mềm.

Hàn vảy cứng thích hợp cho kết nối thép hợp kim và carbon, kim loại cứng, kim loại quý, gang xám, gang dẻo và đồng. Vị trí mối hàn chắc và uốn được. Nó có thể chịu tải cao với điều kiện là thực hiện đúng quy cách. Trong kim loại phi sắt, độ bền của đường hàn thường lớn hơn so với vật liệu nền.

Vảy hàn

Áp dụng cho tất cả vảy hàn:

- Điểm nóng chảy vảy hàn luôn luôn thấp hơn điểm nóng chảy của vật liệu nền.
- Là chất đặc biệt rất loãng khi nóng chảy.
- Kết hợp tốt với các vật liệu kim loại khác.

Các vảy hàn được phân loại theo nhiệt độ làm việc của nó thành hàn vảy mềm và hàn vảy cứng.

Việc lựa chọn vảy hàn được thực hiện bằng cách sử dụng các bảng tra cứu tiêu chuẩn. Từ bảng tra cứu người ta lấy ra các thành phần, phạm vi nóng chảy, nhiệt độ làm việc và hướng dẫn cách ứng dụng.

Việc hàn vảy cho kim loại nhẹ là một vấn đề, vì khó tẩy sạch mặt ngoài bị oxy hóa. Do đó, trong nhiều trường hợp dán hoặc hàn được sử dụng một cách dễ dàng hơn.

Theo DIN EN ISO 3677 ký hiệu ngắn cho vảy hàn cứng được trình bày với một chữ B đứng trước. Trong phần thứ hai của ký hiệu ngắn, những thành phần hợp kim được diễn tả bằng ký hiệu hóa học với tỷ lệ phần trăm. Tuy nhiên ở hàn vảy cứng chỉ có tỷ lệ phần trăm của thành phần chính được đưa ra, do đó phần thứ ba được thêm vào chứa thông tin về phạm vi nhiệt độ nóng chảy bằng °C. Ở hàn vảy mềm cho linh kiện điện tử là một chữ "E" sau phần thứ hai (xem cẩm nang tra cứu).

Vảy hàn mềm cho kim loại nặng chủ yếu là hợp kim thiếc (Sn) và chì (Pb), để tăng độ cứng và bền người ta thường thêm vào antimon (Sb), bạc (Ag), đồng (Cu) và kẽm (Zn).

Vảy hàn cứng cho kim loại nặng chủ yếu là hợp kim đồng và kẽm hoặc vảy hàn bạc (hợp kim đồng-bạc). Một số chất bổ sung khác có thể là cadimi (Cd), photpho (P), silic (Si), mangan (Mn), thiếc (Sn) và kền (Ni). Kim loại quý bạc (thành phần có khi lên đến 85%) giảm nhiệt độ làm việc xuống 610 °C đến 800 °C (xem cẩm nang tra cứu).

Chất trợ dung hàn

Chất trợ dung hàn là vật liệu phi kim loại. Khi bề mặt vật liệu được làm sạch trước một cách đầy đủ bằng phương pháp cơ học, chất trợ dung và khí bảo vệ có thể loại bỏ các lớp oxit. Như vậy, để vảy hàn có thể thấm ướt bề mặt vật liệu, chất dung môi phải bị đẩy ra ngoài qua hàn (**Hình 1**). Để tránh sự ăn mòn, phải loại bỏ chất trợ dung hàn còn thừa sau khi hàn vảy xong.

Chất trợ dung để hàn vảy mềm được ký hiệu theo tiêu chuẩn DIN EN 29454 với:

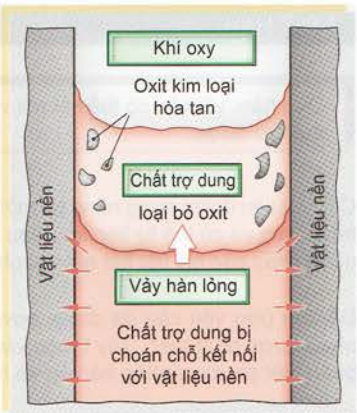
Con số cho kiểu chất trợ dung hàn, chất trợ dung nền và chất trợ dung kích hoạt.

Chữ A được dùng cho chất lỏng, B cho chất rắn và C cho dạng sệt.

Nước hàn vảy (clorít kẽm) có tác động phân hủy thích hợp cho bề mặt bị oxy hóa mạnh với tên gọi 3.2.2.A (F-SW 11).

Bột nhão 2.2.1.C (F-SW 21) ăn mòn nhẹ thích hợp cho hàn vảy đồng.

Chất trợ dung để hàn vảy cứng thường là các hợp chất bor và cũng ăn mòn. Chúng có sẵn cho các phạm vi nhiệt độ tác dụng khác nhau (thí dụ như F-SH2 từ 700 °C -1100 °C).



Hình 1: Tác động của chất trợ dung

https://tieulun.hopto.org

Kỹ thuật gia công trong hàn vảy

Trong lúc hàn phải tuân theo các bước gia công nhất định độc lập với phương pháp hàn và trường hợp ứng dụng:

- Các bề mặt được kết nối phải được làm sạch những lớp oxit, bụi và dầu mỡ bằng phương pháp cơ hoặc hóa học. Điều này thường được thực hiện bằng cách chà xát với giấy nhám hoặc tương tự như vậy, hoặc với các acid thích hợp trong trường hợp hiếm.
- Chất trợ dung hàn được bôi (trét). Điều này tất nhiên không cần thiết khi chất trợ dung hàn ở dạng sệt (dẻo, nhão) hoặc bột đã được gia công trong chất hàn vảy như trong hầu hết các trường hợp hàn vảy điện.
- Các vị trí hàn vảy được nung nóng đều với dụng cụ thích hợp.
- Vảy hàn được đưa vào kết nối với vị trí hàn và được làm nóng chảy.
- Chỗ hàn nếu cần thiết được làm sạch bằng cách loại bỏ chất trợ dung hàn còn thừa.

Nung nóng vị trí hàn

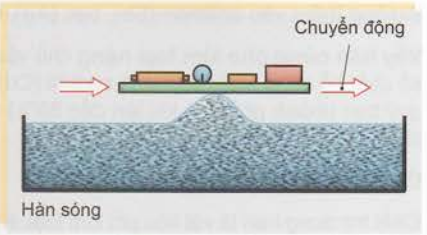
Đối với hàn vảy mềm thủ công trong lĩnh vực cơ khí, thí dụ như để chế tạo đường ống, người ta thường sử dụng ngọn lửa trong đó bao gồm một hỗn hợp không khí - khí đốt. Ngược lại, trong lĩnh vực kỹ thuật điện và điện tử thường sử dụng trạm hàn, các trạm này dùng mỏ hàn được nung nóng bằng điện như là môi trường truyền nhiệt **(Hình 2)**. Ưu điểm của phương pháp này là nhiệt có thể được hoàn toàn đưa vào một cách có chủ đích, thí dụ như khi gắn linh kiện cho tấm mạch in theo yêu cầu.

Để hàn vảy mềm bằng máy hàn, các bộ phận được nung nóng trong trạm nung nóng trước và sau đó kéo qua một bụng sóng từ vảy hàn thiếc **(Hình 3)**.

Để nung nóng các vị trí hàn vảy nóng, mà trong phạm vi cơ điện tử ít được ứng dụng, hầu như chỉ hàn vảy bằng ngọn lửa từ mỏ hàn hơi hoặc mỏ hàn vảy cứng được sử dụng **(Hình 1)**.

Hình 1: Ngọn lửa để hàn vảy cứng

Hình 2: Trạm hàn để hàn vảy mềm



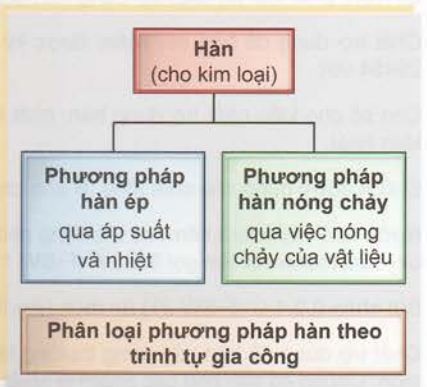
Hình 3: Hàn sóng

7.6.7 Hàn

Qua hàn, vật liệu có thể kết nối với nhau bằng vật liệu không tháo ra được.

Các vật liệu được nung nóng tại mối nối (vị trí kết nối) cho tới nhão hoặc lỏng và có thể tự liên kết. Sau khi hóa rắn (đông cứng) phần nóng chảy các chi tiết kết nối với nhau qua cấu trúc chung.

Để đáp ứng yêu cầu đa dạng, hơn 100 phương pháp hàn khác nhau được phát triển. Tùy thuộc vào trình tự của quá trình hàn ta phân biệt phương pháp hàn ép và hàn nóng chảy **(Hình 4)**.



Hình 4: Tổng quan về hàn

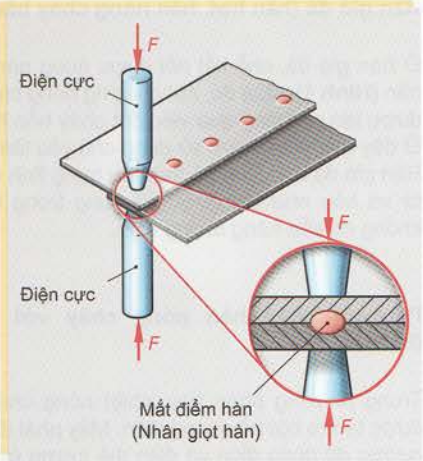
https://tieulun.hopto.org

Phương pháp hàn ép

Qua phương pháp hàn ép vật liệu nền tại những điểm kết nối được nung nóng đến trạng thái nhão và ép lại với nhau. Các chi tiết không cần phải làm nóng chảy ở bề mặt tiếp xúc nên không cần chất phụ gia.

> Ở phương pháp hàn ép, sự kết hợp của vật liệu được thực hiện do tác động của nhiệt và sức ép.

Ở hàn điểm **(Hình 1)** các tấm mỏng hoặc dây nằm chồng lên nhau được kết nối với từng điểm hàn. Hai điện cực đồng nằm đối diện ép các chi tiết lại với nhau và truyền điện. Ở các điểm tiếp xúc, các chi tiết hàn dính với nhau khi nung nóng đủ dưới áp suất. Tác động áp suất được giữ cho đến khi mối hàn nguội đi. Phương pháp này rất thường được sử dụng trong ngành chế tạo khung xe và chế tạo thiết bị. Với phương pháp hàn ép, thợ cơ điện tử ít khi phải đối mặt như là người sử dụng, mà thường dưới danh nghĩa người đứng máy (giám sát) hoặc người bảo trì thiết bị hàn ép, được sử dụng trong các thiết bị sản xuất ô tô.



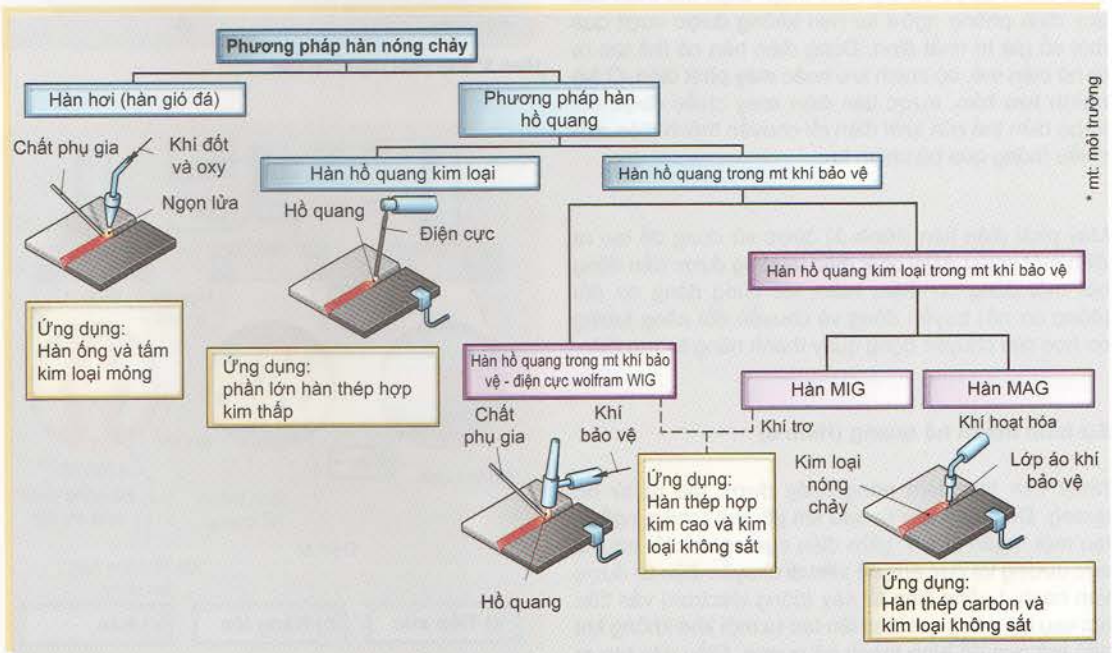
Hình 1: Thí dụ hàn điểm từ nhóm hàn ép

Phương pháp hàn nóng chảy

Các vật liệu nền được nung nóng tại vị trí hàn tới nhiệt độ nóng chảy. Trạng thái lỏng này dẫn đến sự pha trộn các vật liệu nền. Để điền đầy vào khe hở hàn, thông thường người ta bổ sung thêm vật liệu tương tự (cùng loại) để xử lý vật liệu nóng chảy. Lúc hóa rắn (đông cứng), vật liệu nền và vật liệu bổ sung cấu tạo thành một cấu trúc chung.

> Ở hàn nóng chảy, sự hợp nhất xảy ra qua sự pha trộn vật liệu hóa lỏng.

Phương pháp hàn nóng chảy **(Hình 2)** được phân loại theo cách cung cấp nhiệt. Hai loại quan trọng nhất là hàn nóng chảy bằng khí (hàn gió đá, hàn với oxy acetylen) và hàn hồ quang.

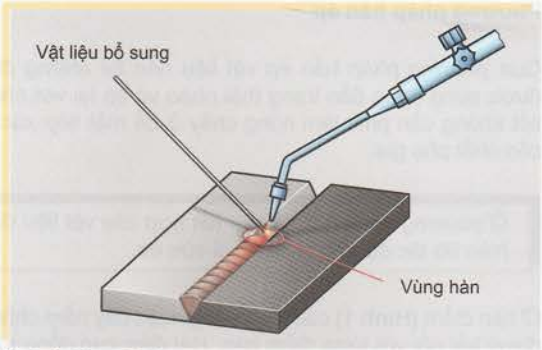


Hình 2: Phân loại các phương pháp hàn nóng chảy quan trọng

https://tieulun.hopto.org

Hàn gió đá (hàn hơi, hàn nóng chảy bằng khí)

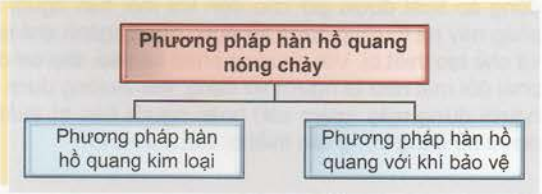
Ở hàn gió đá, chỗ kết nối được nung nóng bằng mỏ hàn **(Hình 1)**. Qua đó, năng lượng nóng chảy cần thiết được tạo ra thông qua việc đốt cháy hỗn hợp khí oxy. Ở đây acetylen được sử dụng chủ yếu làm nhiên liệu. Hàn gió đá đóng vai trò thứ yếu trong lĩnh vực cơ điện tử và hầu như chỉ được sử dụng trong trường hợp không có sẵn năng lượng điện.



Hình 1: Hàn gió đá

Phương pháp hàn nóng chảy với hồ quang (Hình 2)

Trong phương pháp này, nhiệt nóng chảy cần thiết được tạo ra bởi hồ quang điện. Máy phát điện thay đổi cường độ dòng điện và điện thế tương ứng theo yêu cầu. Sự khác biệt ở những phương pháp này chủ yếu là cách thức mà các vũng kim loại nóng chảy được bảo vệ trước khi cung cấp không khí. Thông thường ở hàn hồ quang kim loại, điều này được thực hiện bằng que hàn có vỏ bọc. Ở phương pháp hàn khí bảo vệ, các khí bảo vệ khác nhau được sử dụng cho việc này.

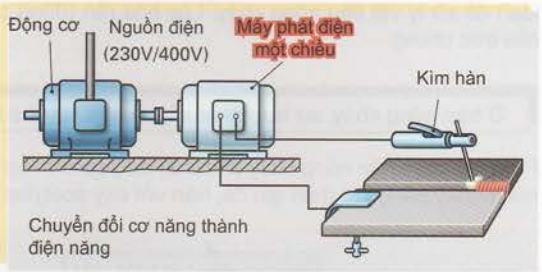


Hình 2: Phân loại phương pháp hàn hồ quang nóng chảy

Tất cả những phương pháp này có các điểm chung quan trọng, bao gồm máy phát điện hàn, quá trình trong hồ quang và việc phòng ngừa tai nạn.

Máy phát điện hàn

Dòng điện đạt yêu cầu để hàn phải có cường độ cao, điều chỉnh được và điện thế thấp. Điện thế theo các quy định phòng ngừa tai nạn không được vượt quá một số giá trị nhất định. Dòng điện hàn có thể tạo ra từ bộ biến thế, bộ chỉnh lưu hoặc máy phát điện. Ở **bộ chỉnh lưu hàn,** trước tiên điện xoay chiều được đổi từ bộ biến thế của lưới điện rồi chuyển thành điện một chiều thông qua bộ chỉnh lưu.

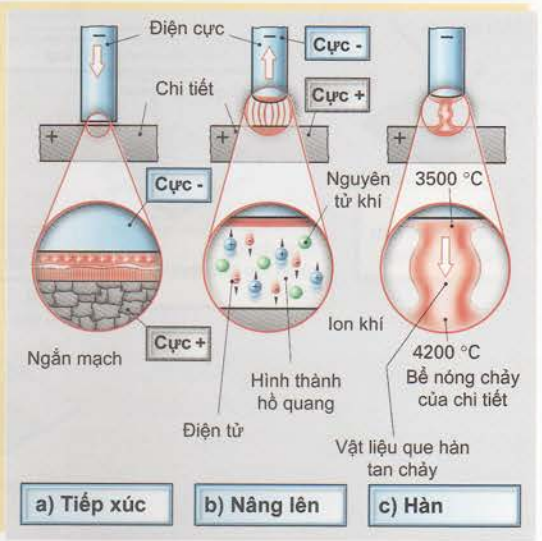


Hình 3: Máy phát điện cho hàn

Máy phát điện hàn (**Hình 3**) được sử dụng để tạo ra điện một chiều. Máy phát điện thường được dẫn động bởi một động cơ điện, hiếm khi dùng động cơ đốt (động cơ nổ) truyền động và chuyển đổi năng lượng cơ học của chuyển động quay thành năng lượng điện.

Sự hình thành hồ quang (Hình 4)

Nhiệt cần thiết làm nóng chảy được tạo ra từ hồ quang. Điều này xảy ra sau khi gõ nhẹ (chấm ngắn), tạo một "ngắn mạch" giữa điện cực và chi tiết như là cực dương và cực âm, để việc di chuyển điện tử được vận hành. Luồng điện tử này (dòng electron) vẫn tiếp tục sau khi nâng que hàn lên tạo ra một khe không khí nhỏ mà qua đó hình thành hồ quang. Điều này tạo ra



Hình 4: Quá trình trong hồ quang

https://tieulun.hopto.org

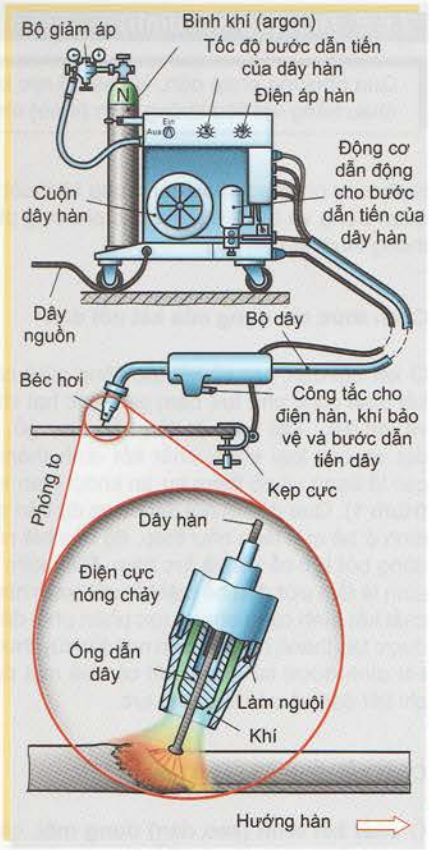
một sự "va đập" của rất nhiều các điện tử trên bề mặt nung nóng bằng động năng lớn. Năng lượng nhiệt qua đó phát sinh đủ để đạt nhiệt độ nóng chảy trên 4000 °C.

Phương pháp hàn hồ quang trong môi trường khí trơ (khí bảo vệ)

Ở lĩnh vực này ta phân biệt hàn hồ quang kim loại và hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ wolfram. Trong phương pháp này, vùng kim loại nóng chảy (vũng hàn) được che chắn ảnh hưởng bất lợi của không khí. Khí trơ (khí hiếm), khí hoạt hóa hay khí hỗn hợp được sử dụng làm khí bảo vệ. Khí hoạt hóa và khí hỗn hợp có nhiều khuyết điểm hơn so với các loại khí trơ bảo vệ, vì chúng phản ứng với vùng kim loại nóng chảy và giảm chất lượng cơ học của mối hàn. Khuyết điểm này có thể bù đắp một phần bởi một hợp phần tương ứng của dây hàn bổ sung. Phương pháp hàn hồ quang với khí bảo vệ thay thế gần như hoàn toàn hàn gió đá.

Hàn hồ quang kim loại trong môi trường khí bảo vệ (Hình 1)

Trong phương pháp này hồ quang dòng điện một chiều cháy giữa dây điện cực trơn nóng chảy và chi tiết. Dây hàn có đường kính từ 0,8 mm đến 2,4 mm quấn trên một cuộn dây được sử dụng làm cực dương của dây điện cực. Một thiết bị dẫn tiến đẩy dây theo tỷ lệ tốc độ nóng chảy của nó thông qua súng hàn. Dòng điện hàn được dẫn đến dây hàn trong súng hàn ngay trước hồ quang qua công tắc điện di động. Lắp đặt một hệ thống làm nguội bằng không khí hoặc nước sẽ làm giảm sự nung nóng của súng hàn. Phương pháp hàn hồ quang kim loại với khí bảo vệ được phân chia theo việc ứng dụng các loại khí bảo vệ.



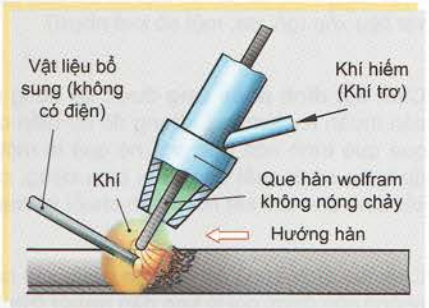
Hình 1: Sơ đồ thiết bị hàn MIG, MAG (khí kim loại bảo vệ và khí kim loại hoạt hóa)

Trong MIG (hàn bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ) chủ yếu là argon được sử dụng làm khí bảo vệ. Khí hiếm này là loại đắt tiền, nhưng có thể cho các mối hàn tốt. Đặc biệt là đạt được năng suất hàn cao ở tấm kim loại trung bình và dày. Phương pháp hàn MIG được ứng dụng cho thép không gỉ, kim loại phi sắt và kim loại nhẹ.

Ở hàn kim loại trong môi trường khí bảo vệ hoạt tính (MAG), người ta sử dụng khí hoạt tính với giá thành hợp lý hơn (rất thường xuyên là khí CO_2 hoặc khí hỗn hợp). Ngoài ra phương pháp này tương ứng trong kỹ thuật và ứng dụng với phương pháp hàn MIG. Hàn MAG được áp dụng chủ yếu cho thép hợp kim thấp và không hợp kim, đặc biệt trong ngành thiết kế khung xe để hàn các tấm kim loại mỏng.

Hàn bằng điện cực không nóng chảy wolfram trong khí trơ (Hình 2)

Ở hàn wolfram trong khí trơ (WIG), hồ quang cháy giữa điện cực wolfram không nóng chảy và chi tiết. Vật liệu bổ sung có thể được cung cấp từ phía bên cạnh. Bằng phương pháp này mối hàn được thực hiện có chất lượng tốt và đều đặn, chủ yếu dùng tốt cho thép hợp kim cao, kim loại phi sắt và kim loại nhẹ.



Hình 2: Phương pháp hàn WIG (Wolfram-Inert-Gas)

Quy định phòng ngừa tai nạn ở hàn

- Chỉ công nhân được đào tạo mới được phép điều khiển các thiết bị hàn.
- Để bảo vệ mắt phải dùng kính hàn hay kính chắn.
- Bao tay và tấm yếm da bảo vệ trước các hạt kim loại nóng chảy bắn tóe ra.
- Các khí phát sinh phải được hút đi.

https://tieulun.hopto.org

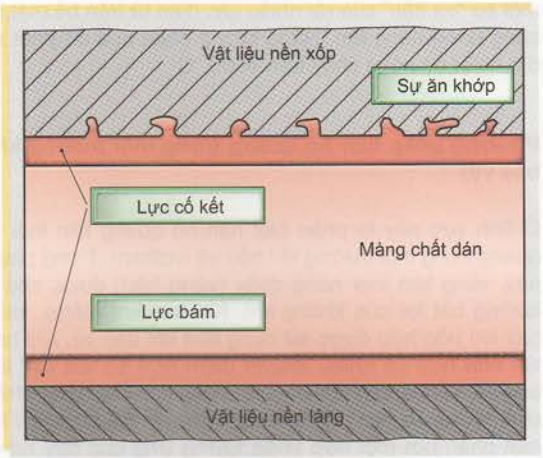
7.6.8 Dán (sự kết dính)

Qua phương pháp dán, vật liệu được kết nối với nhau bằng vật liệu không tách (tháo) rời.

Ngày nay phương pháp dán trong kỹ thuật trở nên rất quan trọng và bổ sung vào các phương pháp kết nối thông thường đến nay.

Cách thức tác dụng của kết nối dán

Ở kết nối dán, lực cố kết tác động giữa các hạt chất kết dính cũng như lực bám giữa các hạt chất kết dính và vật liệu. Đối với vật liệu xốp như gỗ, giấy, hàng dệt và các loại khác, chất kết dính thâm nhập vào các lỗ bọng và có thêm sự ăn khớp (đan xen) cơ học **(Hình 1)**. Qua đó kết nối đạt được độ bền cao. Khi kết dính ở bề mặt láng như thép, độ bền kết nối chỉ bị tác động bởi lực cố kết và lực bám. Điều kiện cho sự kết dính là tầm ướt đều bề mặt kết nối (xem hàn vảy). Các chất kết dính cũng phải được phân phối đều và không được tạo thành hạt. Độ bền nơi dán tùy thuộc vào chất kết dính được sử dụng, kết cấu bề mặt dán, vật liệu chi tiết dán và các loại ứng lực.

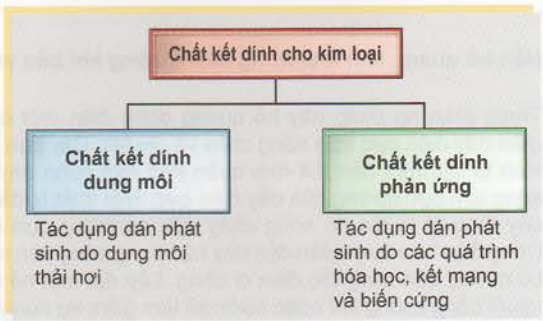


Hình 1: Các lực trong kết nối dán (Sơ đồ)

Chất kết dính cho kim loại

Ở chất kết dính (keo dán) dung môi, chất kết dính hòa tan trong dung môi. Để dán các chi tiết, dung môi phải bay hơi hoặc các chất kết dính phải được hoàn toàn thông hơi trước khi kết nối. Vì thế với chất kết dính dung môi, đa số kim loại có thể dán được với các vật liệu xốp (gỗ, da, một số loại nhựa).

Chất kết dính phản ứng được sử dụng cho kết nối dán thuần túy kim loại. Trong đó sự biến cứng xảy ra qua quá trình hóa học, với hệ quả là một kết nối cố định (so sánh chất dẻo). Khi biến cứng, các phân tử kết dính đơn thể kết nối thành chuỗi và mạng.

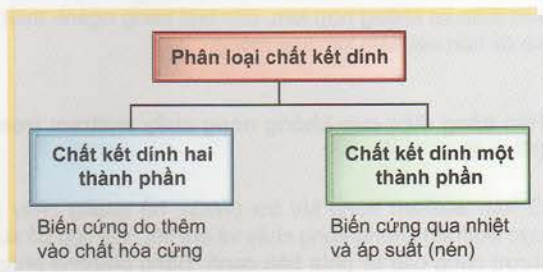


Hình 2: Phân loại chất kết dính theo tác dụng hóa học

Chất kết dính trong đó sự biến cứng xảy ra ở nhiệt độ phòng còn được gọi là **keo dán nguội (Hình 3)**. Thuộc về nhóm này có **keo dán hai thành phần**, nghĩa là để biến cứng, keo dán được trộn với một thành phần thứ hai, chất làm hóa cứng **(Hình 4)**. Vì sự biến cứng dần dần bắt đầu sau khi trộn, các chất kết dính phải được xử lý ngay lập tức. Thời gian trong đó có thể xử lý chất kết dính được trộn gọi là **thời gian xử lý**. Thời gian này được nhà sản xuất quy định. Trong một số keo dán nguội thời gian biến cứng có thể giảm qua nung nóng.

Hình 3: Phân loại chất kết dính theo nhiệt độ gia công

Chất kết dính đòi hỏi nhiệt và áp suất trong quá trình biến cứng được gọi là **keo dán nóng**.



Hình 4: Phân loại chất kết dính theo số lượng thành phần

https://tieulun.hopto.org

Keo dán nóng thuộc về nhóm **keo dán một thành phần**, trong đó chứa tất cả các thành phần đã trộn. Chúng đạt được độ bền khoảng gấp đôi so với chất kết dính nguội, nhưng đòi hỏi nhiều công sức kỹ thuật để thực hiện sự biến cứng bằng cách nung nóng dưới áp lực (nén).

Các chất kết dính kim loại kỹ thuật được sử dụng trong thực tế thường là chất kết dính phản ứng và bao gồm chủ yếu bốn hệ thống chất kết dính **(Bảng 1).** Từ tên thương mại ta không biết được rõ ràng thành phần của chất kết dính. Các nhà sản xuất chất kết dính thường cung cấp keo dán kỹ thuật, được tối ưu hóa cho từng mục đích ứng dụng riêng biệt. Để có được tính chất đặc biệt, người ta thường pha trộn nhiều hệ thống kết dính với nhau.

Bảng 1: Hệ thống chất kết dính cho việc dán kim loại (Chất kết dính phản ứng), những thí dụ

Hệ thống chất kết dính (Hóa chất cơ bản)	Tên thương hiệu (cho gói nhỏ)	Nhiệt độ hóa cứng
Nhựa epoxy với polyaminen	Uhu-Plus Uhu-Endfest 300 Henkel Stabilit	Nhiệt độ phòng
Nhựa epoxy với carboxylic anhydride	Henkel Metallon	Trên 100 °C
Polyurethan	Henkel Macroplast UK	Nhiệt độ phòng (20 °C)
Kết nối Acrylic	Henkel Metallon LA	Nhiệt độ phòng (20 °C)

Cấu trúc và sản xuất kết nối dán

Tính chất của keo dán phải được chú ý khi thiết kế cấu trúc kết nối dán, vì độ bền kéo của nó chỉ bằng khoảng 10% của thép. Bề mặt dán nên tránh chịu tải kéo không đối xứng, lột (tróc) hoặc tách ra **(Hình 1 và Hình 2).**

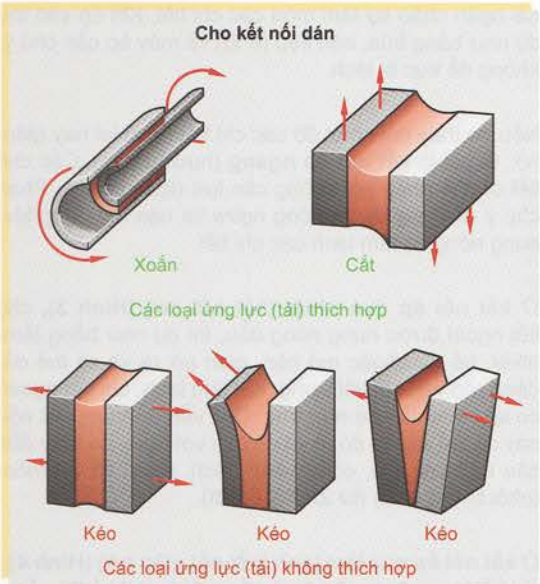
Các loại ứng lực (tải) thích hợp cho kết nối dán là **xoắn** và **cắt**.

Những bước gia công quan trọng nhất khi gia công kết nối dán là:

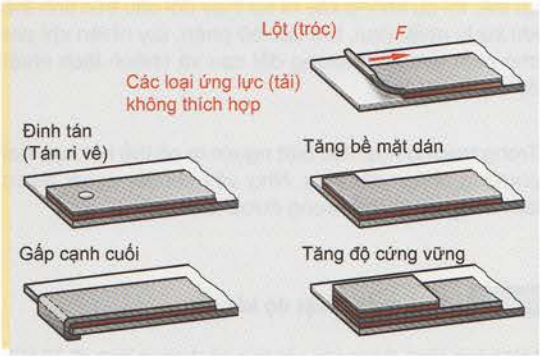
- Chuẩn bị vị trí dán
- Pha trộn và cân đo chất kết dính
- Bôi (trét) các chất dán
- Ép các chi tiết vào nhau
- Biến cứng lớp keo dán

Để chuẩn bị vị trí dán, các bề mặt phải được tách mỡ (khử mỡ, tẩy dầu) và mài v.v, với yêu cầu cao bằng phun cát, phương pháp làm nhám bề mặt bằng cơ học. Các phương pháp hóa học cũng thích hợp như ăn mòn và điện giải với công đoạn rửa kỹ lưỡng tiếp theo.

Khi pha trộn và cân đo phải chú ý quy định gia công của nhà sản xuất keo dán. Các chất kết dính sau khi pha trộn ngay lập tức được phân phối mỏng trên bề mặt dán bằng cọ, bay hay với thiết bị định lượng. Các chi tiết sau khi ép vào nhau phải đảm bảo không bị xê dịch.Trước khi dùng cần giữ đủ thời gian biến cứng.



Hình 1: Ứng lực (tải) cho mối nối dán



Hình 2: Thiết kế cấu trúc để tránh chịu tải bong (tróc)

https://tieulun.hopto.org

7.6.9 Kết nối ép

Phương pháp kết nối này dựa trên sự lắp ghép ép, nghĩa là lắp ghép có độ dôi giữa các bộ phận bên trong và bên ngoài. Trong kết nối này vật liệu bị biến dạng đàn hồi. Nó gây ra lực ma sát cao và có thể truyền momen quay lớn và lực dọc trục kết nối qua ma sát mà không cần thêm phương tiện kết nối.

Khi chế tạo kết nối, tùy thuộc vào nhiệt độ mà ta phân biệt nhiều loại kết nối khác nhau **(Hình 1)**:

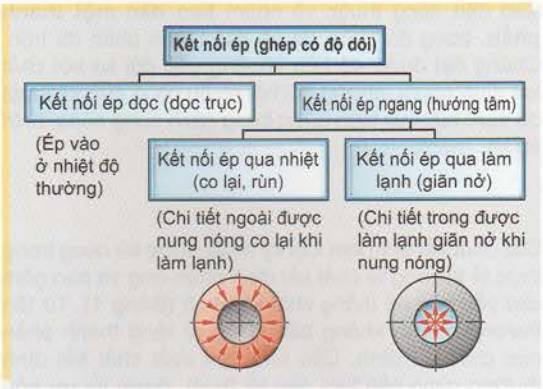
Kết nối ép dọc (dọc trục) (Hình 2) ở nhiệt độ bình thường đạt được bằng cách ép dọc theo chiều trục vào trong lỗ. Trục phải có cạnh vạt nhỏ (đến 5°) để tránh làm nhẵn thái quá bề mặt vật liệu. Việc tháo rời và ráp lại kết nối được lặp đi lặp lại gây ra hậu quả là lực bám giảm mạnh. Bôi trơn mỏng đầu trục với dầu cải ngăn chặn sự làm mòn các chi tiết. Khi ép vào thí dụ như bằng búa, bàn kẹp (ê tô) và máy ép cần chú ý không để trục bị lệch.

Nếu do thay đổi nhiệt độ các chi tiết bị co lại hay giãn nở, ta gọi là **kết nối ép ngang** (hướng tâm). Các chi tiết có thể ghép nối không cần lực dọc trục lớn. Phải chú ý đến quy định phòng ngừa tai nạn lao động khi nung nóng và làm lạnh các chi tiết.

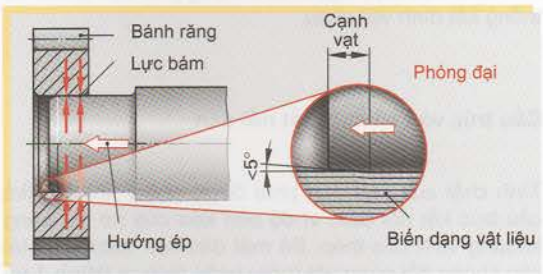
Ở **kết nối ép qua nhiệt (kết nối co) (Hình 3),** chi tiết ngoài được nung nóng đều, thí dụ như bằng tấm nhiệt, bể dầu hoặc mỏ hàn, giãn nở ra và có thể dễ dàng ráp vào chi tiết trong. Khi làm lạnh, chi tiết ngoài co lại và ép lên bề mặt trục. Các vấn đề trong kết nối này có thể xảy ra do nhiệt độ cao với nguy cơ thay đổi cấu trúc tinh thể, cong vênh (lệch, méo) và ăn mòn (phôi bị oxy hóa) (từ 250°C trở đi).

Ở **kết nối ép qua làm lạnh (kết nối giãn nở)** **(Hình 4)**, chi tiết trong được làm lạnh bằng đá lạnh khô (khoảng -70°C) hoặc khí lỏng (nitơ -194°C) và co lại. Sau khi ráp với chi tiết ngoài, chi tiết trong nóng trở lại nhiệt độ thường và nở ra. Khớp nối ép qua làm lạnh có nhiều lợi thế, thí dụ không xảy ra sự thay đổi cấu trúc tinh thể khi xử lý nhiệt (trui, tôi) các bộ phận, tuy nhiên chi phí cho chất làm lạnh tương đối cao và chênh lệch nhiệt độ đạt được thấp.

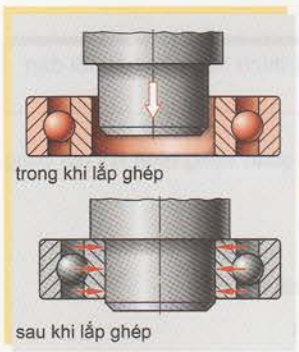
Trong trường hợp đặc biệt người ta có thể kết hợp hai phương pháp với nhau. Như vậy chi tiết ngoài được làm nóng và chi tiết trong được làm lạnh.



Hình 1: Kết nối ép



Hình 2: Kết nối ép dọc (dọc trục)



Hình 3: Khớp nối ép qua nhiệt (Kết nối co)

Hình 4: Khớp nối ép qua làm lạnh (Kết nối giãn nở)

Thí dụ: **Tính toán nhiệt độ kết nối**

Một bánh răng được ráp với trục có đường kính Φ 30 H7/s6 bằng khớp nối ép qua làm lạnh. Độ hở khi lắp ráp là 10 micron (μ). Trục phải được làm lạnh đến nhiệt độ nào? Nhiệt độ bình thường 20°C.

$$\Delta d = d_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{\Delta d}{d_0 \cdot \alpha}$$

$$\Delta T = \frac{0{,}058 \text{ mm} \cdot \text{K}}{30 \text{ mm} \cdot 0{,}000012}$$

$$\Delta T = 161 \text{ K}$$

$\alpha = 0{,}000012 \frac{1}{\text{K}}$ (Bảng)

$\varnothing$ 30 H7 $+^{21}_{0}$ (Bảng)

$\varnothing$ 30 s6 $+^{48}_{35}$

$$+\frac{0{,}010}{0{,}048}$$

$$\Delta d = 0{,}058$$

Trục phải được làm lạnh tới -141 °C. Nhiệt độ âm này chỉ đạt được với không khí lỏng (nitơ -194 °C) hoặc oxy lỏng (-183°C).

https://tieulun.hopto.org

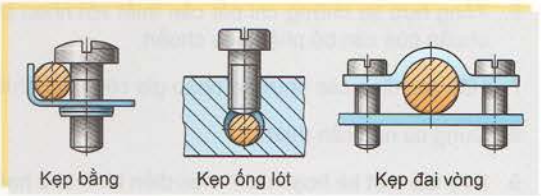
7.6.10 Kết nối kẹp chặt và uốn nếp (gấp nếp)

Ngoài các kỹ thuật kết nối cổ điển được mô tả, trong những năm gần đây một loạt kết nối được phát triển và phổ biến đặc biệt là trong lĩnh vực kỹ thuật điện.

Vì vậy, thí dụ các chi tiết rời của các ống dẫn cáp không còn bắt vít theo quy tắc trong việc cất giữ các dây dẫn điện, mà móc tại vị trí được định trước **(Hình 1)**. Loại kết nối này được gọi là **kết nối cắm tác động nhanh** và thuộc nhóm kết nối tháo rời được.

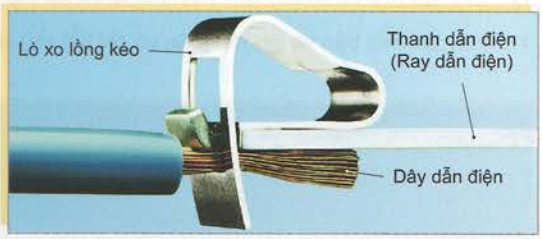
Hình 1: Kết nối tác động nhanh

Cũng như vậy, các loại **kết nối kẹp chặt** khác nhau có thể tháo ra được **(Hình 2)** phần nhiều hoạt động trên cơ sở kết nối vít.



Hình 2: Các loại kẹp

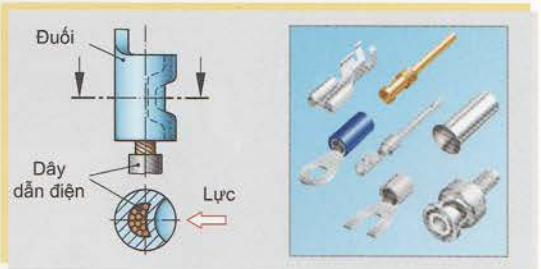
Ngược lại, các lực giữ được tạo ra tại **kết nối kẹp lò xo** qua tác động lò xo của một móc kim loại uốn cong **(Hình 3)**. Loại kết nối này thường được sử dụng để nối dây đồng nhỏ. Để nối dây dẫn điện, thí dụ ở một thanh dẫn, lò xo lồng được ấn xuống và đưa dây đồng cách điện vào lỗ hổng. **Kết nối lò xo lồng kéo** rất dễ tháo rời, hơn nữa gần như không cần bảo trì và đặc biệt là chống rung.



Hình 3: Hệ thống kết nối lò xo lồng kéo (lò xo kéo dạng lồng)

Kết nối cắm trên bo mạch điện tử cũng tuân theo đúng quy luật của kỹ thuật ghép nối. Chúng bao gồm một ổ cắm dạng dao và một ổ cắm lò xo. Ổ cắm gắn lên bảng mạch in và bộ nối vào khung thiết bị. Thí dụ ứng dụng điển hình là thẻ đồ họa hoặc thẻ chèn khác được sử dụng trong máy tính.

Một kết nối an toàn của dây đồng trong vị trí kết nối thích hợp, thí dụ qua đuối cắm dây (ống bọc đầu cuối cho dây điện). Những dây được gắn vào đuối và tạo nếp kết nối chặt bằng một dụng cụ phù hợp (chuyên dùng) **(Hình 4 và 5).** Trong thực tế kỹ thuật này được xếp loại là không tháo được, cũng được gọi là ép hoặc Crimpen (tiếng Anh).



Hình 4: Kết nối uốn nếp (Kết nối gấp nếp)

Bài tập:

1. Hàn vảy mềm khác hàn vảy cứng như thế nào?
2. Hàn vảy và hàn khác nhau như thế nào về mặt vật lý?
3. Mô tả các quá trình khi hàn vảy và hàn.
4. Quy tắc làm việc nào cần được lưu ý khi hàn vảy?

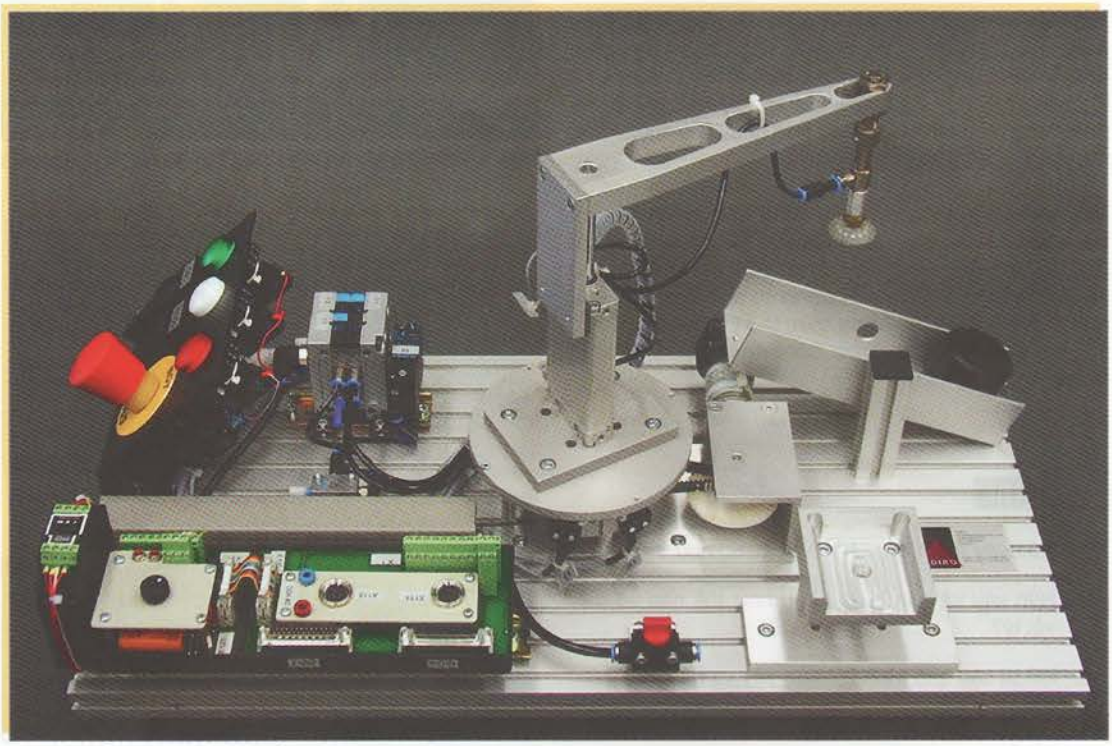
Hình 5: Kìm tạo nếp kết nối (Kìm tạo

https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

Một bàn được chế tạo bằng profin nhôm cho thiết bị xử lý thao tác bằng điện-khí nén được miêu tả theo **(Hình 1).** Các kích thước của tấm đế là 300 mm × 600 mm. Ở mặt dưới được chia thành lưới với ô vuông 50 mm và rãnh 8 mm.

1. Hãy vẽ tay một bản phác họa cho khung. Qua đó hãy khảo sát nhiều lựa chọn thiết kế và quyết định một giải pháp. Giải thích sự lựa chọn của bạn.
2. Hãy chọn một profin phù hợp từ danh mục profin của nhà cung cấp. Nếu cần, có thể sử dụng các thông tin trên mạng của nhà sản xuất.
3. Hãy tìm các bộ phận kết nối cần thiết. Lưu ý bàn cần có độ ổn định đủ cao chống lại lực tác động ngang.
4. Hãy tạo một bản vẽ lắp ráp và bản vẽ chi tiết cần thiết.
5. Nhiều nhà sản xuất cung cấp chương trình CAD hỗ trợ tạo ra bản vẽ, dễ dàng thao tác có sẵn trên mạng Internet hoặc trên CD-ROM. Hãy sử dụng các chương trình này nếu có cơ hội.
6. Tổng hợp lại những chi tiết cần thiết với nhau trong một danh mục chi tiết. Chú ý đến cách đặt tên theo chuẩn của các bộ phận tiêu chuẩn.
7. Hãy xác định các phương pháp gia công cần thiết cho việc chế tạo.
8. Dụng cụ nào cần thiết?
9. Hãy tạo một kế hoạch làm việc điển hình cho hai chi tiết để sản xuất. Xác định các việc làm tương ứng và những dụng cụ cần thiết.
10. Hãy tạo một kế hoạch làm việc thứ tự để lắp ráp các chi tiết rời.
11. Hãy tạo một bản vẽ lắp ráp (bản vẽ chi tiết rời) cho cái bàn làm bằng hệ thống CAD.



Hình 1: Thiết bị xử lý thao tác bằng điện khí nén

https://tieulun.hopto.org

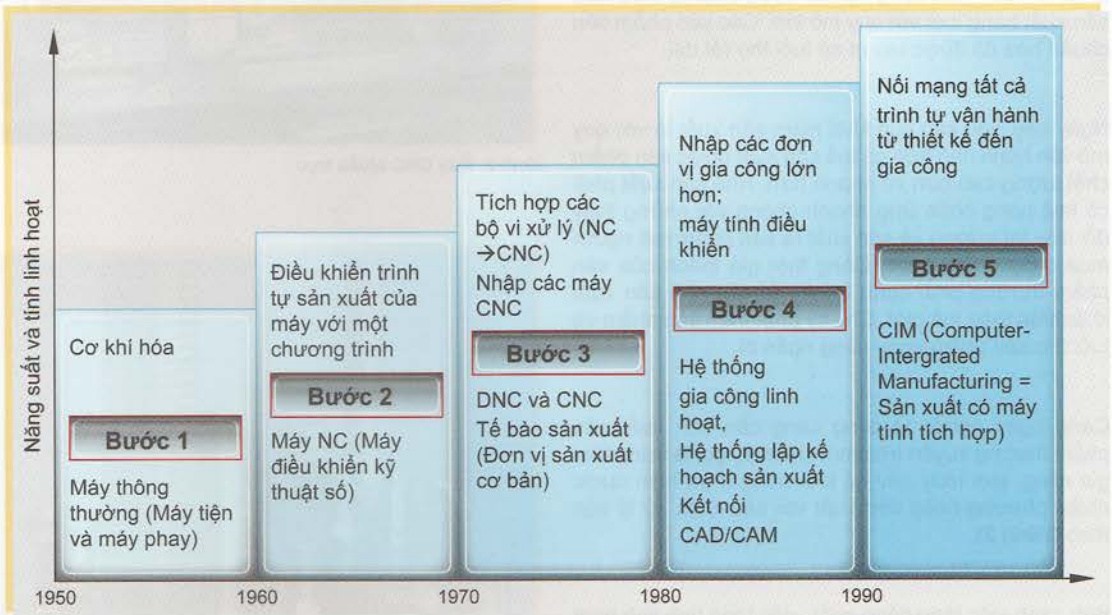
7.7 Tự động hóa sản xuất

7.7.1 Lịch sử phát triển

Một bước tiến quan trọng và hợp lý mang tính lịch sử – theo F. W. Taylor (1856-1915) và H. Ford (1863-1947) – là việc giới thiệu sự sản suất hàng loạt theo dây chuyền lắp ráp **(Hình 1)** được sử dụng tại công ty *Ford Motor* khoảng năm 1914. Quá trình sản xuất được chia thành các bước nhỏ nhất; mỗi công nhân là chuyên gia, nghĩa là chỉ thực hiện một vài thao tác. Xe ôtô được vận chuyển tự động trên một băng chuyền. Nhờ đó thời gian để lắp ráp một khung gầm giảm từ 12,5 giờ xuống 1,5 giờ. Việc sản xuất đã phổ biến từ đầu thế kỷ 20. Sự linh hoạt ở loại hình hợp lý hóa sản suất này là bằng không.

Hình 1: Sản xuất hàng loạt theo dây chuyền

Trong thế chiến thứ hai, phần lớn sản xuất công nghiệp tập trung vào lĩnh vực vũ khí. Sau chiến tranh thế giới thứ hai, 90% ngành công nghiệp Đức đã bị phá hủy. Nhu cầu đối với sản phẩm dân sự rất cao, và do đó có thể được lên kế hoạch sản xuất hàng loạt. Quan sát sự tiến triển về năng suất và tính linh hoạt trong sản xuất công nghiệp sau chiến tranh thế giới thứ hai, có thể tạm chia việc này trong 5 bước **(Hình 2).**



Hình 2: Sự phát triển về năng suất và tính linh hoạt

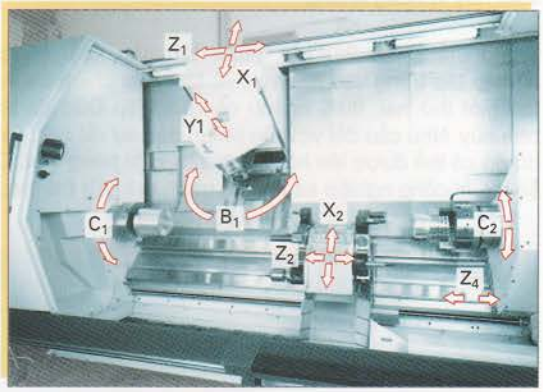
Tăng năng suất là mục tiêu chính của những thay đổi trong hai giai đoạn đầu. Người ta đã đạt được nhiều tiến bộ với hiệu suất trục chính và hiệu suất cắt. Đồng thời hợp lý hóa thông qua việc thay đổi tự động phôi và dụng cụ. Điều này làm giảm thời gian phụ (thí dụ: thời gian lắp đặt) và tăng thời gian sử dụng chính. Tuy nhiên thời gian phụ vẫn còn tương đối cao. Trong giai đoạn thứ ba và thứ tư, qua việc dời thời gian phụ vào trong thời gian sử dụng chính bằng việc thay đổi chương trình không gián đoạn (liên tục), quản lý dụng cụ tự động, nạp phôi và dụng cụ tự động v.v..., kể cả thời gian lắp phụ cũng được rút ngắn đáng kể. Qua đó các biện pháp này giảm thiểu thời gian ngừng các máy đắt tiền. Hơn nữa nó cho phép hầu như không có nhân viên làm ca đêm và ngày cuối tuần.

https://tieulun.hopto.org

Trong giai đoạn thứ năm, sự vận hành đã bắt đầu kết nối qua máy vi tính **CIM** (Sản xuất có máy tính tích hợp) được xem là một khẩu hiệu. Mặc dù máy đã sản xuất cực nhanh, nhưng bên cạnh dòng chảy nguyên liệu cũng là dòng chảy dữ liệu hay dòng chảy thông tin lớn (giấy tờ làm việc, bản vẽ v.v) để hỗ trợ. Hiện nay, CIM cố gắng loại bỏ hoạt động thủ công để chuyển giao thông tin, thí dụ những bản vẽ kỹ thuật được xem như là dữ liệu CAD có sẵn và cũng có thể qua đó cung cấp được cho sản xuất.

Hình 1: Điều khiển CNC có cấu trúc theo môđun

Tất cả những phát triển này đã có thể thực hiện được, bởi vì còn có những sự phát triển khác song song, có ảnh hưởng tích cực đến quá trình nói trên. Nhờ vậy, máy sản xuất được cải thiện đáng kể về độ chính xác và độ cứng vững. Bên cạnh tiến bộ khổng lồ trong lĩnh vực công nghệ máy tính (bộ vi xử lý, mạng dữ liệu, v.v), đã có các tác động lên kỹ thuật điều khiển (PLC, bộ điều khiển, v.v...). Hệ điều khiển đường bao (quỹ đạo) cho nhiều trục được xem là tiêu chuẩn ngày nay **(Hình 1)**.



Hình 2: Máy CNC nhiều trục

Sau chiến tranh thế giới thứ hai đến những năm 70, phần lớn sản xuất công nghiệp được thiết kế theo kiểu sản xuất hàng loạt với quy mô lớn. Các sản phẩm tiêu chuẩn hóa đã được tạo ra có tuổi thọ rất dài.

Ngày nay, yêu cầu của khái niệm sản xuất là với quy mô vận hành nhỏ hơn có thể sản xuất được sản phẩm chất lượng cao hơn và nhanh hơn. Nhà sản xuất phải có khả năng phản ứng nhanh chóng với những thay đổi trên thị trường và sản xuất ra sản phẩm mà người mua chấp nhận được. Đồng thời giá thành của sản phẩm thường phải cạnh tranh với các nhà sản xuất khác trên toàn thế giới. Chu kỳ phát triển sản phẩm và tuổi thọ sản phẩm ngày càng ngắn đi.

Càng ngày người ta cũng càng cần sản xuất sản phẩm thường xuyên trên một loại máy gọi là trung tâm gia công, loại máy này có khả năng thực hiện được nhiều phương pháp sản xuất với các khâu xử lý tiếp theo **(Hình 2)**.

Hình 3: Hình ảnh loạt sản phẩm có thể chế tạo được của một trung tâm gia công

Bên cạnh việc tăng năng suất, việc tăng tính linh hoạt ngày càng quan trọng. Trong phạm vi sản xuất hàng loạt, băng chuyền sản xuất và băng chuyền tự động (một phần với các máy chuyên dùng đặc biệt cho sản phẩm) được sử dụng với quan điểm số lượng nhiều nhất có thể. Đây là bước phát triển được xem như loại bỏ các máy chuyên dùng. Vì tuổi thọ sản phẩm ngắn không đủ khấu hao cho các máy chuyên dùng, các sản phẩm theo sau phải được sản xuất với cùng một máy. Trang bị lại máy rất tốn kém **(Hình 3)**. Ở vị trí của băng chuyền sản xuất cứng nhắc dần dần xuất hiện tế bào sản xuất (đơn vị sản xuất độc lập) linh hoạt.

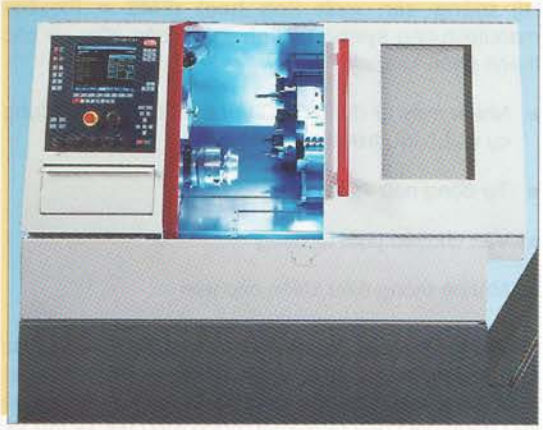
https://tieulun.hopto.org

7.7.2 Môđun (đơn vị kết cấu) cho tự động hóa sản xuất

Một quy trình sản xuất cần được tự động hóa sẽ liên quan đến ba lĩnh vực sau:

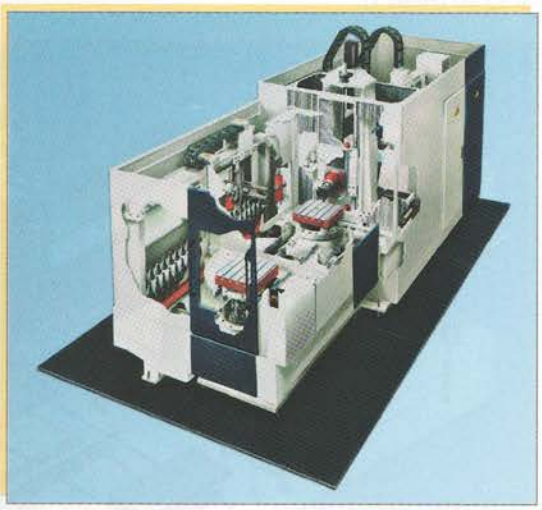
- Gia công tự động
- Vận chuyển tự động phôi từ máy này sang máy khác
- Luồng thông tin tự động

Bước đầu tiên cho tự động hóa sản xuất thật ra là quá trình gia công được tự động hóa.



Hình 1: Máy CNC

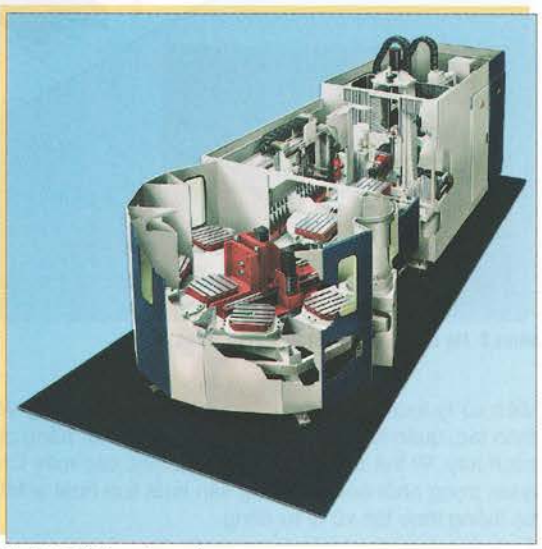
Ở Đức giữa thế kỷ 20 bắt đầu phát triển **máy công cụ CNC**[1] **(Hình 1)** cho một phương pháp sản xuất đặc biệt (thí dụ, tiện hoặc phay). Các trình tự chuyển động trên máy để tạo ra các dạng hình học của phôi mong muốn được tạo ra bởi một chương trình phần mềm. Trong đà phát triển, các phương pháp sản xuất khác được chuyển đổi sang chế độ vận hành CNC (thí dụ như dập, cắt bằng laser, cắt bằng tia đốt). Máy CNC cổ điển là một máy công cụ hoạt động độc lập, trong đó việc thay đổi dụng cụ, phôi và chương trình phần mềm được thực hiện bằng tay.



Hình 2: Trung tâm gia công

Nếu trên máy công cụ CNC, dụng cụ, phôi và chương trình phần mềm được tự động hóa và có sẵn sự điều khiển 4D hoặc 5D để có thể gia công 4 hoặc 5 mặt, thì ta gọi máy này là **trung tâm gia công (Hình 2).** Các dụng cụ cần thiết được chứa trong bộ nhớ dụng cụ và được tự động thay vào trục chính thông qua các lệnh tương ứng trong phần mềm. Phần lớn các công đoạn gia công cắt gọt ở phôi (tiện, phay, cắt ren v.v...) được thực hiện ở trung tâm gia công.

Nếu trung tâm gia công được mở rộng, thí dụ trên palét lưu trữ, để gia công lúc nào cũng có đủ các bộ phận khi vận hành máy không người điều khiển trong một thời gian nhất định, ta nói đó là một **tế bào sản xuất (Hình 3)** hay **đơn vị sản xuất độc lập**. Thông thường ở đây được tích hợp một hệ thống giám sát kích thước phôi. Qua sự giám sát lực cắt, trong trường hợp cần thiết, sự thay đổi dụng cụ tự động sẽ được thực hiện. Ranh giới giữa trung tâm gia công và tế bào sản xuất ngày càng bị xóa nhòa, càng nhiều nhà sản xuất mở rộng các môđun cho trung tâm gia công của họ thành tế bào sản xuất.



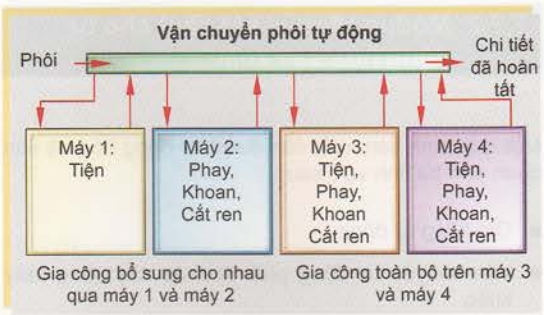
Hình 3: Tế bào sản xuất

[1] CNC: Computerized Numerical Control = Điều khiển bằng số với hỗ trợ của máy tính

https://tieulun.hopto.org

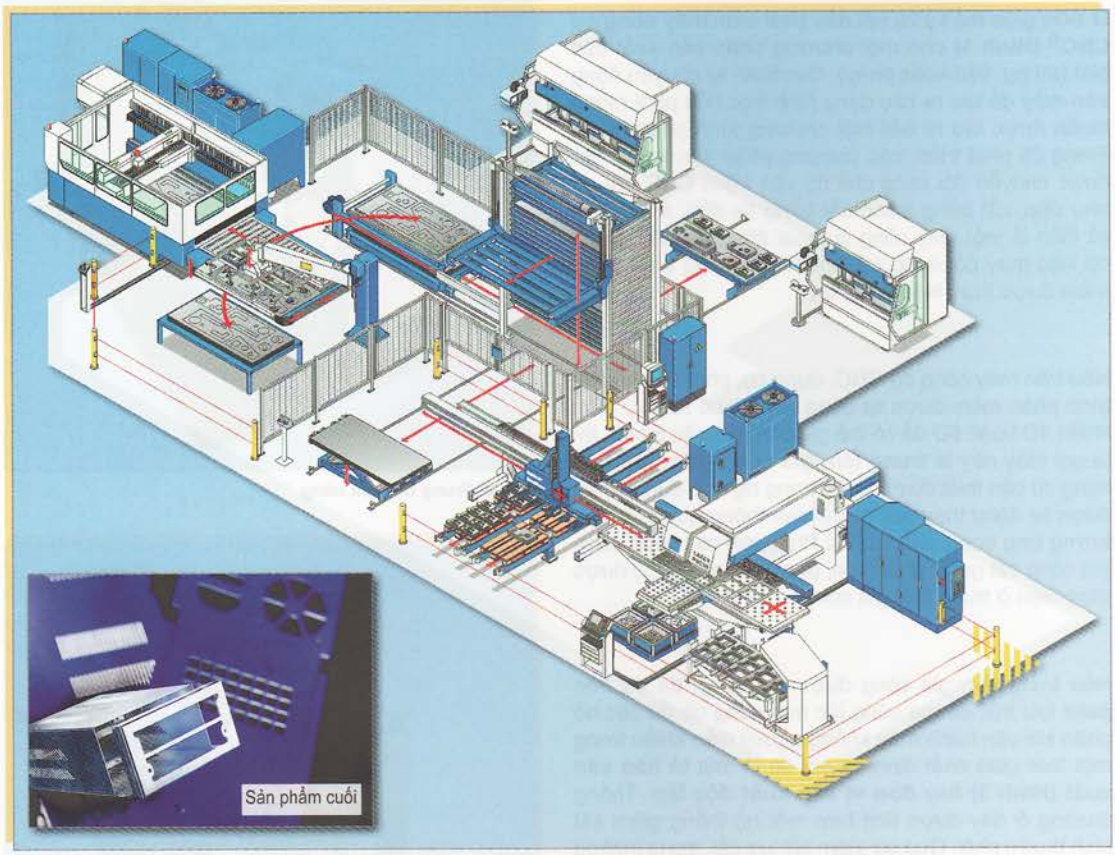
Hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS = Flexible manufacturing system) **(Hình 2)** cơ bản gồm có các thành phần sau:

- Nhiều máy tự động CNC với thiết bị thay đổi dụng cụ và bộ lưu trữ dụng cụ lớn
- Tự động nạp và dỡ phôi
- Vận chuyển phôi tự động
- Một hệ thống điều khiển cấp trên



Hình 1: Nguyên tắc gia công trong hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS)

Hệ thống sản xuất linh hoạt cho phép thay đổi liên tục phương pháp gia công và cỡ lô (số lượng hàng sản xuất trong một đợt sản xuất/gia công). Do đó nó có khả năng gia công phôi khác nhau theo bất kỳ thứ tự nào. Nguyên tắc gia công trong đó thường bao gồm một số máy được bổ sung và thay thế kết hợp với nhau, do đó toàn bộ hệ thống vẫn có thể sản xuất nếu một máy có sự cố **(Hình 1)**.



Hình 2: Hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS)

Việc xử lý tường tận chủ đề tự động hóa gia công với các đề tài thêm vào như hệ thống vận chuyển phôi và thao tác, quản lý dụng cụ, máy tính chủ FMS, băng chuyền lắp ráp linh hoạt v.v sẽ vượt quá phạm vi của cuốn sách này. Vì thế trong hai phần sau đây, các máy CNC được xử lý - thể hiện qua các môđun (đơn vị thiết bị) quan trọng nhất của hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS) - và các robot công nghiệp - là đại diện thú vị nhất của hệ thống thao tác xử lý tự động.

https://tieulun.hopto.org

7.8 Điều khiển CNC

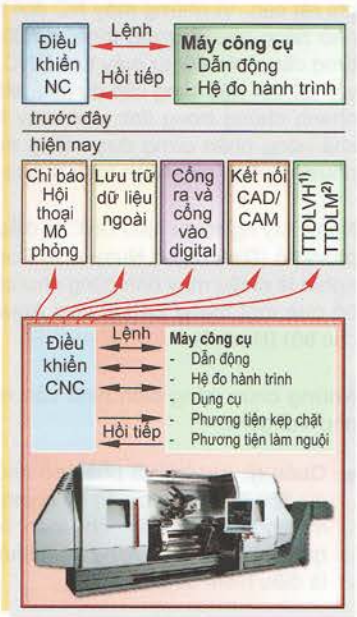
Ước muốn có thể chuyển các công việc nặng nhọc và khó khăn sang máy móc và tự động hóa đã có từ rất lâu. Ngược dòng thời gian, những hệ điều khiển bằng cơ học đã xuất hiện từ thế kỷ 18 (thí dụ như khung cửi dệt cơ khí). Vào năm 1770 *P. Jaquet-Droz* đã chế tạo búp bê viết chữ trên giấy bằng ngòi bút **(Hình 1)**. Đây là những hệ điều khiển thuần cơ khí bằng các đĩa điều khiển được thay thế, thậm chí chúng có thể viết những hàng chữ khác nhau.

Hình 1: Búp bê người máy viết

Ngay từ giữa thế kỷ 20, người ta đã tìm kiếm máy công cụ được điều khiển bằng số. Tất cả các thông tin dữ liệu về gia công xuất hiện dưới dạng những trị số; thí dụ vận tốc dẫn tiến, vận tốc cắt, kích thước hình học của chi tiết. Ngay cả việc mô tả quỹ đạo bằng toán học theo lý thuyết cũng thường có khả năng thực hiện được (thí dụ như quỹ đạo phức tạp của máy bay), tuy nhiên vào lúc đó việc chế tạo với sự trợ giúp của dưỡng chép hình lại quá thiếu chính xác.

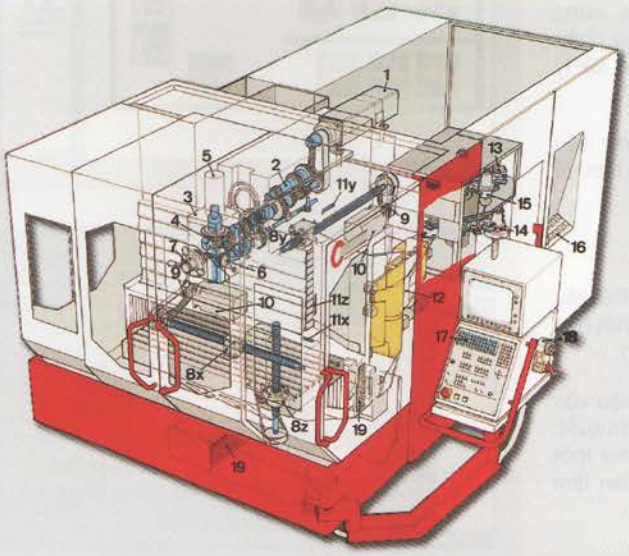
Sau thế chiến thứ hai, những máy công cụ NC đầu tiên được chế tạo tại Mỹ (NC: Numerical Control = Điều khiển kỹ thuật số). Những máy công cụ này sản xuất bằng cách nhận thông số về vị trí (thông số định vị) qua băng đục lỗ. Chúng đã có khả năng tính toán được những trị số chuyển tiếp cho các vị trí này và với động cơ servo điều khiển cũng như điều chỉnh chuyển động của các trục sao cho có thể gia công được cả những biên dạng phức tạp. Thời đó không có bộ nhớ cho chương trình; môi trường lưu trữ thông tin lúc ấy là thẻ đục lỗ và hệ điều khiển không phải là thành phần của máy **(Hình 2)**.

Với sự trợ giúp của bộ vi xử lý, máy NC đã phát triển thành hệ thống điều khiển CNC với lĩnh vực hoạt động rộng lớn (Computer Numerical Control = điều khiển bằng kỹ thuật số với trợ giúp của máy tính, **Hình 2 và 3**). Ngày nay không còn máy NC dạng cổ điển nữa, vì thế người ta có thể xem khái niệm NC và CNC đồng nghĩa với nhau.



Hình 2: So sánh NC / CNC

[1] TTDLVH (BDE: **B**etriebs**d**aten**e**r**f**assung = Thu thập dữ liệu vận hành)
[2] TTDLM (MDE: **M**aschinen**d**aten**e**r**f**assung = Thu thập dữ liệu máy)



1. Động cơ trục chính chạy bằng điện 3 pha (động cơ AC, không đồng bộ xoay chiều)
2. Hộp số 3 cấp
3. Đầu phay đứng
4. Bảo vệ va đập theo chiều đứng
5. Kẹp dụng cụ bằng thủy lực
6. Tinh chỉnh trục tâm (Lünette)
7. Cần dẫn tiến (cần khoan)
8. Truyền động bằng trục ren cầu
9. Bộ ly hợp bảo vệ va chạm
10. Động cơ điện 3 pha (AC) cho bước dẫn tiến (servo)
11. Hệ thống đo hành trình - đường thẳng
12. Bộ đổi dụng cụ chiều đứng
13. Giá đựng dụng cụ 32 chỗ
14. Dụng cụ khoan
15. Đầu dò đo, không dây
16. Bàn điều khiển bộ đổi dụng cụ (dao)
17. Điều khiển đường đi bằng CNC
18. Môđun điều khiển bằng tay
19. Chất kết dộn (vật liệu hỗn hợp giữa gang xám-khoáng chất đúc) tại chân máy, bộ đỡ chữ thập và giá đỡ trục chính.

Hình 3: Máy CNC

https://tieulun.hopto.org

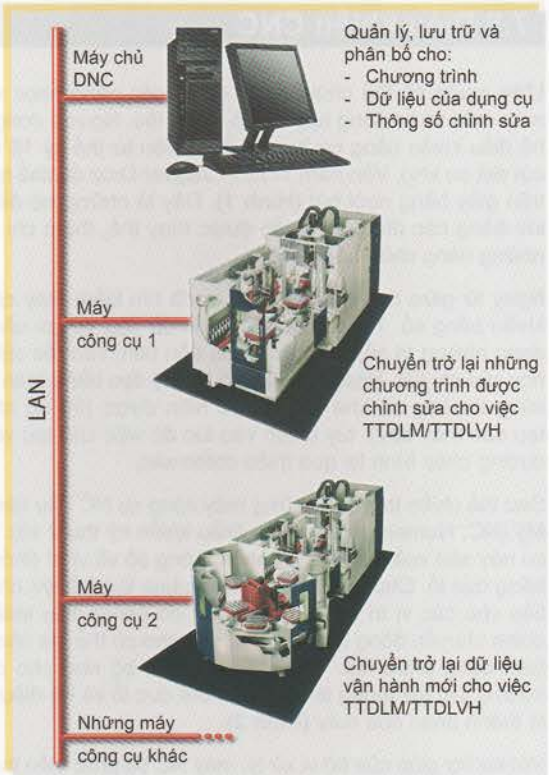
Việc nối mạng với các máy công cụ cũng được gia tăng. Trước đây, người ta hy vọng sẽ tiết kiệm được nhiều hơn bằng cách tập trung tính toán vào việc nội suy quỹ đạo của chuyển động cắt dàn trải từ nhiều máy NC vào một máy chủ hay máy trung tâm với phương pháp gọi là **DNC**[1]. Qua đó từng máy NC chỉ còn trang bị với một hệ thống điều khiển không đầy đủ chức năng gọi là hệ thống điều khiển khung vỏ (hệ thống điều khiển thân máy).

Điều này xem ra có vẻ hợp lý vào thời điểm đó vì hệ điều khiển cần thiết cho việc tính toán nội suy có chi phí rất cao. Vì những máy NC đời trước không có bộ nhớ riêng cho chương trình, do đó chúng phải nhận từng câu lệnh một từ máy tính DNC. Tại đây xuất hiện vấn đề với việc cung cấp dữ liệu. Mặt khác việc hạ giá nhanh chóng trong lĩnh vực máy tính đồng thời với khả năng phần cứng được tăng mạnh đã khiến cho phương pháp này hoàn toàn bị phá sản.

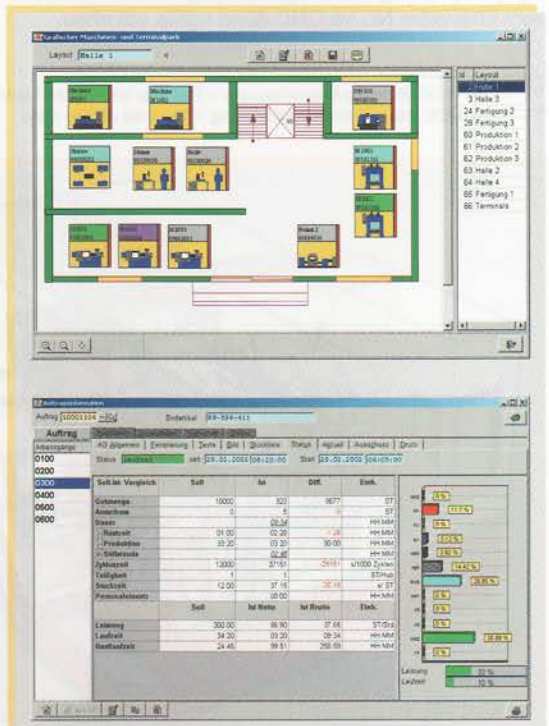
Ngày nay người ta hiểu DNC là điều khiển kỹ thuật số phân bố (**D**istributed **N**umerical **C**ontrol). Điều này có nghĩa là nhiều máy tính cũng như công cụ được phân bố qua một mạng LAN (Local Area Network = Mạng cục bộ) **(Hình 1).**

Những chức năng điển hình của một hệ thống DNC như thế gồm:

- Quản lý, lưu trữ và phân bố những chương trình, dữ liệu của dụng cụ, trị số chỉnh sửa; tự động hóa một phần hay thậm chí toàn bộ. Ngày nay việc quản lý 10.000 chương trình khác nhau không còn là điều hiếm có nữa.
- Giám sát quy trình gia công và lưu lại nhật ký máy để có thể nhận biết sự bất thường khi vận hành.
- Trong trường hợp chương trình quá dài, cung cấp tuần tự cho từng máy CNC với những phần chương trình tương ứng để bảo đảm việc xử lý được liên tục.
- Chuyển trở lại những chương trình và dữ liệu (thông số) chỉnh sửa cho việc quản lý trung tâm để tối ưu hóa quy trình gia công.
- Điều khiển dòng vật liệu.
- Thu thập dữ liệu máy (TTDLM) **(Hình 2).** Dữ liệu máy là thông số riêng của máy (thí dụ như thời hạn bảo dưỡng, tuổi thọ, độ chính xác gia công).
- Thu thập dữ liệu vận hành (TTDLVH). Dữ liệu vận hành là thông số xuất hiện trong quy trình sản xuất, chúng mô tả diễn biến quy trình (thí dụ như thời hạn giao hàng, số lượng sản xuất, thời gian làm việc).



Hình 1: DNC



Hình 2: TTDLM / TTDLVH

[1] DNC: Direct Numerical Control = Điều khiển kỹ thuật số trực tiếp

https://tieulun.hopto.org

7.8.1 Đặc tính của máy CNC

Những đặc tính sau đây là điển hình cho máy CNC ngày nay:

- Việc gia công chi tiết được thực hiện với sự trợ giúp của một **chương trình** lưu trữ trong một bộ nhớ và được gọi ra vào lúc thực hiện gia công. Trong chương trình này có sẵn những thông tin cần thiết dưới dạng câu lệnh cho gia công như: kích thước hình học của chi tiết, bước dẫn tiến, tốc độ cắt, đóng/mở dung dịch làm nguội, dụng cụ và thay đổi dụng cụ. Việc nhập liệu cho chương trình được thực hiện qua một vùng điều khiển máy **(Hình 1)**, một máy tính để ngoài (PC công nghiệp), đĩa mềm hay một mạng cục bộ (LAN).

- Tất cả những đơn vị chuyển động (thí dụ như cốt trục, trục chính, hệ thống thay đổi dụng cụ) có hệ dẫn động riêng **(dẫn động độc lập) (Hình 4).**

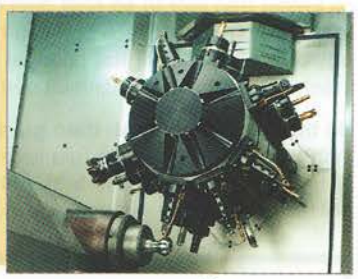
- Ngay cả **trục chính** cũng có một **động cơ dẫn động** có thể điều khiển tốc độ vô cấp **(Hình 4)** sao cho những kích thước hình học thay đổi như trong khi tiện mặt đầu, tốc độ cắt được giữ cố định qua việc thay đổi số vòng quay tương ứng của trục chính.

- Mỗi một trục chuyển động hay trục định vị đều có một **hệ thống điều chỉnh vị trí và điều chỉnh vận tốc** riêng **(Hình 4)**.

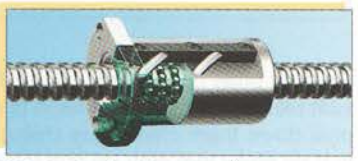
- Qua việc sử dụng **trục vít bi quay vòng (Hình 3)** trong các trục dẫn tiến, người ta có thể gia công phay nghịch chiều và thuận chiều. Độ rơ (độ hở chuyển động đảo chiều) xuất hiện trong trục ren hình thang sẽ biến mất hầu như hoàn toàn.

- Việc thay đổi dụng cụ điều khiển bằng chương trình có thể thực hiện được qua **hệ thay đổi dụng cụ tự động (Hình 2).** Qua đó từng máy riêng rẽ có thể chạy lâu hơn mà không cần người điều khiển máy tác động vào cũng như một người đứng máy có thể điều khiển nhiều máy. Dụng cụ bị mòn hay bị mẻ có thể thay thế bằng dụng cụ mới.

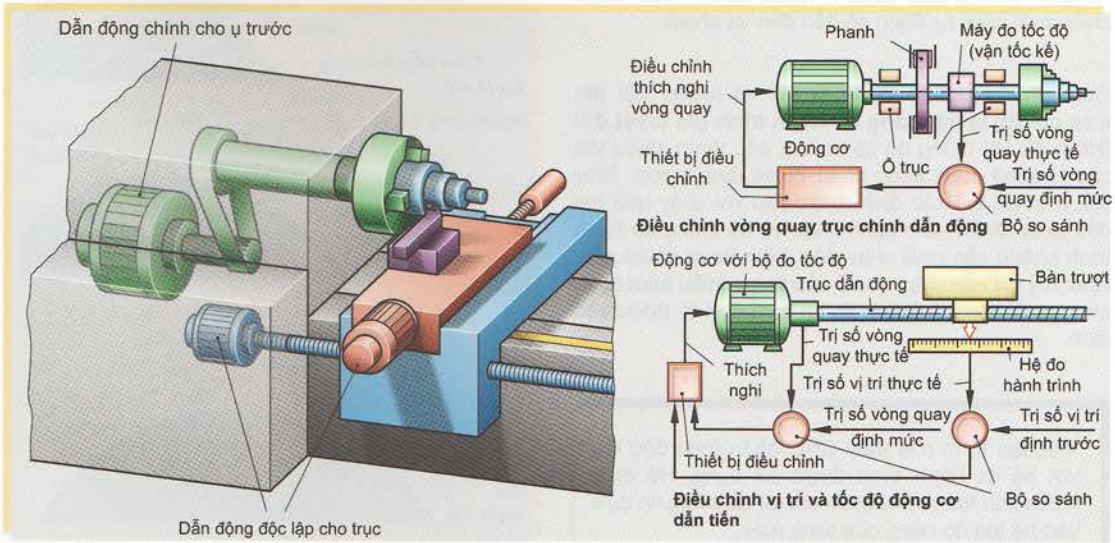
Hình 1: Vùng điều khiển (vùng thao tác)



Hình 2: Đài dao xoay (đầu revonve)



Hình 3: Truyền động ren bằng bi (ren cầu)

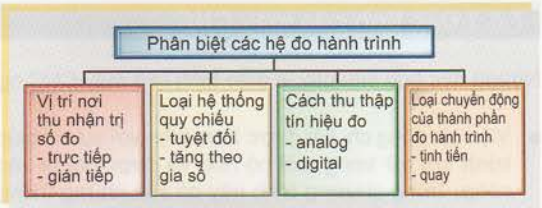


Hình 4: Dẫn động của một máy CNC

https://tieulun.hopto.org

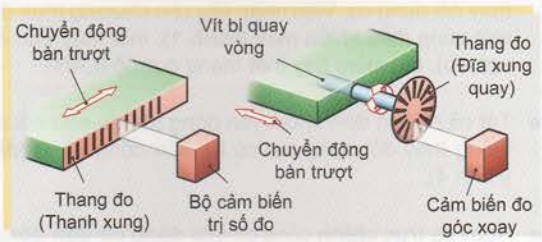
7.8.2 Hệ thống đo hành trình

Máy CNC cần một hệ thống đo hành trình cho mỗi cốt trục được điều chỉnh. Hệ thống đo này cung cấp tín hiệu đo điện tử có thể phân tích và đánh giá được. Việc chọn lựa hệ thống đo phù hợp được thực hiện theo nhiều tiêu chí: đoạn đường di chuyển tối đa, tốc độ di chuyển tối đa của cốt trục (láp), độ chính xác, khả năng lắp ráp đơn giản và chi phí. Hệ thống đo hành trình vận hành với nhiều phương pháp khác nhau **(Hình 1).**



Hình 1: Tổng quan về những hệ thống đo hành trình

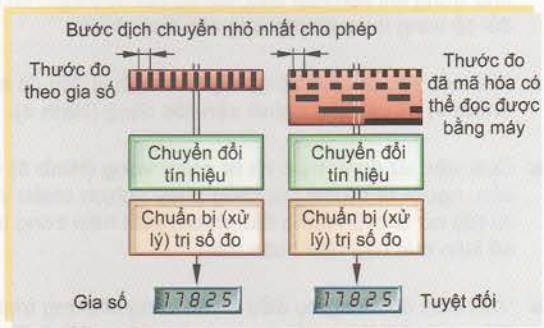
Trong **phương pháp đo trực tiếp,** việc thu nhận trị số đo được thực hiện trực tiếp ở bàn trượt máy, trong khi ở **phương pháp đo gián tiếp** thì tại trục dẫn tiến **(Hình 2)**.



Hình 2: Đo hành trình trực tiếp và gián tiếp

Trong **phương pháp đo analog,** mỗi một vị trí đều có tương ứng một trị số nhất định của một đại lượng vật lý (thí dụ như độ lệch pha của hai điện áp). Trong **phương pháp đo digital** phạm vi đo được chia nhỏ thành những bước xác định và đếm được.

Hệ thống đo hành trình theo gia số đo với lượng cố định tăng dần từng bước (gia lượng hay gia số) tính từ tình trạng trước đó **(Hình 3)**. Ở **hệ thống đo tuyệt đối**, trị số định vị có sẵn ngay khi mở máy để sử dụng.

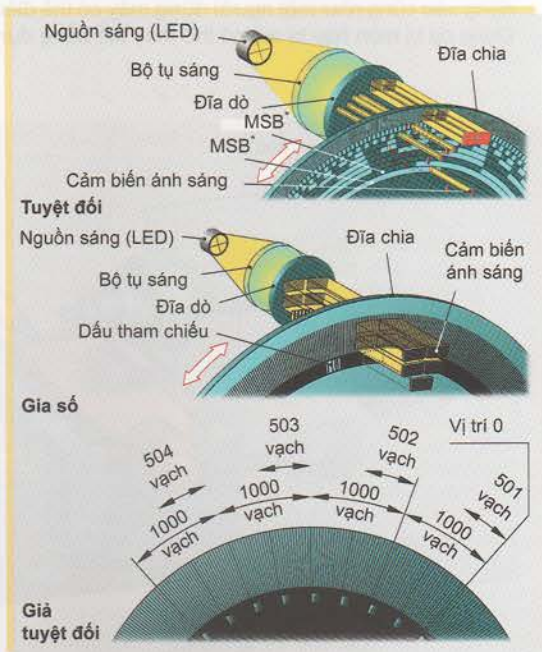


Hình 3: Gia số/Tuyệt đối

> Ở hệ thống đo hành trình theo gia số, điểm tham chiếu phải tiếp cận trước tiên sau khi mở máy.

Phương pháp đo tuyệt đối cần thiết ở nơi mà vấn đề xuất hiện sau khi việc vận hành bị ngắt quãng vì máy phải được tham chiếu (quy chiếu) mới. Như vậy sẽ mất rất nhiều thời gian khi một robot hàn ở trong thân xe phải tìm lại được điểm tham chiếu bằng tay (thủ công) sau khi bị gián đoạn vì việc chạy tìm điểm tham chiếu một cách tự động sẽ dẫn đến va chạm.

Giữa phương pháp đo tuyệt đối và tương đối (đo theo gia số) là **hệ thống đo hành trình giả tuyệt đối (Hình 4)**. Hệ thống đo có những dấu tham chiếu với các khoảng cách khác nhau được định trước. Như thế vị trí có thể xác định được sau khi chạy qua hai dấu tham chiếu nằm cạnh nhau và hệ thống đo hành trình không cần phải chạy đến điểm tham chiếu gốc. Như vậy chỉ cần chạy qua 2 dấu tham chiếu nằm cạnh nhau là đủ cho hệ thống đo lại nằm ở vị trí được xác định.



Hình 4: Hệ thống đo hành trình

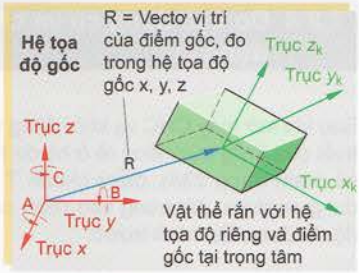
> Việc lập trình của máy CNC hoàn toàn độc lập với hệ đo hành trình được sử dụng. Hệ điều khiển tính toán và chuyển đổi tất cả thông tin dựa vào hệ tọa độ riêng của từng máy.

*MSB (**M**ost **s**ignificant **b**it): Bit có giá trị cao nhất, bit trọng số cao, bit trái

https://tieulun.hopto.org

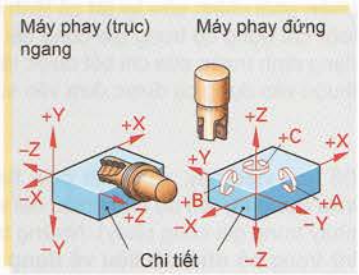
7.8.3 Thông tin vị trí và hệ tọa độ

Nếu vị trí của một vật thể rắn (thí dụ như dao phay, dao tiện, kìm hàn của một robot) phải mô tả chính xác trong không gian, người ta cần có toàn bộ sáu thông tin về tọa độ độc lập với nhau. Một mặt đó là thông số về vị trí (thí dụ như x, y và z). Mặt khác người ta còn cần thêm các thông tin về hướng (thí dụ như chuyển động quay A, B và C xung quanh các trục x, y và z **(Hình 1)**. Như thế **thông tin về vị trí** chính xác của một vật thể rắn trong không gian gồm ba **thông số vị trí** và ba **thông số định hướng**. Tùy theo những chuyển động của máy CNC trong không gian phức tạp như thế nào, người ta cần một số lượng trục khác biệt và độc lập với nhau. Vì vậy trong điều khiển 2D (2 chiều), người ta chỉ có thể thay đổi vị trí trong một mặt phẳng trong khi ở hệ thống 3D (3 chiều) việc điều khiển cho phép thay đổi vị trí trong không gian. Từ điều khiển 4D trở đi, ngoài vị trí trong không gian, còn có thêm sự thay đổi về định hướng.



Hình 1: Bậc tự do

Người ta sử dụng hệ tọa độ Descartes cho nhiều máy CNC để mô tả vị trí; cho các thông tin về hướng còn cần thêm ba chuyển động quay xung quanh các trục đó **(Hình 2)**.

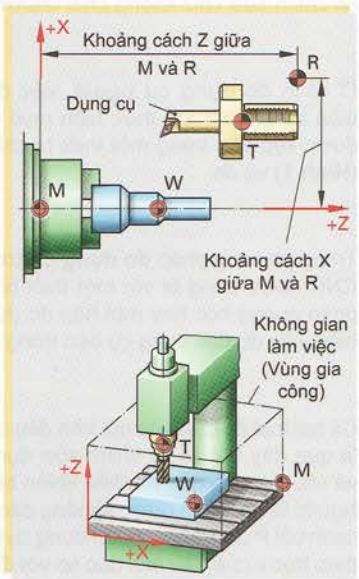


Hình 2: Hệ tọa độ Descartes

Để đơn giản hóa vấn đề, những điều trình bày sau đây giới hạn vào việc điều khiển 3D. Mỗi một trục trong ba trục có hệ thống đo hành trình riêng biệt. Phần lớn các hệ thống đo hành trình cắt nhau ở **điểm gốc máy (điểm 0) M (Hình 3)**. Điểm gốc này được nhà sản xuất quy định và người sử dụng máy không thể thay đổi. Trong máy tiện, điểm này phần lớn nằm trên cốt trục chính trong mặt chặn của mâm cặp **(Hình 3)**. Ở máy phay thì vị trí của nó phụ thuộc vào quy định của nhà sản xuất.

Nếu không có dụng cụ hoạt động trong quá trình điều khiển thì toàn bộ các thông tin về vị trí dựa vào **điểm chuẩn giá mang dụng cụ T (Hình 3)**.

Khi nhà sản xuất sử dụng hệ đo hành trình theo gia số cho cốt trục máy và nếu không thể tới gần (tiếp cận) điểm gốc máy được (thí dụ như máy tiện với điểm gốc trong mâm cặp), nhà sản xuất định nghĩa một điểm mới trong phạm vi di chuyển của máy gọi là **điểm tham chiếu (điểm chuẩn, điểm quy chiếu) R (Hình 3)**. Từ điểm này, những khoảng cách theo hướng trục x, y và z đến điểm gốc được xác định. Sau khi mở máy, một quy trình được lập trình trước của nhà sản xuất điều khiển máy đến điểm tham chiếu. Do khoảng cách theo hướng x, y và z đến điểm gốc máy đã được biết chính xác, vì vậy hệ điều khiển được thông báo về vị trí trong không gian.

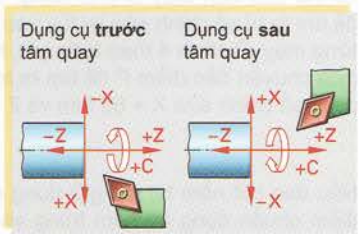


Hình 3: Những điểm chuẩn

Tùy theo hình dạng của chi tiết, người ta xác định cho mỗi phần một **điểm gốc của chương trình** hay **điểm gốc của chi tiết gia công**. Điểm gốc trục tọa độ sẽ nằm tại điểm này, nơi mà từ đây những quãng đường đi (hành trình) của từng trục riêng rẽ sẽ được lập trình.

Vì lý do an toàn, người ta xác định là khi di chuyển theo chiều thuận (chiều dương), dụng cụ sẽ di động ra khỏi chi tiết **(Hình 4)**. Ngoài ra quy tắc sau đây được áp dụng:

> Khi lập trình phải giả sử rằng tất cả các chuyển động dẫn tiến xuất phát từ dụng cụ đi ra.



Hình 4: Tọa độ máy tiện

https://tieulun.hopto.org

7.8.4 Đo đạc dụng cụ và chỉnh sửa dụng cụ

Sau khi mở máy CNC và khởi động việc quy chiếu cần thiết của từng trục riêng rẽ ở hệ đo hành trình theo gia số (xem trang 238), điểm chuẩn T của giá đỡ mang dụng cụ được đặt trùng vào điểm có trị số của hệ tọa độ đã được lập trình trước.

Nếu dụng cụ được kẹp chặt vào trục quay, hệ điều khiển phải chỉnh sửa lại tất cả lệnh di chuyển của các lưỡi cắt dụng cụ trong gia công cắt gọt. Như thế biên dạng định trước của chi tiết được lập trình không bị lệ thuộc vào dụng cụ được đưa vào sử dụng.

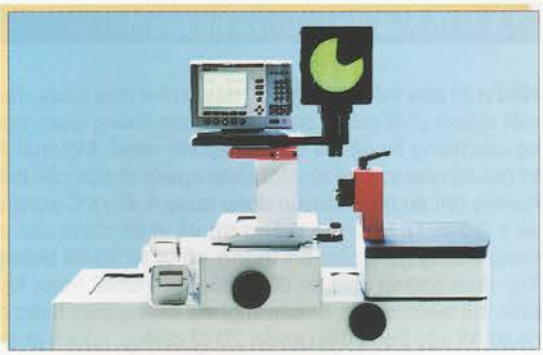
Để làm việc này, cần thiết phải tìm ra **trị số chỉnh sửa dụng cụ** (thí dụ như chiều dài và đường kính dao phay trong gia công phay). Những trị số này được lưu trữ trong **bộ nhớ dữ liệu về dụng cụ**. Hệ điều khiển CNC có thể truy cập vào đây để lấy ra và tính toán những chỉnh sửa cần thiết khi vận hành chương trình. Cả khi thay đổi dụng cụ bổ sung thì chỉ phải thay đổi trị số chỉnh sửa chứ không phải chương trình.

Ở cách **đo dụng cụ ngoài,** việc đo đạc được thực hiện bên ngoài. Để thực hiện mục đích này, dụng cụ được kẹp vào trong một thiết bị chỉnh trước dụng cụ **(Hình 1)** và đo.

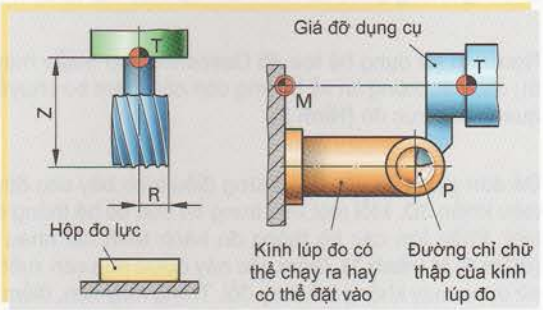
Trong phương pháp **đo dụng cụ trong (Hình 2)**, máy CNC được trang bị với một thiết bị đo bằng phương pháp quang học hay một hộp đo (lực kế) có thể thực hiện việc đo đạc dụng cụ bên trong máy.

Cả hai loại đo dụng cụ nói trên đều có một điểm chung là qua đây các trị số chỉnh sửa dụng cụ được tìm ra và chuyển tiếp đến hệ điều khiển bộ lưu trữ dụng cụ. Người ta xác định được khoảng cách của điểm chuẩn cạnh cắt P đến điểm chuẩn dụng cụ E (trị số hiệu chỉnh theo trục x của đầu mũi dao so với điểm chuẩn của giá đỡ dụng cụ, trị số chỉnh sửa chiều dài z) **(Hình 3).** Ở đây cần lưu ý đến dấu của trị số chỉnh sửa. Sự sai dấu có thể dẫn đến máy bị phá hỏng. Việc quy định dấu để tìm ra trị số chỉnh sửa lại tùy vào hệ điều khiển của từng máy. Ở **Hình 4** theo lý thuyết, hệ tọa độ cần phải dịch chuyển đến điểm P để tìm ra trị số chỉnh sửa. Ta có trị số chỉnh sửa X + 85 mm và Z + 41 mm.

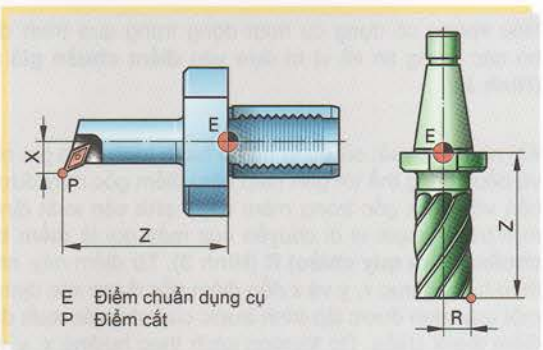
Nếu dao cắt nằm tại giá giữ dụng cụ của máy CNC, điểm chuẩn dụng cụ nằm trùng vào điểm chuẩn giá giữ dụng cụ T **(Hình 4)**.



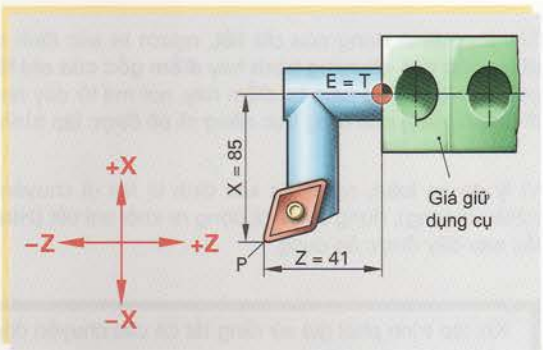
Hình 1: Đo dụng cụ ngoài



Hình 2: Đo dụng cụ trong



Hình 3: Trị số chỉnh sửa dụng cụ



Hình 4: Trị số chỉnh sửa của một dao tiện

https://tieulun.hopto.org

7.8.5 Loại điều khiển

Tất cả các loại máy điều khiển kỹ thuật số có điểm chung là cùng dựa vào một hệ tọa độ để định nghĩa những điểm và cũng có thể cả phương hướng trong không gian. Việc định nghĩa này được thực hiện hoặc qua cách thông báo trực tiếp tọa độ chính xác (thí dụ trong tiện hay phay) hoặc qua cách dạy làm mẫu (thuật ngữ tiếng Anh gọi là **tech = dạy**), có nghĩa là thu thập tọa độ bằng cách dẫn robot thực hiện chuyển động khi gia công. Qua việc nhập dữ liệu vào, chính ngay trong chương trình những lệnh tương ứng được xác định, thí dụ như sẽ đi bằng đường nào (chẳng hạn như đường thẳng, vòng tròn) giữa các điểm.

Khả năng thứ ba là xác định dạng quỹ đạo và vận tốc của nó qua một phương pháp gọi là Play-Back hay lập trình nhại lại (lập trình qua cách lặp lại quá trình gia công đã được thực hiện bằng tay trước đó). Phương pháp này được sử dụng rất nhiều trong robot phun sơn. Người thao tác (người vận hành máy) dẫn robot chạy bằng tay và hệ điều khiển lưu trữ tất cả dữ liệu, thí dụ như tọa độ các vị trí và vận tốc di chuyển.

7.8.5.1 Điều khiển điểm

Ở tính năng điều khiển điểm **(Hình 1),** chuyển động – phần lớn là chuyển động nhanh – được thực hiện từ điểm bắt đầu đến điểm đích. Quãng đường giữa điểm đầu và điểm cuối không thể thấy trước một cách chính xác.

Người ta phân biệt hai loại tính năng điều khiển điểm. Trong **tính năng điều khiển điểm không đồng bộ,** các trục cần di chuyển được chuyển động đồng thời với vận tốc tối đa. Nếu quãng đường di chuyển của từng cốt trục riêng lẻ không dài bằng nhau, thời gian di chuyển của từng cốt trục cũng khác nhau (ở cùng vận tốc tối đa cho tất cả các cốt trục) và như thế phần lớn các trục không đạt điểm đích cùng một lúc.

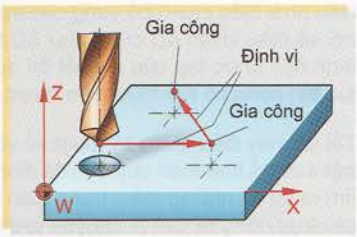
Ở **tính năng điều khiển điểm đồng bộ,** các trục đạt đến điểm cuối đồng thời dù các đoạn đường di chuyển dài ngắn khác nhau. Điều này được thực hiện qua việc thích ứng (làm cho phù hợp) các vận tốc chuyển động riêng của từng trục. Trục có thời gian di chuyển dài nhất sẽ được xem là trục làm chuẩn. Các trục khác sẽ giảm vận tốc sao cho tất cả các trục cùng chuyển động với thời gian như nhau. Các loại robot đơn giản, máy khoan NC, máy đột dập hay hàn điểm được trang bị với hệ điều khiển điểm thuần túy.

7.8.5.2 Điều khiển theo quỹ đạo (điều khiển biên dạng, điều khiển theo contua)

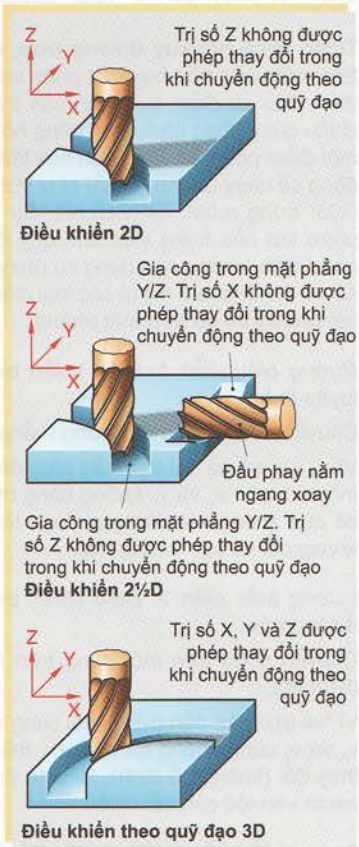
Ở điều khiển theo quỹ đạo, các chuyển động phối hợp được thực hiện trong cùng một thời gian ở hai hay nhiều trục.

Nếu các quỹ đạo cần điều khiển chỉ nằm trong một mặt phẳng, người ta nói về **hệ điều khiển 2D** (2 chiều). Ở đây hai trục có thể chuyển động đồng thời phối hợp với nhau. Có loại điều khiển tuy chỉ có thể tính nội suy trong một mặt phẳng nhưng lại có thể thực hiện nội suy trong nhiều tầng (mặt phẳng) khác nhau. Loại điều khiển này được gọi là **điều khiển 2½D**. Ở đây chỉ có hai trong ba mặt phẳng được điều khiển phối hợp đồng thời. Việc lựa chọn mặt phẳng để gia công **(Hình 2 và 3)** do người vận hành máy quyết định.

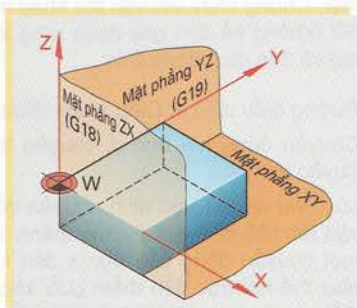
Với một **hệ điều khiển 3D** (3 chiều) người ta có thể thực hiện chuyển động trong không gian. Ở đây ba trục có thể chuyển động phối hợp với nhau đồng thời **(Hình 2)**.



Hình 1: Điều khiển điểm



Hình 2: Điều khiển theo quỹ đạo



Hình 3: Lựa chọn mặt phẳng gia công

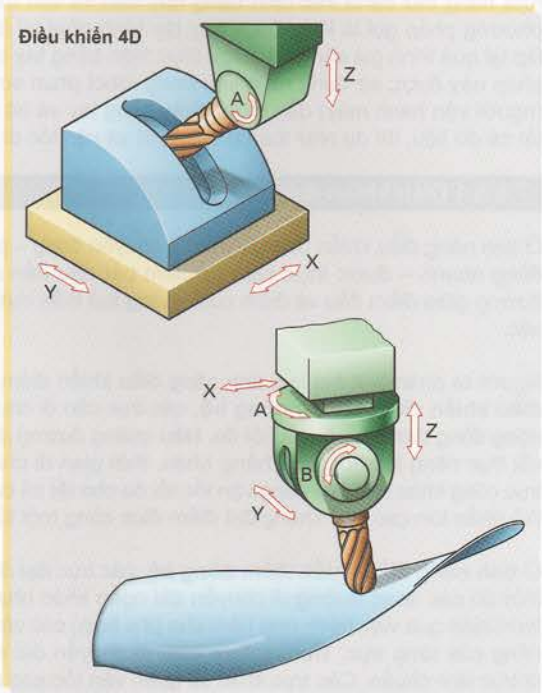
https://tieulun.hopto.org

Nếu phải điều chỉnh bổ sung các trục quay vào ba trục chuyển động thẳng để định hướng dụng cụ, người ta sẽ nói về điều khiển 4D cũng như 5D tùy theo số trục điều khiển **(Hình 1)**. Qua đây việc gia công các kích thước hình học phức tạp của chi tiết thí dụ như các khuôn đúc áp lực (khuôn đúc phun, xịt, tiêm), khuôn rèn và cánh tua bin cong có thể thực hiện được.

Tất cả máy điều khiển kỹ thuật số với hệ điều khiển theo quỹ đạo (theo biên dạng) có điểm chung là cần một **bộ nội suy** để tính toán quỹ đạo đã định trước này cho chuyển động giữa hai điểm trong không gian. Bộ nội suy này tìm ra tất cả những điểm trung gian nằm trên quãng đường đi đã được định nghĩa bằng toán học và dẫn hướng các trục riêng rẽ cần di chuyển tương ứng với đường cong của quỹ đạo trong không gian.

Ở phương pháp **nội suy tuyến tính (nội suy đường thẳng)**, quỹ đạo là một đường thẳng giữa điểm khởi đầu và điểm cuối. Bộ nội suy không cần các thông tin khác để tính các điểm trung gian; thí dụ như trong công đoạn tiện hoặc phay: G01, ở robot: LINEAR.

Trong phép **nội suy đường tròn,** chuyển động nằm trên một vòng tròn hay một phần vòng tròn. Bên cạnh điểm đầu và điểm cuối còn cần thiết phải thêm vào chiều quay (theo chiều kim đồng hồ hay ngược lại) và một điểm phụ trên vòng tròn hay tâm điểm mà chuyển động sẽ chạy quanh, thí dụ như trong tiện/phay: G02/ G03; trong robot: CIRCULAR. Sự tính toán trở nên phức tạp nếu trong việc tính quỹ đạo phải bao gồm phần định hướng của dụng cụ phay (trong điều khiển 4D và 5D). **Hình 2** mô tả các loại điều khiển khác nhau với những thí dụ trên mặt phẳng.



Hình 1: Hệ điều khiển quỹ đạo

Đường biểu diễn 1: Điều khiển biên dạng, nội suy tuyến tính:

Chuyển động trên một đường thẳng;

Vì $s_x > s_y$ và cả hai trục cần phải đến điểm đích cùng một lúc, nên v_x và v_y không bằng nhau ($v_x > v_y$). Nếu bỏ qua không xét đến giai đoạn tăng tốc, ta có v_x = *không đổi* và v_y = *không đổi.*

Đường biểu diễn 2: Điều khiển biên dạng, nội suy đường tròn:

Chuyển động trên một cung tròn chung quanh tâm điểm M2;

Vì hai trục cần đến điểm cuối cùng một lúc nên ở đây v_x và v_y cũng không bằng nhau, thêm vào đó v_x và v_y thay đổi (không cố định). Như ta thấy ở v_y, thậm chí vectơ vận tốc còn đổi chiều.

Đường biểu diễn 3: Điều khiển điểm (đồng bộ):

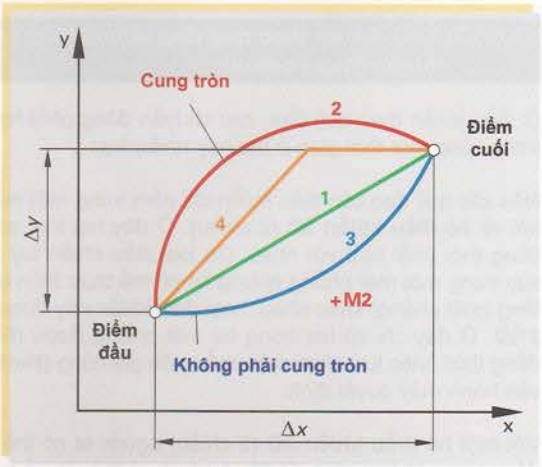
Chuyển động 2 trục quay;

Hai trục quay phải đi qua những đoạn đường khác biệt. Chúng chạy với vận tốc khác nhau nhưng không đổi (không kể đến giai đoạn tăng tốc cũng như hãm lại) và đến đích đồng thời.

Đường biểu diễn 4: Điều khiển điểm (không đồng bộ):

Chuyển động hai trục di chuyển theo đường thẳng (tuyến tính);

Lúc đầu cả hai trục dịch chuyển đồng thời với cùng vận tốc (Độ dốc của đường thẳng là 45°), rồi chỉ còn một chuyển động của trục x đến khi đạt điểm đích; như thế hai trục đến điểm cuối không cùng một thời điểm.

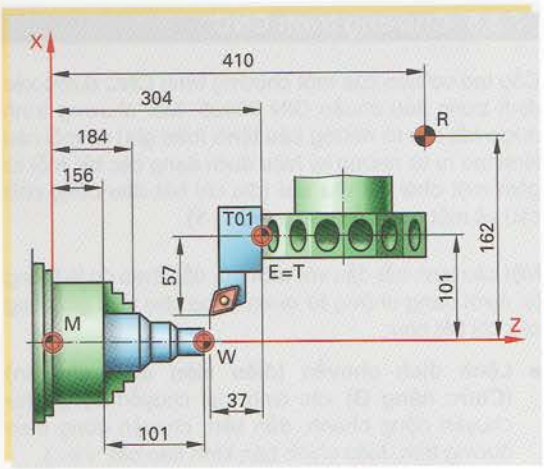


Hình 2: Các loại điều khiển khác nhau

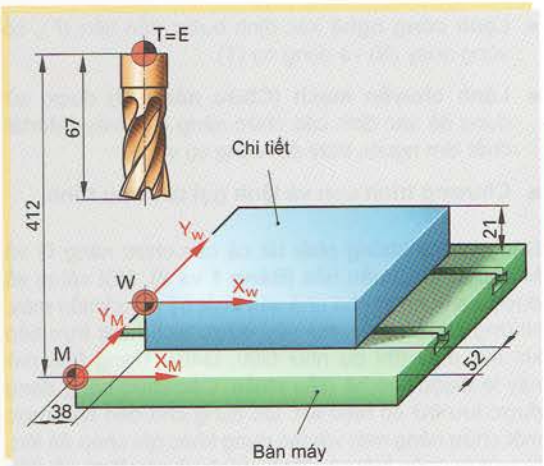
https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

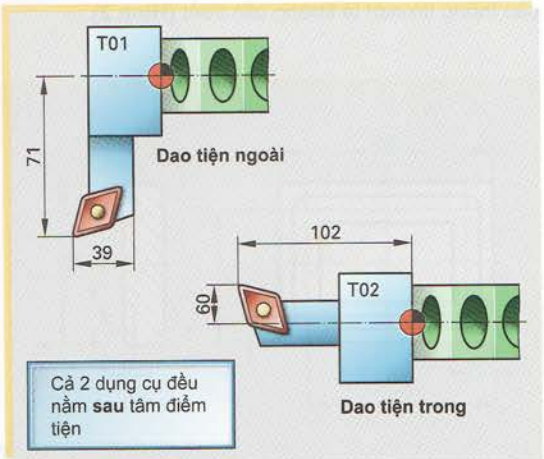
1. Cho biết cặn kẽ ưu và nhược điểm của phương pháp đo trực tiếp và gián tiếp.
2. Trình bày chi tiết ưu và nhược điểm của cách đo tuyệt đối và đo theo gia số.
3. Trình bày chi tiết sự khác biệt giữa máy phay hay máy tiện loại thường và loại máy CNC theo số lượng động cơ và số lượng hộp số truyền động (dẫn động).
4. Giải thích khái niệm điều khiển điểm, điều khiển đoạn thẳng và điều khiển quỹ đạo (đặc biệt ở đây: hệ điều khiển 2D, 2 ½ D, 3D, 4D và 5D).
5. Trình bày lý do mỗi một hệ điều khiển trong câu hỏi 4 cần bao nhiêu động cơ dẫn động.
6. Hãy giải thích khái niệm bộ nội suy. Hãy cho biết ba loại nội suy. Diễn giải vấn đề qua thí dụ một đường thẳng.
7. Người ta cần bộ nội suy cho loại điều khiển nào được nêu lên ở câu 4 (Nêu lý do).
8. Loại điều khiển nào cần thiết tối thiểu cho việc tiện một quả cầu.
9. Hãy diễn giải tính năng vận tốc của trục cần được điều khiển trong câu 8.
10. Hãy xác định tọa độ điểm gốc của chi tiết gia công trong tọa độ máy **(Hình 1 và 2).**
11. Hãy xác định tọa độ của tâm điểm dụng cụ phay trong tọa độ máy khi lệnh điều khiển là: *Chạy đến X30, Y, Z-10* **(Hình 2).**
12. Hãy tìm trị số chỉnh sửa dụng cụ **(Hình 3)** cho cả hai dụng cụ theo **Hình 4, trang 240**.
13. Sự tráo đổi dấu có tác động như thế nào trong việc chỉnh sửa dụng cụ?
    a) Hãy phác họa một bản vẽ.
    b) Tìm tọa độ trong tọa độ máy với sự trợ giúp của **Hình 3** và **Hình 1**.
14. Phác họa các chi tiết phải được phay với hệ điều khiển 3D, 4D và 5D.
15. Vì sao và khi nào máy CNC cần thiết phải có điểm chuẩn (điểm tham chiếu)?
16. Hãy giải thích khái niệm bộ giải góc (Resolver= thiết bị báo vận tốc và vị trí góc).
17. Loại động cơ dẫn động nào được sử dụng trong truyền động (qua) trục và truyền động dẫn tiến. Hãy chỉ dẫn qua bảng vẽ ưu và nhược điểm của những kiểu động cơ khác nhau.
18. Hãy tìm ở các nhà sản xuất trên internet chiều dài tối đa có thể đạt được trong những hệ đo hành trình tuyệt đối theo đường thẳng và bề rộng của từng rãnh đơn (từng rãnh riêng lẻ, từng rãnh một) là bao nhiêu.



Hình 1: Tính toán tọa độ trong phương pháp tiện



Hình 2: Tính toán tọa độ trong phương pháp phay



Hình 3: Chỉnh sửa dụng cụ

https://tieulun.hopto.org

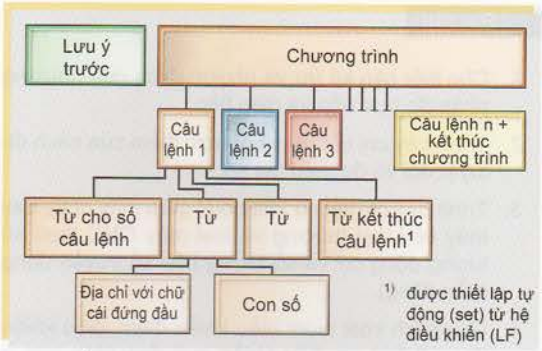
7.8.6 Chương trình CNC

Cấu tạo cơ bản của một chương trình CNC được xác định trong tiêu chuẩn DIN 66025. Mỗi chương trình được kết cấu từ những **câu lệnh** (bản ghi) và mỗi câu lệnh tạo ra từ những ký hiệu dưới dạng các **từ**. Mỗi từ gồm một **chữ cái địa chỉ** (địa chỉ bắt đầu bằng chữ cái) và một **con số thứ tự (Hình 1)**.

Một câu lệnh bắt đầu với **một số**, tiếp theo đó là thông tin dưới dạng những từ quan trọng cho việc gia công các chi tiết như:

- **Lệnh dịch chuyển (điều kiện dịch chuyển) (Chức năng G)** xác định loại chuyển động như chuyển động nhanh, dẫn tiến, chuyển động theo đường tròn, hiệu chỉnh bán kính dao cắt, v.v...).
- **Thông số hình học** (X, Y, Z, I, J vv..) được sử dụng để điều khiển những chuyển động của trục (thông tin về vị trí).
- **Lệnh công nghệ** xác định bước dẫn tiến (F), số vòng quay (S) và dụng cụ (T).
- **Lệnh chuyển mạch (Chức năng M)** được sử dụng để xác định các chức năng của máy (Mở/tắt chất làm nguội, thay đổi dụng cụ vv...).
- **Chương trình con và lệnh gọi các chu trình.**

Đáng tiếc là không phải tất cả các chức năng G và M đều được chuẩn hóa **(Bảng 1 và 2)**. Một vài trị số được dành riêng cho nhà sản xuất hệ điều khiển máy. Những chức năng như vậy được kích hoạt trực tiếp khi mở máy (thí dụ như G90, G40). Trạng thái mở này lệ thuộc vào hệ điều khiển. Các chức năng đang được lưu trữ có hiệu lực tác dụng cho đến khi được một chức năng mới với tác dụng khác ghi chép đè lên. Người ta phân biệt câu lệnh chính và câu lệnh nối tiếp (mệnh đề hệ quả). Ngay cả thông tin về tọa độ cũng có **hiệu lực tác dụng (modal)** (Ngoại lệ: Nội suy đường tròn); có nghĩa là nếu trị số tọa độ không đổi thì việc cấp thông tin mới là không cần thiết **(Hình 2)**.



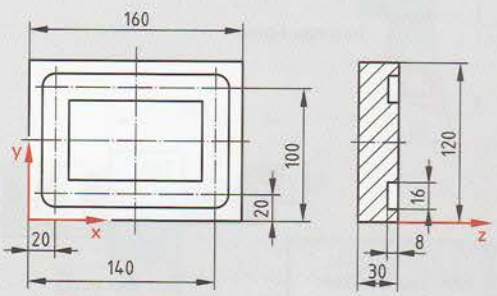
Hình 1: Cấu trúc chương trình

Bảng 1: Chức năng G (lựa chọn)

Mã	Ý nghĩa
G00	Định vị với vận tốc nhanh (Định vị dao nhanh)
G01	Nội suy đường thẳng
G02	Nội suy vòng tròn thuận chiều kim đồng hồ
G03	Nội suy vòng tròn ngược chiều kim đồng hồ
G17	Chọn lựa bề mặt gia công xy (Phay)
G18	Chọn lựa bề mặt gia công xz (Phay)
G22	Lệnh gọi chương trình con (Kiểm tra vùng giới hạn dao)
G40	Hủy bỏ hiệu chỉnh quỹ đạo của dụng cụ (Hủy bù bán kính dao)
G41	Hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ, dụng cụ bên trái
G42	Hiệu chỉnh đường đi của dụng cụ, dụng cụ bên phải
G54	Dịch chuyển điểm gốc
G90	Thông tin cho kích thước tuyệt đối
G91	Thông tin cho kích thước theo gia số (kích thước tương đối)
G95	Dẫn tiến bằng mm/vòng (Tiện)
G96	Vận tốc cắt không đổi bằng mm/vòng (Tiện)

Bảng 2: Chức năng M (lựa chọn)

Mã	Ý nghĩa
M03	KHỞI ĐỘNG trục, quay phải (thuận)
M04	KHỞI ĐỘNG trục, quay trái (nghịch)
M05	TẮT trục chính
M06	Thay đổi dụng cụ
M08	MỞ dung dịch làm nguội và bôi trơn
M09	TẮT dung dịch làm nguội và bôi trơn
M30	Chấm dứt chương trình với việc thiết lập lại các thông số



Kế hoạch làm việc

1. Chạy với chuyển động nhanh (Di chuyển nhanh) đến X20/Y20/Z1
2. Tiện rãnh trong với bước dẫn tiến X20/Y20/Z-8
3. Di chuyển với bước dẫn tiến Y100
4. Phay với bước dẫn tiến X140
5. Phay với bước dẫn tiến Y20
6. Phay với bước dẫn tiến X20
7. Di chuyển tự do đến Z1

Chương trình (chỉ kích thước hình học)

N1	G0	X20	Y20	Z1
N2	G01			Z-8
N3			Y100	
N4		X140		
N5			Y20	
N6		X20		
N7	G0			Z1

Hình 2: Thí dụ cho chương trình

https://tieulun.hopto.org

Lập trình tuyệt đối và lập trình theo gia số

Trong lập trình tuyệt đối (G90) điểm gốc của chi tiết không thay đổi. Tất cả các tọa độ đều quy chiếu vào điểm gốc được xác định này, điểm được lựa chọn trước đó tùy theo dạng chi tiết gia công **(Hình 1)**. Bản vẽ kỹ thuật phù hợp với hệ điều khiển CNC được đặt kích thước tính từ điểm gốc, nhờ vậy người điều khiển không phải thực hiện các phép tính tiếp theo khi lập trình.

Trong lập trình theo gia số (G91), lượng gia tăng kích thước dựa vào điểm trước đó với sự lưu ý đúng về dấu **(Hình 2)**.

> G90 trong lập trình tuyệt đối có nghĩa là:
> *Chạy **đến** điểm có tọa độ, thí dụ X20 Y20*
> G91 trong lập trình theo gia số có nghĩa là: *Chạy **từ** điểm với khoảng cách, thí dụ X20 mm Y20 mm*

Cả hai hệ lập trình với kích thước tuyệt đối và kích thước theo gia số đều có lĩnh vực ứng dụng thuận lợi của nó:

- Tuyệt đối: đường biên dạng phức tạp, nơi mà các kích thước còn tiếp tục thay đổi.
- Theo gia số: chương trình con, thực hiện cùng một phương pháp gia công ở nhiều vị trí khác nhau.

Tọa độ cực (Hình 3)

Người ta có thể định vị một điểm trên mặt phẳng qua vectơ vị trí r và góc α của vectơ vị trí này với đường không (phần lớn là trục x dương). Qua đó nhận được tọa độ cực. Phương trình chuyển đổi được tìm ra qua việc suy diễn đơn giản từ hình học. Ta có:

Tọa độ cực → tọa độ Descartes:

$$x = r \cdot \cos\alpha \quad \text{và} \quad y = r \cdot \sin\alpha$$

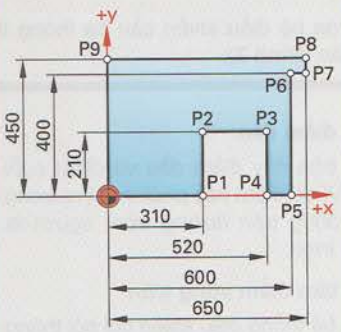
Tọa độ Descartes → tọa độ cực:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{và} \quad \alpha = \arcsin(y/x)$$

Trong cách tính chuyển đổi từ tọa độ cực sang tọa độ Descartes phải lưu ý là góc luôn luôn đo từ đường không **(Hình 3).** Từ tọa độ Descartes sang tọa độ cực sẽ xuất hiện sự không rõ ràng (hàm sin).

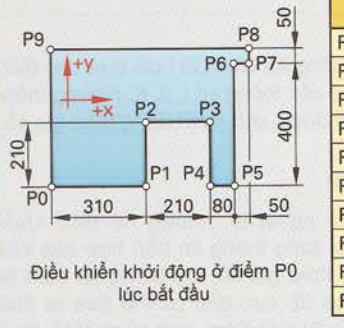
Nội suy đường thẳng (G01)

Trong phép nội suy đường thẳng (nội suy tuyến tính) hệ điều khiển tính toán ra một đường thẳng giữa điểm tức thời (điểm thực tế) và điểm đích (điểm đến) rồi dịch chuyển đến điểm đích với vận tốc dẫn tiến đã được lập trình. Vì đã biết sự điều khiển của điểm tức thời nên chỉ cần lập trình để tính tọa độ điểm đến **(Hình 1, trang 246)**. Điểm đến có thể cho biết bằng hệ tọa độ tuyệt đối (G90) hay theo gia số (G91). Ở kích thước với dung sai thì điểm đến sẽ là tâm dung sai.



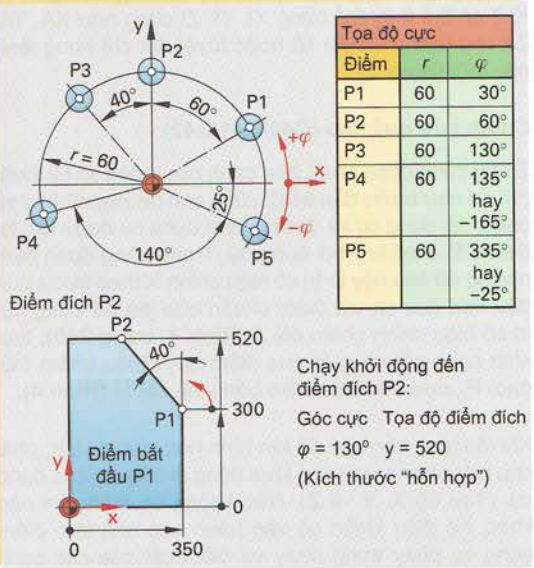
Điểm	Tọa độ tuyệt đối	
	x	y
P1	310	0
P2	310	210
P3	520	210
P4	520	0
P5	600	0
P6	600	400
P7	650	400
P8	650	450
P9	0	450
P0	0	0

Hình 1: Đo kích thước tuyệt đối



Điểm	Tọa độ theo gia số	
	x	y
P1	310	0
P2	0	210
P3	210	0
P4	0	−210
P5	80	0
P6	0	400
P7	50	0
P8	0	50
P9	−650	0
P0	0	−450

Hình 2: Đo kích thước theo gia số



Tọa độ cực		
Điểm	r	φ
P1	60	30°
P2	60	60°
P3	60	130°
P4	60	135° hay −165°
P5	60	335° hay −25°

Hình 3: Tọa độ góc

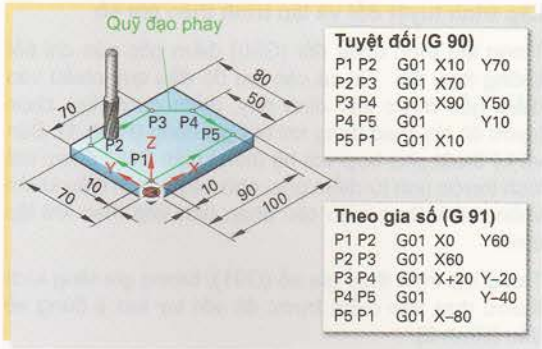
https://tieulun.hopto.org

Nội suy cung tròn (G02/G03)

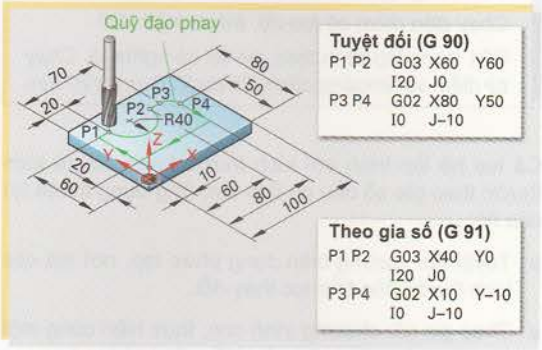
Ở chuyển động tròn hệ điều khiển cần ba thông tin sau đây để tính toán **(Hình 2)**:

- **Tọa độ của điểm đến**
  Trong vòng tròn đầy điểm đầu và điểm cuối trùng nhau. Vì dù điểm này phải thoát ra trong khi chuyển động trên đường tròn, người ta vẫn phải lập trình.
- **Tọa độ của tâm điểm vòng tròn**
  Ở đây nhiều hệ thống điều khiển đòi hỏi thông tin về gia số của tâm điểm qua các thông số I, J, K (cho hướng trục x, y, cũng như z). Giải pháp khác là thay vì tâm điểm, có thể lập trình với bán kính ở phần lớn các hệ điều khiển.
- **Chiều quay** của vòng tròn hay cung tròn
  Theo chiều kim đồng hồ → G02
  Ngược chiều kim đồng hồ → G03

Lưu ý: Nói chung thông tin G90/G91 chỉ dựa vào điểm đến, không dựa vào các thông số I, J, K. Những thông số này hầu như chỉ được cho dưới dạng theo gia số.



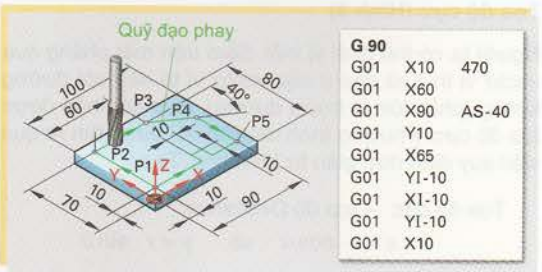
Hình 1: Nội suy đường thẳng



Hình 2: Nội suy đường tròn

Thông tin hỗn hợp

Hầu như không có ngoại lệ, những hệ điều khiển ngày nay cho phép dạng thông tin hỗn hợp của kích thước tuyệt đối và theo gia số. Cả thông tin theo hệ Descartes và hệ tọa độ cực đều có thể đưa ra theo thứ tự bất kỳ. Như vậy một điểm đích trong lệnh đang hoạt động G90 có thể được đưa ra dưới dạng theo gia số mà không cần phải chuyển đổi sang một cách phiền toái với lệnh G91 **(Hình 3)**. Những thông số X, Y, Z có thể thay thế bằng XI, YI, ZI cũng như XA, YA, ZA cho thông tin gia số hoặc tuyệt đối chỉ trong lệnh này thôi **(Hình 3).**

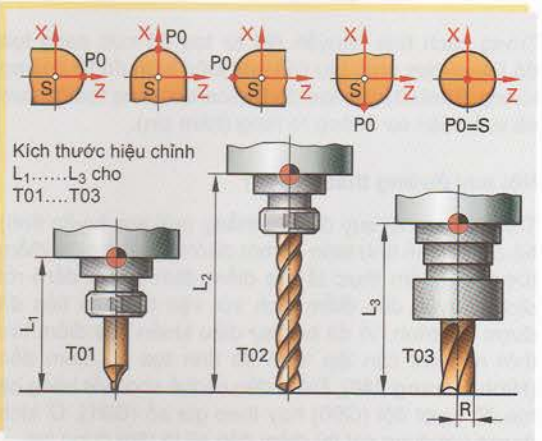


Hình 3: Dạng hỗn hợp

Chỉnh sửa quỹ đạo (G40/G41/G42)

Trong công đoạn phay, bên cạnh các thông số kỹ thuật (thí dụ như bước dẫn tiến), cũng còn những dữ liệu về chiều dài dụng cụ và đường kính dụng cụ được lưu lại **(Hình 3)** ở bộ lưu trữ dụng cụ. Trong công đoạn tiện, những dữ liệu này là trị số hiệu chỉnh X theo trục x của đầu mũi dao so với điểm chuẩn của giá đỡ dụng cụ, trị số hiệu chỉnh chiều dài Z **(Hình 4, trang 240),** bán kính cạnh cắt và vị trí của điểm quy chiếu (điểm mũi dao) P_o dựa vào tâm điểm bán kính cắt M **(Hình 4)**.

Khi lập trình cho các độ lớn hình học của chi tiết, phải cho biết những vị trí cần khởi động di chuyển của dụng cụ. (Tọa độ **X**, **Y** và **Z**). Nếu không có thông tin nào khác, hệ điều khiển sẽ vận hành sao cho tâm điểm dụng cụ phay trong phay và điểm cắt của các cạnh dao P_o trong tiện được đặt là điểm quy chiếu **(Hình 4)**.

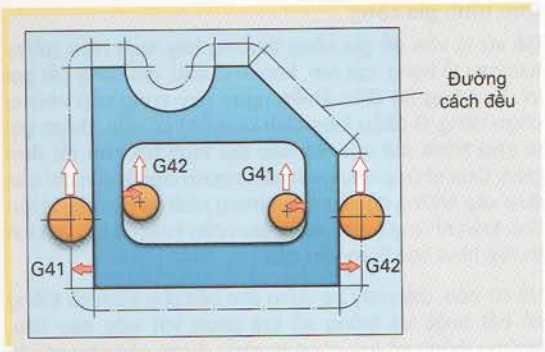


Hình 4: Hiệu chỉnh dụng cụ

https://tieulun.hopto.org

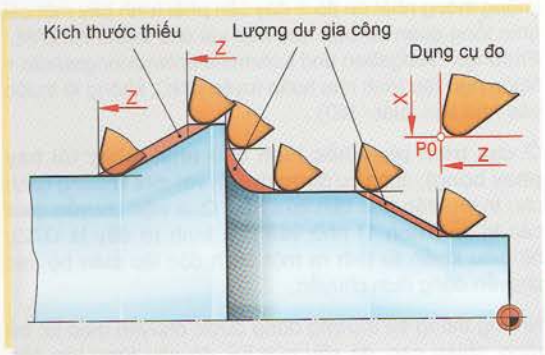
Quỹ đạo của tâm điểm dao phay được lập trình khi phay rãnh. Điều này tương ứng với điểm quy chiếu (điểm mũi dao). Nhưng nếu phải phay đường biên dạng trong hay ngoài, dụng cụ phay phải đặt lệch một khoảng cách bằng với bán kính đầu mũi dao cắt của nó **(Hình 1)**.

Việc tạo ra **đường cách đều** do hệ điều khiển đảm nhận. Người ta chỉ lập trình cho đường biên dạng (contua) và tiếp nhận kích thước từ bản vẽ mà không thêm tính toán bổ sung. Bên cạnh thông số về bán kính ở đầu dụng cụ được lưu trữ trong bộ nhớ dụng cụ và nếu cần thiết cả lượng dư gia công tinh, hệ điều khiển cũng phải được thông báo là liệu dụng cụ phay di chuyển từ đường biên theo phía bên trái (G41) hay phía bên phải (G42) trong hướng dẫn tiến **(Hình 1)**. Chức năng G40 hủy bỏ việc hiệu chỉnh quỹ đạo (hủy bù bán kính dao).



Hình 1: Chỉnh sửa quỹ đạo trong phay

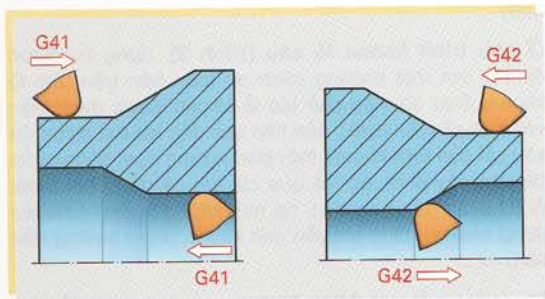
Ở nguyên công tiện cũng xuất hiện vấn đề tương tự. Điểm quy chiếu P_0, nơi mà tất cả các lệnh dịch chuyển dựa vào mà không cần hiệu chỉnh quỹ đạo, là một điểm trên lý thuyết, vì dao tiện có một bán kính ở cạnh cắt. Trong khi tiện mặt đầu hay tiện theo chiều dài song song với trục – có nghĩa là theo hướng trục x cũng như hướng trục z – thì dao tiện sẽ cắt chính xác. Trong chuyển động vận hành không song song với trục, sẽ có sai lệch biên dạng do bán kính cạnh cắt **(Hình 2)**. Việc hiệu chỉnh quỹ đạo – trong tiện được gọi là bù bán kính dao cắt (BBKDC) – sửa lại đường đi sao cho không còn lượng dư gia công cũng như kích thước bị thiếu (độ hụt) **(Hình 3)**.



Hình 2: Sai lệch biên dạng

- **G41** → Dụng cụ theo chiều dẫn tiến nằm **bên trái** của biên dạng chi tiết.
- **G42** → Dụng cụ theo chiều dẫn tiến nằm **bên phải** của biên dạng chi tiết.
- **G40** → Hủy bỏ việc chỉnh sửa quỹ đạo.

Trong những chuyển động không theo đường thẳng (chuyển động phi tuyến tính), thí dụ như đường tròn, thì quỹ đạo được chỉnh sửa này không phải là đường cách đều **(Hình 2)**.

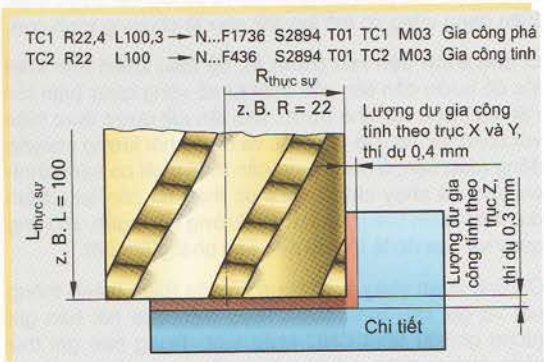


Hình 3: Bù bán kính cắt

Lượng dư gia công tinh trong phay (Hình 4)

Chính hệ điều khiển đảm nhận việc tính toán lượng dư gia công trong phương pháp gia công thô. Cho mỗi dụng cụ đều có những mẩu tin dữ liệu (dòng chứa dữ liệu) trong bộ nhớ của dụng cụ để chỉnh sửa dữ liệu dụng cụ (thông số dao cắt), thí dụ như bán kính dao cắt và chiều dài. Trong gia công thô, người ta lưu vào những trị số lớn hơn dụng cụ thật sự một độ lớn bằng lượng dư gia công. Nhờ thế khi việc chỉnh sửa quỹ đạo hoạt động, biên dạng với lượng dư gia công được tạo ra mà không cần phải tính toán chuyển đổi kích thước hình học của đường biên. Cho gia công tinh, những trị số chỉnh sửa tương ứng trở lại với trị số thật sự của dụng cụ.

Trong phương pháp tiện thì lại không đơn giản như vậy, vì thế có loại chương trình cắt gọt viết sẵn lưu ý đến lượng dư gia công tinh.



Hình 4: Lượng dư gia công tinh

https://tieulun.hopto.org

Chu trình gia công

Để xử lý vấn đề gia công thường hay xuất hiện (phay túi/phay lỗ bọng, cắt ren, khoan lỗ sâu, gia công cắt gọt vv..), những hệ điều khiển ngày nay cung cấp những chức năng G (điều kiện dịch chuyển) có sẵn, được gọi là **chu trình** mà qua đó việc lập trình trở nên rất đơn giản. Qua những chu trình này, người điều khiển chỉ cần đưa vào những dữ liệu quan trọng nhất và hệ điều khiển tính toán những bước trung gian cần thiết để tạo ra kích thước hình học theo yêu cầu.

Về cơ bản, điều này áp dụng cho các chu trình có thông số bắt buộc và thông số lựa chọn với việc nạp liệu. Những thông số lựa chọn thường được gán cho các trị số cho trước. Đáng tiếc là các chu trình này tùy vào nhà sản xuất mà được thực hiện bằng nhiều cách khác nhau, không thống nhất do đó ở đây cần phải trình bày một cái nhìn tổng quan cơ bản qua một vài chu trình PAL (PAL: **P**rüfungs - **A**ufgaben und **L**ehrmittelentwicklungsstelle = Ngôn ngữ lập trình cho huấn luyện CNC, không lệ thuộc vào nhà sản xuất - ND).

Ở **chu trình phay hốc hình chữ nhật (phay túi hay phay bọng)**, dụng cụ được định vị với một khoảng cách cho trước trên trục tâm của hốc. Qua việc chuyển giao các trị số **(Hình 1)** nhờ vào chu trình (ở đây là G72), hệ điều khiển tự tính ra một cách độc lập toàn bộ các chuyển động dịch chuyển.

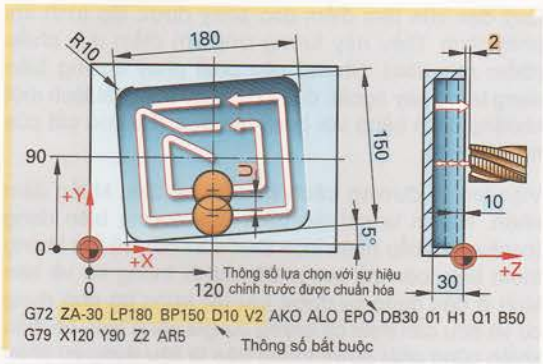
Những thông số thường dùng được chuyển giao là: bề rộng, chiều cao, độ sâu của túi, độ sâu từng lớp cắt. Thông số lựa chọn điển hình là: lượng dư gia công tinh, bán kính mũi (bán kính góc), bước dẫn tiến và số vòng quay.

Ở **chu trình khoan lỗ sâu (Hình 2)**, dụng cụ được định vị với một khoảng cách an toàn bên trên tâm lỗ khoan. Sau đó việc chế tạo lỗ khoan được thực hiện với dịch chuyển bước dẫn tiến cho đến khi đạt được độ sâu cắt của lưỡi khoan, thời gian ngừng hoạt động ngắn để làm gãy phoi, trở về qua chi tiết để dẫn phoi thoát đi (chuyển động nhanh), hạ mũi khoan xuống (chuyển động nhanh), dịch chuyển mũi khoan (theo hướng dẫn tiến) vv...

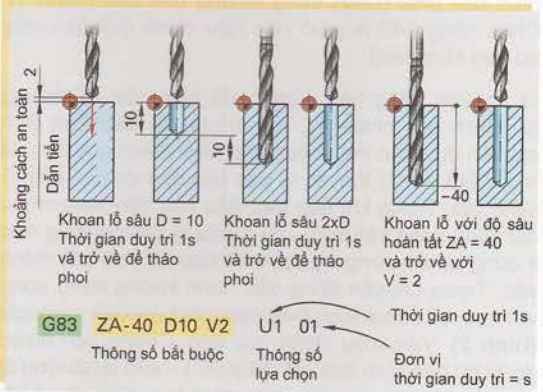
Chu trình cắt gọt (Hình 3) được sử dụng cho tiện thô và tiện hoàn tất. Hệ điều khiển tính toán với những thông số được chuyển giao như độ sâu cắt, lượng dư gia công tinh, và dữ liệu biên dạng để tìm ra số lớp cắt được chia. Biên dạng cũng có thể lưu trữ như là chương trình con.

Ở **chu trình tiện ren (Hình 4),** hệ điều khiển tính toán tốc độ bước dẫn tiến cần thiết từ số vòng quay (vận tốc cắt) và bước ren cho trước. Mỗi lần cắt được thực hiện với cùng tốc độ. Để tăng tốc và hãm khối lượng chuyển động (dao tiện, ổ dao xoay) cần thiết phải có hành trình chạy rà và chạy chậm kết thúc theo đà còn lại (chấm dứt theo quán tính). Nếu đoạn đường này ngắn, số vòng quay và qua đó là tốc độ dẫn tiến phải giảm bớt.

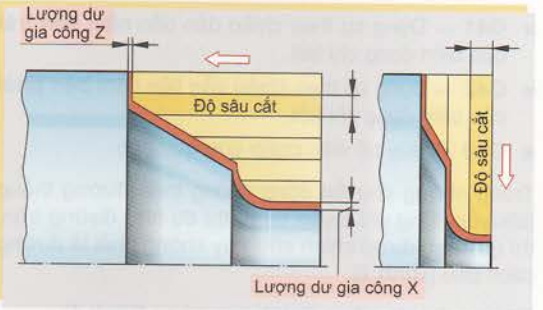
Ở công đoạn phay, việc tham số hóa (biến thành thông số) và gọi chu trình được thực hiện qua hai bản ghi (dòng ghi dữ liệu) CNC khác biệt. Trong bản ghi thứ nhất, những thông số hình học cần hoàn tất được xác



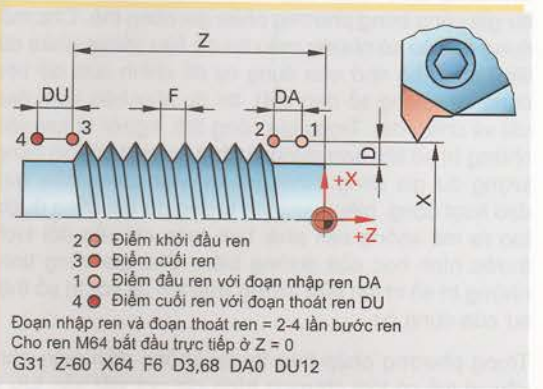
Hình 1: Chu trình phay túi



Hình 2: Chu trình khoan



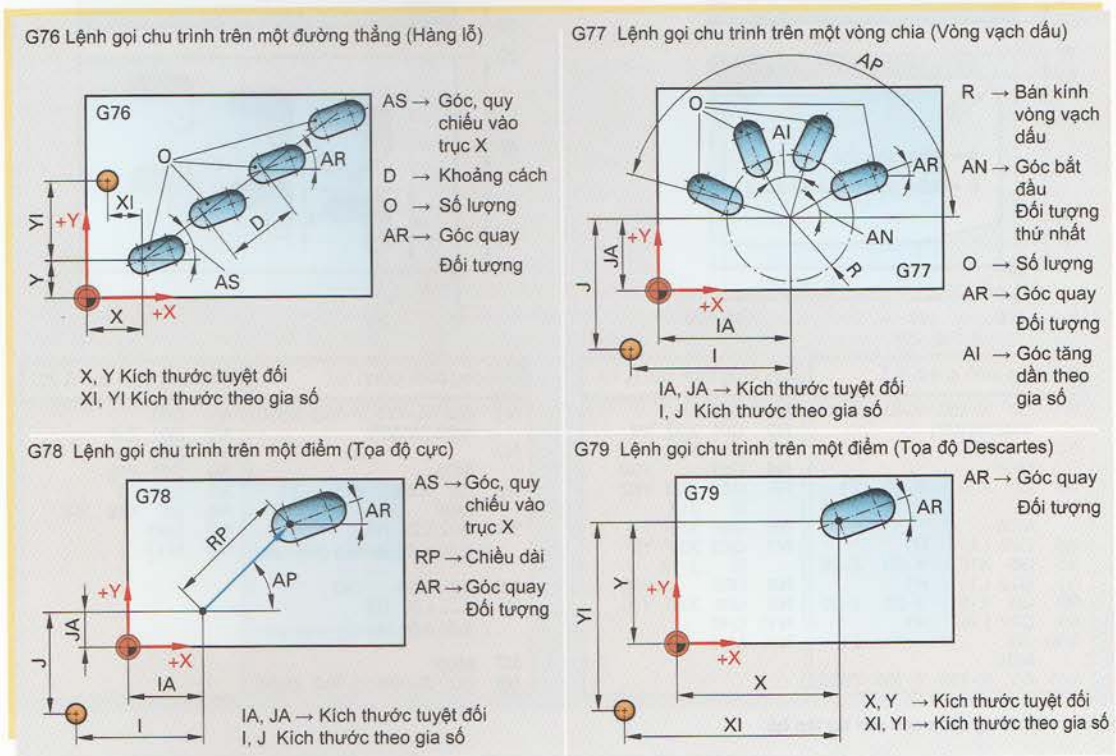
Hình 3: Chu trình cắt gọt



Hình 4: Chu trình tiện ren

https://tieulun.hopto.org

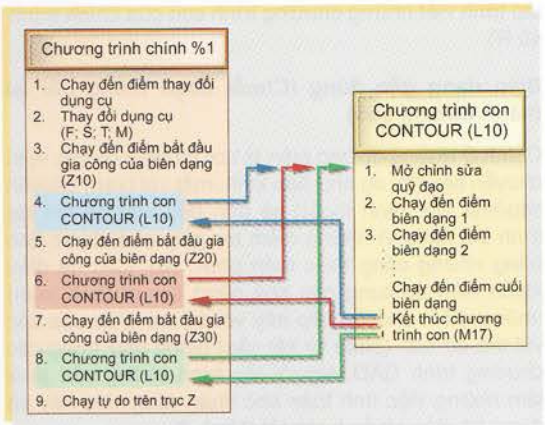
định qua một lệnh gọi chu trình (thí dụ như chu trình phay túi G72). Ở bản ghi thứ hai chu trình được gọi lên. Lệnh này dùng để định vị dụng cụ và chu trình cần được thực hiện. Lệnh gọi chu trình có sẵn để sử dụng trong PAL được diễn giải trong **Hình 1**.



Hình 1: Lệnh gọi chu trình gia công phay theo PAL

Chương trình con

Chu trình gia công là những chương trình con được viết sẵn của nhà cung cấp, người sử dụng không thể thay đổi được. Loại chương trình con tiêu chuẩn này đáp ứng những công việc thường xuất hiện ở bất kỳ cơ xưởng nào. Cho những việc gia công riêng biệt của chi tiết (thí dụ như biên dạng phức tạp), tất cả các nhà sản xuất hệ điều khiển cho phép người lập trình có thể tạo ra những chương trình con của riêng mình. Những chương trình con này được gọi từ chương trình CNC chính. Từ một chương trình con người ta cũng có thể gọi một chương trình con khác (Sự lồng vào nhau của chương trình).

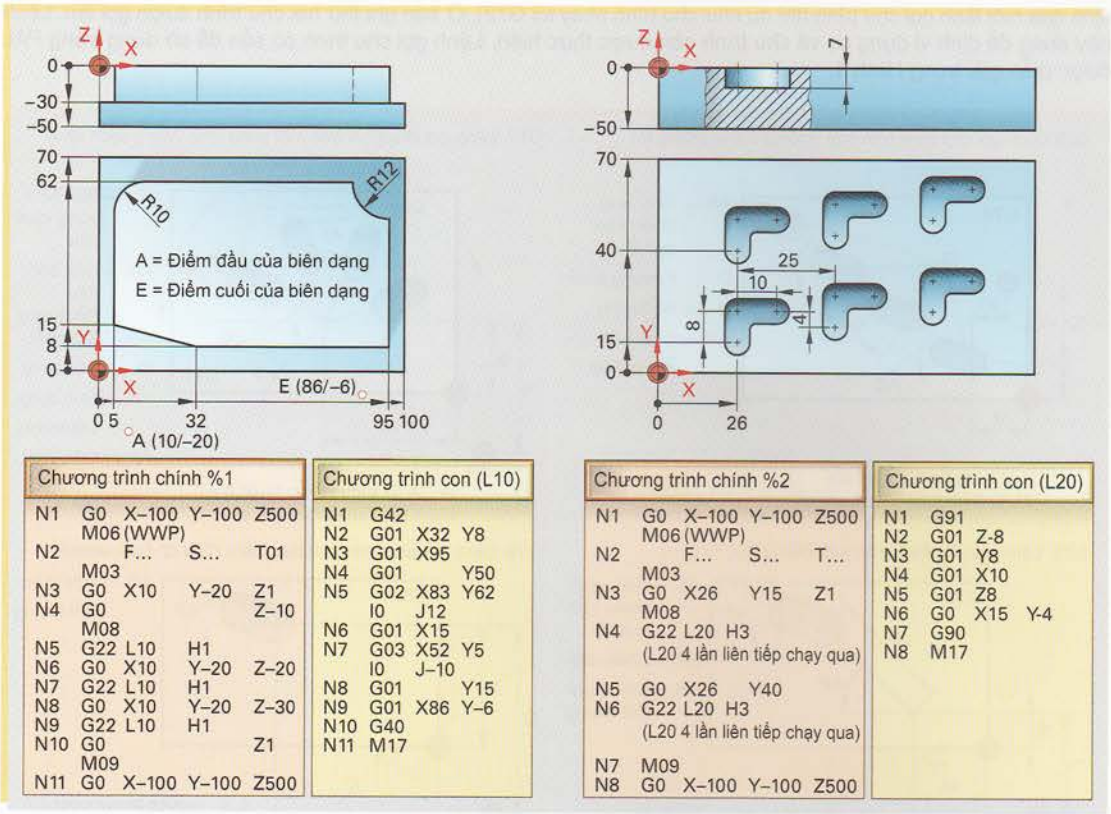


Hình 2: Kỹ thuật lập trình chương trình con

Thí dụ như nếu phải dùng máy phay để tạo những đường biên dạng có chiều sâu mà những đường biên dạng này không thể gia công với sự dịch chuyển của dụng cụ theo hướng trục Z, thì sẽ có những chương trình con được viết để mô tả biên dạng việc định vị trên mặt phẳng Z tương ứng được thực hiện trong chương trình chính và rồi chỉ cần gọi chương trình con cho biên dạng **(Hình 2 và Hình 1 phải, trang 250)**.

Những hệ điều khiển hiện tại cho phép khả năng lặp lại số lần gọi chương trình con qua lệnh gọi G22 (thí dụ như G22 L10 H2; có nghĩa là chương trình con L10 được gọi hai lần liên tiếp nhau). Qua đó người ta có thể thực hiện các quá trình gia công lặp lại trong những khoảng thời gian đều đặn chỉ với một lệnh gọi chương trình con **(Hình 1 phải, trang 250)**. Tuy nhiên qua đây những chuyển động vận hành phải được lập trình theo gia số.

https://tieulun.hopto.org



Chương trình chính %1

```
N1  G0  X–100 Y–100 Z500
    M06 (WWP)
N2      F...    S...    T01
    M03
N3  G0  X10     Y–20    Z1
N4  G0                  Z–10
    M08
N5  G22 L10     H1
N6  G0  X10     Y–20    Z–20
N7  G22 L10     H1
N8  G0  X10     Y–20    Z–30
N9  G22 L10     H1
N10 G0                  Z1
    M09
N11 G0  X–100 Y–100 Z500
```

Chương trình con (L10)

```
N1  G42
N2  G01 X32  Y8
N3  G01 X95
N4  G01      Y50
N5  G02 X83  Y62
    I0  J12
N6  G01 X15
N7  G03 X52  Y5
    I0  J–10
N8  G01      Y15
N9  G01 X86  Y–6
N10 G40
N11 M17
```

Chương trình chính %2

```
N1  G0  X–100 Y–100 Z500
    M06 (WWP)
N2      F...    S...    T...
    M03
N3  G0  X26     Y15     Z1
    M08
N4  G22 L20 H3
    (L20 4 lần liên tiếp chạy qua)
N5  G0  X26     Y40
N6  G22 L20 H3
    (L20 4 lần liên tiếp chạy qua)
N7  M09
N8  G0  X–100 Y–100 Z500
```

Chương trình con (L20)

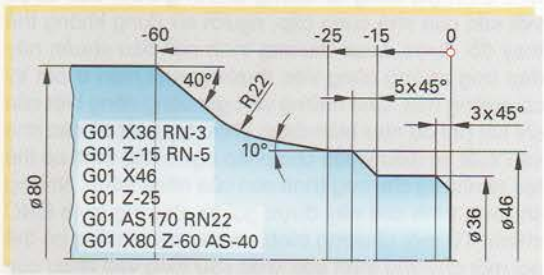
```
N1  G91
N2  G01 Z-8
N3  G01 Y8
N4  G01 X10
N5  G01 Z8
N6  G0  X15  Y-4
N7  G90
N8  M17
```

Hình 1: Chương trình con với sự lặp lại

Trong những chương trình con trước đây, các trị số cố định (gia số hay tuyệt đối) được đưa vào. Nếu những biên dạng hay phần phay bỏ phải được thực hiện, các hệ điều khiển hiện đại ngày nay có thể cho phép người lập trình viết những chương trình con của chính mình với thông số giữ chỗ để thích hợp tùy nơi sử dụng (thông số R).

Biên dạng gần đúng (Chuỗi đoạn thẳng nối lại thành đường bao)

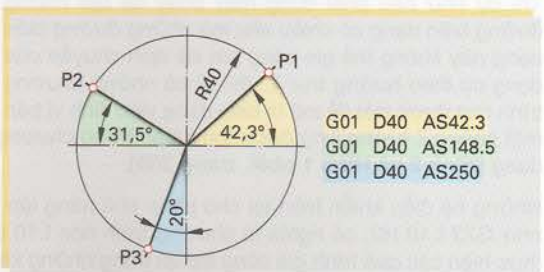
Chính ở những đường biên là nơi thường có các vị trí chuyển tiếp (thí dụ như bán kính, mặt vát (xén) chuyển tiếp/mặt nối, rãnh thoát) sẽ dẫn đến vấn đề khi lập trình thủ công vì những điểm trợ giúp phải được tính bằng những công thức toán phức tạp. Các hệ điều khiển hiện tại cung cấp khả năng tìm ra (tính toán) những điểm chuyển tiếp này với sự trợ giúp của các vật thể cơ bản (phần tử kết cấu) giống như trong các chương trình CAD. Người lập trình không cần phải làm những việc tính toán khó khăn nữa; việc này sẽ được hệ điều khiển hoàn tất **(Hình 2)**.



Hình 2: Biên dạng gần đúng

Tọa độ cực

Cả tọa độ cực cũng góp phần làm giảm bớt phần nhập các trị số. Thay vì tọa độ của một điểm, người ta chỉ cần cho biết thông tin về góc - phần lớn được tính là dương theo chiều trái (ngược chiều kim đồng hồ) từ trục x và bán kính của một điểm. Nhờ thế những hình lỗ khoan không đều đặn được diễn tả bằng cách rất dễ dàng **(Hình 3)**.



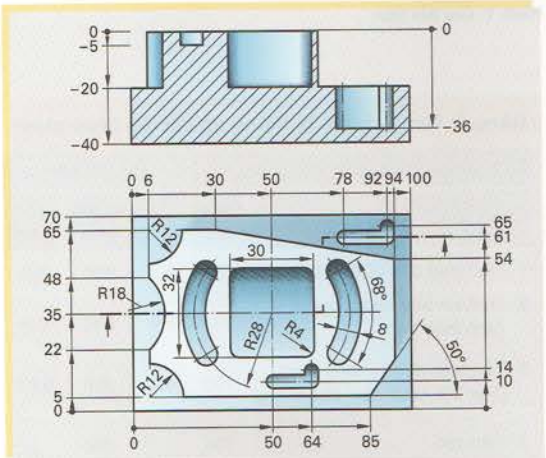
Hình 3: Tọa độ cực

https://tieulun.hopto.org

Thí dụ về chương trình phay

Chi tiết trong **Hình 1** cần phải được chế tạo trên một máy phay CNC. Những dụng cụ phải sử dụng **(Bảng 1)** nằm trong một ổ tích dụng cụ với bộ phận thay thế dụng cụ tự động tương ứng với mã số trong danh mục của nó.

Dữ liệu cắt **(Bảng 2)** được lấy từ các tờ dữ liệu của nhà sản xuất dụng cụ. **Bảng 3** cho thấy một chương trình CNC với hệ điều khiển riêng biệt.



Hình 1: Chi tiết phay

Bảng 1: Dụng cụ

Ký hiệu	Diễn giải	
T01	Dao phay ngón ∅ 22 HCI P20 Z = 3	
T02	Dao phay rãnh then ∅ 8 HSS Z = 2	
T03	Dao phay rãnh then ∅ 6 HSS, phủ lớp Z = 2	

Bảng 2: Kế hoạch làm việc

Công đoạn	Dụng cụ	v_c [m/phút] n [1/phút]	f_z [mm] v_f [mm/phút]
1 Phay thô biên dạng	T01 (Không có hình)	200 2894	0,2 1736
2 Phay tinh biên dạng	T01	200 2894	0,05 436
3 Phay túi phần vòng tròn	T02	43 1710	0,1 342
4 Phay rãnh then	T03	70 3714	0,1 743

Bảng 3: Chương trình CNC

```
N1   G0 X0 Y0 Z100 M06
N2   F1736 S2894 T01 TC1 M03
N3   Tiện thô với lượng dư gia công tinh
N4   G0 X-20 Y-20 Z0 M08
N5   G22 L01 H2
N6   G0 Z1 M09
N7   F436 S2894 T01 TC2 M03
N8   Tiện tinh
N9   G0 Z-10 M08
N10  G22 L01 H1
N11  G0 Z1 M09
N12  G0 X0 Y0 Z100 M06
N13  F342 S1710 T02 TC1 M03
N14  Túi chữ nhật
N15  G0 X50 Y35 Z1 M08
N16  G72 ZA-20 LP30 BP32 D5 V1
N17  G79 X50 Y35 Z1
N18  Túi phần vòng tròn
N19  G0 X73.21 Y19.34 Z1
N20  G01 Z-5
N21  G03 X73.21 Y50.66 I-23.21 J15.66
N22  G01 Z1
N23  G0 X26.79 Y19.35
N24  G01 Z-5
N25  G02 X26.79 Y50.66 I23.21 J15,66
N26  G01 Z1 M09
N27  G0 X0 Y0 Z100 M06
N28  F743 S3714 T03 TC1 M03
N29  G0 X78 Y61 Z1
N30  Rãnh then
N31  G0 Z-19 M08
N32  G01 Z-20
N33  G22 L02 H2
N34  G0 Z1
N35  G0 X50 Y10
N36  G01 Z0
N37  G22 L02 H2
N38  G0 Z1 M09
N39  G0 X0 Y0 Z100 M30
```

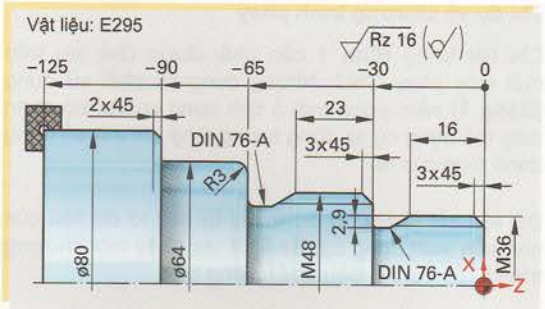
```
     L01
N1   G91
N2   G0 Z-10
N3   G90
N4   G42
N5   G01 X6 Y5
N6   G01 X85
N7   G01 X94 AS50
N8   G01 Y54
N9   G01 X30 Y65
N10  G01 X18
N11  G02 X6 Y53 I-12 J0
N12  G01 Y48
N13  G02 X6 Y22 I-12.45 J-13
N14  G01 Y17
N15  G02 X18 Y5 I0 J-12
N16  G01 Y-20
N17  G40
N18  G01 X-20 Y-20
N19  M17
```

```
     L02
N1   G91
N2   G01 Z-4
N3   X14
N4   Y4
N5   Z-4
N6   Y-4
N7   X-14
N8   G90
N9   M17
```

https://tieulun.hopto.org

Thí dụ về chương trình tiện

Chi tiết tiện trong **Hình 1** cần phải được chế tạo trên một máy tiện CNC. Những dụng cụ phải sử dụng **(Bảng 1)** nằm trong một ổ tích dụng cụ (ổ dao xoay) với bộ phận thay thế dụng cụ tự động tương ứng với mã số trong danh mục của nó. Những dữ liệu cắt **(Bảng 2)** được lấy từ các tờ dữ liệu của nhà sản xuất dụng cụ. **Bảng 3** cho thấy một chương trình CNC với hệ điều khiển riêng biệt.



Hình 1: Chi tiết tiện

Bảng 1: Dụng cụ

Dụng cụ	Tên gọi	
T...	Mũi khoan điểm (khoan mồi) ∅ 16 HSS, chiều phải	
T01	Dao tiện mặt đầu r_2 0,8 HC-P20, chiều trái	
T02 T03	Dao tiện sơ mặt bên hông r_2 0,6 Dao tiện sơ mặt bên hông r_2 0,4 HC-P20, chiều trái, 55°	
T04	Dao tiện ren HC, chiều phải	Siết chặt qua đầu cán dao
T...	Mũi khoan xoắn ∅ 10 HSS, chiều phải	

Bảng 2: Bảng chuẩn bị thông số cắt (đã lược giản)

Dịch chuyển điểm gốc X0 Z200		Chi tiết tiện		
Công đoạn	Dụng cụ	r_e [mm]	v_c [m/min]	f [mm]
1 Tiện mặt đầu (Tiện vát mặt)	T01	0,8	280	0,5
2 Tiện sơ biên dạng ngoài (tiện thô)	T02	0,6	280	0,5
3 Tiện hoàn tất biên dạng ngoài (Tiện tinh, chích rãnh để tiện ren)	T03	0,4	350	0,07
4 Tiện ren	T04		150	8

Bảng 3: Chương trình CNC

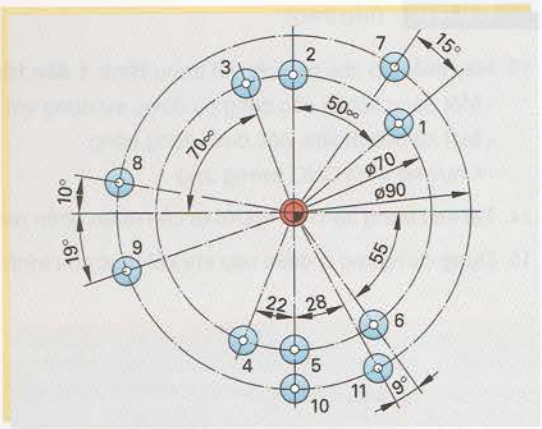
```
      CHƯƠNG TRÌNH CHÍNH
N1    Bắt đầu chương trình
N2    G54 G90 G18
N3    Thay đổi dụng cụ
N4    G96 F0.5 S280 T1 TC1 M4 M8
N5    Tiện phẳng mặt đầu (tiện vát mặt đầu)
N6    G00 Z0 X85
N7    G01 X-0.8
N8    G01 ZI0.5
N9    G00 X85
N10   Tiện thô biên dạng
N11   G81 D3 H3 AZ0.1 AX0.4 AE2 AS93 AV1 O2
N12   G22 L1
N13   G80
N14   M14 H1
N15   Tiện tinh biên dạng
N16   Thay đổi dụng cụ
N17   G96 F0.07 S280 T2 TC1 M4 M8
N18   G00 Z1 X-0.4
N19   G01 Z0
N20   G01 X34
N21   G01 Z1
N22   G0 X30
N23   G01 Z0
N24   G22 L1
N25   G14 H1
N26   Tiện ren
N27   Thay đổi dụng cụ
N28   G97 F4 S1326 T4 TC1 M4 M8
N29   ;M36
N30   G31 Z-28 X36 F4 D2 ZS0 XS36 DA3 DU1 Q6 O1 H14
N31   G97 S995
N32   ;M48
N33   G31 Z-63 X48 F5 D2.5 ZS-30 XS48 DA3 DU1 Q7 O1 H14
N34   CHƯƠNG TRÌNH KẾT THÚC TẠI ĐIỂM THAY ĐỔI DỤNG CỤ
N35   G14 H1
N36   M30

      CHƯƠNG TRÌNH CON L1
N1    G01 Z0 X30
N2    G42 X33
N3    G01 X35.8 Z-3
N4    G01 Z-20
N5    G85 Z-30 X36 I2.9 K12
N6    G01 X47.8 RN-3
N7    G01 Z-52.5
N8    G85 Z-65 X48 I3.5 K14
N9    G01 X64 RN3
N10   G01 Z-90
N11   G01 X80 RN-2
N12   G01 Z-100
N13   G01 G40 XI3
N14   M17
```

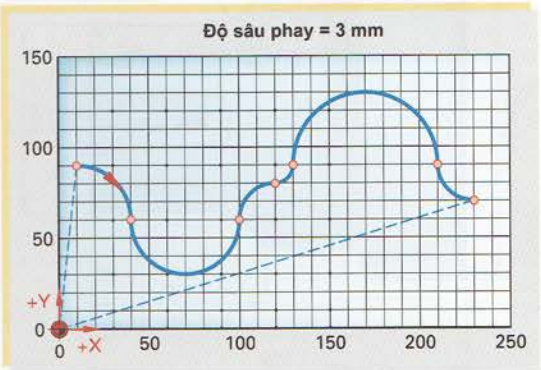
https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

1. Hãy cho biết chuỗi địa chỉ bắt đầu bằng chữ cái trong điều khiển CNC theo DIN 66025.
2. Hãy lập trình cho bài tập trong **Hình 2, trang 244** trong lệnh G91.
3. Hãy tìm tọa độ cực của vòng vạch dấu trong **Hình 1.**
4. Hãy chuyển tọa độ cực tìm được trong bài tập 3 thành tọa độ Descartes. Sau đó hãy tính tọa độ này trở lại tọa độ cực ban đầu. Những vấn đề nào có thể xuất hiện?
5. Hãy xác định chức năng G (điều kiện dịch chuyển) và thông số của vòng tròn trong **Hình 2** ở lệnh G91.
6. Hãy lập trình chuyển động vòng tròn trong **Hình 2** ở lệnh G91.
7. Người ta hiểu thế nào về chức năng G với hiệu lực tác dụng (Lệnh đang lưu trữ được duy trì cho đến khi có lệnh khác với tác dụng ngược lại chép đè lên hay xóa đi)? Hãy cho vài thí dụ.
8. Hãy lập một chương trình CNC cho **Hình 4.** Chỉ lập trình cho biên dạng. Một lần trong G90 và một lần trong G91.
9. Hãy viết một chương trình CNC cho **Hình 3.** Lượng dư gia công 0,2 mm; điểm thay đổi dụng cụ X0, Y0 và Z500. Đường kính dao phay 10 mm; vật liệu dao HSS, quay chiều phải, có làm nguội, một lần với G90 và một lần với G91.

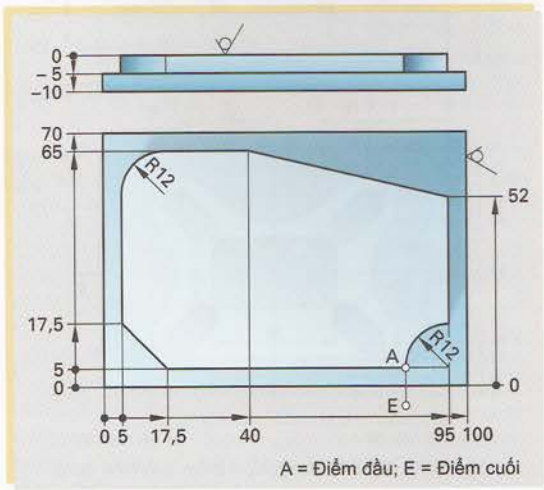


Hình 1: Hệ tọa độ cực

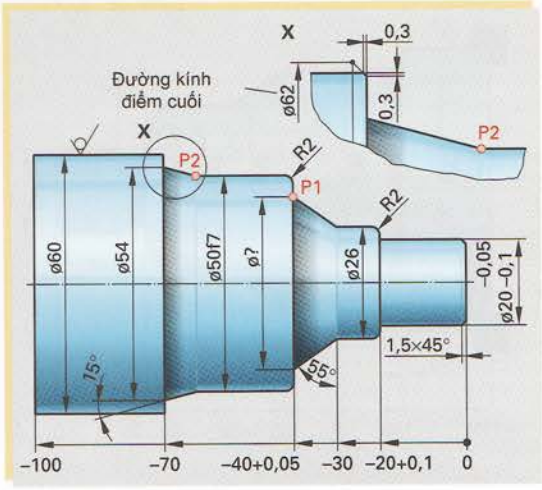


Hình 2: Nội suy đường tròn

10. Với sự trợ giúp của một hệ điều khiển từ nơi làm việc của bạn, hãy giải thích một chu trình cắt gọt trong nguyên công tiện.
11. Hãy thiết kế một chương trình con của riêng bạn với ít nhất 4 thông số R và các chi tiết khác nhau nhờ vào các lệnh khác biệt.
12. Hãy cùng làm việc theo nhóm để soạn thảo một bản so sánh các hệ điều khiển của những nhà sản xuất khác nhau dựa vào chức năng G (điều kiện dịch chuyển) và các thông số của nó.



Hình 3: Chi tiết phay

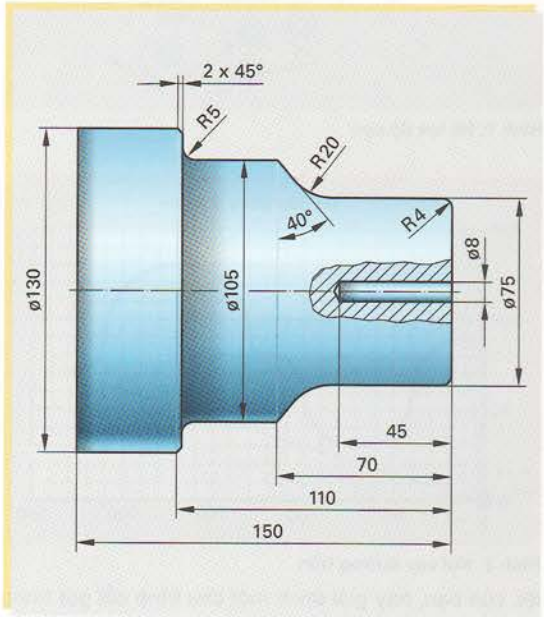


Hình 4: Chi tiết tiện

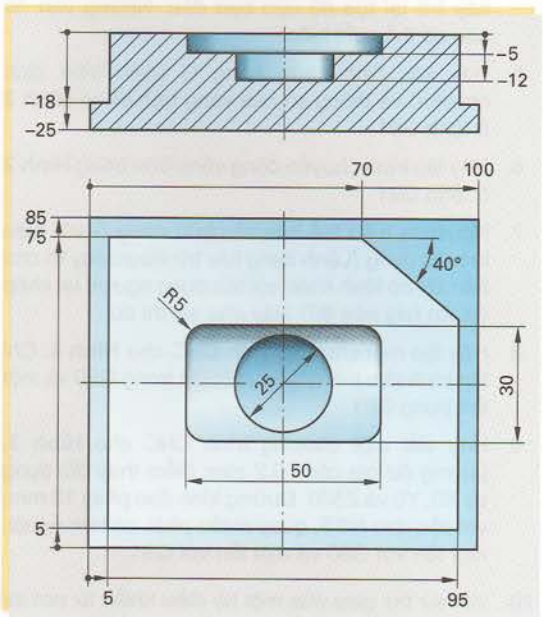
https://tieulun.hopto.org

Bài tập: (tiếp theo)

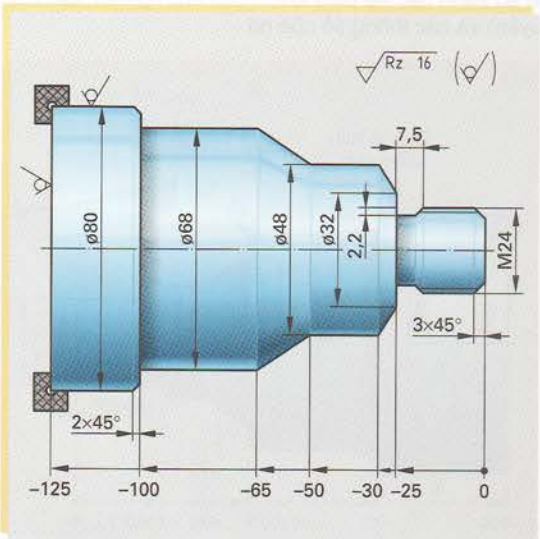
13. Hãy thiết lập cho mỗi chi tiết trong **Hình 1 đến Hình 4:**
    - Một bảng liệt kê các dụng cụ được sử dụng với các thông số cắt của chúng
    - Một kế hoạch làm việc dưới dạng bảng
    - Chương trình CNC tương ứng
14. Tại sao trong tiện ren người ta cần đoạn nhập ren và đoạn thoát ren?
15. Dụng cụ ngừng ở điểm nào khi kết thúc chu trình gia công?



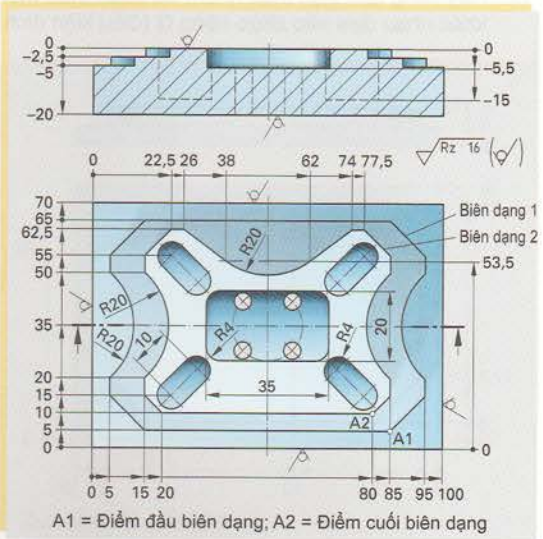
Hình 1: Chi tiết 1



Hình 2: Chi tiết 2



Hình 3: Chi tiết 3

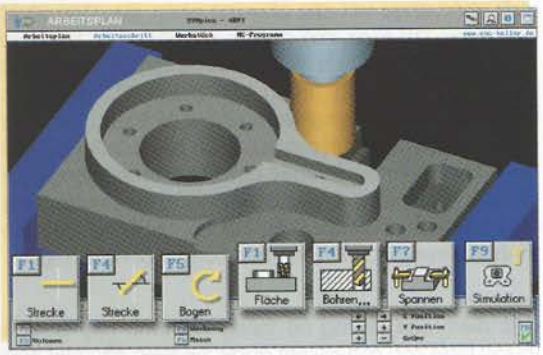


Hình 4: Chi tiết 4

https://tieulun.hopto.org

7.8.7 Lập trình của máy gia công CNC

Hiệu quả kinh tế của máy CNC trong một xưởng phụ thuộc phần lớn vào năng lực của hệ lập trình được sử dụng. Chính trong chiều hướng linh hoạt hóa, một chương trình CNC phải có sẵn để sử dụng một cách nhanh chóng và hoàn hảo cho một chi tiết nhất định. Những hệ điều hành ngày nay có khả năng tạo ra cũng như tải về chương trình mới trong khi đang gia công và nhờ đó giảm thiểu thời gian ngừng máy.

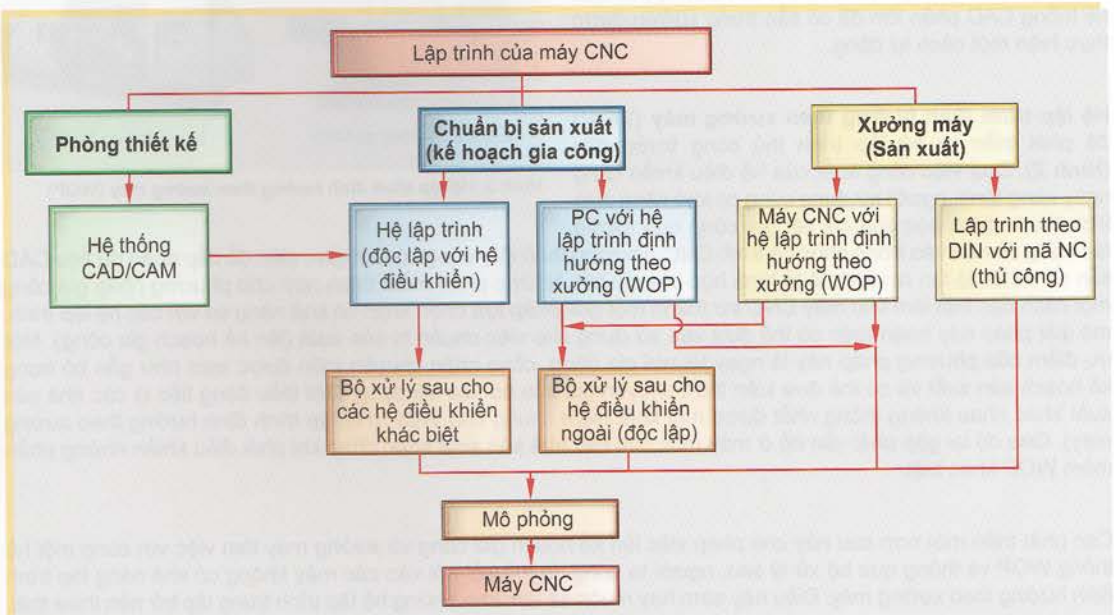


Hình 1: Mô phỏng

Độc lập với phương pháp lập trình, ngày nay tất cả các nhà sản xuất hệ điều khiển đều cho phép chúng có khả năng mô phỏng quy trình gia công được lập trình trước **(Hình 1)**. Điều này có ưu điểm lớn là trong giai đoạn chuẩn bị, người ta có thể nhận ra các chuyển động sai (thí dụ như dao chạy với tốc độ nhanh đi vào trong chi tiết) hay việc sử dụng sai dụng cụ và qua đó tránh được việc hư hại tốn kém của dụng cụ và chi tiết lúc va đập vào nhau. Nhiều loại mô phỏng cho phép việc kết nối vào và mô tả phương tiện kẹp sao cho trước khi gia công, có thể xác định rất đơn giản và hiệu quả liệu có xảy ra va chạm giữa phương tiện kẹp và dụng cụ cũng như dụng cụ có "gia công" nhầm lẫn vào phương tiện kẹp hay không. Người ta phân biệt ba phương pháp lập trình sau đây:

- Lập trình thủ công
- Lập trình định hướng theo xưởng, còn gọi tắt là WOP (workshop-oriented programming) hay SOP (shop-floor-oriented programming)
- Lập trình với một hệ thống lập trình

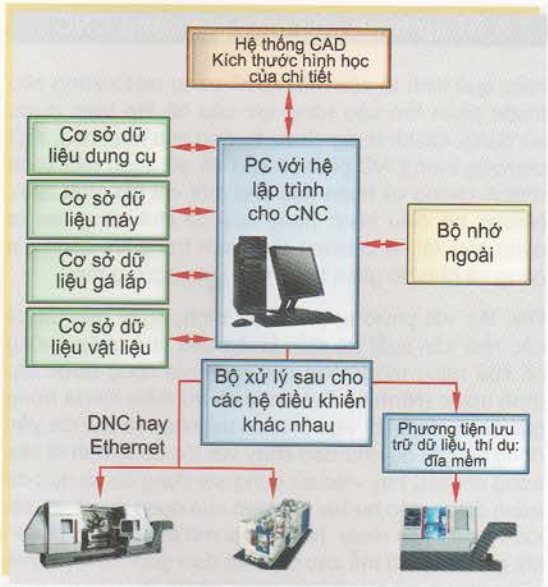
Ở **lập trình thủ công,** người lập trình mô tả nhiệm vụ gia công trong mã NC. Trong trường hợp thông thường, hệ điều khiển không có hỗ trợ đồ họa để tạo ra những điểm của biên dạng. Người lập trình phải tự tính toán tất cả và định trước (lập trình) những chuyển động của dụng cụ. Cách này bị loại bỏ hoàn toàn khi lập trình cho những chi tiết phức tạp có nhiều chiều gia công. Người ta vẫn còn thấy cách lập trình này trên các máy CNC đời cũ.



Hình 2: Những phương pháp lập trình khác biệt

https://tieulun.hopto.org

Trong xưởng máy với một số lượng thiết bị máy móc phong phú, nơi mà những máy CNC của các nhà sản xuất khác nhau với các phương pháp gia công khác biệt được lập trình cho những chi tiết phức tạp, các chương trình CNC rất thường được tạo lập bằng một **hệ thống lập trình** "trung lập" **(Hình 1)** trong việc chuẩn bị sản xuất (nghĩa là không lệ thuộc vào nhà sản xuất hệ điều khiển nào). Điều này có điểm lợi là trong khi chuẩn bị sản xuất, người lập trình không phải tập làm quen với các phần mềm điều khiển cho từng máy hay mỗi nhà sản xuất. Tất cả các công việc lập trình tập trung hoàn thành trên cùng một hệ thống.

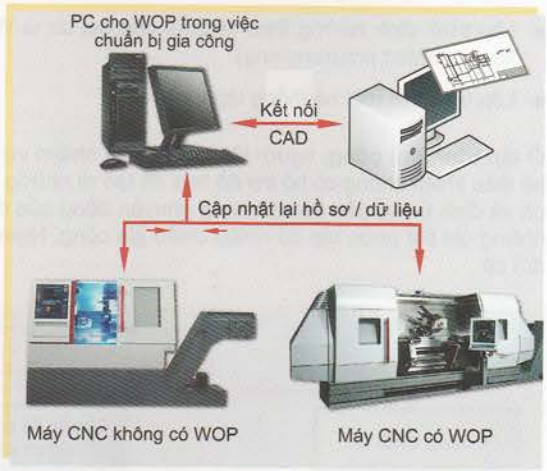


Hình 1: Hệ lập trình CNC

Đặc điểm của những hệ thống lập trình này là kích thước hình học của chi tiết được lập trình đầu tiên chứ không phải là chuyển động của dụng cụ như trong cách lập trình thủ công. Sau đó là sự lựa chọn dụng cụ cần thiết và việc định trước quy trình làm việc.

Hệ thống tự tạo ra chu trình cắt gọt (trình tự gia công). Hệ lập trình tạo ra một chương trình gốc "trung lập", nghĩa là nó không chứa các lệnh riêng của máy (ngôn ngữ máy). Những lệnh điều khiển còn thiếu này được tạo bởi một bộ phận gọi là đơn vị xử lý sau (bộ hậu xử lý). Bộ phận này chuyển đổi chương trình gốc (đã được tạo ra trước đó từ hệ lập trình) thành ngôn ngữ riêng của máy. Cách này có điểm lợi lớn là khi một máy không hoạt động, chương trình cho một máy khác có thể tạo ra một cách tương đối nhanh chóng, kể cả khi những hệ điều khiển của hai máy khác nhau.

Thông thường tất cả những hệ thống lập trình này có giao diện dữ liệu đến các hệ thống CAD sao cho việc tiếp nhận dữ liệu về kích thước hình học từ các hệ thống CAD phần lớn đã có sẵn trong xưởng được thực hiện một cách tự động.



Hình 2: Hệ lập trình định hướng theo xưởng máy (WOP)

Hệ lập trình định hướng theo xưởng máy (WOP) đã phát triển từ hệ lập trình thủ công trước đây **(Hình 2).** Qua việc công suất của hệ điều khiển càng ngày càng tăng, người sử dụng cũng có khả năng đưa kích thước hình học của chi tiết gia công qua tương tác bằng đồ họa vào trong chương trình CNC. Thường thì ở đây cũng có một giao diện để tiếp nhận dữ liệu CAD sẵn có và từ đó tìm ra việc mô tả hình học của chi tiết. Những phần mềm thích hợp cho phương pháp gia công một cách đặc biệt làm cho máy CNC trở thành một giải pháp lựa chọn khác có khả năng so với các hệ lập trình, mà giải pháp này hoàn toàn có thể đưa vào sử dụng cho việc chuẩn bị sản xuất (lên kế hoạch gia công). Một ưu điểm của phương pháp này là ngay tại nơi gia công, công nhân chuyên môn được xem như gắn bó trong kế hoạch sản xuất và có thể đưa kiến thức chuyên gia của họ vào sử dụng. Một điều đáng tiếc là các nhà sản xuất khác nhau không thống nhất được một khái niệm chung cho WOP (Hệ lập trình định hướng theo xưởng máy). Qua đó lại gặp phải vấn đề ở máy móc của các nhà sản xuất khác nhau khi phải điều khiển những phần mềm WOP khác biệt.

Các phát triển mới hơn sau này cho phép việc lên kế hoạch gia công và xưởng máy làm việc với cùng một hệ thống WOP và thông qua bộ xử lý sau, người ta cũng có thể kết nối vào các máy không có khả năng lập trình định hướng theo xưởng máy. Điều này sớm hay muộn sẽ làm cho những hệ lập trình trung lập trở nên thừa thãi.

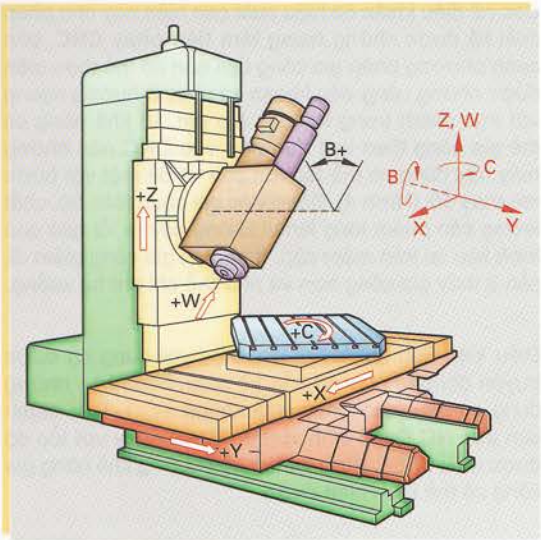
https://tieulun.hopto.org

7.8.8 Thí dụ về máy gia công điều khiển kỹ thuật số

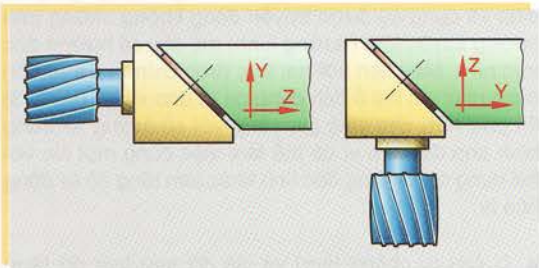
Trong tiến trình tự động hóa, máy CNC có mặt trong hầu hết các phương pháp gia công. Người ta phát triển máy CNC có hệ điều khiển đặc biệt thích hợp cho từng phương pháp gia công. Những máy này là cơ sở của phương pháp gia công hiện đại, linh hoạt. Vì thường phải làm việc trong chế độ vận hành tự động nên hệ điều khiển các máy này thường được trang bị với các chức năng bổ sung (thí dụ giám sát dụng cụ, cân bằng nhiệt độ).

Ngày nay, **máy phay** cho đến cỡ trung hầu hết đều được trang bị hệ điều khiển quỹ đạo cho ít nhất 3 trục và hệ thay đổi dụng cụ tự động **(Hình 1)**.

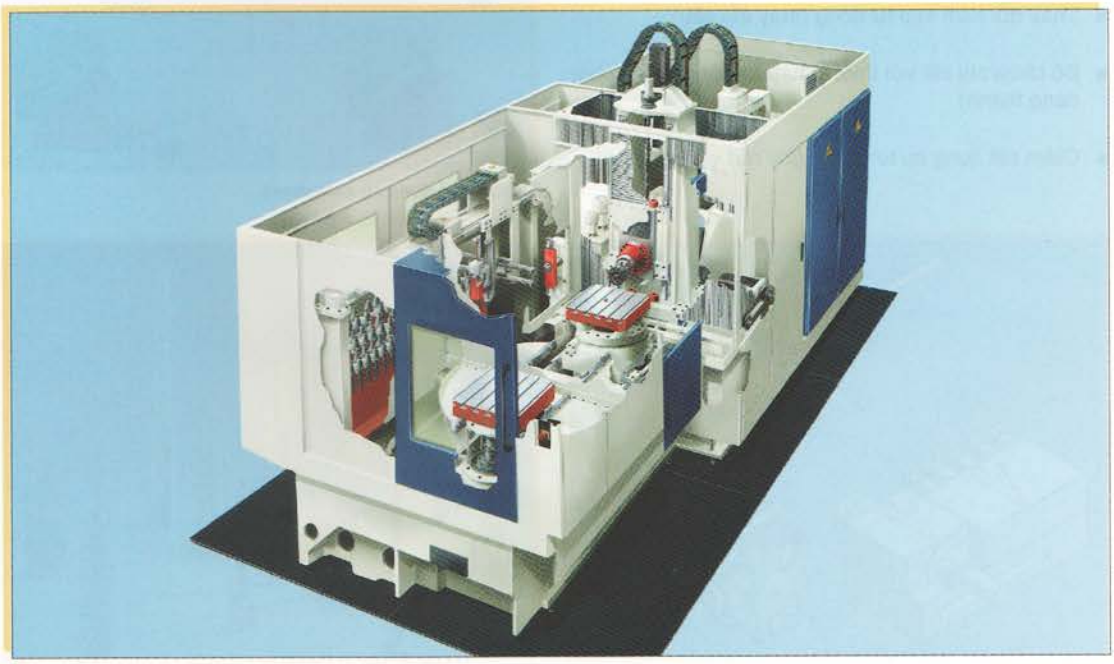
Với **trung tâm gia công** (ít nhất 3 trục NC), người ta có thể thực hiện nhiều phương pháp gia công trong một lần lắp đặt (Phay, khoan, khoan nghiêng, cắt ren vv...). Bên cạnh những hệ thống thay đổi dụng cụ có hiệu suất cao, trung tâm gia công được trang bị với một hệ thống thay đổi chi tiết gia công tự động để giữ thời gian ngừng máy càng ít càng tốt **(Hình 3).** Ngày nay phần lớn các thiết bị gọi là bộ phận thay đổi giá kê (palét) được đưa vào sử dụng cho hệ thay đổi chi tiết gia công. Trên palét, các chi tiết được kẹp chặt và sau đó được đưa vào trạm tập trung palét. Gia công 5 mặt có thể thực hiện được qua **cốt trục chính xoay được theo chiều ngang và chiều dọc (Hình 2)**.



Hình 1: Máy phay 5 trục



Hình 2: Trục chính xoay được



Hình 3: Trung tâm gia công

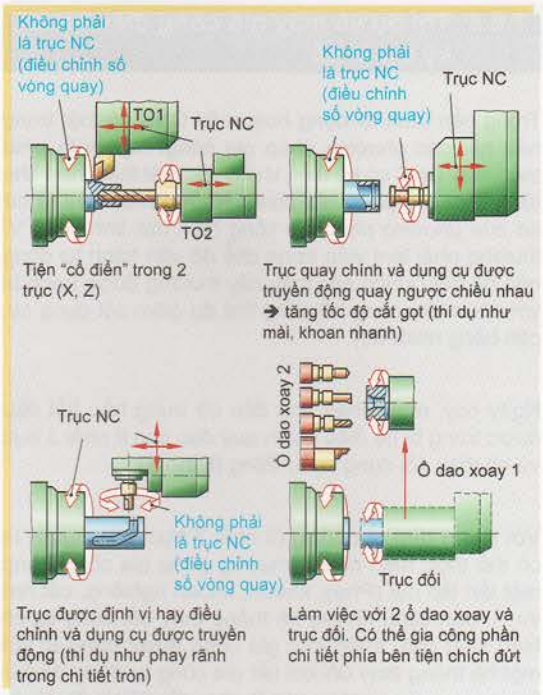
https://tieulun.hopto.org

Các hệ điều khiển có hiệu suất cao hiện nay cho phép thiết kế được những **trung tâm tiện-phay CNC**, bên cạnh phương pháp gia công tiện còn có thể thực hiện được những công việc khoan và phay ở hướng ngang với trục chính trong một lần lắp đặt. Vì khả năng có thể gia công theo quỹ đạo nhờ vào CNC nên những máy này cũng có thể tạo ren côn và bề mặt với bước ren thay đổi **(Hình 4)**. Bằng việc gia công toàn bộ, chất lượng sản phẩm tăng lên vì không xảy ra lỗi qua quá trình kẹp lại trên mâm cặp, thời gian gia công giảm đi, cần ít máy gia công hơn và như thế chi phí hạ xuống.

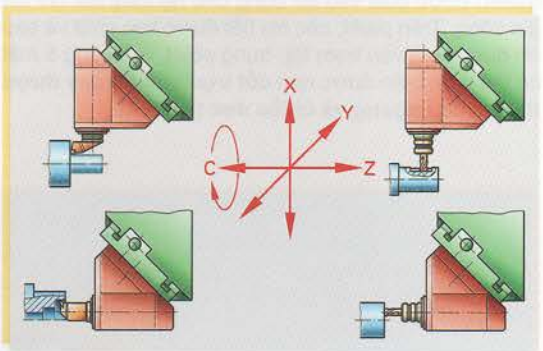
Điều kiện tiên quyết khi làm việc với dụng cụ được truyền động là phải có sẵn bộ phận tiếp nhận những dụng cụ này (dao phay, mũi khoan vv...). Trục chính làm trục NC được định vị (trục C) và quay với tốc độ được điều chỉnh. **Hình 1** trình bày những khả năng gia công có thể thực hiện được.

Một đầu dụng cụ với khả năng xoay một góc 90° **(Hình 2)** có thể cho phép gia công với dụng cụ cố định và dụng cụ được truyền động không những trên hướng xuyên tâm (hướng kính) mà còn cả hướng dọc trục nữa. Máy tiện với hai trục (trục chính và trục đối) cũng như với hai ổ tích dụng cụ (ổ dao xoay) **(Hình 3)** thì phù hợp cho việc gia công với số lượng từ trung bình cho đến lớn vì có thể làm việc cùng một lúc với hai dụng cụ. Những đặc tính khác làm tăng độ tự động hóa là:

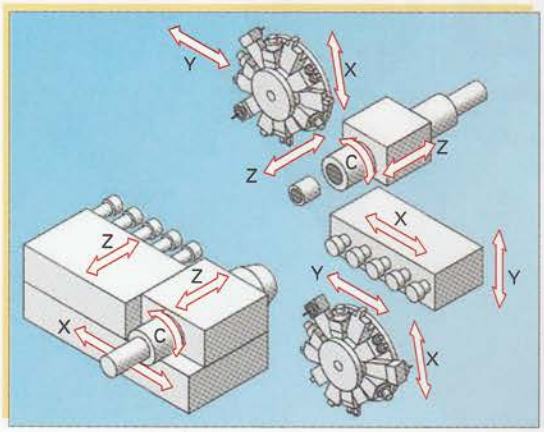
- Ụ sau (ụ chống tâm) và giá đỡ sau (giá đỡ tâm) được điều khiển bằng kỹ thuật số
- Thay đổi hàm kẹp tự động (thay đổi vấu)
- Bộ chứa chi tiết với thiết bị nạp tự động (ổ trữ phôi dạng thanh)
- Giám sát dụng cụ tự động (gãy nứt và mài mòn)



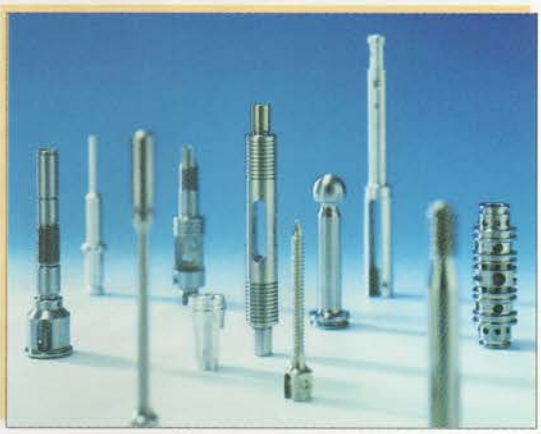
Hình 1: Dụng cụ được truyền động



Hình 2: Đầu dụng cụ xoay được



Hình 3: Máy với hai ổ dao xoay (revonve)

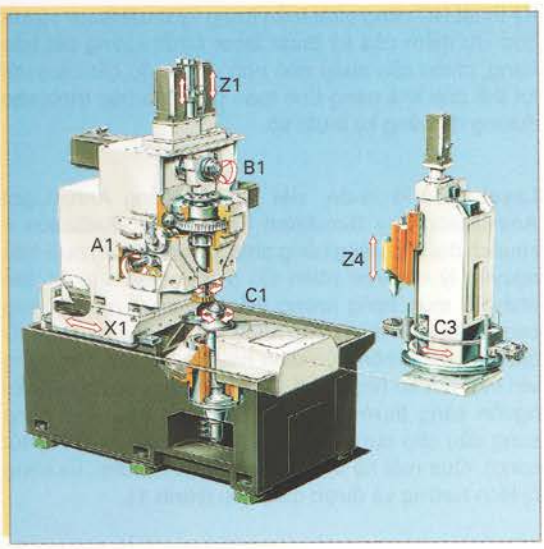


Hình 4: Dòng sản phẩm của một trung tâm gia công

https://tieulun.hopto.org

Việc chế tạo bánh răng với những phương pháp nhất định trên máy thông thường bằng điều khiển cơ học đòi hỏi tỷ lệ số vòng quay chính xác giữa chi tiết và dụng cụ được chỉnh qua hộp số. Do đó thông thường cho mỗi kiểu bánh răng mới, người ta phải thay đổi tỷ lệ truyền động dẫn đến việc thời gian ngừng máy quá nhiều.

Máy cắt răng hiện nay **(Hình 1)** có sáu trục NC hay nhiều hơn, qua đó hệ điều khiển đảm nhận việc lập kế hoạch cho quỹ đạo (đường đi) của dụng cụ.

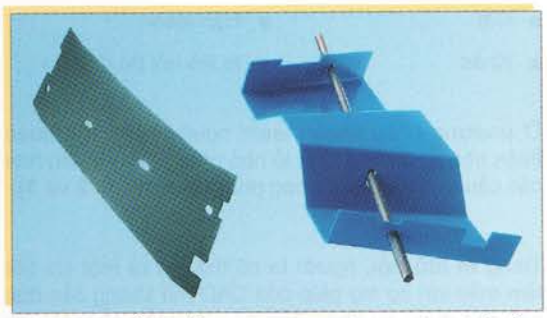


Hình 1: Máy cắt răng (Máy xọc răng)

Máy CNC cũng được sử dụng với mức độ tăng mạnh trong gia công tôn (phôi tấm). Trong **trung tâm gia công tôn** các nguyên công sau đây được tự động hóa:

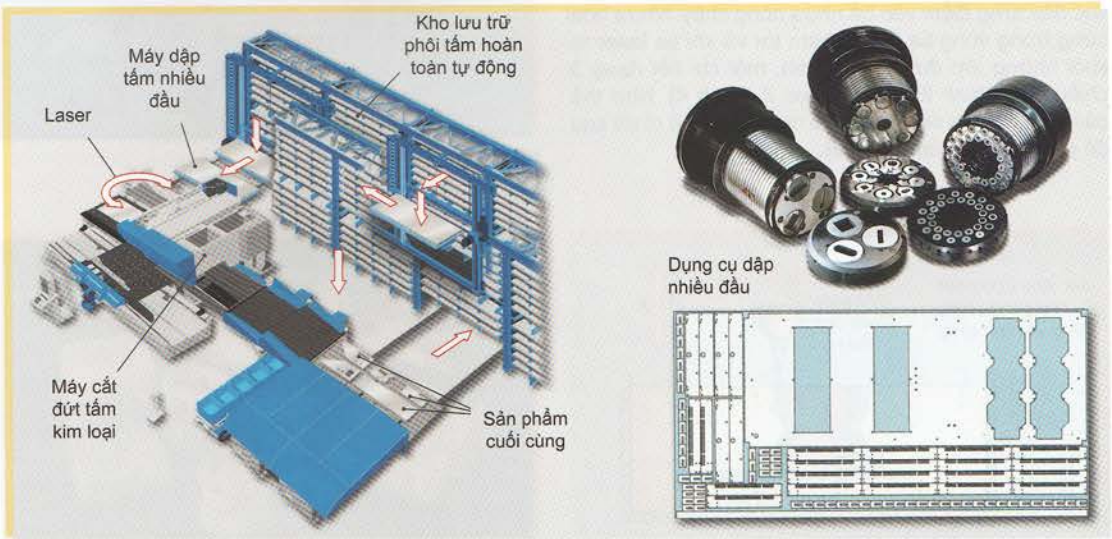
- Nạp tấm tôn (tấm kim loại)
- Dập
- Bẻ sau đó và
- Ghép nối nếu cần thiết

Do đó, có thể sản xuất được các chi tiết sẵn sàng cho việc lắp ráp **(Hình 2).**


Hình 2: Sản phẩm cuối của phương pháp gia công phôi tấm

Trong những trung tâm gia công như thế, người ta đưa vào sử dụng dụng cụ dập nhiều đầu **(Hình 3)**. Nhiều dụng cụ được đặt trong một giá đỡ. Nhờ việc quay giá đỡ, dụng cụ dập tương ứng được đưa vào vị trí gia công, qua đó thời gian gia công ở chi tiết với nhiều lỗ có kích cỡ khác nhau được giảm mạnh vì việc thay thế dụng cụ được loại bỏ (không cần thiết).

Việc lắp đặt đường ống phức tạp cần thiết thí dụ như trong lắp ráp ô tô và máy bay có thể thực hiện trên máy uốn ống CNC.



Hình 3: Dụng cụ dập nhiều đầu

https://tieulun.hopto.org

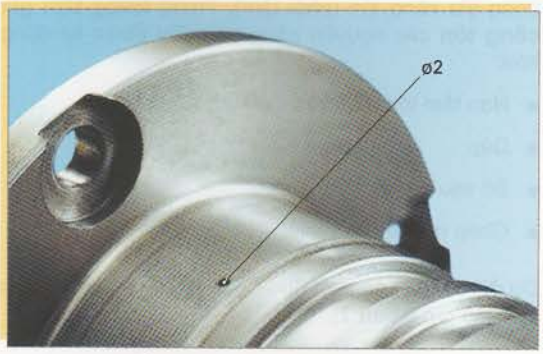
Kỹ thuật NC cũng phát triển trong kỹ thuật laser và kết hợp ưu điểm của kỹ thuật laser (chất lượng cắt hảo hạng, chiều sâu nhấp nhô nhỏ và tốc độ cắt cao) với lợi thế của khả năng tính toán quỹ đạo (lập trình cho đường đi) bằng kỹ thuật số.

Laser (đọc là la-de, viết tắt của tiếng Anh: **L**ight **A**mplification by **S**imulated **E**mission of **R**adiation = khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ kích thích) dựa trên nguyên lý electron (điện tử) ở vỏ nguyên tử có thể nhảy từ mức năng lượng thấp lên mức năng lượng cao khi bị kích thích. Khi nhảy trở lại, các electron từ các quỹ đạo không ổn định này sẽ phát ra ánh sáng với một tần số nhất định. Ánh sáng này khác biệt với nguồn sáng thường ở chỗ là chúng hầu như song song dẫu cho cường độ lớn (chỉ bị phân kỳ ở ít phút cung). Qua một hệ thống quang học nối tiếp, tia sáng bị lệch hướng và được điều tiêu **(Hình 1).**

Hình 1: Laser

Những lĩnh vực ứng dụng điển hình của laser là:

- Hàn
- Cắt
- Khắc
- Khoan laser
- Hàn laser
- In litô nổi (In đá nổi)

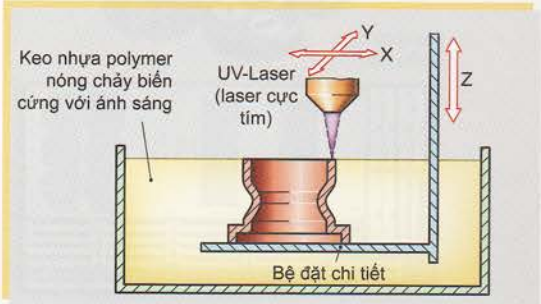


Hình 2: Khoan bằng tia laser

Ở phương pháp khoan laser người ta có thể hoàn thiện những đường kính lỗ nhỏ nhất (đến 10 µm) hay các cấu trúc mịn nhất trong phay laser **(Hình 2 và 3)**.

Hình 3: Phay laser

Trong **in litô nổi,** người ta có thể tạo ra một chi tiết làm mẫu với sự trợ giúp của CAD mà không cần đúc hay các dụng cụ khác (tạo nguyên mẫu nhanh). Dữ liệu hình học CAD được cắt lát thành nhiều lớp từ 0,05 mm đến 0,15 mm theo hướng trục Z. Một tia laser điều khiển kỹ thuật số chạy theo những lớp này chính xác đến từng điểm vào bể nhựa nóng chảy. Nhựa hóa cứng trong vùng tia laser chạm tới và khi tia laser ra khỏi những lớp được tạo thành, một chi tiết dạng 3 chiều được hình thành trên trục Z **(Hình 4)**. Như thế các mẫu của chi tiết có thể tạo nhanh với giá rẻ rồi sau đó được tối ưu hóa **(Hình 5).**



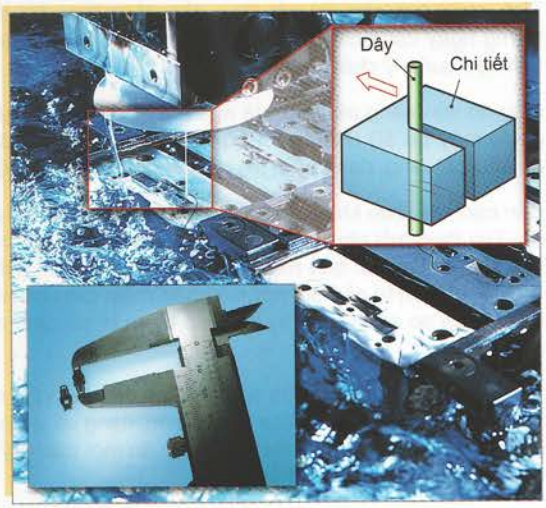
Hình 4: In litô nổi

Hình 5: Mẫu đầu tiên (nguyên mẫu)

https://tieulun.hopto.org

Trong phương pháp ăn mòn bằng nhiệt, một phần của chi tiết được cắt rời và loại ra bằng lực cơ học và lực điện từ. Phương pháp gia công này có vai trò lớn trong việc sản xuất khuôn rèn, dụng cụ dập, khuôn đúc phun và khuôn đúc áp lực vì những chi tiết này có dạng phức tạp và độ bền vật liệu cao đồng thời đòi hỏi độ chính xác.

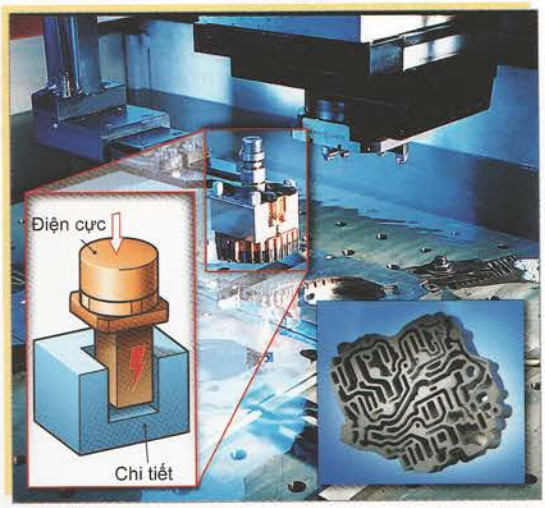
Trong phương pháp **ăn mòn bằng dây (Hình 1),** một điện cực dây xói mòn vật liệu bằng cách phóng điện (tia lửa điện) riêng rẽ giữa hai điện cực (dây và chi tiết). Hệ điều khiển cho phép nội suy kích thước hình học của chi tiết cũng như tính toán đường kính dây điện cực và dịch chuyển các trục NC với bước dẫn tiến định trước.



Hình 1: Ăn mòn bằng điện cực dây

Trong phương pháp **ăn xói mòn khuôn chìm (Hình 2),** điện cực có tiết diện đều và được dẫn hướng bởi hệ điều khiển qua trục NC sao cho lỗ vòi phun có thể được chế tạo, thí dụ như chỗ thủng được định dạng ở khuôn ép. Một sự định vị được điều khiển bằng CNC (quay trong một hay nhiều trục) tạo khả năng sản xuất những dạng lỗ phức tạp.

Phương pháp **cắt bằng tia nước (Hình 3)** ngày nay được sử dụng để cắt rời vật liệu mềm và không ổn định (không bền vững) như da, giấy, chất bọt xốp (styropor) và nhựa nhưng cũng có cả thép với độ bền cao.



Hình 2: Ăn mòn khoét bằng tia lửa điện (ăn xói mòn khuôn chìm)

Trong phương pháp này nước được nén với áp suất (đến 9000 bar) qua một vòi phun có đường kính vào khoảng 0,2 mm với vận tốc thoát ra từ 800 – 900 m/s. Nếu tia nước không đủ sức cắt, người ta cho thêm vào tia nước một chất mài mòn, thông thường là cát có granat[1)] (cát chứa thạch lựu) hay olivin[2)] với cỡ hạt từ 0,1 đến 0,3 mm. Tia nước tạo ra một rãnh cắt với chất lượng bề mặt cao. Qua kỹ thuật NC, người ta có thể cắt những khối hình học 3 chiều, thí dụ như cản xe giảm xóc (ba rờ sốc).

1) **Granat** hay **đá thạch lựu**, là một nhóm khoáng vật silicat với công thức hóa học tổng quát là: $A_3B_2(SiO_4)_3$

2) Olivin (đá quý gọi là **peridot**): Khoáng vật sắt magnesi silicat có công thức chung là $(Mg,Fe)_2SiO_4$.

Hình 3: Cắt bằng tia nước

https://tieulun.hopto.org

Tính phức tạp của chi tiết tăng dần đồng thời đòi hỏi về chất lượng ngày càng cao cũng dẫn đến việc đưa kỹ thuật CNC vào lĩnh vực quản lý chất lượng.

Máy đo vạn năng phần lớn là một máy CNC với 3 trục và được gọi là **máy đo 3D (Hình 1).** Cho những nhiệm vụ đo đặc biệt (thí dụ như cắt răng, dạng và vị trí) có dạng thiết kế đặc biệt **(Hình 1).**

Bên cạnh hệ điều khiển, phần tử chủ yếu của một máy đo là đầu đo. Tùy theo mỗi phương pháp đo (tiếp xúc nhờ vào một đầu dò hay không tiếp xúc qua một thiết bị đo quang học) **(Hình 3)** máy đo chạy đến vị trí cần đo, nơi mà phần mềm điều khiển có thể rút ra kết quả so sánh giữa trị số thực tế và trị số định mức (trị số cài đặt).

Trong chương trình đo của những máy đo như vậy, những quá trình đo phức tạp (độ ổn định kích thước, dạng và vị trí) có thể lưu trữ lại, rồi chúng tự động thi hành việc đo một cách kỹ lưỡng, thí dụ như đo một lốc máy (thân máy).

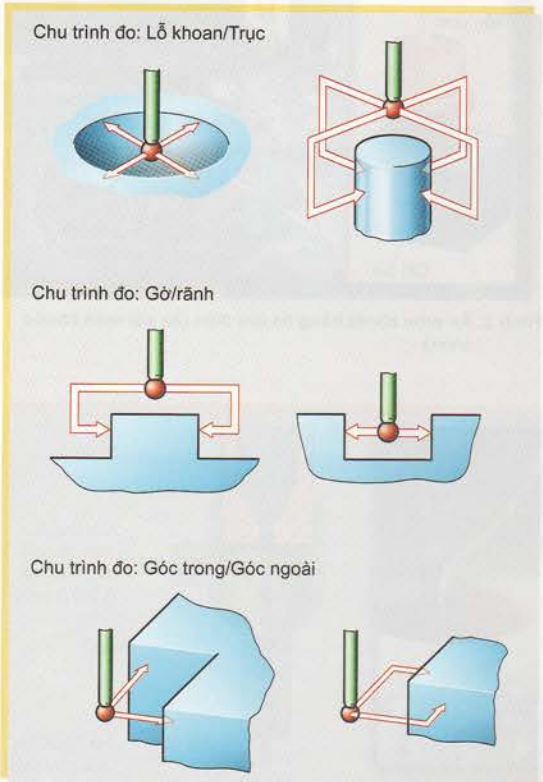
Phần mềm được cài đặt có khả năng thực hiện tất cả các tính toán cần thiết (dung sai, độ lớn (đại lượng) thống kê vv...) và nhờ vậy thiết lập một biên bản đo lường trong đó lưu hồ sơ (ghi lại những thông số) về chất lượng.

Việc thiết lập các chương trình cho trình tự đo lường (quy trình đo) được thực hiện trên máy với một chi tiết mẫu. Giống như máy CNC trong gia công, máy đo cũng có những chu trình đo làm đơn giản hóa việc thiết lập những chương trình đo cho người điều khiển **(Hình 2).**

Máy đo dạng cổng (khung)

Máy đo có tay đòn nằm ngang

Hình 1: Máy đo



Hình 2: Chu trình đo

Hình 3: Nguyên lý đo

https://tieulun.hopto.org

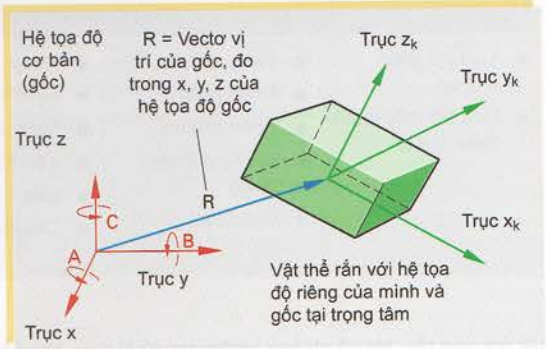
7.9 Kỹ thuật xử lý thao tác bằng tay và kỹ thuật robot

Thao tác bằng tay là một phần quan trọng của tự động hóa và là một phần chức năng của dòng vật liệu **(Hình 1)**.

> Theo quy định VDI 2860 của Hiệp Hội Kỹ Sư Đức (VDI), thao tác bằng tay được hiểu là việc tạo ra, thay đổi có chủ đích hoặc việc duy trì tạm thời một sự sắp xếp thứ tự đã định trước trong không gian của vật thể có kích thước hình học được xác định.

Hình 1: Phần chức năng của dòng vật liệu

Vị trí một vật thể rắn được xác định trong không gian bởi sáu **bậc tự do** của nó **(Hình 2)**. Đó là ba bậc tự do **tịnh tiến** – nghĩa là theo đường thẳng – (thí dụ như tọa độ x, y và z của trọng tâm vật thể) và ba bậc tự do **quay** (thí dụ như góc quay xung quanh các trục x, y và z). Thông số về tọa độ tịnh tiến còn được gọi là **vị trí** của vật thể, trong khi thông số về tọa độ quay được gọi là **phương hướng**. Tổng hợp tất cả sáu thông tin về tọa độ, người ta gọi là **vị trí** của vật thể trong không gian.



Hình 2: Bậc tự do của một vật thể rắn

Một đại lượng đặc trưng để mô tả những nhiệm vụ xử lý thao tác là **bậc trật tự OZ (trạng thái trật tự/trạng thái thứ tự)** của vật thể rắn. Nó cho biết vật thể được xác định bằng bao nhiêu bậc tự do từ tối đa sáu bậc tự do mà vật thể có được (ba tịnh tiến và ba quay) **(Hình 3)**. Bậc trật tự OZ được hợp thành từ tỷ lệ của **bậc định hướng OG** và **bậc vị trí PG.**

Bậc vị trí		Bậc định hướng	
PG	Giải thích	OG	Giải thích
3	Gốc của hệ tọa độ riêng của vật thể trong tất cả 3 hướng trục x, y và z dựa vào hệ tọa độ gốc đã được biết	3	Phương hướng của vật rắn trong tất cả 3 trục quay được xác định
2	Gốc của hệ tọa độ riêng của vật thể trong 2 của 3 hướng trục dựa vào hệ tọa độ gốc đã biết	2	Phương hướng của vật rắn trong 2 của 3 trục quay được xác định
1	Gốc của hệ tọa độ riêng của vật thể trong 1 của 3 hướng trục dựa vào hệ tọa độ gốc đã biết	1	Phương hướng của vật rắn trong 1 của 3 trục quay được xác định
0	Vị trí gốc của hệ tọa độ riêng của vật thể dựa vào hệ tọa độ gốc không rõ	0	Phương hướng của vật rắn không rõ

Thí dụ:

OZ = 0/0	Vật thể hoàn toàn không có thứ tự trong không gian, thí dụ như chi tiết trong một thùng chứa.
0/0 < OZ < 3/3	Vật thể nằm trong không gian được xếp thứ tự một phần, thí dụ những chai nước khoáng trong két OZ = 2/3 khi chúng đứng bất kỳ trong két – dựa vào sự sắp xếp theo thứ tự của nhãn; một khối vuông với OZ = 2/1 nằm quay trên một mặt phẳng bất kỳ.
OZ = 3/3	Hoàn toàn nằm theo thứ tự trong không gian; nghĩa là vị trí và phương hướng của vật thể đã được biết, thí dụ như chi tiết được kẹp trên bàn phay hay chai nước khoáng trong két với sự sắp xếp theo thứ tự của nhãn đã được định trước.

Hình 3: Bậc vị trí và bậc phương hướng

Sự khác biệt giữa xử lý thao tác và vận chuyển/lưu trữ ở chỗ là xử lý thao tác di chuyển vật thể có dạng hình học xác định được và như thế phương hướng của vật thể đóng một vai trò quan trọng. Trong khi vận chuyển/lưu trữ cũng có thể di chuyển cả vật thể có dạng hình học không xác định được (thí dụ chất lỏng hay chất khí) mà bậc phương hướng của nó chỉ có vai trò thứ yếu. Sau đây là việc tiếp tục phân chia nhỏ khái niệm xử lý thao tác.

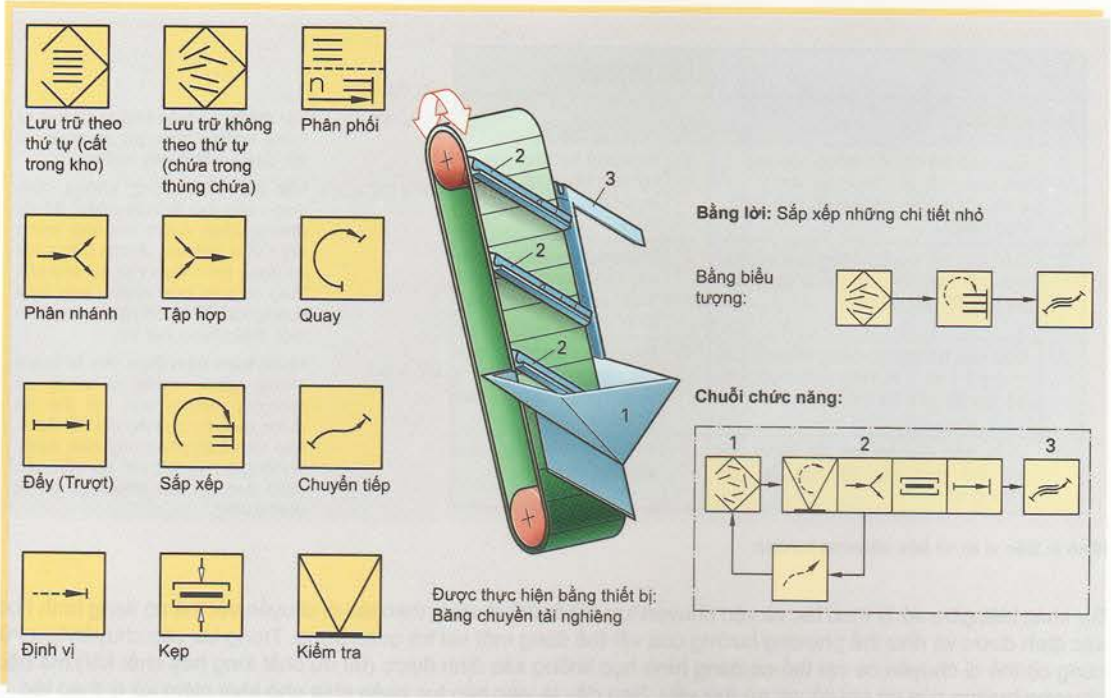
https://tieulun.hopto.org

Theo quy định VDI 2860, việc xử lý thao tác được chia thành năm phần chức năng nhỏ, chức năng nhỏ này lại được chia thành những chức năng cơ bản **(Bảng 1)**. Những chức năng được hợp thành dựa trên những chức năng cơ bản để mô tả dễ dàng hơn những quá trình xử lý thao tác.

Bảng 1: Chức năng xử lý thao tác

PHẦN CHỨC NĂNG				
Lưu trữ	Thay đổi số lượng	Chuyển động	Khóa	Kiểm soát
CHỨC NĂNG CƠ BẢN				
	Chia ra/ hợp nhất	Quay/ Trượt (đẩy)	Giữ/ Tháo ra	Kiểm tra
CHỨC NĂNG ĐƯỢC KẾT HỢP THÀNH				
■ Lưu trữ theo thứ tự ■ Lưu trữ một phần theo thứ tự	■ Tách ra ■ Phân phối ■ Phân nhánh ■ Kết hợp (hợp nhất) ■ Phân loại	■ Xoay ■ Định hướng ■ Định vị ■ Xếp thứ tự ■ Dẫn hướng ■ Chuyển tiếp	■ Kẹp ■ Tháo	■ Kiểm tra về: - Sự có mặt - Nhận dạng - Hình dạng - Kích cỡ - Màu - Trọng lượng - Vị trí - Phương hướng

Về nguyên tắc, tất cả những nhiệm vụ xử lý thao tác đều có thể mô tả với những chức năng cơ bản này. Để trình bày một cách đơn giản hơn, một cách diễn tả các chức năng này qua biểu tượng đã được phát triển và đưa vào quy định VDI 2860. Như thế người ta có thể thiết kế một sơ đồ chức năng để mô tả các quá trình xử lý thao tác mà không lệ thuộc vào bất kỳ nhà sản xuất nào **(Hình 1)**. Sơ đồ chức năng này có thể sử dụng để làm cơ sở thảo luận cho việc tối ưu hóa quá trình gia công.



Hình 1: Trình bày bằng biểu tượng việc sắp xếp các chi tiết nhỏ

https://tieulun.hopto.org

7.9.1 Thiết bị xử lý thao tác

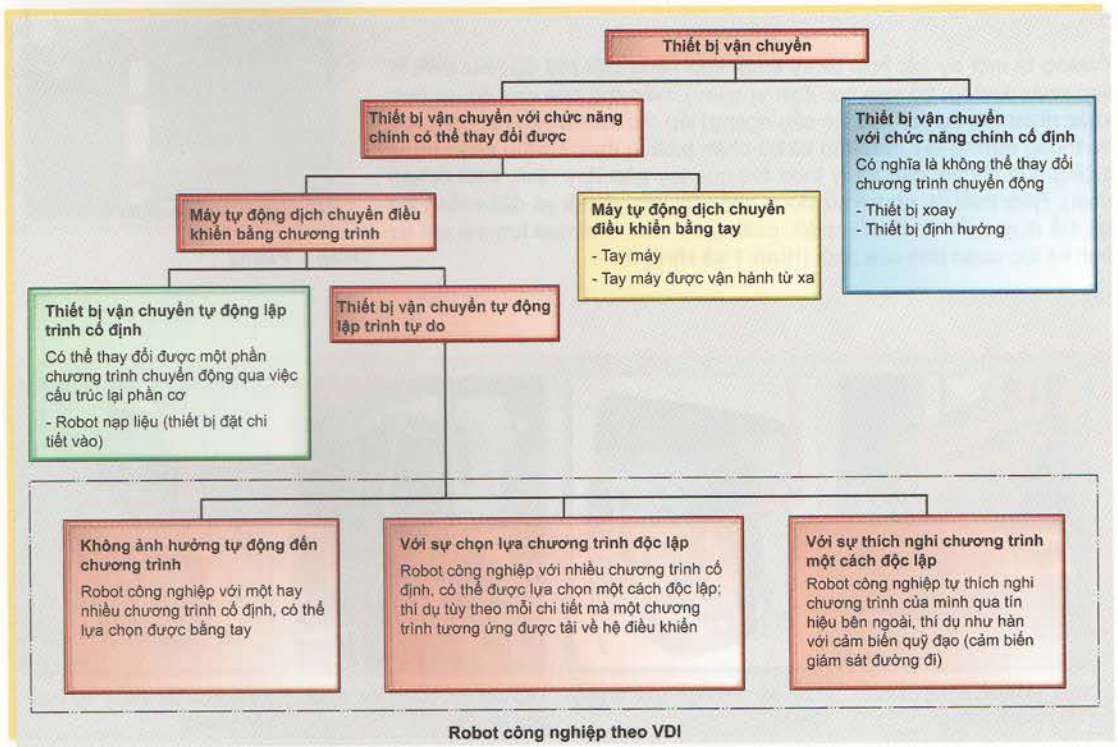
Thiết bị xử lý thao tác là những trang thiết bị kỹ thuật để thực hiện nhiệm vụ xử lý thao tác. Thông thường việc phân bố chức năng một cách rõ ràng cho thiết bị xử lý thao tác là điều không thể thực hiện được (so sánh **Bảng 1, trang 264**) vì các thiết bị này có thể hoàn thành không phải chỉ một mà nhiều chức năng con. Robot công nghiệp là một thí dụ cho thấy một mặt nó có thể xử lý thao tác với chi tiết (chức năng con là di chuyển và thay đổi số lượng), mặt khác có thể giữ chi tiết bên máy để đánh bóng chi tiết (chức năng con là giữ). Thường thì người ta ấn định một chức năng chính cho thiết bị xử lý thao tác và có thể xếp nó sơ bộ theo **Bảng 1** dựa vào việc chia nhỏ công đoạn xử lý thao tác (so sánh **Bảng 1, trang 264**).

Bảng 1: Chức năng chính của trang thiết bị xử lý thao tác

Thiết bị lưu trữ	Thiết bị thay đổi số lượng	Thiết bị làm dịch chuyển	Thiết bị an toàn	Thiết bị kiểm soát
■ Băng ■ Palét ■ Hộp/thùng/ổ chứa	■ Thiết bị tách riêng ■ Bộ phân phối ■ Ghi rẽ	■ Thiết bị xoay ■ Thiết bị sắp xếp ■ Robot công nghiệp	■ Tay cầm (tay kẹp) ■ Dụng cụ giữ ■ Bộ kẹp	■ Thiết bị kiểm tra ■ Thiết bị đo ■ Cảm biến

Trang thiết bị xử lý thao tác do đó không nhất thiết chỉ là "sản phẩm công nghệ cao" mà tất nhiên cũng có thể là loại gá lắp đơn giản và thông thường. Chúng không bắt buộc phải có riêng hệ điều khiển bằng điện tử mà cũng có thể được điều khiển bởi những phương pháp đơn giản bằng cơ khí (thí dụ như công tắc giới hạn, điều khiển bằng cam).

Trang thiết bị xử lý thao tác cho chuyển động được chia theo VDI 2861 thành các nhóm khác nhau như sau:



Hình 1: Phân loại thiết bị xử lý chuyển động

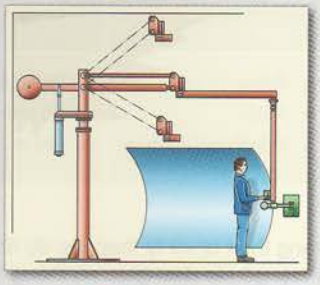
https://tieulun.hopto.org

Thiết bị vận chuyển với chức năng chính cố định nói chung chỉ thỏa mãn một phần chức năng xử lý thao tác. Thường thì những thiết bị này là loại đặc biệt được sử dụng trong lĩnh vực sản xuất hàng loạt.

Thiết bị vận chuyển với chức năng chính thay đổi được có khả năng thực hiện nhiều chức năng con của xử lý thao tác. Nhóm này được phân loại tiếp thành thiết bị xử lý chuyển động điều khiển bằng tay (thủ công) và điều khiển bằng chương trình.

Trong **thiết bị vận chuyển bằng tay** (thí dụ tay máy, cần cẩu, tời) người sử dụng tạo ra chuyển động trực tiếp, có nghĩa là không có bộ phận điện tử lưu trữ và kiểm tra trình tự chuyển động.

Ở **thiết bị vận chuyển điều khiển bằng chương trình,** chuyển động được tạo ra qua một chương trình, được lưu trữ hoặc bằng cơ (thí dụ như đĩa cam hay đĩa đường cong) hoặc bằng điện tử (EPROM, EEPROM). Thiết bị xử lý chuyển động điều khiển bằng chương trình được phân loại tiếp dựa vào cách thay đổi chương trình. Một trong những thiết bị xử lý chuyển động quan trọng nhất là robot công nghiệp.



Hình 1: Palăng

7.9.1.1 Palăng (Cần cẩu, tời)

Để có thể nâng tải trọng và tránh hiện tượng mỏi ngay cả khi nâng tải nhẹ, càng ngày càng nhiều nơi làm việc được trang bị với các phương tiện trợ giúp nâng (thiết bị hỗ trợ nâng).

Palăng là một sự kết hợp từ kỹ thuật kẹp riêng biệt (thí dụ như thiết bị kẹp chân không, bộ kẹp cơ, đơn vị quay), biến thể của các đồ gá treo khác nhau (thí dụ tay với cần cẩu ngang) lắp ráp vào tường hay vào cột, hệ thống đường ray trên trần và bộ phận palăng thực sự thu nhận trọng lượng của chi tiết cần xử lý thao tác qua tay gắp (tay cầm, thiết bị kẹp chặt). Nhờ thiết bị, người sử dụng nhận tải, chuyển đi và đặt xuống trở lại. Để di chuyển và định vị phôi, palăng chỉ cần vượt qua lực ma sát cơ học và lực quán tính của phôi **(Hình 1 và Hình 2).**

Trục gá bung trong để đỡ cuộn màng mỏng

Lắp đặt chỗ ngồi của lái phụ (xe tải)

Lắp đặt chỗ bước lên xe tải của lái phụ

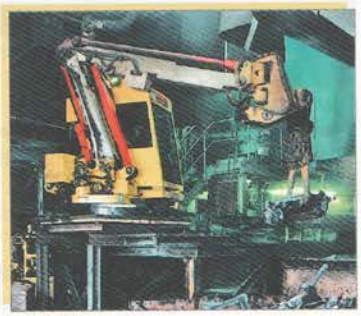
Xử lý thao tác bằng tay một yên phanh

Hình 2: Thí dụ ứng dụng cho palăng

https://tieulun.hopto.org

7.9.1.2 Tay máy (thao tác bằng tay) (Hình 1)

Đây là những thiết bị xử lý thao tác mà trình tự chuyển động được điều khiển thủ công (nghĩa là điều khiển bằng tay qua một người vận hành). Vì thế mà thiết bị không thể lập trình được. Phần lớn chúng được ứng dụng vào việc xử lý thao tác cho những chi tiết không dễ điều khiển (nặng và/ hoặc nóng), thí dụ như trong khuôn rèn (dập nóng).



Hình 1: Tay máy

7.9.1.3 Thiết bị được vận hành từ xa (Hình 2)

Thuật ngữ này được hiểu là tay máy được điều khiển từ xa. Phần lớn chúng được sử dụng khi việc tiếp xúc với vật thể cần xử lý rơi vào những trường hợp sau:

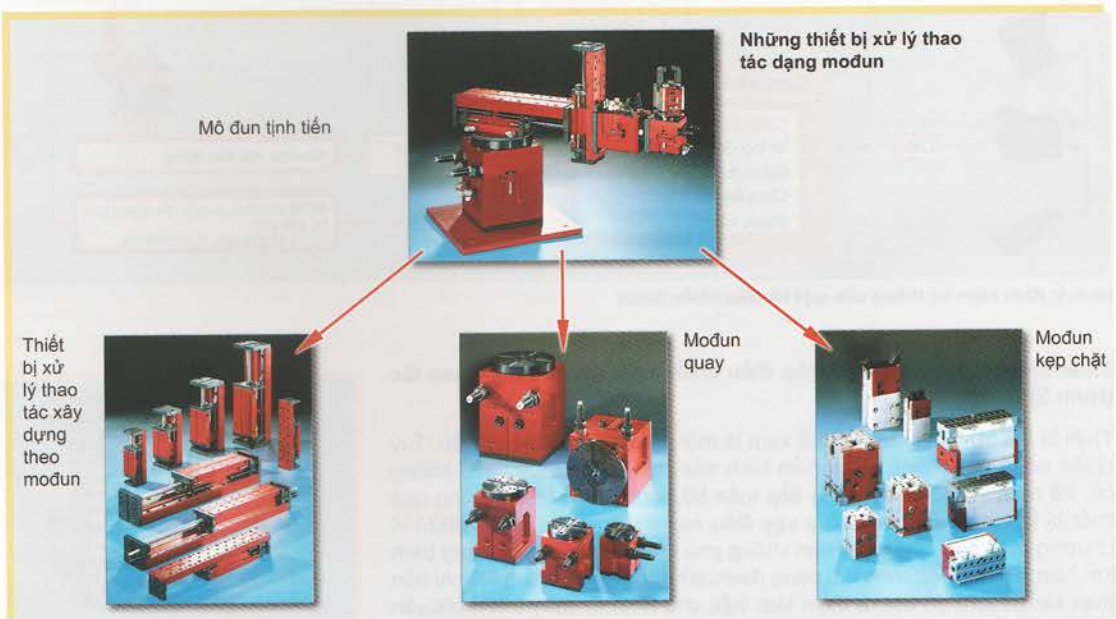
- Nguy hiểm đến tính mạng, thí dụ kỹ thuật hạt nhân, tháo ngòi nổ của bom đạn
- Không thể hoặc chỉ thực hiện được với nhiều công sức về mặt kỹ thuật, thí dụ ở biển sâu, hệ kênh cấp thoát nước.

Phần lớn người sử dụng giao tiếp với hệ thống máy quay phim (video) để có thể nhận được hình ảnh gần thực tế nhất về môi trường xung quanh. Nói chung, ngay cả máy xử lý thao tác này cũng không thể lập trình được.

Hình 2: Thiết bị vận hành từ xa

7.9.1.4 Hệ thống có cấu trúc modun (Hình 3)

Những thiết bị xử lý thao tác này có thể lắp ráp theo modun từ hệ dẫn động quay hoặc tịnh tiến và các hệ thống kẹp khác nhau tùy yêu cầu. Việc điều khiển được thực hiện một cách đơn giản hoặc qua công tắc giới hạn hay điều khiển điện tử, cho phép lập trình được những đoạn đường dịch chuyển. Thêm vào đó, cần thiết phải có những hệ đo hành trình cho từng cụm dẫn động riêng lẻ sao cho qua đây những hệ thống CNC được hình thành.



Hình 3: Hệ thống xử lý thao tác dạng modun

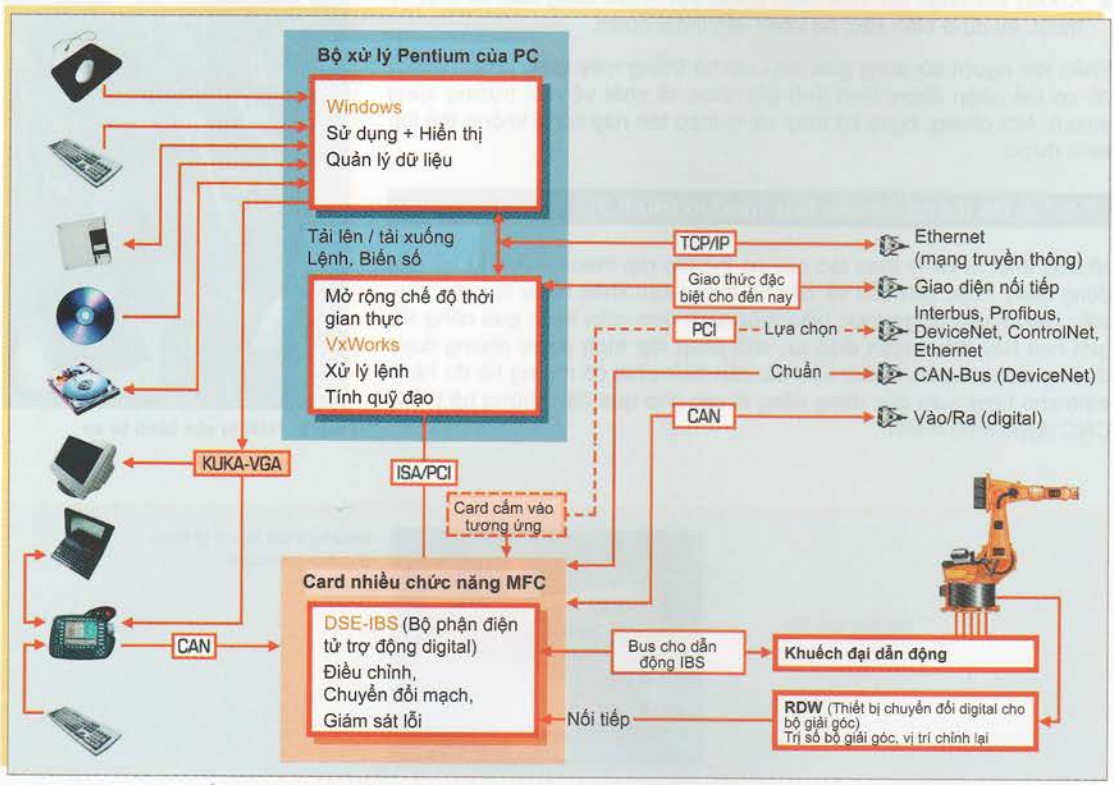
https://tieulun.hopto.org

7.9.1.5 Robot công nghiệp

Robot công nghiệp (RBCN) là loại thiết bị xử lý thao tác đa năng nhất nhưng cũng đắt tiền nhất. Liên đoàn quốc tế về khoa học người máy/robot (IFR = International Federation of Robotics) định nghĩa một robot công nghiệp như sau:

> Một robot công nghiệp là một thiết bị xử lý thao tác đa năng với ít nhất ba trục mà mô hình chuyển động của nó có thể lập trình tự do mà không cần phương tiện hỗ trợ cơ học. RBCN có thể được lắp đặt cơ cấu chấp hành cuối, thí dụ như tay nắm hay dụng cụ.

RBCN có một hệ điều khiển CNC để lập kế hoạch cho quỹ đạo và có thể khai thác thông tin từ môi trường xung quanh qua sự trợ giúp của cảm biến và sử dụng thông tin này để xử lý chương trình của nó. Chuyển động của RBCN trong không gian được định trước bởi một chương trình và có thể thay đổi tương đối nhanh mà không cần chỉnh sửa lại hệ thống cơ học. Qua độ linh hoạt rất cao của nó, RBCN thực ra đã được định trước để nhận nhiệm vụ trong lĩnh vực sản xuất linh hoạt vì dòng sản phẩm của xưởng máy càng ngày càng phát triển hơn đồng thời cỡ lô (số lượng hàng sản xuất trong một đợt) ngày càng trở nên nhỏ đi. Những thành phần quan trọng nhất để cấu thành RBCN được thể hiện trong **Hình 1:**



Hình 1: Khái niệm hệ thống của một hệ điều khiển robot

Thiết bị lập trình cầm tay / Hộp điều khiển cầm tay chỉ dẫn thao tác (Hình 2)

Thiết bị lập trình cầm tay có thể xem là một phần của hệ điều khiển. Tuy nhiên nó là một thành phần điển hình của RBCN mà máy CNC không có. Về nguyên tắc có thể giao tiếp toàn bộ với hệ điều khiển thông qua thiết bị lập trình thủ công. Tuy vậy điều này thường gây phiền phức vì chương trình soạn thảo văn bản không phù hợp cho những chương trình lớn hơn. Thiết bị lập trình thủ công được sử dụng chính trong khi chỉ dẫn thao tác (teach) để tìm ra điểm làm việc cho trình tự (quy trình) chuyển động. Chương trình chính thật sự thường được viết với sự hỗ trợ của một chương trình soạn thảo trong máy tính.

Hình 2: Hộp hướng dẫn (hộp điều khiển cầm tay chỉ dẫn thao tác)

https://tieulun.hopto.org

Điều khiển và phần mềm

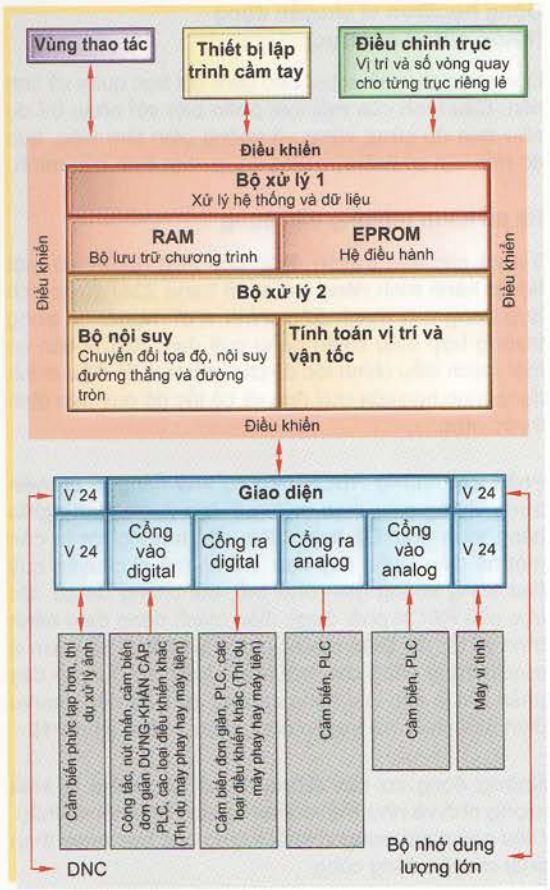
Việc điều khiển robot có thể so sánh với điều khiển CNC của máy gia công (phay, tiện, vv). Có thể nói là hệ điều khiển đóng vai trò trái tim hay bộ óc của toàn bộ robot.

Nhiệm vụ chính của hệ điều khiển robot – còn gọi là RC (Robot Control) là:

- Điều chỉnh trục (tốc độ và vị trí)
- Nội suy quỹ đạo (thí dụ như đường thẳng hay vòng tròn)
- Chuyển đổi tọa độ (thí dụ tính tọa độ không gian ra tọa độ khớp nối)
- Giao tiếp với giao diện (thí dụ cổng vào và cổng ra; hệ thống bus trường)
- Giao tiếp với máy tính cá nhân bên ngoài
- Giao tiếp với hộp điều khiển thao tác bằng tay
- Quản lý chương trình (thí dụ lưu trữ và soạn thảo)

Chính việc chuyển đổi tọa độ và phép nội suy quỹ đạo là những quá trình rất tốn thời gian sử dụng máy tính và còn phải thực hiện càng nhanh càng tốt để các trị số định mức có thể được chuyển tiếp đến thiết bị điều chỉnh rồi so sánh với trị số thực tế. Như thế hình thành một chuyển động chính xác theo quỹ đạo và không bị rung.

Do vô số công việc dồn đến, nhiều nhà sản xuất robot chuyển sang việc gắn nhiều bộ xử lý chạy song song cho hệ điều khiển **(Hình 1).**



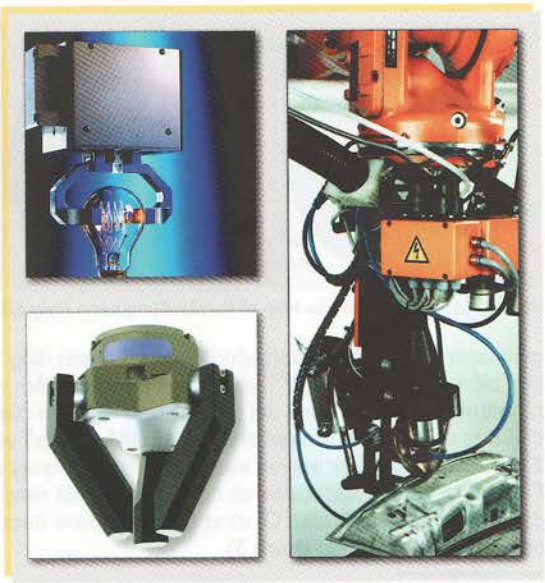
Hình 1: Điều khiển robot

Cơ cấu thực hiện cuối cùng (Cơ cấu chấp hành cuối) (Hình 2)

Với chi tiết phụ này nhiệm vụ thực sự của xử lý thao tác được thực hiện. Người ta phân biệt cơ cấu thực hiện cuối cùng thành những nhóm chính là nhóm tay kẹp (tay gắp) và nhóm dụng cụ.

Có loại tay gắp đơn giản (với hai trạng thái mở và đóng) cho đến hệ thống gắp phức tạp được điều khiển bởi cảm biến để thực hiện gia công với nhiều ứng dụng phong phú. Dụng cụ được đưa vào sử dụng thí dụ như kềm hàn hay hệ thống đo. Những hệ thống máy quay phim digital với chương trình xử lý ảnh (được gọi là những hệ thống thị giác) để nhận dạng vị trí và đối tượng cũng như đo đạc vật thể (đối tượng) cũng thường xuyên được RBCN thực hiện. Nhờ thế mà cơ cấu thực hiện cuối cùng có thể gắp và chuyển tiếp những chi tiết nằm một cách ngẫu nhiên trên một băng chuyền di chuyển.

Độ linh hoạt thường được nâng cao qua những hệ thống thay đổi dụng cụ. Đó là những đồ gá để thay thế tự động các cơ cấu thực hiện cuối cùng.


Hình 2: Cơ cấu thực hiện cuối cùng (cơ cấu tác động cuối)

https://tieulun.hopto.org

Động học/Đơn vị chuyển động (Khớp nối và cốt trục)

Động học cho mỗi robot bao gồm cốt trục quay và tịnh tiến. Cấu hình của mỗi loại phân biệt với nhau thí dụ như qua độ cứng vững và không gian làm việc, qua đó mỗi loại có lĩnh vực ứng dụng nhất định của mình.

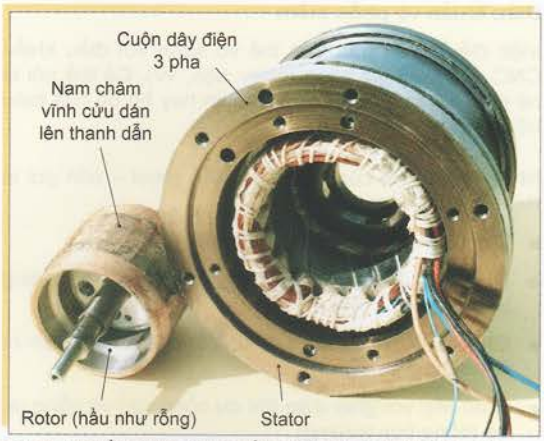
Hệ đo hành trình/Hệ dẫn động

Tất cả các trục truyền động của một RBCN có một hệ đo hành trình riêng (so sánh trang 238) được tích hợp trong một mạch điều chỉnh vị trí. Ngoài ra, trong trường hợp điều khiển bằng quỹ đạo, RBCN còn có một mạch điều chỉnh tốc độ cho mỗi trục để điều chỉnh dạng hình học của quỹ đạo và cả tốc độ quỹ đạo định trước nữa.

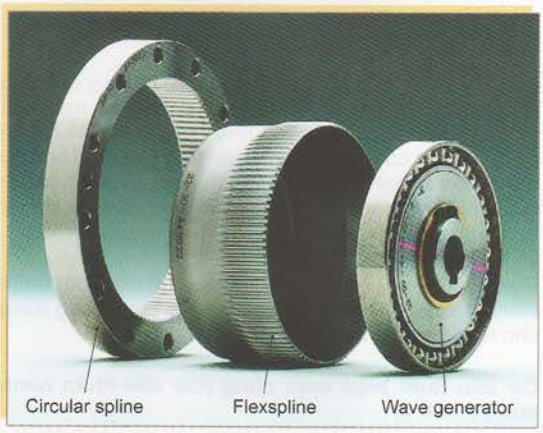
Phần lớn những RBCN đều có khả năng di chuyển trong không gian theo một quỹ đạo được định nghĩa bằng toán học. Để thực hiện việc này người ta cần một hệ điều khiển quỹ đạo. Để có thể di chuyển quỹ đạo trong không gian như thế, nói chung tất cả các trục của RBCN phải được điều chỉnh riêng theo hành trình và tốc độ. Điều này có nghĩa là phải có sẵn đơn vị truyền động riêng cho mỗi trục. Được sử dụng ở đây phần lớn là các loại động cơ điện (truyền động servo điện một chiều và truyền động điện 3 pha) **(Hình 1).**

Những động cơ này **(Hình 1)** có đặc điểm là khối lượng nhỏ và như thế momen quán tính khối sẽ thấp. Điều này quan trọng vì khối lượng của trục quay theo phải chuyển động cùng.

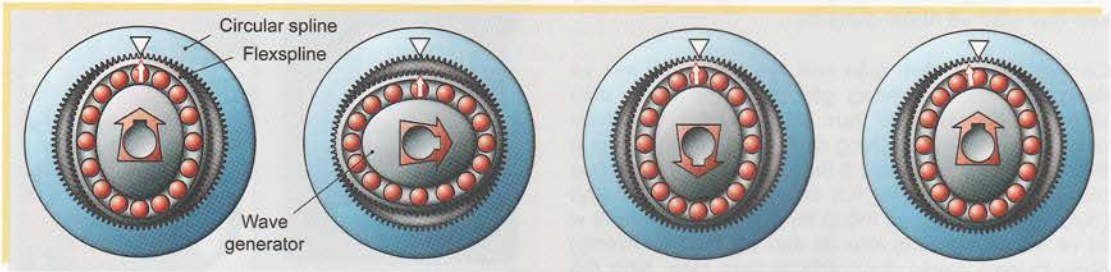
Số vòng quay của động cơ điện phần lớn được thích nghi với một bộ dẫn động (hộp số truyền động) bánh răng điều hòa **(Hình 2)**. Bộ dẫn động sóng (Wave



Hình 1: Truyền động servo bằng điện 3 pha với động cơ rotor rỗng (rotor bọng)



Hình 2: Hộp số truyền động bánh răng điều hòa



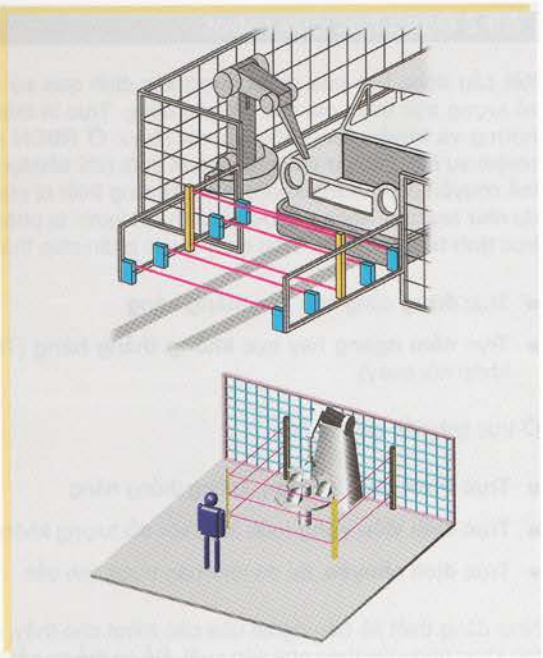
Hình 3: Cách vận hành của hộp số truyền động bánh răng điều hòa

generator[1]) trong hộp số truyền động bánh răng điều hòa được xem là phần được truyền động qua vòng bi sẽ làm biến dạng Flexspline[2], vòng thép hình trụ mềm này ở trong tình trạng tác dụng với Circular spline[3] qua răng trong cố định ở vùng đối diện có bán kính lớn của trục bầu dục. Với việc quay của bộ dẫn động sóng, trục bầu dục có bán kính lớn dời chỗ và như thế dời chỗ vùng răng ăn khớp vào nhau. Vì vòng Flexspline có ít hơn 2 răng so với Circular spline, sau một nửa vòng quay của bộ dẫn động sóng, một chuyển động tương đối giữa Flexspline và Circular spline có độ lớn bằng một răng được thực hiện và sau cả vòng quay 2 vòng sẽ chuyển động tương đối là 2 răng. Ở vòng Circular spline được giữ cố định, Flexspline là phần tử bị dẫn động sẽ quay ngược lại bộ dẫn động **(Hình 3).**

[1] Wave generator: Bộ tạo sóng (bộ dẫn động sóng), là một đĩa thép hình bầu dục với vòng bi (vòng lăn) mỏng
[2] Flexspline: Then hoa biến dạng (ống thép hình trụ mềm với răng ngoài, có thể linh hoạt biến dạng được)
[3] Circular spline: Then hoa vòng (vòng ngoài hình trụ cứng với răng trong, được giữ cố định).

https://tieulun.hopto.org

Nhờ vào việc không có độ rơ trong cắt răng, hộp số truyền động bánh răng điều hòa có được độ chính xác định vị nhỏ hơn một phút góc và độ chính xác lặp lại vài giây góc. Chỉ với ba bộ phận, người ta có thể đạt đến độ giảm tỷ số truyền (giảm tốc) xuống còn 50:1 đến 320:1 với hiệu suất đến 85%. Vì việc truyền lực được thực hiện qua một phạm vi tác động lớn giữa các răng (vùng răng ăn khớp vào nhau lớn), hộp số truyền động bánh răng điều hòa có thể truyền momen quay đỉnh cao nhất. Hộp số này chứng tỏ có được độ bền xoắn cao qua toàn bộ vùng momen quay. Nó không tự hãm lại được nhờ ma sát và được sử dụng cả trong chế độ vận hành giảm tốc cũng như tăng tốc.



Hình 1: Thiết bị an toàn

Thiết bị ngoại vi

Hầu như không có ứng dụng robot nào mà không có cảm biến, có nghĩa là không có thông tin từ môi trường ứng dụng. Cảm biến ngoài, kết nối với hệ điều khiển qua giao diện, cung cấp các thông số có ảnh hưởng vào chương trình đến hệ điều khiển (thí dụ chi tiết có hay không, chỉnh sửa vị trí qua cảm biến trong mài, cảm biến điều khiển hàn).

Ngoài ra, những cảm biến đặt ngoài cung cấp thông tin về an toàn cho người, máy móc và sản phẩm vì RBCN là những máy tự động cho việc xử lý chuyển động với nhiều trục có thể lập trình tự do. Khả năng di chuyển tự do trong không gian của RBCN có thể dẫn đến tai nạn đặc trưng của robot trong phạm vi nguy hiểm (đường bao của không gian di chuyển của robot) qua những chuyển động đầy năng lượng như vận tốc dịch chuyển nhanh và/hoặc chuyển động của khối lượng lớn. Do đó diễn biến của chuyển động và sự khởi động di chuyển của robot rất khó để tiên đoán trước vì khả năng lập trình tự do của nó, nhất là khi những biến số của chương trình robot có thể thay đổi vì các điều kiện sản xuất và môi trường xung quanh. Người ta phải lắp đặt những thiết bị an toàn để dừng máy ngay khi có người vào trong khu vực nguy hiểm **(Hình 1).** Thông thường đó là những biện pháp sau:

- Hàng rào ánh sáng (rào chắn quang)
- Đệm nhấn (tấm công tắc)
- Kiểm soát nhận dạng

Công nhân làm việc ở gần khu vực robot hoạt động phải được bảo vệ trước nguy hiểm gây ra bởi thiết bị này.

Bên cạnh những tiêu chí quan trọng như loại điều khiển, số lượng và loại giao diện (bus, analog/digital), có những đại lượng đặc trưng cơ học theo quy định của VDI (Hội kỹ sư Đức) cho việc đánh giá thống nhất những hệ robot khác nhau **(Bảng 1)**.

Bảng 1: Độ lớn đặc trưng của một robot công nghiệp (theo quy định VDI 2861)

Độ lớn hình học	Độ lớn về tải	Độ lớn động học	Độ lớn về sự chính xác
■ Giới hạn hệ thống cơ ■ Phân chia không gian ■ Phạm vi làm việc	■ Tải danh định ■ Tải danh định tối đa ■ Tải lớn nhất ■ Momen danh định ■ Momen danh định của quán tính khối	■ Vận tốc ■ Gia tốc ■ Quá tải chuyển tiếp ■ Thời gian dao động giảm dần ■ Thời gian dịch chuyển ■ Thời gian chu trình	■ Độ chính xác lặp lại (Vị trí và phương hướng) ■ Độ chính xác lặp lại (Quỹ đạo)

https://tieulun.hopto.org

7.9.2 Động học của robot

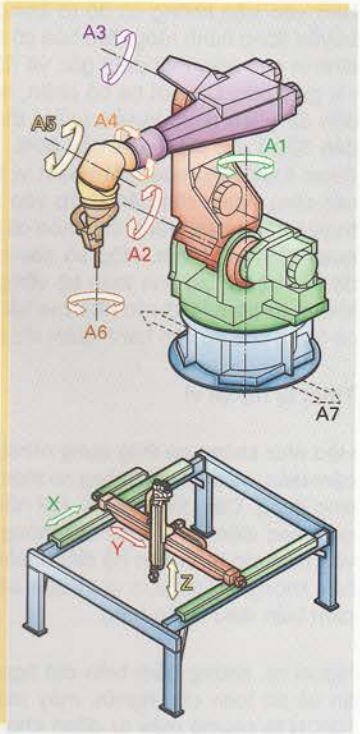
Kết cấu động học của robot được xác định qua sự xếp đặt (bố trí) và số lượng trục tham gia vào chuyển động. Trục là thành phần được dẫn hướng và truyền động độc lập với nhau. Ở RBCN những trục này có nhiệm vụ làm cho cơ cấu chấp hành cuối (chi tiết/dụng cụ của robot) có thể chuyển động trong không gian. Những thiết bị phụ trợ cho robot, thí dụ như tay gắp, không được kể là trục. Người ta phân biệt trục **quay** và trục **tịnh tiến (Hình 1).** Trục quay được phân chia thành:

- Trục **đứng** cũng như trục **thẳng hàng**
- Trục **nằm ngang** hay trục **không thẳng hàng** (Trục nằm trong một khớp nối quay)

Ở trục tịnh tiến có 3 nhóm:

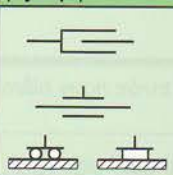
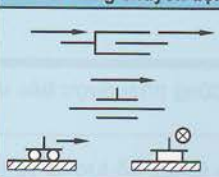
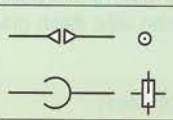
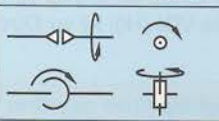
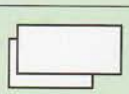
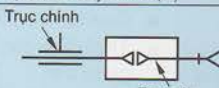
- **Trục trượt** (trục xê dịch), không thẳng hàng
- **Trục kính viễn vọng** (góc nhìn với đối tượng không đổi), thẳng hàng
- **Trục dịch chuyển**, thí dụ như bàn trượt tịnh tiến

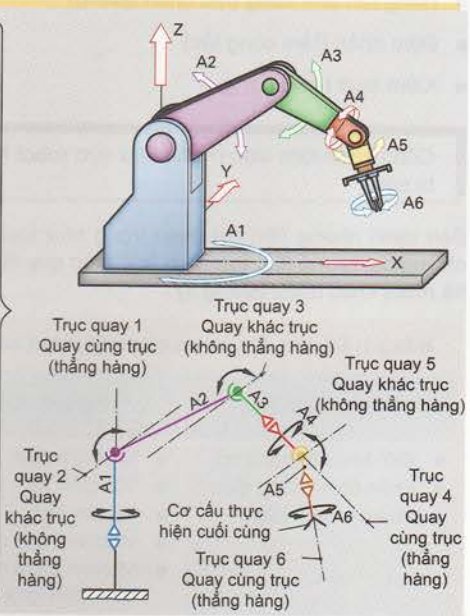
Như dáng thiết kế bên ngoài của các robot cho thấy, có nhiều cách cấu tạo khác nhau tùy theo nhà sản xuất. Để có thể so sánh từng robot và tìm được điểm cốt yếu về động học của nó, người ta lập ra những ký hiệu hình ảnh thay thế. Những biểu tượng cho các trục, cơ cấu chấp hành cuối và bệ máy được trình bày trong quy định của VDI 2861 (mô tả động học của RBCN).



Hình 1: Các trục của robot

Những biểu tượng thay thế này làm rõ điều phân loại được tả ở trên là luôn luôn có 2 loại thông tin cho một trục. Một mặt là việc xác định rõ ràng qua cách phân loại này rằng trục chuyển động tịnh tiến hay quay. Mặt khác cũng nói lên được ít nhiều thông tin phải có về khớp nối. Chuyển động quay của trục có thể được thực hiện chính xung quanh trục (ở trục thẳng hàng) hay xung quanh khớp nối (ở trục không thẳng hàng) **(Hình 1 và 2).**

Trục	Biểu tượng (Ký hiệu)	Biểu tượng với thông tin về khả năng chuyển động
Trục tịnh tiến thẳng hàng (Kính viễn vọng) Trục tịnh tiến không thẳng hàng Trục dịch chuyển		
Trục quay thẳng hàng Trục quay không thẳng hàng		
Dụng cụ		Súng dán, kìm hàn
Tay gắp		Tay gắp chân không, tay gắp song song
Ký hiệu nhận dạng cho giới hạn hệ thống		Gạch cách ly ngắn có nghĩa là giao diện thật sự (thí dụ dụng cụ có thể thay thế được)
Cách ly giữa trục chính và trục phụ		



Hình 2: Sơ đồ thay thế về động học (robot)

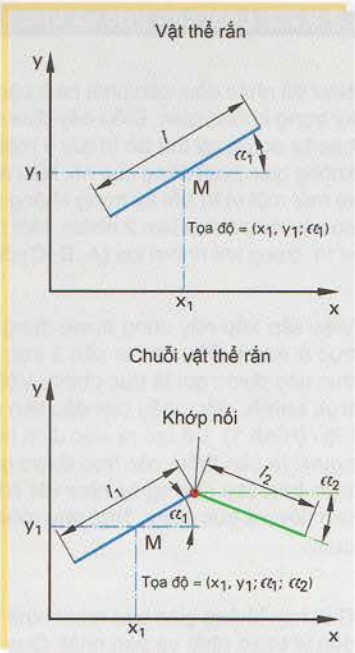
https://tieulun.hopto.org

7.9.2.1 Bậc tự do của cơ cấu truyền động

Khi mô tả chuyển động của một vật thể trong không gian, người ta rất thường hay giả định một cách đơn giản xem đây như một điểm (điểm khối lượng). Đó là một sự đơn giản hóa rất giới hạn – dù rằng chỉ là lý thuyết – vì ở một điểm ta đều biết không có giãn nở trong không gian và như thế dĩ nhiên là không có khối lượng. Việc đơn giản hóa này có thể chấp nhận được khi chỉ có vận tốc tức thời cũng như những đoạn đường dịch chuyển cần phải được xác định và qua đó không cần quan tâm tới việc giãn nở của vật thể trong không gian.

Nhờ thế chỉ cần ba tọa độ theo trục x, y và z để định rõ vị trí của điểm khối lượng. Điều này sẽ trở nên khó khăn hơn khi phải lưu ý đến việc giãn nở của vật thể chuyển động trong không gian, thí dụ như trong chuyển động của chi tiết trong không gian.

Bậc tự do *f* là số lượng chuyển động độc lập có thể xảy ra. Theo đó một vật thể rắn chuyển động tự do trong không gian có bậc tự do *f* tối đa bằng 6, bao gồm 3 khả năng chuyển động tịnh tiến và 3 chuyển động quay.



Hình 1: Bậc tự do

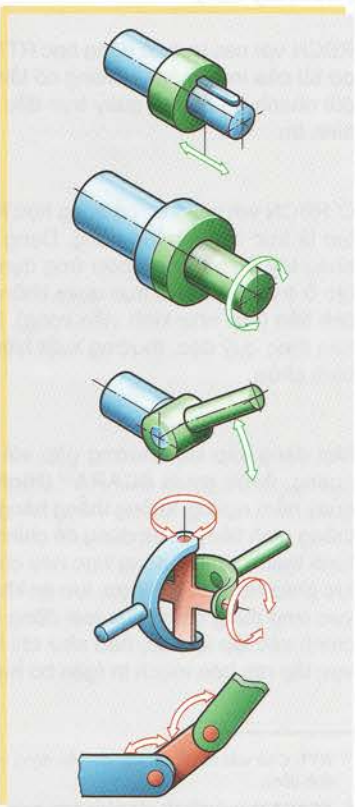
Khác biệt với bậc tự do của một vật rắn (so sánh trang 263) là khái niệm **bậc tự do của cơ cấu truyền động** hay bậc tự do của một hệ thống gồm những vật thể rắn. Ở đây nói đến nhiều vật thể rắn được sắp xếp nối tiếp hay song song với nhau, được liên kết qua khớp nối. Một hệ thống như vậy cũng thường được gọi là chuỗi vật thể rắn (thí dụ như các trục của một robot).

Một thanh phẳng có ba bậc tự do. Đó là tọa độ của tâm điểm M (x_1, y_1) của thanh phẳng có chiều dài *l* đã biết để mô tả vị trí của nó. Để mô tả phương hướng người ta sử dụng góc α_1 **(Hình 1).**

Cách mô tả vị trí và phương hướng của thanh thì hoàn toàn tùy ý. Cũng có những khả năng khác để diễn tả vị trí, thí dụ như điểm chuẩn (điểm quy chiếu) của đầu cuối thanh, nhưng tất cả các khả năng này đều có điểm chung là chúng cần ba thông số độc lập với nhau để xác định vị trí trong mặt phẳng.

Nếu hai thanh phẳng liên kết với nhau qua một khớp nối, điều này cho phép một chuyển động quay (gọi là chuỗi vật thể rắn), như thế chúng có bậc tự do của cơ cấu truyền động bằng 4; có nghĩa là để mô tả rõ ràng vị trí của chuỗi vật thể rắn trong mặt phẳng – với chiều dài đã biết l_1 và l_2 của hai thanh – chỉ cần thông tin về tâm điểm của thanh l_1 [M (x_1, y_1)] và góc định hướng α_1. Cho việc mô tả thanh l_2 chỉ cần góc α_2 là đủ để xác định phương hướng của nó **(Hình 1)**.

Tùy theo loại khớp nối (quay hay tịnh tiến, số lượng của khả năng chuyển động) người ta có thể thiết kế chuỗi vật thể rắn khác nhau với bậc tự do của cơ cấu truyền động khác nhau **(Hình 2).**



Hình 2: Loại khớp nối

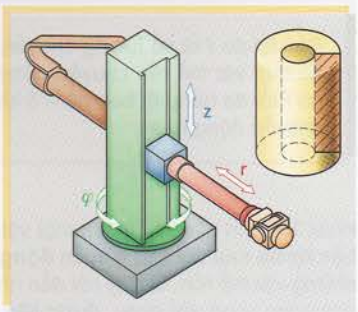
https://tieulun.hopto.org

7.9.2.2 Loại cấu trúc và không gian hoạt động

Như đã nhắc đến, cần phải có 6 bậc tự do để sắp xếp một vật thể rắn bất kỳ trong không gian. Điều này đưa đến kết quả là một robot cần ít nhất 6 bậc tự do để có thể bố trí tùy ý một chi tiết cũng như một dụng cụ trong không gian hoạt động của nó. Nếu robot có ít hơn 6 trục, nó không thể tìm ra mỗi một vị trí bất kỳ trong không gian. Cũng đã được kể ra là 6 bậc tự do này được chia làm 2 nhóm. Một nhóm (x, y, z) được xếp vào khái niệm vị trí, trong khi nhóm kia (A, B, C) được gọi là định hướng.

Hình 1: Phân loại RBCN dựa vào trục chính

Việc sắp xếp này cũng được dùng cho việc phân loại đầu tiên của các trục ở robot. Đầu tiên ta cần 3 trục để mô tả vị trí cho một robot. Những trục này được gọi là trục chính. Với sự trợ giúp mô tả động học của các **trục chính,** việc phân biệt đầu tiên của những hệ thống robot được thực hiện **(Hình 1)**. Để tạo ra việc định hướng của tay gắp cũng như dụng cụ, người ta cần thêm các trục được gọi là **trục phụ,** cũng còn được gọi là **trục bàn tay** (tương tự như với con người). Trục chính robot gồm trục tịnh tiến và trục quay. Trục phụ robot, hầu như không có ngoại lệ, là trục quay.



Hình 2: Động học RTT

Giới hạn không gian của robot hình thành khi các trục chính chuyển động đến vị trí xa nhất và gần nhất. Qua đó ta có **không gian hoạt động** của robot. Độ lớn và dạng của không gian hoạt động này là tiêu chí quyết định cho việc lựa chọn robot để giải quyết một vấn đề xử lý thao tác đã đặt ra.

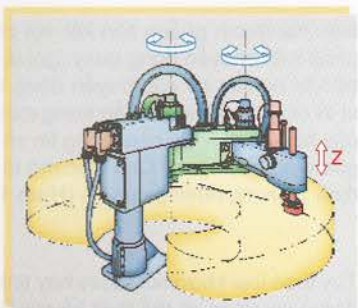
Robot tay xoay

RBCN với các trục có động học RTT[1] được sử dụng chính để chất tải và dỡ tải của máy móc vì chúng có tầm hoạt động lớn và dù vậy vẫn tương đối nhanh để có thể quay trục đầu tiên. Không gian hoạt động có dạng hình trụ.

Hình 3: Động học RRT

Ở RBCN với các trục có động học RRT cũng vậy, trục đầu tiên được cấu tạo là trục quay thẳng hàng. Dạng thiết kế của trục thứ hai và ba khác nhau tùy theo trường hợp ứng dụng. Có loại RBCN **(Hình 3)** được cấu tạo ở trục thứ hai là trục quay không thẳng hàng, còn trục thứ ba là trục tịnh tiến (loại như kính viễn vọng). Loại RBCN này rất phù hợp cho việc hàn theo quỹ đạo, thường xuất hiện nhiều trong lắp ráp ô tô và chế tạo bình chứa.

Một dạng sắp xếp thường gặp với động học RRT là robot với tay nằm ngang, được gọi là **SCARA**[2] **(Hình 4).** Ở đây trục thứ hai và ba là trục quay nằm ngang, không thẳng hàng. Trục thứ ba là loại trục chuyển động thẳng (tịnh tiến) được dùng để chỉnh độ cao. Không gian hoạt động được hình thành từ loại động học này có dạng hình trụ. Loại robot này tạo ra lực ghép nối (lực liên hợp, lực ăn khớp, lực ghép đôi) rất lớn. Nhờ thế lĩnh vực ứng dụng chính của loại động học này là trong lắp ráp. Nhờ vào độ chính xác lặp lại cao, hầu như chỉ loại SCARA được sử dụng trong lĩnh vực lắp ráp bản mạch in (gắn bo mạch in).



Hình 4: Robot SCARA

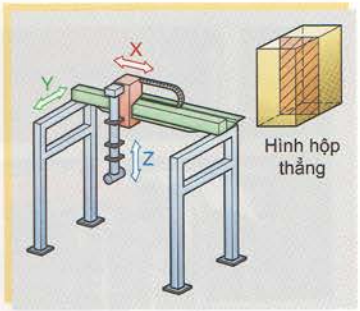
[1] **RTT:** Chữ viết tắt để chỉ loại chuyển động trục robot (**R**: Rotation = quay; **T**: Translation = tịnh tiến)

[2] **SCARA** là chữ viết tắt của tiếng Anh: **s**elective **c**ompliance **a**ssembly **r**obot **a**rm = Tay máy mềm dẻo tùy ý để lắp ráp

https://tieulun.hopto.org

Robot tay thẳng (tịnh tiến) / Robot dạng cổng

Robot tay thẳng có ba trục chính tuyến tính (chuyển động thẳng) và như thế có dạng động học TTT **(Hình 1)**. Loại sắp xếp này có không gian hoạt động là một khối lập phương (khối vuông).

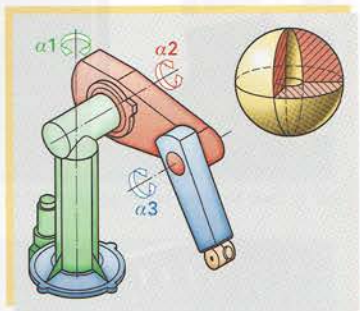


Hình 1: Robot dạng cổng

Loại robot TTT được thực hiện rất phổ biến là robot dạng cổng. Loại này rất phù hợp cho những công việc vận chuyển qua những quãng đường dài vì ứng suất cơ học được hình thành có thể được hấp thu bởi bệ máy. Ngoài ra ở trục tịnh tiến dài, về mặt kỹ thuật đo, việc xử lý thao tác dễ dàng hơn là đối với trục quay tương ứng. Nếu chế tạo thêm trục phụ cho 3 trục chính, robot có thể thực hiện được những công việc lắp ghép không nằm chính xác ở 1 trong 3 hướng trục chính. Cách ứng dụng này có thể hợp 2 máy sản xuất với nhau để tiếp nối nhau gia công một chi tiết **(Hình 4)**. Việc kẹp và tháo trong mâm cặp của máy sẽ do robot dạng cổng đảm nhận. Một ưu điểm khác của kết cấu TTT là robot nằm trên vùng ứng dụng (hoạt động) và do đó khu vực dưới nền và phạm vi trước từng máy được trống để tiếp cận.

Robot tay gập

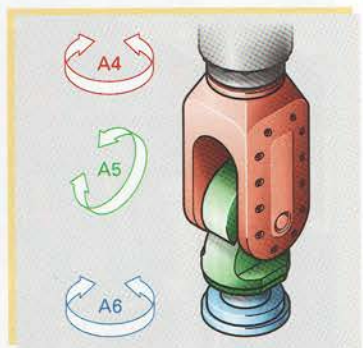
Ở robot tay gập **(Hình 2)**, còn gọi là robot tay nối toàn khớp quay (đòn có khớp bản lề), tất cả các trục chính đều được thiết kế là trục quay (động học RRR). Trong hầu như tất cả các trường hợp, trục đầu tiên là trục nằm thẳng hàng, trong khi trục hai và ba không thẳng hàng. So sánh động học với các loại robot khác, loại RRR có ưu điểm là chiếm chỗ ít nhất dựa vào mặt không gian hoạt động và cần lực tăng tốc nhỏ nhất cho chuyển động nhanh. Qua động học RRR, các robot loại này có thể thực hiện các công việc ở trên đầu mà không gặp vấn đề gì. Không gian hoạt động hình thành qua sự bố trí của các trục có dạng hình cầu. Nhờ vào cách chuyển động, loại RBCN này có thể sử dụng được trong nhiều lĩnh vực tự động hóa như hàn, lắp ráp, gia công, xử lý thao tác nói chung v.v...



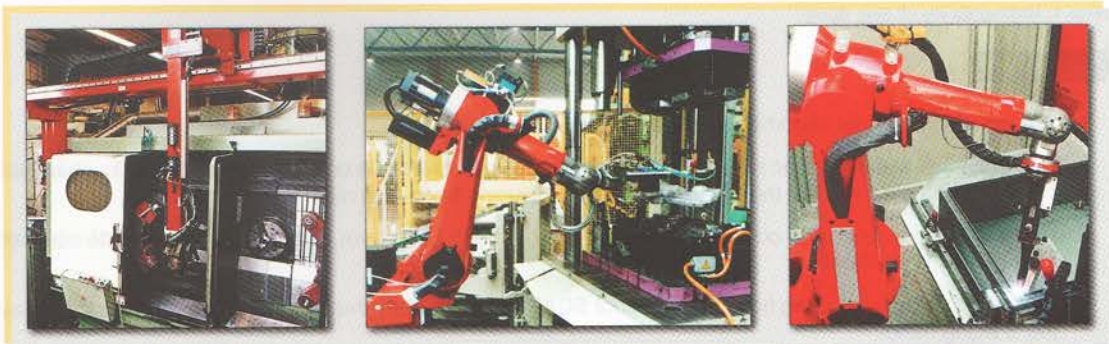
Hình 2: Robot tay gập

Trục định hướng/trục bàn tay

Để định hướng cho một đối tượng xử lý thao tác, người ta thường kết hợp trục 4 quay, thẳng hàng, trục 5 quay, không thẳng hàng và trục 6 quay thẳng hàng **(Hình 3)**.



Hình 3: Trục bàn tay



Hình 4: Những thí dụ ứng dụng

https://tieulun.hopto.org

Xử lý thao tác cho bộ phận giảm xóc của ô tô chở người

Xử lý thao tác cho lốc máy của ô tô chở người

Hàn điểm

Xử lý thao tác cho các phần của thân ô tô

Hình 1: Những thí dụ về ứng dụng

Bài tập:

1. Hãy giải thích các loại trục khác nhau của một RBCN.
2. Hãy giải thích khái niệm bậc tự do trong không gian và bậc tự do của cơ cấu truyền động. Hãy phân biệt sự khác nhau giữa một vật thể rắn và một điểm khối lượng trong khái niệm bậc tự do.
3. Hãy cho biết bậc tự do của cơ cấu truyền động cho ba thanh kết nối với nhau bằng khớp (vấn đề của mặt phẳng) (hãy phác thảo!)
4. Hãy vẽ sơ đồ thay thế động học cho một robot SCARA với trục quay thứ 4 không thẳng hàng và trục quay thứ 5 thẳng hàng.
5. Hãy mô tả việc ứng dụng robot từ hãng của bạn.

https://tieulun.hopto.org

7.9.3 Điều khiển robot

Khác với khi lập trình cho máy CNC (thí dụ như máy phay), lúc thiết lập một chương trình cho một RBCN, một điểm trong không gian hầu như luôn luôn được tìm thấy và lưu trữ qua phương pháp **dạy (teach**=dạy/huấn luyện, tiếng Anh). Điều này được thực hiện bằng cách điều khiển RBCN – phần lớn với sự trợ giúp của một cần điều khiển (joystick) ở thiết bị lập trình bằng tay – chạy đến những điểm tương ứng của ứng dụng và lưu trữ những điểm này.

Như đã nhắc đến, để hỗ trợ cho việc mô tả những chuyển động như thế của vật thể rắn, người ta cần một hệ tọa độ để có thể xác định rõ ràng vị trí và phương hướng. Về nguyên tắc có nhiều hệ tọa độ có thể giải quyết việc này nhưng được sử dụng nhiều nhất trong kỹ thuật hẳn là **hệ tọa độ Descartes (Hình 1)**. Điều đó có nghĩa là người điều khiển RBCN nắm bắt được vấn đề một cách nhanh nhất trong hệ tọa độ này. Vì thế mà hầu hết các nhà sản xuất robot đều cung cấp hệ tọa độ Descartes làm **hệ tọa độ cơ bản (hệ tọa độ gốc/hệ tọa độ chuẩn)** hay còn gọi là **hệ tọa độ toàn cầu (Hình 1)**.

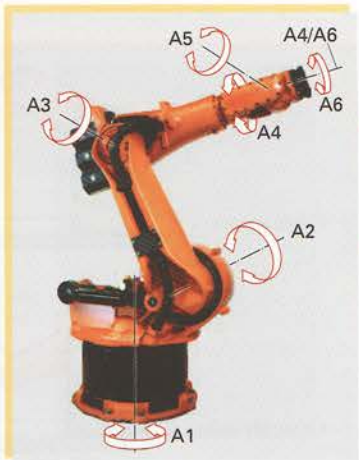
Hình 1: Tọa độ trục toàn cầu

Để thông báo vị trí, người ta thường dùng một điểm làm điểm chuẩn được gọi là **điểm hoạt động (trung tâm) của dụng cụ** hay **tâm điểm dụng cụ** (TCP: Tool Center Point) nằm ở tâm của tay gắp. Để mô tả phương hướng của tay gắp, người ta lại sử dụng một hệ tọa độ khác được đặt qua TCP và như thế mô tả góc định hướng đến hệ tọa độ cơ bản. Do đó vị trí của một vật thể rắn đang giữ chặt tay gắp được trình bày qua 6 thông số như sau:

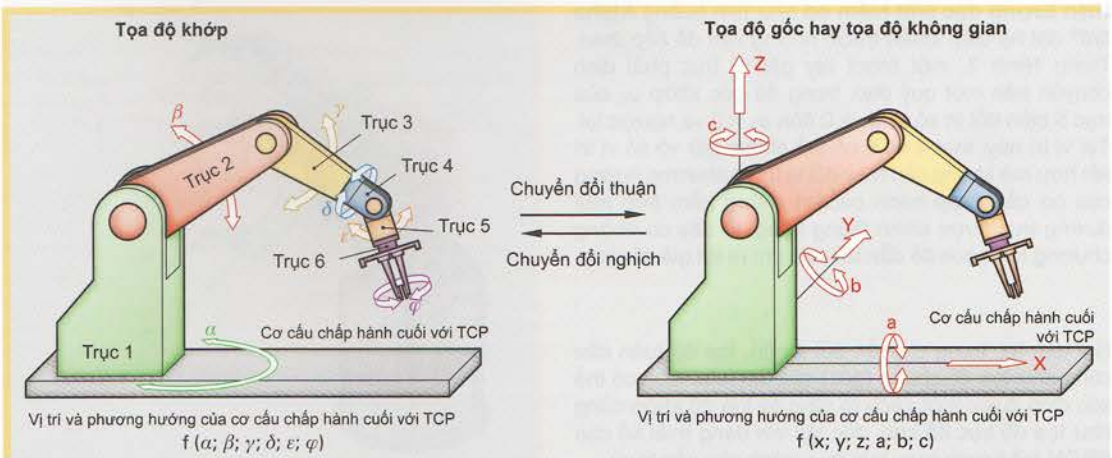
BK = (*x* [mm]; *y* [mm]; *z* [mm]; *a* [°]; *b* [°]; *c* [°])

Bây giờ nếu vị trí này cần được một robot tay gập 6 trục tiếp nhận, sẽ xảy ra vấn đề tiếp theo. RBCN này chỉ có trục quay; nghĩa là 6 trị số cho khớp nối của nó lại là thông tin về góc. Điều này dẫn đến việc thông số tọa độ toàn cầu phải chuyển đổi sang góc khớp nối bằng cách gọi là **chuyển đổi tọa độ (Hình 3)**. Thông tin về góc khớp nối được gọi là **tọa độ khớp, tọa độ trục** hay **tọa độ robot (Hình 2)**.

GK = (α [°]; β [°]; γ [°]; δ [°]; ε [°]; φ [°])



Hình 2: Tọa độ trục

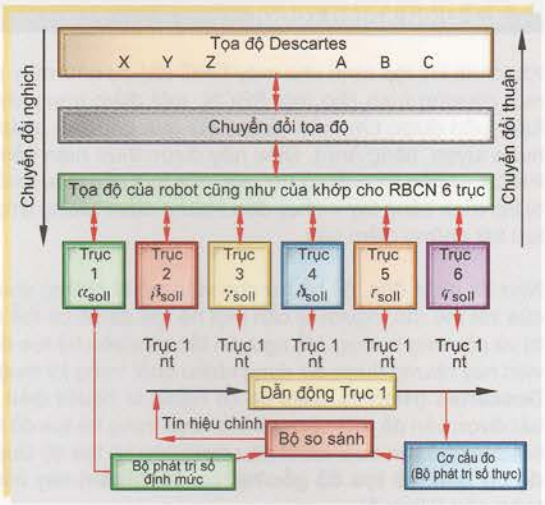


Hình 3: Chuyển đổi tọa độ

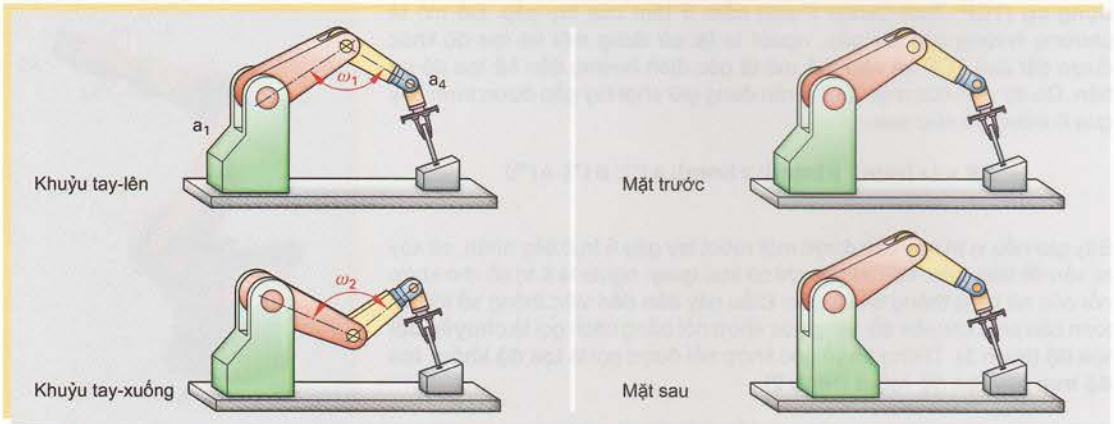
https://tieulun.hopto.org

Việc chuyển đổi tọa độ **(Hình 1)** đòi hỏi rất nhiều thời gian tính toán và cần công suất máy tính tương ứng. Khi hệ điều khiển lưu trữ vị trí không gian trong tọa độ toàn cầu, có thể dẫn đến tình trạng **lập lờ không rõ ràng** (tính đa nghĩa). Điều này có nguyên nhân từ phương trình chuyển đổi vì ở đây phải tính với những hàm lượng giác (thí dụ như sin) mà những hàm nghịch đảo của nó (hàm ngược, thí dụ như arscin hay $\sin^{-1}$) có nhiều lời giải.

Những vị trí có tính đa nghĩa quan trọng nhất của nó là khuỷu tay lên/xuống và mặt trước/sau **(Hình 2)**. Để giải quyết vấn đề này, người ta đưa thêm vào những thông số bổ sung để đảm bảo robot tiếp cận một cách rõ ràng vị trí trục mong muốn. Một tính đa nghĩa khác ở robot tay gập 6 trục là flip/no flip (lật/không lật). Ở đây trục 4 và trục 5, trong mỗi trường hợp quay một góc bằng 180°, có thể đạt được cùng vị trí tuyệt đối với hai trị số khớp nối khác nhau.



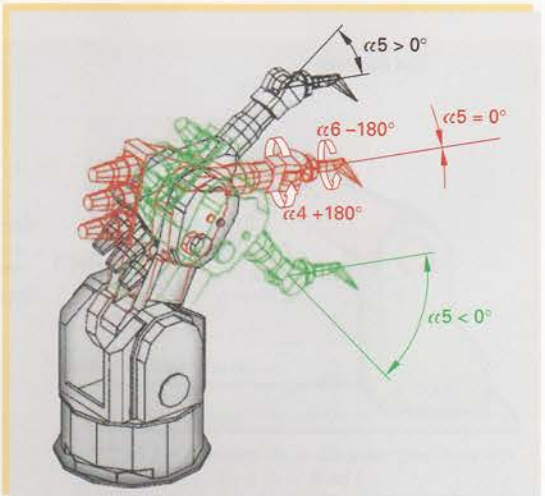
Hình 1: Chuyển đổi tọa độ



Hình 2: Tính đa nghĩa (không rõ ràng)

Hiện tượng đặc biệt hiếm có như tình huống **Alpha 5/0°** đặt hệ điều khiển trước những vấn đề tiếp theo. Trong **Hình 3,** một robot tay gập 6 trục phải dịch chuyển trên một quỹ đạo, trong đó góc khớp α_5 của trục 5 biến đổi trị số từ $\alpha_5 > 0$ đến $\alpha_5 < 0$ và ngược lại. Tại vị trí này, trục 4 và 6 có thể chiếm giữ vô số vị trí kết hợp mà không cần thay đổi vị trí và phương hướng của cơ cấu chấp hành cuối vì chúng nằm trên một đường trục được chỉnh thẳng hàng. Ở đây có những chương trình con để dẫn tới việc tìm ra lời giải rõ ràng.

Nói tóm lại, trong chuyển đổi thuận, tọa độ toàn cầu cũng như tọa độ chuẩn (gốc) cần tìm luôn luôn có thể xác định được một cách rõ ràng từ tọa độ khớp cũng như tọa độ trục đã cho, độc lập với dạng thiết kế của RBCN (số lượng trục, loại trục, cách sắp xếp trục).

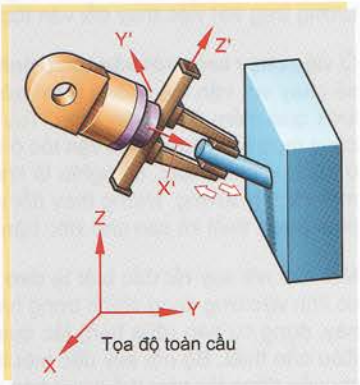


Hình 3: Hiện tượng đặc biệt hiếm có

https://tieulun.hopto.org

Ở chuyển đổi nghịch thì hệ thống sẽ phản ứng khác. Vấn đề ở đây chỉ đặc biệt giải quyết được cho RBCN hiện tại. Sẽ xảy ra tính đa nghĩa (đa trị, trạng thái không rõ ràng), khi tính toán cho ra kết quả là một số lượng giới hạn của các lời giải có giá trị như nhau. Sẽ hình thành hiện tượng hiếm có khi tính toán cho ra vô số lời giải. Người lập trình phải lưu ý đến cấu hình đúng (phù hợp) khi thiết lập chương trình robot.

Một hệ tọa độ khác được đưa vào sử dụng trong phương pháp teach (chỉ dẫn thao tác) là **hệ tọa độ tay gắp**. Khi đường thẳng trong không gian phải được điều khiển nằm song song hay thẳng góc với hướng của dụng cụ cũng như của tay gắp, thí dụ đưa một chi tiết vào trong một lỗ khoan nằm nghiêng trong không gian (có nghĩa là trục tâm của lỗ khoan không ăn khớp với trục X, Y hay Z của tọa độ toàn cầu), như vậy hầu như không thể giải quyết vấn đề này trong hệ tọa độ toàn cầu hay hệ tọa độ khớp. Chính ở đây trong phương pháp teach, nhiều trục phải chuyển động cùng một lúc **(Hình 1)**.



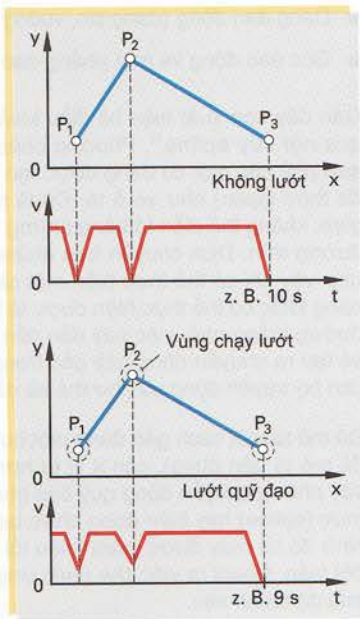
Hình 1: Tọa độ tay gắp

Trong trường hợp này một hệ tọa độ được đặt vào tay gắp (X', Y' và Z' trong **Hình 1)**. Phần lớn người ta sử dụng hệ tọa độ không gian Descartes, trong đó tọa độ gốc trùng với điểm hoạt động của dụng cụ (TCP) và 3 trục tọa độ thẳng góc được bố trí sao cho một trục nằm chính xác vào hướng tay gắp nối dài. Chuyển động vận hành ở phương pháp teach được thực hiện theo hướng của những trục tọa độ này.

Ngược lại với các máy CNC, thí dụ như máy phay CNC, phần lớn cần hệ điều khiển 3D là đủ, ở RBCN thông thường xuất hiện nhiều hơn 3 trục. Điều này đưa đến kết quả là những thông tin tọa độ cho robot thường khó hiểu hơn. Về nguyên tắc, có thể nói rằng việc sử dụng các hệ tọa độ khác nhau như

- Tọa độ toàn cầu
- Tọa độ khớp
- Tọa độ tay gắp

chỉ quan trọng đối với vị trí hoạt động trong phương pháp teach. Dù sao hệ điều khiển cũng luôn luôn cho trị số của trục (góc ở trục quay và đoạn thẳng ở trục tịnh tiến) đến bộ điều chỉnh vị trí. Mỗi một hệ tọa độ đều có ưu điểm của nó khi ứng dụng trong thực tiễn.



Hình 2: Lướt quỹ đạo (đường đi)

Bộ nội suy quỹ đạo riêng cho robot

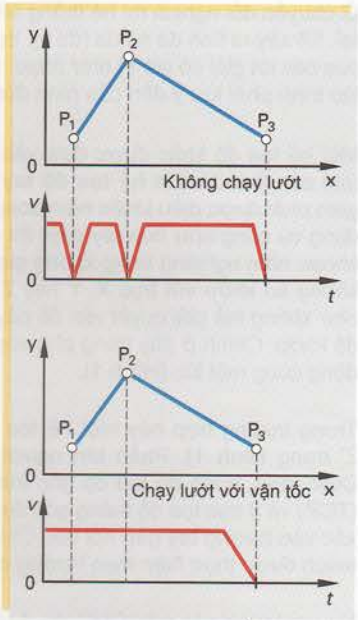
Bên cạnh bộ nội suy "cổ điển" cho đường thẳng và đường tròn, còn có bộ nội suy đặc biệt trong hệ điều khiển robot, thí dụ như trong cách **định vị phỏng chừng** (lướt nhẹ nhàng qua điểm định vị). Ở việc chạy qua những điểm nối tiếp trong không gian theo cách bình thường, mỗi một điểm cho trước đều được chạy qua tọa độ và định hướng một cách chính xác. Đối với việc điều chỉnh vị trí, điều này có nghĩa là vận tốc quỹ đạo ở các điểm luôn luôn bằng không (0) **(Hình 2)**. Thường thì việc này liên quan đến những điểm trung gian (điểm chuyển tiếp) nơi mà không cần đạt đến một cách chính xác; những điểm này được dùng thí dụ như chỉ để chạy tránh một chướng ngại vật. Người ta tất nhiên sẵn sàng chấp nhận từ bỏ độ chính xác để đạt vận tốc nhanh.

Định vị phỏng chừng quỹ đạo (đường đi) cho phép chuyển tiếp liên tục từ một phần quỹ đạo này đi qua phần khác dựa trên vận tốc và định hướng. Nhờ thế mà chuyển động sẽ hài hòa hơn. Thêm vào đó còn tiết kiệm được gần 10-15% thời gian **(Hình 2)**. Qua cách định vị phỏng chừng (lướt) của chuyển động robot, hệ điều khiển không cần phải hãm vận tốc xuống đến khi dừng máy (v = 0 m/s) mà còn có thể thay đổi hướng đi đến điểm tới một cách hài hòa nếu đạt đến bán kính phỏng chừng. Tùy theo nhà sản xuất, bán kính phỏng chừng được định trước qua phần mềm hay có thể lập trình tự do (trong giới hạn kỹ thuật cho phép).

https://tieulun.hopto.org

Một trường hợp lướt khác được ứng dụng thí dụ như khi cần phải thực hiện một mối hàn theo một thiết kế, mối hàn này không chỉ nằm trên một đường thẳng mà còn có nhiều điểm gãy. Cách lướt dường như không thể thực hiện được. Một mặt vì những điểm phụ (điểm trung gian) không được tiếp cận chính xác tùy theo việc chỉnh bán kính phỏng chừng, mặt khác vận tốc quỹ đạo của TCP ở gần điểm phụ sẽ thay đổi, điều này lại tương ứng với việc thay đổi vận tốc dẫn tiến của hàn.

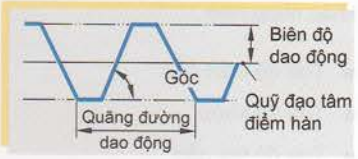
Ở việc **chạy lướt với vận tốc (Hình 1)**, trong trường hợp lý tưởng, robot sẽ chạy với vận tốc không giảm trên quỹ đạo của TCP trong điểm chạy lướt qua điểm được lập trình. Tuy nhiên điều này không phải lúc nào cũng thực hiện được nên vận tốc ở điểm chạy lướt giả định có trị số giữa 0 (định vị chính xác, có nghĩa là không có chạy lướt) và v_{soll} (chạy lướt một cách lý tưởng, không thay đổi vận tốc). Về cơ bản, kết cấu hàn cần phải được thiết kế sao cho việc hàn tự động không gặp vấn đề lớn.



Hình 1: Chạy lướt với vận tốc

Một loại nội suy rất đặc biệt là **dao động** (chuyển động lắc qua lại). Nó có lĩnh vực ứng dụng chính trong hàn theo quỹ đạo. Trong phương pháp này, dụng cụ hàn (đũa hàn) lắc qua lại quanh tâm điểm của quỹ đạo là điều cần thiết. Bộ nội suy đặc biệt làm đơn giản hóa việc thực hiện một chuyển động lắc như thế trong hàn qua các thông tin sau **(Hình 2)**:

- Hành trình dao động và tần số dao động,
- Dạng dao động (dạng sin, vuông góc, tam giác),
- Góc dao động và mặt phẳng dao động



Hình 2: Dao động

Gần đây còn xuất hiện hệ điều khiển robot với việc điều khiển quỹ đạo qua **nội suy spline**[1]. Phương pháp này có ứng dụng, thí dụ như trong sơn phủ các mặt có dạng được tạo bởi những đường cong bất kỳ dạng đa thức (splin) như vè ô tô. Đó là những mặt phẳng cong trong không gian, không thể diễn tả bằng những hàm toán học như đường thẳng hay đường tròn. Dịch chuyển trên những đường cong không gian phức tạp như vậy chỉ có thể thực hiện một cách "phỏng chừng" mà thôi. Một khả năng khác có thể thực hiện được là ta có thể mô tả quỹ đạo với rất nhiều đường thẳng nhỏ, việc này dẫn đến kết quả là tốn nhiều công sức cho phương pháp teach. Mặt khác qua đây sẽ tạo ra chuyển động gãy góc trong khi vẫn tìm cách giữ vận tốc cố định trên quỹ đạo khiến gia tốc nhảy vọt cho bộ truyền động và như thế sẽ dẫn đến tải quá lớn cho các bộ phận chịu mài mòn.

Để mô tả một cách gần đúng một quỹ đạo cong như thế với sự hỗ trợ của đường spline (hàm toán học đặc biệt để mô tả gần đúng), cần ít vị trí hơn so với nội suy đường tròn và nội suy tuyến tính theo truyền thống. Nhờ vậy những chuyển động quỹ đạo phức tạp (thí dụ như bề mặt được tạo bởi những đường cong bất kỳ dạng đa thức (spline) hay biên dạng phức tạp) có thể lập trình được với chi phí thấp đáng kể qua phương pháp teach. Nhờ đó tải máy được giảm thiểu tối đa qua những đoạn chuyển tiếp hài hòa cho quỹ đạo thay vì gia tốc nhảy đột biến. Ngoài ra việc cho phép ứng dụng nội suy của đường spline tạo ra vận tốc quỹ đạo cao hơn mà không mất độ chính xác.

Bài tập:

1. Tính đa nghĩa nào có thể hình thành ở một robot tay gập 6 trục qua việc đưa vào thêm một trục thứ 7 (trục dịch chuyển)?
2. Hãy nhập cho RBCN ở bài tập số 1 ở trên một lần là tọa độ khớp và một lần là tọa độ toàn cầu. Hãy cho biết đơn vị vật lý chính xác.
3. Hãy phác thảo vị trí có tính đa nghĩa flip/no flip ở một robot tay gập 6 trục.
4. Hãy phác họa lược tả (profile) vận tốc của trục x và y của một hệ điều khiển quỹ đạo 2 chiều (2D) trong một đồ thị v-t cho chuyển động của một vòng tròn đầy.

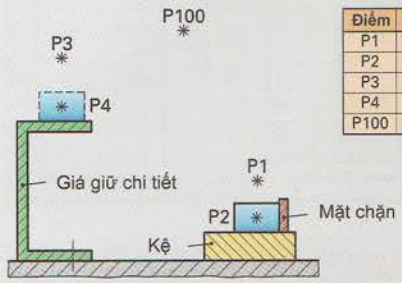
[1] Phép nội suy chia đường cong bất kỳ dạng đa thức (splin) thành những đoạn thẳng ngắn nhờ những điểm tựa (nút)

https://tieulun.hopto.org

7.9.4 Lập trình của RBCN

Tương tự như lập trình của máy công cụ, ở đây nhiệm vụ dịch chuyển cũng như xử lý thao tác phải được phân tách thành từng bước tuần tự và thiết lập thành chương trình cho hệ điều khiển robot hiện thời qua các phương pháp lập trình phù hợp. Việc lập trình của robot có ảnh hưởng chủ yếu đến năng suất của một RBCN. Để giảm thiểu tối đa thời gian lắp đặt cũng như thời gian lắp đặt lại, việc lập trình phải đơn giản, tạo được cái nhìn tổng quát và có thể thực hiện được mà ít tốn kém.

Thí dụ: Một chi tiết cần vận chuyển từ vị trí lưu trữ đến một giá kê (bàn để phôi) và được đặt ở đó.



Điểm	Giải thích
P1	Vị trí khởi đầu Kệ
P2	Vị trí tay gắp Kệ
P3	Vị trí khởi đầu Giá giữ chi tiết
P4	Vị trí đặt chi tiết xuống Giá giữ chi tiết
P100	Điểm rút về

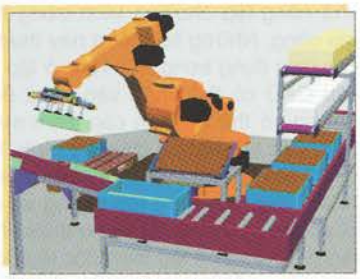
Sơ đồ trình tự chương trình	Chương trình robot
BẮT ĐẦU	Được đưa vào (cầm, gắn) tự động
P1	MOVE P1
Tay nắm mở	GRIPPER 1
P2	MOVE P2
Tay nắm đóng	GRIPPER 0
P1	MOVE P1
P3	MOVE P3
P4	MOVE P4
Tay nắm mở	GRIPPER 1
P3	MOVE P3
P100	MOVE P100
CHẤM DỨT	Được đưa vào (cầm, gắn) tự động

Hình 1: Bài tập lấy ra-đặt vào

Chương trình robot cần phải:

- dễ thiết lập (dễ viết)
- thích nghi một cách đơn giản
- có thể tối ưu hóa dễ dàng
- có thể sửa nhanh và đơn giản

Trong lập trình cho robot, về cơ bản người ta phân biệt hai giai đoạn. Thứ nhất là xác định các điểm (bao gồm cả phương hướng) ở ứng dụng và lưu trữ chúng. Thứ hai là ấn định trong chương trình thực sự quãng đường dịch chuyển, gia tốc và vận tốc giữa các điểm (đường thẳng, đường tròn), lập chương trình con tùy hoàn cảnh cho phép và xây dựng giao tiếp (giao diện) với đơn vị xuất và nhập dữ liệu. Xét về khía cạnh kỹ thuật thông tin, những thông tin về điểm trong chương trình chính là những biến phải được điền vào với các trị số **(Hình 1)**.



Hình 2: Phần mềm mô phỏng

Việc tìm các điểm thường xảy ra trong thực tiễn qua thu thập tọa độ bằng cách dẫn robot thực hiện chuyển động khi gia công (teach) trực tiếp ở nơi sử dụng. Mặt khác các nhà sản xuất robot ngày nay đề nghị có thể cung cấp những phần mềm mô phỏng **(Hình 2)** mà qua sự hỗ trợ của chúng robot có thể được ánh xạ toàn bộ. Ở đây các điểm đã có sẵn qua mô phỏng. Việc mô phỏng có điểm lợi là nhà sản xuất có thể thực hiện những xem xét quan trọng ở sản phẩm trước khi đưa vào vận hành như quan sát va chạm, tìm ra thời gian chu trình (chu kỳ xung nhịp), mô phỏng việc dừng máy (sự cố, hỏng hóc). Tuy nhiên trong thực tiễn RBCN phải được huấn luyện lại khi lắp đặt thật sự.

Một biến thể mà qua đó không những các điểm mà cả các hành trình dịch chuyển với gia tốc và vận tốc được tìm ra trong một bước gia công, đó là **phương pháp play-back** (lập trình qua cách lặp lại quá trình gia công đã được thực hiện bằng tay trước đó, lập trình nhại lại, lập trình bắt chước thao tác, lập trình theo mẫu).

Ở đây RBCN được người điều khiển dẫn dọc theo quỹ đạo cần lập trình trong tình trạng truyền động được ngắt đi. Trong giai đoạn này tất cả các dữ liệu cần thiết cho việc tái hiện quỹ đạo được lưu trữ trong một tín hiệu gốc thời gian (nhịp thời gian). Loại lập trình này có ứng dụng chính trong các robot phủ lớp (tạo màng, tráng men, phun sơn) **(Hình 3)**.

Hình 3: Phương pháp Play-back

https://tieuluan.hopto.org

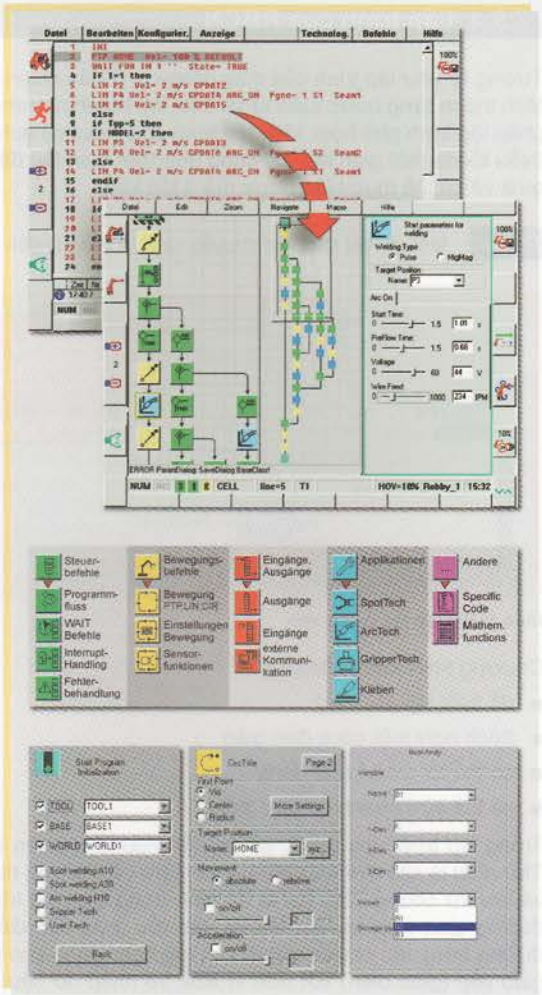
Về cơ bản, việc lập trình thực sự của robot có thể thực hiện dựa vào hai cách sau đây:

- Lập trình online (Lập trình trực tuyến)
- Lập trình offline (Lập trình ngoại tuyến, gián tiếp)

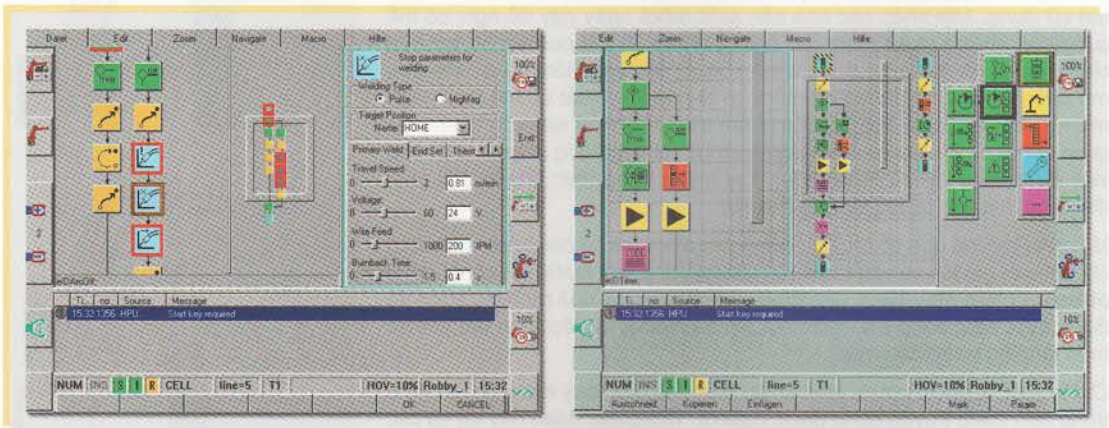
Người ta nói về lập trình trực tuyến khi việc lập chương trình online, được thực hiện trực tiếp trong phương pháp teach.

Ở đây có một vài nhà sản xuất phần mềm chào hàng cung cấp khả năng tương tác bằng đồ họa, được phát triển đến mức người điều khiển không cần phải biết cú pháp đặc biệt về các lệnh của nhà sản xuất cho những cấu trúc chương trình đơn giản. Chương trình **(Hình 1)** được diễn tả qua lưu đồ được tạo thành từ những biểu tượng đã được định nghĩa **(Hình 2)** bằng những đặc tính nhất định (thí dụ lệnh dịch chuyển, kết nối cổng vào/cổng ra). Dĩ nhiên là chương trình có khả năng chuyển đổi giữa các phương thức đồ họa và văn bản.

Việc lập trình trực tuyến có điểm yếu là thiết bị không thể sản xuất trong thời gian lập trình. Vì lý do đó mà người ta có **hệ lập trình ngoại tuyến (offline)** có khả năng lập chương trình trong thời gian chuẩn bị gia công. Những hệ thống này thường mô tả toàn bộ các ứng dụng trong PC. Như ở lập trình với CNC, dữ liệu CAD có thể nhập vào. Qua đó người ta không những có thể ấn định các điểm mà còn có thể thực hiện việc tối ưu hóa chương trình. Những tình huống nhất định, thí dụ như một phần của ứng dụng ngừng hoạt động, sẽ được mô phỏng và chuẩn bị các biện pháp tương ứng (thiết kế dư thừa những lĩnh vực nhất định). Những hệ lập trình độc lập (không lệ thuộc vào nhà sản xuất hay máy móc nhất định) lập ra các mã chương trình chỉ trở thành mã nguồn có thể sử dụng được cho một hệ điều khiển robot nhất định của một nhà sản xuất nhất định khi sử dụng một bộ hậu xử lý tương ứng.



Hình 1: Chương trình robot



Hình 2: Chương trình soạn thảo biểu tượng

https://tieulun.hopto.org

8 Cơ bản kỹ thuật điện

Chúng ta nhận thấy hằng ngày có nhiều hiện tượng xảy ra do điện tích trong nhiều lãnh vực, thí dụ tia chớp khi trời giông bão hay đôi khi một tia lửa điện xuất hiện khi tay ta chạm vào cửa xe hơi.

Để mô phỏng những hiện tượng này, chúng ta làm thí nghiệm như sau:

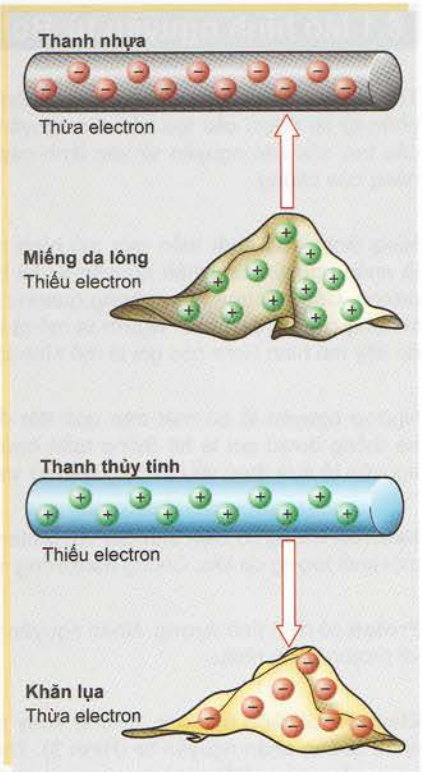
Lấy thanh nhựa chà xát vào miếng da lông (da thú vật có nhiều lông), sau đó từ từ đưa thanh nhựa lại gần miếng da lông.

Quan sát:

Đầu tiên các sợi lông bị thanh nhựa hút.

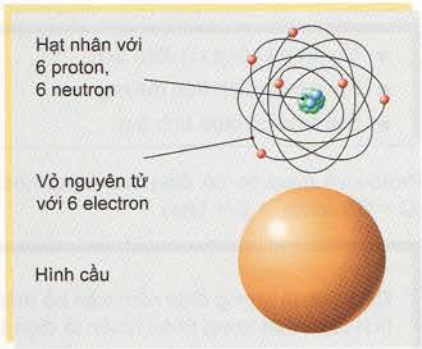
Giải thích (Hình 1):

Trong thời kỳ Hy Lạp cổ, người ta đã cố gắng giải thích hiện tượng này và những hiện tượng tương tự bằng nhiều cách. Vì với giác quan của con người, chúng ta không đủ khả năng nhận biết được những thay đổi ở thanh nhựa và miếng lông dẫn đến lực hút giữa chúng với nhau. Do vậy, trong suốt một thời gian dài, người ta khó giải thích hiện tượng, cho đến khi tìm được cách mô tả qua mô hình (thí dụ mô hình nguyên tử, **Hình 2**).



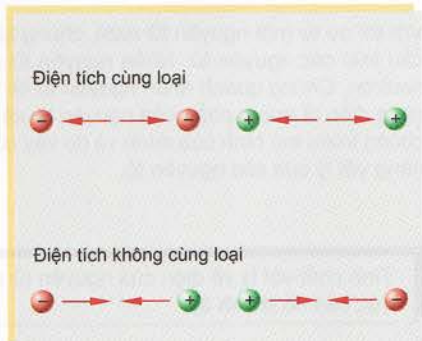
Hình 1: Chà xát hai vật liệu với nhau

- Mô hình diễn tả các hình ảnh của thực tại, các hình ảnh này không nhất thiết phải đúng chính xác hoàn toàn.
- Mô hình cho phép mô tả tính năng của các vật thể, chất liệu và hệ thống.
- Qua các khảo nghiệm khoa học, các mô hình được xác nhận và sửa đổi nếu cần.



Hình 2: Mô hình nguyên tử

Trong thí dụ , mô hình dựa vào giả thiết là có sự hiện diện các hạt mang điện tích với những điện tích trái dấu. Chúng bị tách ra khi ta chà xát thanh nhựa với miếng da lông. Các hạt mang điện tích âm và dương cố lập lại sự cân bằng điện tích của chúng. Tác dụng của **khuynh hướng** cân bằng này được nhận thấy ở các sợi lông trên miếng da lông và thanh nhựa hút nhau. Sau khi thanh nhựa và miếng da lông tiếp xúc một thời gian ngắn, hiện tượng lực hút biến mất. Để khảo sát chính xác hơn các điện tích, chúng ta cần đến một mô hình khác.



Hình 3: Các điện tích

Các điện tích cùng loại đẩy nhau, các điện tích khác loại hút nhau (**Hình 3**).

https://tieulun.hopto.org

8.1 Mô hình nguyên tử Bohr

Tất cả vật chất trên trái đất được tạo thành từ những phân tử, các phân tử lại được cấu tạo bởi các nguyên tử đơn lẻ. Thành phần cấu tạo của các nguyên tử xác định các tính chất vật lý và tính năng của chúng.

Niels Bohr[1)] đã phát triển một mô hình nguyên tử với trung tâm là nhân nguyên tử. Nhân nguyên tử lại bao gồm các neutron và proton. Các electron xoay chung quanh nhân nguyên tử ở những khoảng cách khác nhau. Người ta mô tả những lớp (vỏ) **(Hình 1)**, do vậy mô hình Bohr còn gọi là mô hình lớp.

Những nguyên tố có mặt trên quả đất được sắp xếp trong một hệ thống được gọi là hệ thống tuần hoàn (bảng tuần hoàn) các nguyên tố dựa theo cấu trúc nguyên tử và khối lượng nguyên tử.

Neutron không có điện tích. So với proton và electron, neutron có một khối lượng rất lớn. Chúng nằm trong nhân nguyên tử (**Hình 2**).

Proton có điện tích dương. Nhân nguyên tử thường có số neutron và proton bằng nhau.

Electron có điện tích âm. Chúng xoay trên những lớp vỏ khác nhau quanh nhân nguyên tử (**Hình 3**). Thông thường, số electron bằng số proton. Đối với bên ngoài, nguyên tử trung hòa về điện tích.

- Neutron không có điện tích
- Proton có điện tích dương
- Electron có điện tích âm

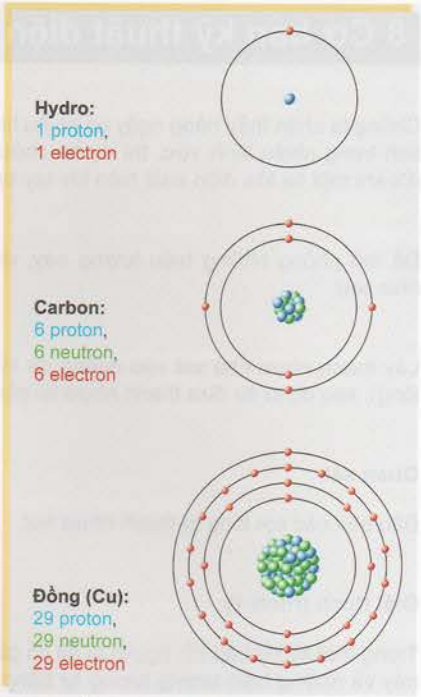
Proton và electron có điện tích bằng nhau $e = \pm 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C (C = Coulomb, 1 C = 1As).

Điện tích là lượng điện nằm trên bề mặt của một vật thể. Điện tích nhỏ nhất trong thiên nhiên là điện tích cơ bản.

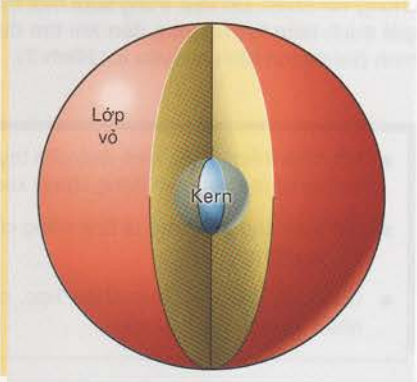
Với thí dụ từ một nguyên tử natri, chúng ta tìm hiểu chính xác hơn cấu trúc các nguyên tử. Nhân nguyên tử natri có 11 proton và 11 neutron. Chung quanh nhân nguyên tử là 11 electron. Nils Bohr có công diễn tả thành phần của nguyên tử và xác định được vị trí của chúng trong mô hình của mình và do vậy có thể giải thích được tính năng vật lý của các nguyên tố.

Tính chất vật lý về điện của nguyên tử được xác định do cấu trúc của nó **(Hình 3)**.

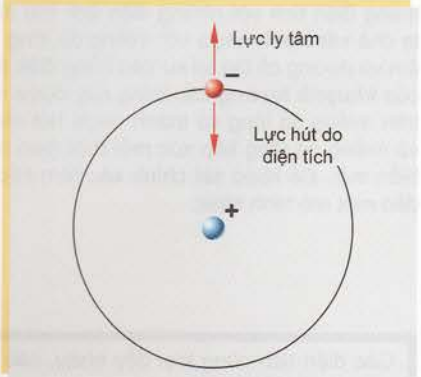
[1)] Nils Bohr: Nhà vật lý Đan Mạch (1885-1962)



Hình 1: Cấu trúc nguyên tử



Hình 2: Mô hình nguyên tử

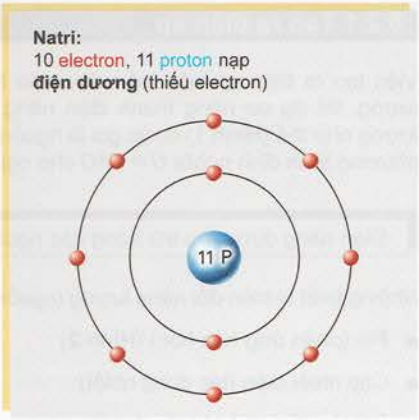


Hình 3: Lực và các điện tích

https://tieuluan.hopto.org

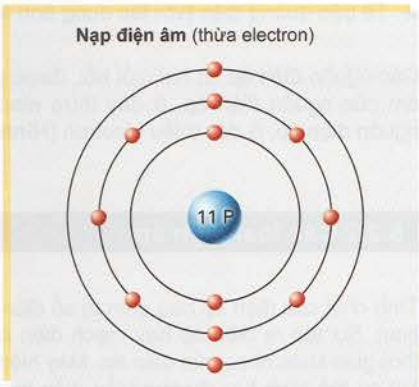
8.2 Sự tách ly điện tích

Khi ta cọ xát miếng da lông với thanh nhựa, các điện tích bị tách ly. Để đơn giản hóa việc mô tả sự tách ly điện tích, chúng ta dùng đến mô hình nguyên tử natri (**Hình 1**). Khi ta lấy mất một electron của natri, điện tích dương sẽ chiếm đa phần (proton). Nguyên tử được nạp điện dương. Ngược lại nếu natri nhận thêm một electron, nó sẽ có nhiều hạt mang điện tích âm hơn dương. Nguyên tử được nạp điện âm (**Hình 2**).



Hình 1: Mô hình nguyên tử natri

Dưới kính hiển vi, một mảnh rất nhỏ của miếng da lông và thanh nhựa hiện ra như hai mặt phẳng đối diện nhau. Trong tình trạng ban đầu, miếng da lông và thanh nhựa trung hòa về điện đối với bên ngoài (**Hình 3**). Bằng cách cọ xát, các electron từ thanh nhựa được truyền qua miếng da lông. Như thế rõ ràng công cơ học được biến thành công tách ly điện tích (**Hình 4**). Khi ta cọ xát càng nhiều, có nghĩa công tách ly điện tích được thực hiện càng nhiều, miếng da lông càng bị thanh nhựa hút mạnh hơn. Từ sự liên hệ này, ta có một định nghĩa đầu tiên về điện áp:



Hình 2: Thừa electron

> Điện áp là số đo cho công tách ly điện tích của từng điện tích.
>
> Điện áp = Sự chênh lệch điện thế (hiệu thế).

Với công thức ta có:

$U = W/Q$

U = Điện áp

W = Công tách ly điện tích

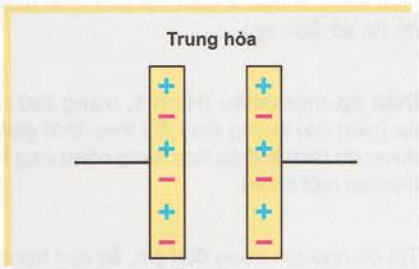
Q = Điện tích (Trường hợp đặc biệt, $Q = -1{,}602 \cdot 10^{-19}$ As được mang ký hiệu e)

Trong trường hợp này, Q diễn tả điện tích cơ bản của một electron ($e = -1{,}602 \cdot 10^{-19}$ As). Cơ năng W trong trường hợp này là sự ma sát ($[W] = \text{Nm} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$). Như vậy ta có đơn vị cho điện áp như sau:

$$[U] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{As}^3}$$

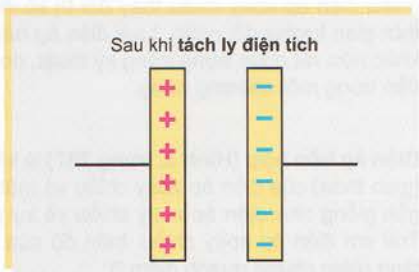
Để tỏ sự trân trọng đối với nhà vật lý người Ý Volta, người ta lấy mẫu tự V làm đơn vị điện áp.

$$[U] = \text{V} \text{ (đọc là Vôn)}$$



Hình 3: Không có tách ly điện tích

Càng cọ xát miếng da lông với thanh nhựa, ta càng làm gia tăng sức hút từ thanh nhựa tác dụng lên miếng da lông. Sức hút lớn hơn chỉ do cố gắng trung hòa lớn hơn của các điện tích đối nghịch tạo nên. Vì ma sát nhiều hơn (công tách ly điện tích) tạo nên điện áp lớn hơn, ta có thêm định nghĩa tiếp theo về điện áp:



Hình 4: Tách ly điện tích

> Điện áp là cố gắng trung hòa của các điện tích đối nghịch.

https://tieulun.hopto.org

8.2.1 Tạo ra điện áp

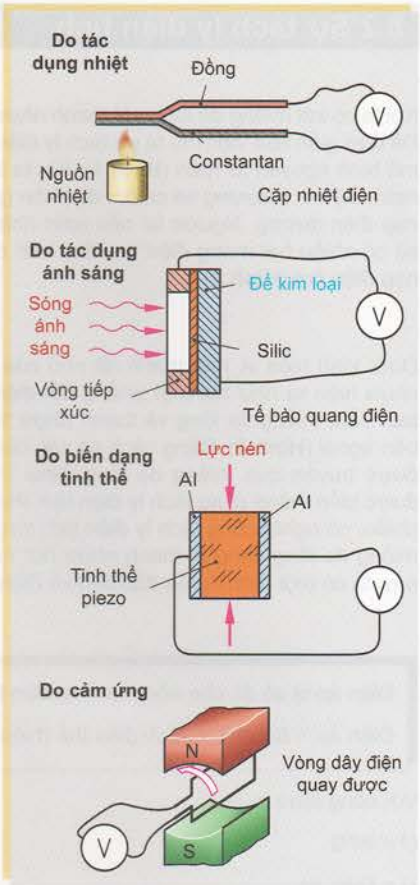
Việc tạo ra điện áp luôn luôn dựa vào hình thức biến đổi năng lượng, thí dụ cơ năng thành điện năng. Thiết bị biến đổi năng lượng như thế (**Hình 1**) được gọi là nguồn điện áp. Chúng ta đã có phương trình định nghĩa $U = W/Q$ cho nguồn điện áp.

Điện năng được lưu trữ trong các nguồn điện áp.

Những thiết bị biến đổi năng lượng (nguồn điện áp) thông thường:

- Pin (phản ứng hóa học) (**Hình 2**)
- Cặp nhiệt điện (tác dụng nhiệt)
- Bật lửa (tinh thể bị biến dạng)
- Cuộn cảm (cảm ứng)
- Tế bào quang điện (với tác dụng ánh sáng)

Các nguồn điện áp có hai mối nối, được gọi là hai cực. Ta có cực âm của nguồn điện áp, ở đây thừa electron và cực dương của nguồn điện áp, ở đây thiếu electron (**Hình 3**).



Hình 1: Một vài loại tách ly điện tích

8.2.2 Các loại điện áp

Tính chất của điện áp bao gồm trị số điện áp và sự phụ thuộc thời gian. Sự tạo ra điện áp hay mạch điện có thể xác định tính chất thời gian khác nhau của điện áp. Máy hiện sóng (*còn gọi dao động ký*) có thể trình bày đường biểu diễn theo thời gian của điện áp. Máy hiện sóng chỉ đo điện áp và được nối song song với tải (điện trở...). Đường biểu diễn điện áp hiển thị trên mặt màn hình máy hiện sóng, ở trục X diễn đạt tính chất thời gian và ở trục Y là biên độ (trị số điện áp).

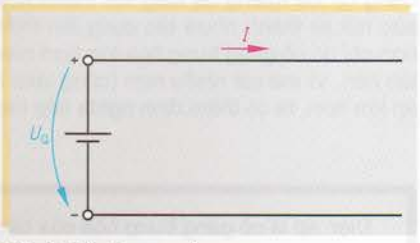
Điện áp một chiều (**Hình 1, trang 287**) là điện áp có trị số điện áp (biên độ) không thay đổi theo thời gian. Các nguồn điện áp có được do tách ly điện tích bằng phản ứng hóa học thường là nguồn điện áp một chiều.

Thí dụ như pin trong đèn pin, ắc quy trong xe hơi.

Điện áp xoay chiều (Hình 2, trang 287), ngược với điện áp một chiều điện áp xoay chiều thay đổi trị số điện áp trong một khoảng thời gian tương đối ngắn. Loại điện áp này còn có nhiều đặc điểm khác nữa rất quan trọng trong kỹ thuật, do vậy chúng sẽ được bàn đến trong một chương riêng.

Điện áp hỗn hợp (Hình 3, trang 287) là kết quả của sự chồng chất (giao thoa) của điện áp xoay chiều và một chiều. Điện áp hỗn hợp gần giống như điện áp xoay chiều về sự phụ thuộc vào thời gian. Trái với điện áp xoay chiều, biên độ của điện áp hỗn hợp không tăng giảm chung quanh điểm 0.

Hình 2: Pin



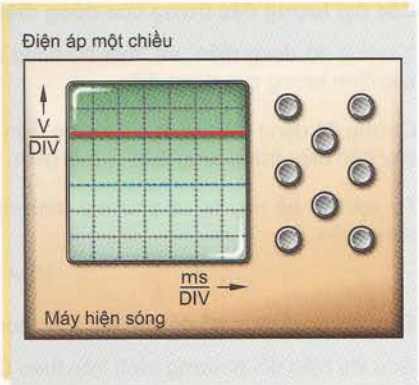
Hình 3: Biểu tượng pin

https://tieulun.hopto.org

8.3 Dòng điện

Dòng điện chuyên chở năng lượng điện. Nếu ta nối một bóng đèn sợi tóc với một cục pin bằng các dây đồng, bóng đèn cháy sáng. Năng lượng tích trữ trong pin rõ ràng được chuyên chở đến bóng đèn qua dây điện và được biến đổi thành ánh sáng.

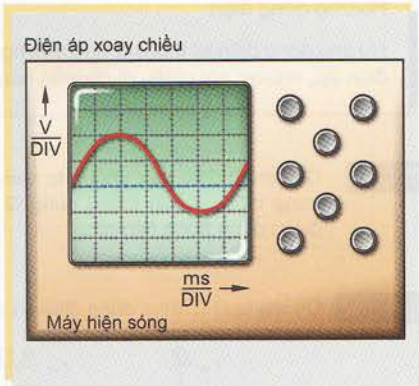
Điện áp có khuynh hướng làm cân bằng các điện tích đối nghịch. Tại nguồn điện áp, ta có một cực thừa electron và một cực thiếu electron. Khi ta nối mạch điện từ nguồn điện áp qua dây điện đến bóng đèn, như thế các electron sẽ dịch chuyển từ một cực của nguồn điện áp qua dây điện (**Hình 4**) và bóng đèn. Một dòng điện chạy qua bóng đèn. Bóng đèn cháy sáng.



Hình 1: Điện áp một chiều

> Dòng điện là sự chuyển động có định hướng của các điện tích.

Các electron được nguồn điện áp đẩy đi từ một cực của nguồn điện áp qua một mạch điện khép kín để đến một cực khác của nguồn điện áp. Mạch điện kín đi từ nguồn điện áp qua dây điện (dây đồng) đến bóng đèn và từ đó qua dây điện lại trở về nguồn điện áp.

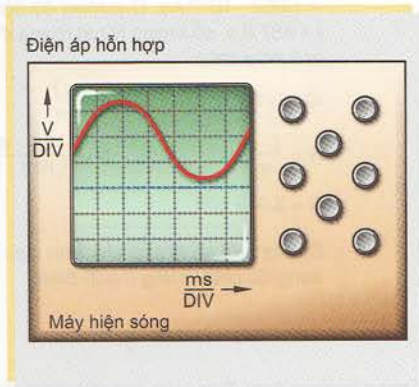


Hình 1: Điện áp xoay chiều

> Dây dẫn điện là những vật liệu chứa những hạt mang điện tích tự do (thí dụ electron).

Electron rời xa khỏi nguồn điện áp thừa electron tới lấp vào chính xác một chỗ trống ở phía nguồn điện áp thiếu electron.

Số lượng hạt mang điện tích (electron) chạy đi và chạy đến nguồn điện áp phải bằng nhau.



Hình 3: Điện áp hỗn hợp

> Dòng điện không "mất đi" và không bị tiêu thụ.

Dòng điện tạo ra sự cân bằng điện tích tại các nguồn điện áp, làm cho điện áp tại các nguồn điện áp giảm đi (**Hình 1, trang 288**). Hiệu ứng này có thể tác dụng ngược lại (tăng điện áp), bằng cách tách ly điện tích trở lại, thí dụ như việc nạp điện (sạc) cho pin. (**Hình 2, trang 288**). Trong một cục pin của đèn pin, ta có sự biến đổi liên tục năng lượng hóa học thành công tách ly điện tích. Đây là một quá trình có giới hạn, cuối cùng là đèn pin sẽ tắt. Từ quan điểm kỹ thuật điện, điện áp của pin (nguồn điện áp) do sự cân bằng điện tích sẽ giảm đi cho đến khi hoặc không còn dòng điện hay chỉ còn dòng điện rất nhỏ chạy trong mạch điện. Đèn pin sẽ cháy sáng rất yếu hay không phát sáng nữa.

Hình 4: Chuyên chở hạt mang điện tích trong dây dẫn điện

https://tieulun.hopto.org

Các đại lượng đặc trưng của dòng điện

"Cường độ dòng điện" và "mật độ dòng điện" có thể mô tả chính xác định lượng của dòng điện.

Cường độ dòng điện *I* tỉ lệ với lượng điện tích Q dịch chuyển trong dây dẫn điện trong từng đơn vị thời gian.

Từ sự liên hệ này ta có phương trình định nghĩa của cường độ dòng điện:

$$I = \frac{Q}{t} \qquad [I] = \frac{\text{As}}{s}$$

Đơn vị của cường độ dòng điện là Ampere[1] $[I] = A$

Sau khi biến đổi phương trình trên theo Q, ta được:

$$Q = I \cdot t$$

Hướng dòng điện:

Hướng dòng điện kỹ thuật từ cực dương đến cực âm của nguồn điện áp, ngược với chiều di chuyển của electron (**Hình 3**).

Thí dụ: Để làm rõ điều này, chúng ta xem xét lượng điện tích chứa trong một cục pin thông dụng Q = 0,133 Ah, cục pin này được dùng trong đèn pin.

Lời giải: Chúng ta cho rằng, dòng điện có cường độ là 1A, ta có:

$$t = \frac{Q}{I} \qquad t = \frac{0{,}13\ \text{Ah}}{1\ \text{A}}$$

$$t = 0{,}13\ \text{h} = 7{,}98\ \text{min} = 487{,}8\ \text{s}$$

Lượng điện tích nhỏ nhất của một hạt mang điện tích là $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ As. Ở cường độ dòng điện 1A trong thời gian $t = 487{,}8$ s, số lượng N hạt mang điện tích dịch chuyển được tính như sau:

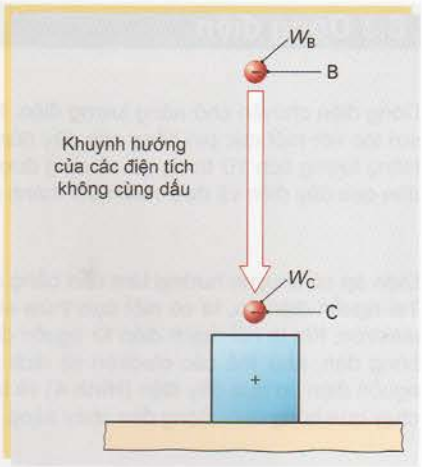
$$Q = I \cdot t \qquad N = \frac{Q}{e}$$

$$N = \frac{I \cdot t}{e} \qquad N = \frac{1\ \text{A} \cdot 487{,}8\ \text{s}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{As}}$$

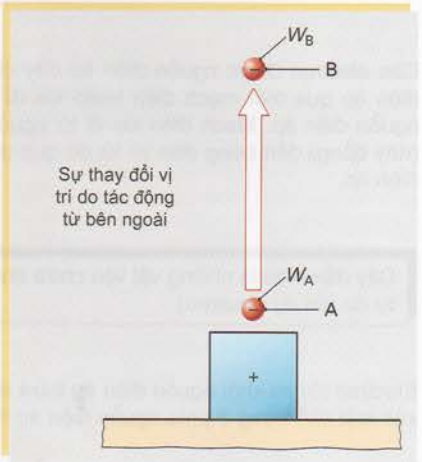
$$N = 3{,}045\ 10^{21}$$

Đây là một số lượng electron cực kỳ lớn đến mức khó hình dung đã chạy trong mạch điện.

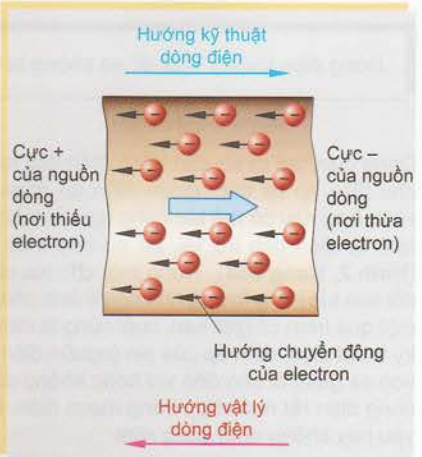
Trong trường hợp đơn giản các electron dịch chuyển từ nguồn điện áp đến bóng đèn và trở lại nguồn điện áp trên các dây kim loại dẫn điện. Các hạt mang điện tích dịch chuyển cùng một lúc trong một dây dẫn điện thực tế phải phân phối đều trên mặt cắt của dây dẫn điện. Sự phân phối này chính là mật độ dòng điện.



Hình 1: Sự cân bằng điện tích



Hình 2: Sự tách ly điện tích



Hình 3: Hướng dòng điện

[1] André Marie Ampère nhà vật lý và toán học người Pháp (1775 - 1836)

https://tieulun.hopto.org

Mật độ dòng điện J là thương số của cường độ dòng điện I trên mặt cắt A của dây dẫn.

Định nghĩa mật độ dòng điện (**Hình 1**):

$$J = \frac{I}{A}$$

Đơn vị của mật độ dòng điện có được từ những đơn vị đã biết:

$$[J] = \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Mật độ dòng điện là nguyên nhân chính làm cho dây điện nóng lên. Sự liên hệ này sẽ dễ hiểu nếu chúng ta hình dung là với sự gia tăng mật độ dòng điện, sự cọ xát của các hạt mang điện tích gia tăng do "thiếu chỗ trống" hơn (**Hình 2**). "Sự cọ xát" làm cho dây điện nóng lên, trường hợp mật độ dòng điện đủ lớn sẽ làm nóng chảy dây điện **(hỏa hoạn!)** (**Bảng 1**).

Trong kỹ thuật, hiệu ứng mật độ dòng điện rất cao được tận dụng trong bóng đèn dây tóc. Dây Wolfram mỏng trong bóng đèn sẽ nóng sáng do mật độ dòng điện cao. Bóng đèn phát sáng.

Thí dụ: Với bóng đèn có công suất là 100 W, mật độ dòng điện trong dây xoắn (**Hình 3**) là bao nhiêu khi đường kính dây wolfram là 24 µm? Cường độ dòng điện trong dây xoắn là 434,78 mA.

Ta có : $d = 24\ \mu\text{m}$

$I = 434{,}78\ \text{mA}$

Tìm: J

Lời giải:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A = \frac{(24\ \mu\text{m})^2 \cdot \pi}{4} = 4{,}524 \cdot 10^{-10}\ \text{m}^2 = 4{,}524 \cdot 10^{-10}\ (1000\ \text{mm})^2$$

$$A = 452{,}4 \cdot 10^{-6}\ \text{mm}^2$$

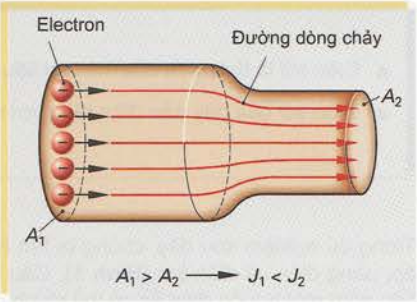
$$J = \frac{I}{A}$$

$$J = \frac{434{,}78\ \text{mA}}{452{,}4 \cdot 10^{-6}\ \text{mm}^2} = 961{,}05\ \frac{A}{\text{mm}^2}$$

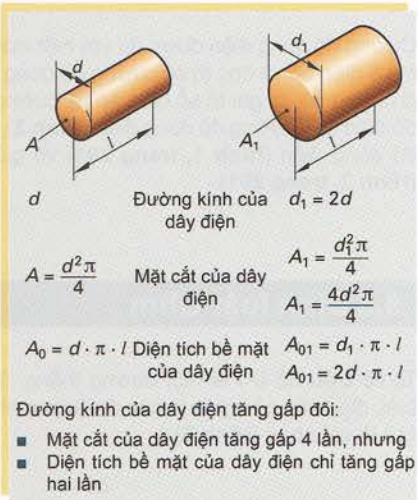
8.4 Điện trở

Dòng hạt mang điện tích bị cản trở ít nhiều khi dịch chuyển trong vật liệu. Sự cản trở này gây ra do sự ma sát giữa các hạt mang điện tích (thí dụ electron) với các nguyên tử của vật liệu (thí dụ dây dẫn điện bằng kim loại). Các electron di chuyển ngoằn ngoèo giữa các nguyên tử của dây dẫn điện, các electron chịu sự cản trở khi dịch chuyển.

Khi gia tăng nhiệt độ vật liệu dây dẫn điện, các nguyên tử của dây dẫn điện sẽ dao động mạnh hơn. Điều này làm cho các hạt mang điện tích bị cản trở mạnh hơn khi dịch chuyển vì càng nhiều va chạm xảy ra hơn.



Hình 1: Mật độ dòng điện



Hình 2: Hình học của dây điện

Hình 3: Dây xoắn trong bóng đèn

Bảng 1: Mật độ dòng điện cho phép (theo VDE 0289 phần 4 trong chương lắp đặt dây cáp)

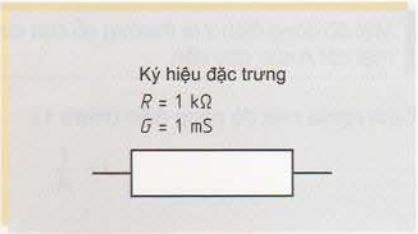
I [A]	A [mm²]	J [A/mm²]
16,5	1,5	11
30	4	7,5
53	10	5,3

https://tieulun.hopto.org

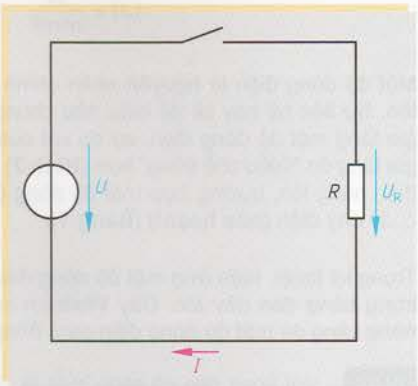
- Điện trở là tính chất của một vật liệu gây cản trở dòng điện.
- Điện trở của dây dẫn điện tăng với nhiệt độ.

Trong thí nghiệm sau đây, chúng ta tìm hiểu sự liên hệ giữa điện áp, dòng điện và điện trở (**Hình 1**). Cấu trúc thí nghiệm (**Hình 2**) bao gồm một nguồn điện áp có thể chỉnh được với $U = 0\ V \ldots 9V$ và một dây điện dài được quấn quanh một ống để làm điện trở.

Cường độ dòng điện được đo với một máy đo dòng điện. Ta chỉnh trị số điện áp và đọc trị số cường độ dòng điện (xem chú ý kỹ thuật đo). Sau đó, ta ghi trị số điện áp và cường độ dòng điện theo giản đồ điện áp - cường độ dòng điện (**Hình 3**), giản đồ điện trở - cường độ dòng điện (**Hình 1, trang 291**) và giản đồ điện trở - điện áp (**Hình 2, trang 291**).



Hình 1: Ký hiệu mạch của điện trở



Hình 2: Dòng điện và điện áp trong mạch điện đơn giản

8.5 Định luật Ohm

Ta có biểu đồ *U-I* là một đường thẳng. Từ toán học chúng ta đã biết, điều này có nghĩa là các đại lượng như dòng điện *I* và điện áp *U* tỉ lệ với nhau (**Hình 3**).

$$U \sim I$$

Ta có thể thay thế ký hiệu tỉ lệ bằng ký hiệu bằng nhau khi đưa vào một hệ số tỉ lệ.

$$U = K \cdot I$$

Hệ số tỉ lệ này chính là điện trở *R*. Đơn vị của điện trở có được từ sự quan sát các đơn vị của điện áp *U* và dòng điện *I*:

$$K = \frac{U}{I}$$

Ta có định luật Ohm:

$$R = \frac{U}{I} \qquad [R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$$

Điện trở *R* là hệ số tỉ lệ giữa điện áp *U* và cường độ dòng điện *I*.

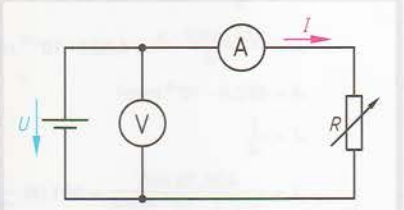
Trân trọng với nhà vật lý Ohm[1], đơn vị của điện trở [*R*] = V/A được ký hiệu với mẫu tự Ω (Omega) (Ω đọc là Ohm).

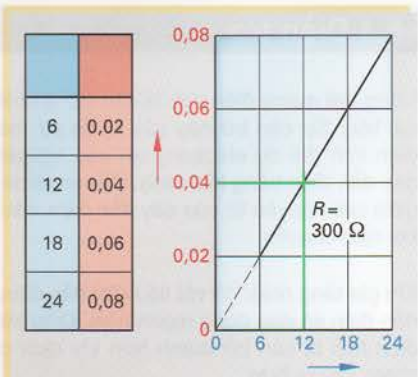
Vật liệu có điện trở nhỏ sẽ ít ngăn cản dòng điện nên có trị số dẫn điện tốt. Trị số dẫn điện là nghịch đảo của điện trở.

Chú ý kỹ thuật đo

Máy đo dòng điện luôn luôn được nối tiếp với tải

Máy đo điện áp luôn luôn được nối song song với tải





Hình 3: Biểu đồ điện áp - dòng điện

[1] Georg Simon Ohm: nhà vật lý người Đức (1787 – 1854)

https://tieulun.hopto.org

Định nghĩa trị số dẫn điện G:

Trị số dẫn điện là nghịch đảo của điện trở

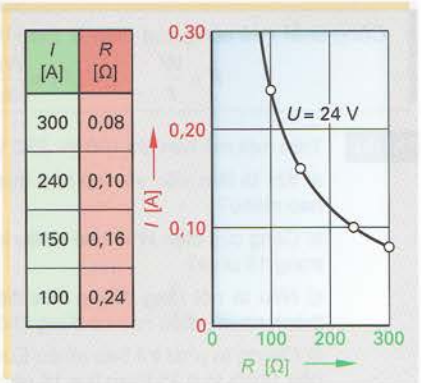
$$G = \frac{1}{R} \qquad G = \frac{I}{U}$$

$$[G] = \frac{1}{\Omega} \qquad [G] = \frac{A}{V}$$

$[G] = S$ (S đọc là Siemens[1])

Ta có ký hiệu đơn vị đơn giản là S.

I [A]	R [Ω]
300	0,08
240	0,10
150	0,16
100	0,24



Hình 1: Dòng điện phụ thuộc điện trở

8.6 Công của điện và công suất điện

Theo các bước suy luận ở trên, chúng ta đã có sự liên hệ giữa điện áp U và lượng điện tích Q:

$$U = \frac{W}{Q}$$

Đổi vế công thức trên theo công của điện W, ta có:

$$\text{I.} \quad W = U \cdot Q.$$

Như ta đã biết, lượng điện tích tỉ lệ với dòng điện I và thời gian t:

$$\text{II.} \quad Q = I \cdot t$$

Ta được công thức công của điện W sau khi thay thế Q trong phương trình II. vào phương trình I.:

$W = U \cdot I \cdot t$ $\qquad [W] = A \cdot V \cdot s = Ws$

W đọc là Watt [2]

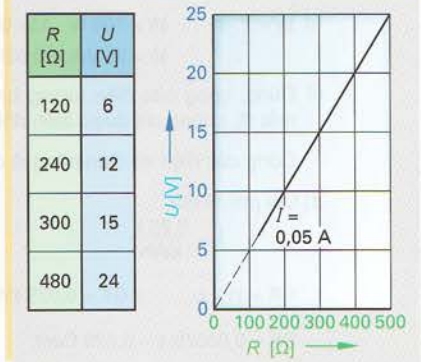
Công của điện gia tăng theo thời gian, điện áp và cường độ dòng điện.

Trong các hóa đơn tiền điện của các công ty điện lực xuất cho các hộ gia đình và xí nghiệp, đơn vị được sử dụng là kWh (kiloWatt giờ):

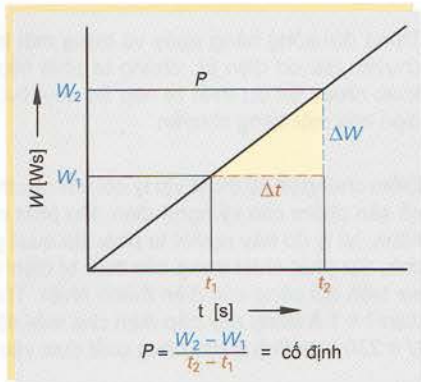
$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Ws}$$

Tương tự như công cơ học và công suất cơ học, công của điện và công suất điện chỉ khác nhau với hệ số thời gian. Chúng ta đều biết rằng để rút ngắn thời gian giải quyết một vấn đề, ta phải gia tăng sự cố gắng. Công suất tỉ lệ nghịch với thời gian (**Hình 3**).

R [Ω]	U [V]
120	6
240	12
300	15
480	24



Hình 2: Điện áp phụ thuộc điện trở



Hình 3: Công suất điện

Bài tập:

Bạn hãy tính dòng điện I trong mạch **Hình 2, trang 290**

Cho biết: $U = 9V$ $\quad R = 300\ \Omega$

Bạn hãy thẩm tra lại kết quả với **Bảng 1, trang 290.**

[1] Werner v. Siemens: Nhà phát minh người Đức (1816-1892)
[2] James Watt: Nhà phát minh người Anh (1736-1819)

https://tieulun.hopto.org

Công suất P là công của điện W theo thời gian t.

$$P = \frac{W}{t} \qquad [P] = \frac{Ws}{s} = W$$

Thí dụ: Trên một mỏ hàn ghi 100 W, 230 V (**Hình 1**).

a/ Khi ta làm việc với mỏ hàn qua lưới điện, dòng điện I là bao nhiêu?

b/ Công của điện W là bao nhiêu khi mỏ hàn được vận hành trong 15 phút?

c/ Nếu ta nói rằng "Công của điện bằng năng lượng biến thành nhiệt", điều này có đúng không?

d/ Chúng ta phải trả bao nhiêu Euro cho nhà phân phối điện nếu 1kWh là 0,25 Euro (t = 15 phút).

Lời giải:

a) $I = \frac{P}{U}$ $\qquad I = \frac{100\ W}{230\ V} = 0{,}435\ A$

b) $W = P \cdot t$ $\qquad W = 100\ W \cdot 15 \cdot 60\ s = 90\ kWs$

$W = 25\ Wh = 0{,}025\ kWh$

c) Đúng, công của điện tương tự như công cơ học không mất đi, chúng chỉ được biến đổi.

Công của điện và điện năng là các khái niệm đồng nghĩa.

d) Chi phí 1kWh

$k = \frac{0{,}25\ €}{kWh}$

Chi phí tổng cộng

GK = ?:

$GK = W \cdot k$ $\qquad GK = 0{,}025\ kWh \cdot \frac{0{,}25\ €}{kWh}$

$GK = 0{,}00625\ € = 0{,}625\ Cent$

8.7 Hiệu suất

Trong đời sống hàng ngày và trong môi trường làm việc của một chuyên gia cơ điện tử, chúng ta phải tiếp xúc nhiều thiết bị điện khác nhau, thí dụ thiết bị nạp ắc quy, tivi, máy tính hay động cơ điện của một băng chuyền.

Điểm chung về kỹ thuật vật lý đối với các thiết bị điện này là gì? Tất cả sản phẩm của kỹ nghệ điện đều phát nhiệt trong thời gian vận hành. Vì lý do này người ta phải lắp quạt gió làm nguội trong máy tính. Sự phát nhiệt trong các thiết bị điện và điện tử hầu hết là do sự biến đổi công của điện thành nhiệt. Thí dụ với cường độ dòng điện I = 1 A trong dây cấp điện cho một động cơ điện, với điện áp U = 230 V ta tính được công suất đưa vào động cơ điện:

$$P = U \cdot I \qquad P = 230\ V \cdot 1\ A = 230\ W$$

Công suất đưa vào động cơ điện P_{zu} = = 230 W bị biến đổi một phần thành công suất tiêu hao P_V (nhiệt, ma sát cơ học...) (**Hình 2**). Công suất hữu dụng P_{ab} đo được tại trục động cơ điện được tính:

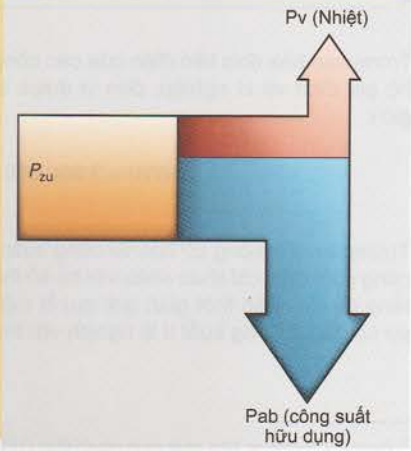
$$P_{ab} = P_{zu} - P_V$$

Công suất này luôn nhỏ hơn công suất đưa vào động cơ điện.

Hình 1: Dụng cụ tiêu thụ điện

Bảng 1: Thí dụ các dụng cụ tiêu thụ điện

Tên thiết bị	Công suất (W)
Mỏ hàn	ca. 20 – 1200
Động cơ điện (cưa máy)	ca. 2 000 – 10 000
Bếp điện	ca. 1 000 – 2 000
Máy khoan	ca. 300 – 2 000
Bóng đèn dây tóc	ca. 10 – 500
Máy tính	ca. 60 – 300
Máy hàn	ca. 1000 – 10 000
Bàn tiện	ca. 2000 – 15 000
Động cơ điện (xe hơi)	ca. 25 000 – 50 000
Súng keo nóng chảy	ca. 110 – 1500



Hình 2: Thành phần công suất

https://tieulun.hopto.org

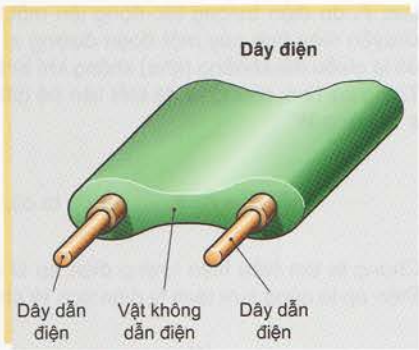
Hiệu suất η mô tả tỉ lệ giữa công suất hữu dụng và công suất đưa vào.

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \qquad [\eta] = 1 \text{ (đọc là eta)}$$

Công suất tiêu hao càng nhỏ, hiệu suất càng tốt. Hiệu suất luôn nhỏ hơn 1.

8.8 Điện trường

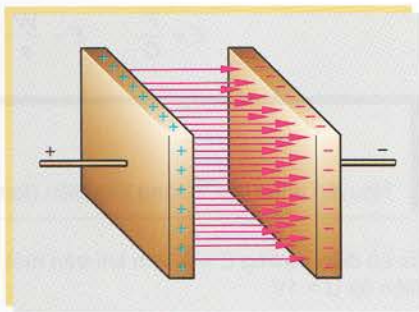
Điện trường là hiện tượng điện xảy ra với sự bố trí vật dẫn điện và vật không dẫn điện (**Hình 1**).



Hình 1: Dây điện

Vật không dẫn điện là những vật liệu có điện trở R rất lớn. Thí dụ như không khí, chất dẻo, gỗ, giấy...

Bố trí dạng "Sandwich – bánh mì kẹp" (**Hình 2**) còn được gọi là cấu trúc tụ điện. Hình này diễn tả mô hình một điện trường giữa hai tấm dẫn điện phẳng.



Hình 2: Cấu trúc tụ điện

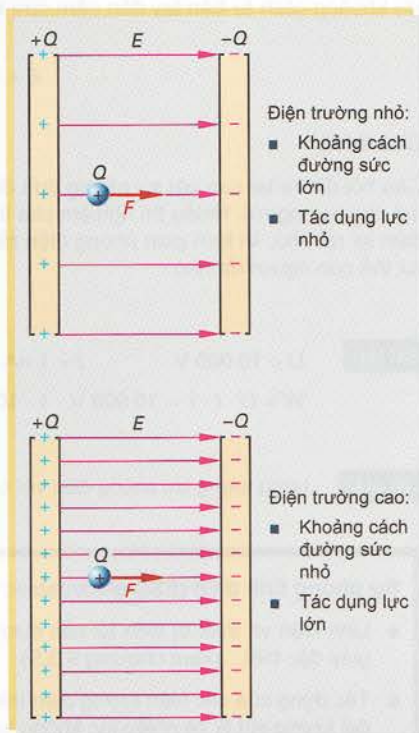
Trường là một không gian mà trong đó mỗi điểm tương ứng trị số của một đại lượng vật lý, thí dụ trường nhiệt độ của một căn phòng, trường hấp dẫn của trái đất...

Con người chỉ nhận biết được hiện tượng điện trường và tác dụng của nó một cách gián tiếp. Một hiện tượng đơn giản và ai cũng biết đó là sự phóng tĩnh điện khi ta sờ vào tay nắm cửa. Đó là cảm giác khó chịu nhưng không gây hại.

Chúng ta giải thích hiện tượng này như thế nào?

Sự cọ xát của giày với tấm thảm trên sàn nhà tạo nên sự tách ly điện tích làm phát sinh điện áp. Chúng ta có thể hình dung bàn tay và nắm cửa là hai tấm dẫn điện phẳng nằm đối diện. Trong trường hợp này không khí là vật không dẫn điện.

Sự tách ly điện tích tạo nên sự khác biệt điện tích (khác biệt điện thế) giữa bàn tay và nắm cửa kim loại. Điện áp tác dụng chung với bàn tay (vật dẫn điện) – không khí (vật không dẫn điện) – nắm cửa (vật dẫn điện) một điện trường. Ta nhận thấy tác dụng điện trường này khi các hạt mang điện tích Q được lực F từ điện trường mang từ bàn tay đến nắm cửa. Chúng ta cảm nhận như có "tia lửa điện".



Hình 3: Điện trường

Lực từ điện trường dựa vào lượng điện tích Q tăng theo tỉ lệ thuận với điện trường (**Hình 3**).

$$E = \frac{F}{Q}$$

https://tieulun.hopto.org

Lực F, do điện trường tác động lên một điện tích Q, làm dịch chuyển điện tích này một đoạn đường s. Trong thí dụ đã nêu, đó là chiều dài khoảng (khe) không khí từ bàn tay đến nắm cửa. Trong cơ học, chúng ta đã biết liên hệ giữa lực F, đoạn đường s và công W:

$$W = F \cdot s \qquad \text{từ đó ta có:} \qquad F = \frac{W}{s}$$

Chúng ta tìm hiểu hiện tượng điện áp U và công thức của nó. Điện áp là công làm tách ly điện tích W cho từng điện tích Q:

$$U = \frac{W}{Q} \qquad \text{từ đó ta có:} \qquad Q = \frac{W}{U}$$

Bây giờ chúng ta có thể đưa vào công thức đã biết:

$$E = \frac{F}{Q} \qquad E = \frac{W}{s} \cdot \frac{U}{W}$$

Bài tập: Bạn hãy tính điện trường khi trên một điện tích thử nghiệm tác dụng một lực F = 0,528 pN?

Lời giải:

$Q = e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ As

$F = 0{,}528$ pN

$E, [E]$

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{0{,}528 \cdot 10^{(-12)}\ \text{kgm}}{\text{s}^2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{(-19)}\ \text{As}}$$

$$E = 3{,}29\ 10^6\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{As}^3}$$

$$E = 3{,}29\ 10^6\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{As}^3}$$

$$E = 3{,}3\ \text{M}\ \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$E = \frac{U}{s} \qquad [E] = \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Nguyên nhân của trường tĩnh điện (tạm thời, cố định) là điện áp U.

Ta có điện trường E = 1 V/m khi trên một đoạn cách điện (vật liệu cách điện = vật liệu không dẫn điện) 1m có điện áp U = 1V.

So sánh:

Giả thiết trong thí dụ của chúng ta, có một điện áp U ≈ 10 000 V từ bàn tay đến nắm cửa. Tia lửa điện xuất hiện khi khoảng cách từ bàn tay đến nắm cửa khoảng 10 mm. Cường độ điện trường được tính như sau:

$$E = \frac{U}{s} = \frac{10\,000\ \text{V}}{10 \cdot 10^{-3}\ \text{m}} = \frac{1\,000\,000\ \text{V}}{\text{m}}$$

Chú thích:

Câu hỏi đặt ra tại sao với sự phóng tĩnh điện phát ra từ cường độ điện trường rất lớn nhưng có thể không gây hại cho con người. Nhiều thí nghiệm cho thấy với sự phóng điện như trên kèm theo điện áp rất lớn nhưng dòng điện lại rất nhỏ. Vì thời gian phóng điện rất ngắn, ta có thể tính năng lượng biến đổi. Năng lượng tác dụng lên cơ thể con người rất nhỏ.

Bài tập: $U = 10\,000$ V $\quad I = 1$ nA $\quad t = 0{,}1$ s

$W = U \cdot I \cdot t = 10\,000\ \text{V} \cdot 1 \cdot 10^{-9}\ \text{A} \cdot 0{,}1\ \text{s} = 1\ \mu\text{Ws}$

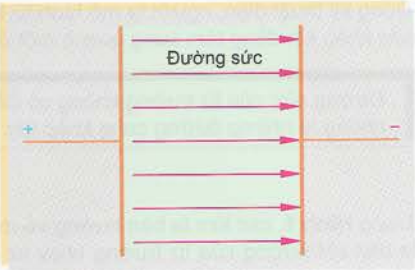
Lời giải: Năng lượng khi phóng điện với U = 10.000 V trong 0,1 s chỉ có 1 µWs.

Sự phóng tĩnh điện (ESD electrostatic discharge)

- Linh kiện và thiết bị điện tử cần được bảo vệ tránh hư hỏng với băng bảo vệ phóng điện do tĩnh điện, giày đặc biệt...(xem chương 9.3.9)
- Tác dụng của các hiện tượng điện trên cơ thể con người luôn tùy thuộc vào các đại lượng điện cũng như đại lượng vật lý và nhiều lúc không lường trước được. Trường hợp xấu nhất có thể dẫn đến tử vong.

https://tieulun.hopto.org

Chúng ta xem xét một lần nữa hai mặt dẫn điện phẳng ngăn cách bởi một vật không dẫn điện, thí dụ không khí (**Hình 1**). Khi trên một cực (mặt dẫn điện mang điện âm) được nạp electron, ở điện cực kia (mặt dẫn điện mang điện dương) sẽ có cùng một số electron bị lấy đi. **Thông lượng điện tích dịch chuyển (độ cảm ứng điện)** trong vật không dẫn điện nằm giữa hai mặt dẫn điện tỉ lệ với lượng điện tích Q trên các điện cực (dẫn điện).



Hình 1: Trường hợp đặc biệt từ trường đồng nhất

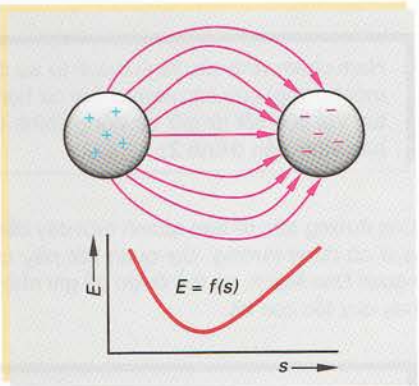
Diện tích điện cực càng nhỏ, mật độ điện tích với cùng thông lượng điện dịch càng lớn. Ta có định nghĩa mật độ thông lượng điện dịch:

$$D = \frac{Q}{A} \qquad [D] = 1\,\frac{\text{As}}{\text{m}^2}$$

Vật không dẫn điện khác nhau, như vật liệu cách điện giữa vật dẫn điện, tạo ảnh hưởng khác nhau đến độ lớn của điện trường.

Để mô tả sự liên hệ này, chúng ta khảo sát tỷ số của mật độ thông lượng điện dịch đối với cường độ điện trường. **Hình 2** trình bày đường biểu diễn của cường độ điện trường và đó cũng là đường biểu diễn của thông lượng điện dịch giữa hai vật dẫn điện. Người ta đặt tên thương số này bằng mẫu tự Hy Lạp ε (epsilon):

$$\varepsilon = \frac{D}{E} \qquad [\varepsilon] = \frac{\text{As}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{V}} \qquad = \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$



Hình 2: Đường biểu diễn cường độ từ trường

Ta có hằng số điện môi ε theo định luật:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

Hằng số điện môi gồm có thành phần tuyệt đối ε_0 và thành phần tương đối phụ thuộc vật liệu ε_r.

$$\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}\,\frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

Hằng số điện môi tương đối không có đơn vị, nó là hệ số (xem Cẩm nang kỹ thuật).

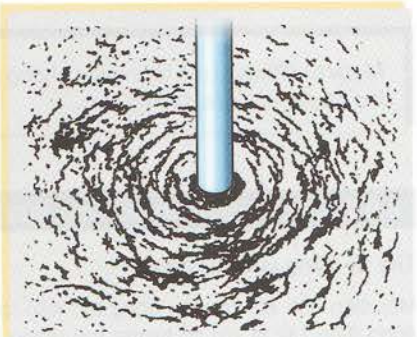
8.9 Từ trường

Cũng như điện trường, từ trường chỉ có thể nhìn thấy gián tiếp. Từ trường tác dụng trên các vật thể hay vật liệu nhất định không cần thông qua vật chất. Ta có thể thấy tác dụng lực này với kim nam châm hay thiết bị nâng như cần cẩu nam châm (**Hình 3**). Trong kỹ thuật điện, người ta dùng một hiện tượng vật lý để tạo ra từ trường:

Hình 3: Cần cẩu nam châm

Các dòng điện, tức là các điện tích dịch chuyển, tạo nên từ trường xung quanh chúng.

Các vụn sắt xếp hình tròn bao quanh một đường dẫn điện biểu hiện các đường sức từ (**Hình 4**).

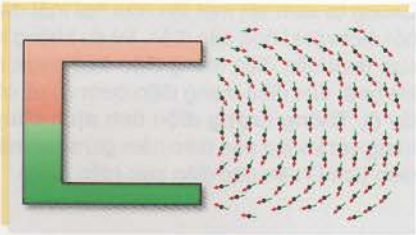

Hình 4: Hình vòng tròn vụn sắt xung quanh một dây dẫn điện

https://tieulun.hopto.org

Trong kỹ thuật điện, người ta mô hình từ trường với những đường sức khép kín đồng tâm xung quanh một dây dẫn điện.

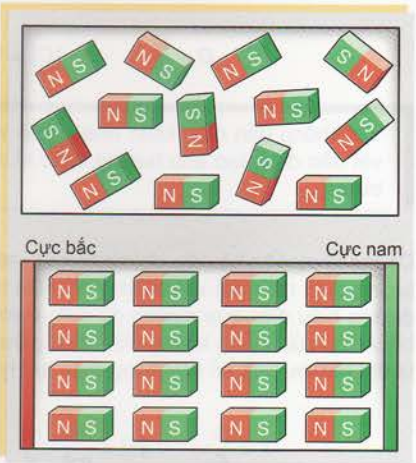
Đường sức của từ trường không có điểm đầu hay điểm cuối, chúng là những đường cong khép kín.

Trong **Hình 1**, các kim la bàn hướng về một hướng nhất định. Kim la bàn chỉ hướng của từ trường chạy từ cực bắc (đánh dấu màu đỏ) đến cực nam. Mô hình vật lý của một nam châm vĩnh cửu phát xuất từ rất nhiều nam châm cơ bản đồng chỉnh về một hướng.



Hình 1: Chỉnh cùng một hướng của các kim nam châm

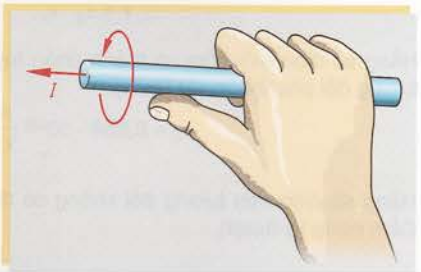
Nam châm vĩnh cửu hình thành từ sự đồng chỉnh (chỉnh cùng một hướng) của các nam châm cơ bản bên trong vật liệu sắt từ. Vật liệu sắt từ giữ sự đồng chỉnh của các nam châm cơ bản vĩnh viễn (**Hình 2**).



Hình 2: Chỉnh cùng một hướng của các nam châm cơ bản

Các đường sức từ bao quanh một dây dẫn điện có dòng điện chạy qua có cùng hướng. Sự quan sát này của Oersted[1)], nhà vật lý người Đan Mạch, có thể được dễ ghi nhớ với quy tắc bàn tay phải hay quy tắc con vít:

Khi ta nắm một dây điện có dòng điện chạy qua bằng bàn tay phải sao cho ngón cái hướng về chiều dòng điện, các ngón tay cong theo hướng các đường sức từ (**Hình 3**).

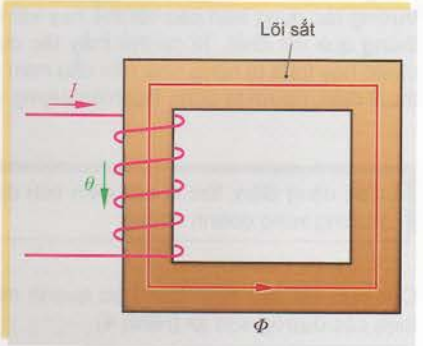


Hình 3: Hướng dòng điện và chiều quay của đường sức từ

8.9.1 Mạch từ

Dây điện có dòng điện chạy qua tạo quanh nó một từ trường, trong kỹ thuật người ta ứng dụng hiện tượng này với cuộn cảm. Cấu trúc của cuộn cảm là một dây điện cách điện quấn quanh một lõi sắt. Vì các vòng dây dẫn điện song song với nhau cho nên các đường sức từ chạy theo cùng một hướng (**Hình 4**).

Mạch từ (**Hình 4**) mô tả khoảng không gian định trước cho sự lan truyền của các đường sức.



Hình 4: Mạch từ

8.9.2 Các đại lượng cơ bản của từ trường

Thế từ động (sức từ động)

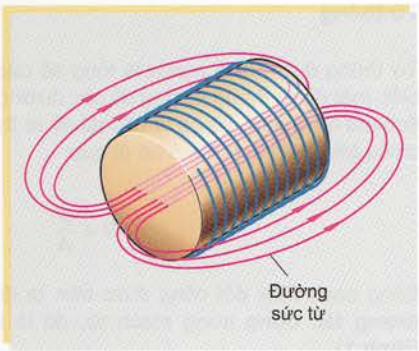
Mỗi điện tích khi chuyển động tạo nên một từ trường. Cường độ dòng điện I tỷ lệ với số lượng hạt mang điện tích e^- trong đơn vị thời gian.

[1)] Hans Christian Oersted: Nhà vật lý Đan Mạch (1777-1851)

https://tieulun.hopto.org

Từ trường toàn bộ gia tăng theo tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện và số vòng dây điện N nằm song song trên thân cuộn dây (**Hình 1**). Tích số của cường độ dòng điện và số vòng N của cuộn cảm được gọi là thế từ động (?) với ký hiệu công thức Θ (đọc là theta).

$$\Theta = I \cdot N \qquad [\Theta] = \text{A}$$



Hình 1 : Đường sức từ của một cuộn cảm (tự khép kín)

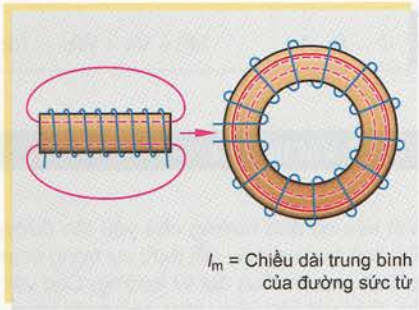
Cường độ từ trường

Cường độ từ trường chỉ là một đại lượng dùng để tính toán, nó không không có tác dụng vật lý. Người ta còn gọi cường độ từ trường là sự kích thích từ. Nó được dùng để tính toán từ trường trong trong cuộn dây và những linh kiện khác.

Cường độ từ trường H tương ứng thế từ động quy chiếu trên chiều dài trung bình l_m:

$$l_m: \; H = \frac{\Theta}{l_m}$$

$$[H] = \frac{\text{A}}{\text{m}}$$



Hình 2: Chiều dài trung bình của đường sức từ

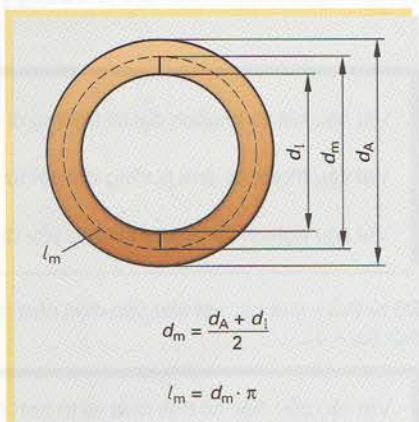
Mật độ từ thông và từ thẩm

Diện tích tiết diện của một cuộn dây là diện tích mà đường sức từ đi xuyên qua. Càng có nhiều đường sức đi qua mặt cắt, mật độ đường sức càng cao. Mật độ từ thông gia tăng tỷ lệ với thế từ động. Bây giờ chúng ta xem xét vật liệu lõi của cuộn cảm mà các đường sức từ đi xuyên qua ảnh hưởng như thế nào đối với mật độ từ thông. Trong sự liên hệ này, chúng ta nói đến sự xuyên thấu của từ (độ từ thẩm) μ của vật liệu. Độ từ thẩm của chân không là một hằng số:

$$\mu_0 = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

Từ thẩm tương đối μ_r là một hệ số mô tả sự xuyên thấu từ của một vật liệu tốt hơn bao nhiêu lần so với với chân không. Thông thường độ từ thẩm μ là tích số của độ từ thẩm tương đối μ_r và độ từ thẩm tuyệt đối μ_o:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$



Hình 3: Tính toán chiều dài trung bình của đường sức từ

Mật độ từ thông thay đổi tùy thuộc theo cường độ từ trường và sự xuyên thấu từ của vật liệu:

$$B = \mu \cdot H \qquad [B] = \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = 1\,\text{T}$$ (T đọc là Tesla[1])

Bảng 1: Từ thẩm tương đối

Vật liệu	μ_r
Không khí	1,0000004
Đồng	0,99999
Lá thép trong biến áp	8000

[1] Nicola Tesla (1856-1943), nhà vật lý người Croatia

https://tieulun.hopto.org

Từ thông

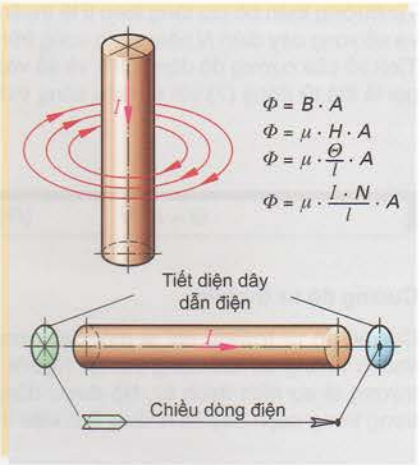
Từ thông được định nghĩa là tổng số các đường sức. Như ta đã biết, mật độ từ thông là tổng số các đường sức quy chiếu trên diện tích mà nó đi qua. Từ đó ta có mật độ từ thông phải là từ thông quy chiếu trên diện tích A mà nó đi qua:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

Bằng cách thay đổi công thức trên ta được sự liên hệ cho **đại lượng tác dụng** trong mạch từ, đó là từ thông Φ (đọc là phi) (**Hình 1**).

Từ thông là toàn bộ đường sức trong một mạch từ. Nó là đại lượng tác dụng trong mạch từ.

$\Phi = B \cdot A$ $[\Phi] = \text{Vs} = \text{Wb}$ (đọc là Weber[1])



Hình 1: Công thức liên hệ các đại lượng từ

8.9.3 Vật liệu từ

Vật liệu có ảnh hưởng chủ yếu lên đường đi của đường sức từ. Độ ảnh hưởng thay đổi thực sự trong phạm vi rất rộng. Sắt, nickel, cobalt làm khuếch đại từ trường. Các vật liệu này được gọi là **sắt từ.** Các vật liệu khác như nhôm chỉ khuếch đại từ trường rất nhỏ, vật liệu loại này có **tính thuận từ.** Vật liệu **nghịch từ** như như đồng, làm phân tán từ trường qua nó, như thế so với chân không vật liệu nghịch từ còn làm cho từ trường yếu hơn.

Vật liệu sắt từ khuếch đại từ trường đi qua nó $\mu_r >> 1$

Vật liệu thuận từ ảnh hưởng đối với từ trường rất nhỏ $\mu_r > 1$

Vật liệu nghịch từ làm từ trường yếu đi $\mu_r < 1$ (**Bảng 1**)

Độ từ thẩm của các vật liệu dẫn điện như nhôm hay đồng gần bằng một ($\mu_r = 1$).

Vật liệu dẫn điện có tính chất về từ tính rất giống như không khí.

Chỉ vật liệu sắt từ mới có tính thẩm thấu từ rất lớn. Do vậy các vật liệu này đặc biệt quan trọng trong các ứng dụng kỹ thuật cần có một từ thông lớn. Các vật liệu sắt từ cho phép ép từ thông chạy theo các cấu trúc thiết kế. Người ta tận dụng tính chất sắt từ này để thiết kế, thí dụ các máy phát điện, biến áp và các động cơ điện.

Thí dụ: Ta có một cuộn dây lõi không khí, tiết diện $A = 10\ \text{cm}^2$, chiều dài trung bình của đường sức từ là 25 cm, cuộn dây có 1000 vòng và có dòng điện $I = 1\ \text{A}$ chạy qua.
Bạn hãy tính cường độ từ trường, mật độ từ thông và từ thông?

Lời giải: Cho: $A = 10\ \text{cm}^2$, $l_m = 25\ \text{cm}$, $N = 10\,000$, $I = 1\ \text{A}$

Tính: H, B, Φ

$$H = \frac{I \cdot N}{l_m} = \frac{1\ \text{A} \cdot 10000}{25\ \text{cm}} = 400\ \frac{\text{A}}{\text{cm}}$$

$$= 40\,000\ \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$B = \mu_0 \cdot H = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 40\,000\ \frac{\text{A}}{\text{m}} = 0{,}05\ \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$\Phi = B \cdot A = 0{,}05\ \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 25 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2$$

$$= 1{,}25 \cdot 10^{-4}\ \text{Vs}$$

Bảng 1: Phân loại vật liệu (Trích)

Sắt từ	Thuận từ	Nghịch từ
Fe, Co, Ni, Ferrite	Al, Mn, Cr, W	Cu, Zn, Ag, Nước
5 ... 9 · 10³	ca. 1,0001 – 1,001	ca. 0,9999

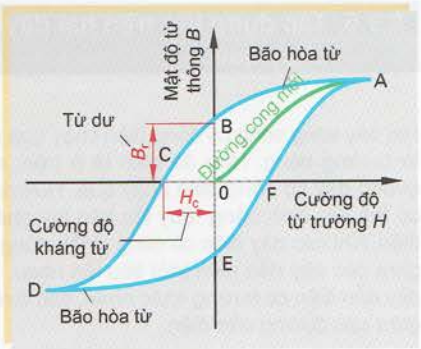
Vật liệu sắt từ được dùng để tạo nên những mạch từ.

[1] Wilhelm Eduard Weber: Nhà vật lý người Đức (1804-1891)

https://tieulun.hopto.org

8.9.4 Từ hóa vật liệu sắt từ

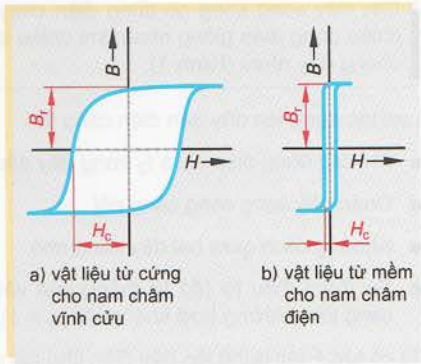
Vật liệu sắt từ khuếch đại từ trường đi qua nó. Sự từ hóa vật liệu, thí dụ sắt, là nguyên nhân cho sự khuếch đại này. Khi ta đem vật liệu sắt từ vào trong một từ trường, các nam châm cơ bản bên trong vật liệu đồng chỉnh theo hướng của đường sức. Ta có sự từ hóa vật liệu sắt từ, đây là cơ nguyên sự khuếch đại từ trường. Sự đồng chỉnh các nam châm cơ bản (sự từ hóa) của vật liệu sắt từ không xảy ra đột biến hay gần như tuyến tính. Khi một dòng điện nhỏ chảy qua cuộn cảm và do đó, thế từ động cũng như cường độ từ trường nhỏ, sự từ hóa của lõi sắt gia tăng gần như tuyến tính. Cường độ từ trường gia tăng đến trị số lớn, sự từ hóa của lõi sắt giảm dần đến một điểm bão hòa từ (Điểm A, **Hình 1**). Trong hình vẽ, ta có đường biểu diễn mới.



Hình 1: Đường biểu diễn từ trễ

> Mạch từ **không được** vận hành trong vùng bão hòa để đỡ tốn năng lượng điện.

Khi ta ngắt dòng điện trong cuộn cảm để cường độ từ trường $H = 0$, một vài nam châm cơ bản của lõi sắt quay trở về định hướng ban đầu. Điều này có nghĩa sự từ hóa của lõi sắt giảm đi đến điểm từ dư (độ từ dư, điểm B).



Hình 2: Vòng từ trễ

> Các nam châm vĩnh cửu giữ một độ từ dư lớn sau lần từ hóa đầu tiên.

Bằng cách đảo ngược dòng điện để tạo ra một cường độ từ trường đối nghịch bên trong cuộn cảm, ta có sự khử từ của lõi sắt. Cường độ từ trường đối nghịch dùng để triệt tiêu độ từ dư được gọi là cường độ kháng từ (điểm C).

> Từ dư có thể được triệt tiêu bằng cường độ kháng từ.

Nếu gia tăng cường độ từ trường qua khỏi cường độ kháng từ, ta lại đạt tới vùng bão hòa từ (điểm A và D, **Hình 1**). Nếu ta ngắt điện trong cuộn dây và H = 0, sự từ hóa của lõi sắt giảm trở về trị số từ dư nhất định (điểm E). Bây giờ ta lại đảo chiều dòng điện trong cuộn cảm lần thứ hai, để tạo một cường độ từ trường (cường độ kháng từ) nhằm giảm từ dư về không (điểm F). Nếu tiếp tục gia tăng cường độ dòng điện, ta sẽ tạo ra một cường độ từ trường lớn hơn cường độ kháng từ. Sự từ hóa đạt đến bão hòa từ (điểm A). **Vòng từ trễ** (**Hình 2**) khép kín.

Nếu chiều dòng điện trong cuộn cảm thay đổi liên tục, sự từ hóa của lõi sắt xảy ra theo vòng từ trễ tuần hoàn. Việc đảo chiều sự đồng chỉnh các nam châm cơ bản liên tục đưa đến sự cọ xát làm cho lõi sắt nóng lên.

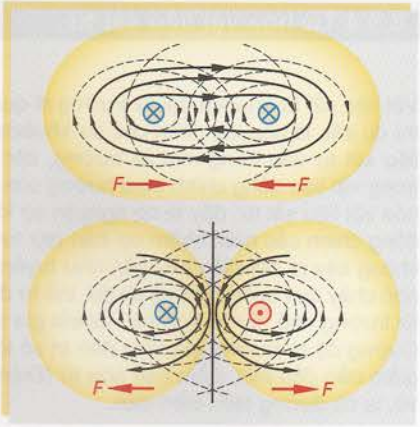
> Sự thay đổi từ hóa liên tục của vật liệu từ làm biến đổi điện năng thành nhiệt năng.

Cường độ kháng từ càng nhỏ, sự tiêu hao do thay đổi từ hóa càng nhỏ. Vật liệu với cường độ từ kháng nhỏ (diện tích của vòng từ trễ nhỏ) được gọi là **từ mềm.** Vật liệu (**Hình 2**) với cường độ kháng từ lớn (diện tích vòng từ trễ lớn) được gọi là **từ cứng,** thí dụ nam châm vĩnh cửu.

https://tieulun.hopto.org

8.9.5 Tác dụng lực trên hai dây có dòng điện chạy qua

Hai dây song song có dòng điện chạy qua (**Hình 1**), mỗi dây có một từ trường riêng. Như đã diễn tả ở trên, một từ trường bao xung quanh dây có dòng điện chạy qua. Hướng của các đường sức từ có thể xác định bằng "quy tắc bàn tay phải" khi ta biết chiều dòng điện. Khi các dây điện có cùng chiều dòng điện, các đường sức từ giữa các dây dẫn điện triệt tiêu lẫn nhau. Khi dòng điện trong các dây dẫn điện có hướng khác nhau, các đường sức từ tập trung cao giữa các đường dẫn điện.



Hình 1: Dây có dòng điện chạy qua

Các dây song song có dòng điện chạy qua hút lẫn nhau khi chiều dòng điện giống nhau; khi chiều dòng điện nghịch nhau, chúng đẩy nhau (**Hình 1**).

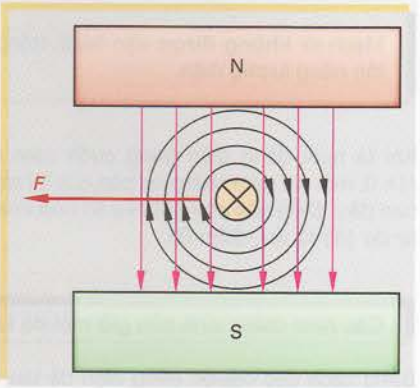
Lực tác dụng lên dây dẫn điện càng lớn

- Khi các dòng điện I_1 và I_2 trong dây dẫn càng lớn
- Đoạn dây song song càng dài
- Khoảng cách giữa hai dây càng nhỏ
- Sự thẩm thấu từ (độ từ thẩm) của vật liệu nằm giữa hai dây càng lớn (trường hợp không khí $\mu_r = 1$).

Ta có lực F tác dụng lên dây điện cho hai dây song song:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{l}{a} \cdot I_1 \cdot I_2$$

l = chiều dài dây song song. a = khoảng cách giữa hai dây



Hình 2: Tác dụng lực trên dây có dòng điện chạy qua trong từ trường

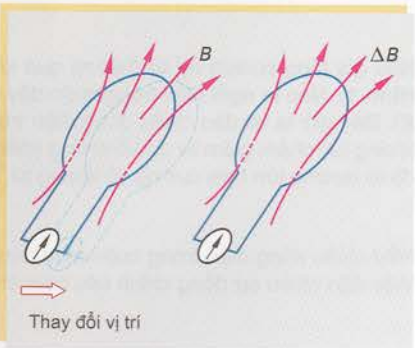
Tương tự với quan sát này, ta có thể xác định một cách thật đơn giản chiều của lực tác dụng lên một dây điện nằm trong từ trường (**Hình 2**).

8.9.6 Cảm ứng điện từ

Bao quanh dây có dòng điện chạy qua là một từ trường. Từ trường này thay đổi khi dòng điện đi qua dây dẫn điện thay đổi.

Quá trình này có thể đảo ngược bằng cách đưa một dây dẫn điện hay một cuộn dây vào trong một **từ trường thay đổi (Hình 3)**. Từ trường thay đổi làm phát sinh một điện áp trong dây dẫn điện. Người ta nói, một điện áp được *cảm ứng*. Điện áp cảm ứng gia tăng khi

- số vòng N của cuộn dây tăng
- sự thay đổi từ thông gia tăng
- thời gian cho một thay đổi nhất định của từ thông giảm.



Hình 3: Cảm ứng

Một điện áp được cảm ứng trong một dây dẫn điện, khi dây dẫn điện nằm trong một từ trường thay đổi hay diện tích hiệu dụng trong từ trường thay đổi.

Ví dụ minh họa: dynamo xe đạp. Một dynamo xe đạp gồm có một nam châm vĩnh cửu quay trong một cuộn dây. Khi xe đạp đứng yên nam châm vĩnh cửu không quay, ta không có sự thay đổi từ trường, như thế không có điện áp được cảm ứng.

https://tieulun.hopto.org

Đèn của xe đạp không phát sáng. Khi xe chạy chậm, nam châm quay chậm, từ trường bên trong cuộn dây cũng chỉ thay đổi chậm, do đó một điện áp nhỏ được cảm ứng (**Hình 1**). Đèn xe đạp cháy không sáng lắm. Khi xe gia tăng vận tốc, từ trường thay đổi mạnh hơn, điện áp cảm ứng gia tăng và đèn xe đạp sáng hơn. Faraday[1] nhà vật lý người Anh tóm tắt sự liên hệ này trong một công thức được gọi là **định luật cảm ứng:**

$$U_i = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Nếu ta thay thế từ thông $\Phi = B \cdot A$, ta được hai loại cảm ứng:

Cảm ứng do chuyển động:

(mật độ từ thông B cố định, diện tích A thay đổi)

$$U_i = -N \cdot B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t}$$ **(Hình 2)**

Cảm ứng tĩnh:

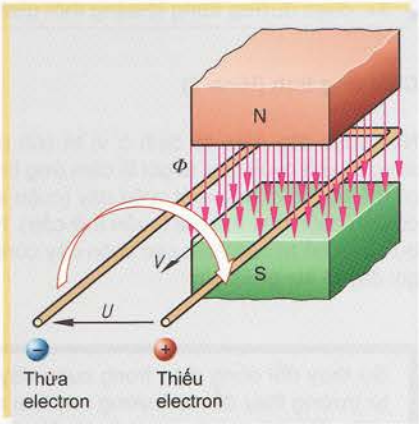
(Mật độ từ thông B thay đổi, diện tích A cố định)

$$U_i = -N \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

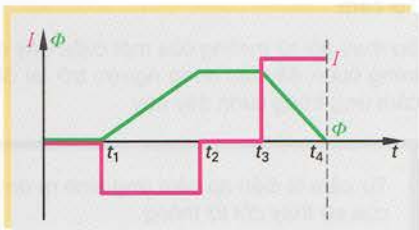
Δt: thời gian, trong khoảng thời gian này một sự thay đổi xảy ra

Mỗi điện áp đều có một cực xác định chiều dòng điện của điện áp. Điều này cũng đúng cho điện áp cảm ứng:

- Lượng năng lượng do điện áp cảm ứng tạo ra cao nhất chỉ lớn bằng với năng lượng dùng để sinh ra điện áp cảm ứng.
- Năng lượng là một đại lượng bảo toàn; nó không được sinh ra (hay mất đi) mà chỉ được biến đổi thành hình thức khác → Định luật bảo toàn năng lượng
- Vì hiệu lực của định luật bảo toàn năng lượng, từ trường của dòng điện (dòng điện cảm ứng) do điện áp cảm ứng tạo ra trong vòng dây điện tác dụng ngược lại từ trường kích thích.



Hình 1: Vòng dây điện trong từ trường



Hình 2: Định luật cảm ứng

Quy tắc Lenz[2]: Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho nó có tác dụng ngược lại sự thay đổi từ thông (vốn là nguyên nhân sinh ra nó).

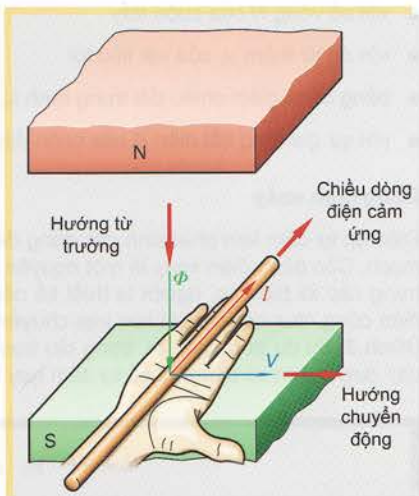
Tác dụng lực trong từ trường

Nếu ta dịch chuyển một dây điện trong một từ trường, các electron tự do bên trong dây điện bị đẩy về một đầu cuối của dây điện. Kết quả là ở một đầu dây điện thừa electron, đầu kia thiếu electron. Lực làm cho electron dịch chuyển về phía cuối dây điện được gọi là:

Lực Lorenz F (trường hợp $B \perp v$):

$$F = B \cdot Q \cdot v \qquad [F] = \frac{Vs}{m^2} \cdot As \cdot \frac{m}{s} = \frac{kgm}{s^2}$$

v = Vận tốc chuyển động
B = Mật độ từ thông
Q = điện tích



Hình 3: "Quy tắc bàn tay phải"

[1] Michael Faraday: Nhà vật lý người Anh (1791-1876)
[2] Heinrich Friedrich Emil Lenz: Nhà vật lý người Nga (1804-1865)

https://tieulun.hopto.org

EBOOKBKMT.COM

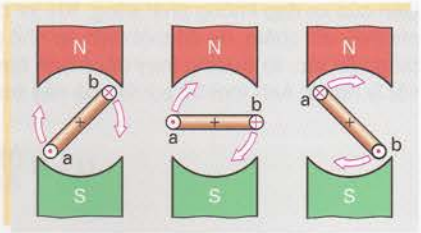
Cảm ứng do chuyển động

Diện tích mà từ thông xuyên qua, có thay đổi $\Delta A = l \cdot \Delta s$ (**Hình 1**).

$$U_i = -N \cdot B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t} \qquad U_i = -N \cdot B \cdot l \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$U_i = -N \cdot B \cdot l \cdot v$$

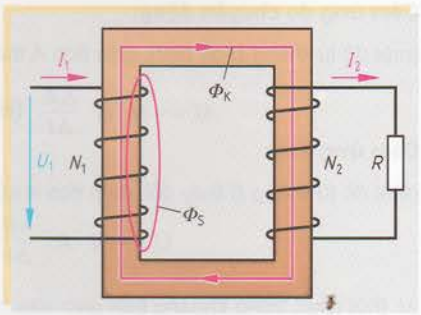
l chiều dài dây điện chịu tác dụng từ trường
Δs đoạn đường trong khoảng thời gian quan sát



Hình 1: Cảm ứng do chuyển động

Cảm ứng tĩnh (Hình 2)

Nếu cuộn dây nằm cố định ở vị trí của nó và từ trường thay đổi xung quanh cuộn dây, ta gọi là cảm ứng tĩnh. Sự thay đổi từ trường có thể truyền dẫn từ một cuộn dây (cuộn sơ cấp) qua một mạch từ để đến cuộn dây thứ hai (cuộn thứ cấp). Nguyên tắc **máy biến áp** dựa trên bố trí này. Nếu các cuộn dây cùng nằm trên một lõi sắt, ta gọi đây là **sự ghép từ.**



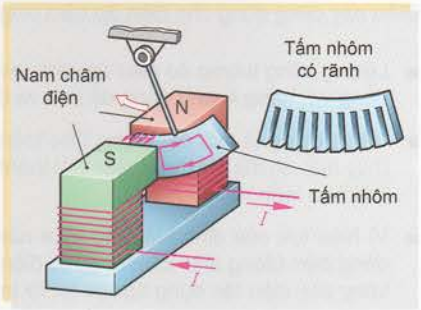
Hình 2: Cảm ứng tĩnh

Sự thay đổi dòng điện trong cuộn dây thứ nhất tạo nên một từ trường thay đổi, từ trường này làm cảm ứng một điện áp ở cuộn dây thứ hai do sự ghép từ. Người ta gọi hiện tượng này là sự cảm ứng.

Tự cảm

Sự thay đổi từ trường của một cuộn dây do sự thay đổi dòng điện trong cuộn dây tác dụng ngược trở lại để phát sinh một điện áp cảm ứng trong cuộn dây này.

Tự cảm là điện áp cảm ứng sinh ra do tác dụng ngược trở lại của sự thay đổi từ thông.



Hình 3: Cấu trúc một phanh bằng dòng điện xoáy

Tự cảm phụ thuộc hoàn toàn vào thông số của cuộn dây, nó gia tăng

- với số vòng N của cuộn dây
- với độ từ thẩm μ_r của vật liệu lõi
- bằng cách giảm chiều dài trung bình l_m của đường sức
- với sự gia tăng tiết diện A của cuộn dây

Dòng điện xoáy

Điện áp tự cảm làm phát sinh các dòng điện xoáy trong dây điện, lõi sắt v.v..., chúng là những dòng điện ngắn mạch. Các dòng điện xoáy là một nguyên nhân làm lõi sắt nóng lên. Để làm giảm tác dụng của dòng điện xoáy trong các lõi biến áp, người ta thiết kế các lõi biến áp bằng nhiều tấm thép. Theo định luật Lenz, các dây dẫn điện cũng như các chi tiết kim loại chuyển động trong một từ trường bị hãm lại. Sự hãm bằng dòng điện xoáy (**Hình 3**) thí dụ trong xe hơi, trong tàu treo chạy cáp dựa vào hiệu ứng vật lý này. Các thông số vật lý của cuộn dây được gom lại bằng hệ số tự cảm hay **độ tự cảm L:**

$$L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A}{l_m} \qquad [L] = \frac{Vs}{A} = H \text{ (Henry}^{1)}\text{)}$$

[1] Joseph Henry: Nhà vật lý người Mỹ (1797-1878)

https://tieulun.hopto.org

Như đã trình bày, ta có từ thông:

$$\Phi = \frac{\mu \cdot A \cdot I \cdot N}{l_m} \qquad \Delta\Phi = \frac{\Delta I \cdot \mu \cdot A \cdot N}{l_m}$$

Thay thế $\Delta\Phi$ vào trong công thức định luật cảm ứng

$U_i = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ta có:

$$U_i = -N\frac{\Delta I \cdot N \cdot \mu \cdot A}{\Delta t\, l_m} = \frac{\Delta I}{\Delta t}\,\frac{N^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}{l_m} \quad (\text{với } \mu = \mu_0 \cdot \mu_r)$$

$$U_i = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad [U_i] = \text{V}$$

Bài tập:

1. Hãy tìm hiểu diễn biến theo thời gian của đèn H_1 và đèn H_2 mắc nối tiếp với một cuộn dây có lõi sắt (**Hình 1**).

   Kết luận nào có thể được rút ra qua quan sát khi đóng hay mở công tắc S?

2. Đèn trong **Hình 2** có điện áp kích thích để phát sáng là 100 V. Hãy phỏng đoán điều gì xảy ra trong mạch điện lúc đóng điện (S đóng lại) và lúc ngắt điện (S mở ra).

   Hãy kiểm tra phỏng đoán bằng thí nghiệm.

3. Hãy tính điện áp cảm ứng trong một cuộn dây với 100 vòng khi từ thông thay đổi như trong **Hình 3**.

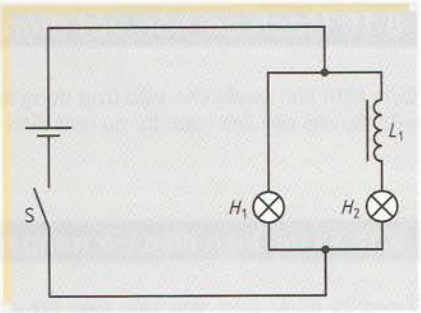
4. Hãy vẽ đường biểu diễn của từ thông gây ra điện áp cảm ứng có đường biểu diễn theo như trong **Hình 4**.

   Quan sát trong thời khoảng tổng cộng 10 s. Cuộn dây có 60 vòng. Từ thông khi $t = 0$ là 0,6 10^{-3} Vs

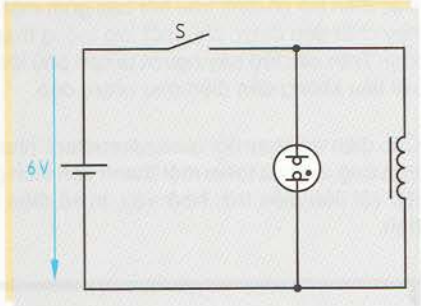
5. Chiều dài trung bình đường sức của cuộn dây đồng là bao lớn khi:

   U_i = 10 000 V N = 1000 A = 0,8 mm² $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ = 50 µA/s

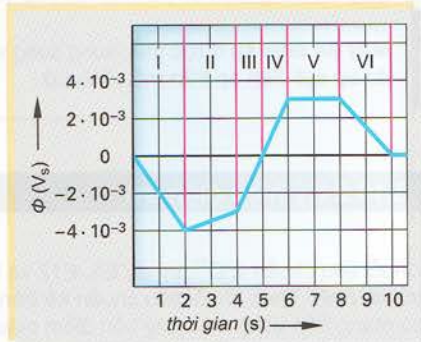
6. Hãy tra trong sách Cẩm nang kỹ thuật độ từ thẩm tương đối của gốm (Al_2O_3) và hexaferrit (HF 8/22, DIN 17410). Điện áp cảm ứng U_i của hai cuộn dây với lõi có vật liệu như trên khác nhau bao nhiêu phần trăm?



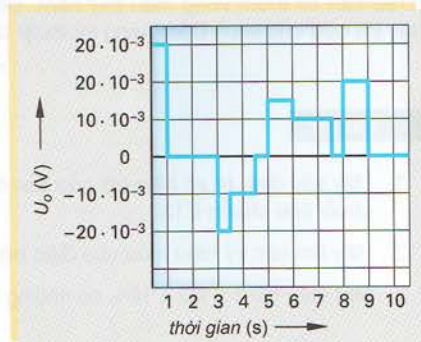
Hình 1: Mạch điện với cuộn dây và đèn



Hình 2: Mạch nối song song đèn neon (đèn phóng điện tích phát sáng) và cuộn dây



Hình 3: Đường biểu diễn từ thông



Hình 4: Đường biểu diễn điện áp cảm ứng

https://tieulun.hopto.org

8.10 Mạch cơ bản với điện trở

Điều kiện tiên quyết cho việc ứng dụng kỹ thuật các mạch điện là việc lắp ráp các linh kiện, thí dụ như điện trở.

8.10.1 Linh kiện điện trở trong mạch điện

Trong kỹ thuật điện, linh kiện điện trở luôn được dùng trong các mạch điện. Người ta phân biệt thành 2 loại **điện trở cố định** và **điện trở thay đổi.**

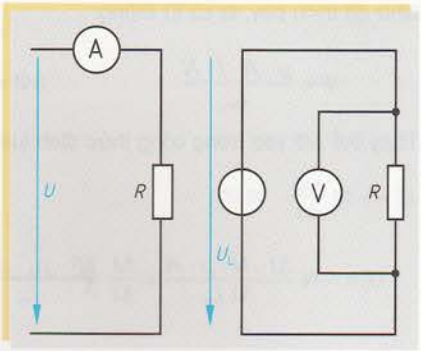
Các điện trở cố định hầu hết bao gồm một thanh bằng thủy tinh, sứ hay chất dẻo được phủ một lớp mỏng than, kim loại hay oxide kim loại. Trên các lớp này người ta còn phủ lên một lớp cách điện bằng vật liệu không dẫn điện như nhựa dẻo.

Các điện trở thay đổi (potentiometer), như biến trở thẳng hay biến trở vòng, còn có thêm một thanh vặn điện giúp tăng hay giảm chiều dài vật liệu điện trở. Nhờ vậy, trị số điện trở được thay đổi tuyến tính.

Đo dòng điện và điện áp (Hình 1)

Máy đo dòng điện phải cho dòng điện được đo chạy qua; máy đo dòng điện được mắc nối tiếp với tải.

Máy đo điện áp được mắc song song với tải; máy đo điện áp đo sự sụt điện áp trên một điện trở.



Hình 1: Đo dòng điện và điện áp

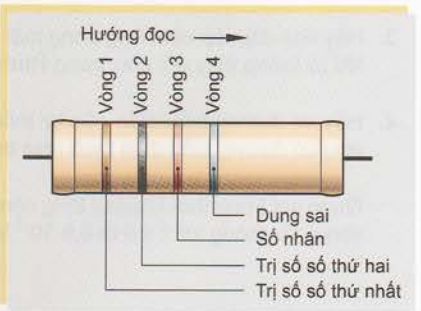
Bảng 1: Bảng màu điện trở

Ký hiệu màu	Vòng 1 (trị số số thứ nhất)	Vòng 2 (trị số số thứ hai)	Vòng 3 (số nhân)	Vòng 4 (dung sai)
Không màu	–	–	–	± 20%
Bạc	–	–	10^{-2}	± 10%
Vàng ánh	–	–	10^{-1}	± 5%
Đen	0	0	10^{0}	–
Nâu	1	1	10^{1}	± 1%
Đỏ	2	2	10^{2}	± 2%
Cam	3	3	10^{3}	–
Vàng	4	4	10^{4}	–
Lục	5	5	10^{5}	± 0,5%
Lam	6	6	10^{6}	–
Tím	7	7	10^{7}	–
Xám	8	8	10^{8}	–
Trắng	9	9	10^{9}	–

8.10.2 Ký hiệu điện trở

Chuỗi tiêu chuẩn IEC[1)], thí dụ E6, E12 và E24 là ký hiệu các điện trở cố định. Theo chuỗi tiêu chuẩn kể trên, trên thân các điện trở có mang bốn vòng màu hay bốn điểm màu (**Hình 2 và Bảng 1**).

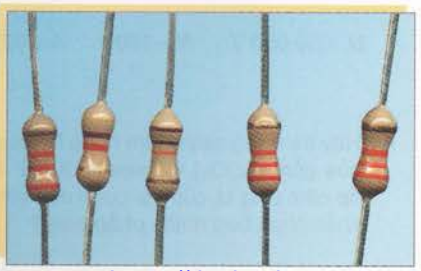
Để xác định trị số điện trở theo chuỗi tiêu chuẩn IEC E48, E96, và E192 cần có thêm vòng màu thứ năm. Để tìm trị số điện trở này hãy tra cứu các sách Cẩm nang kỹ thuật tương ứng.



Hình 2: Ký hiệu điện trở

Bài tập:

1. Hãy xác định trị số điện trở của các điện trở trong hình theo chuỗi tiêu chuẩn E12.
2. Hãy tìm các ký hiệu màu cho điện trở 10 kΩ ± 5%.
3. Một điện trở 3,3 kΩ ± 10% có những vòng màu nào?



[1)] IEC = International electronical commission (Ủy Ban Điện Tử Quốc Tế) (www.iec.org)

https://tieulun.hopto.org

8.10.3 Mạch nối tiếp điện trở

Trong mạch nối tiếp, tất cả điện trở có cùng dòng điện chạy qua. Dòng điện *I* trước và sau các điện trở bằng nhau (**Hình 1**).

Trong mạch nối tiếp và tại mỗi điểm trong mạch điện, cường độ dòng điện *I* bằng nhau.

Từ các trị số đo trong mạch thí nghiệm, ta được các điện áp

$$U = U_1 + U_2$$

Và với n điện trở:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + U_n$$

Vì cường độ dòng điện khắp nơi như nhau, ta có thể sử dụng định luật Ohm để tính điện trở tổng:

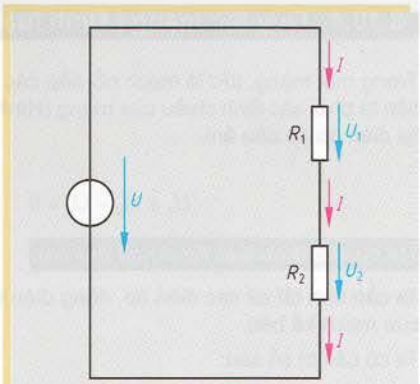
$$R_{ges} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n \qquad \frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \ldots + \frac{U_n}{I}$$

Trong mạch nối tiếp, điện trở tổng bằng tổng số các điện trở.

Điện trở tổng của mạch điện là điện trở mà nguồn điện áp chịu tải. Trong mạch thay thế nó được diễn tả bằng R_{ges} (**Hình 2**).

Dưới điều kiện $I = I_1 = I_2 = I_3$ trong mạch nối tiếp, ta có phương trình tỷ lệ cho điện áp và điện trở:

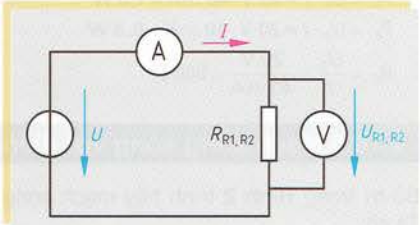
$$I_1 = I_2 \qquad \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \qquad \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$



Thí dụ:
ta có: R_1=100, R_2=150, U=12V

Trị số đo:
Tất cả máy đo dòng điện cho trị số $I_1 = I_2 = I_3$ = 48 mA. Máy đo điện áp cho thấy U_1 = 4,8 V và U_2 = 7,2 V.

Hình 1: Mạch nối tiếp các điện trở



Hình 2: Mạch thay thế

Trong mạch nối tiếp, các điện áp có cùng tỷ lệ như các điện trở của chúng.

Bằng cách mở rộng phương trình tỷ lệ, ta được tỷ lệ các điện trở và các công suất của chúng:

$$\frac{I}{I} \cdot \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \qquad \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Trong mạch nối tiếp các công suất có cùng tỷ lệ như các điện trở của chúng.

$$U = U_1 + U_2 + \ldots + U_n \qquad U \cdot I = U_1 \cdot I + U_2 \cdot I + \ldots + U_3 \cdot I \qquad P = P_1 + P_2 + \ldots + P_n$$

Công suất tổng trong mạch nối tiếp bằng tổng số các công suất.

Bài tập:

Hãy đo và tính tất cả dòng điện, điện áp và công suất trong một mạch điện gồm ba điện trở nối tiếp. U_o = 12 V, R_1 = 1 kΩ, R_2 = 2 kΩ, R_3 = 3 kΩ.

Có thể dùng phần mềm mô phỏng.

https://tieulun.hopto.org

8.10.4 Quy tắc mạng (Định luật Kirchhoff[1] thứ hai)

Trong một mạng, tức là mạch nối tiếp các linh kiện điện, tổng số các điện áp bằng không. Để xác định dấu, đầu tiên ta phải xác định chiều của mạng (**Hình 1**). Điện áp có cùng chiều với chiều của mạng có dấu dương; ngược lại điện áp có dấu âm:

$$U_1 + U_2 - U_0 = 0 \qquad U_1 + U_2 + \ldots + U_n = 0$$

Thí dụ cho định luật Kirchhoff thứ hai:

Ta cần tính tất cả các điện áp, dòng điện và công suất từng phần của mạch kế bên.

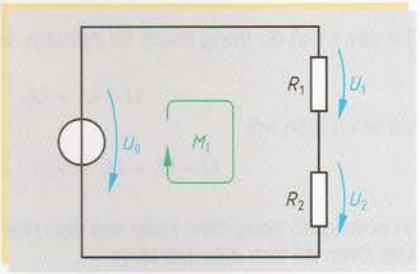
Ta có các trị số sau:

U = 60V, U2 = 20 V, R1 = 1 kΩ

Ta tìm các trị số bằng cách

a/ áp dụng định luật Ohm

b/ dùng các phương trình tỷ lệ



Hình 1: Chiều mạch điện

Bài giải:

a) $U_1 = U_0 - U_2 = 60\ \text{V} - 20\ \text{V} = 40\ \text{V}$

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{40\ \text{V}}{1\ \text{K}\Omega} = 40\ \text{mA}$$

$$P = U \cdot I = 60\ \text{V} \cdot 40\ \text{mA} = 2{,}4\ \text{W}$$

$$P_1 = U_1 \cdot I = 40\ \text{V} \cdot 40\ \text{mA} = 1{,}6\ \text{W}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I = 20\ \text{V} \cdot 40\ \text{mA} = 0{,}8\ \text{W}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{20\ \text{V}}{40\ \text{mA}} = 500\ \Omega$$

b) $U_1 = U_0 - U_2 = 60\ \text{V} - 20\ \text{V} = 40\ \text{V}$

$$\frac{U_0}{U_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

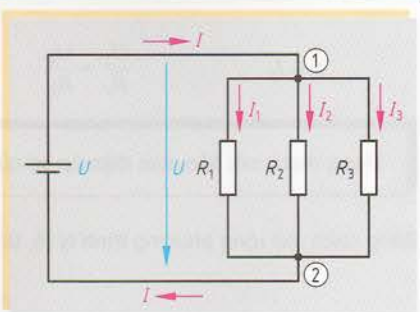
$$R_2 = \frac{R_1}{\frac{U_0}{U_2} - 1} = \frac{1\ \text{k}\cdot\Omega}{\frac{60\ \text{V}}{20\ \text{V}} - 1} = 500\ \Omega$$

8.10.5 Mạch song song với điện trở

Bố trí trong **Hình 2** trình bày mạch song song với các điện trở. Ta có:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \qquad U = U_1 = U_2 = U_3$$

Ta có thể mở rộng mạch tùy ý mà không làm thay đổi quan hệ cơ bản của các điện áp và dòng điện.



Hình 2: Mạch điện trở song song

> Trong mạch các điện trở song song, điện áp trên các điện trở bằng nhau.
>
> Tổng các dòng điện nhánh bằng dòng điện tổng.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Bằng cách áp dụng định luật Ohm, ta được:

$$\frac{I}{U} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} + \ldots + \frac{I_n}{U}$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$$

Tỷ số cường độ dòng điện đối với điện áp sụt là trị số nghịch đảo của điện trở, được gọi là điện dẫn (xem trang 283).

Việc đưa vào điện dẫn giúp cho việc tính các đại lượng điện trong mạch điện trở song song dễ dàng hơn.

Bài tập đo đạc:

ta có: $R_1 = 10\ \Omega$ $R_2 = 30\ \Omega$ $R_2 = 180\ \Omega$
$U = 12\ \text{V}$

Kết quả đo ở giao điểm 1:

$I = 1{,}667\ \text{A}$ $I_1 = 1{,}2\ \text{A}$ $I_2 = 0{,}4\ \text{A}$
$I_3 = 66{,}67\ \text{mA}$

Kết quả đo ở giao điểm 2:

$I = 1{,}667\ \text{A}$ $I_1 = 1{,}2\ \text{A}$ $I_2 = 0{,}4\ \text{A}$
$I_3 = 66{,}67\ \text{mA}$

$$R_{ges} = \frac{U}{I} \qquad R_{ges} = \frac{12\ \text{V}}{1{,}667\ \text{A}} = 7{,}2\ \Omega$$

[1] Gustav Robert Kirchhoff: Nhà vật lý người Đức (1824 - 1887)

https://tieulun.hopto.org

Trong mạch song song, điện dẫn tổng bằng tổng số điện dẫn đơn lẻ.

$$G_{ges} = G_1 + G_2 + \ldots + G_n$$

Để tính mạch song chỉ có hai điện trở, ta có thể sử dụng công thức đơn giản:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad \frac{1}{R_{ges}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \qquad R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Vì các điện áp sụt trên các điện trở bằng nhau, ta có:

$$\frac{I_1 \cdot U}{I_2 \cdot U} = \frac{G_1}{G_2} = \frac{R_2}{R_1} \qquad \frac{P_1}{P_2} = \frac{G_1}{G_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Trong mạch song song, công suất và điện dẫn tỷ lệ với nhau; như vậy công suất và các điện trở tương ứng tỷ lệ nghịch với nhau.

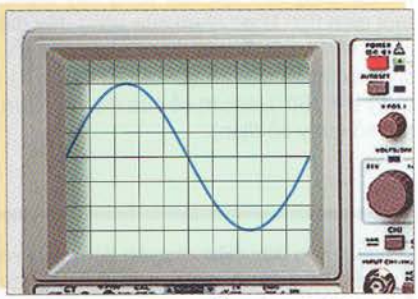
8.10.6 Quy tắc nút (Định luật Kirchhoff thứ 1)

Trong mạch song song, dòng điện chia nhánh tại điểm nút. Theo như các kết quả đo (**Hình 2, trang 306**) của mạch đo, tổng số các dòng điện nhánh bằng dòng điện tổng.

Với quy định là tất cả các dòng điện chạy đến nút mang dấu dương, tất cả dòng điện chạy khỏi nút mang dấu âm, ta có quy tắc nút:

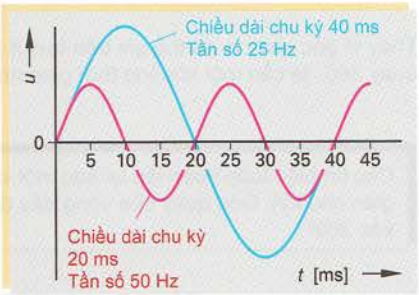
$$I_1 + I_2 + I_3 + \ldots + I_n = 0$$

8.11 Cơ bản kỹ thuật điện xoay chiều



Hình 1: Điện áp xoay chiều trên máy hiện sóng

Điện áp và dòng điện xoay chiều có mặt hầu hết trong các lĩnh vực kỹ thuật điện và điện tử, thí dụ như phân phối năng lượng, hệ thống thiết bị và kỹ thuật viễn thông. Cách thức xem xét về vật lý và cách xử lý toán học đối với điện áp và dòng điện xoay chiều có khác biệt lớn so với kỹ thuật điện một chiều. Máy hiện sóng (dao động ký) cho thấy hình ảnh điện áp xoay chiều khác với điện áp một chiều. Máy hiện sóng là máy đo có thể trình bày đường biểu diễn theo thời gian của của điện áp.

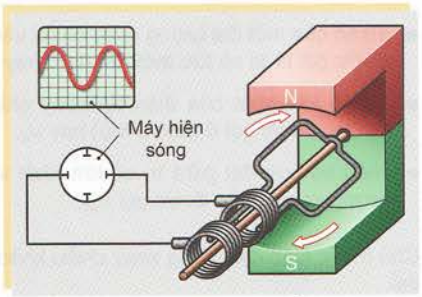


Hình 2: Điện áp xoay chiều

Điện áp hay dòng điện xoay chiều là những đại lượng vật lý mà trị số của chúng thay đổi trong một khoảng thời gian (**Hình 2**).

8.11.1 Cách tạo nên điện áp xoay chiều và các định nghĩa khái niệm

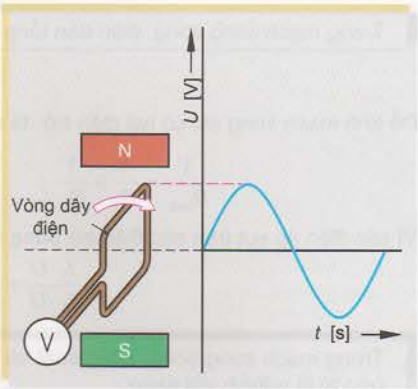
Ta có thể tạo một điện áp xoay chiều bằng một thí nghiệm đơn giản. Như trong **Hình 3**, ta có một nam châm vĩnh cửu và một vòng dây điện với tay quay để quay vòng dây điện. Các vòng trượt dẫn điện vào vòng dây điện. Bằng một máy hiện sóng, ta có thể trình bày kết quả chuyển động quay của vòng dây điện trong từ trường của nam châm vĩnh cửu.



Hình 3: Tạo nên điện áp xoay chiều

https://tieulun.hopto.org

Một vòng dây điện quay đều đặn bên trong một từ trường tạo nên một điện áp xoay chiều (**Hình 1**).



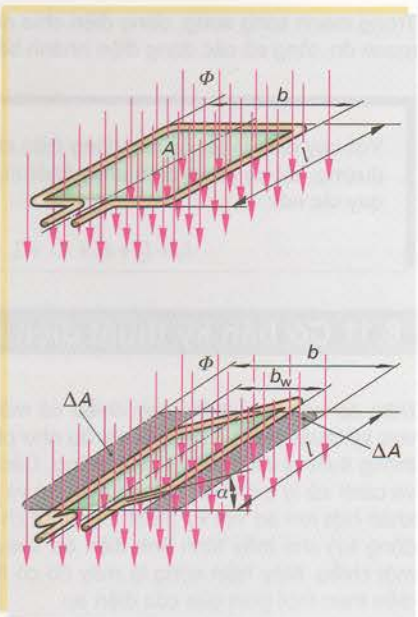
Hình 1: Vòng dây điện trong từ trường

Theo định luật cảm ứng, một từ trường thay đổi qua một dây điện làm cảm ứng bên trong dây điện một điện áp. Trong thí nghiệm của chúng ta, từ trường của nam châm vĩnh cửu dĩ nhiên không thay đổi. Trong trường hợp này, từ trường thay đổi do diện tích của vòng dây điện mà từ trường đi qua thay đổi. Sự liên hệ này được diễn đạt là sự cảm ứng do chuyển động (Mật độ từ thông B cố định, diện tích A thay đổi).

$$\Phi = B \cdot A$$

$$U_i = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad U_i = -N \cdot B\frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Do sự quay liên tục của vòng dây điện, ta có vào mỗi thời điểm một diện tích khác nhau của vòng dây điện mà từ trường của nam chân vĩnh cửu đi qua. Như vậy cho mỗi thời điểm t, ta có các trị số khác nhau của hệ số $\Delta A / \Delta t$ (**Hình 2**). Sau một vòng quay (góc quay $\alpha = 360^o$), các trị số của điện áp cảm ứng lặp lại (với điều kiện tần số quay cố định).



Hình 2: Diện tích hiệu dụng

Nếu vòng dây điện chuyển động với vận tốc cố định trong một từ trường **đồng nhất,** một điện áp xoay chiều dạng sin **tuần hoàn** được tạo nên.

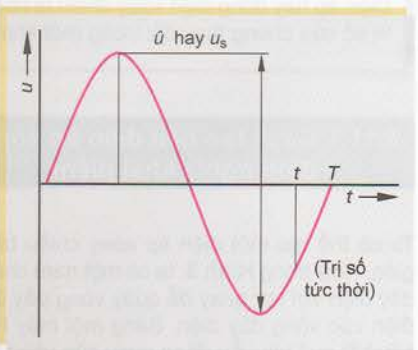
Thay vì góc quay ta có thể ghi trên trục X thời gian, vì cho một góc quay 360° ta cần một khoảng thời gian nhất định.

Các tín hiệu tuần hoàn lặp lại sau một khoảng thời gian T (thời gian chu kỳ). Góc quay của vòng dây điện sau chu kỳ T chính xác 360°.

Các đại lượng xoay chiều được ký hiệu bằng các mẫu tự thường (**Hình 3**).

- Trị số của một đại lượng xoay chiều vào một thời điểm xác định được gọi là trị số tức thời, thí dụ u hay i.
- Trị số lớn nhất của điện áp xoay chiều theo hướng âm hay dương được gọi $\hat{u}$ (đọc u mũ) hay u_s.
- Hiệu số cực đại giữa trị số lớn nhất và nhỏ nhất của một đại lượng xoay chiều được gọi u_{ss}

Chú thích: Các đại lượng xoay chiều khác cũng được ký hiệu như thế.



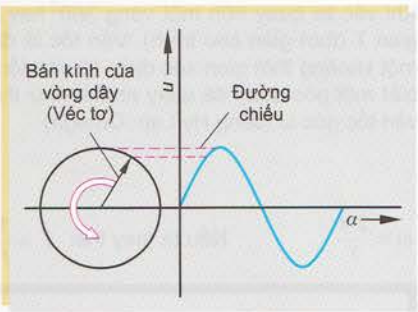
Hình 3: Đại lượng xoay chiều dạng sin và các trị số đặc trưng

https://tieulun.hopto.org

8.11.2 Véc tơ diễn tả các đại lượng xoay chiều

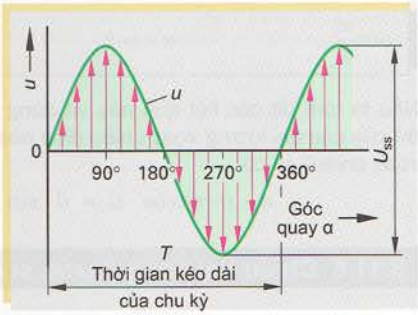
Để xử lý các đại lượng xoay chiều, ta cần phương tiện đặc biệt để có thể diễn tả chúng bằng toán học một cách đơn giản. Vì mục đích này, ta dùng mô hình học véc tơ của vòng dây chạy theo một vòng tròn. Chúng ta chỉ chú ý phần trên của vòng dây (**Hình 1**). Véc tơ chính là bán kính của vòng tròn. Cho mỗi thời điểm t (trục x) đỉnh véc tơ cho ra một trị số tức thời (trục y), khi ánh sáng chiếu tới từ bên trái. Ta có thể tính trị số này bằng toán học với hàm dạng sin.

Nếu véc tơ chuyển động quay với một vận tốc cố định, ta có các trị số tức thời từ hình chiếu một đường biểu diễn dạng sin. Thay vì thời gian *t*, chúng ta có thể ghi trên trục X góc quay *α* của véc tơ (**Hình 2**).



Hình 1: Hình chiếu một vòng dây điện quay

Trị số tức thời của một đại lượng xoay chiều có thể được diễn tả chính xác bằng chiều dài véc tơ tương ứng và góc quay *α* cũng như thời gian *t*.
Góc quay α cũng như thời gian *t* được gọi là "pha".
Chiều dài véc tơ được gọi là "độ dài".



Hình 2: Điện áp cảm ứng phụ thuộc góc quay

Trong thí dụ của chúng ta, độ dài của véc tơ và tần số quay không thay đổi. Điều này cho ta một dao động điều hòa (ổn định) và tuần hoàn (**Hình 2**). Như thế cho mỗi góc quay *α* và độ dài véc tơ $\hat{u}$, ta có thể tính được trị số tức thời *u* tương ứng: $u = \hat{u} \cdot \sin \alpha$

8.11.3 Tần số và thời gian chu trình

Các dao động tuần hoàn diễn tiến theo một đường biểu diễn giống chính xác như cũ sau một chu kỳ. Một dao động toàn vẹn của một chu kỳ cần thời gian *T* (thời gian chu trình) để hoàn tất. Sau đó là chu kỳ kế tiếp mà điểm bắt đầu có cùng biên độ (thí dụ trị số điện áp) và cùng hướng đi như chu kỳ đầu tiên. Số chu kỳ mỗi giây là tần số *f* (**Bảng 1**).

$$f = \frac{1}{T} \qquad [f] = \frac{1}{s} = \text{Hz (Hertz)}^{1)}$$

Thí dụ các tần số thông dụng

Nhịp tim của con người khoảng 1 Hz
Lưới điện cho xe lửa ở Đức 16 2/3 Hz
Lưới điện trên máy bay 400 Hz
Tần số trong lò vi ba sóng khoảng 2,455 GHz

8.11.4 Tần số góc

Sự phân chia vòng tròn thành 360 phân đoạn bằng nhau là sự chia góc theo độ (°). Để tính được đoạn đường của đầu véc tơ hay chu vi của cung tròn với bán kính *r*, độ không thể dùng trực tiếp được. Việc dùng số đo radian mang lại nhiều lợi điểm. Một vòng tròn đơn vị được định nghĩa là vòng tròn có bán kính r = 1. Ta có chu vi vòng tròn đơn vị:

$U = d \cdot \pi = 2 \cdot r \cdot \pi = 2 \cdot 1\,\pi = 2 \cdot \pi$

Bán kính của vòng tròn đơn vị: $r = 1$ $\quad 360° \triangleq 2 \cdot \pi$ rad $\quad [\text{rad}] = 1$

Số đo radian của một góc là chiều dài cung tròn của góc đó trong vòng tròn đơn vị.

Tần số góc *ω* (vận tốc góc): $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \qquad [\omega] = \frac{1}{s}$

[1)] Heinrich Hertz: Nhà vật lý Đức (1857-1894)

https://tieulun.hopto.org

Khi véc tơ quay tròn một vòng 360^0 hay 2π, nó trải qua một thời gian T (thời gian chu trình). Vận tốc là đoạn đường đi qua trong một khoảng thời gian xác định. Vì vận tốc quay của véc tơ cho ta biết một góc quay đã quay nhanh như thế nào, ta gọi nó cũng là vận tốc góc ω (tiếng Hy Lạp: Omega).

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$ Nếu ta thay thế: $T = \frac{1}{f}$ ta được: $\omega = 2\pi \cdot f$

Vận tốc góc ω tỷ lệ với số vòng quay từng giây (tần số) và chiều dài vòng cung mà đầu véc tơ đã quét (góc α đã quét trong thời gian t):

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \qquad \alpha = \omega \cdot t$$

Nếu ta tóm tắt các kết quả này và dùng chúng để tính trị số tức thì của các đại lượng xoay chiều điều hòa (thí dụ của một điện áp xoay chiều), ta có:

$$u = \hat{u} \cdot \sin(\omega \cdot t) = \hat{u} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

8.11.5 Chiều dài sóng (bước sóng)

Khi quan sát đường biểu diễn của một đại lượng xoay chiều điều hòa tại một điểm của dây dẫn điện trong một mạch điện khép kín, ta sẽ thấy một đường cong dạng sin theo thời gian. Sau thời gian kéo dài chu kỳ T, một dao động mới bắt đầu. Chiều dài sóng nói lên sự lan truyền trong không gian của một đại lượng xoay chiều cũng như vận tốc lan truyền của một sóng, vận tốc của sự chuyển tải năng lượng. Trong một chiều dài chu kỳ, sóng trải qua chiều dài sóng λ. Dưới các điều kiện tối ưu, sóng lan truyền với vận tốc ánh sáng ($c_0 \approx 300\,000$ km/s). Chiều dài sóng (bước sóng) λ giảm đi khi tần số gia tăng.

Chiều dài sóng: $\lambda = \frac{c}{f}$ $[\lambda] = \text{m}$

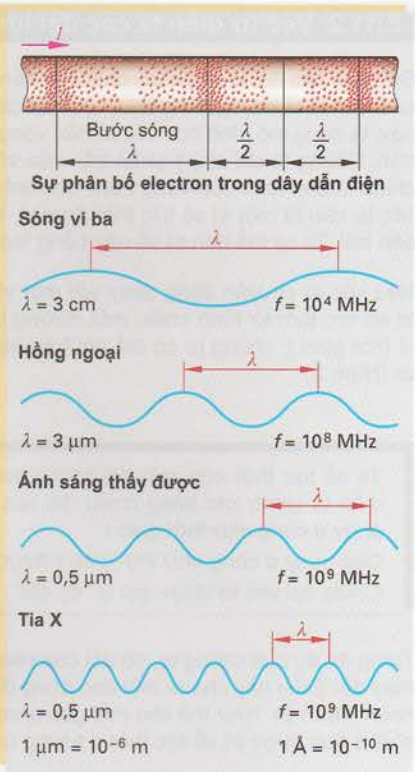
Trong nhiều trường hợp, vận tốc lan truyền gần bằng vận tốc ánh sáng c_0. Trên dây đôi dẫn điện, vận tốc lan truyền chỉ bằng khoảng 80% (hay thấp hơn) vận tốc ánh sáng, vào khoảng 240.000 km/s. Tỷ số vận tốc lan truyền và vận tốc ánh sáng được gọi hệ số thu nhỏ.

8.11.6 Trị số hiệu dụng

Trị số hiệu dụng (tiếng La tinh effectivus = tác dụng) dùng đại lượng khác để mô tả các đại lượng xoay chiều một cách đơn giản. Ta thử hình dung một lò sưởi điện vận hành với dòng điện xoay chiều. Công suất sưởi nóng thay đổi tương ứng theo sự biến đổi của dòng điện xoay chiều.

Trị số hiệu dụng của một đại lượng xoay chiều là một đại lượng một chiều, đại lượng này có cùng tác dụng nhiệt như đại lượng xoay chiều. Trị số hiệu dụng được định nghĩa:

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \qquad I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$$



Hình 1: Sự phân bố electron và chiều dài sóng

Thí dụ để tính bước sóng

Cho: $c = c_0 \cong 300\,000$ km/s
$f_1 = 50$ Hz, $f_2 = 100$ MHz

Hãy tính: λ_1, λ_2, T_1, T_2

Lời giải:

$$\lambda_1 = \frac{c_0}{f_1} = 3\text{ m}$$

$$\lambda_1 = \frac{300\,000\text{ km/s}}{50\text{ Hz}}$$

$$\lambda_1 = 6000\text{ km}$$

$$T_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{50\text{ Hz}} = 20\text{ ms}$$

$$\lambda_2 = \frac{c_0}{f_2} =$$

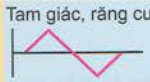
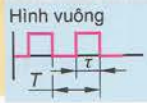
$$\lambda_2 = \frac{300\,000\text{ km/s}}{100\text{ MHz}} = 3\text{ m}$$

$$T_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{100\text{ MHz}} = 10\text{ ns}$$

https://tieulun.hopto.org

Công suất xoay chiều (Điện trở thực)

Khi xem xét mạch điện xoay chiều chỉ gồm có các điện trở thực, với trị số hiệu dụng của điện áp và cường độ dòng điện (**Hình 1**) ta có thể tính công suất rất đơn giản. Tích số cường độ dòng điện và điện áp trong mạch điện xoay chiều là công suất điện. Vì cường độ dòng điện và điện áp thay đổi theo thời gian, nên cho từng thời điểm *t*, các trị số tức thời phải nhân với nhau. Kết quả là công suất điện xoay chiều "có dạng xung", tức là thay đổi theo thời gian (**Hình 2**). Cho việc ứng dụng kỹ thuật (thí dụ lò sưởi điện), công suất dòng điện một chiều tương đương diễn đạt chính xác hơn vì nó không biến đổi theo thời gian. Tích số trị số hiệu dụng của điện áp và cường độ dòng điện cho ta công suất dòng điện một chiều tương đương trong trường hợp mạch điện chỉ có các điện trở ohm (điện trở thực).

Dạng tín hiệu	Hệ số đỉnh	Trị số hiệu dụng
sin	$\sqrt{2} = 1{,}41$	$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$
Tam giác, răng cưa 	$\sqrt{3} = 1{,}73$	$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{3}}$
Hình vuông 	1 ... 10 (tùy theo hệ số hoạt động)	$U = \sqrt{\hat{u}^2 \cdot \frac{\tau}{T}}$

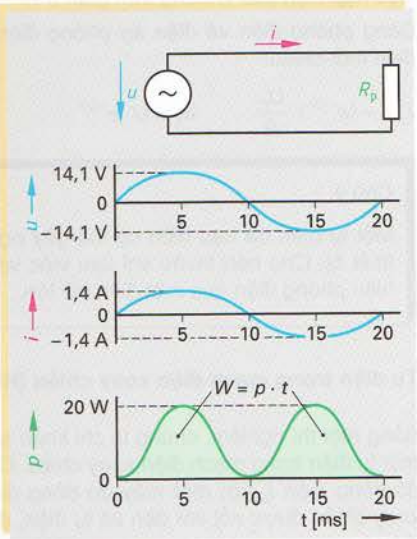
Hình 1: Trị số hiệu dụng

$P = U_{eff} \cdot I_{eff}$

Trong trường hợp đại lượng xoay chiều dạng sin

$$P = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} \qquad P = \frac{\hat{u} \cdot \hat{i}}{2} \qquad = \frac{P_s}{2}$$

Một điện trở ohm R trong kỹ thuật điện xoay chiều được gọi là **điện trở thực**.



Hình 2: công suất điện xoay chiều

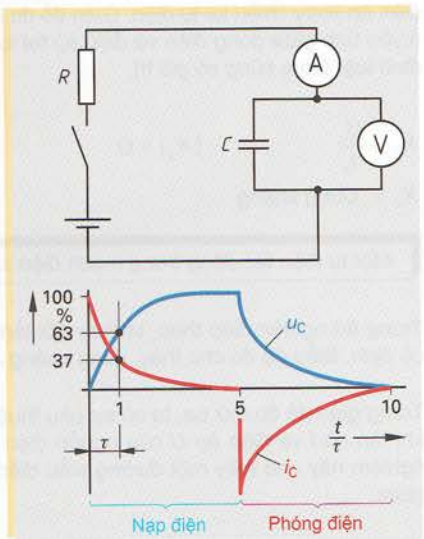
8.12 Tụ điện trong mạch điện

Tụ điện trong mạch điện một chiều

Chúng ta đã biết một vài tính chất của tụ điện bản khi khảo sát điện trường. Từ những tính chất cơ bản này, chúng ta tìm hiểu tiếp.

Tính năng của tụ điện trong mạch điện một chiều (**Hình 3**) sẽ được làm rõ với thí nghiệm đơn giản sau. Lúc bắt đầu thí nghiệm, tụ điện không nạp điện.

Khi ta bật công tắc, nguồn điện một chiều sẽ được đóng lại, từ cực âm của nguồn điện, các hạt mang điện tích sẽ chạy đến một bản cực của tụ điện, trong khi đó ở bản cực kia của tụ điện, các hạt mang điện tích bị rút đi. Tụ điện sẽ nạp điện liên tục. Điện áp ở tụ điện sẽ gia tăng cho đến khi đạt đến trị số của nguồn điện. Trong khi nạp điện, hiệu thế (sự khác biệt điện áp) giữa điện áp nguồn điện và điện áp tụ điện tiếp tục giảm đi, nên dòng điện nạp cũng giảm đi. Giản đồ đo cho thấy điện áp tụ điện và đường biểu diễn cường độ dòng điện trong quá trình nạp điện. Quá trình nạp điện của tụ điện theo hàm mũ e[1]. Lúc ban đầu, dòng nạp cực đại i_c của tụ điện chỉ bị hạn chế bởi điện trở *R*. Thời gian nạp điện của tụ điện càng kéo dài nếu *R* và điện dung *C* càng lớn.



Hình 3: Tụ điện trong mạch điện một chiều

[1] theo Leonhard Euler, nhà toán học người Thụy Sĩ (1707-1783)

https://tieuluun.hopto.org

Số đo cho thời gian nạp điện là hằng số thời gian τ:

$$\tau = R \cdot C \qquad [\tau] = \frac{V}{A} \cdot \frac{As}{V} = s$$

Khi bắt đầu nạp điện, dòng điện có cường độ I_0:

$$I_0 = \frac{U}{R}$$

Dòng điện và điện áp nạp tại tụ điện trong mạch điện một chiều:

$$i_c = (e^{-t/\tau}) \cdot \frac{U}{R} \qquad \tau = R \cdot C$$

$$u_c = U \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

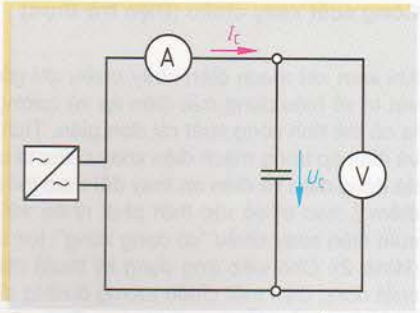
Công thức gần đúng (công thức nắm tay): Một tụ điện hoàn tất việc nạp điện sau khoảng thời gian 5 τ.

Dòng phóng điện và điện áp phóng điện tại tụ điện trong mạch điện một chiều:

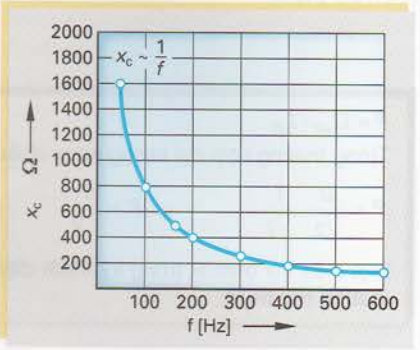
$$i_c = -(e^{-t/\tau}) \cdot \frac{U_C}{R} \qquad u_c = U \cdot e^{-t/\tau}$$

Chú ý:

Một tụ điện đã nạp điện có thể gây nguy hiểm cho người và thiết bị. Cho nên trước khi làm việc với tụ điện, ta phải thực hiện phóng điện qua một điện trở lớn.



Hình 1: Tụ điện trong mạch xoay chiều



Hình 2: Dung kháng tùy thuộc vào tần số

Tụ điện trong mạch điện xoay chiều (Hình 1)

Bằng một thí nghiệm, chúng ta chỉ khảo sát về phần tác động của một tụ điện trong mạch điện xoay chiều. Chúng ta quan sát cường độ dòng điện I_c với một máy đo dòng điện. Sau khi nguồn điện xoay chiều được nối với đèn và tụ điện, đèn sáng lên, ta có dòng điện i_c.

Sau đây, chúng ta khảo sát sự liên hệ giữa cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều tại tụ điện. Giản đồ đo cho thấy có sự tùy thuộc tuyến tính giữa dòng điện và điện áp tại tụ điện, có nghĩa là ở đây định luật Ohm cũng có giá trị.

$$X_c = \frac{U_c}{I_c} \qquad [X_c] = \Omega$$

X_c = Dung kháng

Hình 3: Dung kháng tùy thuộc vào điện dung

Một tụ điện tác động trong mạch điện xoay chiều như một điện trở (trở kháng).

Trong thí nghiệm tiếp theo, ta thay đổi tần số f của nguồn điện áp, điện áp U cũng như điện dung C được giữ cố định. Biểu đồ đo cho thấy, dung kháng X_c của tụ điện giảm đi không tuyến tính với tần số gia tăng (**Hình 2**).

Trong giản đồ đo thứ ba, ta có sự phụ thuộc của dung kháng X_c đối với điện dung C của tụ điện (**Hình 3**), trong khi tần số f và điện áp U của nguồn điện áp được giữ cố định. Chỉ có điện dung của tụ điện C thay đổi. Thí nghiệm này cho thấy một đường biểu diễn tương tự của biểu đồ đo. Khi điện dung C gia tăng, dung kháng X_c giảm.

$$X_c \sim \frac{1}{f \cdot C}$$

https://tieulun.hopto.org

Nếu đưa thêm một hằng số vào công thức, hằng số này là kết quả của sự đánh giá qua đo đạc, ta có thể trình bày tỷ lệ trên như một phương trình.

Dung kháng của tụ điện:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \qquad X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Trong mạch điện một chiều, dòng điện chỉ chạy qua giữa thời điểm đóng và ngắt điện. Dòng điện này tải điện tích đến và đi.

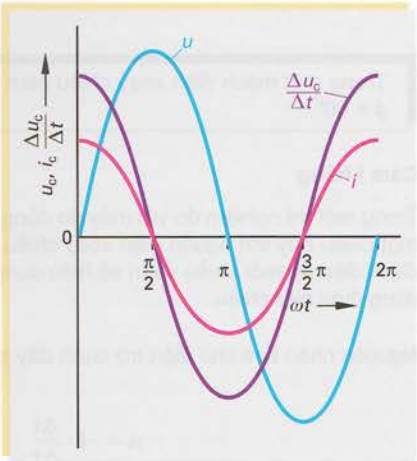
$$Q = I \cdot t = C \cdot U$$

Ngược lại, trong trường hợp tụ điện được lắp vào một điện áp xoay chiều dạng sin, ta có một dòng điện chạy qua tụ điện liên tục. Sự thay đổi điện áp của điện áp xoay chiều Δu trong khoảng thời gian Δt làm thay đổi một điện tích Δq:

$$\Delta q = i_c \cdot \Delta t = C \cdot \Delta u_c \qquad i_c = \frac{C \cdot \Delta u_c}{\Delta t} \quad \curvearrowright \quad u_c = \frac{\Delta i_c \cdot \Delta t}{C}$$

Vận tốc điện áp thay đổi $\Delta u_c/\Delta t$ quyết định độ lớn của dòng điện nạp và dòng điện phóng của tụ điện. Từ đây chúng ta suy ra là khi điện áp đạt đến trị số cực đại ($\Delta u_c / \Delta t = 0$), cường độ dòng điện bằng không. Khi điện áp xoay chiều dạng sin có trị số không, vận tốc thay đổi điện áp $\Delta u_c / \Delta t$ đạt đến trị số cực đại. Cường độ dòng điện đạt đến trị số đỉnh (**Hình 1**).

Trong mạch điện xoay chiều với tụ điện lý tưởng, dòng điện đi trước điện áp một góc $\varphi = 90° \frac{\pi}{2}$



Hình 1: Sự lệch pha

Công suất

Khi tính toán công suất của tụ điện trong mạch điện xoay chiều, ta phải chú ý từng trị số tức thì.

Vì dòng điện và điện áp lệch pha 90^0, đường biểu diễn công suất của tụ điện chia đều trong vùng âm và dương. Công suất hữu dụng trung bình bằng 0 (không)!

Với một tụ điện lý tưởng, năng lượng điện không bị biến đổi thành nhiệt, vì ở nửa sóng dương năng lượng được thu vào, nhưng ở nửa sóng âm năng lượng này được phát ra.

Tích số các trị số hiệu dụng của dòng điện I_c và điện áp U_c được gọi là công suất dung kháng (công suất vô công hay công suất phản kháng) Q_c.

$Q_c = U_c \cdot I_c$ $\quad [Q_c]$ = var (Volt-Ampere-phản kháng)

8.13 Cuộn dây trong mạch điện

Cuộn dây trong mạch điện một chiều

Cuộn dây có những dạng thiết kế hoàn toàn khác nhau (**Hình 2**). Cuộn dây trong mạch điện một chiều có tác dụng như một sợi dây dài dẫn điện. Nếu ta bỏ qua tác động quá độ (tính chất điện khi đóng điện), ta có thể coi cuộn dây như một điện trở ohm thuần

$$R = \frac{\varrho \cdot l}{A}$$

Hình 2: Các cuộn dây với các dạng thiết kế khác nhau

https://tieulun.hopto.org

Cuộn dây trong mạch điện xoay chiều

Tương tự như tác động nạp và phóng điện của tụ điện, ta có tác động nạp và phóng điện của cuộn dây. Về mặt định tính, ta được đường biểu diễn nạp và phóng điện của cuộn dây bằng cách tráo đổi tên gọi của trục, phản chiếu (đối xứng gương) đường biểu diễn biểu đồ qua trục X ($I \rightarrow -U$, $U \rightarrow -I$) và thay thế điện dung C bằng điện cảm L. Để đơn giản hóa việc khảo sát, chúng ta bắt đầu với cuộn dây lý tưởng trong mạch điện xoay chiều (**Hình 1**). Dòng điện xoay chiều dạng sin đi qua cuộn dây tạo nên một từ thông Φ dạng sin. Như trên ta đã biết, sự thay đổi từ thông tạo nên một điện áp cảm ứng:

$$U_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Theo quy tắc Lenz, điện áp tự cảm có hướng ngược lại điện áp cấp. Vì vận tốc thay đổi từ thông xác định điện áp tự cảm, ta có sự lệch pha giữa dòng điện và điện áp. Điều này có nghĩa dòng điện và từ thông có cùng pha, sự thay đổi từ thông cực đại khi từ thông đi qua trị số không và như thế ta có lệch pha sớm một góc 90^0 so với từ thông (cũng như dòng điện). Điện áp tự cảm được tính từ số vòng dây và vận tốc thay đổi từ thông, tuy nhiên vì có dấu âm nên có sự lệch pha 180^0. Vì điện áp tự cảm tác động nghịch lại điện áp kích thích, cho nên điện áp kích thích có cùng pha với vận tốc thay đổi từ thông. Từ đó ta có:

> Trong một mạch điện xoay chiều cảm ứng thuần (cuộn dây lý tưởng), dòng điện đi sau điện áp một góc $\phi = 90^0$.

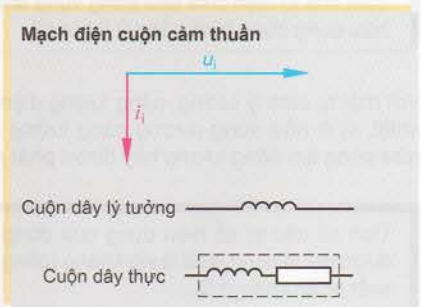
Cảm kháng

Trong một thí nghiệm đo với máy đo dòng điện, máy đo điện áp và một cuộn dây, ta tìm trị số đo với nguồn điện một chiều hay với nguồn điện xoay chiều. Khi tính toán điện trở ta thấy, với cùng trị số điện áp của các nguồn điện (điện áp một chiều và trị số hiệu dụng điện áp xoay chiều), điện trở dòng điện xoay chiều lớn hơn điện trở dòng điện một chiều.

Nguyên nhân làm cho điện trở cuộn dây trong mạch điện xoay chiều lớn hơn chính là điện áp tự cảm.

$$u_i = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Như phần đầu chương đã mô tả, điện áp tự cảm có tác động ngược lại điện áp kích thích (điện áp tạo ra nó). Với cuộn dây lý tưởng, "điện áp thực" bằng hiệu số điện áp nguồn và điện áp tự cảm (**Hình 2**). Điện trở của cuộn dây tương ứng với điện áp tự cảm được gọi cảm kháng X_L. Cảm kháng gia tăng tỷ lệ với điện áp tự cảm u_i, và như thế tăng cùng với sự gia tăng điện cảm L và với sự gia tăng vận tốc thay đổi dòng điện, và vì vậy với tần số f cũng như với tần số góc ω của điện áp cuộn dây.

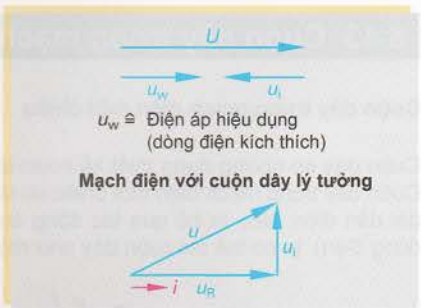


Hình 1: Cuộn dây thực/lý tưởng

Cảm kháng:

$$X_L = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \qquad [X_L] = \frac{1}{s} \cdot \frac{Vs}{A} = \frac{V}{A}$$

Công suất: Vì dòng điện **đi qua** cuộn dây và điện áp **trên** cuộn dây lệch pha 90^0, đường biểu diễn công suất có các phần dương và âm bằng nhau. Với cuộn dây lý tưởng trong mạch điện xoay chiều, ta có công suất hiệu dụng trung bình bằng 0.



Hình 2: Cuộn dây lý tưởng trong mạch điện

https://tieulun.hopto.org

8.14 Điện xoay chiều ba pha

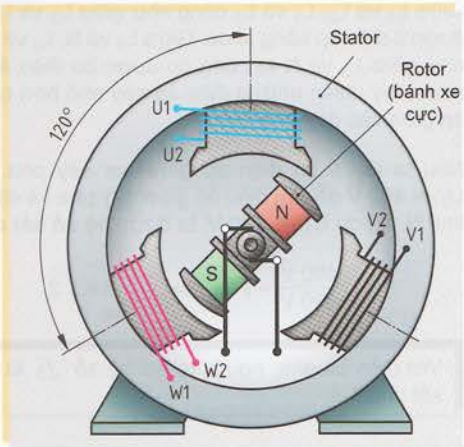
8.14.1 Sự hình thành điện áp xoay chiều ba pha

Thí nghiệm 1: Bạn hãy quay một thanh nam châm mạnh giữa ba cuộn dây giống nhau, đặt cách nhau 120° (**Hình 1**). Bạn hãy nối với từng cuộn dây một máy đo điện áp một chiều có điểm không (0) nằm giữa thang đo. Bạn hãy quay thanh nam châm với vận tốc quay cố định quanh một trục nam châm.

Kim đo của máy đo điện áp lần lượt lệch về bên trái rồi bên phải sau trọn mỗi vòng quay của rôto (bánh xe cực).

Khi rôto quay, một điện áp xoay chiều với cùng biên độ và tần số được cảm ứng trong từng cuộn dây. Do sự bố trí của các cuộn dây, các điện áp lệch pha đối với nhau theo thời gian bằng 1/3 chu kỳ. Mỗi góc lệch pha là 120^0 (**Hình 2b**). Ba cuộn dây của một máy phát điện như thế tạo nên **các cuộn dây pha (dây nhánh)** trong máy phát điện. Trong mỗi cuộn dây pha có một điện áp cảm ứng, được gọi **điện áp pha (điện áp nhánh).**

Đầu mỗi cuộn dây được đặt tên lần lượt là U1, V1, W1, các điểm cuối cuộn dây là U2, V2, W2. Bằng cách **kết chuỗi** ba cuộn dây lại với nhau, người ta có thể giảm số dây dẫn điện cần thiết chỉ còn ba dây (L1, L2, L3) cho tải điện (**Hình 2a**).



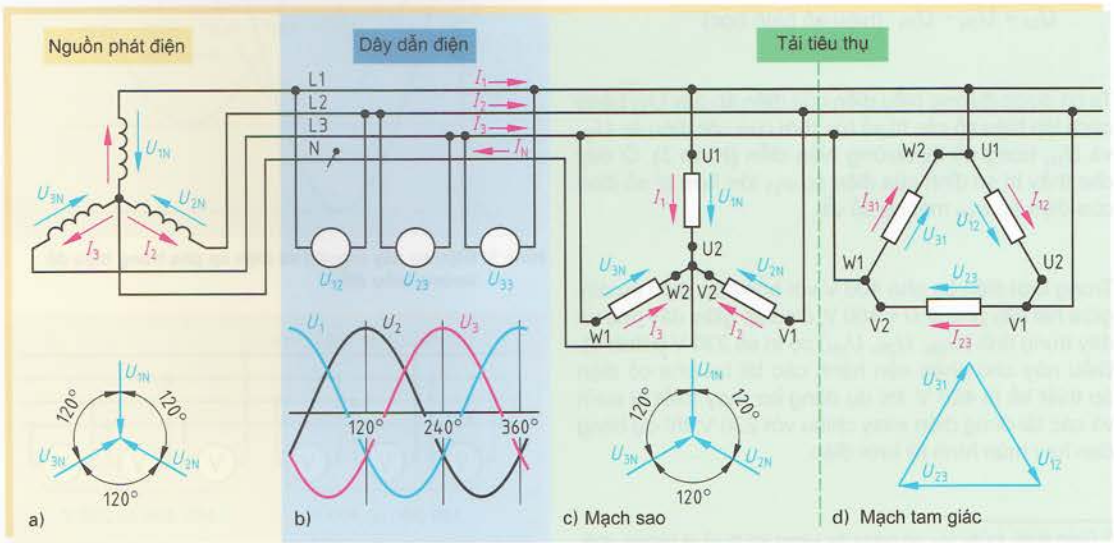
Hình 1: Sự hình thành ba điện áp xoay chiều lệch pha nhau 120^0

Ba điện áp xoay chiều lệch pha 120^0 và kết chuỗi với nhau được gọi điện áp xoay chiều ba pha.

8.14.2 Sự kết chuỗi

Nếu ta nối ba điểm cuối cuộn dây U2, V2, và W2 với nhau, hình thành **mạch sao,** ký hiệu: Y (**Hình 2c**). Điểm kết nối U2, V2 và W2 được gọi **điểm sao.** Từ điểm sao, ta có thể nối với **dây trung tính N.**

Nếu ta nối điểm cuối của cuộn dây với điểm đầu của cuộn dây kế tiếp, thí dụ U2 với V1, V2 với W1 và W2 với U1, hình thành **mạch tam giác,** ký hiệu Δ (**Hình 2d**). Trong cả hai mạch điện, ba dây L1, L2 và L3 nối từ nguồn phát tới điểm đầu của chấu nối U1, V1 và W1 được gọi **dây dẫn điện** (đường dây chuyển tải điện ở ngoài trời).



Hình 2 : Hệ thống điện ba pha với giản đồ đồ thị và các véc tơ

https://tieulun.hopto.org

Thí nghiệm 2: Với lưới điện ba pha (**Hình 1**), đầu tiên bạn hãy đo các điện áp giữa những dây pha, giữa từng dây pha và dây trung tính N.

Giữa L_1 và L_2, L_1 và L_3 cũng như giữa L_2 và L_3, ta đo được 3 điện áp bằng nhau. Giữa L_1 và N, L_2 và N cũng như giữa L_3 và N ta cũng đo được ba điện áp bằng nhau, tuy nhiên những điện áp này nhỏ hơn các điện áp giữa các dây pha.

Nếu ta lập tỉ số điện áp giữa hai dây pha, thí dụ U_{31} = 400 V đối với điện áp giữa dây pha và dây trung tính N, thí dụ U_{1N} = 230 V, ta được **hệ số kết chuỗi**.

$$\frac{400\ V}{230\ V} = \sqrt{3} \quad \Rightarrow \quad \frac{U_{31}}{U_{1N}} = \sqrt{3}$$

Với điện ba pha, người ta gọi hệ số $\sqrt{3}$ là hệ số kết chuỗi.

Điện áp giữa hai dây, thí dụ L_1 và L_2, được gọi là **điện áp dây** hay **điện áp đường dây ngoài**.

Trong hình véc tơ **(Hình 2)** và biểu đồ đường biểu diễn **(Hình 3)**, ta có thể mô tả được sự liên hệ giữa điện áp giữa dây ngoài và dây trung tính N. Trong **Hình 2**, các điện áp U_{1N}, U_{3N} và U_{31} tạo thành một tam giác cân với hai góc 30°. Ta có thể chia tam giác này thành 2 tam giác vuông góc. Với các phép tính lượng giác ta được:

$$\frac{U_{31}}{2} = U_{1N} \cdot \cos 30° = U_{1N} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \Rightarrow \quad U_{31} = U_{1N} \cdot \sqrt{3}$$

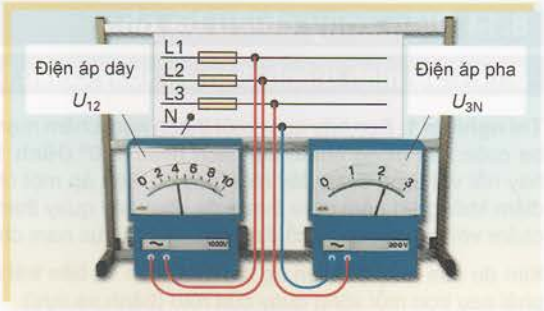
Theo **Hình 2**, U_{31} là hiệu số hình học giữa $\underline{U}_{3N}$ và $\underline{U}_{1N}$[1]:

$$\underline{U}_{31} = \underline{U}_{3N} - \underline{U}_{1N} \quad \text{(hiệu số hình học)}$$

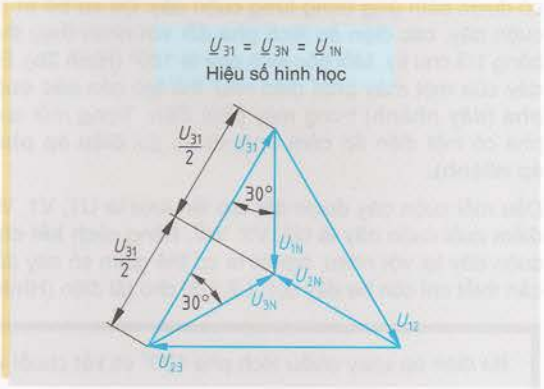
Ta có được đường biểu diễn của điện áp dây U_{31} bằng cách lập hiệu số các trị số tức thời của các điện áp U_{3N} và U_{1N} trong đồ thị đường biểu diễn **(Hình 3)**. Ở đây cho thấy trị số đỉnh của điện áp u_{31} lớn hơn trị số đỉnh của điện áp u_{1N} một hệ số $\sqrt{3}$.

Trong lưới điện ba pha 400 V với bốn dây, điện áp dây giữa hai dây pha là U = 400 V, điện áp giữa dây pha và dây trung tính (U_{1N}, U_{2N}, U_{3N}) có trị số 230 V **(Hình 4)**. Điều này cho phép vận hành các tải ba pha có điện áp thiết kế là 400 V, thí dụ động cơ, hay thiết bị sưởi và các tải dùng điện xoay chiều với 230 V, thí dụ bóng đèn hay màn hình từ lưới điện.

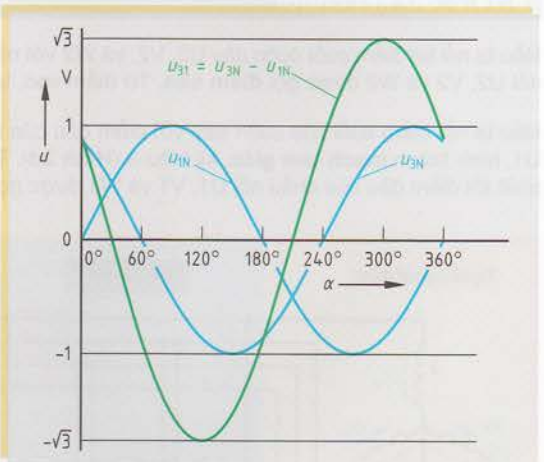
[1] Gạch dưới, thí dụ $\underline{U}_{31}$, có nghĩa đại lượng với trị số và hướng, phải thực hiện phép cộng hình học



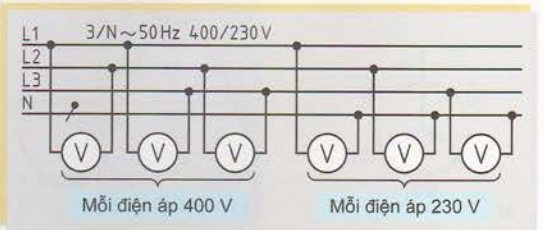
Hình 1: Đo điện áp của lưới điện ba pha



Hình 2: Véc tơ của các điện áp trong mạch sao



Hình 3: Điện áp dây (ngoài) và điện áp pha trong biểu đồ đường biểu diễn



Hình 4: Các điện áp trong lưới điện ba pha với bốn dây

https://tiedlun.hopto.org

8.14.3 Mạch sao (ký hiệu: Y)

Điện áp và dòng điện với tải cân đối

Thí nghiệm 3: Bạn hãy nối ba tải giống nhau, thí dụ các điện trở 100 Ω, vào một biến áp thí nghiệm ba pha. Bạn hãy đo cường độ dòng điện trong mỗi dây pha và dây trung tính **(Hình 1)**.

Nếu cường độ dòng điện trong các dây bằng nhau, trong dây trung tính không có dòng điện.

Trong mạch sao **(Hình 1)**, dòng điện pha (đi qua điện trở của tải) I_{str} bằng dòng điện qua dây I. Dòng điện đi qua nhánh được gọi là dòng **điện pha** I_{str} đi qua điện trở của tải, và dòng điện đi qua đường dây L1, L2, L3 được gọi là **dòng điện dây** I.

Trong mạch sao các dòng điện dây bằng các dòng điện pha ở nguồn cung cấp hay tải.

Điện áp ở một nhánh của tải hay nguồn được gọi là điện áp pha U_{str} **(Hình 1)** hay điện áp sao.

Với mạch sao, điện áp dây giữa các dây L1, L2, L3 lớn gấp $\sqrt{3}$ lần điện áp pha (U_{str}) ở nguồn cung cấp hay tải.

Thí dụ: Một động cơ ba pha được nối với lưới điện 400 V theo mạch sao. Bạn hãy tính điện áp pha U_{str} ở cuộn dây stator của động cơ.

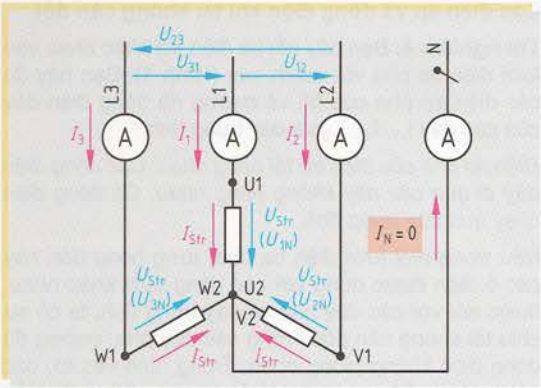
Lời giải: $U_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{400\ V}{\sqrt{3}} = 230\ V$

Trong mọi thời điểm, tổng các dòng điện dây của các dây chạy qua dây trung tính. Chúng ta hãy quan sát thí dụ thời điểm II trong đồ thị đường biểu diễn **(Hình 2)**, dòng điện i_1 có trị số cực đại dương. Các dòng điện i_2 và i_3 có trị số bằng phân nửa i_1, tuy nhiên âm. Như vậy tổng trị số tức thời của ba dòng điện bằng 0. Điều này cũng có giá trị cho mọi điểm nằm giữa 0° và 360°.

Ta cũng có thể xác định cường độ dòng điện trong dây trung tính theo véc tơ **(Hình 4)**. Để kiến tạo véc tơ của các dòng điện, ta cần suy nghĩ trước như sau:

Từ **Hình 2c, trang 315** đối với mạch sao ta có các véc tơ điện áp hướng vào điểm sao (**Hình 3a**). Ta được phép dịch chuyển các véc tơ (**Hình 3b**). Ta được véc tơ có cùng giá trị (**Hình 3c**). Véc tơ của các dòng điện thường được thể hiện hướng ra ngoài.

Nếu tải tiêu thụ trong thí nghiệm 3 là các điện trở thực, các dòng điện I_1, I_2 và I_3 có cùng pha với các điện áp pha của tải **(Hình 4)**. Tổng số hình học của các dòng điện dây I_1, I_2 và I_3 **(Hình 4)** bằng 0, như thế không có dòng điện chạy trong dây trung tính.

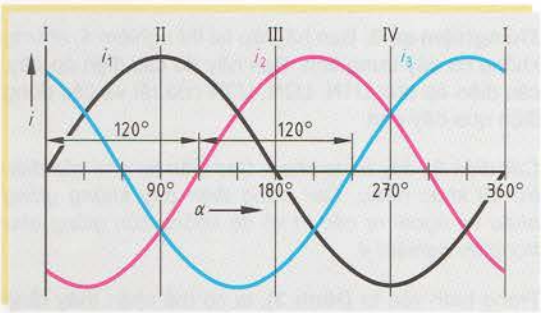


Hình 1: Mạch hình sao của các tải (tải cân đối)

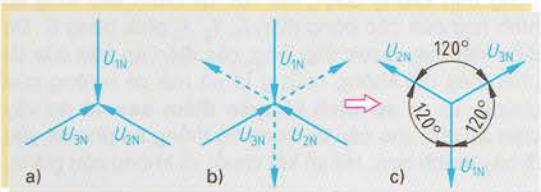
Các điện áp và dòng điện trong mạch sao

$U = \sqrt{3} \cdot U_{Str}$ $\qquad$ $I = I_{Str}$

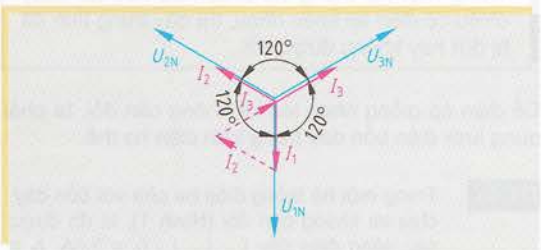
U Điện áp dây $\qquad$ I Dòng điện dây
U_{str} Điện áp pha $\qquad$ I_{str} Dòng điện pha



Hình 2: Biểu đồ thị đường biểu diễn của các dòng điện dây pha



Hình 3: Véc tơ của các điện áp trong mạch sao



Hình 4: Véc tơ của các dòng điện trong mạch sao

Với tải cân đối trong một lưới điện ba pha, dòng điện chạy qua dây trung tính bằng 0.

https://tieulun.hopto.org

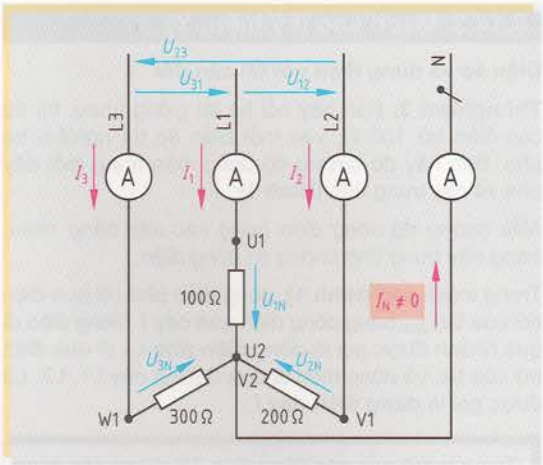
Các điện áp và dòng điện khi tải không cân đối

Thí nghiệm 4: Bạn hãy nối ba điện trở khác nhau vào lưới điện ba pha với mạch sao **(Hình 1)**. Bạn hãy đo các điện áp pha của tải và cường độ dòng điện dây của các dây L_1, L_2, L_3 và dây trung tính.

Điện áp pha của điện trở tải bằng nhau. Các dòng điện dây đi qua các dây không bằng nhau. Có dòng điện chạy qua dây trung tính.

Nếu trong một lưới điện ba pha, từng bóng đèn hay các ổ điện được dùng với các công suất khác nhau, được nối với các dây pha và dây trung tính, ta có sự chịu tải không cân đối. Trong các dây pha, cường độ dòng điện không giống nhau. Trong hình véc tơ, các véc tơ dòng điện có chiều dài khác nhau **(Hình 2)**. Nếu ta dùng phép cộng hình học cho các dòng điện, ta có dòng điện chạy trong dây trung tính I_N **(Hình 2)**. Dòng điện I_N càng lớn, nếu các dòng điện dây I_1, I_2 và I_3 đi qua các dây (L_1, L_2, L_3) càng khác nhau.

> Khi phân bố các mạch điện xoay chiều theo từng dây riêng lẻ của hệ thống ba pha, chúng ta nên lưu ý sao cho tải gần bằng nhau.

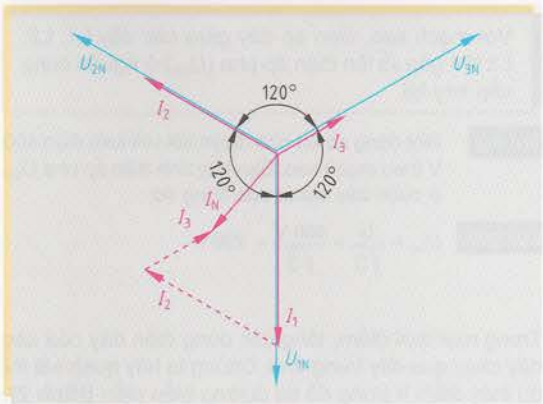


Hình 1: Mạch sao của các tải (với tải không cân đối)

Thí nghiệm số 5: Bạn hãy lặp lại thí nghiệm 4, nhưng không có dây trung tính. Bạn hãy đo các điện áp dây, các điện áp pha U1N, U2N, U3N của tải và các dòng điện qua dây pha.

Các điện áp dây bằng nhau. Các điện áp pha của điện trở tải khác nhau. Các dòng điện dây không giống nhau và ngoài ra các trị số đo không còn giống như trong thí nghiệm 4.

Trong hình véc tơ **(Hình 3)**, ta có thể nhận thấy rằng điểm sao N' đã dịch chuyển khỏi trung tâm. Do dây trung tính không được kết nối, tại điểm sao tổng số hình học của các dòng điện I_1, I_2, I_3 phải bằng 0. Để điều kiện này được đáp ứng, các điện áp pha của tải phải thay đổi không những trị số mà cả hướng của chúng. Ta có **sự dịch chuyển điểm sao** và do vậy điện áp pha cho các tải trong hệ thống ba pha sẽ yếu đi hay mạnh hơn. Hệ số kết chuỗi $\sqrt{3}$ không còn giá trị.



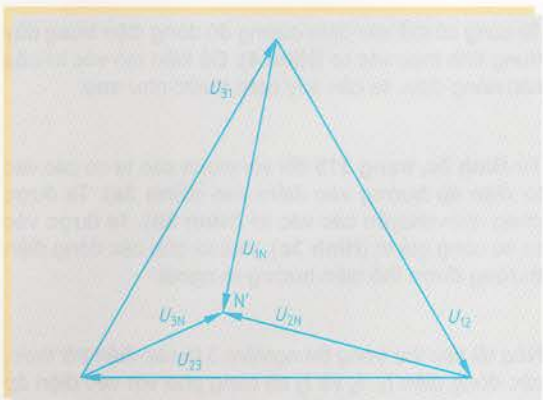
Hình 2: Véc tơ của các dòng điện trong mạch sao và với tải không cân đối của lưới điện bốn dây.

> Trong một hệ thống ba pha, nếu các tải xoay chiều có điện áp khác nhau, thì dây trung tính đã bị đứt hay không được nối.

Để điện áp giống nhau khi tải không cân đối, ta phải dùng lưới điện bốn dây trong lưới điện hạ thế.

Thí dụ: Trong một hệ thống điện ba pha với bốn dây, chịu tải không cân đối **(Hình 1)**, ta đo được các dòng điện dây L_1, L_2, L_3 I_1 = 2,5A, I_2 = 2,0A và I_3 = 1,0A. Hãy xác định cường độ dòng điện I_N qua dây trung tính.

Lời giải: Theo **Hình 2** ta được: I_N = 1,2A
(Tỉ lệ: 1 cm ≙ 1 A)



Hình 3: Véc tơ của điện áp dây và điện áp pha trong mạch sao với tải không cân đối, không có nối dây trung tính N.

https://tieulun.hopto.org

8.14.4 Mạch tam giác (Ký hiệu: Δ)

Nếu các pha (nhánh) của nguồn cung cấp, thí dụ cuộn dây của máy phát điện được nối theo hình tam giác, ta chỉ còn ba dây đi đến các tải. Một lưới điện như thế được gọi là lưới điện ba pha với ba dây. Lưới điện cao thế (380 kV, 220 kV, 110 kV) là lưới điện ba pha với ba dây.

Trong mạch tam giác **(Hình 1)**, điện áp dây giữa hai dây dẫn điện (L_1, L_2, L_3) bằng điện áp pha U_{str} của của tải.

> Trong mạch tam giác, điện áp pha U_{str} của nguồn cung cấp hay của tải bằng điện áp dây U12, U23, U31.

Các dòng điện với tải cân đối

Thí nghiệm 6: Bạn hãy nối ba tải giống nhau, thí dụ các điện trở 100 Ω theo mạch tam giác **(Hình 1)** với một biến áp thí nghiệm ba pha. Bạn hãy đo các dòng điện dây (L_1, L_2, L_3) và các dòng điện pha qua điện trở của tải.

Mỗi dòng điện dây lớn hơn dòng điện pha qua điện trở của tải $\sqrt{3}$ lần.

Trong mạch tam giác, các dòng điện dây rẽ nhánh **(Hình 1)**. Khi dùng quy tắc điểm nút, ta cần chú ý là từng dòng điện lệch pha với nhau. Do vậy cần phải dùng phép cộng hình học. Dòng điện dây I_1 là hiệu số hình học $I_{12} - I_{31}$, I_2 là hiệu số hình học $I_{23} - I_{12}$ và I_3 là hiệu số hình học $I_{31} - I_{23}$. (I_{12}, I_{31} ... là dòng điện pha đi qua cuộn dây hay tải - ND)

Trong trường hợp các điện trở nhánh của tải là các điện trở thực, các dòng điện pha qua các tải I_{12}, I_{31} và I_{23} có cùng pha với các điện áp pha của tải U_{12}, U_{31} và U_{23} **(Hình 2a)**. Để xác định các dòng điện dây I_1, I_2, I_3 ta có thể dịch chuyển song song các véc tơ của các dòng điện pha qua tải. Các dòng điện pha qua các tải I_{12}, I_{31}, I_{23} hình thành một ngôi sao (**Hình 2**b). Các đường nối liền giữa các dòng điện qua tải tương ứng với các dòng điện dây I_1, I_2 và I_3 (**Hình 2b**).

Trong **Hình 2b**, các dòng điện I_{12}, I_{31} và I_{23} hình thành một tam giác cân với góc đáy bằng 30°. Ta có thể phân chia tam giác này thành 2 tam giác vuông. Dùng công thức lượng giác ta được:

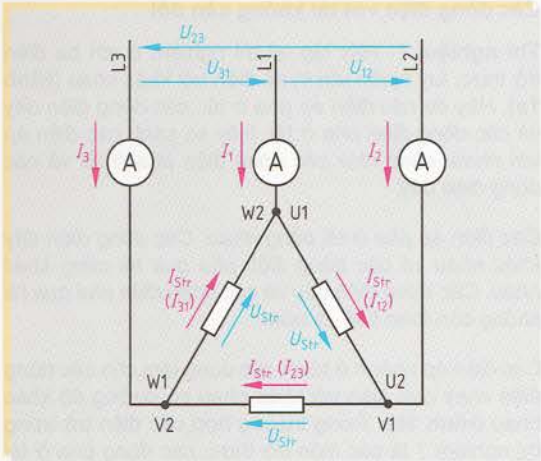
$$\frac{I_1}{2} = I_{31} \cdot \cos 30° = I_{31} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \Rightarrow \quad I = I_{Str} \cdot \sqrt{3}$$

> Trong mạch tam giác, dòng điện dây I lớn gấp $\sqrt{3}$ lần so với dòng điện pha I_{str} ở nguồn cung cấp hay tải.

Thí dụ: Trong một tải ba pha với mạch tam giác, dòng điện pha I_{12}, I_{23}, I_{31} chạy qua nhánh của nguồn cung cấp hay tải là 2,5A. Bạn hãy xác định a/ bằng cách tính và b/ bằng đồ họa các dòng điện dây qua dây L_1, L_2, L_3 (tỉ lệ: 1A=10mm).

Lời giải: a) $I_1 = I_2 = I_3 = \sqrt{3} \cdot I_{Str} = \sqrt{3} \cdot 2{,}5$ A = **4,3 A**

b) **Lời giải theo Hình 2b** $I_{23} = 2{,}5$ A ≙ 25 mm
$I_1 = I_2 = I_3$ ≙ 43 mm ≙ **4,3 A**

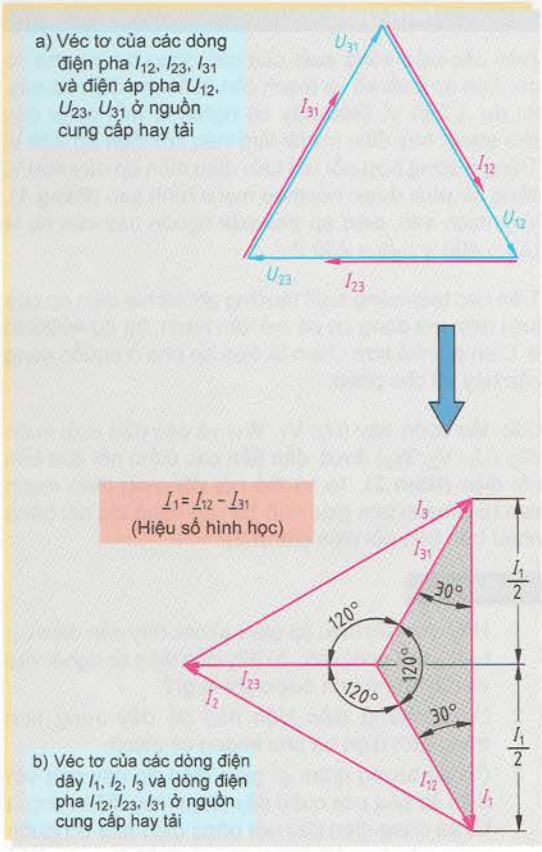


Hình 1: Mạch tam giác của các tải (tải đối xứng)

Các điện áp và dòng điện trong mạch tam giác

$$U = U_{Str} \qquad I = \sqrt{3} \cdot I_{Str}$$

U Điện áp dây — I Dòng điện dây
U_{Str} Điện áp pha — I_{Str} Dòng điện pha



Hình 2: Hình véc tơ của mạch tam giác

https://tieulun.hopto.org

Các dòng điện với tải không cân đối

Thí nghiệm 7: Hãy lặp lại thí nghiệm 6 với ba điện trở thực, tuy nhiên với trị số điện trở khác nhau (**Hình 1a**). Hãy đo các điện áp pha ở tải, các dòng điện dây và các dòng điện pha ở tải. Hãy so sánh các điện áp với nhau, cũng như các dòng điện pha ở tải và các dòng điện dây.

Các điện áp pha ở tải bằng nhau. Các dòng điện dây khác nhau và các dòng điện pha qua tải cũng khác nhau. Các dòng điện dây và các dòng điện pha qua tải không còn theo tỉ lệ $\sqrt{3}$ nữa.

Các điện áp nhánh ở tải có tác dụng làm cho các dòng điện chạy qua điện trở khác nhau có cường độ khác nhau (**Hình 1b**). Trong trường hợp các điện trở trong thí nghiệm 7 là các điện trở thực, các dòng pha ở tải I_{12}, I_{31} và I_{23} có cùng pha với các điện áp pha ở tải U_{12}, U_{31} và U_{23} (**Hình 1b**). Để xác định dòng điện dây, ta cần dịch chuyển các véc tơ của các dòng điện pha qua tải theo hướng song song (**Hình 1c**). Các dòng điện pha qua tải I_{12}, I_{31} và I_{23} làm thành một hình véc tơ không cân đối. Các đường nối giữa các véc tơ của các dòng điện pha qua tải tương ứng với các dòng điện dây I_1, I_2 và I_3.

8.14.5 Ứng dụng mạch sao và mạch tam giác

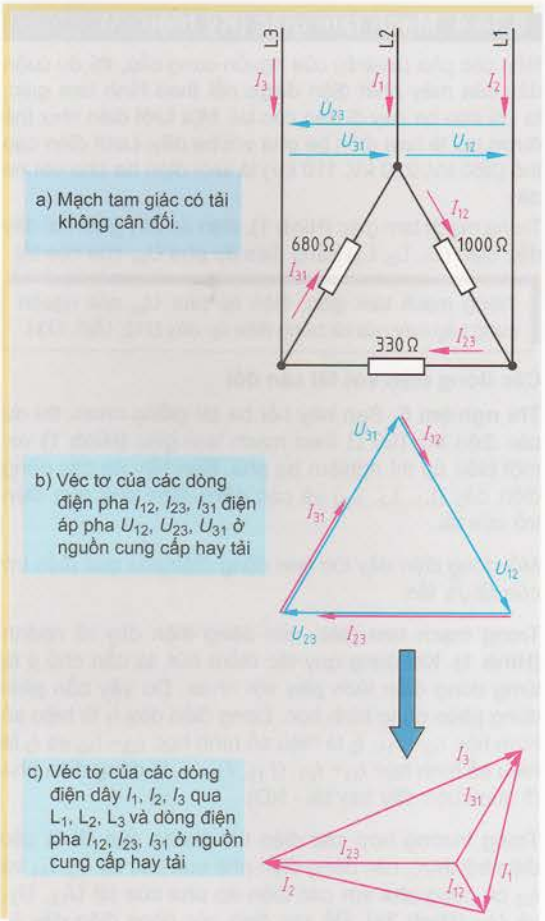
Trên các biển công suất của các động cơ ba pha có ghi điện áp thiết kế và mạch cần thiết cho điện áp này, thí dụ Δ 230 V. Điều này có nghĩa là mỗi cuộn dây pha stator hay điện trở tải làm việc với điện áp 230 V. Trong trường hợp nối với lưới điện điện áp dây 400 V, động cơ phải được nối theo mạch hình sao (**Bảng 1**). Với mạch sao, điện áp pha của nguồn hay của tải là U_{str} = 400 V : $\sqrt{3}$ = 230 V.

Trên các biển công suất thường ghi cả hai điện áp của lưới điện mà động cơ có thể vận hành, thí dụ 400/230 V. Điện áp nhỏ hơn chính là điện áp pha ở nguồn cung cấp hay tải cho phép.

Các đầu cuộn dây (U_1, V_1, W_1) và các đầu cuối cuộn dây (U_2, V_2, W_2) được dẫn đến các điểm nối của bản nối điện **(Hình 2)**. Ta có thể nối động cơ theo mạch sao hay mạch tam giác nhờ ba cầu công tắc dài bằng nhau trên bản nối điện **(Hình 2)**.

Bài tập:

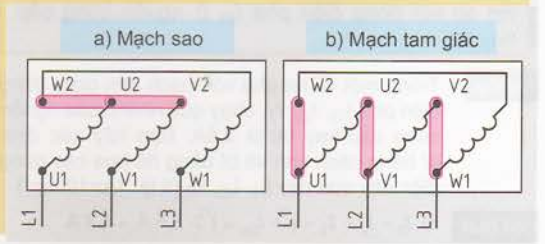
1. Hãy cho biết điện áp giữa a) các dây dẫn điện L_1, L_2, L_3 từ ngoài vào , b) dây dẫn điện từ ngoài vào và dây trung tính được gọi là gì?
2. Dưới những điều kiện nào để dây trung tính trong lưới điện ba pha không có điện?
3. Có sự tương quan gì giữa điện áp dây pha với điện áp pha của cuộn dây stator hay điện trở của tải và dòng điện dây với dòng điện pha ở nguồn cung cấp hay tải trong a) mạch hình sao và b) mạch tam giác?



Hình 1: Mạch điện và hình véc tơ của mạch tam giác có tải không cân đối

Bảng 1: Các mạch điện của các động cơ ba pha

Điện áp của lưới điện		690 V	400 V	230 V	500 V
Điện áp pha cho phép của cuộn dây trong động cơ	400 V	Y	Δ		
	230 V		Y	Δ	
	500 V				Δ
	289 V				Y



Hình 2: Các mạch điện trên bản nối điện cho động cơ lồng sóc ba pha

https://tieulun.hopto.org

8.14.6 Công suất của dòng điện xoay chiều ba pha

Ta có thể xác định công suất của một thiết bị được vận hành với điện ba pha qua công suất đơn lẻ của ba cuộn dây. Trên mỗi ba nhánh của tải với mạch sao cũng như mạch tam giác, ta có điện áp pha U_{str} của cuộn dây và dòng điện pha I_{str} đi qua ba cuộn dây. Công suất biểu kiến S của một cuộn dây do đó là $S_{str} = U_{str} \cdot I_{str}$. Như thế trong trường hợp tải cân đối, ta có công suất biểu kiến toàn phần là $S = 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str}$. Thông thường các điện áp dây và dòng điện dây dễ đo hơn các trị số pha của cuộn dây stator hay tải. Do vậy trong công thức $S = 3 \cdot U_{str} \cdot I_{str}$, người ta dùng đến các trị số của điện áp dây và dòng điện dây.

Công suất điện ba pha với tải cân đối

Mạch sao	Mạch tam giác
$I_{Str} = I \quad U_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}}$	$U_{Str} = U \quad I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}}$
$S = 3 \cdot I_{Str} \cdot U_{Str} = 3 \cdot I \cdot \frac{U}{\sqrt{3}}$	$S = 3 \cdot U_{Str} \cdot I_{Str} = 3 \cdot U \cdot \frac{I}{\sqrt{3}}$
$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$	$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$

Tương ứng với $P = S \cdot \cos\varphi$ ta có công suất thực cho điện ba pha: $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$ và với $Q = S \cdot \sin\varphi$ ta có công suất cảm kháng cho điện ba pha: $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$.

Người ta tính công suất cho mạch sao và mạch tam giác với cùng công thức.

Thí dụ: Một động cơ ba pha có dòng điện 8,7 A với điện áp dây U 400 V và cosφ = 0,83. Bạn hãy tính a) công suất thực P, b) công suất biểu kiến S và c/ công suất cảm kháng Q_L.

Lời giải:
a) $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 8,7\ A \cdot 0,83 =$ **5 kW**
b) $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 8,7\ A =$ **6,03 kVA**
c) $Q_L = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 8,7\ A \cdot 0,56 =$ **3,38 kvar**

So sánh sự tiêu thụ công suất của tải trong mạch sao và mạch tam giác

Thí nghiệm 8: Bạn hãy nối ba điện trở 100 Ω với lưới điện ba pha 400 V a) theo mạch sao b) theo mạch tam giác (**Hình**). Do các lý do an toàn, bạn hãy dùng thiết bị bảo vệ dòng rò RCD với $I_{\Delta n}$ = 30 mA. Hãy đo dòng điện dây cho cả hai mạch và tính công suất tiêu thụ cho từng mạch. Hãy lập tỷ số giữa công suất của mạch sao đối với mạch tam giác.

Mạch sao Y	Mạch tam giác Δ
$I = 2,3\ A$	$I = 6,9\ A$
$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$	$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$
$P = \sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 2,3\ A \cdot 1$	$P = \sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 6,9\ A \cdot 1$
$P \approx$ **1,6 kW**	$P \approx$ **4,8 kW**

$$\frac{P_\Delta}{P_Y} = \frac{4,8\ kW}{1,6\ kW} = 3$$

Với cùng điện áp lưới điện, công suất của tải tiêu thụ trong mạch tam giác lớn gấp ba lần so với mạch sao.

Công suất với tải cân đối

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$[S] = V \cdot A = VA = W$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$[P] = W$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

$$[Q] = var = W$$

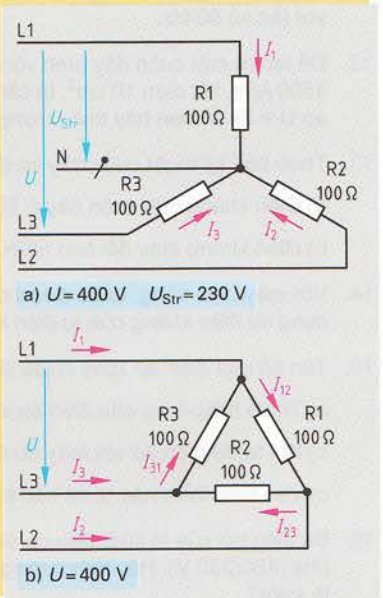
S	Công suất biểu kiến
U	Điện áp dây
I	Dòng điện dây
P	Công suất thực
Q	Công suất phản kháng
$\cos\varphi$	Hệ số hiệu dụng
$\sin\varphi$	Hệ số cảm kháng
φ	Góc lệch pha

Công suất và dòng điện với mạch tam giác và mạch sao

$$P_\Delta = 3 \cdot P_Y$$

$$I_\Delta = 3 \cdot I_Y$$

P_Δ	Công suất tiêu thụ với mạch tam giác
P_Y	Công suất tiêu thụ với mạch sao
I_Δ	Dòng điện trong mạch tam giác
I_Y	Dòng điện trong mạch sao



Hình 1: Mạch điện với điện trở
a) Trong mạch sao
b) Trong mạch tam giác

https://tieulun.hopto.org

8

Bài tập:

1. Một điện tích $3 \cdot 10^5$ As tác động một lực 25 mN. Cường độ điện trường là bao nhiêu?
2. Hai tấm kim loại cách nhau 10 mm được nối với một điện áp 2 kV.
   a) Cường độ điện trường giữa hai tấm kim loại là bao nhiêu?
   b) Một cuộn dây có tiết diện $A = 15\ cm^2$, chiều dài đường sức trung bình 30 cm với 1500 vòng dây, chạy qua cuộn dây là một dòng điện 1A . Cường độ từ trường, mật độ từ thông và từ thông trong cuộn dây là bao nhiêu?
3. Hãy mô tả ngắn gọn:
   a) Đường biểu diễn từ trễ.
   b) Sự liên hệ giữa độ từ dư và cường độ kháng từ (lực từ trễ).
   c) Sự khác nhau giữa đường biểu diễn từ trễ của một vật liệu từ cứng và từ mềm.
4. Hai đầu của một vòng dây điện được nối với một điện trở. Khi một dây điện dài 30 cm được di chuyển với vận tốc 10 m/s xuyên qua một từ trường đồng nhất có mật độ từ thông 1,5 T, cường độ dòng điện là bao nhiêu?
5. Bóng đèn dây tóc của một máy đo điện áp vì sơ ý để phát sáng trong 7 giờ. Nếu cường độ dòng điện là $I = 0{,}15$ A, lượng điện tích được chuyên chở là bao nhiêu?
6. Đuôi đèn dây tóc ghi 9 V/0,1 A. Điện trở của bóng đèn?
7. Một cục pin của đèn pin có điện áp trung bình 3 V cung cấp một dòng điện 0,14 A trong 30 giờ. Nếu giá tiền cục pin là 1 Euro, giá tiền cho 1kWh điện?
8. Một động cơ điện (4 V, 0,2 A) có hiệu suất 0,6. Công suất danh định cung cấp cho động cơ?
9. Một phân áp không tải được nối với điện áp 9 V. Trên $R_1 = 4{,}7\ \Omega$ ta có điện áp 3 V. Ta phải chọn R_2 bằng bao nhiêu?
10. Ta có: phân áp có tải, $U = 12$ V, $U_2 = 0{,}7$ V, $I_L = 6$ mA, tỷ lệ dòng ngang $q_i = 5$. Tìm: R_1, R_2.
11. Hãy tính chiều dài sóng (bước sóng) và khoảng cách lan truyền ($T = 20$ ms) của một điện áp xoay chiều với tần số 50 Hz.
12. Để tạo ra một cuộn dây hình vòng khăn với chiều dài đường sức trung bình 40 cm có cường độ từ trường 4500 A/m, tiết diện 10 cm^2, ta cần dây đồng dài bao nhiêu (? Cuộn dây 1200 vòng được nối với nguồn điện áp U = 24 V. Bạn hãy tính cường độ dòng điện qua cuộn dây và điện trở thực (ohm) của cuộn dây.
13. Theo bản kỹ thuật,cuộn dây có điện cảm bằng 3 H.
   a) Điện kháng của cuộn dây ở 60 Hz?
   b) Điện kháng thay đổi bao nhiêu % khi tần số giảm đi 15%?
14. Với máy hiện sóng, ta đo được các trị số đỉnh của một tụ điện: $i_s = 1{,}6$ mA và $u_s = 3{,}5$V. Bạn hãy tính điện dung và điện kháng của tụ điện khi tần số điện xoay chiều là 1,5 kHz.
15. Tần số một điện áp xoay chiều dạng sin là $f = 50$ Hz. Trị số cực đại đo được: $u_s = 326$ V.
   a) Trị số hiệu dụng của điện áp xoay chiều?
   b) Khi ta đo điện áp với máy đo điện áp thông dụng, ta có trị số bao nhiêu?
   c) Vào thời điểm nào ta có các trị số tức thì: $U_1 = 25$V, $U_2 = -30$ V, $U_3 = 211$ V.
16. Ba điện trở của lò sưởi đều có điện trở là $R = 16{,}255\ \Omega$. Các điện trở được nối mạch sao vào lưới điện ba pha (400/230 V). Hãy tính cường độ dòng điện dây, các công suất pha và toàn bộ công suất danh định của lò sưởi?
17. Hãy tính các cường độ dòng điện pha, các công suất pha và tổng công suất của một lò sưởi có các điện trở nung đều bằng $R = 100\ \Omega$. Các điện trở này được nối với lưới điện ba pha theo mạch tam giác (400/230 V).

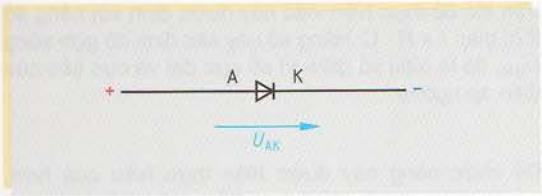
https://tieulun.hopto.org

8.15 Cơ bản linh kiện điện tử

Thông thường linh kiện điện tử được chế tạo bằng chất bán dẫn. Người ta hiểu chất bán dẫn là chất rắn cách điện hay dẫn điện. Điều này tùy thuộc vào các điều kiện môi trường, thí dụ như nhiệt độ, năng lượng đưa vào dưới dạng điện áp, dòng điện, ánh sáng... Sau đây các linh kiện điện tử quan trọng nhất.

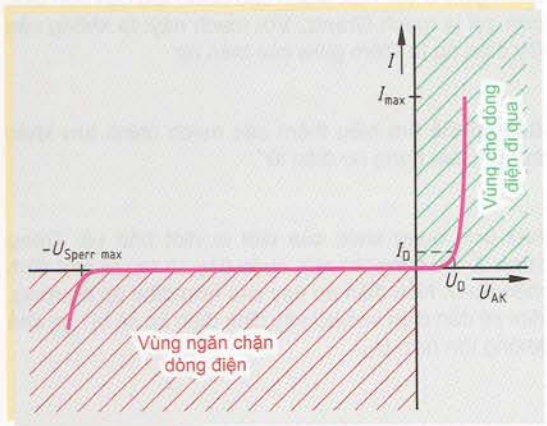
8.15.1 Điôt

Điốt là linh kiện bán dẫn có mục đích hầu như chỉ cho dòng điện chạy theo một hướng. Chúng có hai mối nối, được gọi anốt (A) và catốt (C) (xem **Hình 1**). Mối nối catốt thường nối với vỏ linh kiện và được đánh dấu bằng một vòng tròn.



Hình 1: Ký hiệu điôt

Khi có điện áp và được đo từ anốt đến catôt, nếu $U_{AK} > 0$, điôt được nối theo hướng dẫn điện; nếu $U_{AK} < 0$, điôt được nối theo hướng không dẫn điện. **Hình 2** trình bày đồ thị tiêu biểu của điôt.

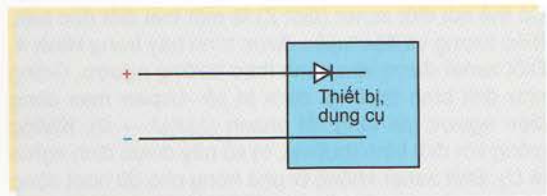


Hình 2: Đồ thị điôt

Dòng điện dẫn gia tăng rất nhanh và rất mạnh khi điện áp vượt qua điện áp ngưỡng U_D. Nếu dòng điện vượt qua trị số cho phép I_{max} sẽ phá hỏng điôt. Thông thường để tránh việc này, một điện trở được nối tiếp. Trị số điện áp ngưỡng U_D tùy theo loại điôt. Điôt loại germanium có U_D từ 0,2 đến 0,4 V và điôt silic từ 0,5 đến 0,8 V.

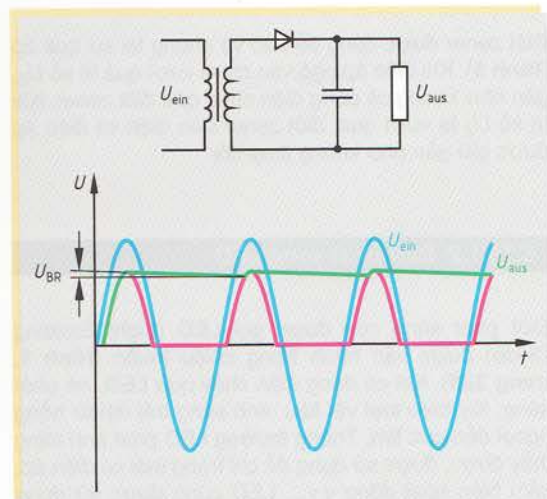
Nếu điôt được vận hành theo hướng ngược, cho đến điện áp $-U_{sperr\ max}$ hầu như không có dòng điện chạy qua điôt. Với điôt thông thường khi điện áp thấp hơn $-U_{sperr\ max}$, điôt bị phá hỏng.

Nhiều thiết bị được bảo vệ bằng các điôt chống nối sai cực (**Hình 3**). Nếu thiết bị được nối đúng với nguồn DC, nó hoạt động. Nếu nối sai, thiết bị không hoạt động, nhưng không bị hư hỏng.



Hình 3: Điôt bảo vệ sai cực

Một lĩnh vực ứng dụng khác là mạch chỉnh lưu. **Hình 4** trình bày bộ chỉnh lưu nửa sóng. Từ điện áp dạng sin ở ngõ vào (đường biểu diễn xanh da trời) được tạo thành điện áp một chiều. Nếu không có tụ điện, điện áp ngõ ra là đường biểu diễn màu đỏ. Trị số điện áp thấp hơn điện áp ngưỡng "bị cắt". Với tụ điện trong nửa chu kỳ dương đầu tiên, tụ điện được nạp điện với trị số $U_{aus} = U_{ein} - U_D$. Trong khoảng $U_{ein} - U_{aus} < U_D$, điôt ngắt điện và tụ điện phóng điện qua điện trở.



Hình 4: Bộ chỉnh lưu nửa sóng

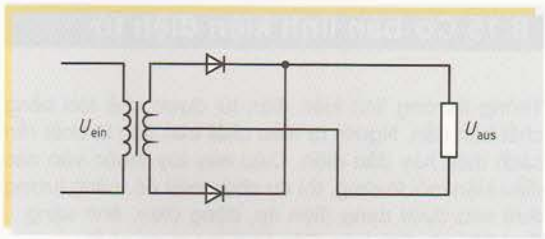
https://tieulun.hopto.org

Vận tốc để thực hiện việc này được định với hằng số thời gian $\tau = R \cdot C$. Hằng số này xác định độ gợn sóng U_{BR}, đó là hiệu số giữa trị số cực đại và cực tiểu của điện áp ngõ ra.

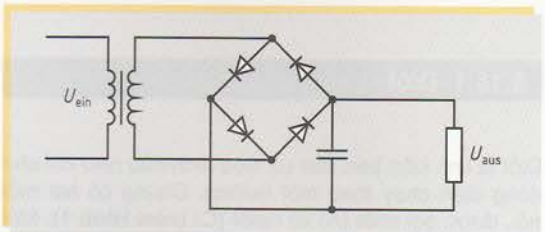
Để chức năng này được hiện thực hiệu quả hơn, người dùng mạch chỉnh lưu điểm giữa (**Hình 1**) hay mạch cầu chỉnh lưu (**Hình 2**). Mạch chỉnh lưu điểm giữa chỉ cần hai điôt, nhưng đòi hỏi sự lấy điện áp từ điểm giữa ở biến áp. Mạch cầu chỉnh lưu cần bốn điôt, còn gọi là mạch Graetz. Với mạch này, ta không cần lấy điện áp từ điểm giữa của biến áp.

Bạn có thể tìm hiểu thêm các mạch chỉnh lưu khác trong "Cẩm nang cơ điện tử".

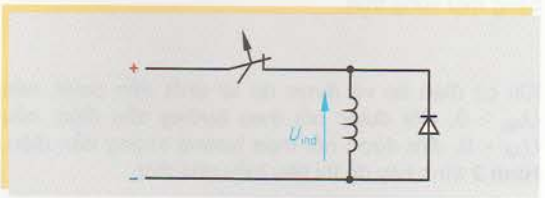
Một ứng dụng khác của điôt là điôt bảo vệ. Trong **Hình 3**, khi công tắc mở, cuộn dây sẽ tạo ra một đỉnh điện áp U. Nếu điện áp này cao hơn điện áp ngưỡng, điôt sẽ dẫn điện và nhờ vậy đỉnh điện áp sẽ bị hạn chế không lớn hơn U_D.



Hình 1: Mạch chỉnh lưu điểm giữa



Hình 2: Cầu chỉnh lưu

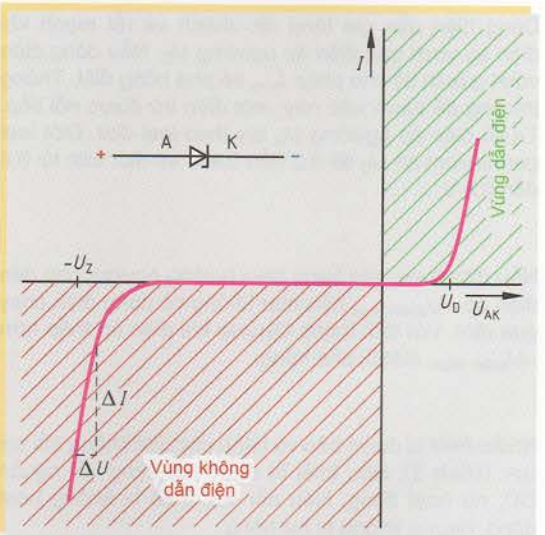


Hình 3: Điôt bảo vệ (chống điện áp đỉnh)

8.15.1.1 Điôt zener

Có thể nói điôt zener (điôt Z) là một loại điôt đặc biệt. Biểu tượng và đặc tuyến được trình bày trong **Hình 4**. Điốt zener được vận hành theo hướng ngược. Giống như điôt bình thường, dưới trị số -*U*sperr max dòng điện ngược gia tăng rất nhanh ($\Delta U/\Delta I \rightarrow 0$). Không giống với điôt bình thường, trị số này được định nghĩa là U_Z. Điốt zener không bị phá hỏng cho dù hoạt động dưới trị số này nếu dòng điện ngược cực đại không bị vượt quá.

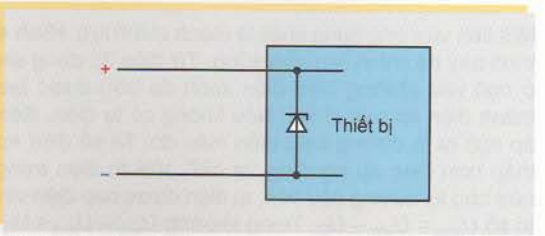
Điôt zener được dùng để bảo vệ chống lại sự quá áp (**Hình 5**). Khi điện áp ngõ vào chưa vượt quá trị số U_Z, gần như không có dòng điện chạy qua điôt zener. Khi trị số U_Z bị vượt qua, điôt zener dẫn điện và điện áp được giữ gần như không thay đổi.



Hình 4: Đặc tuyến và ký hiệu của điôt zener

8.15.1.2 Điôt phát sáng LED

Điôt phát sáng còn được gọi LED (Light Emitting Diode) được vận hành trong chiều thuận (**Hình 1, trang 325**). Khi có dòng điện chạy qua LED, nó phát sáng; tùy theo loại vật liệu, ánh sáng trải dài từ hồng ngoại đến cực tím. Thông thường LED phát ánh sáng thấy được, được sử dụng để chỉ trạng thái có điện áp, cảm biến hoạt động v.v... LED cũng được sử dụng trong xe hơi, thí dụ đèn tín hiệu (đèn thắng...).



Hình 5: Bảo vệ quá áp

https://tieulun.hopto.org

8.15.2 Transistor

Về nguyên tắc, chúng ta có hai loại transistor: transistor lưỡng cực và transistor hiệu ứng trường (FET). Cả hai khác nhau cơ bản về cách điều khiển.

Transistor lưỡng cực có ba mối nối, cực gốc (B), cực thu (C) và cực phát (E) (**Hình 2**). Nếu cực gốc được điều khiển, cực gốc của transistor npn phải dương hơn cực thu và cực phát để có dòng điện chạy từ cực gốc đến cực phát cũng như dòng điện I_{BC}. Trong trường hợp transistor pnp, diễn biến ngược lại.

Để thử xem chức năng transistor lưỡng cực còn tốt hay không, ta có thể dùng máy đo vạn năng để đo xem điôt cực gốc-cực phát và điôt cực gốc-cực thu còn có tính chất điôt hay không.

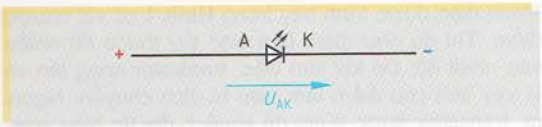
Người ta dùng transistor lưỡng cực để khuếch đại hay đóng, mở tín hiệu. Ở đây ta tận dụng một tính chất của transistor. Nếu có một dòng điện I_B nhỏ trong transistor npn chạy từ cực gốc đến cực phát, một dòng điện lớn có thể chạy từ cực thu đến cực phát.

Hình 3 trình bày các trị số đặc trưng của transistor npn. Transistor có thể vận hành với ba mạch cơ bản khác nhau:

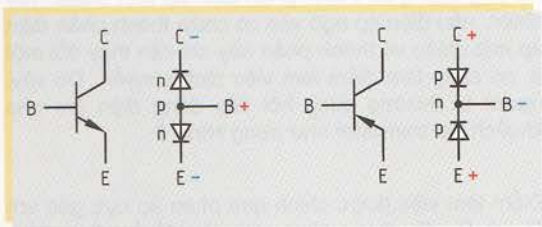
- Mạch cực phát; ngõ vào : U_{BE}, ngõ ra: U_{CE}
- Mạch cực thu; ngõ vào : U_{CB}, ngõ ra: U_{CE}
- Mạch cực gốc (nền); ngõ vào : U_{BE}, ngõ ra: U_{CB}

Với mạch cực phát transistor đạt được sự khuếch đại công suất lớn nhất. Vì sự liên hệ giữa các trị số đặc trưng thường không tuyến tính, các tính chất của transistor được thể hiện qua bốn vùng đặc tuyến (**Hình 4**). Sau đây ta tìm hiểu cách thức hoạt động của bộ khuếch đại transistor theo **Hình 1, trang 326**.

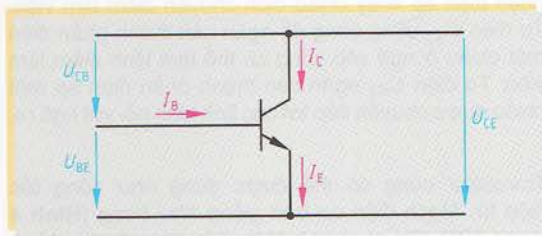
Transistor được vận hành theo mạch cực phát. Qua điện trở trước R_V, một dòng điện cực gốc cố định I_B được chỉnh. Dòng điện này được chọn sao cho trong mạch khuếch đại, nó nằm ở giữa vùng đặc tuyến ngõ ra (**Hình 2, trang 326**).



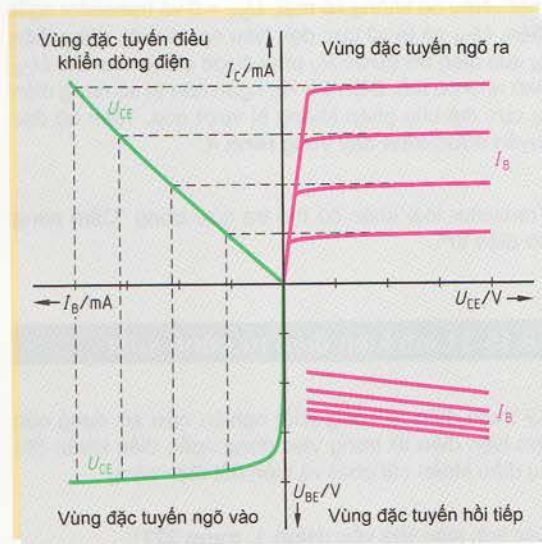
Hình 1: Biểu tượng điôt phát sáng LED



Hình 2: Biểu tượng transistor lưỡng cực



Hình 3: Các trị số đặc trưng của transistor lưỡng cực



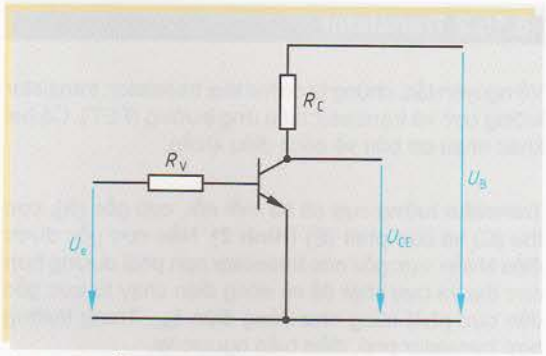
Hình 4 : Các vùng đặc tuyến transistor

Đường thẳng làm việc được xác định với điện trở cực thu R_C, đường thẳng này đi qua điểm làm việc trong tình trạng tĩnh. Trị số R_C có được từ dòng I_C cực đại cho phép của transistor (với U_{CE} = 0V) và điện áp nguồn cung cấp U_B. Ta tìm được điểm thứ hai của đường làm việc khi transistor bị ngắt điện (I_C = 0mA). Khi đó điện áp U_{CE} = U_B.

Nếu bây giờ tín hiệu đầu vào U_e được phối hợp thêm một tín hiệu xoay chiều, dòng I_B thay đổi, làm cho I_C và I_{CE} thay đổi theo. Vì một thay đổi nhỏ của dòng cực gốc đưa tới thay đổi lớn của dòng cực thu và như thế của điện áp U_{CE}, ta có khuếch đại điện áp và cả khuếch đại dòng điện (**Hình 2, trang 326**).

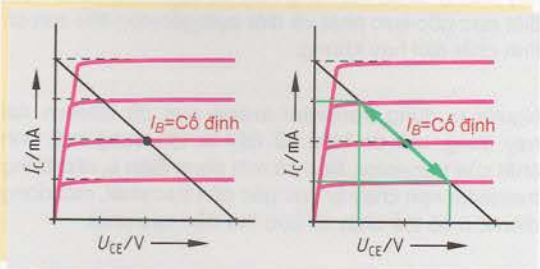
https://tieulun.hopto.org

Mạch điện được trình bày trong **Hình 1** có vài nhược điểm. Thí dụ như điểm làm việc tùy thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Do khi làm việc, transistor nóng lên và vì vậy làm cho điểm làm việc bị dịch chuyển. Ngoài ra, transistor được dùng để khuếch đại tín hiệu xoay chiều. Điều này có nghĩa điện áp ngõ vào U_e thông thường không có thành phần điện áp một chiều. Tuy nhiên, nếu điện áp ngõ vào có chứa thành phần điện áp một chiều và thành phần này chỉ cần thay đổi một ít, nó cũng làm điểm làm việc dịch chuyển. Do vậy, người ta thường dùng hồi tiếp dòng điện âm cho khuếch đại transistor như trong **Hình 3**.



Hình 1: Khuyếch đại transistor

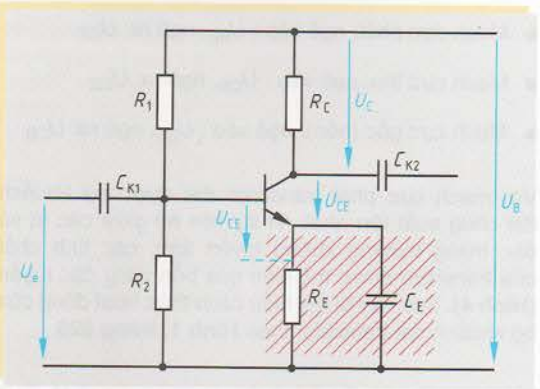
Điểm làm việc được chỉnh qua phân áp cực gốc với R_1 và R_2. R_E được dùng chủ yếu để ổn định điểm làm việc. Tụ điện C_E được dùng để ngăn cản thành phần điện áp xoay chiều dịch chuyển điểm làm việc. Tụ điện C_{K1} cũng dùng để ngăn cản thành phần điện một chiều ở ngõ vào cũng có thể làm lệch điểm làm việc. Tụ điện C_{K2} ngăn cản thành phần điện áp một chiều được chuyển tiếp tới các linh kiện nối với ngõ ra.



Hình 2: Chỉnh điểm làm việc

Transistor cũng có thể được dùng như công tắc điện tử. Mạch điện cơ bản giống như trong (**Hình 4 trang 325**). Chỉ có khác biệt là, điện áp ngõ vào chỉ có thể chấp nhận hai trạng thái: "có mặt" hay "không có mặt". Nếu nó không có mặt, $U_{BE} = 0$ và transistor ngắt điện, U_{CE} có trị số cực đại. Nếu nó có mặt, dòng điện I_B qua điện trở trước R_V phải được chỉnh sao cho U_{CE} nhỏ như có thể. Điện trở R_C ngăn cản trị số dòng điện I_C cực đại cho phép không bị vượt qua. Toàn bộ đặc tuyến được trình bày trong **Hình 4**.

Transistor loại khác có thể tra cứu trong "Cẩm nang cơ điện tử".



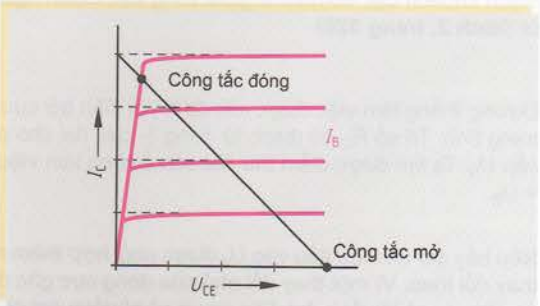
Hình 3: Khuếch đại transistor với hồi tiếp dòng điện âm

8.15.3 Linh kiện điện tử công suất

Kỹ thuật điện tử công suất nghiên cứu sử dụng các linh kiện điện tử trong việc đóng ngắt, điều khiển (thí dụ điều khiển cắt pha) và biến đổi điện năng.

Các linh kiện chủ yếu (**Hình 1, trang 327**):

- Điôt công suất
- Diac (Diode Alternating Current Switch)
- Triac (Triode alternating Current Switch)
- Thyristor (Điôt điều khiển được)
- GTO (Gate Turn Off Thyristor), thyristor có thể ngắt điện bằng cổng gate
- IGBT (Isulated Gate Bipolar Transistor)

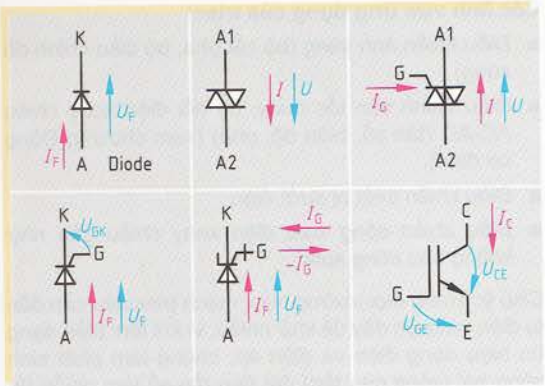


Hình 4: Transistor là công tắc

https://tieulun.hopto.org

8.15.3.1 Điôt công suất

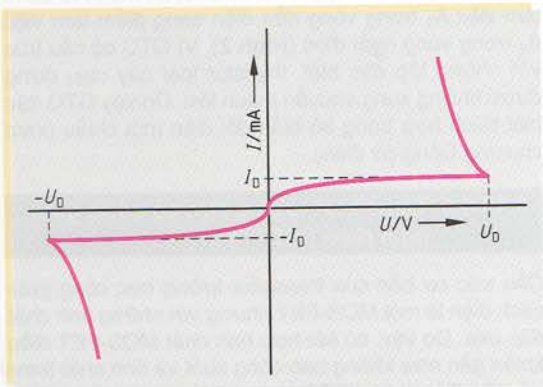
Điôt công suất chủ yếu được dùng trong mạch chỉnh lưu không điều khiển (xem phần Động cơ, trang 353) cũng như điôt bảo vệ, điôt ngắt điện. Trong vùng dẫn điện, nó dẫn dòng điện lớn; trong vùng không dẫn điện, nó cách điện với điện áp lớn.



Hình 1: Các linh kiện của điện tử công suất

8.15.3.2 Điac

Điac là một điôt hai chiều với trạng thái điện trở cao và điện trở thấp. Ở điện áp đánh thủng U_D, nó chuyển từ trạng thái điện trở cao sang điện trở thấp; khi dòng điện thấp hơn I_D nó trở về trạng thái điện trở cao. Nó có thể lật sang trạng thái khác trong cả hai chiều dòng điện. Do vậy người ta nói điac là công tắc hai chiều (**Hình 2**).



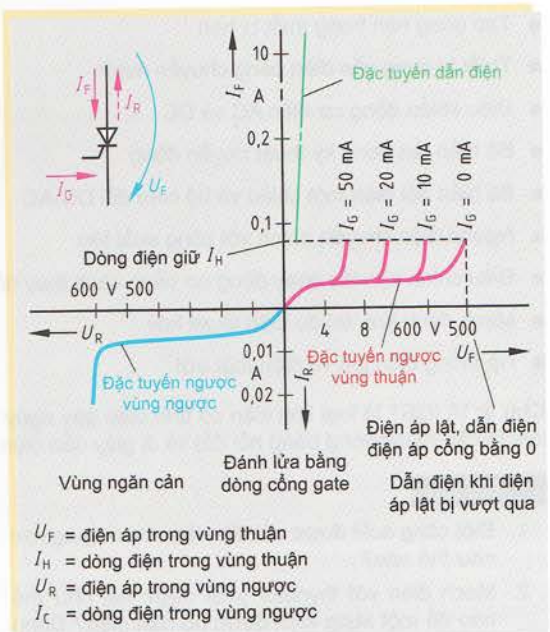
Hình 2: Đặc tuyến diac, U_D điện áp đánh thủng

Ứng dụng của diac:

- Công tắc đóng mở không cần tiếp điểm cho dòng điện nhỏ
- Điều khiển Triac

8.15.3.3 Thyristor cổng p

Thyristor cổng p là một triôt có ba mối nối, anốt A (lớp p), catốt C (lớp n) và cực điều khiển G ở lớp n. Nếu điện áp giữa anốt và catốt U_{AK} âm, thyristor không dẫn điện. Với U_{AK} dương, đầu tiên thyristor không dẫn điện. Bây giờ nếu ở cổng G có một dòng điện (**Hình 3**) thyristor dẫn điện. Nếu dòng anốt-catốt đủ lớn, thyristor tiếp tục dẫn điện dù không có dòng điều khiển ở cổng G. Nếu dòng anốt giảm thấp hơn dòng giữ I_H, thyristor lại ngắt điện. **Chú ý:** từ trạng thái ngắt điện sang trạng thái dẫn điện, thyristor cần một thời gian.



Hình 3: Vùng đặc tuyến thyristor

Ứng dụng của Thyristor:

- Chức năng của một điôt điều khiển được
- Công tắc đóng mở không cần tiếp điểm
- Chỉnh lưu có điều khiển (xem chương Động cơ)

8.15.3.4 Triac

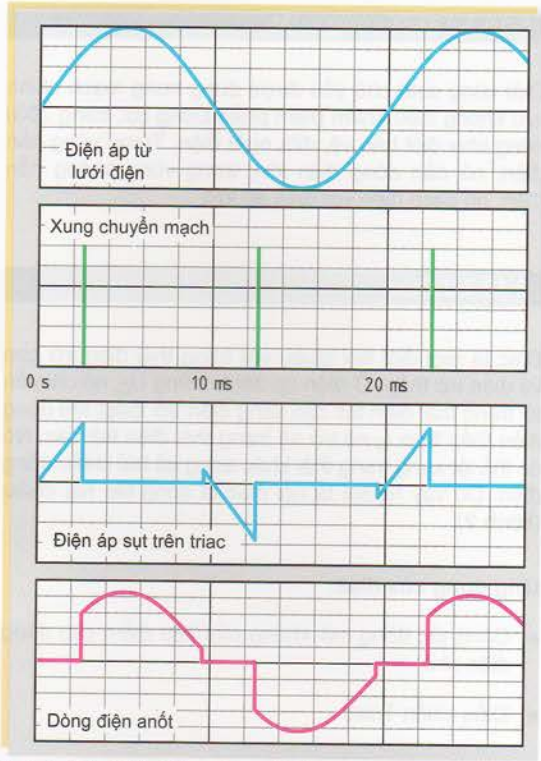
Nguyên tắc triac là mạch song song đối nghịch của hai thyristor nhưng cùng cổng gate. Nhờ vậy có thể điều khiển cả hai nửa sóng của điện áp xoay chiều (Đặc tuyến xem sách Cẩm nang).

https://tieulun.hopto.org

Các lĩnh vực ứng dụng của triac:

- Điều khiển ánh sáng (bộ cắt pha, bộ điều chỉnh độ sáng)
- Điều chỉnh vận tốc quay, bộ đổi điện xoay chiều AC-AC (tần số, biên độ, pha) (xem chương Động cơ điện).
- Điều khiển thiết bị sưởi điện
- Điều khiển công suất điện xoay chiều gần như không hao công suất

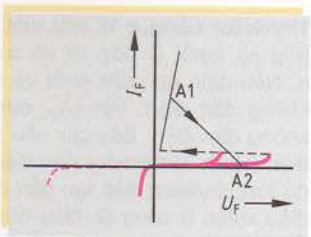
Chú ý: Trong mọi trường hợp, mạch triac đều cần đến tụ điện và cuộn dây để khử nhiễu, vì khi làm biến dạng tín hiệu dòng điện và điện áp, chúng làm phát sinh sóng hài (sóng cao tần) đạt đến tần số làm nhiễu tín hiệu radio (**Hình 1**).Với thyristor GTO, ta có thể dùng một dòng điện cổng gate âm để làm thyristor không còn dẫn điện. Như vậy, GTO sẽ chuyển mạch từ điểm làm việc A_1 trong vùng dẫn điện sang điểm làm việc A_2 trong vùng ngắt điện (**Hình 2**). Vì GTO có cấu trúc với những lớp đặc biệt, thyristor loại này chịu đựng được những xung chuyển mạch lớn. Do vậy GTO đặc biệt thích hợp trong bộ biến đổi điện một chiều (xem chương Động cơ điện).



Hình 1: Điều khiển bằng diac với đồ thị điện áp và dòng

8.15.3.5 Transistor lưỡng cực có cổng gate ngắt điện (IGBT[1])

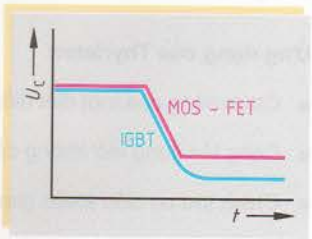
Cấu trúc cơ bản của transistor lưỡng cực cổng gate cách điện là một MOS-FET nhưng với những tính chất đặc biệt. Do vậy, nó kết hợp tính chất MOS-FET điều khiển gần như không hao công suất và tính chất transistor lưỡng cực có điện trở dẫn điện thấp. IGBT khác biệt so với MOS-FET trong cách thức chuyển mạch: trong trạng thái dẫn điện, nó có điện áp sụt thấp (**Hình 3**).



Hình 2: Cách thức làm việc của GTO

Ứng dụng của IGBT:

- Tạo dòng hàn trong thiết bị hàn
- Thiết bị cung cấp điện bằng chuyển mạch
- Điều khiển động cơ điện AC và DC
- Bộ biến tần trong kỹ thuật truyền động
- Bộ biến đổi điện một chiều và bộ biến đổi DC-AC
- Nguồn điện chuyển mạch với công suất lớn
- Điều chỉnh vận tốc quay động cơ bằng cách thay đổi tần số
- Mạch đánh lửa, thí dụ điện tử xe hơi
- Hệ thống điện gió và điện mặt trời



Hình 3: Cách thức đóng điện của IGBT

Chú ý: Vì IGBT là loại linh kiện có tĩnh điện gây nguy hiểm, cho nên khi tiếp xúc ta cần mang vòng băng nối đất và đi giày dẫn điện.

Bài tập:

1. Điôt công suất được nối điện theo hướng ngược như thế nào?
2. Mạch điện với thyristor phải được nối như thế nào để một xung kích được nó dẫn điện? Dòng anốt nào có thể chạy?
3. Các tính chất của triac trong mạch điện chính?
4. Hãy vẽ một mạch bán cầu với IGBT (xem chương Động cơ điện) và giải thích mạch điện (Biểu đồ xung).

[1] **IGBT**: viết tắt từ Insulated Gate Bipolar Transistor

https://tieuluan.hopto.org

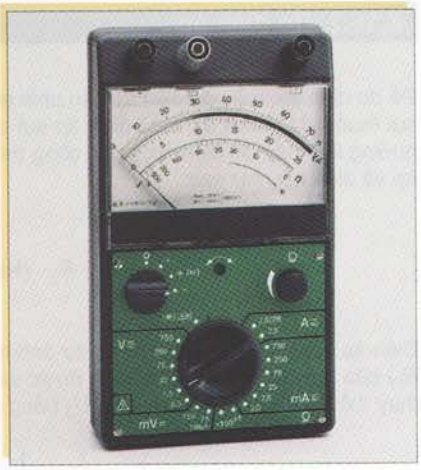
8.16 Cơ bản kỹ thuật đo điện

8.16.1 Thu nhận các đại lượng điện: Máy đo

Giác quan của con người không thể ghi nhận được điện áp và cường độ dòng điện một cách trực tiếp. Việc đo các đại lượng điện một cách gián tiếp đòi hỏi phải biến đổi chúng thành những đại lượng vật lý khác. Sự hiển thị các đại lượng này có thể hoặc bằng hình thức analog hay digital (**Hình 3**). Việc đo điện áp và dòng điện một cách gián tiếp bắt buộc sẽ dẫn đến những nguồn lỗi khác nhau:

- Sự hao hụt khi biến đổi những đại lượng vật lý
- Lỗi hiển thị do sự chia nhỏ độ các trị số đo
- Thị sai (lỗi đọc)

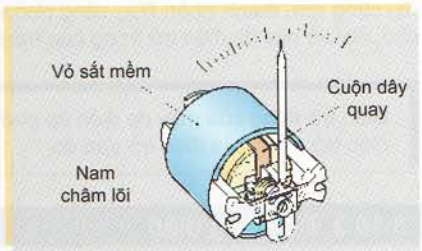
Các máy đo được đặc trưng với điện trở trong R_i.



Hình 1: Máy đo vạn năng kim chỉ thị

Điện kế kim chỉ thị

Điện kế chỉ thị kim (**Hình 2**) biến đổi các đại lượng điện (năng lượng) bằng điện từ hay điện động thành đại lượng cơ học (mômen quay). Chuyển động quay làm căng một lò xo. Kim chuyển động theo chuyển động quay, ta có thể đọc trị số tương ứng trên mặt chỉ thị.



Hình 2: Điện kế khung quay

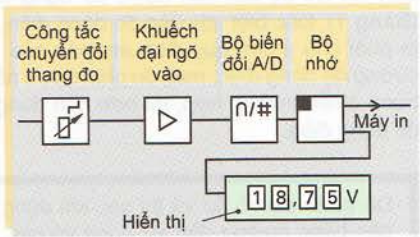
Do sự không tuyến tính và ảnh hưởng từ bên ngoài (nhiệt độ v.v...), độ chính xác của hiển thị lớn nhất ở phần ba vùng trên của thang đo. Điện trở trong thay đổi rất lớn trong các vùng khác nhau của thang đo.

Tùy theo thiết kế, điện kế chỉ thị kim dùng để đo các đại lượng điện, thí dụ như đo điện trở, công suất, tần số, năng lượng (công tơ điện).

Hình 3: Máy đo vạn năng digital

Máy đo vạn năng digital (Hình 3)

Máy đo đa năng digital biến đổi các đại lượng điện analog thành đại lượng điện digital nhờ mạch biến đổi analog-digital, và nhờ vậy các đại lượng điện có thể hiển thị thành số. Máy đo đa năng digital không có sự tiêu hao cơ học (sự cọ xát) và với chỉ thị số không có lỗi thị sai. Như vậy hai nguồn sai số bị xóa bỏ, các sai số này có thể làm sai lệch kết quả đo. Sai số đo của máy đo đa năng digital tùy thuộc phần lớn vào chất lượng của bộ biến đổi analog-digital. Máy đo đa năng digital không có các linh kiện cơ học và xử lý các đại lượng cần đo với bộ lọc và mạch khuếch đại điện tử.



Hình 4: Sơ đồ khối một máy đo vạn năng digital

Điện trở ngõ vào (điện trở trong) của máy đo đa năng digital giữ được cố định trong tất cả các vùng của thang đo điện áp, nó có một trị số cao.

https://tieulun.hopto.org

8.16.2 Đo điện áp

Để đo điện áp, máy đo điện áp cần phải nối song song với điện áp sụt muốn đo (**Hình 2**). Nếu điện áp sụt của R_2 không có sự ảnh hưởng lên máy đo điện áp, ta có công thức liên hệ giữa tỷ lệ điện áp và điện trở như sau:

$$U_2 = \frac{U_G}{(R_1 + R_2)} \cdot R_2 \quad \textbf{(Hình 1)}$$

Điện áp sụt của R_2 bị thay đổi do sự ảnh hưởng của điện trở trong R_{iV} của máy đo điện áp. Để tính được sai số kết quả đo, ta phải thay thế R_2 trong công thức tính U_2 bằng R_{2iV}:

$$\frac{1}{R_{2iV}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{iV}}$$

R_{iV} càng lớn, thành phần R_{2iV} càng nhỏ và do đó sai số đo càng nhỏ. Sai số này do điện trở trong của máy đo điện áp gây ra.

> Điện trở trong của máy đo điện áp phải lớn hơn nhiều so với điện trở trong của điện trở cần đo.

8.16.3 Đo dòng điện

Để đo dòng điện trong một mạch điện, dòng điện phải được dẫn qua máy đo dòng điện, điều đó có nghĩa máy đo phải được mắc nối tiếp. Cường độ dòng điện trong mạch điện (**Hình 3**) bị điện trở trong của máy đo làm ảnh hưởng. Sự thay đổi này đưa đến sai số.

- Cường độ dòng điện được tính khi không có sai số do máy đo dòng điện:

$$I = \frac{U_G}{(R_1 + R_2)}$$

- Nếu điện trở trong R_{iA} của máy đo được kể đến, cường độ dòng điện sẽ là:

$$I = \frac{U_G}{(R_1 + R_2 + R_{iA})}$$

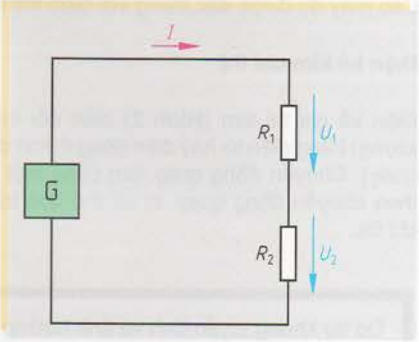
> Điện trở trong R_{iA} của máy đo dòng điện cần phải càng nhỏ càng tốt.

Máy đo chỉ thị kim cần được sử dụng một cách chuyên nghiệp (**Bảng 1**). Đặc biệt với việc đo dòng điện, công suất, năng lượng, ta phải chú ý đến quy định an toàn của nhà sản xuất. Vì khi đo cường độ dòng điện, máy đo phải được nối vào mạch điện, do vậy trong nhiều trường hợp, tốt hơn nên dùng kềm không tiếp xúc để đo dòng điện.

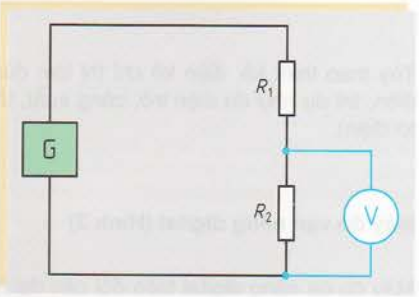
> Để tránh sai số đo và thị sai, khi dùng máy đo ta phải chú ý đến bảng hướng dẫn sử dụng và các biểu tượng trên thang đo (**Bảng 1**).

Bảng 1: Biểu tượng trên thang đo

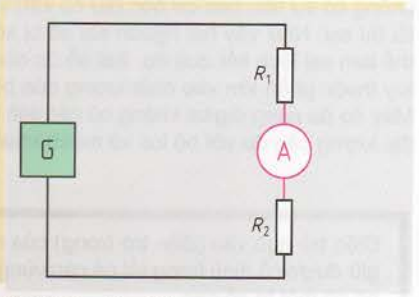
≂	Điện xoay chiều và một chiều	30°	Đặt nghiêng 30^0
	Máy đo có mạch khuếch đại	☆	Ký hiệu điện áp kiểm tra: Số trong ngôi sao là điện áp kiểm tra theo kV (ngôi sao không có số: điện áp kiểm tra 500 V)
⊥	Đặt đứng thẳng góc		
⌐	Đặt nằm ngang	⚠	Chú ý (Bảng hướng dẫn sử dụng)
	Điện kế khung quay với nam châm vĩnh cửu	○	Che chắn chống từ trường
	Điện kế khung quay với chỉnh lưu	1,5	Cấp bậc, căn cứ theo trị số cuối của thang đo



Hình 1: Mạch nối tiếp điện trở



Hình 2: Đo điện áp



Hình 3: Đo dòng điện

https://tieulun.hopto.org

8.16.4 Mạch sai số điện áp

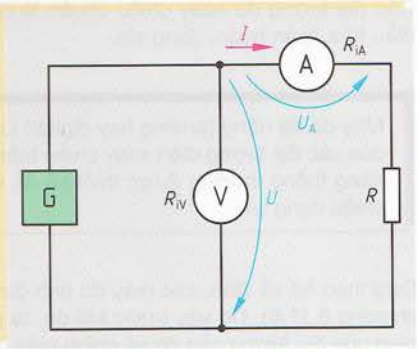
Mạch sai số điện áp được dùng để xác định điện trở một cách gián tiếp. Với mạch này, dòng điện thực sự đi qua điện trở cần xác định được đo. Do vậy, mạch có tên: mạch đúng dòng hay mạch sai số điện áp (**Hình 1**)

Cách tính có sai số điện trở cần xác định:

$$R = \frac{U_{Mess}}{I_{Mess}}$$

Ta được sai số tương đối:

$$f = \frac{(U_{Mess} - U_R)}{U_R} \cdot 100\ \%$$



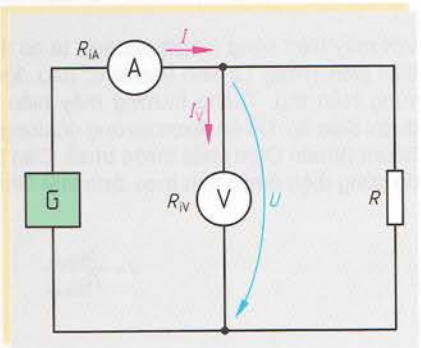
Hình 1: Mạch sai số điện áp

Mạch sai số điện áp dùng để xác định điện trở lớn.

Sai số đo càng nhỏ nếu hiệu số giữa điện trở R cần xác định và điện trở trong R_{iA} của máy đo dòng điện càng lớn.

8.16.5 Mạch sai số dòng điện

Để xác định điện trở một cách gián tiếp, người ta có thể bố trí máy đo sao cho điện áp đo được đúng là điện áp sụt của điện trở. Cường độ dòng điện của mạch sai số dòng (**Hình 2**) bao gồm hai nhánh dòng điện: phần dòng điện đi qua điện trở cần xác định và phần dòng điện đi qua máy đo điện áp.



Hình 2: Mạch sai số dòng

$$R = \frac{U_{Mess}}{(I_{Mess} - I_V)}$$

Nếu chúng ta không chú ý đến thành phần điện đi qua máy đo điện áp, ta có sai số đo tương đối hay sai số hệ thống:

$$f = \frac{(I_{Mess} - I_R)}{I_R}\ 100\ \%$$

Sai số dòng do điện trở trong của máy đo điện áp gây ra. Dựa vào định luật Ohm, ta nhận thấy sai số dòng điện tỷ lệ nghịch với điện trở trong của máy đo điện áp.

Mạch sai số dòng điện dùng để xác định có điện trở nhỏ.

Với mạch sai số dòng, điện trở trong R_{iV} của máy đo điện áp phải lớn hơn như có thể so với điện trở R cần xác định.

Thí dụ:

Ta có: $I_{mess} = 0{,}24\ A$, $U_{mess} = 80\ V$

$R_{IV} = 1\ M\Omega$

Giải: $I_V = \frac{U}{R_{IV}} = \frac{80\ V}{1\ M\Omega} = 0{,}08\ mA$

$$R_v = \frac{1}{R_{IV}} = \frac{80\ V}{(240\ mA - 0{,}08\ mA)} = 330\ \Omega$$

Hình 3: Máy hiện sóng analog

8.16.6 Đo các đại lượng điện phụ thuộc thời gian

Để đo các tín hiệu điện bất kỳ độc lập với sự thay đổi theo thời gian của chúng, ta cần thiết bị đo đặc biệt (**Hình 3**). Ta thường dùng các máy đo đa năng (digital hay analog) đo tín hiệu quen thuộc nhưng với điều kiện phải biết tín hiệu có dạng nào, để có thể hiệu chỉnh các độ lớn cho xoay chiều hay một chiều.

https://tieulun.hopto.org

Các đại lượng đo xoay chiều chuẩn là các đại lượng xoay chiều điều hòa, tuần hoàn, dạng sin.

Máy đo đa năng (analog hay digital) luôn đo giá trị hiệu dụng của các đại lượng điện xoay chiều tuần hoàn. Các máy đo đa năng thông thường được thiết kế để đo các đại lượng xoay chiều dạng sin.

Dựa theo hệ số đỉnh, các máy đo tính được trị số hiệu dụng (xem chương 8.11.6). Do vậy trước khi đo, ta phải biết đồ thị theo thời gian của đại lượng cần đo và chỉnh máy đo tương ứng.

Đo các đại lượng điện với máy hiện sóng (dao động ký)

Với máy hiện sóng (oscilloscope), ta có thể đo được điện áp theo thời gian (tiếng La tinh oscillare: dao động, tiếng Hy Lạp scope: vùng hiển thị). Thông thường máy hiển sóng chỉ đo và hiển thị được điện áp. Để đo được cường độ dòng điện, ta cần một điện trở Shunt (thuần Ohm) biết trước trị số. Các trị số tức thời của cường độ dòng điện được tính theo định luật Ohm:

$$i = \frac{u_{Mess}}{R_{Shunt}}$$

Nguyên tắc hoạt động của máy hiện sóng (Hình 1)

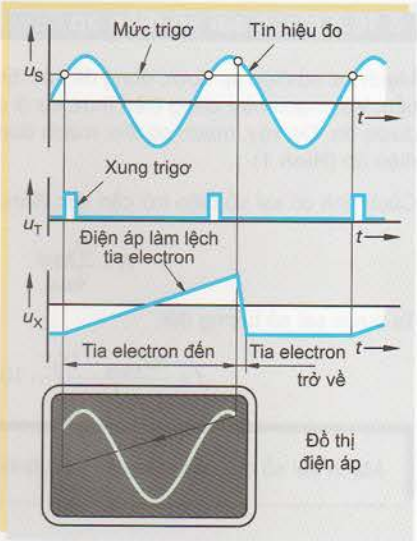
Một máy hiện sóng tận dụng tính chất của ống đèn Braun. Trong ống đèn này, tia electron được điện trường theo hướng X hay Y làm lệch đi. Tia electron đến mặt của ống đèn thủy tinh và làm sáng lên các vùng này. Để trình bày đồ thị của điện áp, ta cần một điện áp lệch (lệch theo chiều X) một cách tuần hoàn với dạng hình răng cưa cho tia electron. Chiều dài chu kỳ của điện áp răng cưa tương ứng với thời gian chuẩn. Điện áp cần đo được khuếch đại và làm lệch tia electron theo chiều Y. Để hình ảnh của đồ thị điện áp đo được đứng yên, thời điểm khởi động của tín hiệu hình răng cưa cho điện áp đo phải được kích hoạt đúng lúc (trigơ).

Sự lệch thời gian được kích hoạt bằng một tín hiệu được gọi là trigơ.

Đo sự lệch pha

Ta nối điện cho máy hiện sóng sao cho để một điện áp cần đo làm lệch tia electron theo hướng Y và một điện áp cần đo khác làm lệch tia electron theo hướng X, các điện áp dạng sin có cùng tần số sẽ tạo nên các hình Lissajous. Với các hình Lissajous (**Bảng 1**) ta có thể đọc được sự lệch pha và tính được góc lệch theo công thức sau (**Hình 2**).

$$\sin\varphi = \frac{a}{b} \qquad \cos\varphi = \sqrt{1-\left(\frac{a}{b}\right)^2}$$

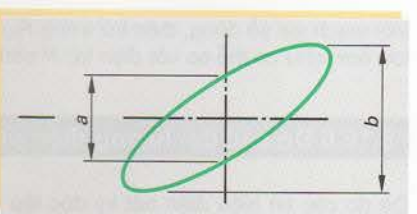


Hình 1: Chức năng trigơ trong máy hiện sóng

Bảng 1: Hình Lissajous

Hình hiển thị	Đánh giá
	$U = U_n$ $f = f_n$ $\varphi = 0°$
	$U = U_n$ $f = f_n$ $\varphi = 30°$
	$U = U_n$ $f = f_n$ $\varphi = 90°$ hay $\varphi = 270°$
	$U = U_n$ $f = f_n$ $\varphi = 180°$
	$U = U_n$ $f = 2 \cdot f_n$
	$U = U_n$ $f = ½ \cdot f_n$

U = Điện áp đo, f = tần số đo, U_N = Điện áp so sánh, f_N = tần số so sánh, ϕ = góc lệch pha



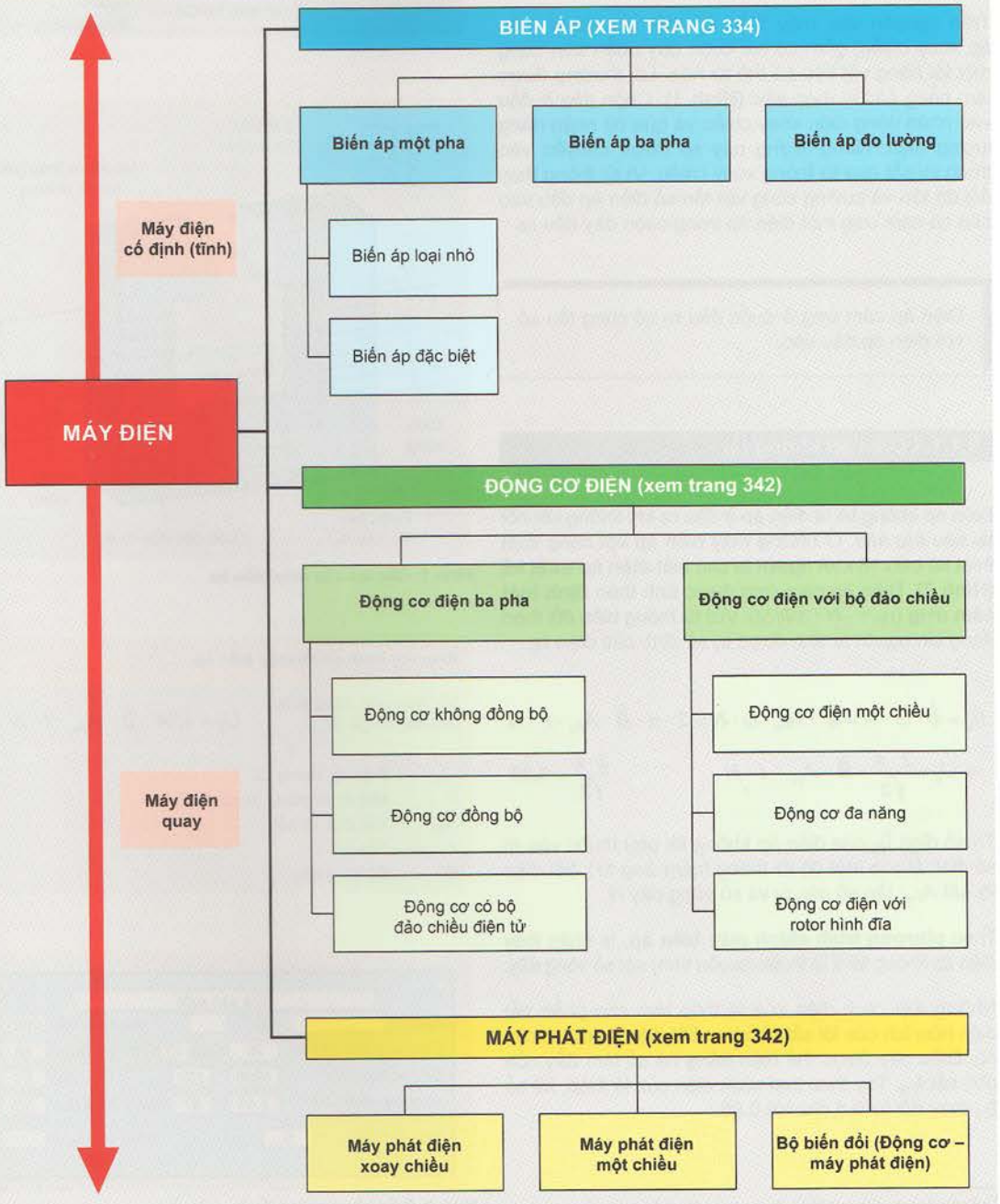
Hình 2: Các hệ số để tính sự lệch pha

https://tieulun.hopto.org

9 Máy điện

Máy điện được dùng để sản xuất, truyền tải và sử dụng điện năng. Trong nhà máy điện người ta sử dụng máy phát điện để sản xuất điện năng từ cơ năng. Máy biến áp được dùng để truyền tải điện năng trong những mạng lưới có điện áp khác nhau. Động cơ điện sẽ chuyển đổi điện năng ở đầu vào thành cơ năng ở trục động cơ **(Tổng quan)**.

Tổng quan về máy điện



https://tieulun.hopto.org

9.1 Máy biến áp

Máy biến áp[1] biến đổi điện năng thành điện năng nhưng thay đổi điện áp và cường độ dòng điện. Dựa vào công suất của biến áp người ta phân biệt: biến áp nhỏ và biến áp lớn **(Bảng 1).**

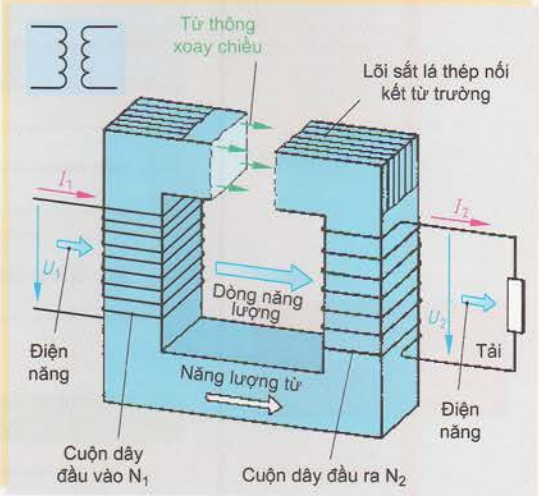
Bảng 1: Máy biến áp và phạm vi công suất

	Đặc điểm	Thí dụ
Biến áp loại nhỏ	S_n đến 16kVA U đến 1000V f đến 500Hz	Biến áp nối mạng lưới Biến áp an toàn Biến áp điều khiển
Biến áp loại lớn	S_n trên 16kVA U trên 1000V	Biến áp cung cấp nguồn Biến áp công nghiệp

9.1.1 Biến áp một pha

Trên nguyên tắc, máy biến áp một pha (máy biến áp xoay chiều) gồm có hai cuộn dây quấn trên cùng một lõi bằng vật liệu có thể từ hóa. Lõi thường được làm bằng các lá thép silic **(Hình 1).** Cuộn dây ở đầu vào nhận dòng điện xoay chiều và qua đó nhận năng lượng điện. Năng lượng này sẽ được chuyển vào trong lõi sắt qua từ thông xoay chiều. Vì từ thông thay đổi độ lớn và hướng cùng với tần số điện áp đầu vào nên nó cảm ứng một điện áp trong cuộn dây đầu ra.

Điện áp cảm ứng ở cuộn đầu ra có cùng tần số với điện áp đầu vào.



Hình 1: Cấu tạo của máy biến áp

9.1.1.1 Điện áp không tải

Điện áp không tải là điện áp ở đầu ra khi không kết nối tải tiêu thụ nào. Ở những máy biến áp với công suất thiết kế trên 16 kVA người ta cho biết **điện áp thiết kế (Hình 2).** Điện áp cảm ứng được tính theo **định luật cảm ứng** ($u_0 = -N \cdot \Delta\Phi/\Delta t$). Với từ thông biến đổi theo dạng sin người ta tính được trị số đỉnh của điện áp.

$$\hat{u}_0 = \hat{\Phi} \cdot \omega \cdot N = \hat{B} \cdot A_{Fe} \cdot \omega \cdot N = 2 \cdot \pi \cdot \hat{B} \cdot A_{Fe} \cdot f \cdot N$$

$$\Rightarrow U_0 = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{2}} \cdot \hat{B} \cdot A_{Fe} \cdot f \cdot N \qquad \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{2}} = 4{,}44$$

Trị số đỉnh $\hat{u}_0$ của điện áp không tải phụ thuộc vào trị số đỉnh $\hat{B}$ của mật độ từ thông (cảm ứng từ), tiết diện lõi sắt A_{Fe}, tần số góc ω và số vòng dây N.

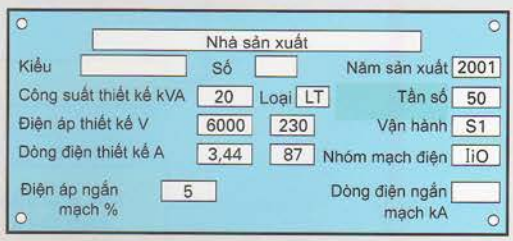
Theo **phương trình chính máy biến áp**, ta nhận thấy điện áp không tải tỉ lệ thuận (tuyến tính) với số vòng dây.

Những lớp cách điện của lá thép làm cho phần tiết diện hữu ích của lõi sắt nhỏ hơn tiết diện đo được của nó. Điều này được thể hiện bằng hệ số làm đầy của (lõi) sắt f_{Fe}. Tùy theo loại cách điện của lá thép, hệ số f_{Fe} thay đổi từ 0,8 cho tới 0,95.

Phương trình chính máy biến áp

Với dạng sin, công thức sau đây có giá trị: $U_0 = 4{,}44 \cdot \hat{B} \cdot A_{Fe} \cdot f \cdot N$

U_0	Điện áp không tải
$\hat{B}$	Mật độ từ thông (trị số đỉnh)
A_{Fe}	Tiết diện lõi sắt
f	Tần số
N	Số vòng dây



Hình 2: Biển công suất biến áp một pha

[1] từ chữ transformare (tiếng Latin) = biến đổi, biến dạng

https://tieulun.hopto.org

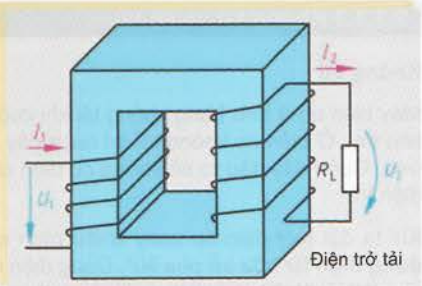
9.1.1.2 Tỉ số biến đổi

Tỉ số biến đổi điện áp và tỉ số biến đổi dòng điện

Thí nghiệm: Quấn hai cuộn dây, cuộn 1 có số vòng gấp hai lần cuộn 2, thí dụ như 1200 vòng và 600 vòng vào chung một lõi lá thép hình chữ U với thanh ngang. Gắn cuộn dây với số vòng quấn lớn hơn (1200 vòng) như cuộn dây đầu vào với một nguồn điện xoay chiều nhỏ thí dụ 40V. Hãy đo điện áp ở cuộn dây đầu ra (600 vòng).

Quan sát: Điện áp đầu ra chỉ bằng khoảng một nửa điện áp đầu vào.

Nếu cùng một từ thông đi qua cả cuộn đầu vào và cuộn đầu ra, ta nói hai cuộn được nối kết từ trường cố định với nhau **(Hình 1).** Trong công nghệ năng lượng chủ yếu dùng máy biến áp nối kết từ trường cố định **(Hình 2).**



Hình 1: Điện áp và dòng điện trong máy biến áp

Ở những **máy biến áp lý tưởng** (nối kết giữa cuộn đầu vào và cuộn đầu ra là 100%, tức không có tiêu hao), ta có:

$$\Phi_1 = \Phi_2 \quad \Rightarrow \quad B_1 \cdot A = B_2 \cdot A$$

$$\Rightarrow \quad \frac{U_1}{f \cdot N_1} = \frac{U_2}{f \cdot N_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2}$$

Ở máy biến áp không tải, tỷ lệ điện áp ở hai đầu bằng tỷ lệ số vòng dây của hai cuộn.
Tỷ lệ của điện áp đầu vào so với điện áp đầu ra gọi là tỉ số biến đổi $\ddot{u}$.

Tỉ số biến đổi thiết kế của một máy biến áp là tỷ lệ của điện áp thiết kế cao so với điện áp thiết kế thấp của máy biến áp đó (tiêu chuẩn DIN VDE 0532).

Ở một máy biến áp **lý tưởng** thì công suất đầu vào S_1 lớn bằng công suất đầu ra S_2.

$$S_1 = S_2 \quad \Rightarrow \quad U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Ở máy biến áp chịu tải, dòng điện trong các cuộn dây tỷ lệ nghịch với số vòng dây của mỗi cuộn.

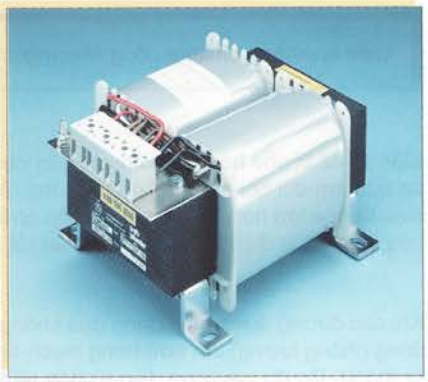
Trong máy biến áp **thực** có tiêu hao, vì vậy dòng điện chỉ tỷ lệ nghịch gần đúng với số vòng dây của hai cuộn.

Tỉ số biến đổi điện trở

Trong kỹ thuật viễn thông, người ta dùng máy biến áp để thích nghi điện trở. Công suất tối đa được truyền tải khi điện trở trong của nguồn điện bằng với điện trở của tải tiêu thụ. Nếu điện trở của chúng khác nhau, người ta sẽ nối thêm một máy biến áp giữa chúng nhằm cho điện trở của chúng thích hợp với nhau.

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} \qquad Z_2 = \frac{U_2}{I_2} \qquad \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{I_2}{I_1}$$

Một máy biến áp truyền điện trở theo bình phương tỉ số biến đổi.



Hình 2: Máy biến áp một pha

Tỉ số biến đổi (trong máy biến áp lý tưởng)

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{N_1}{N_2} \qquad \ddot{u} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1} \qquad \ddot{u} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} \approx \frac{N_1^2}{N_2^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{N_1}{N_2} \approx \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

U_1	Điện áp đầu vào
U_2	Điện áp đầu ra
N_1	Số vòng cuộn đầu vào
N_2	Số vòng cuộn đầu ra
$\ddot{u}$	Tỉ số biến đổi
I_1	Cường độ dòng điện cuộn đầu vào
I_2	Cường độ dòng điện cuộn đầu ra
Z_1	Trở kháng (điện trở biểu kiến) đầu vào
Z_2	Trở kháng (điện trở biểu kiến) đầu ra.

Thí dụ: Hãy tính tỉ số biến đổi của máy biến áp có điện áp U_1 = 230 V và U_2 = 50 V.

Lời giải: $\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{230\ \text{V}}{50\ \text{V}} = 4{,}6$

https://tieulun.hopto.org

9.1.1.3 Không tải và có tải

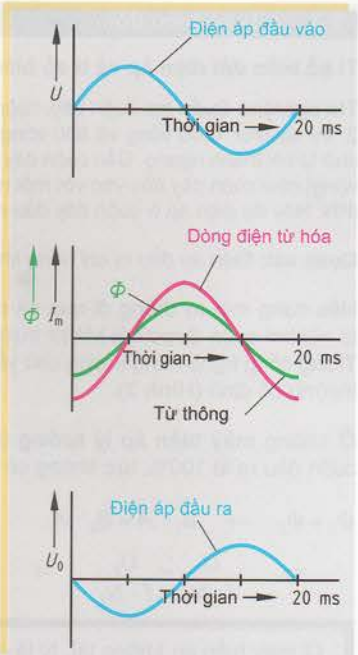
Không tải

Máy biến áp ở tình trạng không tải khi cuộn dây đầu ra không nối với tải tiêu thụ. Ở biến áp không tải thì cuộn dây đầu vào sẽ tác động như cảm ứng. Cuộn dây đầu ra sẽ không có điện chạy qua và không chịu tải qua điện trở.

Khi ta đặt một điện áp xoay chiều hình sin ở đầu vào thì sẽ xuất hiện **dòng điện từ hóa** trễ pha 90°. Dòng điện này sinh ra một **từ thông** cùng pha **(Hình 1).** Từ thông thay đổi hình thành một điện áp tại cuộn dây đầu ra. Trong trường hợp máy biến áp lý tưởng, điện áp này sẽ trễ pha 90° so với dòng điện từ hóa.

Biến áp không tải hoạt động như một cuộn dây có điện cảm lớn.

Biến áp sẽ bị phá hỏng nếu như ta gắn vào nó một điện áp quá lớn. Điện áp quá lớn đòi hỏi một mật độ từ thông rất lớn trong lõi và dẫn tới dòng điện từ hóa lớn hơn. Do lõi sắt tại điện áp thiết kế đã gần đạt tới mức bão hòa, nên dòng điện từ hóa sẽ tăng lên rất lớn phá hỏng cuộn dây.

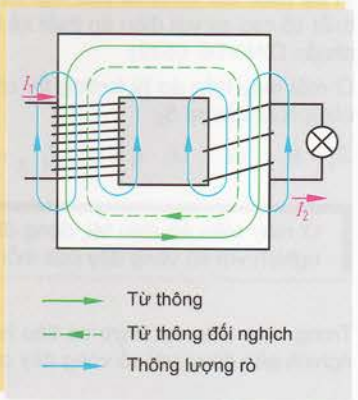


Hình 1: Sự tạo ra điện áp trong máy biến áp lý tưởng

Khi các đường sức từ đi ngang qua không khí, ta cần có một điện thế từ động (thông lượng) lớn hơn trong mạch từ nhằm tạo ra cùng một mật độ từ thông. Do đó mà dòng điện từ hóa sẽ tăng lên khi khe không khí lớn hơn. Ngoài ra, dòng điện không tải còn phụ thuộc vào các loại vật liệu từ được sử dụng.

Có tải

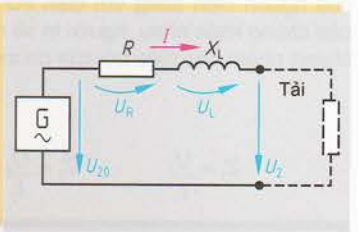
Máy biến áp ở tình trạng có tải khi cuộn dây đầu ra được nối với một điện trở tiêu thụ. Dòng điện có tải (dòng điện đầu ra) theo quy tắc Lenz làm yếu đi nguyên nhân tạo ra nó, nghĩa là làm yếu đi từ trường xoay chiều. Dòng điện đầu vào vì vậy sẽ tăng lên, trong khi đó từ thông có ích trong lõi sắt gần như không đổi.



Hình 2: Đường sức từ của biến áp khi có tải

Khi biến áp chạy không tải thì gần như toàn bộ từ thông đi vào lõi sắt. Khi có tải thì dòng điện tại cuộn dây đầu ra tạo ra một từ thông đối nghịch làm từ trường tại cuộn dây đầu vào yếu đi. Vì vậy cuộn dây đầu vào phải nhận càng nhiều điện hơn, sao cho từ thông có lại trị số ban đầu. Một phần của các đường sức từ sẽ không đi qua lõi sắt, mà đi ra ngoài, thí dụ như đi qua không khí. Phần từ thông này được gọi là **thông lượng rò (Hình 2)** và chạy tách riêng vào từng cuộn dây.

Cuộn dây có đường sức từ rò đi qua hoạt động giống như một cuộn cảm kháng. Máy biến áp lúc đó sẽ hoạt động như một nguồn tạo ra điện áp xoay chiều, điện trở trong của nó bao gồm điện trở Ohm và điện cảm (mạch điện tương đương, **Hình 3**).



Hình 3: Mạch điện tương đương được giản hóa của biến áp

Vì máy biến áp phát sinh thông lượng rò (phát tán) nên trong kỹ thuật truyền tin cần phải che chắn.

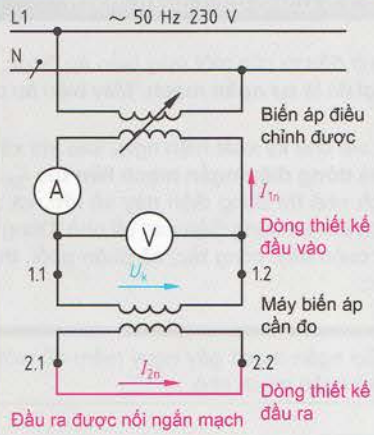
https://tieulun.hopto.org

9.1.1.4 Điện áp ngắn mạch

Điện áp ngắn mạch là một đại lượng đặc trưng cho điện trở trong (trở kháng - điện trở biểu kiến) của một máy biến áp (mạch điện tương đương **Hình 3, trang 336**) và cho sự thay đổi của điện áp khi chịu tải. Điện áp này được đo trong thí nghiệm ngắn mạch.

Thí nghiệm ngắn mạch: Dùng một máy biến áp hiệu chỉnh được, tại tần số thiết kế ta tăng dần điện áp đầu vào của nó bắt đầu từ 0, cho đến khi đạt được dòng điện thiết kế tại đầu vào của biến áp. Đầu ra của máy biến áp được nối tắt **(Hình 1).**

Điện áp ngắn mạch là điện áp đầu vào, tại điện áp này máy biến áp nhận dòng điện thiết kế trong khi đầu ra được nối tắt.



Hình 1: Đo điện áp ngắn mạch

Điện áp ngắn mạch được biểu thị dưới dạng điện áp quy chiếu (tương đối) u_K bằng % của điện áp thiết kế.

Thí dụ: Một máy biến áp 230 V/24 V, 1 A/9 A có cuộn 24 V nối tắt phải cần một điện áp 23 V ở đầu vào để có dòng điện thiết kế là 1 A. Hỏi điện áp ngắn mạch quy chiếu u_K của máy biến áp này bằng bao nhiêu?

Lời giải: $u_k = \frac{U_k}{U_n} \cdot 100\% = \frac{23\ V}{230\ V} \cdot 100\% = \mathbf{10\%}$

Điện áp ngắn mạch

$$u_k = \frac{U_k}{U_n} \cdot 100\%$$

u_k Điện áp ngắn mạch quy chiếu (%)
U_k Điện áp ngắn mạch đo được (V)
U_n Điện áp thiết kế của máy biến áp (V)

Điện áp ngắn mạch và tải

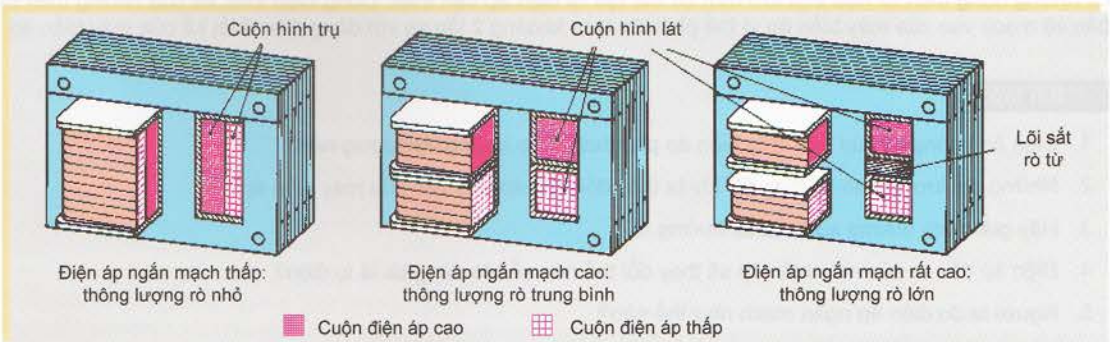
Một điện áp ngắn mạch quy chiếu nhỏ (u_K %) có nghĩa là một điện trở trong nhỏ: Khi có tải điện áp đầu ra không giảm nhiều, thí dụ như ở máy biến áp ba pha **(Bảng 1).** Dòng điện khi nối tắt sẽ cao.

Máy biến áp có điện áp ngắn mạch thấp gọi là biến áp điện áp cứng. Những máy có điện áp ngắn mạch cao gọi là biến áp điện áp mềm.

Bảng 1: Điện áp ngắn mạch

Máy biến áp	Dưới 1%
Biến áp ba pha	
Tới 200 kVA	4 %
Từ 250 kVA cho đến 3150 kVA	6 %
Từ 4 MVA cho đến 5 MVA	8 %
Trên 6,3 MVA	10 %
Biến áp một pha	
Biến áp an toàn	15 %
Biến áp cho chuông cửa	40 %
Biến áp thí nghiệm (có thể tháo lắp được)	70 %
Biến áp đánh lửa	100 %

Ảnh hưởng của điện áp ngắn mạch. Từ thông rò của máy biến áp có thể được thay đổi trong vùng rộng để thích hợp với mục đích sử dụng **(Hình 2),** thí dụ như bố trí khác nhau của cuộn dây trên một hoặc nhiều lõi quấn, hoặc có thể đặt vào trong máy biến áp một lõi sắt rò từ. Những máy biến áp với thông lượng rò nhỏ sẽ có điện áp ngắn mạch thấp.



Hình 2: Ảnh hưởng điện áp ngắn mạch theo những cách bố trí cuộn dây thích hợp

https://tieulun.hopto.org

9.1.1.5 Dòng điện ngắn mạch

Nếu ở đầu ra của một máy biến áp được kết nối với điện trở gần bằng 0, ta gọi đó là sự **ngắn mạch**. Máy biến áp cung cấp dòng điện ngắn mạch.

Một vài chu kỳ xuất hiện ngay sau khi xảy ra ngắn mạch ở đầu ra được gọi là **dòng điện ngắn mạch liên tục** I_{kd}. Ở những máy có điện áp ngắn mạch nhỏ thì dòng điện này sẽ lớn, và ở những máy có điện áp ngắn mạch lớn thì dòng điện này sẽ nhỏ. Dòng điện ngắn mạch lớn có thể phá hủy cuộn dây, công tắc, bộ phân phối, thanh góp điện và những thiết bị khác.

Sự ngắn mạch gây nguy hiểm đối với những máy biến áp có điện áp ngắn mạch nhỏ.

Thí dụ 1: Ở đầu ra của một máy biến áp một pha dùng để tạo ra điện áp bảo vệ nhỏ 230 V/24 V, 1 A/9 A, u_k = 5% được nối tắt. Hỏi dòng điện ngắn mạch liên tục bằng bao nhiêu?

Lời giải: $I_{kd} = 100\,\% \cdot \frac{I_n}{u_k} = 100\,\% \cdot \frac{9\ A}{5\,\%} = \mathbf{180\ A}$

Dòng điện đầu ra xuất hiện ngay sau khi mạch được nối tắt (biên độ đầu tiên) được gọi là **dòng điện ngắn mạch xung (ban đầu)** i_s. Dòng điện này có thể lớn nhiều hơn 2 lần so với dòng ngắn mạch liên tục **(Hình 1)**.

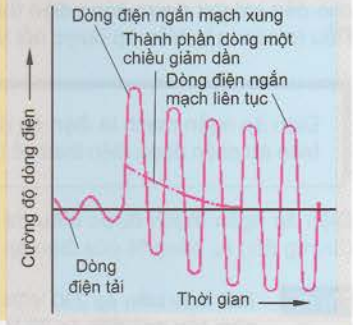
Thí dụ 2: Tính dòng ngắn mạch xung ở **thí dụ 1** trong trường hợp xấu nhất?

Lời giải: $i_s \geq 2{,}55 \cdot I_{kd} = 2{,}55 \cdot 180\ A = \mathbf{459\ A}$

Dòng điện ngắn mạch liên tục

$$I_{kd} = 100\,\% \cdot \frac{I_n}{u_k}$$

I_{kd} Dòng ngắn mạch liên tục
I_n Dòng điện thiết kế
u_k Điện áp ngắn mạch quy chiếu



Hình 1: Diễn biến dòng điện khi biến áp nối ngắn mạch

Dòng điện ngắn mạch xung

$$i_s \geq 1{,}8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kd}$$

$$i_s \geq 2{,}55 \cdot I_{kd}$$

i_s Dòng điện ngắn mạch xung
I_{kd} Dòng điện ngắn mạch liên tục

Cường độ của dòng ngắn mạch xung phụ thuộc vào dòng ngắn mạch liên tục và vào trị số tức thời của điện áp tại thời điểm nối tắt. Sẽ bất lợi nếu nối ngắn mạch xảy ra khi điện áp đầu ra của máy biến áp đang bằng 0 vì khi đó dòng điện từ hóa và mật độ từ thông đạt trị số cực đại. Theo định luật Lenz thì cuộn thứ cấp được nối tắt sẽ cảm ứng một dòng điện nhằm cố giữ nguyên từ trường như lúc mạch được nối tắt. Sau nhiều chu kỳ thì dòng điện ngắn mạch sẽ giảm về trị số của dòng ngắn mạch liên tục **(Hình 1)**.

Dòng điện khi bật điện

Trong nhiều trường hợp khi bật điện (đóng điện, khởi động) biến áp sẽ xuất hiện những dòng điện đầu vào rất lớn, ngay cả khi máy biến áp không tải. Dòng điện khi bật điện có thể lớn gấp 10 lần so với dòng điện thiết kế. Trường hợp xấu nhất là vào thời điểm bật điện, điện áp của lưới điện bằng 0 và khi trong lõi sắt của máy biến áp vẫn còn một phần từ dư. Khi ta bật điện, từ thông sẽ phải thay đổi để tạo ra điện áp. Nếu phần từ thông còn dư có cùng hướng với từ thông mới được tạo ra, thì lõi sắt sẽ bị bão hòa rất nhanh. Trong trường hợp này chỉ có những dòng điện từ hóa thật lớn mới có thể tạo ra điện áp cần thiết. Dòng điện thiết kế của những thiết bị bảo vệ mạch vào của máy biến áp vì thế phải lớn hơn khoảng 2 lần so với dòng điện thiết kế của máy biến áp.

Bài tập:

1. Điện áp không tải của một máy biến áp phụ thuộc vào những đại lượng nào?
2. Những đại lượng nào sẽ thay đổi khi ta thay đổi điện áp đầu vào của máy biến áp?
3. Hãy giải thích đường sức của từ trường rò?
4. Điện áp đầu ra của máy biến áp sẽ thay đổi thế nào nếu ta dùng tải là tụ điện?
5. Người ta đo điện áp ngắn mạch như thế nào?
6. Một điện áp ngắn mạch nhỏ sẽ ảnh hưởng như thế nào đến điện áp đầu ra khi có tải?

https://tieulun.hopto.org

9.1.1.6 Hiệu suất của máy biến áp

Hiệu suất là tỷ lệ giữa công suất thực đầu ra với công suất thực đầu vào. Do tiêu hao ở lõi sắt và cuộn dây nên công suất thực đầu vào luôn lớn hơn công suất thực đầu ra.

Hiệu suất máy biến áp

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_{VFe} + P_{V\,Wi}}$$

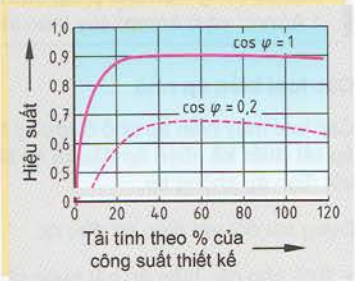
η Hiệu suất
P_{ab} Công suất tiêu thụ
P_{Vfe} Công suất tiêu hao ở lõi sắt
P_{vwi} Công suất tiêu hao ở cuộn dây

Thí dụ: Một biến áp 250 VA với hệ số công suất hiệu dụng cos φ = 0,7 được chạy với tải tối đa. Tổn hao do lõi sắt là 10 W, tổn hao do cuộn dây là 15 W. Hãy tính hiệu suất của biến áp?

Lời giải: $P_{ab} = S \cdot \cos\varphi = 250\ \text{VA} \cdot 0{,}7 = 175\ \text{W}$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_{VFe} + P_{V\,Wi}} = \frac{175\ \text{W}}{175\ \text{W} + 10\ \text{W} + 15\ \text{W}} = \frac{175\ \text{W}}{200\ \text{W}} = \mathbf{0{,}875}$$

Tiêu hao trong lõi sắt. Từ thông qua lõi sắt không đổi độc lập với tải. Nếu điện áp đầu vào không đổi thì tổn hao do sự đảo từ và do dòng điện xoáy (Foulcault) cũng sẽ không đổi. Khi biến áp chạy không tải thì không có tiêu hao cuộn dây trong cuộn dây đầu ra. Vì biến áp chỉ nhận dòng điện nhỏ nên tiêu hao ở cuộn đầu vào cũng rất nhỏ do đó có thể bỏ qua. Trong **thí nghiệm chạy không tải (Hình 2a)** công suất thực ở đầu vào cũng chính là **công suất tiêu hao trong lõi sắt.** Tiêu hao trong lõi sắt cũng được gọi là tiêu hao không tải.



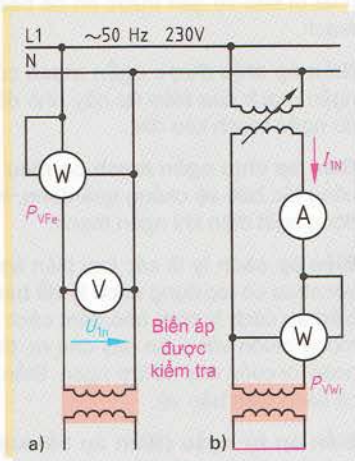
Hình 1: Hiệu suất của máy biến áp khi có tải

Tiêu hao trong lõi sắt được đo trong thí nghiệm chạy không tải.

Tiêu hao trong cuộn dây. Ở các cuộn dây của máy biến áp sẽ có các dòng điện khác nhau chạy qua tùy theo tải, gây ra tiêu hao nhiệt. Tiêu hao này phát sinh do điện trở của cuộn cảm được gọi là tiêu hao cuộn dây. Tiêu hao này tăng theo bình phương với tải. Nó phụ thuộc vào dòng điện và do đó phụ thuộc vào công suất biểu kiến của tải tiêu thụ gắn vào biến áp **(Hình 1)** và không phụ thuộc vào công suất thực.

Tải tiêu thụ có hệ số công suất hiệu dụng càng lớn thì hiệu suất của máy biến áp sẽ càng tốt.

Khi tiến hành đo điện áp ngắn mạch, tại cuộn dây sẽ xuất hiện dòng điện thiết kế và gây ra tổn hao nhiệt trong cuộn dây. Lúc đo điện áp ngắn mạch, chỉ có một từ thông nhỏ chạy qua lõi sắt vì biến áp chỉ có một điện áp thấp và ngắn mạch. Trong **thí nghiệm ngắn mạch (Hình 2b)** gần như không có tiêu hao lõi sắt, công suất thực ở đầu vào máy biến áp chính là công suất tiêu hao trong cuộn dây tại công suất thiết kế.



Hình 2: Đo công suất tiêu hao
a) thí nghiệm không tải
b) thí nghiệm ngắn mạch

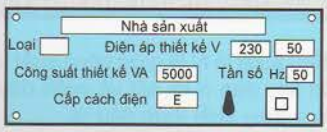
Tiêu hao trong cuộn dây được đo trong thí nghiệm ngắn mạch.

Hiệu suất năm của máy biến áp là tỷ lệ giữa công phát ra (tiêu thụ) và công nhận vào (đơn vị kWh) trong suốt một năm. Điện năng nhận vào lớn hơn vì nó bao gồm cả tổn hao trong lõi sắt và cuộn dây. Hiệu suất năm sẽ giảm đi khi máy biến áp có điện liên tục, nhưng chỉ hoạt động với tải từng thời kỳ. Nguyên nhân là do tiêu hao lõi sắt không phụ thuộc vào tải.

https://tieulun.hopto.org

9.1.2 Biến áp loại nhỏ

Biến áp loại nhỏ có công suất thiết kế đến 16 kVA, điện áp đầu vào đến 1000 V và tần số đến 500 Hz.



Hình 1: Biến công suất của một biến áp loại nhỏ

Thông số về điện áp ghi trên biển công suất **(Hình 1)** có giá trị khi tải lớn bằng công suất thiết kế và hệ số công suất hiệu dụng cos $\varphi = 1$. Biến áp loại nhỏ sản xuất cho những người không chuyên cần phải được chế tạo đặc biệt an toàn, thí dụ biến áp dùng cho đồ chơi trẻ em.

Mật độ dòng điện cho phép của biến áp loại nhỏ là vào khoảng giữa 1 A/mm^2 và 6 A/mm^2 tùy theo kích thước và cách làm nguội.

Các loại biến áp nhỏ

Các loại máy biến áp nhỏ được ký hiệu như trong hình vẽ **(Hình 2). Điện áp tải thiết kế** (điện áp đầu ra tại tải thiết kế) có thể nhỏ hơn đáng kể so với điện áp không tải.

Hình 2: Ký hiệu dùng cho các biến áp loại nhỏ

Dung sai đối với điện áp đầu ra:

+ 10% cho các biến áp bắt buộc phải chịu được ngắn mạch

± 5% cho các biến áp loại nhỏ khác.

Các biến áp không chịu được ngắn mạch phải được bảo vệ nhờ các thiết bị bảo vệ gắn trước nó để bảo vệ chống lại các hậu quả của ngắn mạch.

Biến áp chịu được ngắn mạch có điện áp ngắn mạch lớn. Dòng điện ngắn mạch của biến áp này nhỏ đến mức biến áp không bị hư hại nào dù ngắn mạch kéo dài.

Biến áp chịu ngắn mạch có điều kiện có một cầu chì nóng chảy, một công tắc bảo vệ chống quá dòng, hoặc một thiết bị giới hạn nhiệt độ tự động ngắt điện khi ngắn mạch.

Biến áp cách ly là các loại biến áp có các cuộn dây không nối kết điện với nhau có tác dụng **cách ly để bảo vệ (Hình 3).** Cuộn dây đầu vào của biến áp cách ly phải bảo đảm cách ly an toàn khỏi những kết nối không mong muốn với cuộn dây đầu ra, thí dụ như dùng lõi cuộn dây riêng rẽ, hoặc lõi cuộn dây có lớp ngăn. Biến áp cách ly có thể di chuyển cần phải có cách điện bảo vệ.

Hình 3: Biến áp dùng trong bảo vệ cách ly

Biến áp tự ngẫu (Biến áp tiết kiệm) hoạt động như một biến áp loại nhỏ, thí dụ như để điều chỉnh điện áp phù hợp với điện áp thiết kế của thiết bị khi nguồn điện áp cung cấp quá cao hoặc quá thấp. Điện áp thiết kế tối đa cho phép đối với biến áp tự ngẫu gia dụng là 250 V. Biến áp tự ngẫu phải được lắp ráp sao cho sợi dây bảo vệ của lưới cung cấp điện cũng phải có hiệu lực tại đầu ra.

Biến áp nối lưới điện có một hoặc nhiều cuộn thứ cấp, không nối kết điện với cuộn sơ cấp. Nó được dùng để nối các máy truyền thanh và truyền hình với lưới điện.

Biến áp an toàn (biến áp bảo vệ) **(Hình 3)** cung cấp điện áp thấp ở đầu ra cho mạch điện SELV (an toàn điện áp rất thấp) và mạch PELV (bảo vệ ở điện áp thấp). Công suất thiết kế cao nhất của biến áp này là 10 kVA, tần số thiết kế cao nhất là 500 Hz. Điện áp thiết kế tại đầu ra có giá trị tới 50 V, thí dụ: 6 V, 12 V hay 24 V. Biến áp an toàn phải chịu được ngắn mạch hoặc ngắn mạch có điều kiện. Cuộn điện áp cao phải được cách ly đối với cuộn điện áp thấp một cách cẩn thận bằng một lớp cách điện giữa chúng, để khi cuộn dây dời chỗ hoặc có những bộ phận kim loại rơi xuống, sẽ không xảy ra kết nối giữa cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

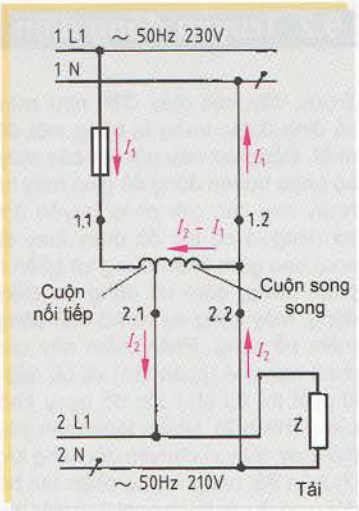
https://tieulun.hopto.org

Chỉ có các biến áp an toàn theo chuẩn EN 60742 mới được phép sử dụng để bảo vệ bằng điện áp thấp (SELV và PELV).

Biến áp chuông cửa có điện áp thiết kế đầu ra không vượt quá 24 V và phải chịu được ngắn mạch. Nối điện đầu ra phải tiếp cận được mà không phải để hở nối điện đầu vào.

9.1.3 Biến áp tự ngẫu (Biến áp tiết kiệm)

Máy biến áp tự ngẫu có hai cuộn dây, cuộn song song và cuộn nối tiếp. Cả hai được mắc nối tiếp với nhau **(Hình 1)**. Cuộn dây song song là cuộn điện áp thấp. Cuộn dây này được nối song song với tải trong trường hợp giảm thế. Cuộn điện áp cao bao gồm cuộn song song và cuộn nối tiếp mắc nối tiếp nhau. Máy biến áp tự ngẫu nhỏ được chế tạo dưới dạng máy biến áp điều chỉnh được với lõi dạng vòng **(Hình 2)** tương tự như biến trở xoay.



Hình 1: Mạch của một máy biến áp tự ngẫu

Với máy biến áp tự ngẫu, có thể điều chỉnh điện áp giảm xuống hoặc tăng lên.

Với máy biến áp tự ngẫu (không tiêu hao) ta cũng có:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

Ở máy biến áp tự ngẫu, cuộn dây đầu vào được nối trực tiếp với cuộn dây đầu ra và không có sự cách ly điện thế đối với mạng lưới điện cung cấp.

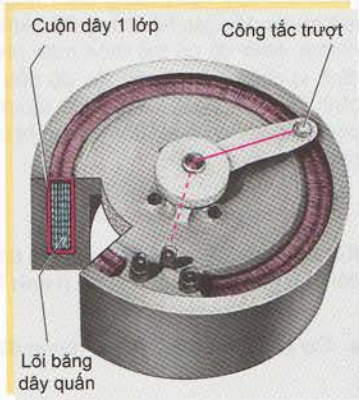
Biến áp tự ngẫu (tiết kiệm) không được phép dùng để tạo ra điện áp thấp.

Tổng công suất phát ra của một máy biến áp tự ngẫu được gọi là **công suất truyền suốt** S_D. Một phần của công suất này sẽ được truyền qua đường dẫn điện của cuộn dây đầu vào và phần còn lại sẽ được truyền tải qua từ thông của lõi sắt. Khi trị số của tỉ số biến đổi $\ddot{u}$ càng tiến đến 1, thì **công suất** S_B do điện cảm sinh ra càng nhỏ khi công suất truyền suốt $S_D = U_2 \cdot I_2$ không đổi. Từ công suất S_B người ta sẽ xác định **kích thước** của biến áp tự ngẫu.

Ở máy biến áp tự ngẫu ta tiết kiệm được vật liệu cho dây dẫn và lõi sắt, vì thế nó còn được gọi là **máy biến áp tiết kiệm.**

So với máy biến áp có cuộn dây riêng, máy biến áp tự ngẫu có thể tiết kiệm càng nhiều, khi trị số điện áp đầu ra càng gần điện áp đầu vào. Hiệu suất của biến áp tự ngẫu lên đến 99,8% khi điện áp hai đầu chỉ chênh lệch nhau 10%. Điện áp ngắn mạch thường thấp, phí tổn cách điện cho đầu vào và đầu ra như nhau. Máy biến áp tự ngẫu không phải là bộ phân áp cảm ứng, mà hoạt động như máy biến áp thực sự nhờ có liên kết từ. Loại máy này được sử dụng nhiều trong công nghệ điện vì có tiêu hao thấp và điện áp đầu ra độc lập với tải.

Ứng dụng: Điện áp tự ngẫu được sử dụng làm máy biến áp khởi động cho động cơ điện ba pha, biến áp điều chỉnh trong các mạng lưới cao áp và biến đổi siêu cao thế thí dụ từ 220 kV lên 380 kV.



Hình 2: Máy biến áp điều chỉnh với lõi vòng

Công suất thiết kế

$U_1 > U_2$:

$$S_B = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot S_D$$

$U_2 > U_1$:

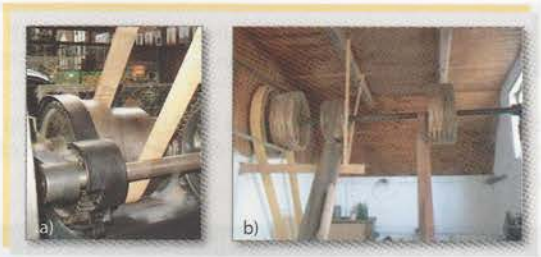
$$S_B = \frac{U_2 - U_1}{U_2} \cdot S_D$$

S_B Công suất thiết kế
U_1 Điện áp đầu vào
U_2 Điện áp đầu ra
S_D Công suất truyền suốt

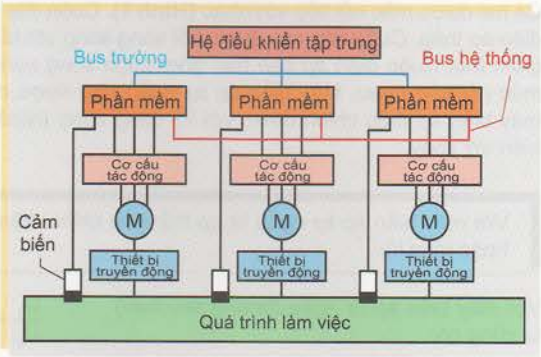
https://tieulun.hopto.org

9.2 Truyền động điện

Trước đây, các máy điện như máy tiện, máy khoan cố định được trang bị bằng một động cơ chung duy nhất. Động cơ này nối với các máy công cụ qua các bộ phận truyền động để giúp máy hoạt động **(Hình 1)**. Ngày nay các giải pháp truyền động sử dụng động cơ riêng lẻ có tốc độ quay thay đổi (với nối kết cơ học) bao gồm phần cứng và phần mềm. Thành phần phần cứng, gồm có động cơ điện, bộ phận truyền động, máy công cụ và bộ dẫn động điện tử, có phần mềm bổ sung. Phần mềm này cung cấp tính thông minh ngoại vi (phân tán) và bù đắp cho những khiếm khuyết thí dụ như tốc độ quay không đều của phần cứng (**Hình 2**). Nhằm thỏa mãn yêu cầu tự động hóa thời nay, thay vì chuyển đổi năng lượng tập trung sẽ là chuyển đổi năng lượng phân tán bằng những modun động cơ được thích nghi đặc biệt (thí dụ như hệ truyền động với bộ biến tần). Được hỗ trợ bằng các mạch điện tử với điốt, transistor và thyristor, các hệ thống phân tán này ngày càng đảm nhận nhiều nhiệm vụ mà trước đây các hệ thống điều khiển trung tâm đảm nhiệm. Nhờ đó có thể thỏa mãn những yêu cầu như định vị chính xác, quay tốc độ đều trong những quá trình sản xuất ngày càng phức tạp mà do không có bộ phận nối kết cơ học, nên không bị bào mòn và không phải bảo trì.



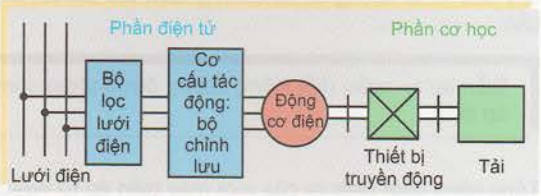
Hình 1: a) Truyền động b) Truyền dẫn



Hình 2: Kỹ thuật truyền động thông minh ngoại vi

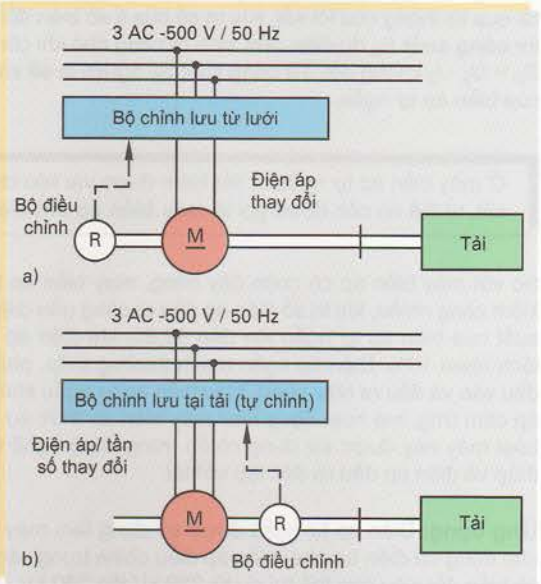
Kết cấu của hệ truyền động điện có tốc độ quay thay đổi bao gồm các thành phần **(Hình 3)**:

- Cơ cấu tác động, bộ lọc (phần điện tử)
- Động cơ điện
- Bộ phận truyền động, tải (phần cơ học)



Hình 3: Nguyên tắc hệ truyền động có tốc độ quay thay đổi

Động cơ điện ba pha cũng như động cơ điện một chiều đều có thể sử dụng trong hệ truyền động có tốc độ quay thay đổi. Trước đây, động cơ điện một chiều phải có thiết bị đảo điện cơ học, do bị bào mòn mạnh nên thường chịu phí tổn bảo dưỡng. Bây giờ nhờ có bộ chỉnh lưu (bộ biến đổi dòng điện) từ lưới điện (**Hình 4a**) nên có thể thay đổi điện áp phần ứng và do đó cả tốc độ quay của động cơ điện một chiều trong một phạm vi rộng mà không bị tiêu hao. Cũng vậy, thay đổi dòng điện phần ứng có thể điều chỉnh hay giới hạn momen quay. Nhờ vậy động cơ có thể khởi động nhẹ nhàng và không giật, có thể giữ nguyên tốc độ quay đã chọn độc lập với tải và có thể làm việc với tính năng động cao. Động cơ điện ba pha với rotor ngắn mạch truyền tải điện năng từ stator vào rotor không bị mài mòn cơ học nhờ từ trường ba pha, nhưng tốc độ quay phụ thuộc vào tần số lưới điện. Bộ biến tần (**Hình 4b**



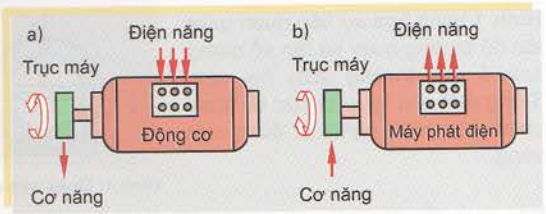
Hình 4: Hệ truyền động có tốc độ quay thay đổi
a) dòng điện một chiều b) dòng điện xoay chiều

https://tieulun.hopto.org

trang 334) giúp thay đổi tốc độ quay, sao cho tốc độ quay của mọi động cơ ba pha chuẩn đều có thể được điều chỉnh tùy ý trong phạm vi điều chỉnh tốc độ. Bộ biến tần giúp thích nghi tối ưu với đặc trưng của máy công cụ.

9.2.1 Cơ bản về máy điện

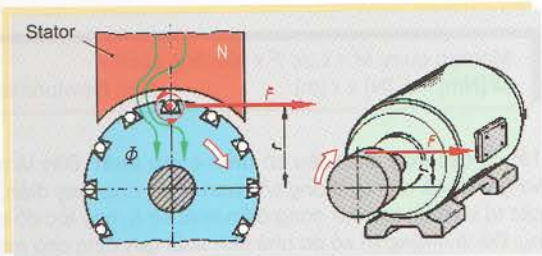
Máy điện là những thiết bị biến đổi năng lượng điện từ, được sử dụng làm động cơ hay máy phát điện. Trong chế độ vận hành động cơ, chúng lấy năng lượng từ lưới điện và chuyển thành cơ năng ở trục máy. Chế độ vận hành phát điện thường được áp dụng trong ngành tự động hóa và chế tạo xe hơi để hãm lại chuyển động quay. Lúc đó, máy điện sẽ nhận được cơ năng từ trục máy và có thể thu được điện năng từ đầu nối (**Hình 1**).



Hình 1: Biến đổi năng lượng
a) nguyên tắc động cơ điện b) nguyên tắc máy phát điện

Động cơ điện gồm có phần tĩnh là stator và phần quay là rotor.

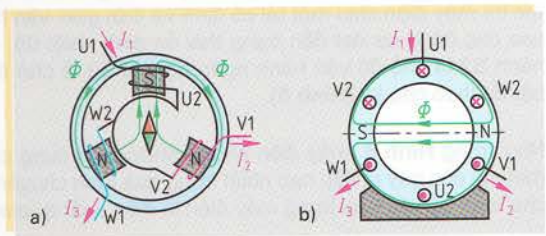
Nguyên tắc căn bản của mọi động cơ điện dựa trên lực tác dụng của từ trường lên một sợi dây có dòng điện chạy qua (**Hình 2**). Ở động cơ điện xoay chiều, từ trường xoay chiều do dòng điện xoay chiều sinh ra. Ở động cơ điện một chiều, một từ trường tĩnh do dòng điện một chiều sinh ra.



Hình 2: Sự hình thành lực và momen quay tại rotor

Thí nghiệm: Nối ba cuộn dây bố trí cách nhau 120° trong stator (**Hình 3a** mạng hình sao) vào một lưới điện ba pha và đóng dòng điện. Đặt một kim nam châm có thể quay vào giữa.

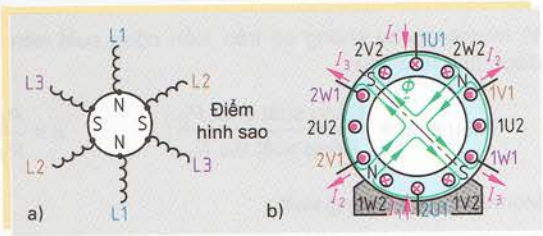
Dòng điện ba pha làm phát sinh trong ba cuộn dây bố trí cách nhau 120° một từ trường quay. Với ba cuộn dây ta có trường quay hai cực.



Hình 3: a) Từ trường quay
b) Trường quay hai cực

Như trong hình 3b ta thấy có cực bắc và cực nam, nghĩa là số đôi cực $p = 1$.

Trường quay quay với tốc độ nào? Nói cách khác, tốc độ quay của từ trường quay là bao nhiêu? Nếu thay ba cuộn bằng sáu cuộn dây lệch nhau 60° trong stator (**Hình 4a**) sẽ cho ra một trường quay bốn cực với hai đôi cực ($p = 2$). Trong một chu kỳ của dòng điện, mỗi cực sẽ quay đúng một vòng nếu có hai cực nhưng chỉ quay được nửa vòng stator nếu có bốn cực (**Hình 4b**). Tốc độ quay của trường quay chỉ bằng nửa so với trường hợp hai cực.



Hình 4: a) Bố trí cuộn dây cho hai đôi cực
b) Từ trường quay bốn cực

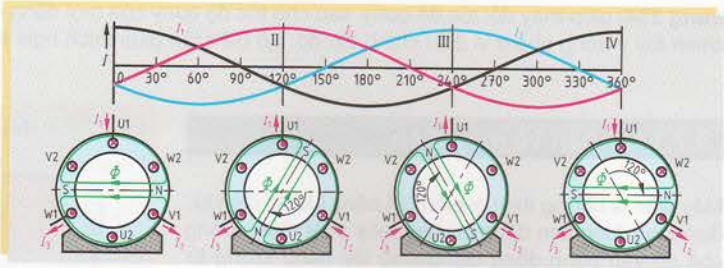
Giữa tốc độ từ trường quay n_s, tần số lưới điện $f = 1/T$ và số đôi cực p có liên quan với nhau như sau:

$$n_s = f/p;\ [n_s] = s^{-1};\ n_s = f/p\ *60;\ [n_s] = [min^{-1}]$$

https://tieulun.hopto.org

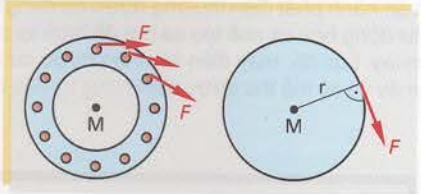
Tốc độ trường quay n_s được định bởi tần số mạng lưới điện f và số đôi cực p.

Hình 1 minh họa sự liên quan giữa tốc độ trường quay và tần số mạng lưới ở một trường quay hai cực. Trong một chu kỳ, cặp cực sẽ quay chính xác 360° nghĩa là đúng một vòng.



Hình 1: Quay của đôi cực

Bên cạnh tốc độ trường quay còn có một thông số quan trọng của máy điện nữa, đó là momen quay. Vì các cuộn dây rotor phân bố đều trên mặt trong của rotor, lực tác động lên mỗi sợi dây vì các sợi dây có điện chạy qua (**Hình 2**). Lực F không tác động lên tâm điểm của rotor mà ở khoảng cách r bằng bán kính của rotor.



Hình 2: Sự hình thành của momen quay *M*

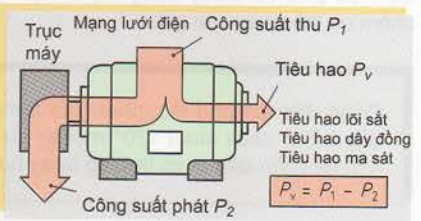
Momen quay M = Lực F x Khoảng cách r
M [Nm] = F [N] x r [m] Nm: Newtonmeter

Tất cả các máy điện đều có **biển công suất**. Đây là một dạng hồ sơ ghi tất cả những thông số quan trọng của máy điện, trong đó có các trị số thiết kế như dòng điện thiết kế I_N hay tốc độ quay thiết kế n_N. Đó là những trị số do nhà sản xuất quy định cho máy điện. Nếu trên biển không ghi chế độ vận hành thì máy được thiết kế cho chế độ vận hành liên tục (S1) (**Hình 3**). Tùy theo quá trình làm việc mà máy điện hoạt động chịu tải khác nhau. Các chuẩn VDE[1)] ghi nhận 10 chế độ vận hành cho động cơ điện. Trong chế độ vận hành liên tục thì máy điện chịu một tải cố định và thời gian vận hành đủ dài, sao cho động cơ đạt đến trạng thái ổn định nhiệt độ. Chế độ vận hành S2 là chế độ vận hành ngắn hạn và S3 là chế độ vận hành bật/tắt theo chu kỳ (**Hình 5**).

Nhà sản xuất	
Kiểu	
Động cơ ba pha	Số
△ 400 V	24 A
11 kW S1	cos φ 0,79
1445 /min	50 Hz
Rotor Y V	A
Cách điện F IP 54	150 kg
VDE	

Hình 3: Biển công suất

Như trong **Hình 4**, máy điện không những chỉ cung cấp cơ năng (tải) mà còn gây ra tiêu hao nhiệt trong quá trình chuyển đổi. Chỉ số cho toàn bộ tiêu hao trong máy điện là hiệu suất η (eta).



Hình 4: Dòng công suất của một động cơ điện

Hiệu suất η là tỷ lệ giữa công suất phát P_2 và công suất thu P_1 (**Hình 4**).

Vì momen quay không có trên biển công suất nên momen này được tính như sau:

$$\text{Hiệu suất} = \frac{\text{Công suất phát } P_2}{\text{Công suất thu } P_1}; \qquad \eta = \frac{P_2}{P_1}$$

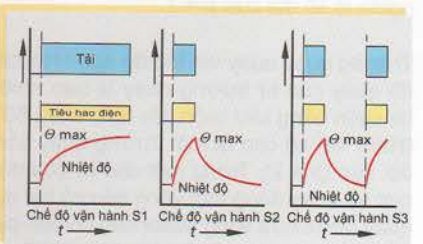
Momen quay và công suất :

P_1 [W] = $\sqrt{3} \cdot U$ [V] $\cdot$ I [A] $\cdot$ cosφ

P_2 [W] = M [Nm] $\cdot$ ω [s^{-1}] ω: tốc độ góc

ω [s^{-1}] = $2\,\pi\,n$ [min^{-1}] / 60

$$M\,[\text{Nm}] = \frac{P_2\,[\text{W}]}{(2\,\pi\,n\,[\text{min}^{-1}] / 60)}$$



Hình 5: Các chế độ vận hành

Thí dụ:

Tính công suất thu $P1$, momen quay thiết kế M_N và hiệu suất η của động cơ điện có thông số như trên biển công suất **Hình 3** khi động cơ phát ra công suất thiết kế P_2 = 11kW và n = 1145 min^{-1}

https://tieulun.hopto.org

Lời giải:

Công suất thu:

$P1 = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 24A \cdot 0,79 = 13135\ W = 13,14\ kW$

Monen quay thiết kế:

$M_N = 11000W / (2 \cdot \pi \cdot 1445 / 60s) = 72,73\ Nm$

Hiệu suất:

$\eta = 11000\ W / 13135\ W = 0,84$

9.2.2 Động cơ không đồng bộ ba pha

Đặc điểm cấu trúc của động cơ không đồng bộ là đơn giản, rẻ, vận hành an toàn. Tùy theo kết cấu của rotor, ta phân biệt:

- Động cơ lồng sóc, động cơ rotor ngắn mạch (**Hình 1**)
- Động cơ vòng trượt (**Hình 2**)

Khi nối động cơ với một điện áp xoay chiều ba pha, trường quay của stator cảm ứng một điện áp ở rotor, làm phát sinh dòng điện. Dòng điện rotor tạo ra một từ trường làm phát sinh một momen quay. Momen này làm quay rotor cùng chiều với trường quay của stator. Rotor sẽ không bao giờ đạt tới tốc độ quay của trường quay vì nếu vậy từ thông sẽ không còn thay đổi (bằng 0), dẫn đến điện áp cảm ứng trong rotor và qua đó momen quay cũng bằng 0.

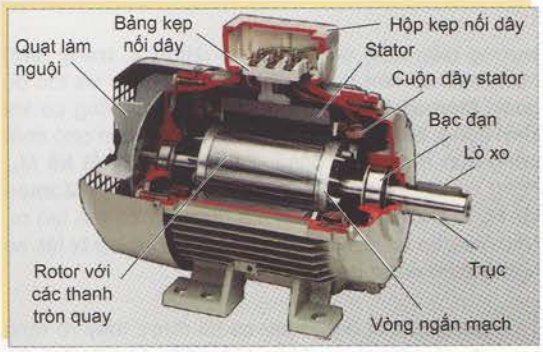
Tốc độ quay trượt Δn bằng hiệu số của tốc độ trường quay n_s trừ đi tốc độ quay của rotor n.

$$\Delta n = n_s - n \qquad s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\ \%$$

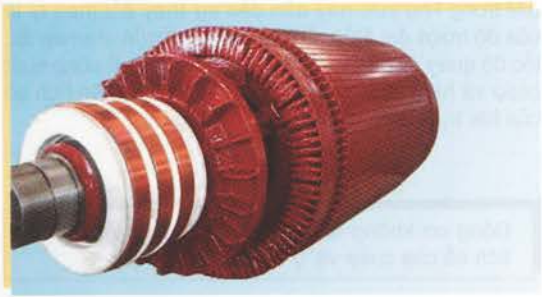
Tốc độ quay trượt Δn được tính bằng % còn được gọi là độ trượt s.

Vì động cơ này có trường quay của stator luôn quay nhanh hơn rotor (không đồng bộ), nên có tên là động cơ không đồng bộ.

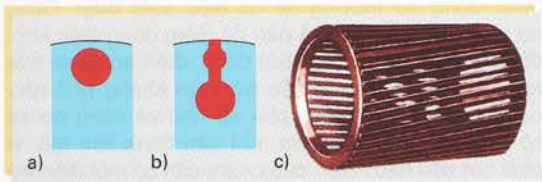
Tính năng vận hành của động cơ không đồng bộ tùy thuộc chủ yếu vào hình dạng của rotor. Rotor lồng sóc có thể được chế tạo thành rotor thanh tròn hay rotor dồn dòng (**Hình 3**). Về nguyên tắc, tại thời điểm khởi động khi rotor còn đứng yên, động cơ không đồng bộ biểu hiện như một máy biến áp. Rotor thanh tròn tác động như một cuộn cảm, điện trở Ohm của lồng sóc rất nhỏ. Do đó dòng điện rotor (có thể lớn bằng 8 đến 10 lần dòng điện thiết kế) trễ gần 90° so với điện áp rotor. Sự lệch pha này cũng áp dụng cho dòng điện và điện áp của stator. Vì vậy, hệ số công suất $\cos\varphi$ cũng gần bằng 0. Động cơ hầu như không tiêu thụ công suất thực. Vì sự lệch pha này các momen quay riêng lẻ cũng triệt tiêu lẫn nhau và càng nhiều khi trị số $\cos\varphi$ tiến tới gần 0.



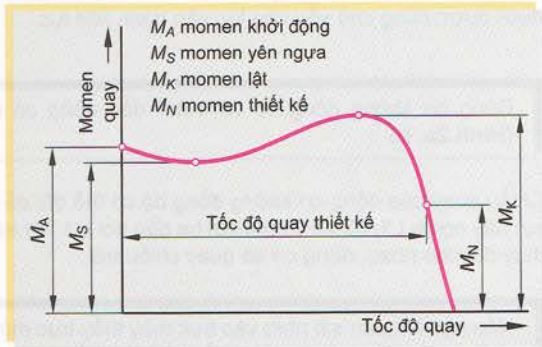
Hình 1: Động cơ rotor lồng sóc ba pha



Hình 2: Rotor vòng trượt



Hình 3: Hình dạng rãnh a) rãnh tròn b) rãnh đôi (dồn dòng) c) lồng sóc



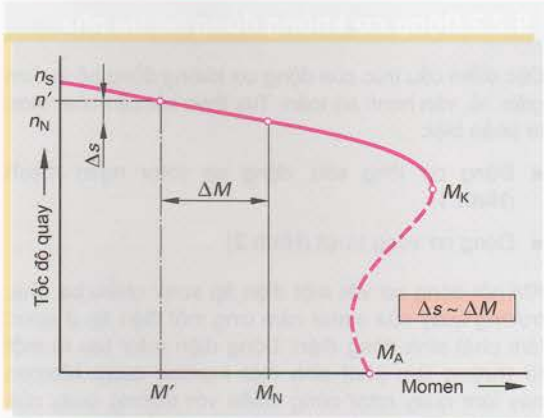
Hình 4: Đường biểu diễn momen quay của động cơ không đồng bộ

https://tieulun.hopto.org

Hệ số công suất tăng lên theo tốc độ quay, nghĩa là độ lệch pha giữa điện áp và dòng điện rotor nhỏ đi. Do đó momen quay của động cơ không đồng bộ tăng lên.

Momen quay của động cơ không đồng bộ tùy thuộc vào tốc độ quay; rotor rãnh tròn có momen khởi động nhỏ dù dòng điện khởi động lớn.

Đường biểu diễn momen quay (**Hình 4, trang 345**) minh họa sự liên quan giữa momen quay và tốc độ quay. **Momen khởi động** M_A là momen động cơ khi khởi động. **Momen yên ngựa** M_S là momen nhỏ nhất trong quá trình khởi động. Tại **momen thiết kế** M_N, động cơ đạt được tốc độ quay thiết kế n_N. **Momen lật** M_K là momen lớn nhất mà động cơ có thể tạo ra. Nếu momen tải lớn hơn momen lật, động cơ bị lật, có nghĩa là nó dừng lại.

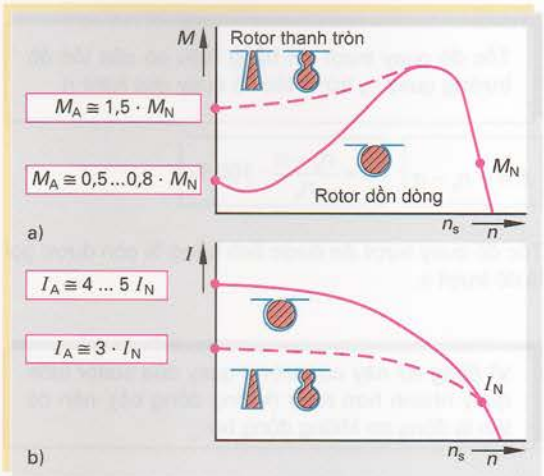


Hình 1: Đường biểu diễn tải của động cơ không đồng bộ

Tính năng của động cơ khi có tải được thấy rõ ràng hơn khi tốc độ quay được biểu diễn tùy thuộc vào momen quay (**Hình 1**). Trong khu vực tuyến tính, tốc độ quay chỉ giảm không lớn. Một sự thay đổi của tải ΔM trong khu vực này dẫn đến sự thay đổi theo tỷ lệ của độ trượt Δs. Nếu tải quá lớn vượt quá momen lật, tốc độ quay sẽ giảm xuống bằng 0. Vì hệ số công suất $\cos\varphi$ và hiệu suất η đều tùy thuộc vào tải nên tích số của hai trị số trên nên càng lớn càng tốt.

Động cơ không đồng bộ được thiết kế sao cho tích số của $\cos\varphi$ và η đạt tối đa.

Động cơ không đồng bộ cần được thích nghi tùy theo yêu cầu công suất của máy công cụ. Nếu tải trọng thấp, động cơ thường sẽ có hiệu suất thấp. Động cơ phải thiết kế như thế nào để giảm dòng điện khởi động? Trong thời điểm khởi động, điện trở Ohm của rotor cần phải lớn và điện trở cảm kháng nhỏ như có thể. Qua đó độ lệch pha sẽ nhỏ và động cơ sẽ có momen khởi động lớn. Khi vận hành liên tục, vì phải bớt tiêu hao nhiệt, cuộn rotor cần có một điện trở Ohm nhỏ nhưng một điện trở cảm kháng lớn hơn. Giải pháp thiết kế là rotor dồn dòng (dạng khe xem **Hình 3b** trang trước). Các thanh bên ngoài mỏng hơn được thiết kế cho lúc khởi động, các thanh dày hơn nằm dưới được dùng chủ yếu cho lúc vận hành liên tục.



Hình 2: So sánh rotor thanh tròn và rotor dồn dòng
a) đường biểu diễn M-n
b) đường biểu diễn dòng điện

Động cơ không đồng bộ với rotor dồn dòng có momen khởi động lớn và dòng điện khởi động nhỏ (**Hình 2a, b**).

Chiều quay của động cơ không đồng bộ có thể đổi dễ dàng. Khi động cơ được gắn với mạng lưới điện qua ba sợi dây ngoài L1, L2 và L3 nối với ba đầu nối U1, V1 và W1, động cơ sẽ quay chiều phải. Nếu hai sợi dây ngoài thay đổi cho nhau, động cơ sẽ quay chiều trái.

Nếu người quan sát nhìn vào trục máy thấy trục máy quay theo chiều kim đồng hồ thì động cơ quay chiều phải, chiều quay ngược kim đồng hồ là chiều trái.

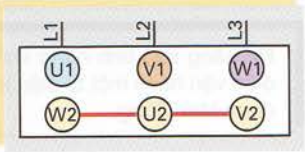
https://tieulun.hopto.org

Trong lúc vận hành phải lưu ý tôn trọng các trị số thiết kế ghi trên biển công suất.

- Nếu điện áp lớn hơn U_N, động cơ sẽ nhanh chóng nóng lên tỷ lệ với điện áp tăng dẫn đến phá hủy các cuộn dây.
- Nếu điện áp lưới điện quá thấp mà tải vẫn không đổi sẽ làm tăng dòng điện dẫn đến hư hại lớp cách điện của cuộn dây. Để tránh trường hợp này, tải và công suất phải giảm tỷ lệ với độ giảm điện áp.
- Động cơ không đồng bộ cũng có thể gắn với lưới điện có tần số từ 40Hz đến 60Hz. Khi đó momen thiết kế không đổi nhưng tốc độ trường quay và công suất thay đổi theo tỷ lệ tương ứng.

Động cơ không đồng bộ có giá thành thấp, ít bảo dưỡng và không gây nhiễu. Chúng được sử dụng để vận hành các máy công cụ có công suất nhỏ tới vừa. Vì trong thời điểm khởi động, động cơ đòi lưới điện cung cấp một dòng điện lớn (từ 4 đến 10 lần dòng điện thiết kế) nên có thể gây ra sụt điện áp trong mạng cung cấp. Các công ty phân phối điện đề ra các điều kiện kỹ thuật kết nối động cơ và quy định công suất giới hạn của động cơ như sau:

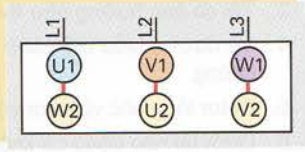
- Khởi động trực tiếp: cho phép động cơ có công suất tới khoảng 4kW
- Khởi động theo các phương pháp khởi động như máy biến áp khởi động hay dùng mạch sao – tam giác.



Hình 1: Mạch sao

Với phương pháp khởi động sao – tam giác (cho động cơ tới 11kW) động cơ được nối mạch sao khi khởi động. Nhờ đó điện áp pha giảm xuống còn 0,58 lần so với mạch tam giác và dòng điện cũng vậy. Momen khởi động giảm xuống còn 1/3. Do vậy trong phương pháp này phải lưu ý những điều kiện sau:

- Mạch sao chỉ chuyển về mạch tam giác khi động cơ đạt được tốc độ quay thiết kế (**Hình 1, 2**).
- Trong giai đoạn khởi động, động cơ không được chạy với toàn tải.
- Trên biển công suất phải có ghi điện áp thí dụ Δ/Y 400/690 V. Điện áp nhỏ hơn là điện áp tối đa cho cuộn dây của động cơ. Ở mạch sao, điện áp pha là 690 V nhưng vì hệ số liên kết là $\sqrt{3}$ nên điện áp hai đầu cuộn dây vẫn chỉ là 690 V/$\sqrt{3}$ = 400 V. Khi động cơ đạt được tốc độ quay thiết kế sẽ chuyển tiếp qua mạch tam giác. Lúc này cuộn dây có điện áp là 400 V.

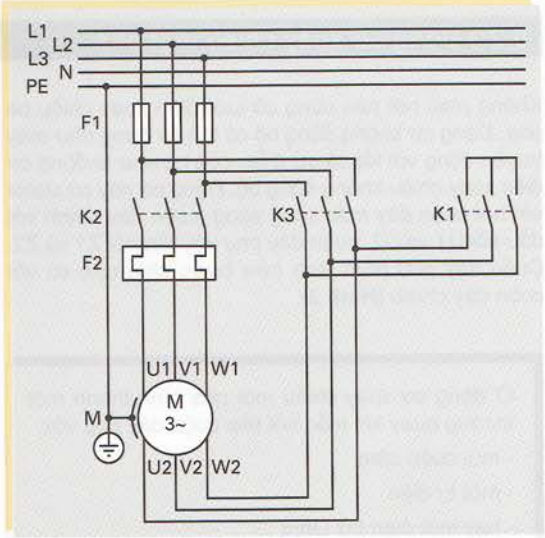


Hình 2: Mạch tam giác

Động cơ không đồng bộ với điện áp được ghi là 400/690 V có thể được khởi động bằng phương pháp mạch sao – tam giác (**Hình 3**). Nếu ghi là 230/400 V thì động cơ chỉ thích hợp cho mạch sao (Phương pháp sao – tam giác sẽ phá hỏng động cơ).

Động cơ không đồng bộ được bảo vệ bằng công tắc bảo vệ hay rơle bảo vệ (bộ kích hoạt lưỡng kim) hay bộ kích hoạt nhanh điện từ (bộ kích hoạt ngắn mạch).

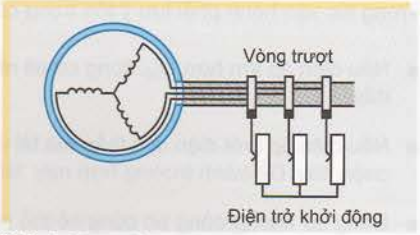
Ở động cơ vành trượt, đầu các cuộn dây rotor được nối với các vành trượt cách điện với nhau nằm trên trục máy (**Hình 2b, trang 345**). Nhờ các giải pháp thiết kế, có thể gắn thêm vào mạch rotor những điện trở thay đổi.



Hình 3: Mạch điện chính Y/Δ

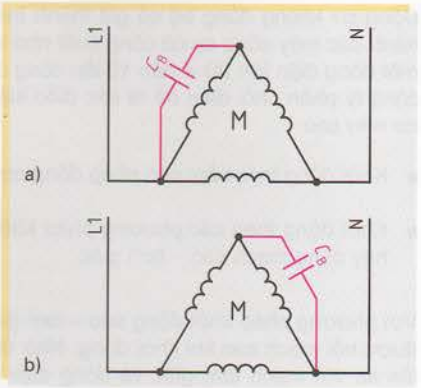
https://tieulun.hopto.org

Các điện trở khởi động tạo ra dòng điện khởi động nhỏ và momen khởi động lớn. Sau khi đạt được tốc độ quay thiết kế, các điện trở này được nối tắt để các cuộn dây rotor hoạt động giống như trong một động cơ lồng sóc (**Hình 1**).



Hình 1: Rotor vòng trượt

Động cơ không đồng bộ cũng có thể hoạt động với **điện áp xoay chiều một pha**. Tuy nhiên động cơ không thể tự khởi động được mà cần biện pháp khởi động như **mạch Steinmetz**. Như trong **Hình 2**, động cơ có cuộn dây stator thiết kế cho 230/400V (mạch tam giác) cần một tụ điện vận hành C_B (C_B = 70 µF/kW) để khởi động.



Hình 2: Mạch Steinmetz
a) Động cơ chiều trái
b) Động cơ chiều phải

Nhờ mạch Steinmetz mà động cơ không đồng bộ có thể hoạt động với điện áp xoay chiều một pha. Momen khởi động chỉ còn bằng 30% so với điện áp xoay chiều ba pha. Công suất cũng giảm còn 80% công suất thiết kế.

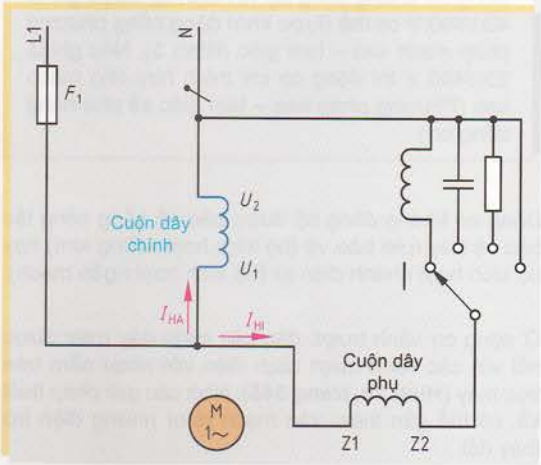
Để nâng cao tính năng khởi động, ta mắc song song với tụ điện vận hành một tụ điện khởi động C_A ($C_A = 2C_B$) trong giai đoạn khởi động.

Bài tập:

1. Hãy mô tả cấu trúc của động cơ không đồng bộ.
2. Vì sao động cơ không đồng bộ có độ trượt?
3. Tải có ảnh hưởng như thế nào lên độ trượt của động cơ không đồng bộ?
4. Vẽ đường biểu diễn *M-n* của động cơ không đồng bộ, điền các momen M_N, M_A, M_K và M_S và giải thích chúng.
5. Rotor lồng sóc và rotor vòng trượt khác nhau ở điểm nào?
6. Dưới tải nào động cơ không đồng bộ có chế độ vận hành tốt nhất?
7. Đầu mối của động cơ không đồng bộ được nối với nhau như thế nào ở mạch sao và mạch tam giác?
8. Cần biện pháp nào ở mạch điện để động cơ không đồng bộ có thể hoạt động ở lưới điện một pha?

9.2.3 Động cơ xoay chiều một pha

Không phải nơi nào cũng có lưới điện xoay chiều ba pha. Động cơ không đồng bộ có thể sử dụng như máy truyền động với tất cả ưu điểm của nó như là động cơ điện xoay chiều không đồng bộ. Động cơ này có stator với hai cuộn dây mắc song song: cuộn dây chính với đầu nối U1 và U2, cuộn dây phụ với đầu nối Z1 và Z2. Cuộn dây phụ nằm lệch nửa bước chia cực so với cuộn dây chính (**Hình 3**).

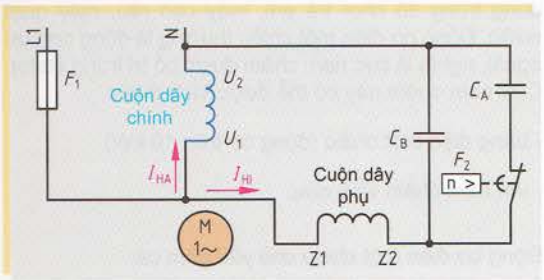


Hình 3: Động cơ xoay chiều một pha

Ở động cơ xoay chiều một pha hình thành một trường quay khi mắc nối tiếp cuộn dây phụ với:
- một cuộn cảm
- một tụ điện
- hay một điện trở Ohm

https://tieulun.hopto.org

Vì động cơ xoay chiều một pha với pha phụ điện trở có dòng điện khởi động cao, và động cơ với cuộn cảm kháng trong pha phụ có momen khởi động thấp so với động cơ có tụ điện, nên động cơ xoay chiều một pha với tụ điện vận hành thường được sử dụng. Để làm tăng momen khởi động, một tụ điện khởi động được mắc song song với tụ điện vận hành (**Hình 1**).



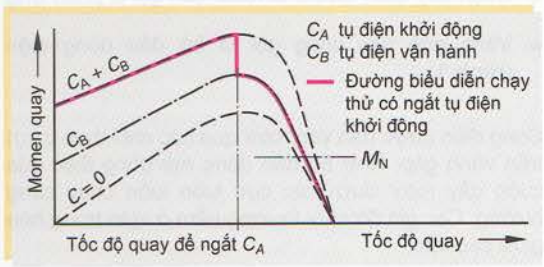
Hình 1: Động cơ một pha với tụ điện vận hành, tụ điện khởi động và công tắc dùng lực ly tâm

Định cỡ tụ điện:

Do sự hấp thụ nhiệt quá mức nên mỗi kW công suất thiết kế của động cơ cần:

- tụ điện vận hành thu nhận được công suất phản kháng khoảng 1 đến 1,3 kvar
- tụ điện khởi động khoảng 4 kvar

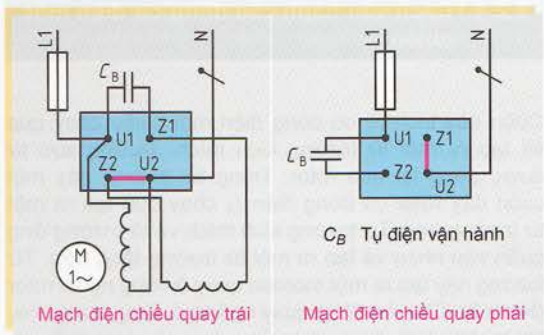
Nếu được trang bị tụ điện vận hành và tụ điện khởi động, momen khởi động có thể tăng lên hai đến ba lần so với momen thiết kế. **Hình 2** minh họa sự liên quan giữa momen khởi động, tụ điện vận hành, momen quay và tốc độ quay.



Hình 2: Đường biểu diễn momen của động cơ tụ điện

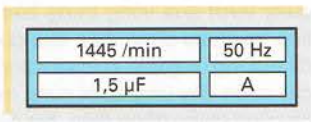
Với tụ điện vận hành và tụ điện khởi động, động cơ không đồng bộ một pha có thể tự khởi động ngay cả khi có tải.

Chiều quay của động cơ không đồng bộ một pha có thể thay đổi bằng cách đổi ngược chiều dòng điện của cuộn dây phụ (Z1, Z2) (**Hình 3**). Động cơ loại này được phân biệt dễ dàng với các loại động cơ khác nhờ có thông số điện dung được ghi trên biển công suất (**Hình 4**).



Hình 3: Đảo ngược chiều quay

Động cơ một pha có trường quay hình bầu dục, động cơ ba pha có trường quay hình tròn.

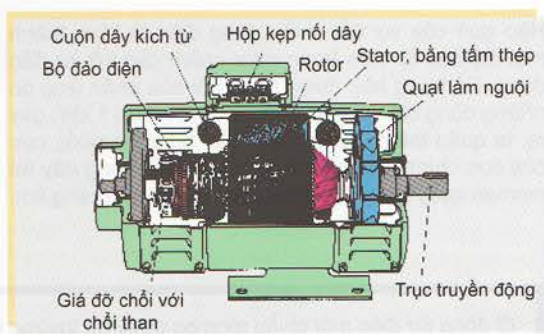


Hình 4: Một phần biển công suất của động cơ tụ điện

Động cơ khởi động bằng tụ điện có tính quay đều, tuổi thọ cao và ít phải bảo dưỡng. Chúng thường được dùng trong máy gia dụng, máy bơm, máy công cụ (thí dụ máy khoan, máy mài,...), máy xây dựng cũng như máy cắt cỏ. Chúng được sản xuất cho công suất thiết kế tới khoảng 2 kW.

9.2.4 Động cơ điện một chiều

Từ khi khám phá ra trường quay ba pha, động cơ không đồng bộ ngày càng phổ biến so với động cơ điện một chiều. Dù vậy, động cơ điện một chiều với đặc tính điều khiển và điều chỉnh tốt vẫn cần thiết trong một số lĩnh vực nhất định. Thí dụ động cơ servo một chiều được sử dụng như động cơ cán thép, bộ truyền động trục chính của máy NC (máy công cụ điều khiển số), bộ truyền động dẫn tiến định vị trong máy công cụ, cũng như động cơ nhỏ (từ vài watt đến vài trăm watt)



Hình 5: Kết cấu động cơ điện một chiều

https://tieulun.hopto.org

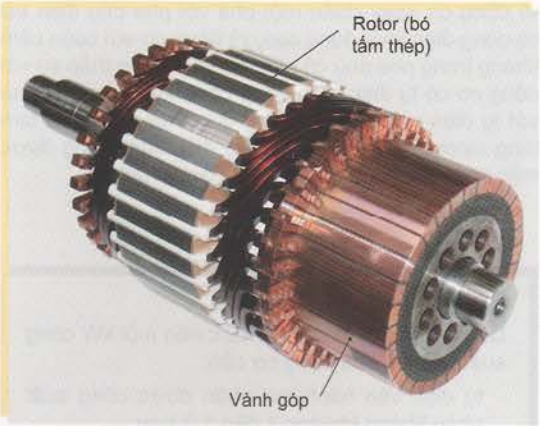
dùng trong đồ chơi trẻ em, máy cạo râu, máy quạt nước. Động cơ điện một chiều thường là động cơ cực ngoài, nghĩa là cực nam châm được bố trí trong stator. Cực nam châm này có thể được kích thích:

- bằng điện một chiều (động cơ trên 10 kW)

- với nam châm vĩnh cửu.

Động cơ điện một chiều chủ yếu gồm có:

- Cực nam châm đứng yên, là stator
- Cuộn dây quay được, là rotor, còn gọi là phần ứng
- Vành góp hay cũng gọi là bộ đảo dòng điện (**Hình 1**).

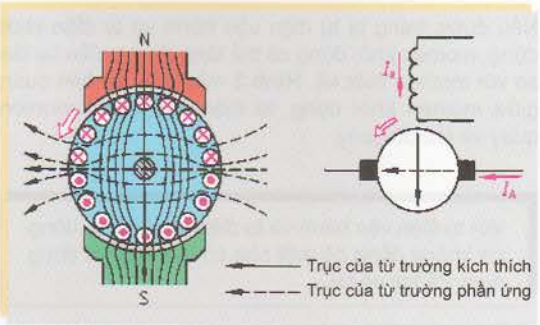


Hình 1: Rotor của động cơ điện một chiều

Dòng điện được dẫn vào rotor qua các chổi than trượt trên vành góp. Nhờ bộ đảo dòng mà dòng điện của cuộn dây rotor dưới các cực luôn luôn chạy cùng hướng. Các giá đỡ chổi thường nằm ở vị trí trung hòa giữa các cực.

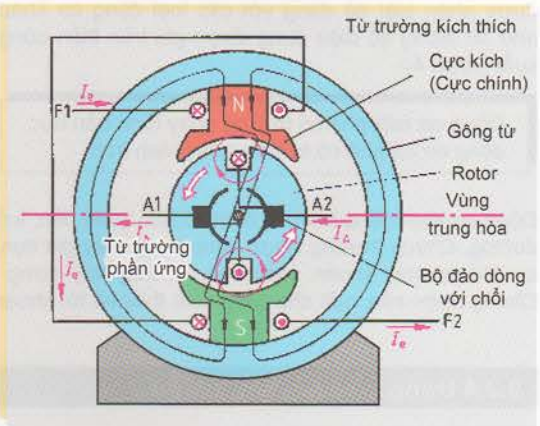
9.2.4.1 Cách vận hành của động cơ điện một chiều

Cuộn dây kích từ có dòng điện một chiều chạy qua sẽ tạo ra một từ trường kích thích. Đường sức từ được đóng lại qua rotor. Trong từ trường này một cuộn dây rotor có dòng điện I_A chạy qua tạo ra một từ trường ứng. Từ trường kích thích và từ trường ứng quấn vào nhau và tạo ra một từ trường tổng hợp. Từ trường này tạo ra một momen quay ở vòng ngoài rotor (**Hình 2**). Chuyển động quay ngừng ở vùng trung hòa, khi trường kích thích và trường ứng có cùng chiều và momen quay bằng 0. Nhờ động năng lúc đầu, rotor quay vượt qua vùng trung hòa tới cực nam châm kế tiếp thì chiều dòng điện của cuộn ứng phải ngược lại để trường ứng đảo cực và rotor tiếp tục quay. Như vậy các cuộn dây ứng dưới cùng một cực nam châm luôn có cùng chiều dòng điện. Sự đảo cực chiều dòng điện do bộ đảo dòng đảm trách.



Hình 2: Từ trường kích thích và từ trường phần ứng (Quay trái)

Hậu quả của sự đổi chiều dòng điện là hình thành một điện áp tự cảm trong rotor nhằm cản trở sự đảo dòng. Để trung hòa được phản hồi của phần ứng do những dòng điện ứng lớn (động cơ lớn hơn 1 kW) gây ra, ta quấn thêm những cuộn dây bù trong guốc cực của cực chính. Cuộn ứng có càng nhiều vòng dây thì momen quay càng đều và động cơ vận hành càng êm.



Hình 3: Động cơ điện một chiều kích thích từ độc lập (quay trái)

Ở động cơ điện một chiều momen quay do trường kích thích và từ trường phần ứng sinh ra.

https://tieulun.hopto.org

9.2.4.2 Các loại động cơ điện một chiều

Động cơ điện một chiều kích từ độc lập (**Hình 3, trang 350**) được cung cấp bởi hai nguồn điện một chiều có điện áp khác nhau. Vì dòng điện kích I_E độc lập với dòng điện ứng I_A nên trường kích hầu như không đổi. Đối với momen quay thì $M \sim I_A$.

> Tốc độ quay của động cơ một chiều kích từ độc lập hầu như cố định độc lập với thay đổi tải.

Khi chạy không tải, động cơ đạt được tốc độ quay tối đa gọi là tốc độ quay không tải n_0.

Ở động cơ điện một chiều kích từ song song, cuộn kích và cuộn ứng nối song song và có cùng một điện áp. Nếu điện áp lưới điện không đổi, động cơ kích từ song song có tính năng vận hành gần giống với động cơ kích từ độc lập. Tuy nhiên khi có tải, tốc độ quay giảm hơn so với động cơ kích từ độc lập (**Hình 2**).

> Tốc độ quay của động cơ điện một chiều kích từ song song giảm không nhiều khi có tải.

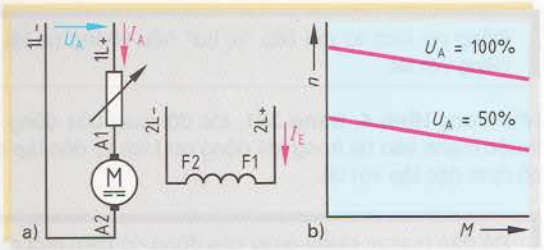
Ở động cơ điện một chiều kích từ song song, phải lưu ý tránh trường hợp sút giảm trường kích quá lớn hay ngắt điện trường kích khi động cơ đang vận hành.

> Động cơ điện một chiều kích từ song song có thể "bị hỏng" nếu tắt mạch kích thích, có nghĩa là tốc độ quay vượt qua giới hạn cơ học cho phép. Lực ly tâm ở rotor có thể phá hủy động cơ.

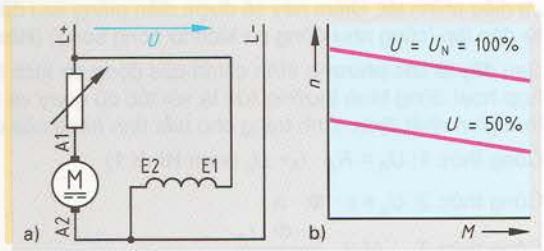
Ở động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp (**Hình 3**), cuộn ứng rotor và cuộn kích từ được mắc nối tiếp với nhau. Cả hai cuộn dây được cùng một dòng điện chạy qua. Ngược với động cơ kích từ song song, động cơ kích từ nối tiếp có cuộn kích điện trở thấp. Khi chịu tải lớn, dòng điện qua động cơ tăng lên để tạo ra một momen quay lớn.

> Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp có momen khởi động lớn nhất trong các loại động cơ điện một chiều.

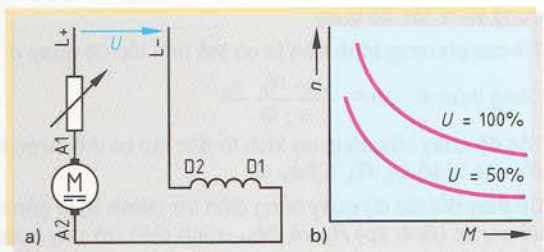
Khi chạy không tải, dòng điện qua cuộn ứng và cuộn kích từ đều giảm và tốc độ quay tăng lên. Giảm sút trường kích làm tăng tốc độ quay lên dẫn đến phá hủy động cơ.



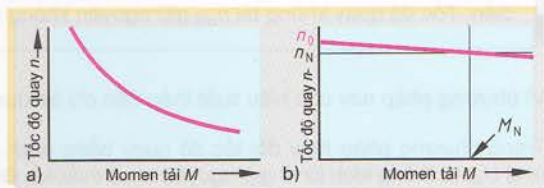
Hình 1: a) Động cơ kích từ độc lập; A1, A2 cuộn ứng; F1, F2 cuộn kích từ độc lập
b) Đường biểu diễn tốc độ quay – momen



Hình 2: a) Động cơ kích từ song song; A1, A2 cuộn ứng; E1, E2 cuộn kích từ song song
b) Đường biểu diễn tốc độ quay – momen



Hình 3: a) Động cơ kích từ nối tiếp; A1, A2 cuộn ứng; D1, D2 cuộn kích từ nối tiếp
b) Đường biểu diễn tốc độ quay – momen



Hình 4: Đường biểu diễn tải của
a) Động cơ kích từ nối tiếp
b) Động cơ kích từ độc lập

Động cơ kích từ độc lập được sử dụng trong máy công cụ hay băng chuyền nơi đòi hỏi tốc độ quay không đổi.

Động cơ kích từ song song được sử dụng khi chỉ có một nguồn điện. Phạm vi sử dụng cũng tương tự như động cơ kích từ độc lập.

Động cơ kích từ nối tiếp được dùng trong các xe chạy điện như tàu điện, xe lửa và xe nâng hàng.

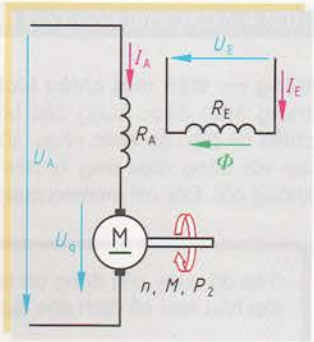
https://tieulun.hopto.org

Động cơ kích từ nối tiếp "bị hư" nếu không có tải. Do đó nó được nối cứng với tải.

Như trong **Hình 4, trang 351**, tốc độ quay của động cơ kích từ nối tiếp phụ thuộc mạnh vào tải trong khi động cơ kích từ độc lập có tốc độ quay hầu như cố định độc lập với tải.

Để đảo ngược chiều quay của động cơ điện một chiều chỉ cần đổi chiều dòng điện ứng.

Như đã nhắc ở phần đầu, động cơ điện một chiều có đặc điểm là điều khiển và điều chỉnh tốt. Điểm này sẽ được diễn giảng sau đây cho loại động cơ kích từ độc lập (cũng như động cơ kích từ song song) (**Hình 1**).



Hình 1: Động cơ kích từ độc lập

Sau đây là các phương trình chính của động cơ kích từ độc lập trong trường hợp hoạt động bình thường tức là với tốc độ quay và tải không đổi trong một thời gian nhất định. Tình trạng cho biết tính năng của động cơ.

Công thức 1: $U_A = R_A \cdot I_A + U_q$ (xem **Hình 1**)

Công thức 2: $U_q = c \cdot \Phi \cdot n$

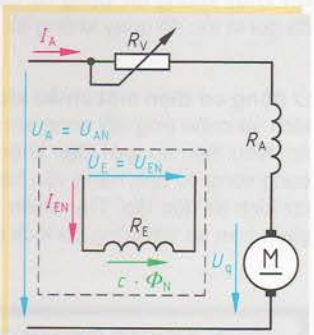
Công thức 3: $M_i = \dfrac{c \cdot \Phi \cdot I_A}{2 \cdot \pi}$

Với U_A: điện áp phần ứng; R_A: điện trở phần ứng; I_A: cường độ dòng điện ứng U_q: từ kháng phần ứng; c: hằng số động cơ; Φ: từ thông; M_i: momen quay trong và n: tốc độ quay.

Từ các phương trình trên ta có thể tính tốc độ quay n

Công thức 4: $n = \dfrac{U_A - R_A \cdot I_A}{c \cdot \Phi}$

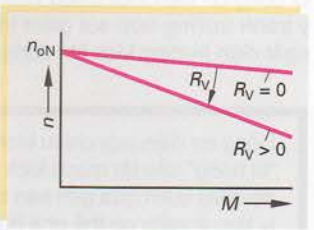
Tốc độ quay của động cơ kích từ độc lập có thể được thay đổi bằng cách thay đổi các trị số U_A, R_A, I_A hay Φ.



Hình 2: Động cơ với điện trở (trước, nối tiếp)

Để thay đổi tốc độ quay bằng điện trở (**Hình 2**) ta gắn nối tiếp với R_A một điện trở trước (định áp) R_V và điều chỉnh điện trở này trong lúc Φ và U_A giữ ở trị số thiết kế Φ_N và U_{AN}.

Thay đổi điện trở định áp R_V chỉ ảnh hưởng lên độ dốc của đường biểu diễn. Tốc độ quay không tải n_{oN} giữ nguyên không đổi (**Hình 3**).



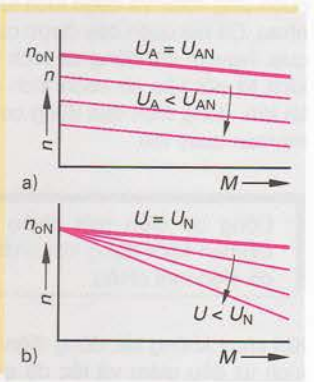
Hình 3: Đường biểu diễn tốc độ quay / momen quay

Vì phương pháp này cho hiệu suất thấp nên chỉ áp dụng cho động cơ nhỏ.

Trong phương pháp thay đổi tốc độ quay bằng cách thay đổi điện áp phần ứng U_A, từ thông kích từ Φ giữ nguyên trị số thiết kế. Điện áp phần ứng có thể thay đổi từ 0 tới điện áp thiết kế tối đa U_{AN} bằng cách dùng bộ biến áp điện tử (xem bên dưới).

Ở động cơ kích từ độc lập và kích từ song song, tốc độ quay có thể thay đổi bằng cách biến đổi điện áp phần ứng trong phạm vi điều chỉnh phần ứng.

Trong phạm vi điều chỉnh phần ứng, tốc độ quay thay đổi tỷ lệ với điện áp phần ứng (**Hình 4**). Vì từ thông Φ giữ nguyên nên momen quay M tỷ lệ với dòng điện ứng I_A, $M \sim I_A$.

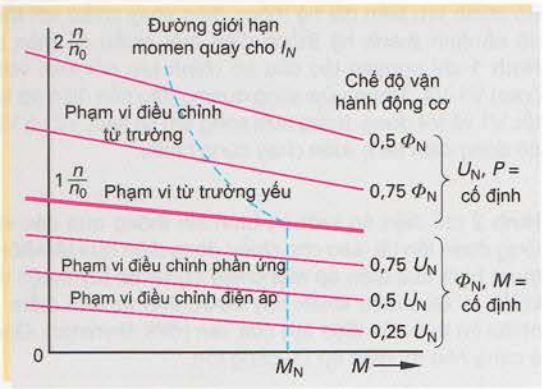


Hình 4: Đường biểu diễn M/n
a) Động cơ kích từ độc lập
b) Động cơ kích từ song song

Khi điều chỉnh tốc độ quay bằng trường kích từ Φ thì $R_V = 0\ \Omega$ và $U_A = U_{AN}$, điện áp phần ứng bằng điện áp thiết kế. Trường kích từ thay đổi theo sự thay

https://tieuluan.hopto.org

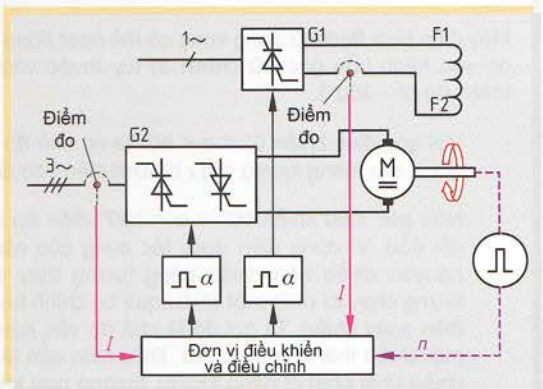
đổi từ thông trong khoảng $\Phi_{min} < \Phi < \Phi_N$. Trường kích từ yếu đi dẫn đến tốc độ quay tăng cao hơn tốc độ quay thiết kế n_N. Tốc độ quay thay đổi trong khoảng $n_N \leq n \leq n_{max}$. Trong chế độ vận hành từ trường yếu, vì dòng điện I_A qua rotor sẽ tăng lên nếu tải (momen) không đổi nên phải lưu ý giới hạn dòng điện (**Hình 1**). Sự phát nhiệt trong cuộn dây chỉ cho phép động cơ vận hành lâu dài với dòng điện thiết kế I_N nên trong chế độ vận hành từ trường yếu, động cơ không được phép có tải bằng momen thiết kế.



Hình 1: Tăng tốc độ quay bằng cách làm yếu từ trường

> Trong phạm vi điều chỉnh từ trường kích thích, từ trường được làm yếu để tốc độ quay động cơ có thể nhanh hơn tốc độ thiết kế (2 – 4 lần n_N). Lưu ý là phải giảm momen quay tối đa cho phép. Lý do là dòng điện ứng không được phép lớn hơn trị số tối đa cho phép.

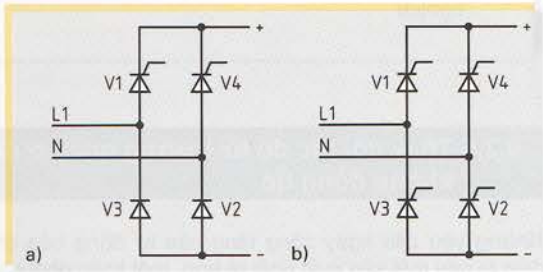
Thực tế là trong các máy công cụ, người ta phối hợp cả hai phương pháp biến đổi điện áp phần ứng và biến đổi từ trường kích thích. Nhờ đó tốc độ quay có thể được điều chỉnh trong một phạm vi rộng hơn.



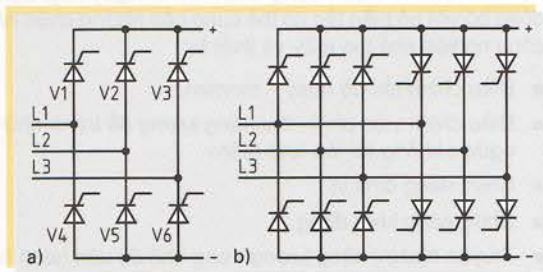
Hình 2: Nguyên tắc điều khiển điện áp của động cơ kích thích từ độc lập

9.2.4.3 Thiết bị điều khiển điện áp tại lưới điện xoay chiều

Đôi khi lưới điện xoay chiều là nguồn cung cấp điện duy nhất cho động cơ điện một chiều. Trong trường hợp này phải cần bộ biến dòng. **Hình 2** minh họa về nguyên tắc cấu tạo một động cơ kích thích từ song song dùng bộ chỉnh lưu (bộ biến đổi dòng điện). Bộ chỉnh lưu G1 dùng để cung cấp điện áp cho cuộn kích thích từ (F1, F2), G2 cung cấp cho cuộn ứng. Đối với G1 có thể sử dụng cầu điều khiển bán phần (cho động cơ nhỏ) hay toàn phần (**Hình 3**). Cho bộ chỉnh lưu G2 thường sử dụng bộ chỉnh lưu cầu ba pha mạch B6C (**Hình 4**). Các thyristor được điều khiển bằng các xung do đơn vị điều khiển hay điều chỉnh phát ra (xem **Hình 2**). Nếu động cơ kích thích từ song song được cầu B6C điều khiển, thì động cơ hoạt động trong chế độ vận hành 2Q, có nghĩa là động cơ có hai chiều quay và một chiều momen, đồng nghĩa với điện áp có thể đổi cực nhưng chiều dòng điện giữ nguyên. Vì các máy công cụ hoạt động cả hai chiều phải – trái có chế độ hãm hướng dẫn nên cần hệ truyền động 4Q. Trong chế độ vận hành này, hệ truyền động có hai chiều quay và hai chiều momen. Do vậy phải cần một bộ chỉnh lưu gồm hai cầu B6C mắc song song đối nghịch (**Hình 4b**).



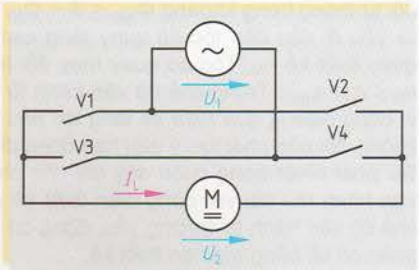
Hình 3: a) Cầu điều khiển bán phần
b) Cầu điều khiển toàn phần (B2C)



Hình 4: a) Cầu B6C
b) Mạch song song đối nghịch của hai cầu B6C

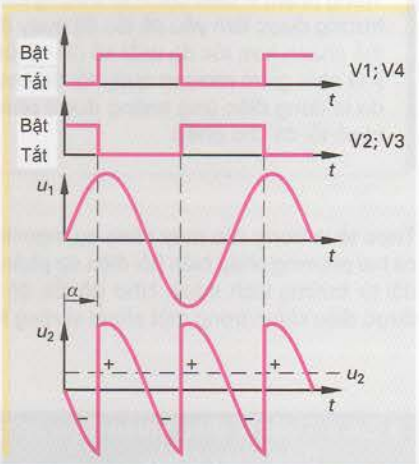
https://tieulun.hopto.org

Bộ chỉnh lưu biến đổi hệ thống điện xoay chiều với tần số và biên độ cố định thành hệ thống điện một chiều có biên độ thay đổi. **Hình 1** chỉ nguyên tắc của bộ chỉnh lưu nối lưới với 4 công tắc (van) V1-V4. Trong nửa sóng dương đầu của điện áp lưới U_1, công tắc V1 và V4 đóng, trong nửa sóng âm kế tiếp, V2 và V3 đóng. Nhờ đó dòng điện tải I_L luôn chạy cùng chiều.



Hình 1: Nguyên tắc bộ chỉnh lưu

Hình 2 chỉ điện áp lưới U_1 hình sin thông qua các van tác động từng đoạn lên tải, sao cho chiều dòng điện qua tải không đổi. Trị số trung bình của điện áp một chiều U_2 tại tải tùy thuộc vào góc điều khiển α. Góc điều khiển này được tính từ thời điểm dẫn điện tự nhiên (vị trí 0 của điện áp) của van (điốt, thyristor). Góc điều khiển α càng nhỏ thì điện áp U_2 càng lớn.



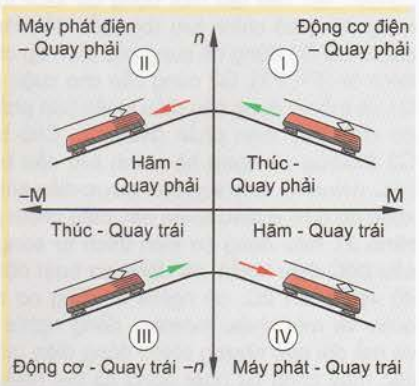
Hình 2: Cách vận hành của bộ chỉnh lưu với diễn tiến điện áp

Máy điện kích thích từ song song có thể hoạt động trong chế độ vận hành bốn góc 4Q (**Hình 3**) tùy thuộc vào góc điều khiển (từ 0° - 360°).

- Với góc điều khiển $0° < \alpha < 90°$ ta có chế độ vận hành chỉnh lưu, năng lượng chạy từ lưới điện vào động cơ.
- Nếu góc điều khiển $90° < \alpha < 180°$ điện áp một chiều đổi dấu. Vì dòng điện dưới tác dụng của các van giữ nguyên chiều nên chiều năng lượng thay đổi. Năng lượng chạy từ phía một chiều qua bộ chỉnh lưu vào lưới điện xoay chiều. Ta gọi đó là chế độ vận hành chuyển một chiều thành xoay chiều. Điều kiện cần là phía một chiều phải phát đi năng lượng, trường hợp khi động cơ được hãm lại. Do vậy, góc điều khiển có thể làm đổi chiều dòng năng lượng. Để có thể cho phép dòng điện đổi chiều, phải ráp thêm một bộ chỉnh lưu song song đối nghịch.

9.2.5 Thay đổi tốc độ từ trường quay ở động cơ không đồng bộ

Những yêu cầu ngày càng tăng của tự động hóa cho các máy điện là một mặt sản xuất phải rẻ hơn, mặt khác phải có nhiều công dụng hơn. Giải pháp cho việc này là kết hợp chức năng công suất với chức năng điều chỉnh, có một hay nhiều trục truyền động với hệ điều khiển chuyển động chen nhau. Ngày nay, động cơ không đồng bộ với bộ biến tần có thể cung cấp những chức năng sau cho công nghiệp chế tạo máy và thiết bị:



Hình 3: Chế độ vận hành 4Q của máy điện

- Điều chỉnh tốc độ quay – momen.
- Điều chỉnh việc phát / thu năng lượng để tránh những tác động ngược không tốt lên lưới điện.
- Chức năng định vị.
- Chức năng khởi động.
- Truyền ngược năng lượng trong chế độ vận hành hãm.
- Nâng cao hiệu suất trong hệ truyền động điện (bộ biến tần có thể giúp giảm tiêu hao (ở lõi sắt) của động cơ không đồng bộ khi làm việc với tải thấp).

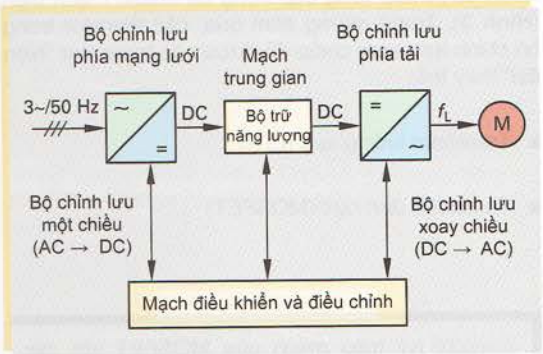
https://tieulun.hopto.org

9.2.5.1 Nguyên tắc của bộ biến tần

Như đã trình bày trong chương động cơ không đồng bộ, tốc độ quay của một động cơ ba pha (động cơ đồng bộ hay không đồng bộ) tùy thuộc vào tốc độ từ trường quay n_f của stator. Từ trường quay này lại tùy thuộc vào tần số f của điện áp cung cấp và số đôi cực p của động cơ. Từ phương trình $n_f = f/p$, ta suy ra là có thể dùng tần số của điện áp cung cấp để thay đổi tốc độ quay động cơ, vì số đôi cực động cơ là một trị số thiết kế cố định. Tuy nhiên vì biên độ và tần số của lưới điện cung cấp là những trị số cố định nên động cơ quay theo vòng quay cố định tùy lưới điện. Ở động cơ không đồng bộ cần lưu ý đến trị số trượt (thay đổi theo tải) diễn tả sự khác biệt tương đối giữa tốc độ từ trường quay và tốc độ quay rotor.

Tốc độ quay rotor với momen tải không đổi có thể thay đổi bằng cách:

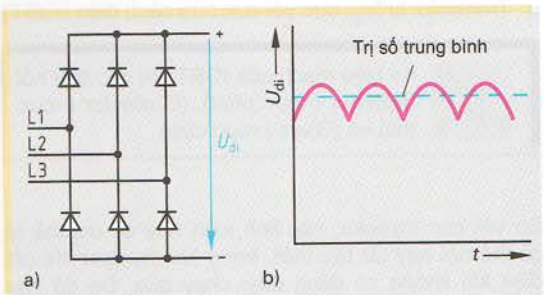
- Thay đổi số đôi cực trong những động cơ đổi cực theo những tỷ lệ nhất định (thí dụ động cơ Dahlander: tỷ lệ tốc độ quay 1:2). Với cách này, động cơ có thể có bốn tốc độ quay cố định. Tuy nhiên không thể điều khiển vô cấp tốc độ quay.
- Thay đổi biên độ và tần số của điện áp cung cấp. Chúng có thể có những trị số tùy ý để động cơ có thể đạt được tốc độ quay bất kỳ trong khoảng giới hạn nhất định. Với bộ điều chỉnh thích hợp, rotor có thể có bất kỳ tốc độ quay nào độc lập với tải và quay tới bất kỳ vị trí nào.



Hình 1: Sơ đồ nguyên tắc mạch của bộ biến tần

Bộ biến tần nối vào động cơ (**Hình 1**) có đặc tính có thể thay đổi biên độ và tần số của điện áp cung cấp tùy thích và cung ứng chúng cho động cơ.

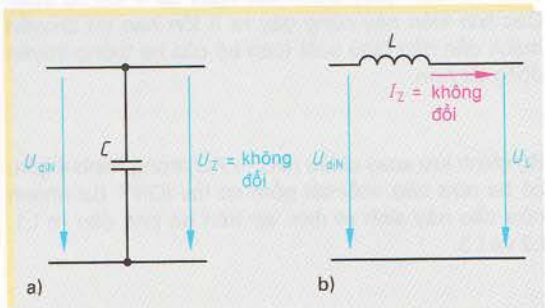
Điện áp lấy từ lưới điện ba pha có tần số 50 Hz được bộ chỉnh lưu đổi thành điện một chiều rồi lại được bộ chỉnh lưu đổi thành điện áp xoay chiều ba pha bất kỳ. **Bộ chỉnh lưu một chiều (AC → DC)** được ráp theo mạch cầu, có thể điều khiển (với Thyristor) hay không điều khiển (với điốt). Nó sinh ra điện áp xung một chiều (**Hình 2**). **Mạch trung gian** có nhiệm vụ làm nhẵn các sóng điện áp một chiều bằng mạch trung gian điện áp (bộ chỉnh điện áp U) hay mạch trung gian dòng điện (bộ chỉnh dòng điện I) (**Hình 3**).



Hình 2: a) Bộ chỉnh lưu mạch cầu không điều khiển (6BU)
b) Điện áp xung một chiều U_{di}

Trong các bộ biến tần hiện nay, bộ chỉnh điện áp U thường được dùng vì giá rẻ.

Hiện tượng làm nhẵn dùng tụ điện dựa trên tính chất phóng điện của tụ điện có tác động làm trễ sự sụt điện áp (**Hình 1, trang 356**).



Hình 3: a) Bộ chỉnh điện U **b) Bộ chỉnh điện I**

https://tieulun.hopto.org

Để nâng cao tính ổn định điện áp, người ta dùng một bình điện gồm hai tụ hóa mắc nối tiếp nhau. Song song với tụ điện có mắc các điện trở cân bằng hay đối xứng nhằm giúp hai tụ điện nạp điện đều nhau. Để cho dòng điện qua tụ điện lúc bật mạch nhỏ như có thể, một điện trở nạp gắn vào trước mạch trung gian nhằm hạn chế dòng điện cũng như hạn chế dòng điện quá mức. Sau một thời gian nhất định, bộ điều khiển điện tử sẽ nối tắt điện trở này bằng rơle chuyển mạch để tránh tiêu hao không cần thiết (**Hình 2**). **Bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC → AC)** là khâu cuối của bộ biến tần. Nó đổi dòng điện và điện áp một chiều thành các đại lượng xoay chiều. Các thành phần chính của bộ chỉnh lưu xoay chiều là các linh kiện bán dẫn có điều khiển được xếp từng cặp trong ba nhánh mạch điện (**Hình 3**). Trong những năm qua, các thyristor trong bộ chỉnh lưu xoay chiều đã được các transistor "hiện đại" thay thế:

- Transistor lưỡng cực (LTR)
- Transistor đơn cực (MOSFET)

Ký hiệu mạch của MOSFET với các đầu nối (S)ource (=cực nguồn), (D)rain (=cực thoát) và (G)ate (=cực cửa).

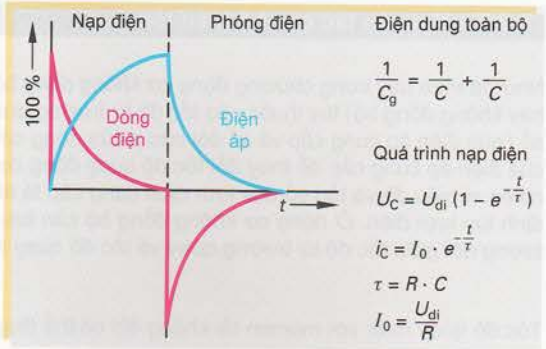
- Transistor lưỡng cực với cực cửa cách điện (IGBT)

Ký hiệu mạch của IGBT với các đầu nối (E)mitter (=cực phát), (C)ollector (=cực thu) và (G)ate (=cực cửa).

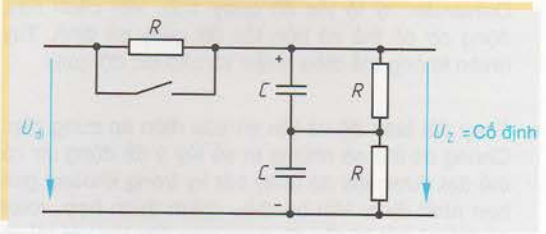
So với các thyristor, các linh kiện này có ưu thế là có thể bật hay tắt tức thời, trong khi thyristor chỉ cắt điện khi không có dòng điện chạy qua. Do đó khu vực tần số chuyển mạch của bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC → AC) được nới rộng từ 300 Hz lên 15 kHz. Dòng điện động cơ có thể đạt được hình dạng gần hình sin. Nhờ đó tiếng ồn và tổn hao của động cơ được giảm thiểu và rotor quay chính xác ngay cả ở tốc độ thấp. Các linh kiện này cũng gây ra ít tổn hao do chuyển mạch dẫn đến hiệu suất toàn bộ của hệ thống truyền động tốt hơn.

Bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC → AC) trong **Hình 4** gồm có ba nửa cầu, mỗi cái gồm có hai IGBT. Ba nhánh nửa cầu này sinh ra điện áp trên ba pha đầu ra L1, L2 và L3.

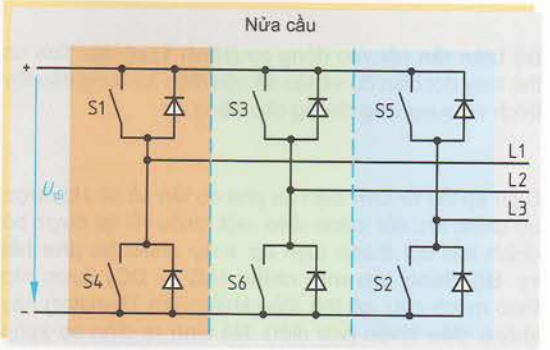
Các nửa cầu này được bật/tắt như sau:



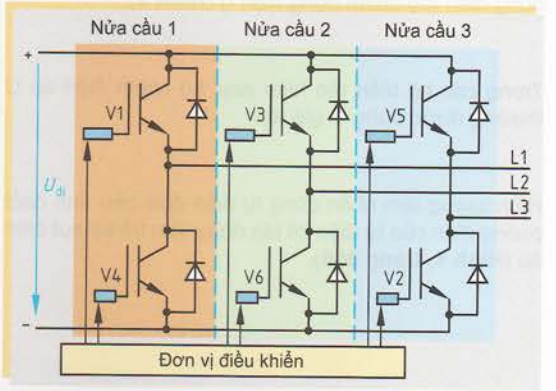
Hình 1: Diễn biến điện áp & dòng điện ở tụ điện của mạch trung gian



Hình 2: Mạch trung gian với điện trở nạp; bộ chỉnh điện U



Hình 3: Nguyên tắc mạch của bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC → AC) với ba nửa cầu

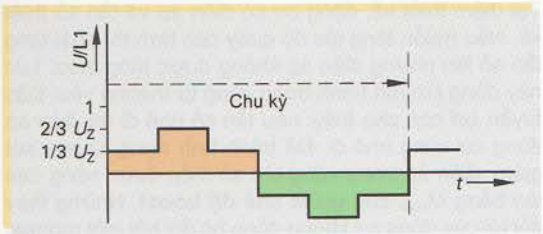


Hình 4: Bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC → AC) với ba nửa cầu và điốt bảo vệ

https://tieulun.hopto.org

- Nửa cầu BẬT (ON) → bật IGBT trên, tắt IGBT dưới
- Nửa cầu TẮT (OFF) → tắt IGBT trên, bật IGBT dưới

Do đó nhờ điều khiển đóng và mở riêng từng transistor mà điện áp U_z của mạch trung gian chuyển đến các pha đầu ra tương ứng. Các điện áp sinh ra ở đầu ra có dạng hình xung (**Hình 1**). Tần số của điện áp đầu ra tùy thuộc vào tốc độ của trình tự chuyển mạch các nửa cầu.



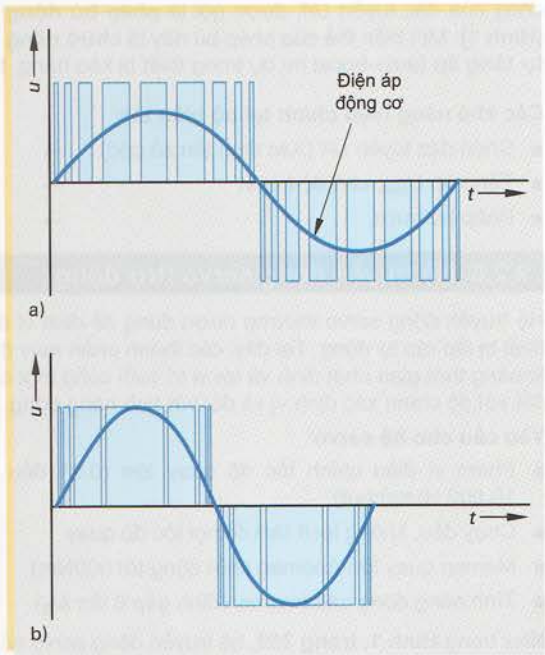
Hình 1: Điện áp đầu ra dạng xung của một nửa cầu

Như đã đề cập, bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC → AC) xử lý điện áp U_z cố định thành các xung tạo thành điện áp đầu ra có tần số thay đổi. Vì động cơ vận hành cần một điện áp thích nghi với tần số dựa theo đặc tuyến *U/f*, một từ thông chính cố định phải được bảo đảm trong vùng hiệu chỉnh. Điện áp cung cấp phải thích hợp sao cho dòng điện cuộn dây gần như có dạng hình sin. Hai phương thức dùng xung để tạo điện áp thích hợp là:

- Biến điệu (điều biến) độ rộng xung
- Biến điệu vectơ điện áp

Lấy thí dụ biến điệu độ rộng xung để thấy điện áp động cơ được tạo ra bằng cách này.

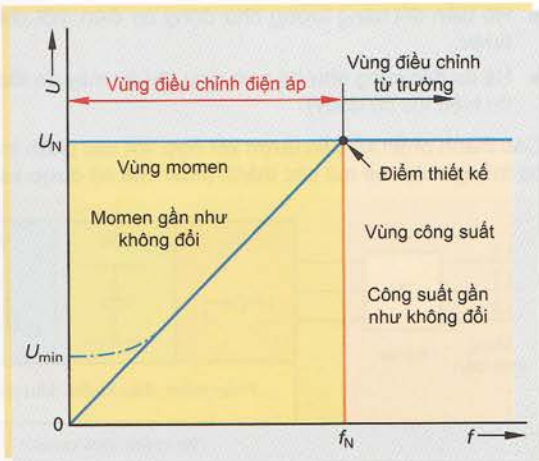
Trong phương thức biến điệu độ rộng xung người ta giữ biên độ của xung đầu ra tương đương với trị số lớn nhất có thể của U_z và thay đổi độ rộng xung và khoảng cách giữa các xung sao cho điện áp tích phân của các xung có dạng hình sin. Ở tốc độ quay nhỏ, động cơ chỉ cần một điện áp nhỏ nên tỷ lệ độ rộng xung với độ hở xung thấp (**Hình 2a**). Vì độ hở xung quá lớn dẫn đến động cơ quay không đều, người ta nhịp xung với tần số cao và có nhiều xung hẹp. Ở tốc độ quay cao, người ta không thể tăng tần số xung tùy ý nên xung rộng hơn và do đó có tần số xung thấp hơn (**Hình 2b**).



Hình 2: a) Điện áp động cơ tại tốc độ quay thấp
b) Điện áp động cơ tại tốc độ quay cao

9.2.5.2 Tính năng của động cơ không đồng bộ với bộ điều khiển tần số

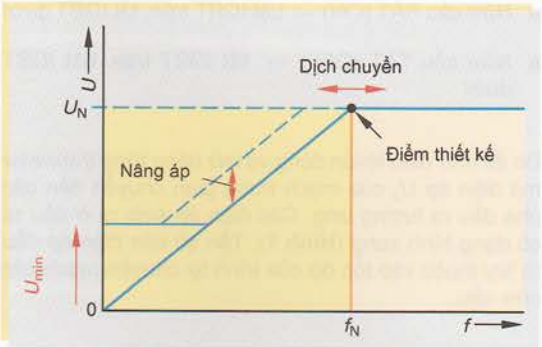
Qua sự trình bày ở trên, ta biết có thể hiệu chỉnh tốc độ từ trường quay ít tiêu hao và vô cấp bằng cách thay đổi tần số của điện áp cung cấp. Để động cơ không đồng bộ có thể hoạt động về mặt từ tính tốt nhất thì từ thông phải giữ không đổi. Do đó khi hiệu chỉnh tốc độ quay bằng tần số thì điện áp cung cấp cũng cần phải thay đổi cùng chiều tỷ lệ theo tần số. **Hình 3** chỉ ra quan hệ trong điều khiển đặc tuyến *U/f*.



Hình 3: Đặc tuyến điều khiển *U/f* của động cơ không đồng bộ

https://tieuluan.hopto.org

Tại điểm thiết kế, động cơ có điện áp và tần số thiết kế. Nếu muốn tăng tốc độ quay cao hơn thì phải tăng tần số lên nhưng điện áp không được tăng theo. Lúc này động cơ vận hành trong vùng từ trường yếu. Đặc tuyến *U/f* còn cho thấy, nếu tần số nhỏ đi thì điện áp động cơ cũng nhỏ đi. Để tránh tình trạng từ hóa sút giảm, điện áp trong vùng tần số thấp được nâng cao lên bằng U_{min}, còn gọi là **chế độ boost**. Những thay đổi tải của động cơ không đồng bộ đòi hỏi một momen lớn hơn trong thời gian ngắn hơn và do đó đòi hỏi một dòng điện lớn hơn.



Hình 1: Nâng áp của đặc tuyến điều khiển *U/f*

Có thể đạt được những điều này nhờ sự nâng lên động của đặc tuyến *U/f*, được gọi là **phép bù động (Hình 1)**. Một biến thể của phép bù này là **chức năng tự tăng áp** (auto-boost thí dụ trong thiết bị kéo băng, thiết bị quấn dây).

Các khả năng hiệu chỉnh tại bộ biến tần:

- Chọn đặc tuyến *U/f* (Xác định tần số góc) → Chế độ hãm
- Tăng áp U_{min}, chế độ boost → Đổi chiều quay phải/trái
- Phép bù trượt → Thời gian bật /tắt máy

9.2.6 Hệ truyền động servo (trợ động)

Hệ truyền động servo thường được dùng để định vị thí dụ như trong máy công cụ, các robot công nghiệp và thiết bị lắp ráp tự động. Tại đây, các thành phần máy được chuyển động theo những đường định sẵn trong một khoảng thời gian nhất định và tới vị trí cuối cùng một cách chính xác. Người ta đòi hỏi những yêu cầu cao nhất đối với độ chính xác định vị và đối với tính năng động.

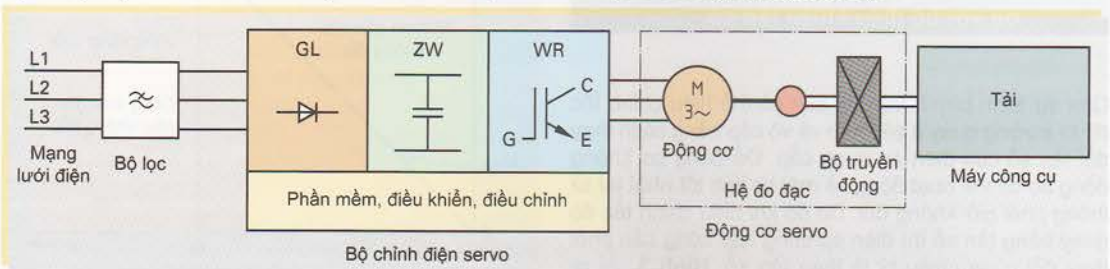
Yêu cầu cho hệ servo:

- Phạm vi điều chỉnh tốc độ quay lớn (0,01 đến 10.000 vòng/phút).
- Chạy đều, không lệch tâm ở mọi tốc độ quay
- Momen quay lớn (momen khởi động tới 500Nm)
- Tính năng động cao (momen đỉnh gấp 6 lần M_0)
- Khả năng quá tải ngắn hạn cao
- Loại bảo vệ động cơ cao
- Công suất thiết kế từ khoảng 100W đến 20kW
- Độ chính xác định vị và lặp lại cao

Như trong **Hình 1, trang 359**, hệ truyền động servo nói chung gồm có:

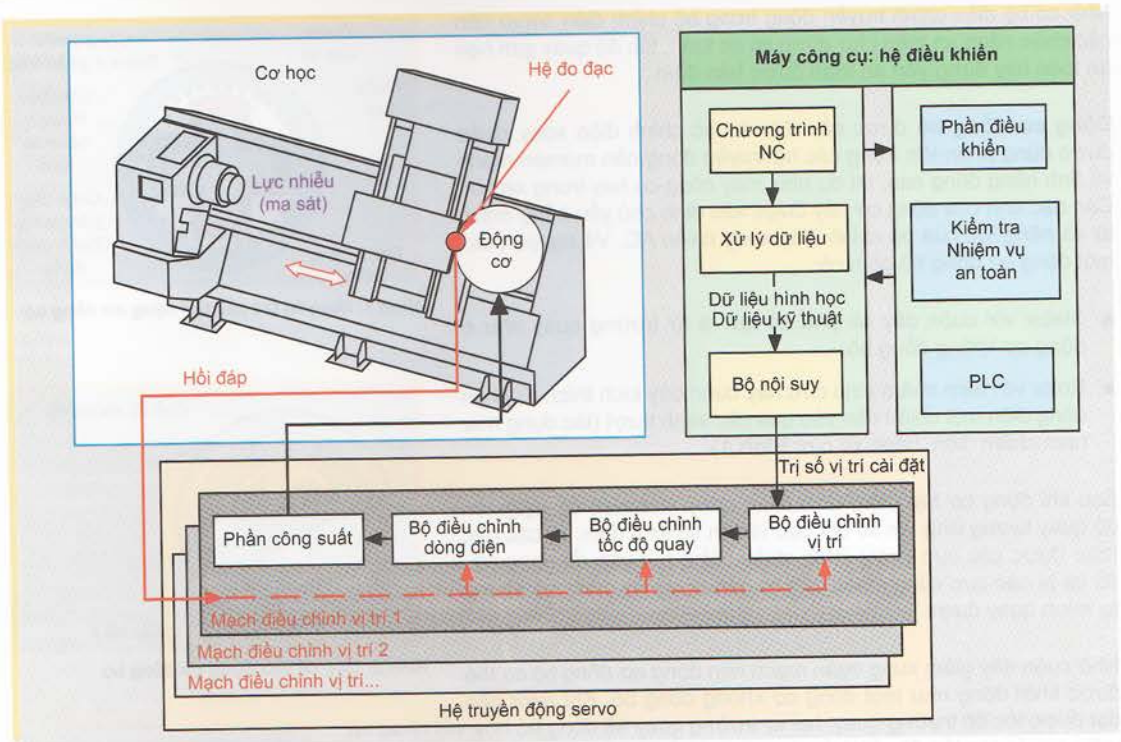
- Bộ cung cấp trị số định trước (máy tính tự động hóa thí dụ bộ điều khiển NC).
- Bộ điều chỉnh (điều chỉnh dòng điện, vị trí, tốc độ quay) digital, analog.
- Bộ chỉnh năng lượng (phần công suất), linh kiện bán dẫn công suất, bộ chỉnh điện.
- Hệ biến đổi năng lượng như động cơ điện một chiều, động cơ đồng bộ, động cơ không đồng bộ, động cơ bước.
- Hệ đo đạc cũng như hệ cảm ứng (thí dụ máy đo tốc độ vòng quay, bộ mã hóa gia số, bộ giải góc hay bộ phát tín hiệu tốc độ quay).

Các thành phần kể trên được kết hợp với các phần truyền cơ học như hộp số (quay hay tuyến tính) thành một hệ thống chặt chẽ mà các thành phần của nó được xem là một thể thống nhất (**Hình 2**).



Hình 2: Sơ đồ khối của hệ truyền động servo

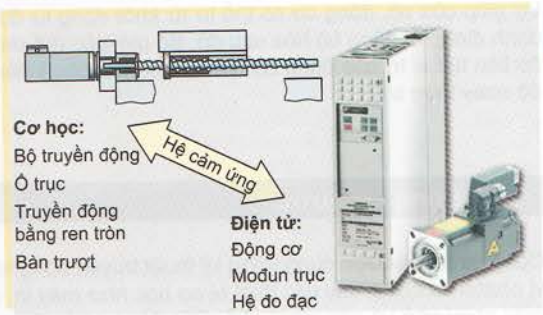
https://tieulun.hopto.org



Hình 1: Máy công cụ với hệ truyền động servo cho dẫn tiến

Bộ chỉnh điện servo là một yếu tố quyết định cho chất lượng của hệ truyền động servo. Phần mềm cơ bản của nó có thể cân bằng cho những thiếu sót của động cơ servo (quay lệch tâm) và của hệ truyền cơ học (lệch vị trí). **Động cơ servo** có thể là động cơ không đồng bộ, động cơ đồng bộ có nam châm vĩnh cửu, động cơ điện một chiều không chổi than, động cơ điện một chiều có nam châm vĩnh cửu, động cơ bước. Trong thời gian gần đây, động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ đã thắng thế.

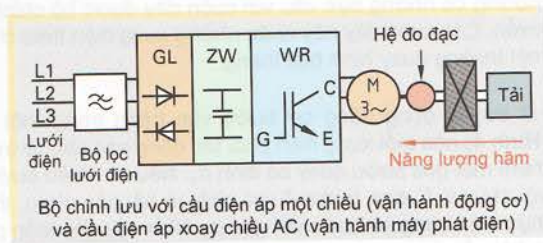
Độ chính xác của hệ servo (**Hình 1**) tùy thuộc vào sự phối hợp giữa cơ học và điện tử (**Hình 2**). Hệ truyền động servo hoạt động càng chính xác nếu sự hồi đáp từ phần cơ học càng tỉ mỉ. Thí dụ nếu vị trí rotor được bộ cảm biến (bộ cảm biến gia số, bộ giải góc) thu nhận càng rõ ràng thì độ chính xác của hệ servo càng cao.



Hình 2: Cơ học và điện tử của hệ servo

Thí dụ ở robot và máy công cụ, chuyển động cơ học phải được hãm nên động cơ servo dùng bộ chỉnh điện hoạt động thông thường trong chế độ vận hành máy phát điện. Nó cung cấp năng lượng điện ngược lại vào bộ chỉnh điện servo. Bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC → AC) hoạt động như một bộ chỉnh lưu (vận hành đảo ngược) và cung cấp điện năng vào mạch trung gian (**Hình 3**). Nhưng điện áp mạch trung gian phải được giới hạn vì nó có thể làm hư hại các linh kiện điện tử. Sự giới hạn này được thực hiện bằng cách:

- Gắn nối với một điện trở hãm (hãm tiêu hao)
- Cung cấp năng lượng ngược vào lưới điện (hãm lợi ích có năng lượng hồi quy)



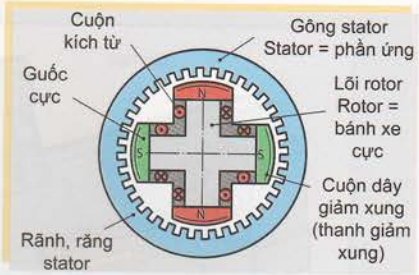
Hình 3: Hãm lợi ích của hệ servo

https://tieulun.hopto.org

Nhờ có bộ điều chỉnh truyền động trong bộ chỉnh điện servo nên các chức năng an toàn như dừng lại an toàn, tốc độ quay giới hạn an toàn hay đứng yên an toàn được bảo đảm.

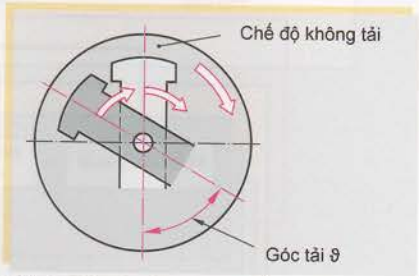
Động cơ đồng bộ được cấp điện từ bộ chỉnh điện xoay chiều được dùng phần lớn trong các hệ truyền động cần momen mạnh và tính năng động cao, thí dụ như máy công cụ hay trong xe hơi. Các đặc tính của động cơ này được xác định chủ yếu bằng mạch từ và năng lực của bộ chỉnh điện xoay chiều AC. Về nguyên tắc, một động cơ đồng bộ gồm có:

- Stator với cuộn dây ba pha để tạo ra từ trường quay như ở động cơ không đồng bộ.
- Rotor với nam châm vĩnh cửu hay cuộn dây kích thích từ nhận dòng điện một chiều dẫn vào qua các vành trượt (tác dụng như nam châm điện, bánh xe cực **Hình 1**).



Hình 1: Nguyên tắc cấu tạo động cơ đồng bộ

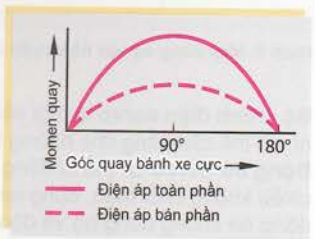
Sau khi động cơ bật điện, từ trường quay stator sẽ có ngay tốc độ quay tương ứng với số đôi cực và tần số lưới điện. Vì các cực rotor được các cực stator khác chiều (dấu) hút vào rồi ngay sau đó lại bị các cực cùng chiều đẩy ra nên động cơ đồng bộ không tự mình quay được.



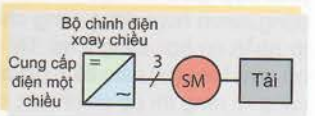
Hình 2: Góc tải của động cơ đồng bộ

Nhờ cuộn dây giảm xung ngắn mạch nên động cơ đồng bộ có thể được khởi động như một động cơ không đồng bộ. Khi rotor gần đạt được tốc độ trường quay, hai từ trường quay sẽ đồng bộ hóa với nhau và rotor quay cùng tốc độ với từ trường quay. Nếu trục rotor có tải, rotor sẽ bị đẩy đàn hồi ngược nên quay trễ đi một góc tải so với trường quay (hệ số trượt s = 0%), tuy nhiên rotor vẫn giữ được tốc độ quay của từ trường quay **Hình 2**.

Momen quay lớn nhất (momen lật) của động cơ nằm giữa hai cực stator (góc tải 90° cho động cơ hai cực), vì cực chạy trước sẽ hút rotor theo chiều quay còn cực chạy sau sẽ đẩy nó. Khi tải lớn hơn momen lật thì sự kết nối từ giữa stator và rotor sẽ mất. Rotor quay theo không kịp nên đứng lại (**Hình 3**). Động cơ đồng bộ có thể khởi động và đồng bộ hóa tốt hơn với bộ biến tần. Với sự trợ giúp của nó, động cơ có thể từ từ khởi động từ đứng yên tới tốc độ quay danh định, rồi đồng bộ hóa sau đó. Bộ giải góc (bộ phát tín hiệu tốc độ quay) đo liên tục vị trí của động cơ, và qua đó bộ điều khiển điện tử tính được tốc độ quay thực sự.



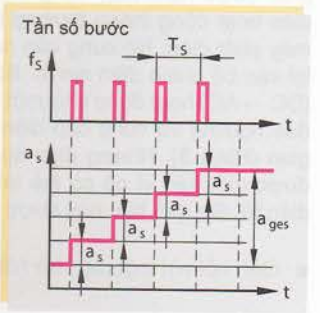
Hình 3: Momen quay tùy thuộc vào góc tải



Hình 4: Sơ đồ hệ truyền động bước

9.2.7 Động cơ bước

Động cơ bước được dùng trong kỹ thuật truyền động và điều khiển nhằm định vị nhanh và chính xác các thiết bị cơ học như máy in, máy vẽ, máy quét, các máy phay nhỏ và các robot nhỏ. Các động cơ bước quay từng bước ngược với các động cơ thông thường chuyển động liên tục. Stator động cơ này thường có những cực vấu với cuộn dây được bộ chỉnh điện xoay chiều điều khiển. Các cuộn dây này nhận những xung điện theo chu kỳ, từ đó hình thành một trường quay hình bậc thang.



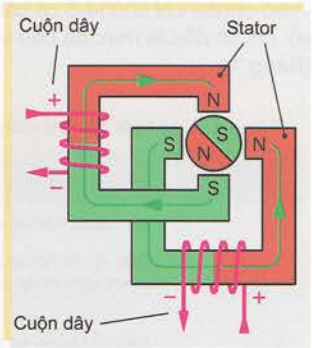
Hình 5: Tương quan giữa tần số bước và góc bước

Hệ truyền động động cơ bước vận hành trong một chuỗi điều khiển mở (**Hình 4**) nên mỗi xung điện phải tác động sao cho từ trường quay stator quay thêm một góc bước quay cố định α_s. Nếu có nhiều bước hay xung điều khiển với chu kỳ T_s định trước được phát ra nối tiếp nhau, thì động cơ bước cũng thực hiện cùng số bước với góc α_s. Như vậy góc toàn phần α_{ges} đã thực hiện là bội số của góc bước α_s (**Hình 5 trang 360**). Vì động cơ bước hoạt động

https://tieulun.hopto.org

theo nguyên tắc đồng bộ nên từ trường bước được tạo ra trong stator và rotor đi theo trường stator với góc bước tương ứng.

Những bước quay nhỏ xíu này cho phép rotor quay tới bất kỳ một vị trí nào trên chu vi chuyển động vòng của nó một cách rất chính xác. Tùy thuộc số cuộn dây stator được nhận điện cùng lúc (**Hình 1**) mà có hai chế độ vận hành khác nhau.

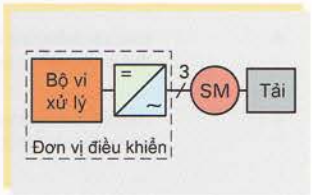


Hình 1: Cấu tạo động cơ bước

Trong **chế độ vận hành toàn bước** cả hai cuộn dây stator luôn luôn có điện. Nếu cuộn dây có *m* dây pha thì góc bước được tính như sau: $\alpha_s = 2\pi / 2m$.

Trong **chế độ vận hành nửa bước** thì giữa mỗi bước toàn phần chỉ có một cuộn dây stator có điện. Nhờ vậy số bước trong mỗi vòng quay được tăng lên gấp đôi. Trong chế độ này thì momen giảm còn một nửa nhưng số bước gấp đôi làm tăng lên độ chính xác định vị ($\alpha_s = \pi / 2m$).

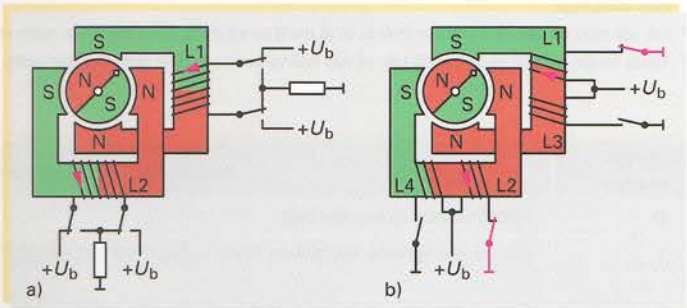
Đơn vị điều khiển các cuộn dây gồm có phần công suất, bộ chỉnh điện xoay chiều và phần logic. Phần logic thường là bộ vi xử lý nhằm xử lý các thông tin người dùng đưa vào như chiều quay, chuỗi xung và chế độ vận hành (**Hình 2**).



Hình 2: Đơn vị điều khiển động cơ bước (SM)

Tùy theo chiều dòng điện trong cuộn dây ta phân biệt hai loại điều khiển. Ở loại **điều khiển đơn cực** dòng điện chỉ chạy theo một chiều qua các cuộn dây stator.

Loại **điều khiển lưỡng cực** cho phép dòng điện chạy cả hai chiều. Để sử dụng động cơ bước cho những ứng dụng điều khiển tuyến tính, nó thường được nối kết với trục răng hình lõm cầu (**Hình 3**).



Hình 3: a) Điều khiển lưỡng cực **b) Điều khiển đơn cực**

9.2.8 Bảo vệ truyền động điện

Động cơ điện thường được bảo vệ chống quá tải nhiệt. Các thiết bị bảo vệ dành cho chúng là:

- Thiết bị bảo vệ phụ thuộc dòng điện ghi nhận nhiệt độ cuộn dây gián tiếp qua dòng điện chạy qua máy, đóng vai trò như công tắc bảo vệ động cơ với kích hoạt lưỡng kim.
- Thiết bị bảo vệ phụ thuộc nhiệt độ ghi nhận nhiệt độ cuộn dây trực tiếp qua bộ cảm biến nhiệt độ gắn trong cuộn dây. Do đó có thể ghi nhận thí dụ nhiệt độ ở các vị trí tới hạn (đầu cuộn dây, ổ trục) bằng các điện trở nhiệt (PTC) (**Bảng 1**)

Bảng 1: Tổng quan bảo vệ động cơ

Bảo vệ động cơ khi	Với lưỡng kim	Với nhiệt điện trở PTC	Với lưỡng kim và nhiệt điện trở PTC
Quá tải trong vận hành liên tục	+	+	+
Quá trình khởi động và hãm kéo dài	(+)	+	+
Mạch điện lúc rotor bị kẹt (động cơ có stator dễ nóng)	(+)	+	+
Mạch điện lúc rotor bị kẹt (động cơ có rotor dễ nóng)	(+)	(+)	(+)
Chạy một pha	+	+	+
Chế độ vận hành gián đoạn không đều	–	+	+
Tần số chuyển mạch quá cao	–	+	+
Dao động điện áp và tần số	+	+	+
Nhiệt độ chất làm mát tăng	–	+	+
Làm mát bị cản trở	–	+	+

https://tieulun.hopto.org

Theo chuẩn EN 60034-5 có các loại bảo vệ nhau cho động cơ điện. Các loại bảo vệ được biểu thị bằng hai chỉ số: chỉ số đầu là mức độ bảo vệ chống tiếp xúc và chống vật lạ còn chỉ số sau bảo vệ đối với nước xâm nhập (**Bảng 1**).

Bảng 1: Các loại bảo vệ máy điện chọn lọc: chỉ số thứ nhất và thứ hai

Chỉ số thứ nhất	**Mức độ bảo vệ** (bảo vệ chống tiếp xúc và chống vật lạ)
0	Không có bảo vệ nào đặc biệt
1	Bảo vệ chống sự xâm nhập của vật lạ ở thể rắn có đường kính lớn hơn 50 mm (vật lạ lớn)[1] Không bảo vệ trước xâm nhập cố ý, thí dụ với bàn tay, tuy nhiên phần thân thể lớn hơn được chặn từ xa.
2	Bảo vệ chống sự xâm nhập của vật lạ ở thể rắn có đường kính lớn hơn 12 mm (vật lạ trung bình)[1] Chặn được ngón tay và các đồ vật tương tự.
3	Bảo vệ chống sự xâm nhập của vật lạ ở thể rắn có đường kính lớn hơn 2,5 mm (vật lạ nhỏ)[1][2] Chặn được từ xa các dụng cụ, dây điện hay các vật tương tự dày hơn 2,5 mm.
4	Bảo vệ chống sự xâm nhập của vật lạ ở thể rắn có đường kính lớn hơn 1mm (vật lạ bằng hạt gạo)[1][2] Chặn được các dụng cụ, dây điện hay các vật tương tự dày hơn 1 mm.
5	Bảo vệ chống đóng bụi. Không ngăn chặn hoàn toàn bụi xâm nhập nhưng bụi không thể xâm nhập nhiều đến mức làm cho thiết bị hoạt động khó khăn (chống bụi)[3]. Bảo vệ hoàn toàn chống tiếp xúc.
6[4]	Chống bụi xâm nhập (kín bụi). Bảo vệ hoàn toàn chống tiếp xúc.

[1] Trong các thiết bị có mức độ bảo vệ từ 1 đến 4 ngăn chặn xâm nhập của các vật lạ có hình thù đều đặn hay không đều đặn có kích thước với ba mặt thẳng góc với nhau lớn hơn trị số đường kính tương ứng.

[2] Đối với mức độ bảo vệ 3 và 4 cho các thiết bị có lỗ thoát hay lỗ thông khí mát thì sử dụng bảng này thuộc trách nhiệm của ủy ban chuyên môn thích hợp.

[3] Đối với mức độ bảo vệ 5 cho các thiết bị có lỗ thoát thì sử dụng bảng này thuộc trách nhiệm của ủy ban chuyên môn thích hợp.

[4] Trong chuẩn EN 60034-5 mức độ bảo vệ này không được xác định cho máy điện quay.

Chỉ số thứ hai	**Mức độ bảo vệ** (đối với nước xâm nhập)
0	Không có bảo vệ nào đặc biệt
1	Bảo vệ chống nước nhỏ giọt rơi thẳng xuống. Không được gây tác hại nào (Nước giọt).
2	Bảo vệ chống nước nhỏ giọt rơi thẳng xuống. Dù thiết bị nghiêng tối đa 15° so với vị trí bình thường vẫn không được gây tác hại nào (Nước giọt rơi nghiêng).
3	Bảo vệ chống sự phun nước theo góc bất kỳ tối đa 60° so với đường thẳng đứng. Nước không được gây tác hại nào (Nước phun).
4	Bảo vệ chống nước xịt theo mọi hướng lên thiết bị. Không được gây tác hại nào (Nước xịt).
5	Bảo vệ chống lại tia nước từ một vòi phun theo mọi hướng lên thiết bị (vỏ máy). Nước không được gây tác hại nào (Nước tia).
6	Bảo vệ đối với tia nước mạnh hay biển động. Lượng nước xâm nhập thiết bị không đủ gây tác hại (Ngập nước).
7	Bảo vệ đối với ngâm thiết bị (vỏ máy) xuống nước dưới điều kiện áp suất và thời gian định trước. Lượng nước xâm nhập thiết bị không đủ gây tác hại (Ngâm nước).
8[1]	Thiết bị (vỏ máy) thích hợp để ngâm xuống nước lâu dài ở những điều kiện do nhà sản xuất quy định (Nhận chìm).

[1] Mức bảo vệ này thường có nghĩa là thiết bị bịt kín. Trong một vài thiết bị nhất định, nước có thể vào được miễn không gây tác hại.

https://tieulun.hopto.org

Máy điện một chiều hay ba pha thường có mức bảo vệ IP 23 nếu làm thoáng khí bên trong hay IP 44 hoặc IP 54 cho thoáng khí bề mặt ngoài. Với mức bảo vệ IP 44 hay IP 54, máy sẽ lớn hơn nhiều và do đó đắt hơn so với mức IP 23, với cùng một momen quay tại trục quay.

Định cỡ dây điện cho động cơ không đồng bộ:

Các dây nối được định cỡ dựa theo IEC 60204-1. Khi nối ở bảng kẹp, chọn dây nối với vấu dây phù hợp với kích cỡ của bù lông kẹp. **Bảng 1** chỉ dòng điện cho phép theo EN 60204-1 đối với các dây điện dùng cách điện PVC có dây dẫn bằng đồng và đặt dây theo cách C (dây cáp và dây điện dọc theo tường hay nằm trong ống dẫn dây).

Hệ số hiệu chỉnh căn cứ theo nhiệt độ môi trường (≠ 40 °C) và cách đi dây xem trong EN 60204.

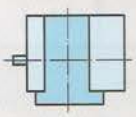
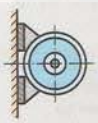
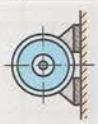
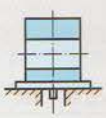
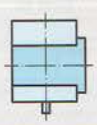
Dạng thiết kế

Các dạng thiết kế của động cơ điện được ghi trong EN 60034-7. **Bảng 2** trình bày nhiều dạng thiết kế khác nhau.

Bảng 1: Tiết diện dây điện nối với động cơ

I_{eff} [A] Cách đặt dây ở 40°C				Tiết diện cần thiết A [mm²]
B1	B2	C	E	
10,4	6,9	11,7	11,5	1
13,5	12,2	15,2	16,1	1,5
18,3	16,5	21	22	2,5
25	23	28	30	4
32	29	36	37	6
44	40	50	52	10
60	53	66	70	16
77	67	84	88	25
97	83	104	114	35
–	–	123	123	50
–	–	155	155	70
–	–	192	192	95
–	–	221	221	120

Bảng 2: Dạng thiết kế máy điện theo EN 60034-7

Dạng thiết kế		Giải thích				
Ký hiệu tắt	Hình	Bợ trục	Stator (vỏ máy)	Trục	Cách lắp đặt tổng quát	Cách gắn hay dựng lên
IM[2)] B3		2 bợ trục	Có chân	Đầu trục tự do	Không có	Dựng trên nền
IM B6		2 bợ trục	Có chân	Đầu trục tự do	Dạng thiết kế B3, bợ trục quay 90° nếu cần	Gắn trên tường
IM B7		2 bợ trục	Có chân	Đầu trục tự do	Dạng thiết kế B3, bợ trục quay 90° nếu cần	Gắn trên tường
IM B8		2 bợ trục	Có chân	Đầu trục tự do	Dạng thiết kế B3, bợ trục quay 180° nếu cần	Gắn trên trần
IM V1		2 bợ trục	Không chân	Đầu trục tự do	Gắn với gờ đỡ gần ổ trục phía bên truyền động, vào từ bên vỏ máy	Gờ đỡ bên dưới
IM V5		2 bợ trục	Có chân	Đầu trục tự do	Không có	Gắn lên tường hay trên nền

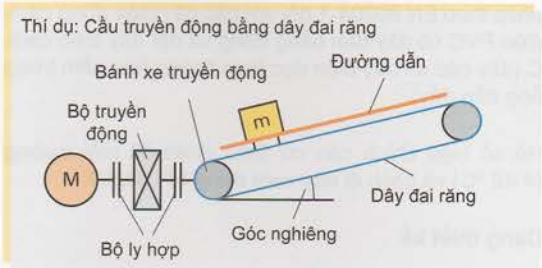
[2)] IM "International mounting" / Lắp đặt quốc tế

https://tieulun.hopto.org

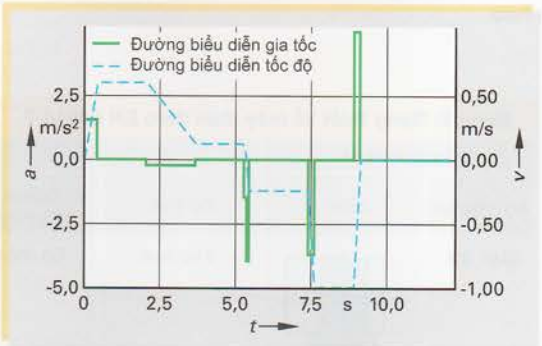
9.2.9 Thiết kế một hệ truyền động thay đổi cho một ứng dụng

Định nghĩa công việc: Tự động hóa việc di chuyển một vật tới chính xác ở vị trí cuối (**Hình 1**). Bằng cách tối ưu hóa đơn vị định vị, ta thu được đường biểu diễn vận tốc và gia tốc trong **Hình 2**. Như vậy động cơ sẽ đạt được tốc độ v = 0,6 m/s ở thời điểm t_1 (=0,4 s). Gia tốc trong khoảng thời gian này cố định a = 1,5 m/s². Đơn vị định vị nên hoạt động với lưới điện 400V / 50Hz. Phần mềm thiết kế (t.d. Tools Sizer của hãng Siemens) có thể giúp xác định loại động cơ. Nhưng trước đó cần định rõ các số liệu sau:

- Ứng dụng (cầu truyền động **Hình 1**)
- Cơ học (khối lượng riêng (vốn có), đường kính hệ truyền động, hiệu suất)
- Đường biểu diễn của chuyển động (**Hình 2**)
- Dữ liệu về bộ truyền động (hộp số gắn thêm, hộp số hành tinh)
- Dữ liệu về diễn biến tải (**Hình 3**)
- Dữ liệu công suất (thí dụ momen hiệu dụng, tốc độ quay trung bình, v.v...)
- Hệ dẫn động: cách điều chỉnh servo
- Dữ liệu căn bản 1: bộ cảm biến động cơ, cách làm nguội, cách hãm
- Loại động cơ cơ bản (động cơ servo có hộp số hành tinh)
- Dữ liệu căn bản 2 (thí dụ độ dung sai chính tâm, cách bảo vệ)
- Danh sách động cơ (đánh giá các cảm biến, dữ liệu đặt hàng)



Hình 1: Cầu truyền động

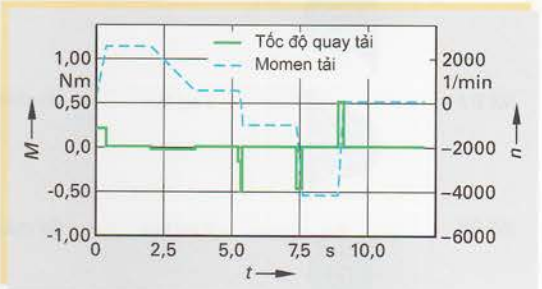


Hình 2: Đường biểu diễn của chuyển động

Dựa trên các dữ liệu đã cho, phần mềm sẽ đề nghị vài động cơ servo thích hợp. Những dữ liệu về động cơ được cho dưới đây:

- Momen dừng 1,60 Nm
- Dòng điện dừng 2,25 A
- Tốc độ quay thiết kế 6000 1/min
- Dòng điện tối đa I_{max} 1,7 A
- Dòng điện thiết kế 1,55 A
- Momen thiết kế 1,10 Nm

Trong **hình 4** có thể thấy rõ ràng, momen tải tối đa cũng như momen tải tương đối ở dòng điện hiệu dụng đều nằm dưới đường giới hạn điện áp. Cũng vậy những điểm momen tới hạn đều nằm dưới đường vận hành liên tục S1. Do đó có thể kết luận động cơ này được tính toán phù hợp cho ứng dụng.



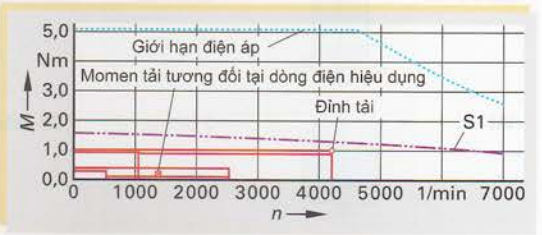
Hình 3: Dữ liệu về diễn biến tải

Phần công suất (**Hình 1, trang 365**) là một mô đun với các trị số đặc trưng sau:

- Dòng điện thiết kế 3,00 A
- Dòng điện đỉnh 6,00 A
- Dòng điện sẵn sàng 3,00 A
- Dòng điện đỉnh sẵn sàng 6,00 A

Cho mạch trung gian ZK có những trị số sau:

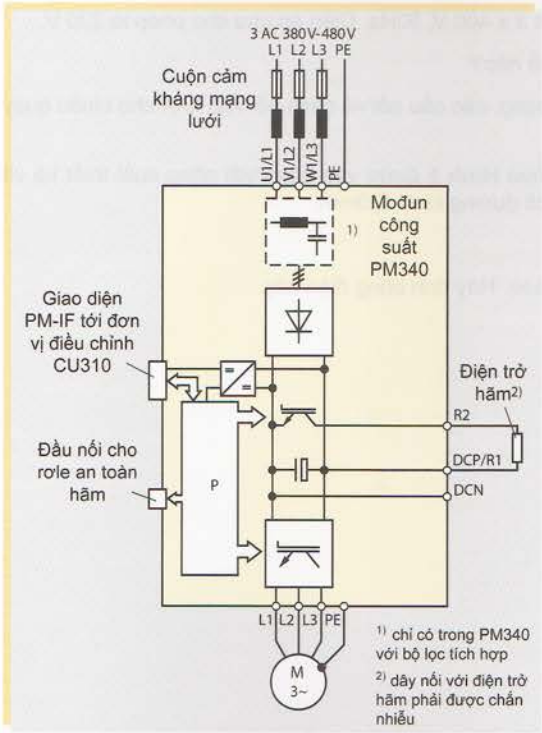
- Công suất mạch trung gian toàn phần cần thiết 0,06 kW
- Công suất mạch trung gian tối đa cần thiết 0,47 kW



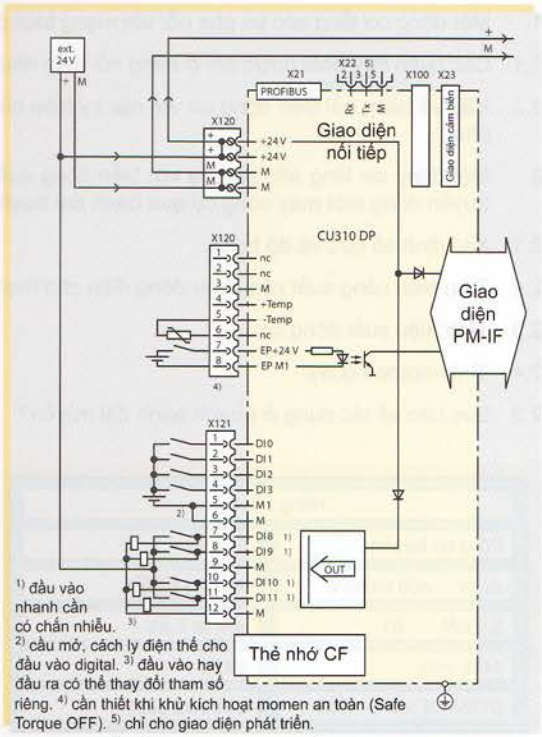
Hình 4: Đường đặc trưng động cơ

https://tieulun.hopto.org

Hình 1 và **hình 2** chỉ dẫn sơ đồ nối dây cho các đơn vị được chọn:



Hình 1: Sơ đồ nối dây của mô đun công suất PM340



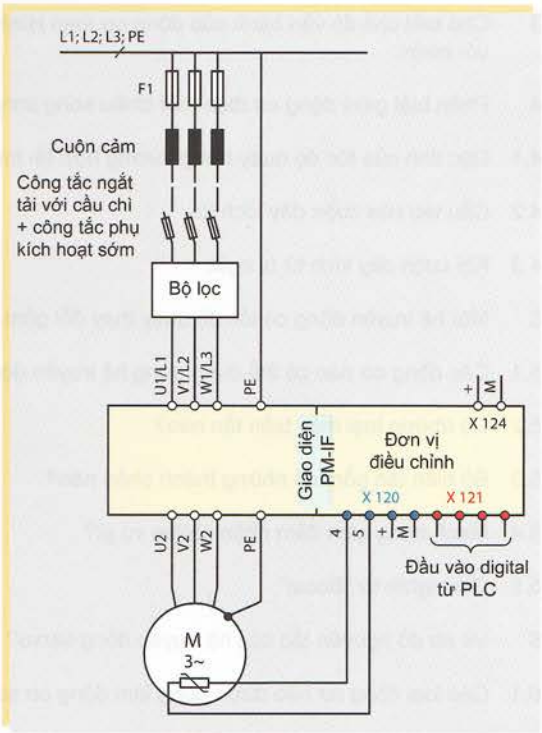
Hình 2: Sơ đồ nối dây của đơn vị điều chỉnh CU3310 DP

Liên hệ giữa các thành phần trong **Hình 1** tới **Hình 3** được diễn tả trong **Hình 5**. Mô đun công suất PM340, bộ chỉnh điện AC-AC truyền thông với đơn vị điều chỉnh CU310DP thông qua giao diện PM-IF. Đơn vị điều chỉnh này là mô đun (bản mạch điện) điều chỉnh trung tâm, ở đây các chức năng điều khiển và điều chỉnh được thực hiện cho mô đun công suất.

PM-IF (Power Module Interface) là một giao diện, thông qua đó bộ chỉnh điện và mô đun điều chỉnh liên kết với nhau. **Hình 4** trình bày cách thiết kế gọn của đơn vị điều chỉnh và mô đun công suất.

Hình 3: Động cơ

Hình 4: Đơn vị điều chỉnh



Hình 5: Nối dây CU3310DP với PM340

https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

1. Một động cơ lồng sóc ba pha nối với mạng lưới điện 3 x 400 V, 50Hz. Điện áp pha cho phép là 230 V.

1.1 Các cuộn dây phải được nối ở bảng nối điện như thế nào?

1.2 Hãy vẽ bảng nối điện động cơ với các ký hiệu của bảng, các cầu nối và cách nối vào lưới cho chiều quay phải.

2 Một động cơ lồng sóc ba pha với biển công suất theo **Hình 1** được vận hành với công suất thiết kế và truyền động một máy công cụ qua bánh đai truyền có đường kính 120mm.

2.1 Xác định số cực và độ trượt.

2.2 Trên biển công suất còn thiếu dòng điện cho mạch sao. Hãy tính dòng điện này.

2.3 Tính hiệu suất động cơ.

2.4 Tính momen quay.

2.5 Lực nào sẽ tác dụng ở quanh bánh đai truyền?

Hãng sản xuất	
Động cơ ba pha	Số máy
△ /Y 400 V/690 V	10,7 A / .....A
5,5 kW S1	cos φ 0,88
1450 /min	50 Hz
CTBV CS* loại B IP54	DIN VDE 0530

* Công tắc bảo vệ công suất

Hình 1: Biển công suất

3 Cho biết chế độ vận hành của động cơ theo **Hình 1** và mức độ bảo vệ chống tiếp xúc, vật lạ cũng như đối với nước.

4 Phân biệt giữa động cơ điện một chiều song song và nối tiếp.

4.1 Đặc tính của tốc độ quay trong trường hợp tải thay đổi và không tải.

4.2 Cấu tạo của cuộn dây kích từ.

4.3 Khi cuộn dây kích từ bị ngắt.

5 Một hệ truyền động có tốc độ quay thay đổi gồm những thành phần nào?

5.1 Các động cơ nào có thể dùng trong hệ truyền động có tốc độ quay thay đổi?

5.2 Có những loại máy biến tần nào?

5.3 Bộ biến tần gồm có những thành phần nào?

5.4 Mạch trung gian đảm nhận nhiệm vụ gì?

5.5 Giải nghĩa từ "Boost".

6 Vẽ sơ đồ nguyên tắc của hệ truyền động servo?

6.1 Các loại động cơ nào được dùng làm động cơ servo?

6.2 Đường biểu diễn chuyển động của động cơ được diễn tả phụ thuộc vào đại lượng gì?

https://tieulun.hopto.org

9.3 Tính tương thích điện từ (EMC[1])

Sóng điện từ là một thành phần quan trọng trong cuộc sống hằng ngày, mặc dù con người không cảm nhận được. Truyền thanh, truyền hình và điện thoại di động là ba ứng dụng sử dụng chúng. Sự truyền sóng điện từ có lợi ích lớn như vậy, nhưng tác động của nó cũng khó chịu và nguy hiểm tới sinh mạng đối với người hay thiết bị liên quan nếu vô tình không chú ý (**Bảng 1**). Không phải là không có lý khi điện thoại di động bị cấm sử dụng trong bệnh viện hay máy bay. Để tuân thủ những quy định người ta dùng kỹ thuật đo EMC đặc biệt. Dấu chứng nhận CE được áp dụng như là một công cụ quan trọng cho việc thông thương hàng hóa tự do trong thị trường nội địa Âu châu. Với việc gắn ký tự CE (viết tắt của Conformité Européen, chuẩn hóa Âu châu) lên một thiết bị hay sản phẩm nào, nhà sản xuất xác nhận là thiết bị đã thỏa mãn mọi quy định của Liên minh Âu châu (EU). Quy định EMC định rõ những giới hạn cho tất cả các thiết bị điện. Nó không chỉ liên quan tới bức xạ do thiết bị phát ra mà cả đến bức xạ mà thiết bị phải nhận mà không làm rối loạn chức năng của cả hai thiết bị (bộ phát và bộ nhận). Nhờ vậy có thể tránh được trường hợp thí dụ hệ thống tự động hóa và máy tính gây rối loạn cho nhau.

Từ ngày 1.1.1996, mọi thiết bị đều phải có dấu ký tự CE ở vị trí dễ nhìn thấy. Qua đó nhà sản xuất xác nhận thiết bị phù hợp với các quy định của Liên Minh Âu châu về EMC.

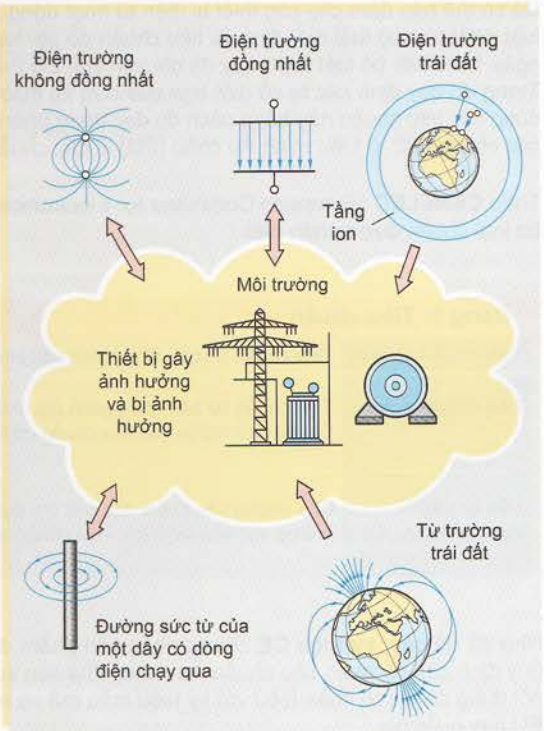
Một thiết bị có tính tương thích điện từ (EMC), khi nó:

1. Không gây nhiễu cho các thiết bị khác, nghĩa là giữ được trị số giới hạn phát nhiễu.
2. Không bị các thiết bị khác gây nhiễu, nghĩa là miễn nhiễu.

EMC theo ý nghĩa đó không gây tác hại đến các hệ sinh học.

Các linh kiện không cần ghi dấu như các nhóm linh kiện OEM (Original Equipment Manufacturer), như thí dụ các mô đun PC đặc biệt, bộ điều khiển máy hay bản mạch điều chỉnh, được cung cấp cho các công ty để lắp ráp vào trong các hệ lớn hơn. Trong trường hợp này, nhà sản xuất tiếp theo có trách nhiệm thực hiện các quy định EMC.

[1] EMC: viết tắt từ **E**lectro**m**agnetic **c**ompatibility



Hình 1: Các trường nhiễu do tương thích điện từ

Bảng 1: Tác động của điện trường

Điện trường	Tác dụng
Điện trường tĩnh	Tóc dựng đứng, điện hóa và phóng điện
Điện trường tần số thấp	Tạo kích thích lên các tế bào cảm giác, thần kinh hay bắp thịt
Điện trường tần số cao	Làm ấm do nhiệt, làm ấm một phần thân thể nhất định qua hấp thụ các bức xạ điện từ

Bảng 2: Các sản phẩm mà sự vận hành không được ảnh hưởng bởi các trường điện từ

a) Máy thu thanh và truyền hình tư nhân
b) Trang thiết bị kỹ nghệ
c) Máy vô tuyến di động
d) Máy vô tuyến và điện thoại vô tuyến thương mại
e) Dụng cụ y khoa và dụng cụ khoa học
f) Máy IT (thiết bị công nghệ tin học)
g) Thiết bị gia dụng và trang bị gia dụng điện tử
h) Thiết bị vô tuyến cho ngành hàng không và hàng hải
i) Thiết bị giáo dục điện tử
j) Thiết bị và các lưới truyền tin
k) Thiết bị phát sóng cho đài phát thanh và truyền hình
l) Đèn và đèn neon (huỳnh quang)

https://tieulun.hopto.org

Để có thể bảo đảm cho các thiết bị điện tử hoạt động với nhau hay cạnh nhau mà không bị nhiễu, cơ quan làm luật đã lập ra bộ luật quy định và tiêu chuẩn đồ sộ: luật EMC được thông qua tháng 11 năm 1992 (EMVG). Từ ngày 1.1.1996, bộ luật EMC này đã chuyển luật EU thành luật Đức và có giá trị không giới hạn trong nước Đức. Trong đó quy định các trị số giới hạn của bức xạ trường điện từ và độ miễn nhiễu. Có thể kiểm tra lại việc giữ đúng các tiêu chuẩn này bằng cách đo đạc trong phòng thí nghiệm đo EMC. Trên thế giới quyết định chủ yếu là các chuẩn IEC, ở Liên minh Âu châu (EU) là các chuẩn EN, do cơ quan CENELEC định nghĩa.

Theo **CENELEC** (European Commitee for Electronical Standardization, Hội đồng Âu châu chuẩn hóa điện) có ba loại chuẩn được phân biệt:

Bảng 1: Tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn cơ bản	Tiêu chuẩn cơ bản định nghĩa các phương pháp đo và thử cho các hiện tượng EMC khác nhau
Tiêu chuẩn ngành	Tiêu chuẩn cơ bản cho ngành đặt những yêu cầu tối thiểu cho thiết bị trong môi trường nhất định. Chúng định nghĩa các tiêu chuẩn cơ bản nào được kiểm tra và tại những trị số kiểm tra nào.
Tiêu chuẩn sản phẩm	Cho những sản phẩm đặc biệt (thí dụ thiết bị IT công nghệ tin học) có tiêu chuẩn sản phẩm chỉ rõ những yêu cầu kiểm tra. Tiêu chuẩn sản phẩm có ưu tiên trên tiêu chuẩn ngành.

Như đã đề cập, **ký hiệu CE** chứng nhận sản phẩm đã đáp ứng những yêu cầu về an toàn và sức khỏe theo quy định của cơ quan tiêu chuẩn Âu châu. Nhà sản xuất lập ra văn bản cho việc giải thích các tương hợp, mà nội dung có ghi rõ nhãn hiệu với ký hiệu mẫu mã và nhà sản xuất cũng như liệt kê các quy định và tiêu chuẩn EU hay quốc gia.

Ký hiệu CE chỉ có giá trị với các sản phẩm thuộc lĩnh vực ứng dụng của quy định EU. Các hệ thống, linh kiện, thiết bị và sản phẩm nếu không có ký hiệu CE không được phép lưu hành.

Tuy nhiên ký hiệu CE không phải là ký hiệu về chất lượng.

Bảng 2: Trích từ công báo của Liên Minh Châu Âu (EU)

Tổ chức định chuẩn Châu Âu	Hồ sơ liên quan và tên tựa của chuẩn
CENELEC EN 61000-3-3	Tính tương thích điện từ (EMC) – Phần 3-3: Trị số giới hạn – Giới hạn sự thay đổi điện áp, sự dao động điện áp và Flicker (nhiễu điện của các thiết bị tiêu thụ khác - Flicker = nhấp nháy bóng đèn) trong lưới điện cung cấp hạ thế cho những thiết bị với dòng điện thiết kế ≤ 16A / mỗi dây và không chịu điều kiện nối dây riêng biệt (IEC 61000-3-3)
CENELEC EN 61000-6-1	Tính tương thích điện từ (EMC) – Phần 6-1: các tiêu chuẩn cơ bản ngành – Tính miễn nhiễu – Lĩnh vực nhà ở, nhà kinh doanh và cơ xưởng nhỏ (IEC 61000-6-1: 1997 (có sửa đổi))
CENELEC EN 61131-2	Điều khiển logic lập trình được PLC– Phần 2: Yêu cầu về thiết bị sản xuất và các kiểm tra (IEC 61131-2: 1992)

9.3.1 Đo đạc EMC

Để giám sát các trị số giới hạn, các kiểm tra và đo lường sau đây được thực hiện:

https://tieulun.hopto.org

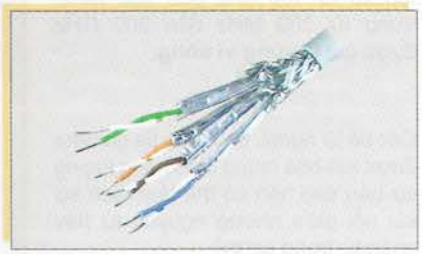
Kiểm tra tính miễn nhiễu (theo EN 61000 Phần 4)

- chống phóng tĩnh điện tới 16kV (Phần 4-2)
- chống trường điện từ có tần số từ 27 MHz đến 1000 MHz với cường độ điện trường tới 10 V/m (Phần 4-3)
- chống các trị số nhiễu quá độ nhanh (tạm thời) tại 5 kHz và tới 4 kV (Phần 4-4)
- chống các trị số nhiễu do dây với tần số từ 0,25 MHz đến 230 MHz và với điện áp tới 30 V (Phần 4-6)
- chống từ trường có tần số năng lượng 50 Hz và cường độ từ trường tới 300 A/m (Phần 4-8)

Đo phát nhiễu

- đo điện áp nhiễu (tới 500 A / dây ngoài)
- đo công suất nhiễu
- đo bức xạ nhiễu
- đo độ suy giảm nhiễu nhờ ráp thêm bộ lọc
- bức xạ nhiễu; đo từ trường của sóng hài và đo Flicker

Các kiểm tra và đo đạc này được thực hiện vừa trong phòng thí nghiệm vừa ở hiện trường.



Hình 1: Dây cáp TP

9.3.2 Các biện pháp bảo vệ EMC

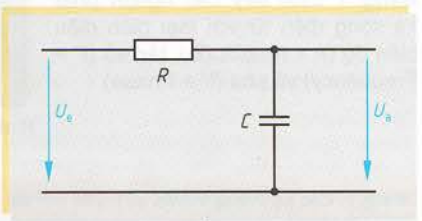
- Nối đất thông qua thiết bị nối đất (ground) có diện tích tiếp xúc lớn, thí dụ như vặn chặt một sợi cáp nối đất có khối lượng lớn vào một tấm lắp ráp kim loại của tủ chuyển mạch
- Chắn nhiễu (màn chắn cho dây cáp với kẹp kim loại để nối đất: thí dụ trong cáp TP (twisted pair) **Hình 1**)
- Lọc nhiễu (bộ lọc EMC cơ bản là mạch thông thấp với điện trở và tụ điện, **Hình 2**)

  R = Điện trở

  C = Tụ điện

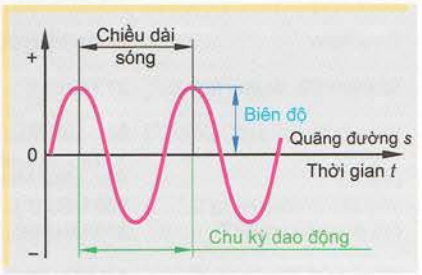
  U_e = điện áp đầu vào (tùy thuộc tần số)

  U_a = điện áp đầu ra



Hình 2: Mạch thông thấp

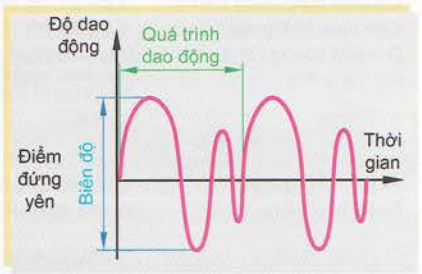
Điện trường và từ trường có liên hệ chặt chẽ với nhau. Điện trường làm chuyển động các điện tích, điện tích chuyển động tạo ra từ trường và từ trường xoay chiều lại tạo ra điện trường (cảm ứng). Sự nối kết chặt chẽ qua lại như vậy càng mạnh hơn nếu từ trường thay đổi càng nhanh hơn. Ở tần số cao trên 30 kHz, điện trường và từ trường không thể quan sát riêng lẻ được. Người ta gọi chung là điện từ trường.



Hình 3: Đường biểu diễn của một sóng hình sin

Điện từ trường có thể tách ra khỏi nguồn, thí dụ như cột ăng ten, và truyền đi rất xa trong không gian. Đặc tính này được dùng để truyền tin, thí dụ trong vô tuyến di động. Cường độ của sóng ở mỗi vị trí có thể ghi nhận bằng cường độ của điện trường và từ trường. Dạng sóng đơn giản nhất và thường xuất hiện nhất là sóng hình sin **(Hình 3)**.

Bên cạnh sóng hình sin, các loại sóng khác như xung hình vuông hay tín hiệu biến điệu cũng được dùng trong kỹ thuật **(Hình 4)**.



Hình 4: Tín hiệu biến điệu

https://tieulun.hopto.org

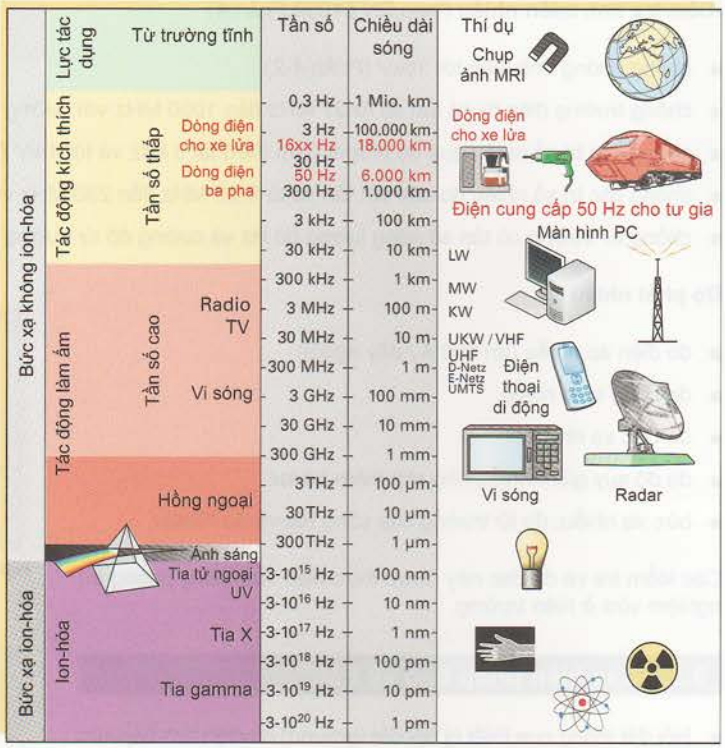
9.3.3 Tần phổ của điện từ trường

Sóng điện từ cũng như điện từ trường hay bức xạ bao hàm một dải tần số rộng **(Hình 1)**.

Vùng tần số thấp có tần số tới 100 kHz. **Vùng tần số cao** bao hàm tần số từ 100 kHz đến 300 MHz. Vùng từ 300 MHz đến 300 GHz được gọi là **vùng vi sóng**.

Các tia tử ngoại, tia X hay tia gamma được ion-hóa mang theo năng lượng cơ bản cao nên có thể làm tách sự kết nối giữa những nguyên tử hay phân tử trong cơ thể.

Bảng 1 trình bày các nguồn phát xạ sóng điện từ với loại biến điệu biên độ (A = Amplitude), tần số (F = Frequency) và pha (P = Phase).



Hình 1: Tần phổ của các bức xạ ion-hóa và không ion-hóa

Bảng 1: Các hệ thống truyền vô tuyến với dải tần số và công suất phát

Nguồn	Tần số / Biến điệu A,F,P	Khoảng cách	Trị số công suất trên diện tích tiêu biểu	Ghi chú
Sóng trung bình	1,4 MHz (A)	50 m 300 m	21 W/m² 537 W/m²	Công suất 1,8 MW
Sóng ngắn	6 – 10 MHz (A)	50 m 220 m	2 W/m² 20 W/m²	Công suất 750 kW
Vô tuyến CB, Walkie/Talkies	27 MHz (A)	5 cm 12 cm	bis 200 W/m² bis 20 W/m²	Công suất vài Watt
Đài truyền thanh sóng cực ngắn (UKW)	88 – 108 MHz (F)	ca. 1,5 km	< 0,05 W/m²	Tới 100 kW
VHF-TV UHF-TV	174 – 216 MHz (A, F) 470 – 890 MHz (A, F)	ca. 1,5 km ca. 1,5 km	< 0,02 W/m² < 0,005 W/m²	Công suất 100 – 300 kW Tới 5 MW
Vô tuyến di động mạng D	900 MHz (P)	2 – 5 km	< 10 W/m²	
Cột phát sóng mạng D	900 MHz (P)	> 50 m	< 0,01 W/m² < 0,001 W/m²	Ngoài trời Trong nhà
Vô tuyến di động mạng E	1,8 GHz (P)	1-5 km	< 5 W/m²	
Cột phát sóng mạng E	1,8 GHz (P)	> 10 m	< 0,05 W/m² < 0,0005 W/m²	Ngoài trời Trong nhà
Vô tuyến di động mạng UMTS	1,8 – 2 GHz (P)	2 – 50 cm	< 10 W/m²	Phòng chừng
Cột phát sóng mạng UMTS	1,8 – 2 GHz (P)	> 50 m	< 0,05 W/m²	Phòng chừng
Điện thoại không dây	1,9 GHz (P)	1 – 5 cm	< 0,5 W/m²	
Ô nhiễm bức xạ HF ở khu trung tâm	Máy phát thanh, máy phát truyền hình, điện thoại di động		0,0005 W/m² 0,1 – 0,4 W/m²	Trị số trung bình ở một vài điểm trong các thành phố lớn ở CHLB Đức (1965)
Lò vi sóng	2,45 GHz	0,3 m 0,5 m 1 m	< 10 W/m² < 5 W/m² < 1 W/m²	Trường hợp xấu nhất, nghĩa là đạt 50 W/m² ở khoảng cách 5 cm
An toàn chống trộm	0,9 – 10 GHz (P, A, F)		< 0,002 W/m²	Trong bức xạ hữu dụng
Radar giao thông	0 – 35 GHz (P)	3 m 10 m	< 0,25 W/m² < 0,01 W/m²	Công suất 0,5 – 100 mW
Giám sát máy bay Radar quân sự	1 – 10 GHz (P)	0,1 – 1 km > 1 km	0,1 – 10 W/m² < 0,5 W/m²	Công suất 0,2 – 20 kW

https://tieulun.hopto.org

9.4 Các biện pháp bảo vệ

9.4.1 Những hiểm nguy khi làm việc với điện

Tai nạn thường xảy ra do sự bất cẩn khi làm việc với điện. Để tránh hay giảm thiểu hiểm nguy ta phải thật thận trọng khi sử dụng năng lượng điện.

9.4.1.1 Tác động của điện trong cơ thể con người

Dòng điện nguy hiểm đối với người và sinh vật vì nhiều lý do. Dung dịch trong cơ thể như mồ hôi, nước bọt, máu và dung dịch tế bào đều có tính điện phân, nghĩa là tất cả đều dẫn điện.

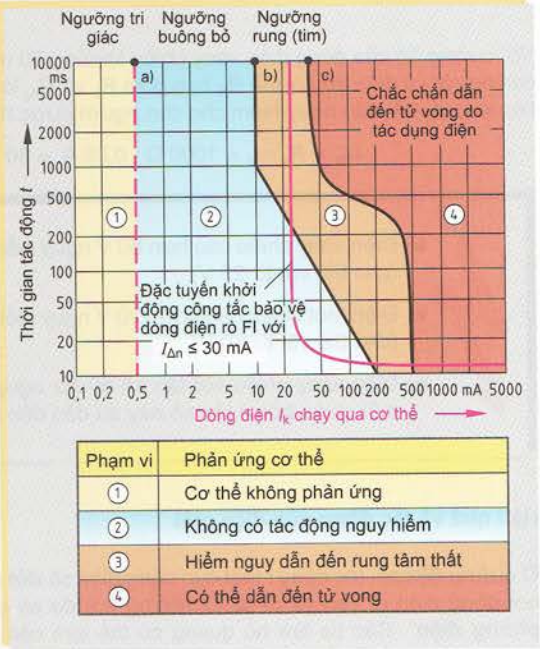
Cơ thể người và động vật đều dẫn điện.

Hầu hết mọi bộ phận trong con người đều hoạt động do tác dụng xung điện xuất phát từ não bộ. Thí dụ các xung điện yếu trong con người khoảng chừng 50 mV điều khiển sự chuyển động của cơ bắp. Xuất phát từ não bộ, xung điện được dẫn dọc theo dây thần kinh đến cơ bắp. Khi dây thần kinh bị ngắt đoạn, cơ bắp sẽ bị liệt và không hoạt động được nữa. Giữa các trung tâm não bộ như trung tâm thị giác, trung tâm cử động hoặc trung tâm cảm nhận đau đớn đều có các xung điện trao đổi qua lại. Người ta đo các dòng điện não bộ để xác định sự tử vong (bộ não đã chết).

Nhiều dòng điện (điện trong cơ thể con người) có thể ghi nhận và đo được bằng các điện cực. Thí dụ **điện tâm đồ ECG** (*Electrocardiography*) đo độ hoạt động điện của tim. **Điện não đồ** EEG (*Electroencephalography*) đo các hoạt động của bộ não.

Các dòng điện của cơ thể có thể đo được.

Tim hoạt động được nhờ dòng điện do tim tự tạo ra, không phải dưới sự điều khiển của bộ não. Tim tạo khoảng 80 xung điện trong một phút. Cơ tim đáp ứng từng xung này bằng cách co thắt lại. Nếu số xung cần thiết trong một phút cung cấp không đủ, tim sẽ đập chậm lại.



Phạm vi	Phản ứng cơ thể
①	Cơ thể không phản ứng
②	Không có tác động nguy hiểm
③	Hiểm nguy dẫn đến rung tâm thất
④	Có thể dẫn đến tử vong

Hình 1: Phạm vi tác động của điện xoay chiều 50 Hz đối với cơ thể người trưởng thành (Theo IEC 479)

Dòng điện từ bên ngoài có thể ảnh hưởng đến chức năng của các bộ phận trong cơ thể.

Khi có dòng điện chạy qua cơ thể con người, thí dụ như chạm vào dây đang dẫn điện, cơ bắp sẽ bị co lại nếu dòng điện từ ngoài vào lớn hơn nhiều so với dòng điện của cơ thể. Khi đó nạn nhân không còn khả năng để bứt ra khỏi chỗ tiếp xúc. Phản ứng điện lên cơ thể tùy theo thời gian tác dụng và cường độ dòng điện chạy qua cơ thể. Qua nhiều thử nghiệm người ta chia ra bốn phạm vi tác dụng (**Hình 1**).

Khi dòng điện xoay chiều chạy qua tim, nhịp tim sẽ đập theo các xung nhanh hơn và mạnh hơn của dòng điện bên ngoài. Tim sẽ co bóp nhanh hơn. Điều này dẫn đến sự rối loạn nhịp tim. Khi tác động của điện rơi đúng vào khoảng "có thể bị tổn thương" sẽ dẫn đến **sự rung tâm thất** nguy hiểm. Hậu quả tất yếu là tim ngưng hoạt động và sự tuần hoàn sẽ bị ngưng hẳn. Do thiếu dưỡng khí, chỉ trong một thời gian ngắn gây tác hại đến các tế bào bộ não. Quá trình này tiếp tục sẽ dẫn đến tử vong.

https://tieulun.hopto.org

Cường độ của dòng điện chạy vào cơ thể khi tiếp xúc vật dẫn điện quyết định mức độ tác hại của tai nạn về điện. Qua kinh nghiệm, chỉ cần cường độ dòng điện 50 mA là có thể dẫn đến tử vong khi dòng điện này chạy qua tim.

Cẩn thận!

- Cường độ dòng điện trên 50 mA gây nguy hiểm đến tính mạng.
- Cường độ dòng điện càng lớn và thời gian tác động càng lâu thì mức độ nguy hiểm càng cao.

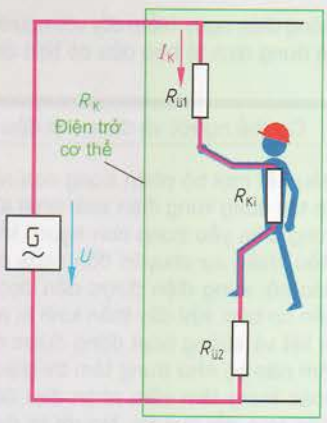
Dòng điện I_K chạy qua cơ thể con người tùy thuộc vào điện áp và điện trở của cơ thể. **Điện trở cơ thể** R_K bao gồm **điện trở trong thân thể** R_{Ki} và các **điện trở tiếp xúc** $R_{ü1}$ và $R_{ü2}$ ở nơi dòng điện đi vào và đi ra cơ thể **(Hình 1).**

Điện trở chuyển tiếp cũng tùy thuộc điều kiện bên ngoài. Da khô, quần áo khô ngược lại có điện trở lớn. Ở độ ẩm cao, thí dụ như có mồ hôi hoặc sàn ẩm nước, thì điện trở chuyển tiếp nhỏ và điện trở chuyển tiếp càng nhỏ khi mặt tiếp xúc càng lớn.

Với cường độ của dòng điện xoay chiều khoảng 50 mA chạy qua cơ thể con người và điện trở cơ thể R_K bao gồm $R_ü$ và R_{Ki} là 1000 Ω thì điện áp tiếp xúc U_B bắt đầu nguy hiểm cho con người được tính như sau:

$$U_B = R_K \cdot I_K = 1000\ \Omega \cdot 0{,}05\ A = \mathbf{50\ V}$$

- Điện xoay chiều cao hơn 50 V nguy hiểm đến tính mạng (cho thú vật từ 25 V).
- Điện một chiều cao hơn 120 V nguy hiểm đến tính mạng (cho thú vật từ 60 V).
- Điện xoay chiều với tần số 50 Hz nguy hiểm hơn điện một chiều bởi vì tần số này đủ dẫn đến rung tâm thất.



$R_{ü1}$ Điện trở chuyển tiếp giữa dây dẫn điện và cơ thể (dòng điện chạy vào).
R_{Ki} Điện trở trong thân thể.
$R_{ü2}$ Điện trở chuyển tiếp giữa cơ thể và dây dẫn điện (dòng điện chạy ra).
R_K Điện trở cơ thể.

$$R_K = R_{ü1} + R_{Ki} + R_{ü2}$$

Hình 1: Điện trở cơ thể

Hậu quả và tác động của điện giật

Ở cường độ cao, tác động nhiệt của dòng điện sẽ **đốt cháy** và tạo phỏng nơi dòng điện đi vào và đi ra. Ở những nơi đó sẽ có "**vết (dấu hiệu) phỏng điện**". Các tia lửa hồ quang có thể làm các phần cơ thể cháy thành than (phỏng cấp 4). Hậu quả của phỏng nặng là thận sẽ bị quá tải và dẫn đến tử vong.

Dòng điện có thể điện giải (điện phân) máu, nhất là khi thời gian tác dụng kéo dài sẽ dẫn đến **hiện tượng ngộ độc** nặng. Hậu quả của bệnh trạng này có thể sau nhiều ngày mới phát hiện ra. Để phòng ngừa cần đi khám bác sĩ dù ngay lúc đó không thấy dấu hiệu thương tích nào.

Vì nguy cơ tai nạn, cấm làm việc với các vật thể có điện áp.

Chỉ được phép làm việc với bộ phận đang có điện áp trên 50 V ở điện xoay chiều hoặc 120 V ở điện một chiều khi các bộ phận này không được phép ngắt điện vì lý do quan trọng. Trong trường hợp này chỉ chuyên viên điện được huấn luyện đặc biệt mới được phép thực hiện. Học viên đang trong quá trình đào tạo cũng không được phép (DIN VDE 0105).

Thí dụ:

Một chuyên viên cơ-điện tử khi sửa chữa máy Robot chạm vào điện xoay chiều U = 230 V.

a) Tính cường độ dòng điện I_K chạy qua cơ thể.

b) Nguy hiểm nào xảy đến cho người bị nạn khi tác dụng của dòng điện kéo dài t = 0,1 s? **(Hình 1, trang 371).**

Lời giải:

a) $I_K = \dfrac{U}{R_K} = \dfrac{230\ V}{1\ k\Omega} = \mathbf{230\ mA}$

b) Nguy hiểm nằm trong phạm vi ③ gây tê cứng cơ bắp và nguy cơ rung tâm thất.

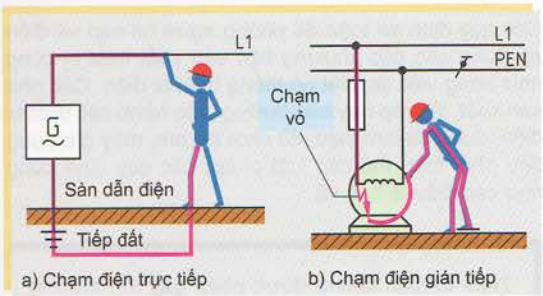
https://tieulun.hopto.org

9.4.1.2 Tiếp xúc điện trực tiếp và gián tiếp

Theo DIN VDE 0100 phần 200 người ta phân biệt chạm điện trực tiếp và gián tiếp.

Chạm điện trực tiếp là khi người hay gia súc chạm vào vật dẫn điện đang có điện áp.

Chạm điện gián tiếp là khi người hay gia súc chạm vào vỏ của thiết bị điện đang có điện áp do thiết bị có lỗi.



Hình 1: Chạm điện trực tiếp và chạm điện gián tiếp

Chạm điện trực tiếp nghĩa là cơ thể tiếp xúc với vật luôn có điện áp như dây điện **(Hình 1a).** Để tránh chạm điện trực tiếp, dây điện cần được bọc bằng vật liệu cách điện hay được che kín **(Trang 374).**

Chạm điện gián tiếp xảy ra khi vật liệu cách điện có lỗi làm cho một bộ phận thiết bị bình thường không có điện nay có điện áp, thí dụ như vỏ ngoài của máy điện **(Hình 1b).** Trong trường hợp này sự dẫn điện do cách điện bị hỏng được gọi là **chạm vỏ**.

9.4.1.3 Các khái niệm chuyên môn về biện pháp bảo vệ

- **Phần có điện hoạt động** là mọi **dây điện** hay mọi vật dẫn điện có điện chạy qua khi thiết bị hoạt động. **Dây trung tính (dây N)** cũng là phần có điện hoạt động, ngoại trừ dây **PEN.**
- **Thiết bị điện** là những phương tiện nhằm sản xuất điện, chuyển đổi, truyền tải, phân phối hoặc sử dụng năng lượng điện, như máy móc, máy biến áp, thiết bị chuyển mạch và thiết bị điều khiển, thiết bị đo lường, thiết bị bảo vệ, dây cáp và dây điện, thiết bị tiêu thụ điện.
- **Thiết bị tiêu thụ điện** là những sản phẩm dùng để chuyển hóa điện năng thành các dạng năng lượng khác như ánh sáng, nhiệt năng hay cơ năng.
- **Đất** là danh từ chỉ phần đất dẫn điện có điện thế 0 V.
- **Dây đất** là vật thể dẫn điện có tiếp xúc tốt với đất và tạo sự kết nối điện với đất.
- **Dòng rò** là dòng điện sinh ra do **lỗi cách điện**.
- **Lỗi cách điện** là trạng thái lỗi trong việc cách điện.
- **Vỏ thiết bị** là phần ngoài của thiết bị có thể dẫn điện và tiếp xúc, chỉ có điện áp nếu thiết bị có lỗi.
- **Chạm vỏ** là sự truyền điện của phần hoạt động đến vỏ thiết bị khi thiết bị có lỗi.
- **Bộ phận dẫn điện** là các vật thể kim loại dùng để dẫn điện thí dụ dây điện, công tắc điện.

  Dây trung tính (dây N) là dây được nối với điểm giữa (trung tính) của mạng điện phân phối.

  Dây PEN (protective earth neutral), dây nối đất có chức năng trung tính lẫn chức năng bảo vệ.

Theo quy định VDE thì các thiết bị và dụng cụ sử dụng điện áp xoay chiều cao hơn 50 V hoặc điện một chiều cao hơn 120 V phải có biện pháp bảo vệ phòng khi có sự tiếp xúc gián tiếp. Để đảm bảo mọi biện pháp an toàn được thực hiện thì chỉ **chuyên gia điện** mới được phép lắp đặt, điều chỉnh, bảo dưỡng hay sửa chữa thiết bị điện.

https://tieulun.hopto.org

9.4.2 Quy định an toàn cho hệ thống điện áp thấp

Các quy định an toàn để phòng ngừa tai nạn về điện áp dụng cho các phương tiện sản xuất thiết bị cũng như trong việc lắp đặt hệ thống thiết bị điện. Các nhà sản xuất, lắp ráp hay bảo dưỡng, vận hành các thiết bị điện, dụng cụ làm việc, đồ chơi trẻ em, máy gia dụng đều phải tuân thủ các luật pháp, các quy định cũng như các điều lệ bảo vệ.

> Thiết bị điện không được phép gây tổn thương đến con người, động vật hoặc gây thiệt hại vật chất. Cơ sở pháp lý là bộ sách tiêu chuẩn VDE.

Các thiết bị gia công (tư liệu hay phương tiện sản xuất) và máy móc đã được kiểm tra qua cơ quan VDE được mang ký hiệu kiểm tra VDE[1] **(Bảng 1).** Máy móc hoặc máy gia dụng được mang **nhãn hiệu an toàn GS** (GS: Geprüfte Sicherheit, được kiểm tra an toàn) khi đã đáp ứng được các **luật an toàn thiết bị**, tương ứng với các quy định an toàn lao động và luật bảo hộ tai nạn. Dây dẫn điện có ghi chú "harmonisiert" (harmonic, hài hòa) **(Bảng 2)** được các nước tham gia **CENELEC**[2] cho phép sử dụng.

Bên cạnh quy định VDE, còn phải tuân thủ các quy định về **điều kiện kỹ thuật kết nối dây (TAB)** của **cơ quan vận hành mạng phân phối lưới điện** (VNB) cho việc thiết kế và lắp ráp. Điều kiện nối mạng điện điều chỉnh sự nối dây vào mạng điện hạ áp của cơ quan vận hành mạng phân phối lưới điện VNB và đặc biệt còn bao gồm các quy định cá biệt về cách đăng nhập, lắp đặt vận hành, ổ cắm điện nhà và các thiết bị đo. Ngoài ra còn có quy định về các điều kiện cho sự vận hành thiết bị điện như động cơ điện, đèn huỳnh quang, lò sưởi điện và các thiết bị được điều khiển cắt pha với các biện pháp bảo vệ được quy định trước.

9.4.3 Khái niệm và đặc trưng

9.4.3.1 Các cấp bảo vệ

Để tránh hiểm nguy trong gia đình, trong cơ xưởng, văn phòng hay trường học, thiết bị điện phải được trang bị các biện pháp bảo vệ để khi có lỗi tránh được điện giật. Để tránh điện giật, các thiết bị được phân chia theo các **cấp bảo vệ** I, II và III tùy theo cách thiết kế nhằm tránh chạm điện trực tiếp và gián tiếp **(Bảng 3).**

Bảng 1: Ký hiệu kiểm tra VDE (theo DIN VDE 0024)

Ký hiệu ảnh	Định danh và thí dụ
	Ký hiệu VDE cho các sản phẩm điện, thí dụ công tắc điện lắp đặt, thiết bị điện.
	Ký hiệu kiểm tra điện tử VDE cho linh kiện, bản mạch điện tử, thí dụ bộ nguồn và bộ chỉnh dòng.
Đen đỏ	Dấu hiệu đặc trưng VDE cho các dây điện và dây cáp có bọc cách điện theo tiêu chuẩn quốc gia.
◁VDE▷	Ký hiệu cáp điện VDE cho dây điện, dây điện có bọc cách điện, cáp điện và các ống dùng để lắp ráp.
	Ký hiệu chống nhiễu vô tuyến của VDE cho dụng cụ điện.
	Ký hiệu kiểm tra VDE-GS dựa vào luật an toàn cho các thiết bị đã được kiểm tra, thí dụ máy công cụ.

Bảng 2: Ký hiệu kiểm tra CEE (Theo DIN VDE 0024)

Ký hiệu ảnh	Định danh và ứng dụng
◁VDE▷ ◁HAR▷	Ký hiệu hài hòa VDE cho dây và cáp bọc cách điện.
Đen đỏ vàng	Dấu hiệu đặc trưng hài hòa VDE cho dây và cáp bọc cách điện.
	Ký hiệu kiểm tra CEE[3] cho điện máy và vật liệu cách điện dựa theo quy định CEE.
CE	Ký hiệu CE[4] cho sản phẩm công nghiệp đáp ứng các quy định thích hợp của cộng đồng chung châu Âu.

Bảng 3: Ký hiệu nhận dạng của các cấp bảo vệ (theo IEC[5] 417)

Cấp bảo vệ	Ký hiệu nhận dạng	Sử dụng với biện pháp bảo vệ:
I		Với dây đất bảo vệ (thiết bị gia công được gắn vào hệ thống dây bảo vệ, thí dụ động cơ điện).
II		Cách điện bảo vệ (thiết bị gia công với chất cách điện cơ bản cộng thêm cách điện khác, thí dụ đèn chiếu sáng).
III		Điện áp thấp (chỉ sử dụng cho mạch điện SELV- và PELV, thí dụ đèn chiếu sáng nơi kín và ẩm ướt, xem hình ở trang **320**).

[1] **VDE:** Hiệp hội điện, điện tử, kỹ thuật thông tin ở Đức (đã đăng ký) viết tắt của **V**erband der **E**lektrotechnik **E**lektronik **I**nformationstechnik e.V.

[2] **CENELEC:** Ủy ban Âu châu quy định tiêu chuẩn về ngành điện (Comité Européenne de Normalisation Electrotechnique)

[3] **CEE:** Ủy ban quốc tế về việc cấp chứng chỉ phù hợp (tương thích) cho thiết bị điện (International Commission for Conformity **C**ertification of **E**lectrical **E**quipment)

[4] **CE:** Cộng đồng chung Âu châu (**C**ommunauté **E**uropéenne)

[5] **IEC:** Ủy ban quốc tế kỹ thuật điện (International **E**lectrotechnical **C**ommission).

https://tieulun.hopto.org

9.4.3.2 Các loại bảo vệ IP (theo DIN VDE 0470)

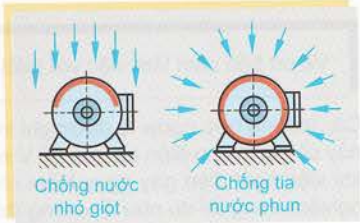
Thiết bị gia dụng, thí dụ máy sấy tóc hay máy sưởi quạt, phải có những lỗ trống cho không khí vào và ra. Để tránh tai nạn thì các phần dẫn điện phải được cấu tạo sao cho người sử dụng không chạm đến các bộ phận có điện của thiết bị gia dụng và máy móc.

Tùy thuộc vào mục đích sử dụng và nơi đặt trang thiết bị, người ta cần biện pháp bảo vệ để tránh sự tiếp xúc với phần dẫn điện, chống sự xâm nhập của vật lạ cũng như của nước.

Hình 1 Động cơ điện với loại bảo vệ IP 54

Ký hiệu bảo vệ gồm mẫu tự IP[1] và hai số theo sau, thí dụ IP 54. Sau chữ IP và hai số có thể kèm thêm mẫu tự thí dụ IP 23 CS. Các mẫu tự kèm thêm A, B, C và D là ký hiệu bảo vệ tránh tiếp xúc, thí dụ C là bảo vệ không cho dụng cụ đi vào. Mẫu tự H, M, S, và W cho thêm chú thích, thí dụ S: ngưng chạy trong lúc kiểm tra độ kín nước của thiết bị (xem thêm sách Cẩm nang).

Vỏ máy và hộp nối điện, thí dụ của động cơ chuẩn ba pha có làm mát mặt ngoài **(Hình 1)** phần lớn đáp ứng loại bảo vệ IP 54 **(Bảng 2).** Động cơ được bảo vệ chống sự đóng bụi và tia nước bắn vào từ mọi hướng. Để bảo vệ chống sự xâm nhập của nước, ta có nhiều loại cấu tạo tương ứng **(Hình 2)**.



Hình 2: Loại bảo vệ chống nước xâm nhập

Thiết bị điện được đặt trong các phòng ẩm ướt hay ở các trạm điện ngoài trời có mái che tối thiểu phải được bảo vệ chống nước nhỏ giọt (IP X1). Các thiết bị điện trong các trạm điện ngoài trời không có mái che phải đáp ứng tối thiểu IP X3. Thiết bị được bảo vệ IP 68 phải kê khai thêm áp suất cho phép khi vận hành dưới nước, thí dụ 3 bar.

Bên cạnh ký hiệu nhận dạng các loại bảo vệ qua mẫu tự và số, các thiết bị lắp đặt và các thiết bị tiêu thụ còn được nhận biết qua **ký hiệu hình (biểu tượng)** thí dụ như ở bóng đèn, máy sưởi, dụng cụ điện (**Bảng 1**).

Bảng 1: Biểu tượng

Chống nước nhỏ giọt IP X1		Chống tia nước phun IP X3	
Chống tia nước xịt IP X4		Chống tia nước bắn vào IP X5	
Kín nước IP X7		Kín nước dưới áp suất IP X8	...bar
Chống bụi IP 5X		Kín bụi IP 6X	

Bảng 2: Các loại bảo vệ thiết bị gia công

Số thứ nhất	Mức độ bảo vệ: Bảo vệ chống tiếp xúc và chống vật lạ xâm nhập	Số thứ hai	Mức độ bảo vệ: Bảo vệ chống xâm nhập của nước
0	Không cần bảo vệ nào đặc biệt.	0	Không cần bảo vệ nào đặc biệt.
1	Bảo vệ chống sự xâm nhập vật lạ có đường kính ≥ 50 mm.	1	Bảo vệ chống nước nhỏ giọt thẳng xuống
2	Bảo vệ chống sự xâm nhập vật lạ có đường kính ≥ 12,5 mm.	2	Bảo vệ chống nước nhỏ giọt thẳng xuống, thiết bị nghiêng tối đa 15°.
3	Bảo vệ chống sự xâm nhập vật lạ có đường kính ≥ 2,5 mm.	3	Bảo vệ chống sự phun nước với góc tối đa 60° so với đường thẳng đứng.
4	Bảo vệ chống sự xâm nhập vật lạ có đường kính ≥ 1 mm.	4	Bảo vệ chống tia nước từ mọi hướng.
5	Bảo vệ chống đóng bụi (chống bụi). Bảo vệ hoàn toàn chống sự tiếp xúc.	5	Bảo vệ đối với phun nước từ mọi hướng.
6	Chống sự xâm nhập bụi (kín bụi) và bảo vệ hoàn toàn chống mọi sự tiếp xúc.	6	Bảo vệ đối với phun nước mạnh hay biển động.
Khi chỉ cần một số đặc trưng cho mức độ bảo vệ cạnh ký tự IP thì nơi số trống được thay vào mẫu tự X, thí dụ IP X4 hay IP 3X.		7	Bảo vệ chống nước thấm vào khi đặt máy chìm trong nước dưới các điều kiện áp suất và thời gian.
		8	Bảo vệ chống thấm nước khi thiết bị đặt cố định trong nước.

[1] IP, chữ viết tắt của Internationale Protection (tiếng Pháp) = Bảo vệ chuẩn quốc tế.

https://tieulun.hopto.org

9.4.3.3 Biện pháp bảo vệ khi làm việc với thiết bị điện

Cơ quan bảo vệ lao động trong ngành Cơ khí chính xác và Điện đã đánh giá và phân tích 40.000 bảng câu hỏi về tai nạn điện ở Đức trong khoảng thời gian 15 năm **(Hình 1).** Theo thống kê, người không chuyên và ngay cả **chuyên gia điện** cũng thường đánh giá sai các tình huống nguy hiểm. Hiện nay vẫn còn xảy ra tai nạn đối với **chuyên viên điện** do sự cẩu thả và thiếu kiến thức. Theo khảo sát trên, phần lớn các tai nạn (83%) xảy ra trong phạm vi điện áp từ 130V đến 400 V. Phần lớn tai nạn chết người xảy ra trong phạm vi này.

Bảng 1: Tai nạn điện

Điện áp	Tai nạn	
	Tổng cộng	Chết người
Đến 130V	1 563	6
130V đến 400V	34 399	516
400V đến 1000V	1 762	25
Điện áp thấp	37 724	547
1kV đến 20kV	3 154	429
20kV đến 110kV	365	57
110kV đến 400kV	21	1
Điện áp cao	3 540	487
Tổng số	41 264	1 034

Về cơ bản cấm làm việc với thiết bị, dụng cụ đang có điện áp.

Các trường hợp ngoại lệ được ghi trong DIN VDE 0105. Các trường hợp này có giá trị cho điện áp trên 50 V xoay chiều hoặc trên 120 V một chiều khi việc ngắt điện gây nguy hiểm cho người hoặc gây thiệt hại vật chất nghiêm trọng thí dụ như ở xưởng thổi thủy tinh hay xưởng luyện thép.

Chỉ chuyên viên điện hoặc người đã được chỉ dẫn kỹ thuật mới được phép làm việc với thiết bị có điện áp. Trong trường hợp này phải đặc biệt chú ý đến quy định an toàn.

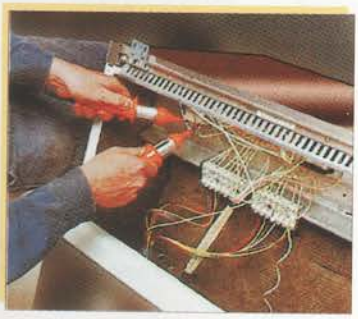
Hình 1: Tháo bộ nối cầu chì NH

Để hạn chế rủi ro và nguy hiểm của tai nạn điện đối với chuyên viên điện **(Hình 1)** ta cần giữ **5 quy tắc an toàn (Bảng 2)** để tạo trạng thái không điện áp khi làm việc. Trước khi bắt đầu làm việc phải đặt bảng cấm (không được bật điện) **(Hình 2)**. Dưới sự giám sát của người có thẩm quyền, nơi làm việc chỉ được đưa vào sử dụng khi tất cả 5 quy tắc an toàn lần lượt từ 1 đến 5 được thực hiện. **Chuyên viên điện** hoặc **người đã được chỉ dẫn kỹ thuật** phải xác định trạng thái không điện áp ở thiết bị **(Hình 3)**. Công việc bật điện lại chỉ được phép khi các quy tắc an toàn lần lượt được giải trừ theo chiều ngược (từ 5 đến 1).

Hình 2: Bảng cấm khi làm việc với thiết bị đã ngắt điện

Bảng 2: 5 quy tắc an toàn trong khi làm việc ở trạng thái không điện áp (Theo DIN VDE 0105)

1. Ngắt điện	■ Ngắt điện tất cả các bộ phận của thiết bị nơi làm việc **(Hình 1)**, ■ Ngắt công tắc bảo vệ đường dây (cầu dao), tháo cầu chì.
2. Đảm bảo tránh bật điện trở lại	■ Khóa cơ chế đóng điện thí dụ đối với công tắc bảo vệ đường dây bằng cách dán băng keo, cắm theo bộ nối cầu chì, khóa công tắc bằng chìa khóa, dựng bảng "cấm bật điện" **(Hình 2).**
3. Xác nhận tình trạng không điện áp	■ Xác nhận tình trạng không điện áp qua chuyên viên. ■ Kiểm tra điện áp với máy đo điện áp hai cực **(Hình 3)**.
4. Nối dây đất và tạo ngắn mạch với dây đất	■ Đầu tiên tạo sự tiếp đất và nối ngắn mạch các phần tử có điện hoạt động với dây đất (phải được nhìn thấy từ nơi làm việc). Quy tắc 4 này không cần cho thiết bị dưới 1000 V, thí dụ hệ thống cáp điện, ngoại trừ các dây ngoài trời.
5. Che chắn các bộ phận lân cận có điện áp	■ Thiết bị dưới 1 kV thì cách điện bằng khăn hay vật cách điện là đủ. Cao hơn 1 kV thì phải đặt thêm chướng ngại vật như bảng cấm, dây rào, bảng cảnh báo .. ■ Bảo vệ thân thể, thí dụ nón bảo vệ có che mặt, mặc quần áo sát người và có mang găng tay.



Hình 3: Xác định không có điện áp

https://tieulun.hopto.org

9.4.3.4 Các loại lỗi ở thiết bị điện

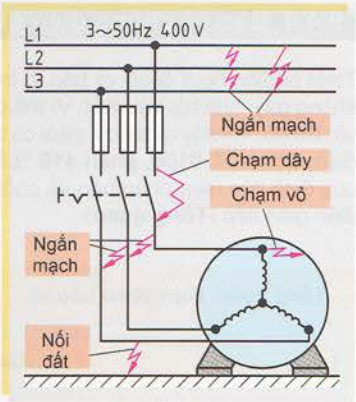
Dù có lắp đặt cẩn thận và sử dụng các thiết bị an toàn, lỗi vẫn có thể xảy ra trong các hệ thống thiết bị điện, thí dụ như hư hại lớp cách điện dưới dạng **chạm vỏ, ngắn mạch, chạm dây** hay **chạm đất (Hình 1)**.

Chạm vỏ là sự chạm điện trực tiếp giữa vỏ thiết bị và phần có điện hoạt động của thiết bị điện.

Ngắn mạch là sự chạm điện trực tiếp giữa các dây dẫn điện có điện áp. Trong trường hợp ngắn mạch, mạch điện rò không có điện trở (ohm, thực).

Chạm dây là lỗi khi các dây dẫn điện chạm nhau. Trong mạch rò có chứa điện trở hữu dụng hay một phần của nó.

Chạm đất là sự chạm điện giữa dây dẫn điện hay dây trung tính với đất hay với các bộ phận nối đất.

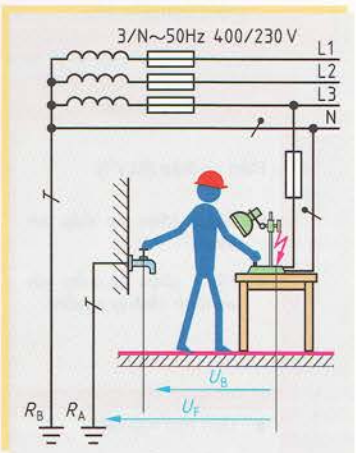


Hình 1: Phân loại lỗi

Trong sự **chạm vỏ (thân máy), ngắn mạch hay chạm đất hoàn toàn,** điện trở rò (điện trở khi có sự cố) ≈ 0 Ω. Nếu nơi chạm mạch tạo ra một điện trở, thí dụ như do tia hồ quang, sự chạm mạch sẽ không hoàn toàn. **Chạm mạch không hoàn toàn** thường nguy hại hơn, vì thường không được phát hiện kịp thời. Dòng điện làm nóng quá mức cho phép có thể gây ra hỏa hoạn.

9.4.3.5 Điện áp trong trường hợp có lỗi

Do cách điện bị hỏng, vỏ thiết bị có thể có điện áp đối với điểm nối đất gần nhất, như đất hay vật nối đất (ống nước). Điện áp này được gọi là **điện áp rò (điện áp khi có sự cố)** U_F **(Hình 2)**.



Hình 2: Điện áp tiếp xúc, điện áp rò

Điện áp tiếp xúc U_B[1] là điện áp giữa hai bộ phận có thể tiếp xúc đồng thời khi cách điện thiết bị có lỗi.

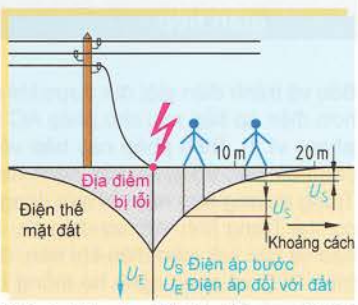
Điện áp tiếp xúc lớn nhất U_L[2] cho phép sự tiếp xúc liên tục được quốc tế phê chuẩn **(Bảng 1).** Điện áp đến giới hạn này thường không dẫn đến tử vong đối với người và động vật.

Bảng 1: Điện áp tiếp xúc

▪ Cho người	AC 50 V, DC 120 V
▪ Đồ chơi trẻ em ▪ Đèn nồi hơi ▪ Hiện diện trong vùng nuôi thú ở trang trại.	AC 25 V, DC 60 V

Dây dẫn điện ngoài trời bị đứt có thể gây ra chạm đất **(Hình 3)**. Chung quanh nơi đây sẽ có một điện áp (**điện áp tiếp đất**) và điện áp này sẽ giảm dần khi khoảng cách càng xa.

Điện áp bước U_S là điện áp giữa hai chân của một người với bước chân 1 m **(Hình 3)**. Điện áp này lớn nhất ở gần nơi dây điện chạm đất.



Hình 3: Điện áp khi dây điện ngoài trời bị đứt

Bài tập:

1. Trình bày **a)** ngắn mạch, **b)** chạm vỏ và **c)** chạm dây.
2. Giải thích khái niệm điện áp rò và điện áp tiếp xúc.
3. Theo DIN VDE thì điện áp tiếp xúc cho phép là bao nhiêu?

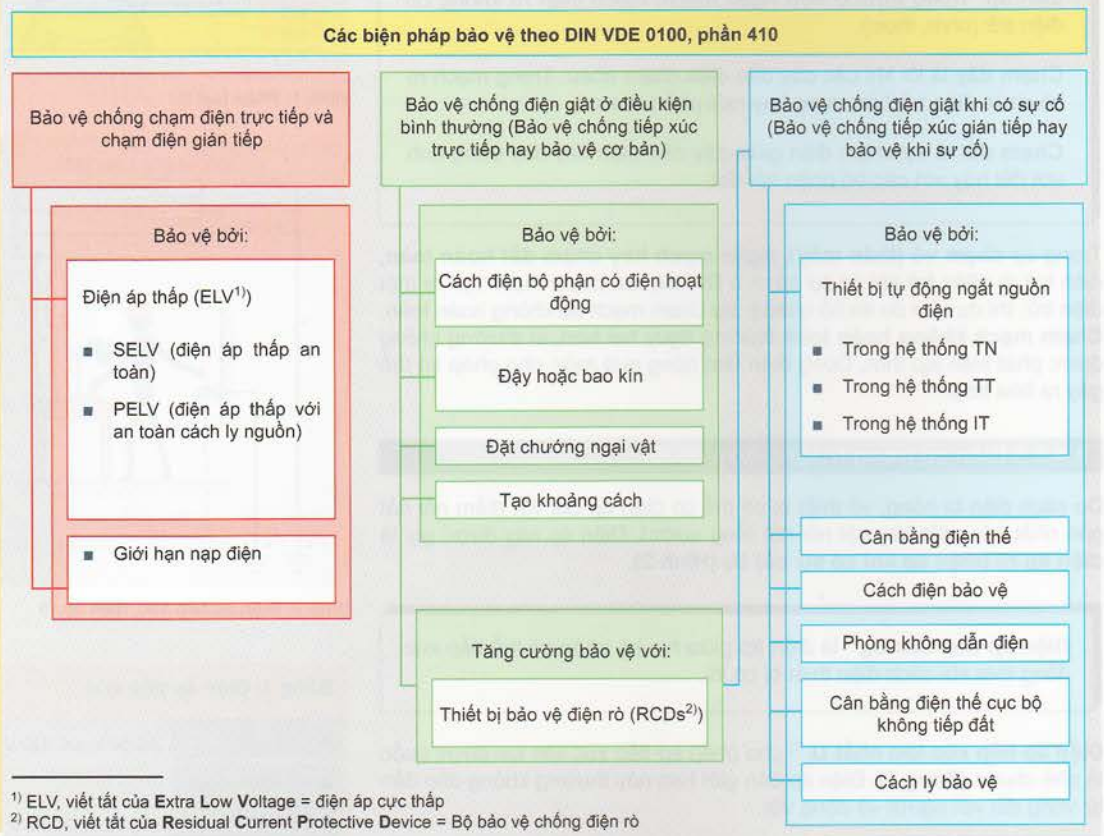
[1] U_T thay vì U_B, ký tự T (tiếng Anh touch = chạm)
[2] U_L, ký tự L (tiếng Anh limit = giới hạn, trị số giới hạn)

https://tieulun.hopto.org

9.4.4 Bảo vệ chống điện giật

Thiết bị điện hoạt động và bảo trì theo đúng quy định không được gây tai nạn cho người hay thú nuôi và cũng không gây thiệt hại vật chất. Vì thế để tránh và phòng ngừa tai nạn về điện thì phải tuân theo các biện pháp bảo vệ. Do đó, khi xảy ra sự cố, phải có biện pháp tránh xuất hiện điện áp tiếp xúc cao hoặc thiết bị phải tự động ngắt điện. **DIN VDE 0100, phần 410 "Lắp đặt hệ điện công suất (điện nặng) có điện áp định mức đến 1000V"** quy định các biện pháp bảo vệ chống điện giật, gồm cả bảo vệ con người chống chạm điện trực tiếp và chạm điện gián tiếp (**Tổng quan**).

Tổng quan: Biện pháp bảo vệ



1) ELV, viết tắt của **E**xtra **L**ow **V**oltage = điện áp cực thấp
2) RCD, viết tắt của **R**esidual **C**urrent **P**rotective **D**evice = Bộ bảo vệ chống điện rò

9.4.5 Bảo vệ chống chạm điện trực tiếp và chạm điện gián tiếp

Bảo vệ tránh điện giật đạt được khi các thiết bị hoạt động với điện áp nhỏ hơn điện áp tiếp xúc cho phép AC 50 V hoặc DC 120 V **(điện áp trong phạm vi 1)**. Biện pháp này bảo vệ con người khi tiếp xúc trực tiếp bộ phận có điện trong lúc vận hành hay tiếp xúc gián tiếp khi thiết bị có lỗi. Trong trường hợp này chỉ một dòng điện nhỏ không nguy hiểm chạy qua cơ thể.Trong lĩnh vực cơ-điện tử, đặc biệt từ phía điều khiển, nhu cầu bảo vệ các linh kiện điện-khí nén, điện-thủy lực và các bộ điều khiển lập trình PLC và công nghệ hệ thống Bus đối với điện áp thấp mỗi lúc một cao **(Hình 1)**.

Hình 1: Van điện – khí nén dùng điện áp thấp

https://tieulun.hopto.org

9.4.5.1 Bảo vệ bằng điện áp thấp SELV và PELV

Các biện pháp bảo vệ bằng điện áp thấp SELV và PELV chỉ cho phép sử dụng khi điện áp định danh lớn nhất 50 V AC hoặc 120 V DC.

Mạch điện SELV (định danh cũ: Điện áp bảo vệ thấp) và PELV khác biệt nhau ở cách thức tiếp đất. Với mạch điện SELV, mạch thứ cấp không được nối với đất hoặc với hệ thống mạch điện khác. **(Hình 1)**.

Mạch điện PELV (định danh cũ: Điện áp thấp chức năng có cách ly an toàn). Vì lý do vận hành, vỏ thiết bị hay dây nối điện áp thấp của mạng thứ cấp được nối đất **(Hình 2)**, thí dụ như trong hệ thống đo đạc, hệ điều khiển hay hệ thống viễn thông.

Khi điện áp trong mạch SELV hay PELV không vượt quá điện áp định mức AC 25 V hoặc DC 60 V (không có sóng hài[1]) thì không cần bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp. Tuy nhiên trong lĩnh vực an toàn cao như đồ chơi trẻ em vận hành bằng động cơ điện, thiết bị y khoa, đèn chiếu sáng cầm tay hoặc thiết bị dùng trong nông trại hay nhà vườn thì dù điện áp nhỏ hơn AC 25 V hoặc DC 60 V vẫn cần có bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp. Các thiết bị y khoa thí dụ như máy nội soi dùng để khám nghiệm bên trong cơ thể thì điện áp không vượt quá 6 V.

Để có được sự cách ly điện thế (galvanic) với nguồn điện thì phải bảo đảm tạo ra được điện áp thấp (**Tổng quan**).

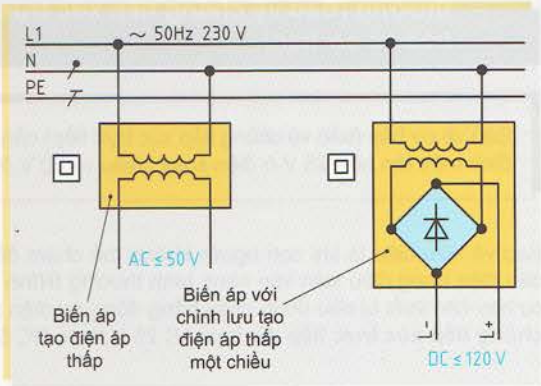
> Không được phép dùng biến áp tiết kiệm, mạch phân áp bằng điện trở, hay điện trở nối tiếp (định áp) để tạo điện áp thấp từ lưới điện.

Phích cắm điện, ổ cắm **(Hình 3)** hoặc bộ phận nối dây dùng trong mạch điện SELV và PELV phải thỏa mãn các đòi hỏi sau:

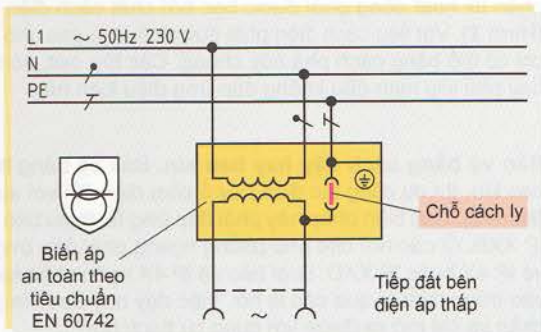
- Phích cắm và ổ cắm của mạch điện SELV không được có công tắc bảo vệ.
- Phích cắm điện cho mạch điện SELV phải thiết kế sao để không thể nhầm với các phích cắm có điện áp khác.
- Phích cắm SELV không được phép cắm vào ổ điện PELV và ngược lại.
- Phích cắm điện cho mạch điện PELV có công tắc bảo vệ. Phích cắm loại này có ngắn phụ để không thể nhầm được đối với phích cắm cho mạch điện SELV và với phích cắm dùng cho điện áp cao hơn.

Mạch điện FELV (định danh cũ: Điện áp thấp chức năng không cách ly an toàn) không có biện pháp bảo vệ và được quy định trong DIN VDE 0100, phần 470. Mạch điện FELV không đáp ứng được đòi hỏi về sự cách điện an toàn của các mạch SELV và PELV.

- **SELV**, viết tắt của: **S**afety **E**xtra **L**ow **V**oltage = Điện áp cực thấp an toàn
- **PELV**, viết tắt của: **P**rotective **E**xtra **L**ow **V**oltage = Điện áp chức năng cực thấp có cách ly an toàn
- **FELV**, viết tắt của: **F**unctional **E**xtra **L**ow **V**oltage = Điện áp chức năng cực thấp, không cách ly an toàn



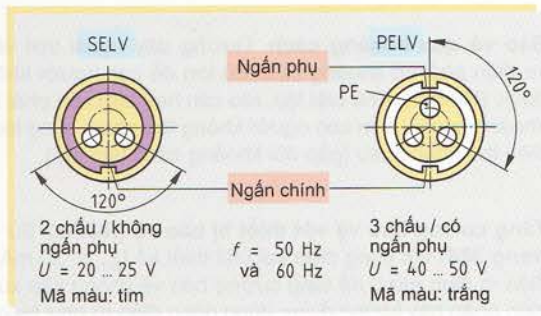
Hình 1: Biến áp cho mạch điện SELV



Hình 2: Nguồn điện cho mạch PELV

Tổng quan: Tạo nguồn điện áp thấp

- Biến áp an toàn
- Máy phát điện, động cơ điện với nhiều cuộn dây cách ly
- Nguồn điện từ hóa năng, thí dụ pin
- Máy phát điện được chạy bằng động cơ nổ



Hình 3: Ổ cắm cho thiết bị điện áp thấp

[1] không có sóng hài = Độ gợn sóng nhỏ hơn 10% sóng hiệu dụng với điện xoay chiều sin hỗn hợp.

https://tieulun.hopto.org

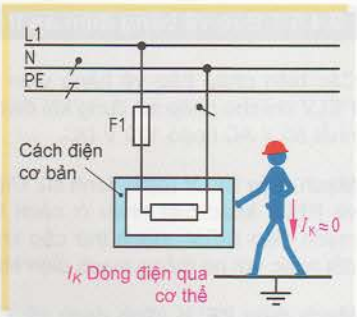
9.4.5.2 Bảo vệ bằng giới hạn điện tích

Khi nguồn điện cung cấp cho **năng lượng phóng điện** không quá 0,35 J thì không cần các biện pháp bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp, thí dụ như ở tụ điện đã nạp điện hoặc hàng rào điện canh gia súc.

9.4.6 Bảo vệ chống điện giật trong điều kiện bình thường (Bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp hay bảo vệ cơ bản)

Bảo vệ cơ bản (bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp) cần thiết khi điện áp định mức lớn hơn 25 V ở điện xoay chiều và 60 V ở điện một chiều.

Bảo vệ hữu hiệu là khi con người không thể chạm đến được các phần dẫn điện trong điều kiện vận hành bình thường **(Hình 1).** Các máy công cụ hay các thiết bị tiêu dùng chạy bằng động cơ điện phải được **bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp** dù dưới AC 25 V hoặc DC 50 V.



Hình 1: Bảo vệ bằng cách điện cơ bản

Hình 2: Bảo vệ bằng cách điện

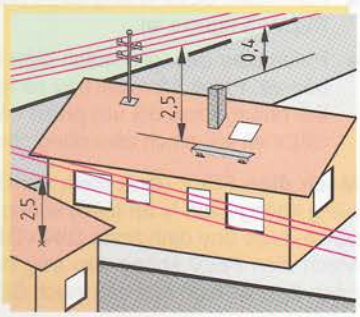
Bảo vệ bằng cách cách điện các phần có điện hoạt động. Tất cả các phần tử hoạt động phải được bọc bởi chất cách điện có độ bền cơ học **(Hình 2).** Vật liệu cách điện phải được cấu tạo sao cho nếu muốn tháo bỏ chỉ có thể bằng cách phá hủy chúng. Các lớp oxit, vỏ bao bằng sợi, sơn hay phủ lớp men đều không đáp ứng điều kiện này.

Hình 3: Bảo vệ bằng che đậy hoặc bao kín

Bảo vệ bằng cách đậy hay bao kín. Bảo vệ bằng biện pháp đậy hay bao kín, thí dụ công tắc điện hay ổ cắm điện đối với sự tiếp xúc trực tiếp **(Hình 3).** Các biện pháp này phải đáp ứng tối thiểu bảo vệ loại IP 2X hoặc IP XXB. Ở các nơi che phủ phẳng ngang phải đáp ứng tối thiểu loại bảo vệ IP 4X hoặc IP XXD. Loại bảo vệ IP 4X ngăn chặn các vật lạ xâm nhập vào trong thiết bị qua các lỗ hở. Việc đậy hay bao kín phải đóng lại chắc chắn và chỉ mở ra được với dụng cụ thích hợp.

Hình 4: Bảo vệ bằng vật cản

Bảo vệ bằng vật cản. Thanh chắn bảo vệ, khu biệt lập, lưới chắn bảo vệ được một phần đối với sự tiếp xúc trực tiếp **(Hình 4).** Tuy nhiên các vật cản này chỉ được phép sử dụng trong phòng ốc công xưởng khóa kín, là nơi mà chỉ chuyên viên mới được phép vào thí dụ trạm biến thế. Vật cản có thể dời đi được mà không cần dụng cụ, nhưng vật cản cần phải được gắn chắc chắn để không thể vô ý dời đi.



Hình 5: Bảo vệ bằng khoảng cách an toàn

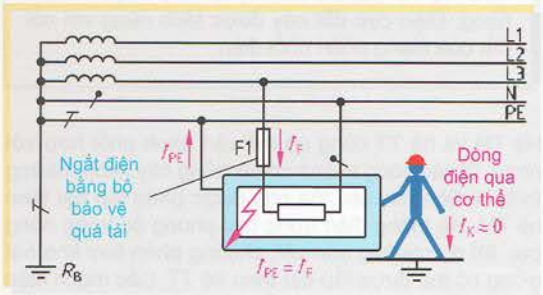
Bảo vệ qua khoảng cách. Đường dây ngoài trời và đường dây cho xe điện phải có khoảng cách đủ lớn để con người không thể chạm đến được **(Hình 5).** Khu biệt lập, rào cản hay lưới cản phải thiết kế sao cho ở khoảng cách 2,5 m con người không thể chạm cùng lúc vào các phần có điện thế khác nhau (gấp đôi khoảng cách tầm tay).

Tăng cường bảo vệ với thiết bị bảo vệ (RCDs). Sử dụng RCDs (xem **trang 384**) với dòng điện sai biệt thiết kế $I_{\Delta n} \leq 30$ mA (trước đây: dòng điện rò định mức) để tăng cường bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp nhưng biện pháp này không được dùng dòng điện rò như biện pháp bảo vệ duy nhất.

https://tieulun.hopto.org

9.4.7 Bảo vệ ngăn ngừa điện giật khi có lỗi (Bảo vệ chống chạm điện gián tiếp hay bảo vệ khi có lỗi)

Bảo vệ ngăn ngừa điện giật khi có lỗi nhằm bảo vệ cho người và gia súc trong trường hợp biện pháp bảo vệ cơ bản không còn hữu hiệu. Nếu không còn bảo vệ chống chạm điện trực tiếp vì cách điện hư, và nếu điện áp vận hành cao hơn 50V AC, thí dụ như ở 230 V, thì tiếp xúc với phần có điện có thể gây nguy hiểm cho sức khỏe con người **(Hình 1).** Thiết bị có lỗi phải được ngắt điện ngay trong thời gian thật ngắn, thí dụ 0,4 s.



Hình 1: Bảo vệ bằng cách ngắt điện

Nếu dây đất (PE[1]) được nối với vỏ thiết bị điện, ta gọi biện pháp bảo vệ này là tùy thuộc hệ thống. Dây bảo vệ (PE) và dây (PEN[2]) được đánh dấu hai màu xanh-vàng. Dây PEN có thêm ký hiệu màu xanh dương nhạt ở hai đầu dây.

Với những hệ thống mà thiết bị không được phép ngắt ngay nguồn điện khi có lỗi lần thứ nhất, thí dụ như trong phòng giải phẫu, thì bộ phận bảo vệ phải báo động bằng tín hiệu **(Hệ thống IT, trang 387).**

9.4.7.1 Hệ thống điện ba pha

Trong mạng điện ba pha điện áp thấp (hạ thế), người ta phân biệt hệ thống phân phối điện của công ty truyền tải điện VNB (**V**erteilung **N**etz **B**etreiber) và của các hệ thống tiêu thụ điện. Các hệ thống phân phối điện có ký hiệu quốc tế với các mẫu tự thí dụ hệ thống TN, TT và IT **(Bảng 1).** Người ta phân biệt ba loại hệ thống TN: TN-S, TN-C và TN-C-S.

Trong **hệ TN**, điểm sao của nguồn điện được nối thẳng với đất. Vỏ thiết bị điện ở tải tiêu thụ được nối với điểm sao này của biến áp **(Hình 1).**

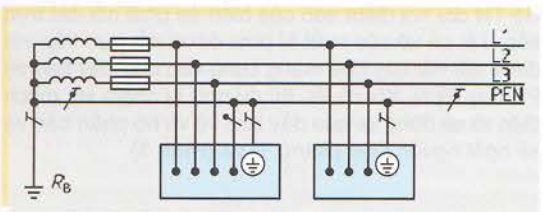
Ở **hệ thống TN-C**, dây nối với vỏ thiết bị là dây PEN, dây này vừa là dây trung tính vừa là dây đất bảo vệ **(Hình 2).** Trong **hệ TN-S** thì dây trung tính N và dây bảo vệ PE là hai dây riêng biệt **(Hình 4).** Trong hệ thống thiết bị tiêu thụ, hệ TN-C và hệ TN-S có thể được kết hợp lại thành **hệ TN-C-S (Hình 3).**

Bảng 1: Ký hiệu các hệ thống điện ba pha

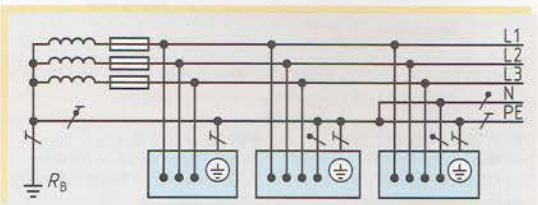
Thí dụ: Hệ thống TN-C

T	**1. Mẫu tự thứ nhất:** Cách tiếp đất phần nguồn thí dụ ở trạm biến áp **T:** Nối đất trực tiếp tại một điểm thí dụ ở điểm sao qua dây đất. **I:** Cách điện tất cả các bộ phận có điện hoạt động với đất hoặc nối với đất qua một trở kháng
N	**2. Mẫu tự thứ hai:** Cách tiếp đất của vỏ thiết bị trong một hệ thống điện **T:** Vỏ thiết bị trực tiếp nối đất **N:** Vỏ thiết bị nối với dây đất của nguồn tạo điện áp
C	**3. Mẫu tự thứ ba:** Bố trí dây trung tính N và các dây đất PE trong hệ TN **S:** PE và N không nối với nhau **C:** Kết hợp PE và N chung thành một dây PEN

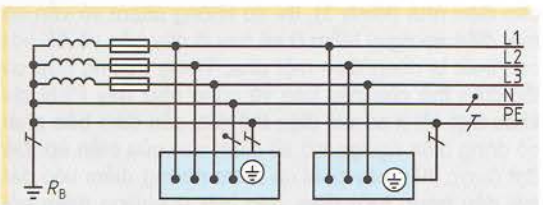
Chữ viết tắt: T từ chữ Terre (tiếng Pháp) = đất, I (isolé) = cách ly, cách điện N (neutre) = trung tính, S (separé) = tách ra, C (combiné) = kết hợp



Hình 2: Hệ thống TN-C



Hình 3: Hệ thống TN-C-S



Hình 4: Hệ thống TN-S

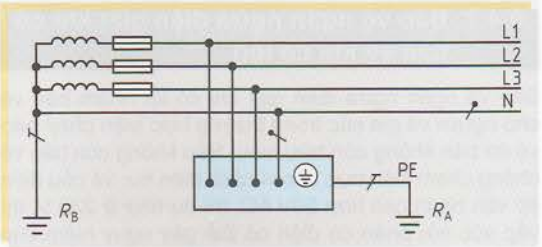
[1] PE, viết tắt **P**rotection **E**arth (tiếng Anh)= dây bảo vệ (dây đất)
[2] PEN, viết tắt **P**rotection **E**arth **N**eutral (tiếng Anh)= dây trung tính có chức năng bảo vệ

https://tieulun.hopto.org

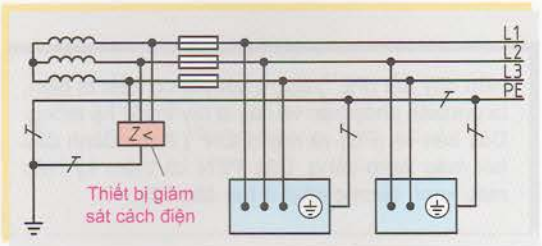
Trong hệ TT, một điểm của nguồn điện được nối trực tiếp với đất. Vỏ thiết bị tiêu thụ được nối đất riêng. Điện cực đất này được tách riêng với nối đất của mạng phân phối điện.

Hệ TN và hệ TT cũng có thể vận hành phối hợp với nhau. Ở các nông trại và cơ sở trồng cây xanh, những thiết bị điện cho các tòa nhà được phép lắp đặt theo hệ TN. Hệ thống điện trong các phòng ốc trong nông trại, thí dụ chuồng súc vật, chuồng phân hay kho hạt giống có thể được lắp đặt theo hệ TT. Các mạch điện ổ cắm cần được bảo vệ bằng thiết bị bảo vệ rò điện RCD với $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.

Trong hệ IT, điểm sao của nguồn điện áp và các bộ phận có điện hoạt động không được phép nối đất. Mạng phân phối điện được phép nối đất qua một trở kháng lớn. Vỏ thiết bị được nối với đất **(Hình 2).**



Hình 1: Hệ thống TT



Hình 2: Hệ thống IT

9.4.7.2 Biện pháp bảo vệ trong hệ thống TN

Trong hệ TN, chạm vỏ phải dẫn đến ngắn mạch và thiết bị có lỗi phải được khởi động ngắt điện bằng bộ bảo vệ quá tải mắc nối tiếp.

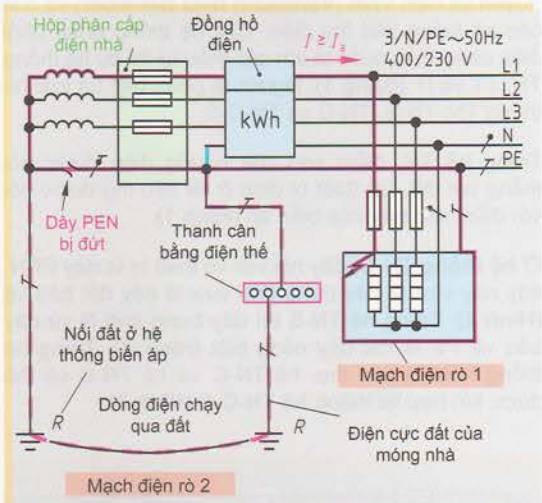
Qua đó, người ta ngăn chặn được sự hình thành điện áp tiếp xúc cao hơn cho phép ở vỏ thiết bị.

Hệ TN đòi hỏi điểm sao của biến áp phải nối đất trực tiếp. Tất cả vỏ của thiết bị phải được nối trực tiếp với điểm nối đất này của mạng cung cấp qua dây bảo vệ PE hay PEN. Khi có lỗi, thí dụ như bị chạm vỏ, mạch điện rò sẽ đóng lại qua dây bảo vệ và bộ phận bảo vệ sẽ ngắt nguồn điện **(Bảng 1)** và **(Hình 3).**

Giả sử hệ thống tiêu thụ không có điện cực đất riêng và dây bảo vệ PEN bị đứt trước khi nối với hộp phân cấp điện nhà **(Hình 3),** thì dù không chạm vỏ vẫn có một điện áp nguy hiểm ở vỏ hay ở dây bảo vệ đối với các thiết bị dùng điện một pha. Trong trường hợp có lỗi, điện thế của dây bảo vệ cũng như dây PEN chỉ khác biệt rất ít so với điện thế đất, cần đảm bảo phải có dòng điện ngược trở về điểm sao của biến áp. Để đạt được điều này phải có thêm những điểm tiếp đất trải đều trong lưới điện, đặc biệt ở những điểm nối trong tòa nhà, thí dụ bằng cách nối với điện cực đất của móng nhà.

Bảng 1: Bộ bảo vệ được phép sử dụng

Trong hệ thống TN-S	Trong hệ thống TN-C
■ Bộ bảo vệ chống dòng quá tải ■ Bộ bảo vệ rò điện (RCD)	■ Chỉ có bộ bảo vệ chống dòng quá tải



Mạch điện rò với dây PEN không có lỗi	Mạch điện rò với dây PEN bị đứt
Biến áp → Dây đi (L1) → Nơi xảy ra sự cố →Vỏ máy → Dây về (PE và PEN) → Điểm sao (Biến áp)	Biến áp → Dây đi (L1) → Nơi xảy ra sự cố → Vỏ máy → Dây về (PE → Thanh cân bằng điện thế) → Điện cực đất của móng nhà → Đất → Phần đất vận hành → Điểm sao

Hình 3: Bảo vệ bằng cách nối đất trong hệ TN-C-S

https://tieulun.hopto.org

Để bảo vệ an toàn, tổng điện trở của tất cả nối đất có trị số 2Ω là đủ.

Nếu tổng trở không đáp ứng được trị số 2Ω thì điều kiện tiếp còn gọi là **"cân điện áp"** phải được đáp ứng **(công thức, Hình 1).** Nếu giữ được điều kiện này thì điện áp tiếp xúc ở dây PEN, dây bảo vệ hay vỏ thiết bị sẽ không vượt quá điện áp cho phép U_L.

Tiết diện dây điện và bộ bảo vệ phải được thiết kế sao cho khi có sự cố giữa dây pha với dây bảo vệ hay với bộ phận được nối với dây PEN, việc ngắt điện tự động phải được thực hiện trong thời gian đã được quy định trong DIN VDE 0100 phần 410 **(Bảng 1)**.

Điều kiện này được đáp ứng nếu tích số của **trở kháng vòng** Z_S và **cường độ dòng điện ngắt** I_a không lớn hơn điện áp định danh đối với dây đất ($Z_S \cdot I_a \le U_0$).

Trở kháng vòng trong mạch có lỗi được hiểu là trở kháng của máy biến áp, của mạng lưới điện và của hệ thống dây **(Hình 3, trang 376).** Trở kháng này được xác định bằng cách đo đạc hoặc tính toán.

Bảng 1: Thời gian ngắt điện tối đa trong hệ thống TN (theo DIN VDE 0100, phần 410)

Mạch điện	Điện áp U_0	Thời gian ngắt
■ Mạch điện cuối từ các ổ cắm điện hay điểm nối cố định cho các thiết bị gia dụng hay các thiết bị không cố định có cấp bảo vệ I.	≤ AC 120 V: ≤ AC 230 V: ≤ AC 400 V: > AC 400 V:	0,8 s 0,4 s 0,2 s 0,1 s
■ Mạng điện phân phối trong các tòa nhà ■ Mạch điện cuối cho thiết bị cố định		5 s

Thí dụ: **Kiểm tra biện pháp bảo vệ**

Một mạch điện từ ổ cắm có U_0 = 230 V và có công tắc bảo vệ quá tải loại B 16A. Trở kháng vòng đo được là Z_s = 1,84 Ω. Điều kiện ngắt điện tự động theo DIN VDE 0100 phần 410 có được đáp ứng hay không?

Lời giải: Dựa vào đường biểu diễn ngắt điện (sách Cẩm nang) ta có cường độ dòng điện ngắt là:

t_a = 0,4 s:

$$I_a = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 16\ A = \mathbf{80\ A}$$

Dòng điện ngắn mạch $I_K = \frac{U_0}{Z_s} = \frac{230\ V}{5\ \Omega} = \mathbf{125\ A}$

I_k > dòng điện ngắt I_a. Điều kiện ngắt điện được thỏa mãn.

Nếu sử dụng công tắc bảo vệ dòng điện rò (RCD) như bộ bảo vệ thì thay vì dùng dòng điện ngắt I_a ta dùng dòng điện sai biệt định mức $I_{\Delta n}$[1].

Đứt các dây PEN trong hệ thống TN-C có thể gây ra nguy hiểm lớn. Do đó hệ thống TN-C chỉ được phép áp dụng trong những điều kiện nhất định **(Bảng 2)**.

Cân điện áp

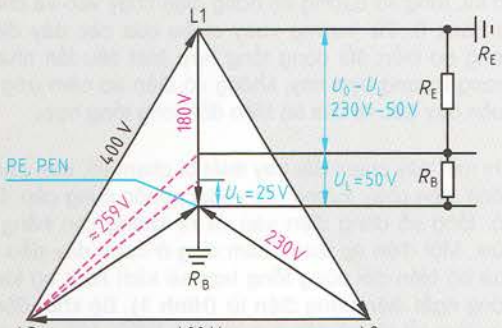
$$\frac{R_B}{R_E} \le \frac{50\ V}{U_0 - 50\ V}$$

R_B Tổng điện trở tất cả các điện cực đất

R_E Điện trở chuyển tiếp giả định nhỏ nhất của vật dẫn điện với đất khi không nối với dây bảo vệ và chạm đất.

50 V Giới hạn của điện áp tiếp xúc cho phép.

U_0 Điện áp định mức của dây ngoài đối với dây nối đất, dây PEN, dây trung tính hoặc dây bảo vệ.



Hình 1: Cân điện áp trong hệ TN

Điều kiện ngắt điện trong hệ TN

$$Z_s \cdot I_a \le U_0$$

Z_S Trở kháng vòng ở mạch điện rò

I_a Dòng điện ngắt mạch, ở cường độ này hệ bảo vệ điện quá tải tự động ngắt điện trong thời gian định trước.

U_0 Điện áp định mức đối với đất.

Bảng 2: Tiết diện và điều kiện lắp đặt dây trong hệ TN

TN-C	■ Lắp đặt dây cố định với tiết diện tối thiểu 10 mm² cho đồng hoặc 16 mm² cho nhôm.
TN-S	■ Dây đồng tiết diện < 10 mm² ■ Dây được phép di động

Dây PEN và dây bảo vệ không được phép bảo vệ bằng bộ bảo vệ quá tải. Dây PEN và dây trung tính không được phép nối riêng lẻ.

[1] $I_{\Delta n}$ Dòng điện sai biệt định mức làm cho bộ bảo vệ điện rò tự động ngắt điện trong thời gian định trước.

https://tieulun.hopto.org

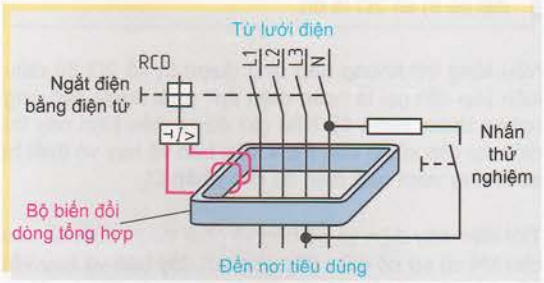
9.4.7.3 Bộ bảo vệ dòng điện rò (RCD)

Bộ bảo vệ dòng điện rò FI (RCD[1)]) thông dụng có nhiệm vụ ngắt nguồn điện tất cả các cực của thiết bị điện trong một thời gian ngắn, thí dụ 0,2 s hoặc 0,4 s khi sự cách điện có lỗi tạo ra điện áp tiếp xúc nguy hiểm.

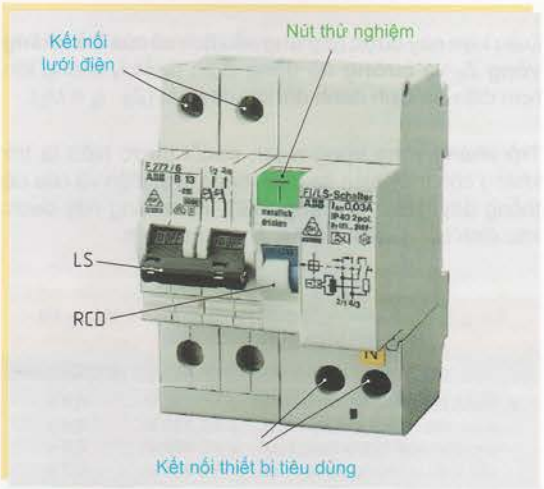
Trên thực tế thời gian ngắt điện của RCD thường ngắn hơn nhiều. Bộ bảo vệ dòng điện rò do đó cung cấp một sự bảo vệ hữu hiệu chống điện giật.

Tất cả dây có điện hoạt động (L1, L2, L3, N) từ lưới điện đến thiết bị cần được bảo vệ phải qua **bộ biến đổi dòng tổng hợp (Hình 1)**. Trong trạng thái không có lỗi, tổng số cường độ dòng điện chạy vào và chạy ra bằng 0. Từ trường xoay chiều của các dây điện trong bộ biến đổi dòng tổng hợp triệt tiêu lẫn nhau. Trong trường hợp này, không có điện áp cảm ứng ở cuộn dây đầu ra của bộ biến đổi dòng tổng hợp.

Khi một dây chạm đất hay thiết bị chạm vỏ, một phần dòng điện chạy xuống đất về lại nguồn cung cấp. Do đó, tổng số dòng điện vào và ra không còn bằng 0 nữa. Một điện áp được cảm ứng ở cuộn dây đầu ra của bộ biến đổi dòng tổng hợp sẽ kích hoạt bộ khởi động ngắt điện bằng điện tử **(Hình 1)**. Bộ khởi động này làm tắt tất cả các cực của bộ RCD. Với một nút thử nghiệm người ta có thể mô phỏng sự cố. Qua đó chỉ có thể kiểm tra chức năng ngắt của bộ RCD mà không kiểm nghiệm được tính hữu hiệu của biện pháp bảo vệ.



Hình 1: Nguyên tắc của công tắc bảo vệ FI (RCD)

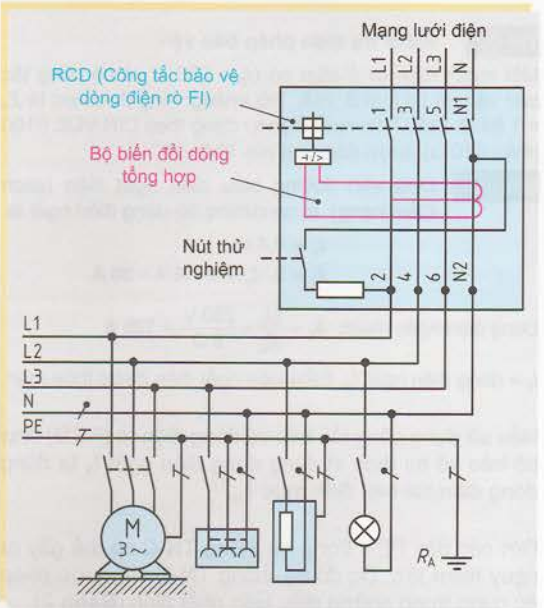


Hình 2: Kết hợp RCD/LS, 40 A / 30 mA, hai cực

Bộ ngắt điện tự động RCD phải được kiểm tra mỗi ngày làm việc đối với các hệ thống không thường trực (cố định) và tối thiểu 6 tháng một lần cho các hệ thống thường trực.

Trong mạch điện một pha, người ta sử dụng bộ RCD hai cực. Trong hệ điện đời mới và để cải tiến chức năng bảo vệ ở hệ điện đời cũ, thí dụ như lúc lắp đặt thêm mạch điện cho phòng tắm, người ta kết hợp RCD và công tắc bảo vệ đường dây **(Hình 2)**. Loại thiết bị với mạch kết hợp này giảm bớt được dây nối liền giữa RCD và công tắc bảo vệ đường dây.

Công tắc bảo vệ RCD **(Hình 3)** được quy định phải có trong các thiết bị ở phòng tắm, công trình xây dựng, trang trại vườn ruộng, hồ tắm công cộng, phòng y tế, phòng thí nghiệm, trường học và cơ sở đào tạo cũng như xưởng máy dễ hỏa hoạn.



Hình 3: Thí dụ của một bộ bảo vệ RCD trong hệ TT

[1)] RCD, viết tắt của: **R**esidual **C**urrent Protective **D**evice (t. Anh.) = Bộ bảo vệ dòng điện rò.

https://tieuluan.hopto.org

Thiết bị bảo vệ rò điện (RCD) cũng giúp chống hỏa hoạn do dòng điện sự cố chạy qua đất gây ra. **Bảng 1** bên cạnh liệt kê công suất tối đa có thể đạt đến tại nơi xảy ra sự cố ở điện áp 230 V khi mà bộ ngắt điện RCD hay bộ phận bảo vệ dòng điện quá tải vẫn chưa kích hoạt. Bộ ngắt điện RCD phòng cháy tốt hơn mọi biện pháp bảo vệ khác. Bộ **bảo vệ rò điện RCD nhạy cảm** có dòng điện sai biệt thiết kế từ 10 mA đến 30 mA còn bảo vệ chống tiếp xúc (chạm) trực tiếp.

Để tăng cường chức năng bảo vệ, các ổ cắm bảo vệ, dãy ổ điện hoặc phích cắm an toàn được kết hợp với công tắc bảo vệ điện rò có $I_{\Delta n} \leq 10$ mA hoặc 30 mA (**Hình 1**).

Vỏ của thiết bị bảo vệ được nối trực tiếp với dây PEN ở đầu vào của công tắc bảo vệ điện rò trong hệ TN-C-S và nối với dây đất bảo vệ ở hệ TN-S (**Hình 2**). Nối với dây PEN hay dây PE (**Hình 1**) làm rút ngắn thời gian ngắt điện khi có sự cố.

Ở mạch điện có linh kiện bán dẫn, thí dụ mạch chỉnh lưu, mạch điều khiển bằng cắt pha và cho thiết bị tiêu thụ có mức bảo vệ cấp I thì công tắc bảo vệ rò điện RCD phải khởi động có hiệu quả ngay cả với dòng điện rò xung một chiều.

Khi gặp sự cố, thời gian ngắt điện cho bộ RCD thông dụng không được vượt quá 0,2 s, khi có dòng điện rò sai biệt định mức $I_{\Delta n}$ đối với dòng điện xoay chiều hay 1,4 x $I_{\Delta n}$ đối với dòng điện xung một chiều. Khi dòng rò xoay chiều đạt tới 5 lần dòng điện sai biệt định mức $I_{\Delta n}$ hay dòng điện rò xung một chiều đạt 5 x 1,4 x $I_{\Delta n}$ thì RCD phải ngắt điện hữu hiệu trong thời gian 0,04 s **(Hình 3b).**

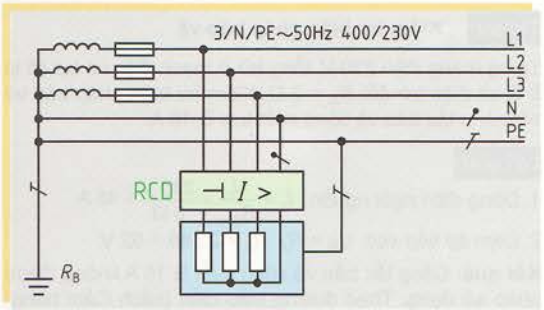
Sự kích hoạt của bộ RCD cũng phải ngắt điện hữu hiệu dù dây trung tính hoặc/và một hay nhiều dây L1, L2, L3, N, PE không hoạt động.

Công tắc bảo vệ RCD đời mới có thể phản ứng trì hoãn với xung thật ngắn và chịu được xung điện sốc. Tính chất này ngăn chặn sự ngắt điện không đúng do cao áp trong khí quyển, thí dụ như khi giông bão, cũng như do cao áp có tần số cao trong các dàn máy công nghệ, thí dụ như mạch điện có bù ở trung tâm hay thiết bị điện cảm. Các tính chất cá biệt này được biểu thị trong **Hình 3**. Để đảm bảo chức năng chọn lọc trong mạch có nhiều **RCD, RCD loại trì hoãn, loại S** (selective = chọn lọc) được phép nối liên tiếp với RCD thông dụng. RCD chọn lọc được ứng dụng chủ yếu trong các mạch phân phối điện và có thời gian ngắt điện ≤ 1 s.

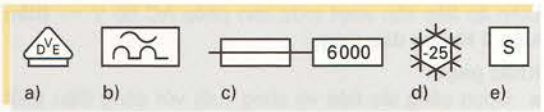
Bảng 1: Công suất nơi xảy ra sự cố ở điện áp AC 230 V

Bộ bảo vệ	Công suất [W]
$I_{\Delta n}$ = 30 mA $I_{\Delta n}$ = 0,3 A $I_{\Delta n}$ = 0,5 A	6,9 69 115
Cầu chì hay công tắc bảo vệ đường dây 10 A	2300
Cầu chì hay công tắc bảo vệ đường dây 16 A	3680

Hình 1: Phích cắm an toàn với RCD 30 mA



Hình 2: Bộ bảo vệ RCD trong mạng TN-S



Hình 3: Biểu tượng nhận dạng của bộ bảo vệ RCD
- **a) Dấu kiểm định VDE**
- **b) Dùng cho điện rò xoay chiều và xung điện rò một chiều**
- **c) Chịu được ngắn mạch tới, thí dụ 6 kA**
- **d) Cho vận hành ở nhiệt độ thấp, thí dụ -25°C**
- **e) Công tắc bảo vệ RCD loại S (chọn lọc), thời gian ngắt điện ≤ 1 s chỉ khi dòng điện lớn gấp hai $I_{\Delta n}$**

https://tieulun.hopto.org

9.4.7.4 Biện pháp bảo vệ trong hệ thống TT

Với biện pháp bảo vệ trong hệ thống TT, sự chạm vỏ sẽ dẫn đến sự nối đất. Dòng điện rò sẽ ngắt điện thiết bị nhờ bộ bảo vệ dòng điện quá tải hay bộ bảo vệ RCD.

Tất cả các vỏ thiết bị phải nối vào dây đất chung R_A. Điểm sao của máy biến thế có nối đất riêng **(Hình 1).** Điện trở đất R_A phải nhỏ để khi có sự cố, bộ bảo vệ sẽ ngắt điện trước khi điện áp tiếp xúc U_L với vỏ thiết bị vượt quá mức cho phép.

Đối với điện trở đất thông thường, khi chạm vỏ, dòng điện rò sẽ rất nhỏ. Do đó trong hệ thống TT người ta ưu tiên sử dụng bộ bảo vệ RCD **(Hình 2).**

Trường hợp sự cố, bộ bảo vệ phải ngắt điện trong khoảng thời gian cho phép **(Bảng 1)**. Để biện pháp bảo vệ hoạt động hữu hiệu thì phải thỏa điều kiện $R_A \cdot I_a \leq U_L$.

Trong thí dụ sau đây thiết bị trong **Hình 1** bị chạm vỏ. Kiểm tra biện pháp bảo vệ với công tắc bảo vệ công suất LS:

1. Bộ bảo vệ quá tải phải ngắt nguồn lập tức ($t_a \leq 0{,}1$ s).
2. Điện áp tiếp xúc (đối với đất) không vượt quá AC 50 V.

Thí dụ: Kiểm tra biện pháp bảo vệ

Trong mạng điện 230 V, tổng trở ở mạch điện có sự cố là 5 Ω và điện trở đất R_A = 2 Ω. Kiểm tra biện pháp bảo vệ với công tắc bảo vệ công suất loại B 16 A.

Lời giải:

1. Dòng điện ngắt nguồn: $I_a = \frac{U_0}{R_{Ges}} = \frac{230\ V}{5\ \Omega} = 46\ A$

2. Điện áp tiếp xúc: $U_B = R_A \cdot I_a = 2 \cdot 46 = 92$ V

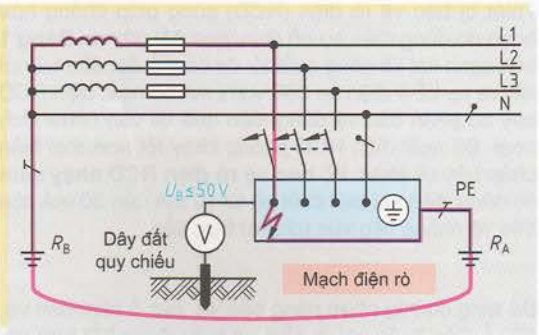
Kết quả: Công tắc bảo vệ công suất B 16 A không được phép sử dụng. Theo đường biểu diễn (sách Cẩm nang) thì phải cần dòng điện ngắt nguồn là 80 A => **Điều kiện 1 không đáp ứng.**

Điện áp tiếp xúc vượt mức cho phép AC 50 V => **Điều kiện 2 không đáp ứng.**

Khắc phục:

- Chọn công tắc bảo vệ công suất với dòng điện thiết kế nhỏ hơn,
- Dùng công tắc bảo vệ điện rò RCD.

Bộ RCD đáp ứng sự bảo vệ hữu hiệu vì dòng điện ngắt nguồn bằng dòng điện sai biệt thiết kế $I_{\Delta n}$. Với bộ RCD **(Bảng 1)**, hệ thống thiết bị sẽ được ngắt điện trong thời gian 0,2 s hoặc 1 s khi gặp sự cố. Trị số tối đa cho điện trở đất được ghi trong **Bảng 2.**



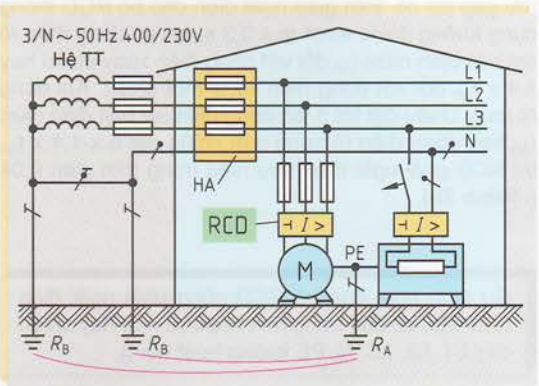
Hình 1: Bảo vệ bằng cách ngắt điện với thiết bị bảo vệ quá tải trong hệ TT

Bảng 1: Thời gian ngắt điện trong hệ TT (theo DIN VDE 0100, Phần 410)

Các thiết bị bảo vệ	Thời gian ngắt
Bộ bảo vệ quá tải với đặc tuyến khởi động tùy thuộc vào cường độ và thời gian, thí dụ cầu chì nóng chảy gG (gL)	≤ 5 s
Bộ bảo vệ với đặc tuyến khởi động không trì hoãn, thí dụ cầu dao công suất bảo vệ	≤ 100 ms
Bộ bảo vệ điện rò RCD loại thông thường	≤ 200 ms
Bộ RCD chọn lọc, thí dụ loại S	≤ 1 s

R_A Điện trở tiếp đất tất cả các vỏ thiết bị
I_a Cường độ để bộ bảo vệ tự động ngắt nguồn điện
U_L Điện áp tiếp xúc cho phép lớn nhất

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$



Hình 2: Cụm tiêu thụ điện trong hệ TT với bộ bảo vệ RCD

R_A Tổng điện trở tiếp đất cho phép lớn nhất trong cụm tiêu thụ điện
$I_{\Delta n}$ dòng điện sai biệt thiết kế

$$R_A = \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

Bảng 2: Trị số lớn nhất của điện trở tiếp đất R_A

Độ sai biệt dòng điện thiết kế	Điện trở đất R_A	
	U_L = 50 V	U_L = 25 V
0,01 A	5 000	2 500
0,03 A	1 665	832
0,3 A	165	82
0,5 A	100	50

https://tieulun.hopto.org

9.4.7.5 Biện pháp bảo vệ trong hệ IT

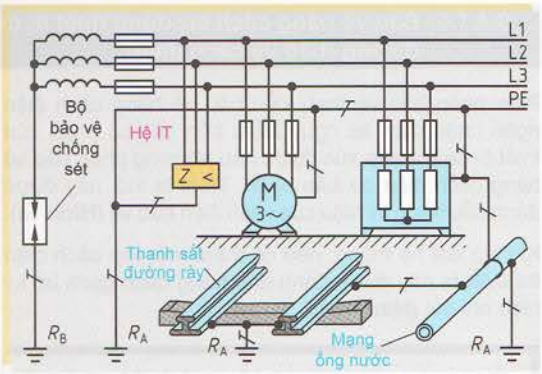
Khi có sự cố lần đầu (chạm vỏ) hệ IT sẽ báo động thay vì ngắt điện. Bộ phận giám sát sẽ báo động bằng đèn và/hay âm thanh khi gặp sự cố lần đầu.

Tất cả vỏ của thiết bị cần bảo vệ phải nối chung điểm tiếp đất. Điểm sao của trạm biến áp lưới điện hay máy phát điện phải cách điện hay nối với đất bằng một trở kháng lớn **(Hình 1).**

Hệ thống IT được quy định dùng trong các phòng cứu cấp, phòng mổ cũng như trong xưởng luyện thép và cơ xưởng dựng lều. Hệ thống này cũng được sử dụng trong xưởng sản xuất hóa chất, hay như nguồn điện thay thế trong cứu hỏa và trên tàu thủy.

Không như trong các hệ thống TN và TT nguồn điện sẽ bị ngắt khi có sự cố lần đầu (thí dụ chạm vỏ), trong hệ IT chỉ có báo hiệu. Khi chỉ có một sự cố xảy ra, xuất hiện dòng rò nhỏ và điện áp tiếp xúc còn thấp hơn cho phép. Điều kiện $R_A \cdot I_d \leq 50$ V phải được đáp ứng. Dây bảo vệ sẽ có cùng điện thế của dây dẫn điện có lỗi. Vì tất cả vỏ máy có cùng điện thế qua dây bảo vệ nên không có nguy hiểm. Quá trình công việc, thí dụ giải phẫu, có thể được hoàn thành. **Bộ giám sát cách điện** liên tục kiểm tra và thông báo điện trở cách điện của hệ thống **(Hình 1)**. Lỗi (chạm điện) được báo hiệu đầu tiên phải được sửa chữa nhanh chóng, nếu không hệ bảo vệ sẽ ngắt điện thiết bị khi có lỗi tiếp theo xảy ra ở một dây ngoài khác (**Tổng quan**).

Dòng điện rò hay dòng điện ngắt mạch chạy qua mạch điện của thiết bị có lỗi. Do đó trở kháng trong trường hợp này lớn hơn trở kháng trong mạch TN **(Hình 2)** khi gặp lỗi đơn giản. Điều kiện ngắt điện khi có lỗi lần thứ hai là trở kháng vòng phải đáp ứng $Z_S \leq U : (2 \cdot I_a)$. Trong hệ IT với dây trung tính phân bố (lưới điện bốn dây) thời gian ngắt điện kéo dài gấp hai lần.



Hình 1: Bảo vệ trong hệ thống IT

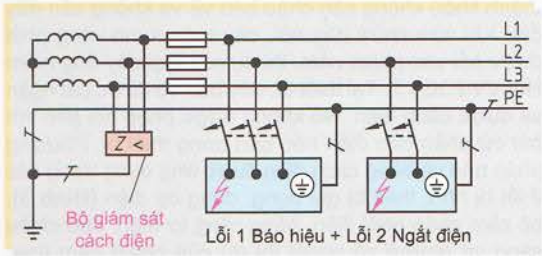
Điều kiện trong hệ IT

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

R_A Tổng trở của cực đất và tất cả dây bảo vệ

I_d Dòng điện rò giữa dây pha và vỏ thiết bị khi có sự cố lần đầu

U_L Giới hạn của điện áp tiếp xúc cho phép



Hình 2: Hệ IT với 2 lỗi

Tổng quan: Bộ bảo vệ trong hệ IT

Bộ giám sát cách điện
Bộ bảo vệ quá tải
Bộ bảo vệ RCD

Điều kiện ngắt điện

$$Z_S \leq \frac{U}{2 \cdot I_a}$$

Z_s Trở kháng vòng ở mạch điện có lỗi (không dây trung tính)

U Điện áp định mức giữa các dây pha

I_a Dòng điện khởi động ngắt điện tự động (thời gian ngắt điện như trong hệ TN)

Bài tập:

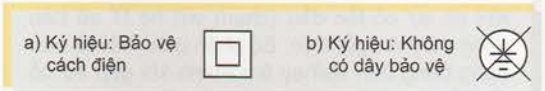
1. Hãy cho biết sự khác biệt giữa các hệ TN, TT và IT?
2. Thời gian ngắt điện cho phép trong hệ TN là bao nhiêu?
3. Trở kháng vòng là gì? Nó có trị số lớn nhất là bao nhiêu?
4. Dây PEN tiếp đất qua cực đất của móng nhà có ý nghĩa gì?
5. Điện trở đất R_A trong hệ thống TT phải thỏa mãn những điều kiện gì?
6. Bộ bảo vệ RCD có lợi điểm gì so với bộ bảo vệ quá tải?
7. Tại sao bộ bảo vệ RCD được khuyến nghị lắp đặt trong hệ thống TT?

https://tieulun.hopto.org

9.4.7.6 Bảo vệ bằng cách sử dụng thiết bị có bảo vệ cấp II hoặc dùng cách điện tương đương (bảo vệ cách điện)

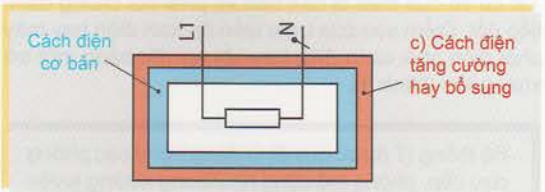
Biện pháp bảo vệ theo kiểu bảo vệ bằng cách điện ngăn chặn điện áp nguy hiểm trên các bộ phận của thiết bị có thể tiếp xúc được nếu phương pháp bảo vệ bằng cách điện cơ bản bị lỗi. Thiết bị loại này được đánh dấu bằng ký hiệu của cách điện bảo vệ **(Hình 1a).**

Khi lắp đặt hệ thống, nếu có thêm một lớp cách điện thì thiết bị này được đánh dấu bằng cách gạch bỏ ký hiệu nối đất **(Hình 1b).**



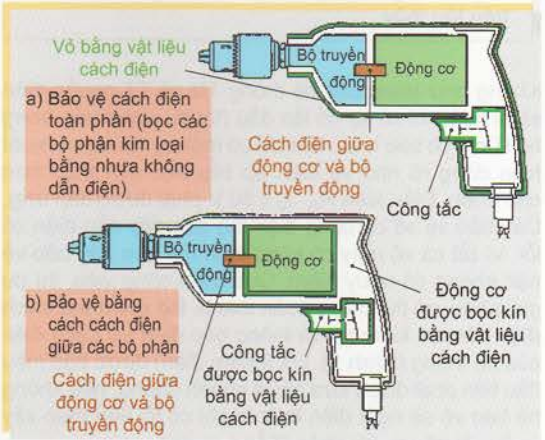
Hình 1: Ký hiệu cho bảo vệ cách điện

Ở phương pháp bảo vệ bằng cách điện (bảo vệ cấp II) tất cả các phần thiết bị có thể chạm đến và có điện áp khi có lỗi phải được che kín lâu dài bằng cách điện cơ bản và còn được thêm lớp cách điện tăng cường hay bổ sung **(Hình 2).**



Hình 2: Các loại cách điện

Cách điện bảo vệ cũng được thực hiện bằng cách lắp vào một chi tiết không dẫn điện cố định, thí dụ bánh xe răng bằng nhựa **(Hình 3)**. Thiết bị không cố định có cách điện bảo vệ, hoạt động với điện xoay chiều dùng dây điện kép với phích điện (được đúc thành khối) không cần chấu bảo vệ và không cần dây đất. Khi sửa chữa dây nối, dây màu xanh-vàng phải được nối vào phích cắm, thí dụ của loại dây ống mềm H05VV-F3G1,5. Tại thiết bị, dây bảo vệ được cắt ngắn và được cách điện. Nó không được phép nối tiếp với bất cứ phần dẫn điện nào bên trong thiết bị. Phương pháp bảo vệ bằng cách điện được ứng dụng trong các thiết bị nhỏ, thiết bị gia dụng, dụng cụ điện **(Hình 3)**, bộ cắm phân phối điện, bảng công tơ điện, đèn chiếu sáng và những vỏ ngoài thí dụ của phích cắm theo chuẩn CEE.



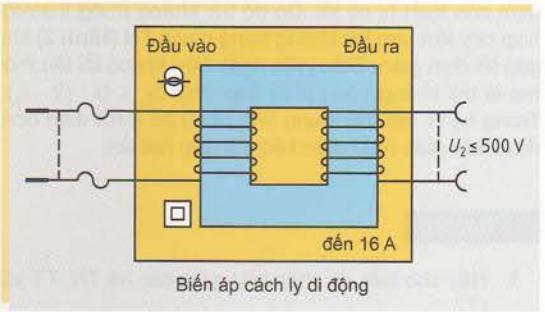
Hình 3: Máy khoan với cách điện bảo vệ

9.4.7.7 Bảo vệ cách ly

Người ta dùng bộ biến áp cách ly để cách ly điện thế giữa mạng điện và thiết bị tiêu dùng.

Máy biến áp cách ly ngăn điện áp từ nguồn điện có tiếp đất xuất hiện trên thiết bị tiêu thụ. Cổng ra của biến áp không có điện áp đối với đất.

Để có được cách ly điện thế phải sử dụng **biến áp cách ly** theo DIN VDE 0550 hoặc tổ hợp động cơ/ máy phát điện theo DIN VDE 0530.



Hình 4: Bảo vệ cách ly

Nếu biện pháp bảo vệ bằng "cách ly bảo vệ" (**Hình 1**) bị quy định bắt buộc vì nguy hiểm đặc biệt thí dụ như chế tạo nồi hơi, thì chỉ một mạch tiêu thụ phải nối với biến áp cách ly. Tích số tối đa của điện áp và chiều dài dây dẫn điện không vượt quá 100.000 Vm. Chiều dài dây dẫn điện không vượt quá 500 m.

Các phích cắm cho mạch điện tiêu thụ không được có chấu bảo vệ **(Hình 4).** Biến áp cách ly di động phải có cách điện bảo vệ. Mạch tiêu thụ điện không được phép nối đất và các bộ phận của hệ thống cũng không nối đất.

https://tieulun.hopto.org

9.4.8 Kiểm tra các biện pháp bảo vệ

Hệ thống điện và phương tiện vận hành phải được kiểm tra an toàn trước khi bàn giao.

Các văn bản quy định của VDE và các luật định phòng chống tai nạn về "Hệ thống thiết bị điện và thiết bị gia công" (BGV[1] A2) khác nhau về cách thức kiểm tra **(tổng quan 1).** Theo các quy định này, các nhà sản xuất hoặc cơ sở lắp ráp vận hành hệ thống thiết bị điện phải có trách nhiệm kiểm tra qua kỹ thuật viên điện trước khi đưa vào vận hành cũng như sau mỗi lần sửa đổi, mở rộng, nâng cấp hay tu sửa.

Kiểm tra đầu tiên theo VDE 0100, phần 610

Trước khi đưa vào vận hành lần đầu tiên (sau mỗi lần mở rộng, sửa đổi hay tu sửa) hệ thống thiết bị điện phải được kỹ thuật viên kiểm tra bằng **quan sát, thử nghiệm và đo đạc.**

Kiểm tra bằng quan sát. Trong khi lắp đặt hệ thống người ta có thể kiểm tra bằng quan sát **(Tổng quan 2)**, thí dụ chọn lựa đường dây hoặc cáp thích hợp, tiết diện có đúng kích cỡ phù hợp với bộ bảo vệ quá tải hay không. Qua quan sát người ta kiểm tra thí dụ dây trung tính, dây bảo vệ và dây PEN có được an toàn hay không và màu nhận dạng dây điện có được giữ đúng quy định hay không. Kiểm soát bằng mắt là điều kiện tiên quyết cho thử nghiệm và đo đạc sau này.

Kiểm tra bằng quan sát xác định quy trình lắp đặt hệ thống phù hợp với tiêu chuẩn khi hệ thống không có điện.

Thử nghiệm và đo đạc (Tổng quan 3). Khi độ lớn hay chức năng nào đó không thể xác định chắc chắn bằng quan sát thì phải được kiểm tra bằng thử nghiệm và đo đạc, thí dụ điện trở cách điện hoặc điện trở vòng. Qua thử nghiệm và đo đạc phải chứng minh được là hệ thống và thiết bị đáp ứng được yêu cầu theo DIN VDE 0100.

Qua thử nghiệm và đo đạc, người ta xác định thiết bị có đáp ứng chức năng và các biện pháp bảo vệ quy định có hữu hiệu hay không.

Biên bản kiểm tra và **bảng báo cáo chuyển giao** phải được thực hiện khi quá trình kiểm nghiệm kết thúc **(Hình 1)**. Các trị số thực tế đo đạc phải được ghi trong biên bản kiểm tra. Chúng sẽ là bằng chứng khi có khiếu nại hay có các vấn đề trách nhiệm về sau.

Kiểm tra nhiều đợt theo quy định BGV A2

Cần phải kiểm tra lại sau từng quãng thời gian nhất định **(Bảng 1, trang 390)** vì thiết bị gia công điện nào cũng biến đổi do thoái hóa và hao mòn sau thời gian hoạt động.

Tổng quan 1: Kiểm tra các hệ thống điện

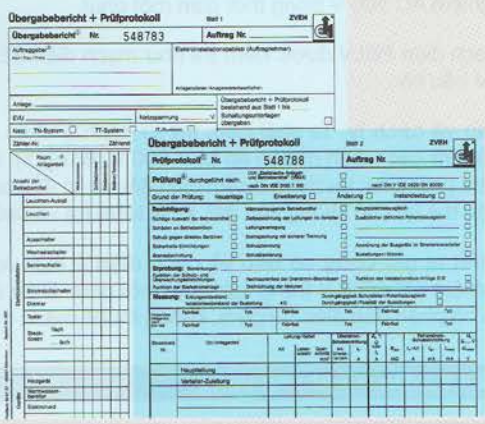
- Kiểm tra đầu tiên theo tiêu chuẩn VDE 0100 phần 610
- Kiểm tra nhiều đợt theo quy định BGV[1] A2 **(trang 390)**
- Kiểm tra an toàn các thiết bị điện theo tiêu chuẩn DIN VDE 0710
- Bảng kiểm tra E-Check cho hệ thống và thiết bị điện (khuyến nghị)

Tổng quan 2: Kiểm soát bằng quan sát

- Phủ kín, thùng che, vật chướng ngại
- Dây và cáp dẫn điện có được chọn lựa thích hợp với dạng lắp đặt, với sức tải của dây điện và sự sụt điện áp cho phép không
- Dòng điện khởi động ngắt điện trong các hệ bảo vệ và giám sát có được chọn lựa và điều chỉnh phù hợp không
- Tất cả các dây được đánh dấu bằng màu và kiểm tra chỗ cắm dây trung tính và dây bảo vệ
- Ký hiệu của mạch điện và thiết bị điện trong hệ thống và trong sơ đồ mạch điện có thống nhất không

Tổng quan 3: Kiểm tra bằng thử nghiệm và đo đạc

- Kiểm tra tính liên tục của dây bảo vệ, dây cân bằng điện thế chính, dây cân bằng điện thế bổ sung
- Đo điện trở cách điện giữa từng dây có điện và đất
- Kiểm tra sự cách ly chắc chắn của cách ly bảo vệ cũng như trong các mạch điện SELV và PELV
- Đo điện trở của sàn nhà (cách điện) và tường (cách điện)
- Đo và tính toán dòng điện khởi động ngắt mạch trong hệ thống được bảo vệ bằng cách tự động ngắt nguồn điện
- Kiểm tra cực điện áp: Công tắc một cực chỉ được phép dùng cho dây ngoài
- Kiểm tra hướng trường quay phải nơi phích cắm điện ba pha


Übergabebericht + Prüfprotokoll

Übergabebericht Nr. 548783

Auftrag Nr.

Übergabebericht + Prüfprotokoll

Prüfprotokoll Nr. 548788

Auftrag Nr.

Hình 1: Một phần trích từ bảng báo cáo chuyển giao và biên bản kiểm tra

[1] BGV, viết tắt Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (Quy định của hiệp hội nghề nghiệp)

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Kiểm tra và định kỳ kiểm tra cho hệ thống điện và thiết bị gia công (theo BGV A2)

Hệ thống điện và thiết bị gia công	Định kỳ kiểm tra	Loại kiểm tra
Hệ thống và thiết bị gia công: tổng quát.	Kiểm tra trước khi vận hành lần đầu tiên, sau mỗi đợt mở rộng, thay đổi hay tu sửa.	Kiểm tra tình trạng hoàn chỉnh nếu không có bảng xác nhận của người lắp đặt.
Hệ thống điện và thiết bị gia công cố định.	Ít nhất 4 năm một lần.	Kiểm tra tình trạng hoàn chỉnh.
Thiết bị gia công di động, dây nối dài có phích với ổ cắm điện.	Mỗi 6 tháng (nếu có sử dụng). Khuyến nghị mỗi 3 tháng ở các công trường.	Kiểm tra tình trạng hoàn chỉnh.
Biện pháp bảo vệ điện rò RCD (công tắc bảo vệ điện rò FI) ở hệ di động.	Ít nhất mỗi tháng một lần.	Kiểm tra công dụng.
Bảo vệ điện rò FI và FU: ■ Hệ thống cố định. ■ Hệ thống không cố định.	 Ít nhất 6 tháng một lần. mỗi ngày làm việc.	Kích hoạt hệ kiểm tra.
Quần áo bảo vệ cách điện.	Ít nhất 12 tháng một lần (nếu có sử dụng).	Kiểm tra kỹ thuật an toàn và trạng thái hoàn chỉnh.
	Trước mỗi lần sử dụng.	Kiểm tra sự hư hỏng lộ rõ.
Bộ kiểm tra điện áp, dụng cụ cách điện, hệ bảo vệ cách điện.	Trước mỗi lần sử dụng.	Kiểm soát sự hỏng hóc lộ rõ và kiểm tra chức năng hoàn chỉnh.

9.4.8.1 Kiểm tra phương pháp bảo vệ SELV, PELV và bảo vệ cách ly

Đối với các biện pháp "Bảo vệ ở điện áp thấp theo SELV hay PELV" và phương cách bảo vệ cách ly, ta phải kiểm tra sự cách ly chắc chắn giữa các mạch điện bằng cách đo đạc.

Mạch điện điện áp thấp (mạch điện SELV) không được phép nối đất (vỏ thiết bị không nối đất) và cũng không được nối với mạch điện có điện áp cao hơn. Cần phải đo điện áp để chứng minh là không vượt qua trị số cao nhất cho phép AC 50 V hay 25 V hoặc DC 120 V hay 60 V. Kiểm tra điện trở cách điện bằng cách đo tất cả các đường dây điện hoạt động đối với đất **(Bảng 1)**.

Sự cách điện của thiết bị gia công ở điện áp lớn hơn AC 25 V và DC 60 V phải chịu đựng được điện áp thử nghiệm AC 500 V trong thời gian một phút.

Mạch điện PELV được kiểm tra như mạch điện SELV. Để đo điện trở cách điện, phải tắt mạch điện nối với dây đất nếu có.

Bảo vệ cách ly. Ta phải kiểm tra sự cách ly chắc chắn đối với các mạch điện khác và đối với đất qua việc đo điện trở cách điện ở điện áp U_n < 500 V **(Bảng 1)**. Khi có nhiều thiết bị tiêu dùng cùng nối vào một biến áp cách ly thì phải kiểm tra thêm ổ cắm điện đầu ra có đầu bảo vệ hay không. Đầu bảo vệ phải được nối với dây cân bằng điện thế tại chỗ không tiếp đất. Phải kiểm tra và chứng minh sự ngắt điện hữu hiệu sau khi sự cố thứ hai xảy ra.

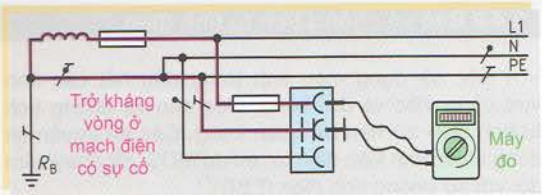
Thiết bị gia công có bảo vệ cách điện ở điện áp định danh tới AC 500 V phải chịu đựng được điện áp thử nghiệm AC 4000 V trong thời gian một phút. Điện áp thử nghiệm là điện áp giữa bộ phận chủ động của thiết bị và bộ phận dẫn điện ở ngoài, không thuộc mạch điện vận hành.

9.4.8.2 Đo trở kháng vòng

Trở kháng vòng Z_s (điện trở của mạch điện rò) phải đủ nhỏ để khi xảy ra chạm vỏ, cường độ chạy qua hệ bảo vệ dòng quá tải phải đủ lớn để khởi động ngắt mạch.

https://tieulun.hopto.org

Vì dòng điện ngắt mạch trong hệ thống tiêu thụ không đo trực tiếp được, nên người ta xác định điện trở vòng giữa dây ngoài và dây bảo vệ PE bằng cách đo ở ổ cắm điện cho thiết bị tiêu dùng **(Hình 1)**.



Hình 1: Đo trở kháng vòng

Bằng máy đo, người ta đo điện áp ở trạng thái không tải điện và ở trạng thái có tải. Qua độ chênh lệch của điện áp không tải và điện áp có tải cùng với dòng điện có tải, trị số trở kháng vòng được xác định và hiển thị trực tiếp trên máy đo.

Trở kháng vòng là tổng của tất cả điện trở của mạng lưới điện và của các dây điện dẫn tới mạch điện tiêu thụ. Với chiều dài dây dẫn điện 20 m của mạch tiêu thụ loại NYM 3 x 1,5 mm^2, trở kháng vòng có trị số khoảng 1 Ω. Khi điện trở đo được có trị số 2 Ω hoặc 3 Ω với cùng chiều dài như trên, ta có thể phỏng đoán có lỗi trong hệ thống, thí dụ như do mối kẹp đo không tốt.

Trở kháng vòng và dòng điện ngắt mạch

$$Z_S = \frac{U_0 - U}{I} \qquad I_K = \frac{U_0}{Z_S} \qquad I_a \le \frac{U_0}{Z_S}$$

Điều kiện: $I_K > I_a$

Z_S Trở kháng vòng
U_0 Điện áp giữa dây ngoài không tải và dây PEN hoặc dây PE
U Điện áp có tải (gắn điện trở kiểm tra)
I Dòng điện tải
I_a Dòng điện ngắt mạch của hệ bảo vệ
I_K Dòng điện ngắn mạch

9.4.8.3 Đo điện trở cách điện trong hệ thống điện

Phần lớn các lỗi trong hệ thống điện xảy ra do bị hỏng phần cách điện vì vật liệu thoái hóa theo thời gian hoặc bởi tác động nhiệt, tác động hóa học hay cơ học, thí dụ dây dẫn điện bị uốn cong quá mức. Việc kiểm tra thường được thực hiện bằng **thiết bị đo sự cách điện** khi không nối với các thiết bị tiêu thụ.

Bảng 1: Điện trở cách điện tối thiểu

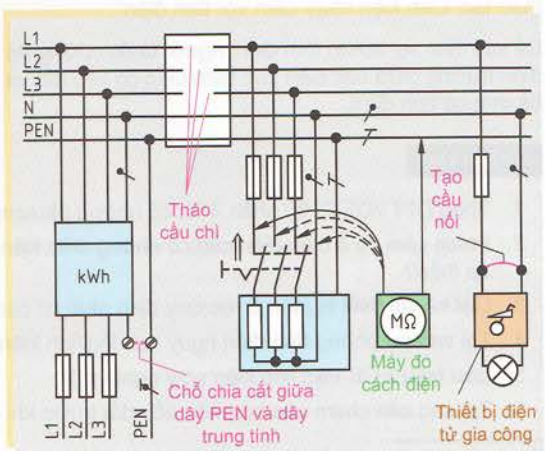
Hệ thống điện	Điện áp đo	Điện trở cách điện
Mạch điện và thiết bị gia công ở điện áp thấp SELV và PELV	DC 250 V	≥ 0,25 MΩ
Điện áp định mức ≤ 500 V (ngoại trừ điện áp thấp SELV và PELV)	DC 500 V	≥ 0,5 MΩ
Điện áp định mức > 500 V	DC 1000 V	≥ 1,0 MΩ

Trước khi đo cần phải kiểm tra xem có bộ phận điện tử nào trong mạch điện không. Để bảo vệ các linh kiện điện tử khi đo với điện áp một chiều cao, thí dụ với DC 500 V, thiết bị điện tử phải được tách ra khỏi hệ thống điện trong lúc đo hoặc tạo cầu nối trực tiếp giữa dây ngoài và dây trung tính **(Hình 2)**.

Kiểm tra cách điện được thực hiện với dòng điện một chiều 1 mA **(Bảng 1)**.

> Phải đo điện trở cách điện giữa mỗi dây có điện hoạt động và đất.

Dây ngoài và dây trung tính được phép nối trực tiếp với nhau để giảm bớt công đoạn trong khi đo. Dây trung tính phải tách rời khỏi dây đất, tuy nhiên không phải dây PEN. Trong hệ TN, dây PEN được sử dụng như dây đất, do đó được phép đo giữa dây dẫn và dây PEN.



Hình 2: Đo điện trở cách điện

https://tieulun.hopto.org

9.4.9 Bảo vệ chống tích tụ tĩnh điện

Với việc sử dụng máy tính trong hầu hết các lĩnh vực công việc và đời sống, việc bảo vệ chống tích tụ tĩnh điện trở nên rất quan trọng. Các hệ truyền tin dùng nhiều linh kiện điện tử, thí dụ MOS, rất nhạy cảm đối với sự phóng tĩnh điện (**ESD**)[1].

Đối với các thiết bị điện tử, thí dụ như các bản mạch điện có các linh kiện hay các cụm linh kiện điện tử nhạy cảm với tĩnh điện (**EGB**)[2], nhà sản xuất hay người sử dụng phải bảo đảm cho các linh kiện này được bảo vệ chống sự tích tụ tĩnh điện.

Hệ thần kinh của con người không cảm nhận rõ ràng dù sự tích tụ tĩnh điện lên đến vài ngàn volt, bởi vì năng lượng phóng tĩnh điện thường rất nhỏ.

Khi đi trên thảm **(Hình 1)** cơ thể chúng ta có thể nạp tĩnh điện lên đến 35 kV. Nhấc một tấm nhựa PVC mỏng từ mặt đất, ta có thể nạp tĩnh điện đến 7 kV. Trong trạng thái đã nạp tĩnh điện, nếu ta chạm đến các cụm linh kiện nhạy cảm với tĩnh điện, chúng có thể bị hư hỏng hay phá hủy.

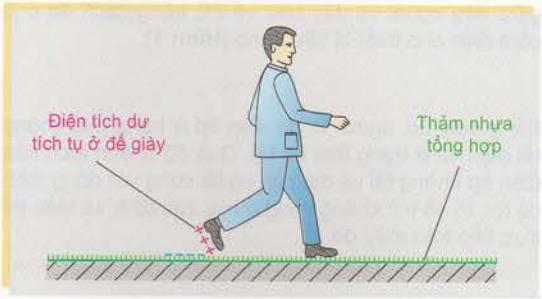
Để tránh sự tích tụ tĩnh điện đối với các hệ thống xử lý dữ liệu điện tử, tấm thảm bàn làm việc và sàn dẫn điện được sử dụng. Chúng phải được nối qua dây đất có điện thế 0.

Trước khi chạm vào các bản mạch điện có linh kiện điện tử nhạy cảm với tĩnh điện **(Hình 2)** thí dụ như trong dịch vụ bảo dưỡng hay trong cơ sở sản xuất, người ta nên chạm vào bộ phận nối đất để phóng tĩnh điện đã nạp trong người.

Các cụm linh kiện, thí dụ bản mạch in có linh kiện điện tử, chỉ được vận chuyển với bao bì gốc (có tính dẫn điện).

Ký hiệu cảnh báo linh kiện điện tử nhạy cảm với tĩnh điện **(Hình 3)** với hàng chữ "**Chú ý!** Lưu ý quy định thao tác. Linh kiện nhạy cảm với tĩnh điện".

Để xác định sự tích tụ tĩnh điện, người ta đo cường độ điện trường giữa các điện cực cảm biến có tiếp đất và bề mặt có tĩnh điện.



Hình 1: Tích tụ tĩnh điện

Hình 2: Bao bì chống tĩnh điện sử dụng cho linh kiện nhạy cảm với tĩnh điện

Hình 3: Ký hiệu linh kiện nhạy cảm với tĩnh điện theo DIN IEC

Bài tập:

1. Theo DIN VDE 0100 phần 410, có những phương pháp bảo vệ nào chống tiếp xúc trực tiếp?
2. Phích cắm và ổ cắm điện cần có những điều kiện nào để đáp ứng đòi hỏi của phương pháp bảo vệ ở điện áp thấp?
3. Liệt kê vài thiết bị điện được quy định phải có cách điện bảo vệ.
4. Tại sao sự phóng tĩnh điện nguy hại đến linh kiện điện tử?
5. Dấu hiệu EGB trên linh kiện có ý nghĩa gì?
6. Tại sao cần chạm vào bộ phận tiếp đất trước khi chạm đến linh kiện nhạy cảm với tĩnh điện?

[1] ESD viết tắt **E**lectro**s**tatic **D**ischarge = phóng tĩnh điện
[2] EGB viết tắt từ tiếng Đức "**E**lektrostatisch **G**efaehrdete **B**auelemente = Linh kiện nhạy cảm với tĩnh điện

https://tieulun.hopto.org

10 Kỹ thuật điều khiển

Tuổi thọ ngắn ngủi của sản phẩm buộc các nhà chế tạo trong hầu hết các lãnh vực công nghệ phải có phương pháp sản xuất linh hoạt. Qua đó, phải bảo đảm lợi ích kinh tế khi sản xuất chi tiết theo bất kỳ tuần tự nào với số lượng hàng sản xuất thay đổi theo từng đợt. Chỉ đạt được điều đó khi dựa vào việc tự động hóa phần lớn các sản phẩm.

Khái niệm tự động hóa theo tiêu chuẩn DIN IEC 60050-351 được hiểu như sử dụng các phương tiện kỹ thuật để thực hiện tự động các quy trình. Điều khiển và điều chỉnh đảm nhận phần lớn khâu tự động hóa của một quá trình sản xuất. Quá trình sản xuất ở đây là việc thiết kế sao cho các thành phần cơ khí, điện, khí nén hay thủy lực có thể hoạt động tự động - thông thường dựa vào máy tính. Những khái niệm (*thuật ngữ*) quan trọng trong kỹ thuật điều khiển và điều chỉnh được quy định theo tiêu chuẩn DIN IEC 60050-351.

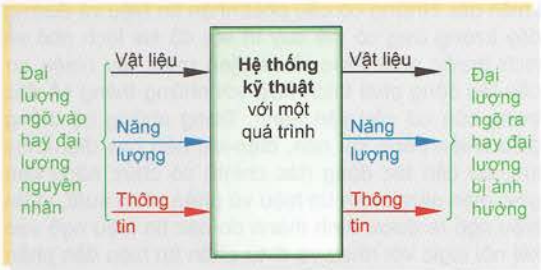
10.1 Các khái niệm cơ bản

Nếu muốn mô tả đơn giản quá trình thiết kế kỹ thuật phức tạp, người ta sử dụng những khái niệm về hệ thống theo tiêu chuẩn DIN (xem chương 6).

> Hệ thống là sự bố trí các thành phần cấu tạo có quan hệ với nhau, việc bố trí này bị giới hạn với môi trường xung quanh bằng những điều kiện cho trước đã xác định.

Qua một quá trình - tức là nhiều quy trình trong một hệ thống - các vật liệu, năng lượng và thông tin được truyền tải, biến dạng và lưu trữ (**Hình 1** và **2**). Hệ thống lớn có thể được phân chia thành những hệ thống nhỏ hơn (xem chương 6).

Tùy theo quá trình trong hệ thống ta phân biệt điều khiển (có nghĩa là không so sánh trị số mong muốn với trị số thực tế) với điều chỉnh (so sánh trị số mong muốn với trị số thực tế).



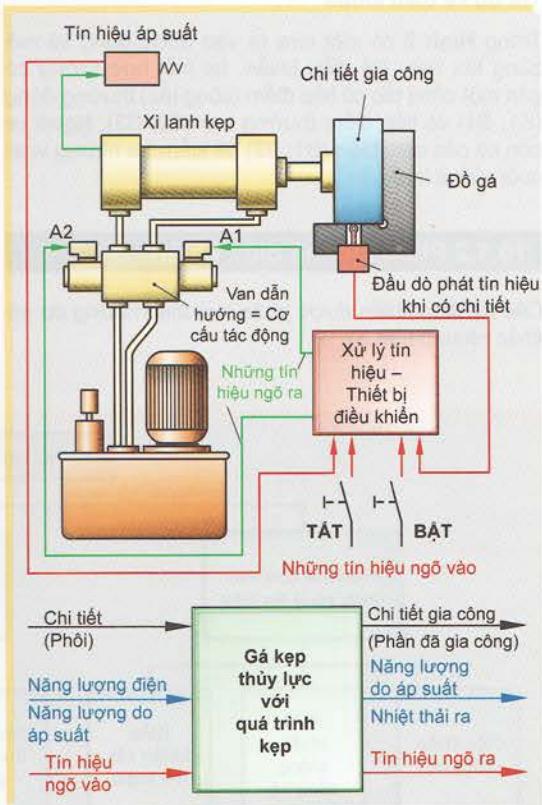
Hình 1: Hệ thống kỹ thuật tổng quát

10.1.1 Quá trình điều khiển

> Theo tiêu chuẩn DIN, điều khiển là một quá trình trong một hệ thống, trong đó một hay nhiều đại lượng ngõ vào ảnh hưởng lên đại lượng ngõ ra theo những nguyên tắc của hệ thống.

Đặc điểm ở quá trình điều khiển là một đường tác động hở, đại lượng ngõ ra bị ảnh hưởng của các đại lượng ngõ vào, nhưng ngõ ra không tác động tiếp tục và không tác động trở lại lên các đại lượng ngõ vào của chính nó.

> Những sai lệch của đại lượng ngõ ra so với trị số mong muốn không được ghi nhận và cũng không được hiệu chỉnh lại.



Hình 2: Hệ thống kỹ thuật: gá kẹp thủy lực

https://tieulun.hopto.org

Một hệ thống điều khiển như thế còn có thể được kết nối chi tiết hơn với các thành phần như **cơ cấu tín hiệu, cơ cấu điều khiển, cơ cấu tác động (tác chỉnh)** và **cơ cấu vận hành** (**Hình 1**). Tương ứng như thế dòng tín hiệu đi từ cơ cấu nhận tín hiệu qua cơ cấu điều khiển và cơ cấu tác động đến cơ cấu vận hành.

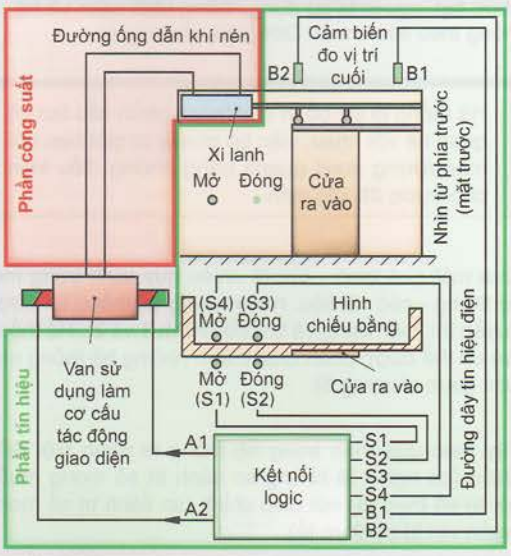
Trong một hệ điều khiển, cơ cấu nhận tín hiệu và cơ cấu điều khiển thường sử dụng điện áp và áp suất thấp hơn ở cơ cấu tác động và cơ cấu vận hành. Trong tương quan này, người ta nói về **phần tín hiệu** và **phần công suất** của hệ điều khiển (**Hình 1**).

Hình 1: Chuỗi điều khiển

Trước hết, điều này mang lại nhiều ưu điểm, đặc biệt khi cơ cấu vận hành công suất lớn và đường dây điều khiển dài. Những cơ cấu phát/nhận tín hiệu và đường dây tương ứng có thể duy trì với độ sai lệch nhỏ về kích thước giữa thực tế và định mức, tuy nhiên cơ cấu tác động phải thích hợp với những thông số đặc trưng của cơ cấu vận hành. Trong những hệ thống điều khiển bằng khí nén, điện-khí nén hay điện-thủy lực, cơ cấu tác động (tác chỉnh) có chức năng làm giao diện giữa phần tín hiệu và phần công suất, vì tín hiệu ngõ ra được hình thành do các tín hiệu ngõ vào kết nối logic với nhau và đi từ phần tín hiệu đến phần công suất.

Thí dụ về điều khiển

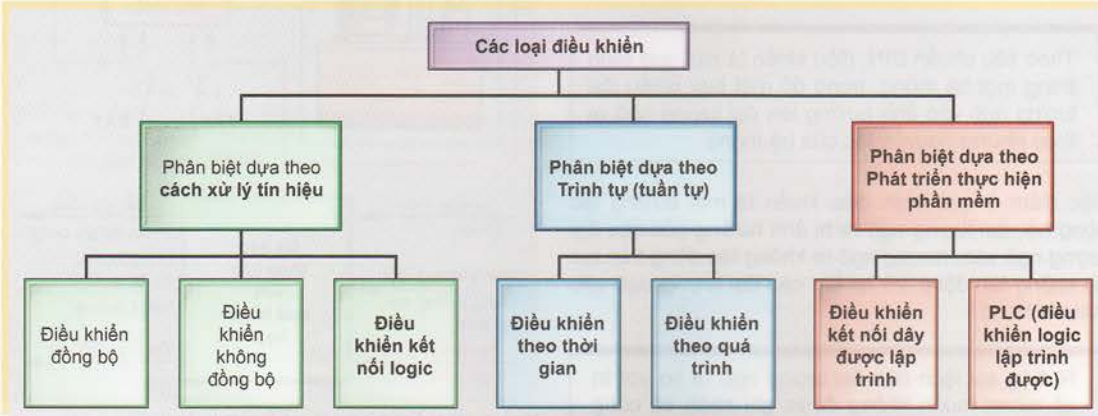
Trong **Hình 2** có một cửa ra vào được đóng và mở bằng khí nén. Để điều khiển, tại mỗi bức tường có gắn một công tắc có tiếp điểm (công tắc) thường đóng (S1; S4) và tiếp điểm thường mở (S2; S3). Ngoài ra còn có các cảm biến (B1; B2) để kiểm tra những vị trí cuối của xi lanh.



Hình 2: Điều khiển cửa ra vào (phác thảo hệ thống)

10.1.2 Phân loại hệ điều khiển

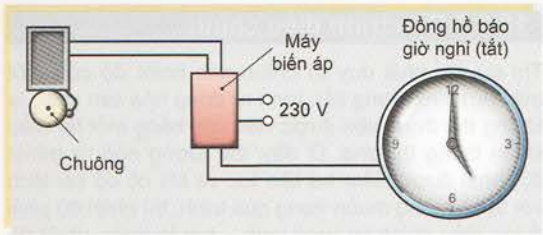
Các hệ điều khiển được phân loại theo những cơ sở khác nhau (**Hình 3**).



Hình 3: Tiêu chí để phân biệt hệ điều khiển theo DIN 19226 Phần 5

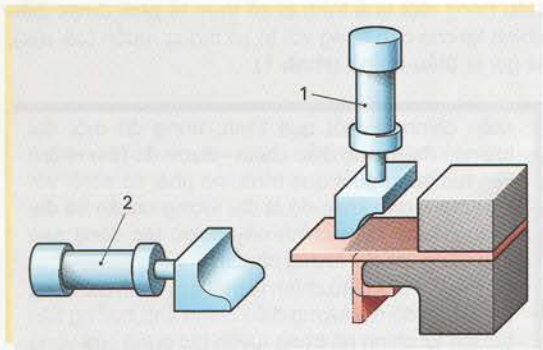
https://tieulun.hopto.org

Điều khiển trình tự (tuần tự). Trong hệ điều khiển này những điều kiện chuyển tiếp chỉ tùy thuộc vào thời gian, do **thời gian điều khiển** (**Hình 1**). **Điều khiển trình tự theo quá trình** là loại điều khiển trong đó những điều kiện chuyển tiếp tùy thuộc vào quá trình. Bước gia công kế tiếp chỉ bắt đầu khi bước gia công trước đó đã chấm dứt. Thí dụ như trong **Hình 2** các tấm tôn được uốn cong. Xi lanh 1 chạy ra, uốn sơ bộ tấm tôn trước và chạy trở về. Sau đó xi lanh 2 chạy ra, uốn tấm tôn hoàn tất và kéo trở về.



Hình 1: Điều khiển theo thời gian

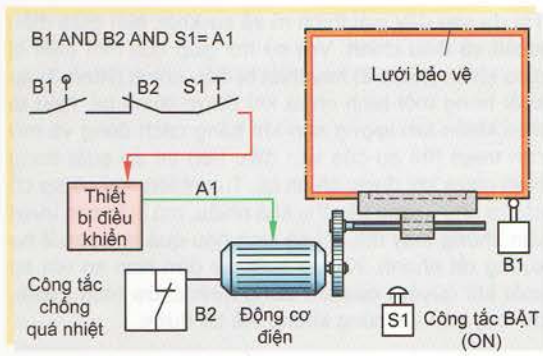
Trong hệ **điều khiển đồng bộ** việc xử lý tín hiệu được thực hiện đồng bộ với xung nhịp. Sự điều khiển **không đồng bộ** hoạt động không có xung nhịp. Tín hiệu thay đổi chỉ được kích hoạt do sự thay đổi của tín hiệu ngõ vào. Những tín hiệu ngõ vào trong nhiều hệ điều khiển được phối hợp với nhau theo những quy tắc logic cho trước. Trong trường hợp này ta gọi là **điều khiển kết nối logic** (**Hình 3**).



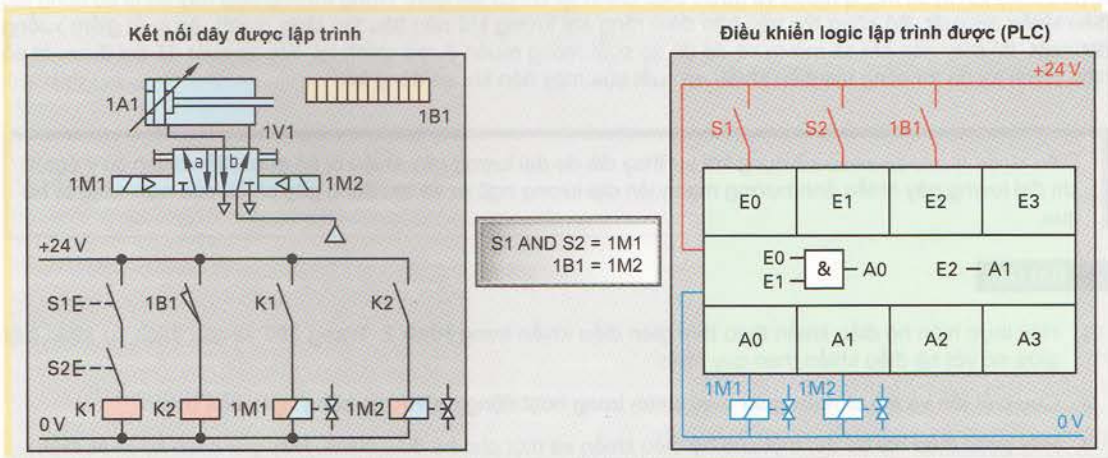
Hình 2: Điều khiển trình tự (tuần tự)

Thông thường trong các hệ điều khiển phức tạp và những hệ thống lớn có hai loại điều khiển tuần tự xuất hiện chung với nhau. Thí dụ như khi để dán và kẹp các chi tiết, một xi lanh chạy ra trong một khoảng thời gian nhất định, trong khi đó một xi lanh khác kẹp chi tiết. Hai xi lanh phải chạy ra và chạy vào theo một sơ đồ tuần tự.

Điều khiển nối dây được lập trình là loại điều khiển trong đó các chức năng của chúng được định trước qua những thành phần cấu tạo (cấu kiện) và những kết nối của sự điều khiển (đường dây dẫn điện, đường truyền áp suất) cũng được định trước. Nếu một chức năng trong điều khiển này thay đổi thì những đường dây phải thiết kế lại và các thành phần cũng phải tráo đổi. **Điều khiển logic lập trình được (PLC)** là loại điều khiển ở đó các chức năng của chương trình phần mềm (lập trình) được lưu trữ trong bộ nhớ. Khi có chức năng thay đổi thì bộ nhớ chứa chương trình (thí dụ như ROM, EPROM, EEPROM) cũng phải thay thế (**Hình 4**).



Hình 3: Điều khiển kết nối logic



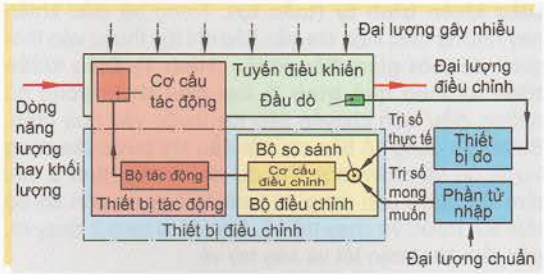
Hình 4: Phân biệt điều khiển theo cách lập trình

https://tieulun.hopto.org

10.1.3 Quá trình điều chỉnh

Thí dụ khi phải duy trì chính xác nhiệt độ của một máy (lò) sưởi trong tiến trình tự động hóa sản xuất, ta không thể thực hiện được việc này bằng một hệ điều khiển thông thường. Ở đây, đại lượng ngõ ra (nhiệt độ) phải được kiểm tra liên tục và khi có độ sai lệch với trị số mong muốn trong quá trình, thì nhiệt độ phải được điều chỉnh lại (quá lạnh – bật lò sưởi; nhiệt độ đạt tới trị số giới hạn – tắt lò sưởi).

Nếu trong một quá trình trị số thực tế phải được điều chỉnh lại cho cân bằng với trị số mong muốn (*cài đặt*), ta gọi là **điều chỉnh** (**Hình 1**).

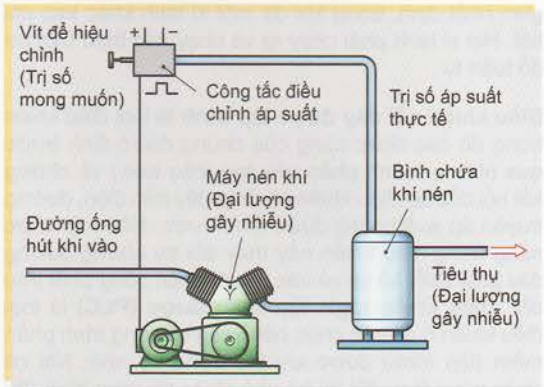


Hình 1: Vòng điều chỉnh

> Điều chỉnh là một quá trình, trong đó một đại lượng - đại lượng điều chỉnh - được đo (thu nhận) liên tục trong suốt quá trình, nó phải so sánh với một đại lượng khác-đó là đại lượng chuẩn và đại lượng được điều chỉnh này được tác động sao cho bằng với đại lượng chuẩn.
> Đặc trưng của điều chỉnh là một quy trình tác dụng kín, trong đó đại lượng điều chỉnh ảnh hưởng liên tục lên tự chính nó trong tuyến tác dụng của vòng điều chỉnh.

Thí dụ sau đây giải thích rõ về sự khác biệt giữa điều khiển và điều chỉnh. Với sự trợ giúp của một thiết bị điều khiển (**Hình 2**) hay thiết bị điều chỉnh (**Hình 3**) áp suất trong một bình chứa khí được chỉnh lại. Nếu ta điều khiển lưu lượng nạp khí bằng cách đóng và mở con trượt (thí dụ của van điều tiết) thì áp suất trong bình chứa khí được chỉnh lại. Tuy nhiên, khi có sự cố xảy ra như lượng tiêu thụ khá nhiều, mà vị trí con trượt vẫn không thay đổi, thì sẽ sinh hậu quả là áp suất hạ xuống rất nhanh. Khi áp suất dư (lớn hơn so với áp suất khí quyển) của khí trong bình chứa hình thành, thì máy nén khí cũng không thể tắt được.

Hình 2: Điều khiển áp suất



Hình 3: Điều chỉnh áp suất

Khi điều chỉnh áp suất trong bình chứa khí, ta cần phải gắn thêm một bộ phận có nhiệm vụ so sánh trị số thực tế (*tức thời*) với trị số mong muốn và được điều chỉnh lại khi có sai lệch. Trong trường hợp này đó là bộ công tắc điều khiển áp suất. Bộ công tắc này bảo đảm rằng khi lượng khí nén tiêu thụ tăng mạnh, áp suất giảm xuống đột ngột, thì máy nén khí sẽ mở ra và do đó áp suất mong muốn được chỉnh lại. Khi áp suất đã đạt được trị số hiệu chỉnh tối đa thì công tắc điều khiển áp suất của máy nén khí sẽ đóng lại.

> Điều khiển được đưa vào sử dụng khi sự thay đổi do đại lượng gây nhiễu bị bỏ qua. Điều chỉnh có ý nghĩa khi đại lượng gây nhiễu ảnh hưởng mạnh lên đại lượng ngõ ra và tác dụng gây nhiễu của nó không bị bỏ qua.

Bài tập:

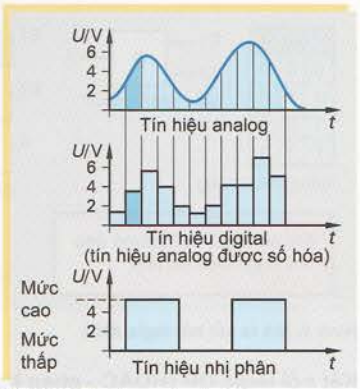
1. Hãy thực hiện hệ điều khiển theo thời gian điều khiển trong **Hình 2**, **Trang 395** và giải thích sự khác biệt giữa nó với hệ điều khiển theo quy trình.
2. Cho biết tên và mô tả những sự điều chỉnh trong hoạt động cơ xưởng hằng ngày của bạn.
3. Hãy phác thảo hai thí dụ, một cho hệ điều khiển và một cho hệ điều chỉnh. Hãy giải thích sự khác biệt.
4. Hãy mô tả và giải thích những hệ điều khiển trong môi trường xung quanh [illegible] của bạn.

https://tieulun.hopto.org

10.2 Kỹ thuật số

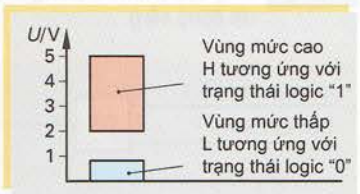
10.2.1 Các dạng tín hiệu

Hệ thống cơ điện tử thu nhận, xử lý và xuất những tín hiệu. Các tín hiệu này là những đại lượng điện như điện áp, cường độ dòng điện v.v... hay những đại lượng khác như quãng đường (hành trình), mô ment quay, nhiệt độ v.v.., chúng được đo lường trong hệ thống cơ điện tử. Để xử lý thông tin, những đại lượng này được trình bày dưới dạng những tín hiệu analog (*liên tục, tương tự*), digital (*kỹ thuật số*) hay nhị phân (**Hình 1**). **Tín hiệu analog** mô tả những đại lượng vật lý thay đổi liên tục theo thời gian, thí dụ như điện áp. Do đó, đại lượng analog có thể tiếp nhận các trị số bất kỳ (ở mọi thời điểm) trong giới hạn vật lý của nó. **Tín hiệu digital** là một đại lượng vật lý được thu nhận tức thì. Các trị số đo của đại lượng này không được tiếp nhận ở mọi thời điểm. Chúng được phân chia tùy theo độ chia nhỏ nhiều hay ít. **Tín hiệu nhị phân** chỉ có hai trạng thái: mức cao (High Level) có trị số logic "1" và mức thấp (Low Level) có trị số logic "0". Nội dung thông tin của nó được ký hiệu là Bit (binary digit). Sự kết hợp nhiều bit tạo thành một tín hiệu digital (*8 Bit là 1 Byte*).



Hình 1: Các dạng của tín hiệu

Trong thực tế phạm vi biên độ (ngưỡng) điện áp xác định mức cao H-Level hay mức thấp L-Level (**Hình 2**). Ngưỡng điện áp này tùy thuộc vào kết cấu những những linh kiện điện tử nhị phân (xem các họ của mạch điện).

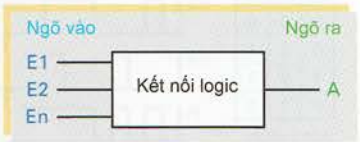


Hình 2: Ngưỡng của tín hiệu

10.2.2 Những kết nối logic cơ bản (cổng logic, hàm)

Trong kỹ thuật số tất cả những kết nối logic được thực hiện qua sự kết hợp chung của ba kết nối cơ bản **AND** (và/giao), **OR** (hoặc/hợp) và **NOT** (phủ định).

Những kết nối logic phải bố trí các trạng thái logic ở những ngõ vào E được kết nối sao cho có kết quả giống với trạng thái logic dự tính ở ngõ ra A (**Hình 3**).



Hình 3: Biểu tượng của kết nối logic

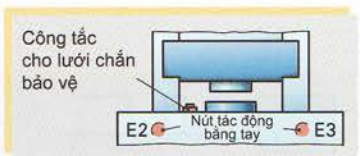
Kết nối logic có thể được mô tả qua:

- Biểu tượng chức năng (*ký hiệu hình*) và biểu tượng logic theo tiêu chuẩn EN 60617-12
- Những bảng chức năng và bảng sự thật cho biết trạng thái của ngõ ra với tất cả các khả năng kết hợp logic của các ngõ vào.
- Phương trình chức năng (phương trình hàm)
- Biểu đồ xung, sơ đồ tín hiệu - thời gian, tại đây sự liên hệ giữa những biến số ở ngõ ra và ở ngõ vào được trình bày theo thời gian
- Danh sách câu lệnh hay sơ đồ bậc thang (sơ đồ công tắc) (chỉ có ở điều khiển logic lập trình được PLC).

Để mô tả một cách rõ ràng trạng thái logic giữa những biến số ngõ vào và ngõ ra ta dùng ký hiệu (*ký hiệu nhận dạng*) thiết bị vận hành. Sự sắp xếp các trạng thái tín hiệu của các biến số được ghi vào bảng (**Bảng 1**).

Bảng 1: Bảng bố trí

Biến số của ngõ vào	Ký hiệu thiết bị vận hành	Trạng thái logic
E1	Lưới chắn bảo vệ đã được đóng lại	E1 = 1
E2	Vị trí công tắc BẬT (ON)	E2 = 1
Biến số ngõ ra		
A	Động cơ máy dập hoạt động	A1 = 1

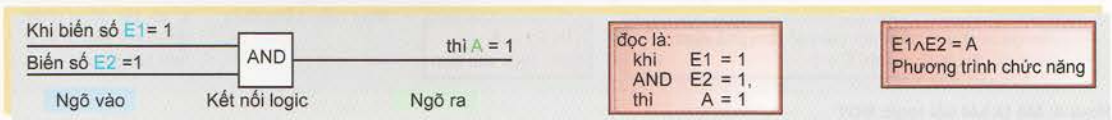


Hình 4: Máy dập bằng khí nén

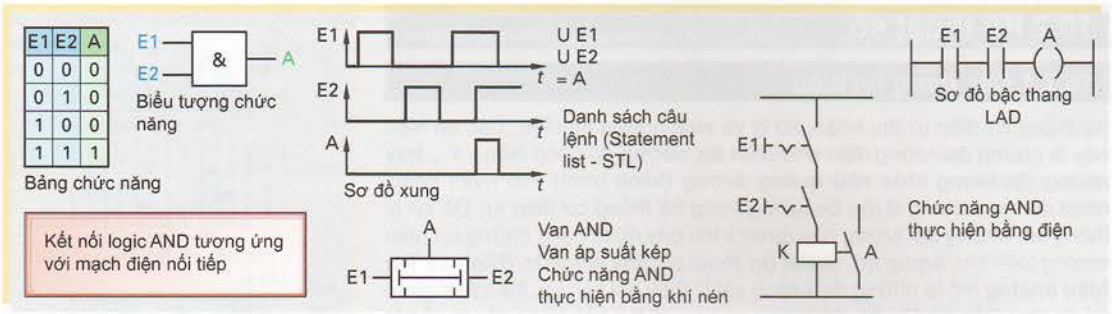
Kết nối logic AND (VÀ - Phép giao)

Ký hiệu logic là ∧

Thí dụ 1: Vì lý do an toàn một máy dập chỉ được khởi động, khi lưới chắn bảo vệ đã được đóng (E1 đã được tác động) và nút bấm bằng tay E2 (**Hình 4**) được tác động.



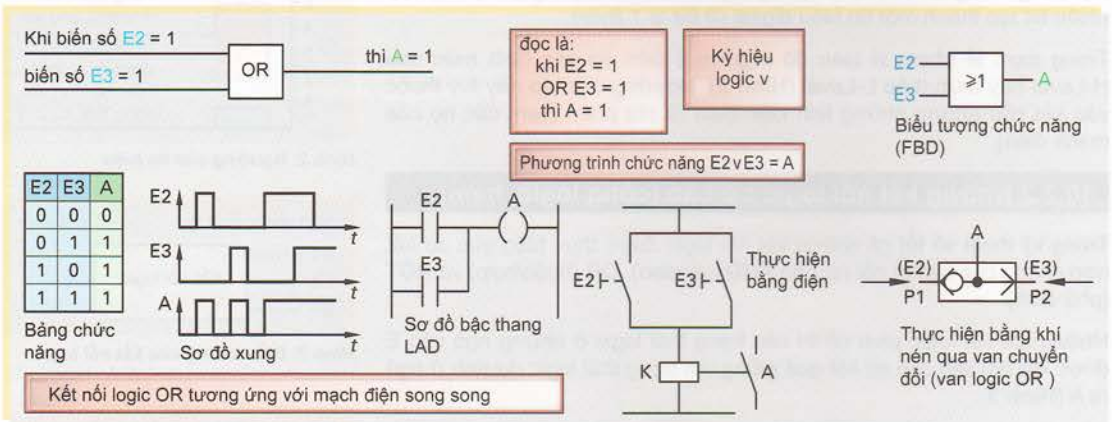
https://tieulun.hopto.org



Hình 1: Mô tả kết nối logic AND

Kết nối logic OR (HOẶC - phép hợp (tuyển) - disjunction)

Thí dụ 2: Máy dập (**Hình 4, trang 397**) có thể khởi động, khi nút nhấn E2 OR (hoặc) E3 đã được tác động (Lưới chắn đã đóng sẵn).

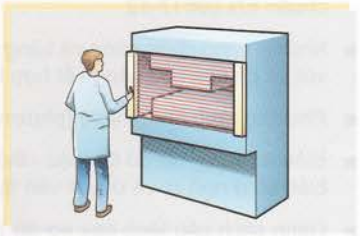


Hình 1: Mô tả kết nối logic OR

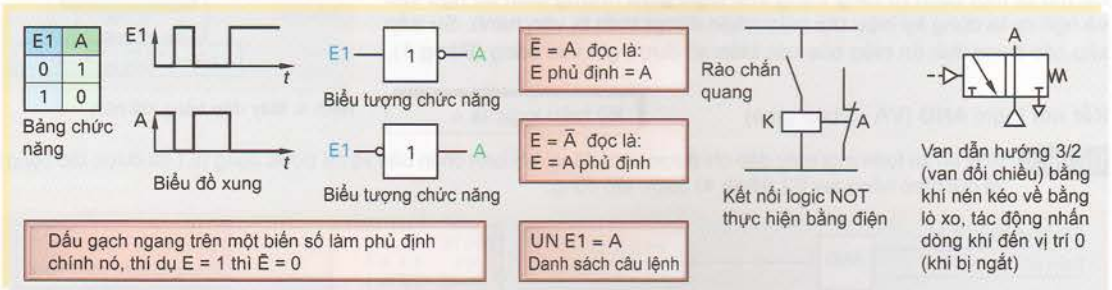
Kết nối logic NOT (Phủ định / đảo)

Thí dụ 3: Sự tác động vào máy dập được giám sát bằng một màn chắn ánh sáng. Máy dập có thể khởi động, khi tất cả tia (trục) ánh sáng không bị gián đoạn.

Ở kết nối logic NOT ngõ ra có logic "1", khi ngõ vào có logic "0" và ngược lại. Biến số ngõ vào và ngõ ra có tác dụng ngược nhau.



Hình 3: Máy dập với màn chắn ánh sáng

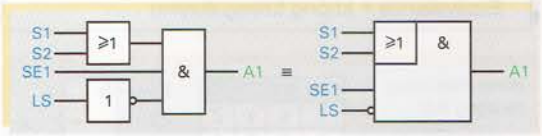


Hình 4: Mô tả kết nối logic NOT

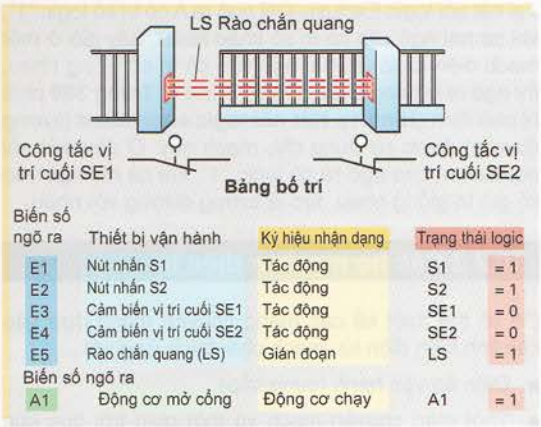
https://tieulun.hopto.org

Trong kỹ thuật số người ta không chỉ sử dụng đơn thuần những kết nối logic cơ bản. Đa số kết nối logic được hợp thành từ nhiều chức năng.

Thí dụ: Một cổng ra vào được điều khiển từ phía trong một căn nhà. Cổng sẽ đóng lại, khi nút nhấn S1 (ở căn nhà) **hay** nút nhấn S2 (gắn ở cổng) được tác động **và** cảm biến định vị trí cuối SE1 không bị tác động (tiếp điểm thường đóng không bị tác động có logic = "1") và rào chắn quang LS (ánh sáng) không bị ngắt (gián đoạn).

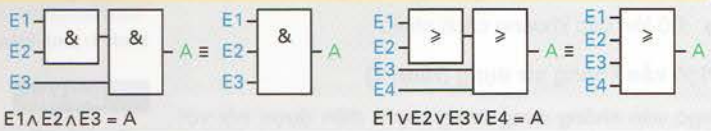


Phương trình chức năng: $(S1 \vee S2) \wedge E1 \wedge \overline{LS} = A1$

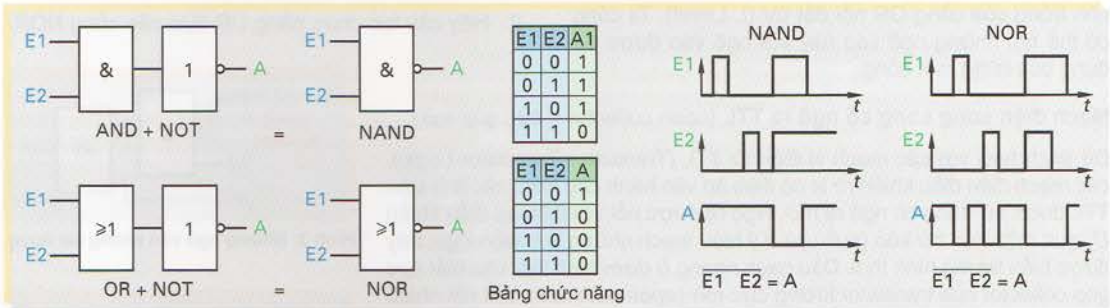


Hình 1: Điều khiển cổng ra vào

Chức năng AND và chức năng OR có thể được mở rộng cho nhiều ngõ vào

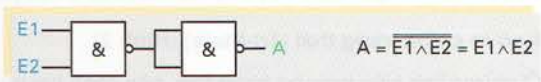


Hình 2: Chức năng logic AND và OR với nhiều ngõ ra



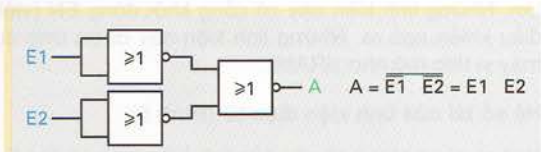
Hình 3: Các chức năng được hợp thành

Trong thực tế khi chế tạo người ta thường dùng các chức năng (cổng, kết nối logic) NAND (AND phủ định) hay NOR (OR phủ định). Mặc dù phải sử dụng nhiều cổng riêng lẻ, nhưng khi chế tạo cổng đơn giản hơn, tiết kiệm được giá thành.



Hình 4: Chức năng logic AND được thực hiện với cổng NAND

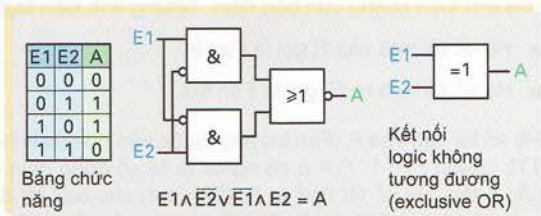
Từ bảng chức năng cho cổng NAND ta biết biến số ngõ ra A phải bị phủ định một lần nữa, để cho nó phù hợp với A của chức năng logic AND (**Hình 4 và 5**).



Hình 5: Chức năng logic AND được thực hiện với cổng NOR

Những kết nối logic đặc biệt

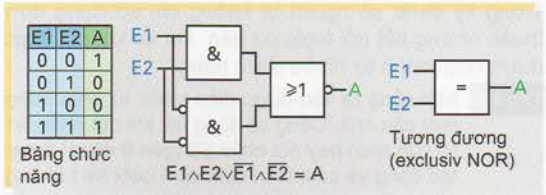
Một đèn báo có hai công tắc E1, E2, mỗi cái có gắn một tiếp điểm thường đóng và một tiếp điểm thường mở. Đèn phát sáng khi một trong hai công tắc được đóng lại. Khi hai công tắc cùng bị tác động đồng thời, đèn không phát sáng. Một kết nối như thế gọi là kết nối **không tương đương** hay **Exclusive OR** (**Hình 6**).



Hình 6: Chức năng không tương đương / Exlusive OR

https://tieulun.hopto.org

Tại kết nối logic Exclusiv OR ngõ ra A có trị số logic "1", khi cả hai ngõ vào có trị số khác nhau. Bây giờ ở một mạch điện logic với hai ngõ vào có trị số giống nhau, thì ngõ ra ở bảng chức năng ở **Hình 6**, **Trang 399** phải bị phủ định (**Hình 1**). **Kết nối logic equivalent** (tương đương) được sử dụng cho mạch này. Ở đây, kết nối equivalent cho ngõ ra có logic "1", khi cả hai ngõ vào có giá trị giống nhau, tức là tương đương với nhau.



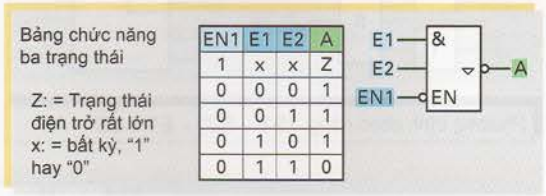
Hình 1: Chức năng tương đương (hay Exclusiv NOR)

Equivalence = không tương đương

10.2.3 Các họ mạch vi điện tử

Để có thể thiết kế các mạng chuyển mạch dựa vào các linh kiện điện tử, mạch phải thích ứng với:

- Điện áp vận hành (cung cấp)
- Thời gian chuyển mạch và thời gian trôi qua của tín hiệu
- Biên độ (mức độ - ngưỡng) của ngõ vào và ngõ ra
- Độ lớn của khoảng cách nhiễu



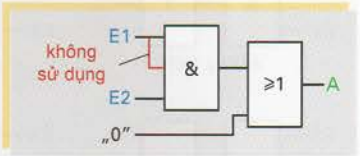
Hình 1: Linh kiện có ba trạng thái

Bài tập:

1. Hãy thực hiện chức năng OR dựa vào cổng NAND
2. Hãy cấu tạo chức năng OR dựa vào cổng NOR

Ngõ vào không sử dụng (Hình 3)

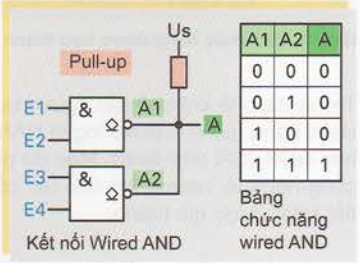
Ngõ vào không dùng trong mạch điện được nối với các điện thế như sau: ngõ vào không sử dụng của cổng AND nối với điện áp vận hành (H-Level); ngõ vào còn trống của cổng OR nối đất 0V (L-Level). Ta cũng có thể nối những ngõ vào này với ngõ vào được sử dụng của cùng một cổng.



Hình 3: Những ngõ vào không sử dụng

Mạch điện song song có ngõ ra TTL (open collector = cực góp mở)

Để thích hợp với các mạch vi điện tử TTL (Transistor-Transistor-Logic), các mạch điện điều khiển rờ le có điện áp vận hành cao hơn, các linh kiện TTL được sử dụng có ngõ ra mở. Ngõ ra được nối với điện áp điều khiển U_s qua một điện trở kéo (pull-up). Ký hiệu mạch những linh kiện logic này được biểu tượng hình thoi. Dấu gạch ngang ở dưới hình thoi cho biết cực góp collector của transistor lưỡng cực mở (open collector). Khi nối nhiều ngõ ra ghép song song của các cổng với ngõ ra collector mở, ta sẽ có được kết nối logic AND, được ký hiệu là AND wired (nối dây) (**Hình 4**).



Hình 4: Kết nối dây Wired AND

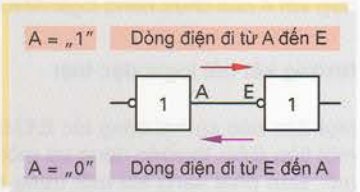
Ngõ ra có ba trạng thái (Tri-State) (Hình 2)

Ở những linh kiện logic ba trạng thái, bên cạnh hai trạng thái H-Level và L-Level ở ngõ ra, còn có một trạng thái thứ ba là ngõ ra có điện trở rất lớn. Những linh kiện này có cổng khởi động EN (viết tắt từ enable) để điều khiển ngõ ra. Những linh kiện này được ứng dụng trong kỹ thuật máy vi tính (bộ nhớ SRAM).

Hệ số tải của linh kiện điện tử (Hình 5)

Ngõ ra cũng như ngõ vào của linh kiện logic không thể chịu tải quá lớn. Khi quá tải điện áp ngõ ra xuống nhanh dưới mức cho phép, chức năng của linh kiện không còn bảo đảm. Những linh kiện logic có hai hệ số tải:

- Hệ số tải ngõ vào F_i gọi là Fan in
- Hệ số tải ngõ ra F_o gọi là Fan out



Hình 5: Hướng di chuyển dòng điện phụ thuộc vào tín hiệu ngõ ra

Hệ số tải ngõ vào F_i (Fan in) phụ thuộc vào họ của linh kiện; cho linh kiện TTL chuẩn $F_i = 1$. $F_i = 5$ có nghĩa là trị số dòng điện đi vào có thể chịu gấp 5 lần. Hệ số tải ngõ ra F_o (Fan out) cho biết tối đa sẽ có bao nhiêu ngõ vào được đi từ (nối) với ngõ ra của một cổng này. Cho linh kiện TTL chuẩn $F_o = 10$.

https://tieulun.hopto.org

Ở mức độ thấp **L-Level** ngõ ra A có điện áp 0,4 V, dòng điện 16 mA đi vào. Ở mức độ cao **H-Level** tại ngõ ra A có điện áp 2,4 V và dòng điện 16 mA đi ra từ A.

Bảng 1: Tổng quan về các họ linh kiện

Kỹ thuật	Ký hiệu	Chức năng logic cơ bản	Điện áp vận hành	Điện áp ngõ vào "1" "0"	Điện áp ngõ ra "1" "0"	Thời gian đáp ứng cho mỗi cổng	Công suất tiêu hao cho mỗi cổng	Khả năng chịu tải ở ngõ ra
Transistror Transistor Logic	TTL	NAND	5 V	2,0 V 0,8 V	3,3 V 2,4 V	10 ns	20 mW	12 mW
Schottky	TTL	NAND	5 V	2,0 V 0,8 V	3,3 V 0,5 V	2,5 ns	15 mW	12 mW
Low Power Schottky	LPS	NAND	5 V	2,0 V 0,8 V	3,3 V 0,5 V	7 ns	4 mW	40 mW
Transistor hiệu ứng từ, bù và oxy hóa	C-MOS	NOR NAND	3 V ... 15 V	phụ thuộc vào điện áp cung cấp		50 ns	10mW, phụ thuộc tần số chu kỳ	5 mW

10.2.4 Phác thảo thiết kế những mạch điện kết nối logic

Qua kết nối logic OR của tất cả phương trình chức năng với A1=1, người ta có được kết nối tổng hợp. Đây là **dạng chuẩn theo phép hợp (tuyển)** (dạng chuẩn hợp DNF – cổng logic OR) .

Thí dụ: Những tín hiệu của ngõ vào E1, E2 và E3 được biểu diễn ở **Hình 1a**. Hãy cho biết những kết nối logic nào phải thực hiện để cho ngõ ra A1 hình thành những xung nối tiếp nhau theo yêu cầu?

Lời giải:

1. Chuyển biểu đồ xung vào bảng chức năng
2. Tạo phương trình logic cho mỗi hàng, để ngõ ra A1 có trị số logic "1".

Từ bảng sự thật (bảng định chức năng) ta có phương trình chức năng:

Phương trình chức năng chuẩn theo phép hợp

$$A1 = \overline{E1} \wedge E2 \wedge \overline{E3} \vee E1 \wedge E2 \wedge \overline{E3} \vee \overline{E1} \wedge \overline{E2} \wedge E3 \vee E1 \wedge \overline{E2} \wedge E3 \vee E1 \wedge E2 \wedge E3$$

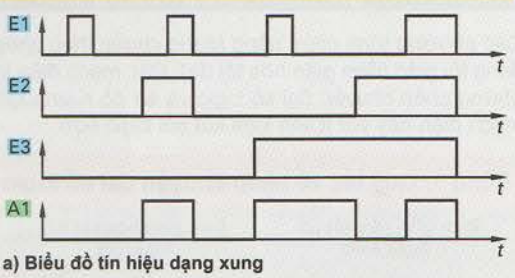
Khả năng thứ hai để tìm ra phương trình chức năng là **dạng chuẩn theo phép giao (hội)** (dạng chuẩn giao CNF – cổng logic AND).

Tại đây những hàng của bảng chức năng được kết nối theo cổng AND để ngõ ra A1 có trị số logic "0". Trong khi ở dạng chuẩn theo phép tách rời (cổng logic OR) ngõ ra được truy vấn theo logic "1", thì dạng chuẩn theo phép liên hợp (kết nối logic AND) truy vấn theo logic "0".

Phương trình chức năng chuẩn theo phép giao

$$A1 = (E1 \vee E2 \vee E3) \wedge (\overline{E1} \vee E2 \vee E3) \wedge (E1 \vee \overline{E2} \vee \overline{E3})$$

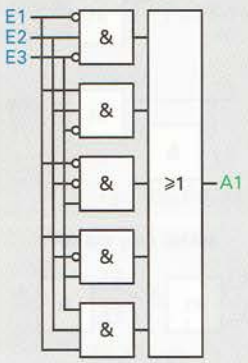
Ở đây phải sử dụng những ngoặc đơn vì kết nối AND là phép toán được ưu tiên hơn kết nối logic OR. **AND trước OR**



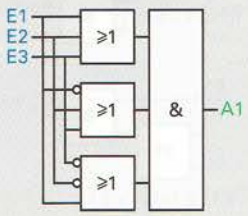
a) Biểu đồ tín hiệu dạng xung

E3	E2	E1	A1	Phương trình logic
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	1	$A1 = \overline{E1} \wedge E2 \wedge \overline{E3}$
0	1	1	1	$A1 = E1 \wedge E2 \wedge \overline{E3}$
1	0	0	1	$A1 = \overline{E1} \wedge \overline{E2} \wedge E3$
1	0	1	1	$A1 = E1 \wedge \overline{E2} \wedge E3$
1	1	0	0	
1	1	1	1	$A1 = E1 \wedge E2 \wedge E3$

b) Bảng chức năng



c) Sơ đồ logic chuẩn theo phép tách hợp (DNF-OR)



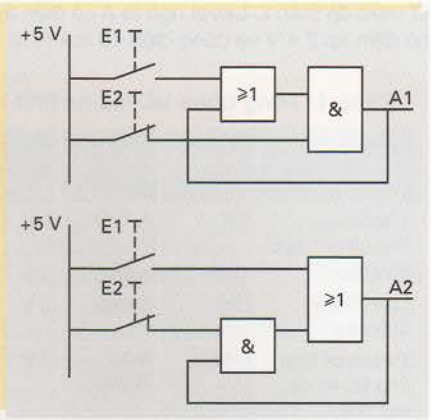
d) Sơ đồ logic chuẩn theo phép liên giao (DNF-AND)

Hình 1: Phác thảo thiết kế mạch điện a) Biểu đồ dạng xung b) Bảng chức năng c) và d) Mạch điện

https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

1. Tại một trạm xăng luôn luôn chỉ có hai trong ba bồn chứa xăng được bơm vào, để tránh tình trạng xăng bị tràn
   a) Hãy thiết lập bảng chức năng theo tình huống này và từ đó hãy triển khai phương trình chức năng chuẩn theo phép tách hợp (dạng chuẩn hợp DNF - nối logic OR) và theo phép kết giao (dạng chuẩn giao CNF – nối logic AND).
   b) Hãy cho biết sơ đồ logic cho hai dạng chuẩn đó.
2. Hãy cho biết khi nào các ngõ ra A1 và A2 có tín hiệu logic "1" trong mạch điện thí dụ ở **Hình 1**?
3. Ngõ ra sẽ phản ứng như thế nào khi ta chỉ một lần nhấn nút E1?
4. Hãy cho biết tác dụng như thế nào khi nút nhấn E1 và E2 tác động cùng một lúc?
5. Những mạch điện logic có những ý nghĩa thực hành nào?



Hình 1: Thí dụ về sơ đồ mạch

10.2.5 Đơn giản hóa các phương trình chức năng

Các phương trình chức năng (dạng chuẩn theo phép tách rời logic OR) trình bày trong trang 401 không phải là dạng tối giản (đơn giản hóa tối đa). Các mạch điện logic không phải luôn được thiết kế theo dạng tối giản. Nhờ những phép chuyển đại số logic và sơ đồ Karnaugh-Veitch (viết tắt sơ đồ KV), ta có thể đơn giản hóa những mạch điện này với ít linh kiện kết nối logic hơn.

Bảng 1: Quy tắc về phép chuyển đại số logic

Đơn giản hóa kết nối logic AND

$E1 \wedge 1 = E1$; $E1 \wedge 0 = 0$; $E1 \wedge E1 = E1$; $E1 \wedge \overline{E1} = 0$

$E1 \wedge (E1 \vee E2) = E1$

Đơn giản hóa kết nối logic OR

$E1 \vee 1 = 1$; $E1 \vee 0 = E1$; $E1 \vee E1 = E1$; $E1 \vee \overline{E1} = 1$

$E1 \vee (E1 \wedge E2) = E1$

Định luật về phép chuyển đại số logic

AND trước OR

$E1 \vee E2 \wedge E3 = E1 \vee (E2 \wedge E3)$

Định luật giao hoán

$E1 \wedge E2 = E2 \wedge E1$

$E1 \vee E2 = E2 \vee E1$

Định luật kết hợp

$E1 \wedge (E2 \wedge E3) = (E1 \wedge E2) \wedge E3$

$E1 \vee (E2 \vee E3) = (E1 \vee E2) \vee E3$

Định luật phân phối

$(E1 \wedge E2) \vee (E1 \wedge E3) = E1 \wedge (E2 \vee E3)$

$(E1 \vee E2) \wedge (E1 \vee E3) = E1 \vee (E2 \wedge E3)$

Định luật De Morgan

$\overline{E1 \vee E2} = \overline{E1} \wedge \overline{E2}$

$\overline{E1 \wedge E2} = \overline{E1} \vee \overline{E2}$

NAND thay thế OR

$E1 \vee E2 = \overline{\overline{E1} \wedge \overline{E2}}$

NOR thay thế AND

$E1 \wedge E2 = \overline{\overline{E1} \vee \overline{E2}}$

Phủ định kép (hai lần)

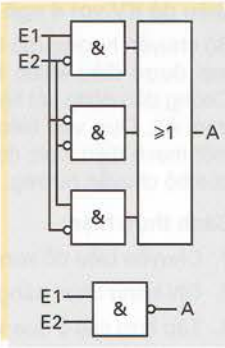
$\overline{\overline{E1}} = E1$

Qua những định luật kể trên các mạch điện logic đều có thể cấu tạo chỉ từ một loại cổng, thí dụ với cổng NAND

https://tieulun.hopto.org

Thí dụ: Rút gọn những phương trình chức năng sau đây (**Hình 1**):

$A = E1 \wedge \overline{E2} \vee \overline{E1} \wedge \overline{E2} \vee \overline{E1} \wedge E2$	$\overline{E2}$ lấy ra ngoài dấu ngoặc (sử dụng định luật phân phối)
$A = \overline{E2} \wedge (E1 \vee \overline{E1}) \vee \overline{E1} \wedge E2$	Rút gọn kết nối logic OR $(E1 \vee \overline{E1}) = 1$
$A = \overline{E2} \wedge 1 \vee \overline{E1} \wedge E2$	Rút gọn $\overline{E2} \wedge 1 = \overline{E2}$
$A = \overline{E2} \vee \overline{E1} \wedge E2$	$\overline{E2}$ v $(\overline{E1} \wedge E2)$ ($\overline{E2}$ bỏ vào dấu ngoặc)
$A = (\overline{E2} \vee \overline{E1}) \wedge (\overline{E2} \vee E2)$	Rút gọn kết nối logic OR $(\overline{E2} \vee E2) = 1$
$A = (\overline{E2} \vee \overline{E1}) \wedge 1$	Rút gọn $\overline{E1} \wedge 1 = \overline{E1}$
$A = \overline{E2} \vee \overline{E1} = \overline{\overline{E2} \vee \overline{E1}}$	Sử dụng định luật de Morgen
$A = \overline{\overline{E2} \vee \overline{E1}} = \overline{\overline{E2}} \wedge \overline{\overline{E1}} = E2 \wedge E1$	De Morgan (phủ định kép bị hủy bỏ)
$A = E2 \wedge E1 = E1 \wedge E2$	Định luật hoán vị



Hình 1: Mạch điện đã được đơn giản

10.2.6 Tối giản (làm giảm đến mức tối thiểu) bằng biểu đồ KV

Karnaugh và Veitch đã phát triển phương pháp mô tả bằng đồ họa dạng chuẩn theo phép tách rời (kết nối logic OR), để từ đó suy ra được những kết nối logic (hay mạch) đơn giản. Số ô trong biểu đồ KV bằng số hàng trong bảng chức năng. Vị trí của hàng trong ô được xác định theo cột kết nối logic (xem *) ở bảng chức năng (xem thí dụ ở dưới).

Những ô này phải được sắp xếp sao cho những ô bên cạnh chỉ khác biệt nhau một biến số.

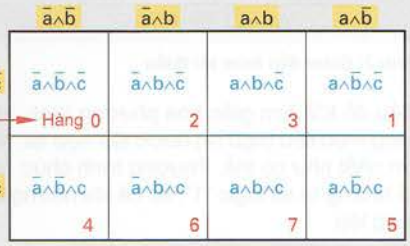
Biểu đồ có 3 ngõ vào, nên có $2^3 = 8$ ô

Hình 2: Những ô trong biểu đồ KV

	c	b	a	*
0	0	0	0	$\bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}$
1	0	0	1	$a \wedge \bar{b} \wedge \bar{c}$
2	0	1	0	$\bar{a} \wedge b \wedge \bar{c}$
3	0	1	1	$a \wedge b \wedge \bar{c}$
4	1	0	0	$\bar{a} \wedge \bar{b} \wedge c$
5	1	0	1	$a \wedge \bar{b} \wedge c$
6	1	1	0	$\bar{a} \wedge b \wedge c$
7	1	1	1	$a \wedge b \wedge c$

* kết nối logic

Chú ý đến vị trí của hàng



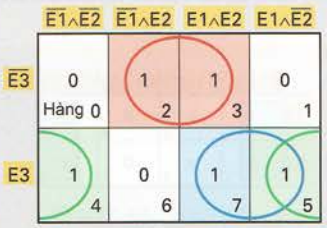
Hình 3: Vị trí của các hàng trong biểu đồ KV

Thí dụ: Nhờ biểu đồ KV, bảng chức năng ở bên cạnh nhau (**Hình 4**) sẽ được tối giản hóa theo cách như sau:

1. Tương ứng với số hàng trong bảng chức năng, sơ đồ KV cũng có 8 ô.
2. Ghi trạng thái logic ở ngõ ra A1 vào trong ô tương ứng của sơ đồ KV.
3. Những ô bên cạnh nhau có logic "1" được thu lại trong một vòng lặp
4. Một vòng lặp có thể gồm: 1, 2, 4, 8 ô tức là 2^n ô (n là số ngõ vào, $n \in N$).
5. Một ô có thể bị kết nối trong nhiều vòng lặp
6. Những ô ở bìa có thể xem như ô bên cạnh
7. Đơn giản hóa: vòng: $\overline{E1} \wedge E2 \wedge \overline{E3} \vee E1 \wedge E2 \wedge \overline{E3} = E2 \wedge \overline{E3}$
   vòng: $E1 \wedge E2 \wedge E3 \vee E1 \wedge \overline{E2} \wedge E3 = E1 \wedge E3$
   vòng: $\overline{E1} \wedge \overline{E2} \wedge E3 \vee E1 \wedge \overline{E2} \wedge E3 = \overline{E2} \wedge E3$
8. Kết quả ta được phương trình chức năng tối giản với kết nối logic OR của ba vòng lặp

   $A = E1 \wedge E3 \vee E2 \wedge \overline{E3} \vee \overline{E2} \wedge E3$

E3	E2	E1	A1	Phương trình chức năng
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	1	$A1 = \overline{E1} \wedge E2 \wedge \overline{E3}$
0	1	1	1	$A1 = E1 \wedge E2 \wedge \overline{E3}$
1	0	0	1	$A1 = \overline{E1} \wedge \overline{E2} \wedge E3$
1	0	1	1	$A1 = E1 \wedge \overline{E2} \wedge E3$
1	1	0	0	
1	1	1	1	$A1 = E1 \wedge E2 \wedge E3$



Hình 4: Đơn giản hóa biểu đồ KV

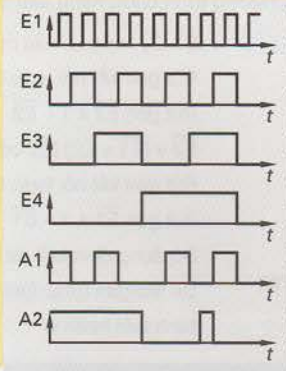
https://tieulun.hopto.org

Biểu đồ KV với 4 ngõ vào (Hình 1 và 2)

Bộ chuyển hướng (bộ tách rẽ) trong một thiết bị phân loại được điều khiển bởi 4 cảm biến (E1 đến E4). Chúng dẫn dòng vật liệu đến trạm gia công A1 và đến trạm A2. Dựa vào biểu đồ xung ta có thể phác thảo một mạch điện logic đơn giản (tối thiểu) cho hai vị trí của bộ chuyển hướng.

Cách thực hiện:

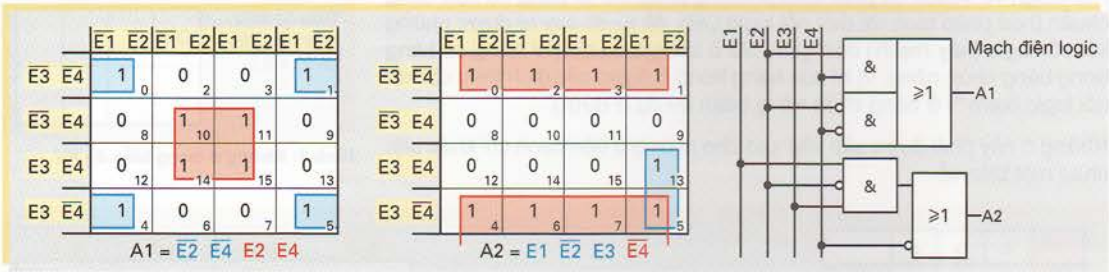
1. Chuyển biểu đồ xung vào bảng chức năng
2. Ghi bảng chức năng vào biểu đồ KV
3. Tập hợp các ô qua vòng lặp
4. Thiết lập phương trình chức năng cho vòng lặp qua kết nối logic OR
5. Mô tả phương trình qua mạch logic



Hàng	E4	E3	E2	E1	A1	A2
0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0	1
4	0	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1
7	0	1	1	1	0	1
8	1	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0
10	1	0	1	0	1	0
11	1	0	1	1	1	0
12	1	1	0	0	0	0
13	1	1	0	1	0	1
14	1	1	1	0	1	0
15	1	1	1	1	1	0

Bảng chức năng

Hình 1: Cách hoạt động của thiết bị phân loại



Hình 2: Giảm đến mức tối thiểu

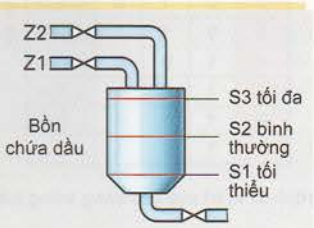
Biểu đồ KV đơn giản hóa phương trình, khi các trị số logic "1" của chức năng mục tiêu (ngõ ra) được tập hợp lại. Nên cố gắng đạt được vòng lặp lớn nhất như có thể. Phương trình chức năng mục tiêu phải bao gồm tất cả những trị số logic "1", kể cả khi những trị số như thế không nằm trong vòng lặp.

Những dòng vô nghĩa (không xác định được) của bảng chức năng

Bồn chứa dầu của một nhà máy nhiệt điện được cung cấp theo hai đường ống dẫn (**Hình 3**). Mức độ dầu: tối thiểu, bình thường hay tối đa được giám sát do các cảm biến (S1, S2 và S3). Khi mức dầu xuống dưới trị số tối thiểu, đường ống dẫn Z1 và Z2 mở. Khi trị số tối đa đạt được, Z1 và Z2 đóng lại. Khi mức dầu giảm xuống ở giữa mức tối thiểu và bình thường thì Z1 mở. Trên mức bình thường thì dầu chảy qua Z2.

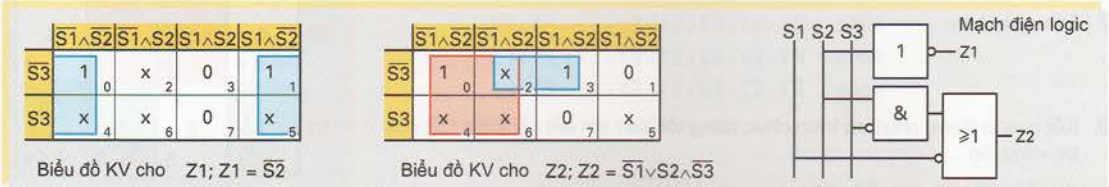
Một mạch điện logic đơn giản được phác thảo (**Hình 4**).

Những dòng có đánh dấu vô nghĩa (không xác định được) trong bảng chức năng là tổ hợp của các ngõ vào không thể hình thành. Cho nên chúng không gây ảnh hưởng đến mạch điện cần tìm. Trong bảng chức năng biến số ngõ ra được đánh dấu là x. Ký hiệu x có thể là trị số logic "0" hay "1". Trị số x này cũng được ghi vào biểu đồ KV theo trị số logic "1" hay "0", để có thể có nhiều ô trong một vòng lặp.



Hàng	S3	S2	S1	Z1	Z2	
0	0	0	0	1	1	
1	0	0	1	1	0	
2	0	1	0	x	x	vô nghĩa
3	0	1	1	0	1	
4	1	0	0	x	x	vô nghĩa
5	1	0	1	x	x	vô nghĩa
6	1	1	0	x	x	vô nghĩa
7	1	1	1	0	0	

Hình 3: Bồn chứa dầu

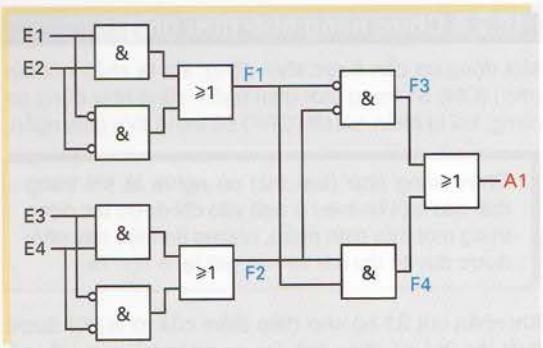


Hình 4: Tối giản

https://tieulun.hopto.org

10.2.7 Phân tích mạch điện logic

Phân tích cho biết sự liên hệ của những biến số ở ngõ ra và ngõ vào. Điểm khởi đầu là mạch điện logic đang có cần được khảo sát. Kết quả của khảo sát có thể là: phương trình chức năng, bảng chức năng, biểu đồ xung và mô tả (bằng lời) của mạch điện logic (**Hình 1**).



Hình 1: Mạch điện logic

Câu hỏi: Phân tích mạch điện logic ở bên cạnh

Hãy tìm phương trình chức năng, bảng chức năng, biểu đồ xung và mô tả (bằng lời).

Lời giải:

1. Tách rời toàn bộ mạch điện thành những chức năng thành phần (ở đây F1 - F4), bắt đầu từ nơi gần các ngõ vào
2. Thiết lập phương trình chức năng cho mỗi chức năng thành phần
3. Tập hợp lại các chức năng từng phần thành một chức năng toàn bộ.

Chức năng thành phần:

$F1 = E1 \wedge E2 \vee \overline{E1} \wedge \overline{E2}$

$F2 = E3 \wedge E4 \vee \overline{E3} \wedge \overline{E4}$

$F3 = \overline{F1} \wedge \overline{F2}$

$F4 = F1 \wedge F2$

Chức năng toàn bộ:

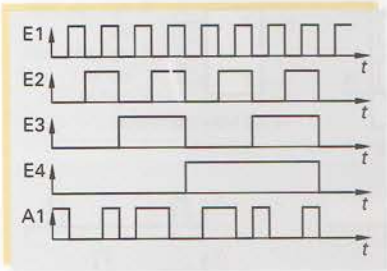
$A1 = F3 \vee F4$

$A1 = \overline{F1} \wedge \overline{F2} \vee F1 \wedge F2$

$A1 = (\overline{E1 \wedge E2 \vee \overline{E1} \wedge \overline{E2}}) \wedge (\overline{E3 \wedge E4 \vee \overline{E3} \wedge \overline{E4}}) \vee (E1 \wedge E2 \vee \overline{E1} \wedge \overline{E2}) \wedge (E3 \wedge E4 \vee \overline{E3} \wedge \overline{E4})$

Bảng 1: Bảng chức năng

Hàng	E4	E3	E2	E1	F1	F2	F3	F4	A1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	0	0
3	0	0	1	1	1	1	0	1	1
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	1	0	0	1	0	1
6	0	1	1	0	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	1	0	1
10	1	0	1	0	0	0	1	0	1
11	1	0	1	1	1	0	0	0	0
12	1	1	0	0	1	1	0	1	1
13	1	1	0	1	0	1	0	0	0
14	1	1	1	0	0	1	0	0	0
15	1	1	1	1	1	1	0	1	1



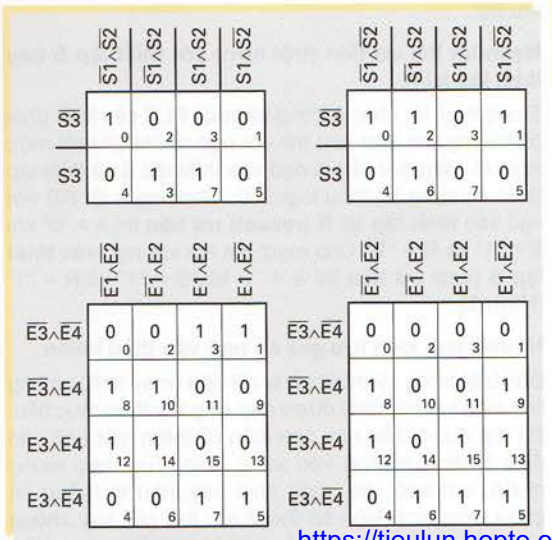
Mô tả:

A1 có logic "1", khi tổng số các ngõ vào có logic "1" là một số chẵn

Truy vấn không có ngõ vào với logic "1" không được bỏ qua

Bài tập:

1. Hãy đơn giản hóa các biểu đồ KV ở bên cạnh và cho biết phương trình chức năng tối giản cho mỗi biểu đồ và mạch điện logic tương ứng.
2. Truyền tải dữ liệu có 4 bit (a, b, c, d) qua một mạch điện phải được giám sát. Mạch điện logic sẽ cho logic "1" ở ngõ ra, khi tổng số 4 bit có trị số "1" là số lẻ.
   a. Hãy hoàn tất bảng chức năng
   b. Dựa vào bảng chức năng, hãy thiết lập phương trình chức năng chuẩn theo phép hợp (dạng chuẩn hợp DNF – cổng logic OR)
   c. Đơn giản hóa nhờ biểu đồ KV nếu được
   d. Vẽ sơ đồ logic cho phương trình chức năng



https://tieulun.hopto.org

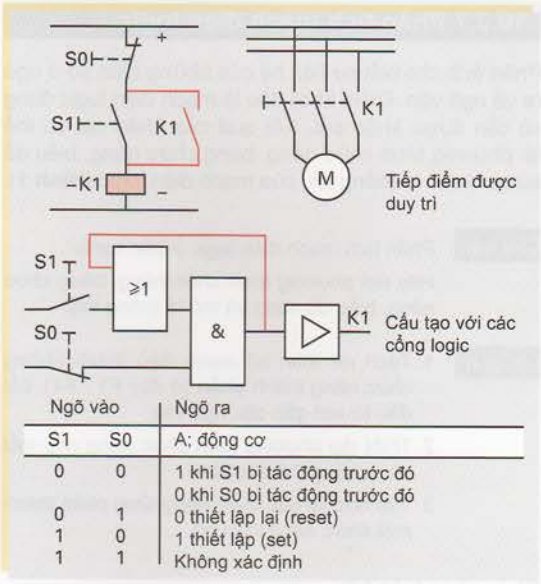
10.2.8 Chức năng nhớ (lưu giữ)

Một động cơ cần được khởi động, khi ta nhấn nút bật (mở) (ON) S1 trong thời gian ngắn, cũng như động cơ dừng, khi ta nhấn nút tắt (OFF) S0 trong thời gian ngắn.

> Chức năng nhớ (lưu trữ) có nghĩa là khi trạng thái của một tín hiệu ở ngõ vào chỉ được tác động trong một thời gian ngắn, nhưng tín hiệu này phải được duy trì lâu dài và sao giữ lại ở ngõ ra.

Khi nhấn nút S1 bộ nhớ (tiếp điểm của rờ le) K1 được thiết lập (K1 =1 đóng lại). Do sự phản hồi của biến số ngõ ra (tô màu đỏ) điều kiện đóng mạch K1 vẫn giữ nguyên, cho dù ngõ vào S1 không còn tác động. Trạng thái tín hiệu của ngõ vào được duy trì. Khi nhấn nút S0, rờ le K1 bị mất điện (kết nối logic AND không còn đáp ứng) và biến số ngõ ra có trị số logic "0" (**Hình 1**).

> Những mạch điện lưu giữ tín hiệu ở ngõ vào được gọi là mạch lật lưỡng ổn, chúng có hai trạng thái ổn định. Tiếng Anh gọi là Flippflop (FF).



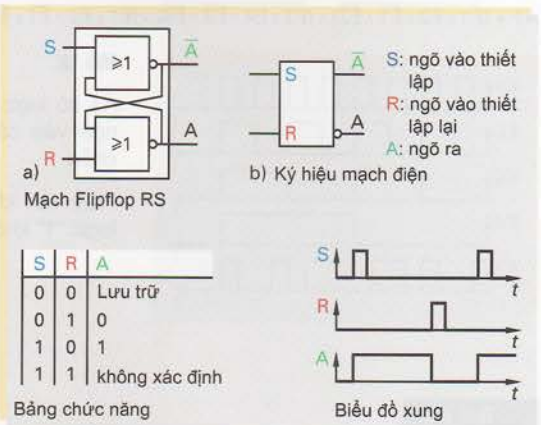
Ngõ vào		Ngõ ra
S1	S0	A; động cơ
0	0	1 khi S1 bị tác động trước đó 0 khi S0 bị tác động trước đó
0	1	0 thiết lập lại (reset)
1	0	1 thiết lập (set)
1	1	Không xác định

Hình 1: Chức năng nhớ (lưu trữ)

Mạch lật lưỡng ổn (mạch flip-flop)

Mạch lật (**Hình 2**) này có hai trạng thái chuyển mạch ổn định: trạng thái thiết lập khi A = 1 (ngõ vào S= set tác động) và trạng thái thiết lập lại khi A = 0 (ngõ vào R = reset tác động). Cả hai trạng thái phải loại trừ nhau, có nghĩa là khi mạch lật hai trạng thái (bistabil FF) được thiết lập, thì những tín hiệu thiết lập tiếp theo của S không còn tác dụng. Tương tự cho tình trạng thiết lập lại. Cần phải tránh tình trạng ngõ vào thiết lập S và ngõ vào thiết lập lại R đồng thời có logic "1", vì ta không thể định được mức độ logic ở ngõ ra của mạch lật, khi cả hai ngõ vào thay đổi từ logic "1" sang logic "0".

Khi ngõ vào S và R có logic "0" thì ngõ ra của mạch lật không thay đổi. Mạch lật FF ở trong trạng thái được lưu trữ.

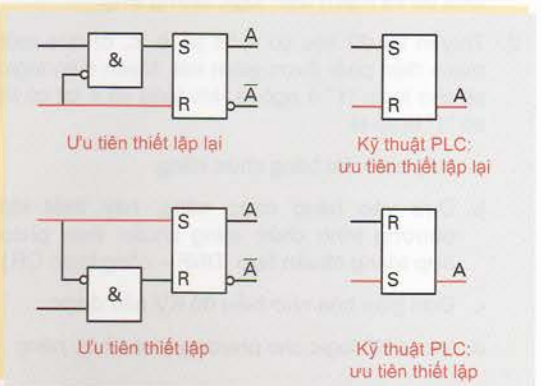


S	R	A
0	0	Lưu trữ
0	1	0
1	0	1
1	1	không xác định

Hình 2: Mạch lật hai trạng thái ổn định

Mạch lật RS ưu tiên (trội hơn) với thiết lập S hay thiết lập lại R

Trong thực tế, nhất là trong kỹ thuật PLC cần thiết phải có những linh kiện lưu trữ với ngõ ra chỉ có một mức logic rõ ràng, khi cả hai ngõ vào thiết lập S và thiết lập lại R có cùng tín hiệu logic "1". Cho mạch lật RS với ngõ vào **thiết lập lại R (resset) ưu tiên** thì A = "0" khi S = "1" và R = "1". Cho mạch lật RS với ngõ vào **thiết lập S (set) ưu tiên** thì A = ´1´ khi S = "1" và R = "1" (**Hình 3**).



Hình 3: Các loại linh kiện lưu trữ RS

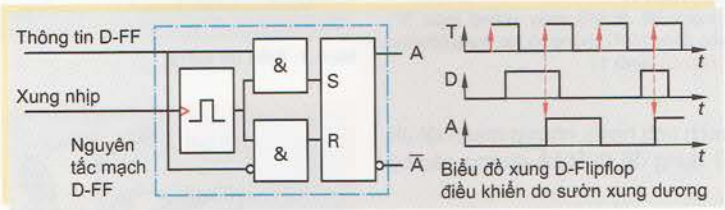
Những linh kiện lưu giữ có ngõ vào điều khiển

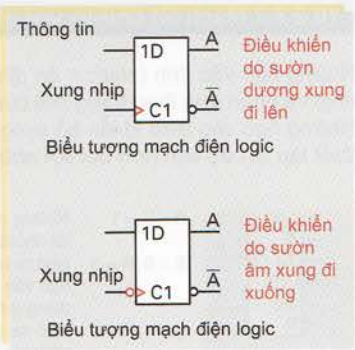
Đặc biệt trong kỹ thuật xử lý dữ liệu (máy tính) những linh kiện lưu trữ phải được đáp ứng tùy theo mục tiêu. Để đạt được điều này, linh kiện có thêm một ngõ vào điều khiển hay ngõ vào xung nhịp. Tùy theo mong muốn, với ngõ vào xung nhịp này, những thông tin chứa trong linh kiện có thể được lưu giữ hay không bị chặn lại, có nghĩa là thông tin không được lưu giữ.

https://tieulun.hopto.org

Mạch lật D (D-Flipflop) với điều khiển động (kích hoạt)

Mạch lật D (**Hình 1**) nhận thông tin ở ngõ ra, khi sườn của xung nhịp ở ngõ vào D (D = viết tắt delay = trễ, trì hoãn) dương (có nghĩa là thay đổi từ "0" sang "1"). Điều khiển khởi động được ký hiệu bằng mũi tên trong biểu tượng chuyển mạch. Con số 1 trong biểu tượng mạch của linh kiện cho biết sự tùy thuộc giữa xung nhịp và dữ liệu ngõ vào. Con số 1 trước D cho biết ngõ vào này tùy thuộc vào ngõ vào điều khiển nào, ở đó có số 1 sau mẫu tự, thí dụ như C1. Mạch lật D có thể lưu trữ 1 bit. Nó là phần tử nhỏ nhất trong bộ nhớ RAM (có khả năng đọc và thay đổi nội dung).

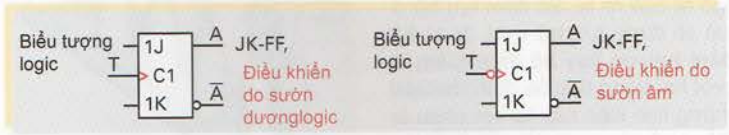


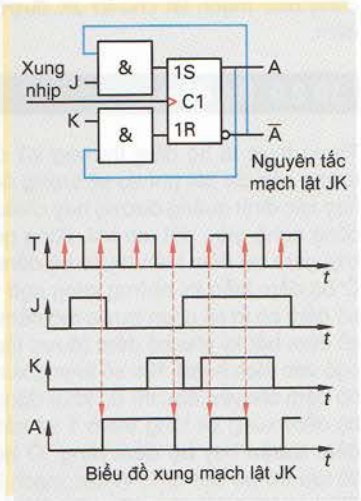


Hình 1: Mạch lật D

Mạch lật JK (Flipflop JK)

Mạch lật JK (**Hình 2**) là một linh kiện lưu trữ có điều khiển khởi động (với xung nhịp) ngõ ra A với ngõ vào J để thiết lập (set) và với ngõ vào K để thiết lập lại (reset). Như trong biểu đồ xung cho thấy rõ, ngưỡng logic "1" của hai ngõ vào J và K xác định rõ ràng tín hiệu ở ngõ ra A. Nếu J = K =1 thì mạch lật Flipflop sẽ khởi động, nghĩa là trạng thái của ngõ ra sẽ thay đổi với mỗi sườn đi lên của xung nhịp. Người ta còn gọi mạch lật làm việc theo phương thức Toggle (*lật qua lại*). Mạch lật JK là một linh kiện lưu trữ động được điều khiển do sườn của xung nhịp.

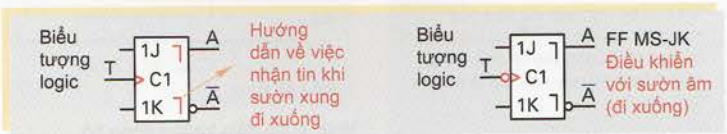


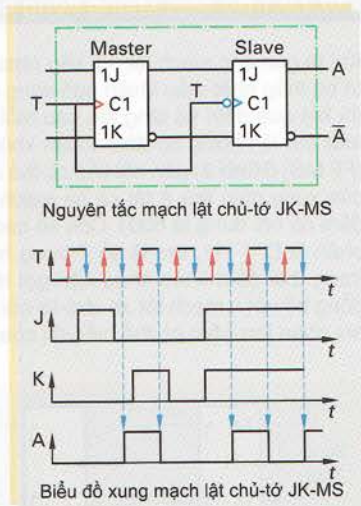


Hình 2: Mạch lật JK (Flipflop JK)

10.2.8.1 Mạch lật JK chủ-tớ (Flipflop MS-JK)

Mạch lật JK chủ-tớ (Master-Slave) (**Hình 3**) gồm có hai mạch lật JK điều khiển động (với xung nhịp), chúng được gắn nối tiếp nhau. Thông tin lưu trữ nằm ở những ngõ vào của mạch lật chủ (master), thông tin này sẽ do mạch lật tớ (slave) phát ra ngoài. Trong khi mạch lật chủ lưu trữ thông tin ở ngõ vào J và K do sườn đi lên của xung nhịp, thì mạch lật tớ bị khóa lại. Chỉ khi sườn (âm) của xung nhịp đi xuống thì mạch lật tớ nhận thông tin từ mạch lật chủ và phát thông tin ở ngõ ra. Mạch lật JK chủ-tớ (Master-Slave) còn gọi là **mạch điều khiển với hai sườn xung**. Với sườn xung đi lên thông tin ở mạch lật chủ được lưu trữ trung gian, với sườn xung đi xuống mạch lật tớ nhập thông tin trung gian này và xuất ra ở ngõ ra. Vì vậy mạch lật chủ-tớ JK-MS có thể **lưu trữ hai thông tin khác nhau**, một thông tin ở chủ (bộ nhớ trung gian) và một thông tin khác ở tớ (bộ nhớ ngõ ra).





Hình 3: Mạch lật chủ-tớ JK (FF MS - JK)

https://tiedlun.hopto.org

10.2.8.2 Mạch lật chủ-tớ với những ngõ vào tĩnh (FF JK-MS)

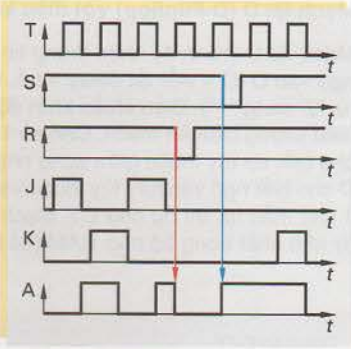
Những ngõ vào tĩnh (*static* = *ổn định*) R-S là không phụ thuộc vào xung nhịp và phản ứng theo trạng thái của tín hiệu (trạng thái logic "0" hay "1"). Những ngõ vào điều khiển bổ sung này S (Set - thiết lập) và R (Reset - thiết lập lại) ưu tiên hơn đối với những ngõ vào động (*dynamic*) J-K.

Biểu tượng logic

R = S = 1 Những ngõ vào tĩnh (R-S) không có tác dụng, mạch lật chủ-tớ JK-MS hoạt động theo xung nhịp.

S = 0, R = 1 Ngõ ra của mạch lật JK-MS nhảy lên logic "1", những ngõ vào động (J-K) không có tác dụng (đường thẳng đứng màu xanh **Hình 1**)

S = 1, R = 0 Ngõ ra của mạch lật JK-MS nhảy xuống logic "0", những ngõ vào động (J-K) không có tác dụng (đường thẳng đứng màu đỏ **Hình 1**)



Hình 1: Biểu đồ xung

Trong kỹ thuật IC (**I**ntegrate **C**ircuit = mạch tích hợp), những mạch lật JK cũng như mạch lật chủ-tớ JK được sử dụng để thiết kế những các bộ đếm.

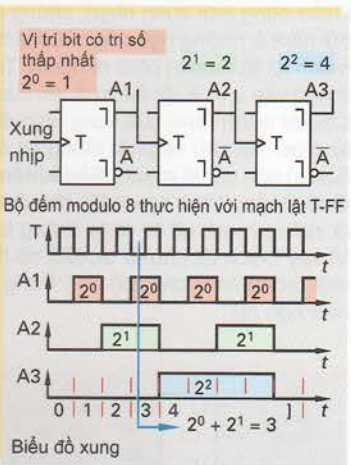
10.2.9 Bộ đếm

Trong thực tế bộ đếm thường sử dụng để đếm số lượng xung hay số lượng các chi tiết (thí dụ số lượng đơn vị sản xuất), cũng như để hiển thị hay xác định quãng đường hay chiều dài. Phạm vi sử dụng điển hình như công nghệ giấy, dệt, cơ khí, đóng gói (**Hình 2**). Trên nguyên tắc ta phân biệt giữa bộ đếm hiển thị và bộ đếm với trị số chọn trước hay định mức. Ở bộ đếm hiển thị những xung ngõ vào được đếm và sau đó hiển thị. Ở bộ đếm có trị số chọn trước (bộ đếm có thể lập trình) ta định trước một trị số đếm bất kỳ cho bộ đếm (được lập trình) qua công tắc mã hóa (những ngõ vào kích hoạt). Khi số lượng xung đếm đạt được trị số định trước thì bộ đếm chuyển đổi, thí dụ khởi động ngõ ra của rờ le. Số đếm lưu trữ ở bộ đếm xung sẽ tăng thêm 1 và kết quả sẽ được lưu trữ mới, đó là **bộ đếm thuận** hay **bộ đếm tăng**. Ở **bộ đếm ngược** hay **bộ đếm giảm** trị số lưu trữ sẽ bớt đi 1. Vì các mạch lật với hai trạng thái ổn định (bistabil FF) lưu trữ 1 bit, cho nên khi kết nối những linh kiện này lại với nhau ta có thể sẽ tạo được những mạch đếm. Tổng số các mạch lật cần thiết tùy thuộc vào số đếm cần lưu trữ và kết quả đếm.

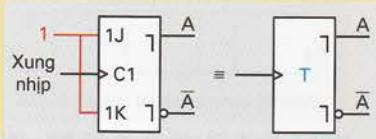
Hình 2: Bộ đếm để hiển thị

10.2.9.1 Bộ đếm không đồng bộ

Khi ta gắn các mạch lật nối tiếp nhau, sao cho ngõ ra của mạch lật có vị trí bít thấp nhất điều khiển ngõ xung của mạch lật kế có vị trí bít cao hơn, thì kết quả đếm sẽ tăng lên sau mỗi xung nhịp, ta gọi những mạch đếm như thế là những bộ đếm thuận không đồng bộ. Với ba mạch lật chủ-tớ (FF MS) (**Hình 3**) gắn nối tiếp có thể có 8 xung bị đếm. Với sườn đi xuống của xung nhịp thứ 8 tất cả ba mạch lật đều được thiết lập lại (reset, bộ đếm có nội dung là 000). Con số cao nhất để hiển thị trong hệ thống nhị phân là D = 111, tức là số 7 trong hệ thống thập phân. Vì bộ đếm có 8 trạng thái đếm khác nhau nên gọi là bộ đếm modulo 8. Bộ đếm không đồng bộ với n mạch lật JK chủ-tớ nối tiếp nhau có thể đếm 2^n xung. Trị số nhị phân lớn nhất có thể hiển thị của nó là $2^n - 1$.



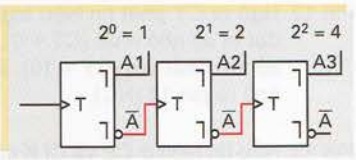
Hình 3: Bộ đếm không đồng bộ



Khi những ngõ vào dữ liệu của mạch lật chủ-tớ JK-MS có logic "1", thì ngõ ra lật (toggle) tại mỗi xung nhịp. Mạch lật này còn gọi là mạch lật T-FF.

https://tieulun.hopto.org

Nếu xung nhịp của đầu $\overline{A}$ được sử dụng để điều khiển cho mạch lật kế tiếp thì ta được **bộ đếm ngược** (**Hình 1**).



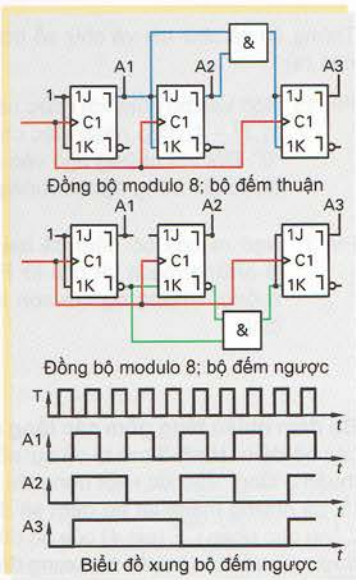
Hình 1: Bộ đếm ngược modulo 8

10.2.9.2 Bộ đếm đồng bộ

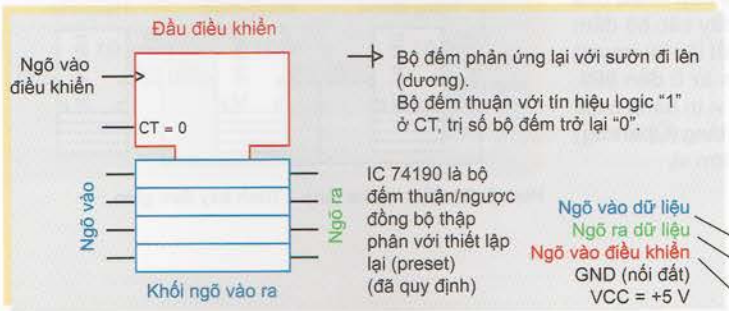
Đặc tính của bộ đếm đồng bộ là xung nhịp điều khiển cùng một lúc cho tất cả mạch lật trong bộ đếm. Vì vậy xung đếm nhịp ở bộ đếm đồng bộ cao hơn so với bộ đếm không đồng bộ, khi chúng cùng một số lượng đếm (**Hình 2**).

Bộ đếm đồng bộ đếm nhanh hơn bộ đếm không đồng bộ.

Điều khiển đồng bộ đòi hỏi cách ráp mạch tương ứng cho ngõ vào J và K. Qua đó cần bảo đảm sao cho chỉ những mạch lật thay đổi trạng thái ngõ ra, nhờ đó dãy số đếm được chính xác. Ở bộ đếm ngược đồng bộ modulo 8 những ngõ ra âm được sử dụng cho việc ráp mạch của những ngõ vào J và K tương ứng. Trong thực tế hầu như người ta không còn thiết kế trực tiếp những bộ đếm đồng bộ, vì trên thị trường cung ứng nhiều bộ đếm trong một mạch tích hợp IC. Những IC này được mô tả trong một sơ đồ khối. Sơ đồ này gồm có một khối điều khiển, một hay nhiều khối ngõ ra (từ ngõ vào đến ngõ ra). Khối điều khiển cho biết loại điều khiển cũng như sự phụ thuộc giữa ngõ vào và ngõ ra với ngõ vào điều khiển. Ở đây những chữ số đặc trưng và chữ cái được sử dụng. Khối ngõ vào ra chứa những mạch lật FF.



Hình 2: Bộ đếm đồng bộ



IC 74190 (**Hình 3** và **Hình 1**, **Trang 400**) là một bộ đếm thập phân đồng bộ, có thể lập trình để đếm thuận và ngược theo mã BCD.

Thông tin về chữ cái và chữ số trong khối điều khiển (**Hình 2**, **Trang 400**):

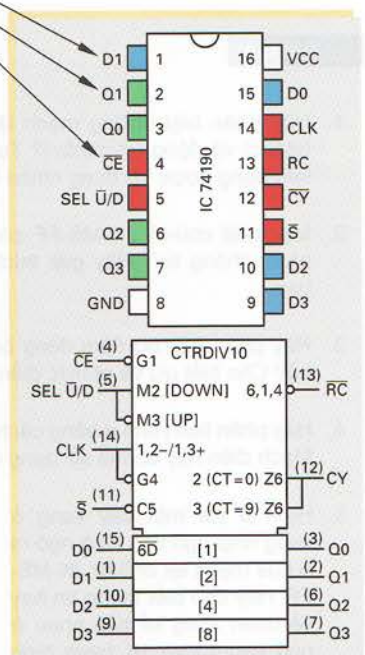
CTR DIV 10; bộ đếm (counter) / chia (division); đếm 10 xung.

Pin 4 Ngõ vào G1($\overline{CE}$; cho phép đếm) được nối qua cổng AND với pin 14 CLK (clock, xung nhịp) và với ngõ ra pin 13 $\overline{RC}$ (ripple clock, xung nhịp không đồng bộ)

Pin 5 Ngõ vào chọn hướng đếm; nếu $\overline{U}$/D (Down M2, Up M3) có logic "0" thì đếm thuận; nếu $\overline{U}$/D có logic ´1´ thì đếm ngược

Pin 14 CLK (xung nhịp); đếm ngược khi $\overline{CE}$ và $\overline{U}$/D với logic "0" (1,2-); đếm thuận khi $\overline{CE}$ với logic "0" và $\overline{U}$/D với logic "1" (1,3+). Ngoài ra CLK tác dụng vào ngõ ra $\overline{RC}$ pin 13 qua G4

Pin 11 Qua ngõ vào $\overline{S}$ (C5) bộ đếm nhập dữ liệu từ ngõ vào D0 đến D3, bộ đếm được lập trình. Điều này xảy ra ở ngõ vào S với tín hiệu logic "0" ngắn hạn (nạp không đồng bộ).



Hình 3: Ký hiệu mạch điện cho IC 74190

https://tieulun.hopto.org

10

Pin 12 Ngõ ra CY phát tín hiệu logic "1", với bộ đếm ngược ($\overline{U}$/D = "0") đạt trị số nhỏ nhất (CT = 0), với bộ đếm thuận ($\overline{U}$/D = "1") đạt trị số lớn nhất với (CT = 10). Z6 cho biết ngõ ra này nối nội bộ với ngõ ra pin 13 ($\overline{RC}$).

Pin 13 Nếu tín hiệu ở $\overline{CE}$ và CLK có logic "0", thì ở ngõ ra $\overline{RC}$ có tín hiệu đảo của ngõ ra CY (pin 12). Ngõ ra $\overline{RC}$ được sử dụng cho việc nối tầng bộ đếm. Nó cung cấp xung đếm cho bộ đếm tầng kế tiếp cao hơn.

INPUT					OUTP./FUNCT.					
$\overline{CE}$	S	SEL	$\overline{U}$/D	CLK	Q3	Q2	Q1	Q0	CY	$\overline{RC}$
L	H	L	∫		L	L	L	L	L	H
X	L	X	X		Nạp				L	H
H	H	X			Không thay đổi				L	H
L	H	L	∫		Đếm lên (thuận)				L	H
L	H	H	∫		Đếm xuống (ngược)				L	H
L	H	L	∫		H	L	L	L	L	H
L	H	L	∫		H	L	L	H	⎍	⎍

Hình 1: Bảng điều khiển IC 74190

Thông tin về chữ cái và chữ số trong khối ngõ vào ra (từ ngõ vào đến ngõ ra)

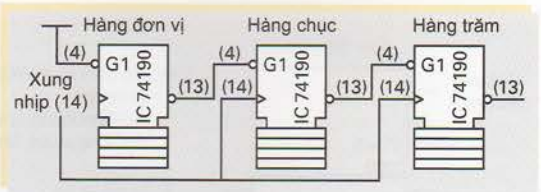
Pin 15 Ngõ vào bộ đếm với chức năng D giúp cho sự chỉnh trước với giá trị 2^0 = 1. Tiếp nhận việc chỉnh trước khi $\overline{S}$ (pin 11) nối với logic "0". Đối với những ngõ vào còn lại D1 đến D3 giá trị chỉnh trước được ghi trong ngoặc vuông [ ].

Pin 3 Ngõ ra của bộ đếm cả hai chiều có giá trị 1; khối ngõ vào ra là những mạch lật chủ-tớ FF MS, ký hiệu đặc trưng là sườn đi xuống. Những ngõ ra còn lại Q1 đến Q3 có giá trị như đã quy định.

Chữ cái (N)	Ý nghĩa
C	Điều khiển
EN	Cho phép
G	AND
M	Chế độ (modus)
N	Phủ định
R	Thiết lập lại (reset)
S	Thiết lập (set)
V	OR
Z	Kết nối

Hình 2: Những chữ cái ký hiệu cho ngõ vào và ngõ ra bị điều khiển

Bộ đếm nhiều tầng gồm các tầng nối tiếp nhau của các bộ đếm. **Hình 3** mô tả về sự nối dây các bộ đếm thuận 3 tầng. Vào lúc khởi động khi thiết lập lại (reset) tất cả những mạch lật bộ đếm sẽ đếm từ 0 đến 999. Cổng cho phép $\overline{CE}$ (pin 4) của bộ đếm vị trí hàng chục được nối với đầu truyền cho xung đếm tầng (Übertrag) $\overline{RC}$ (pin 13) của bộ đếm kế tiếp hàng đơn vị.



Hình 3: Bộ đếm nối ba tầng – Trình bày đơn giản

Bài tập:

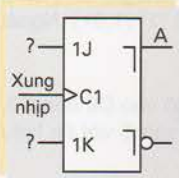
1. Hãy phân biệt những mạch lật điều khiển tĩnh (static) và động (dynamic)? Tại sao những ngõ vào động được sử dụng nhiều hơn tĩnh?

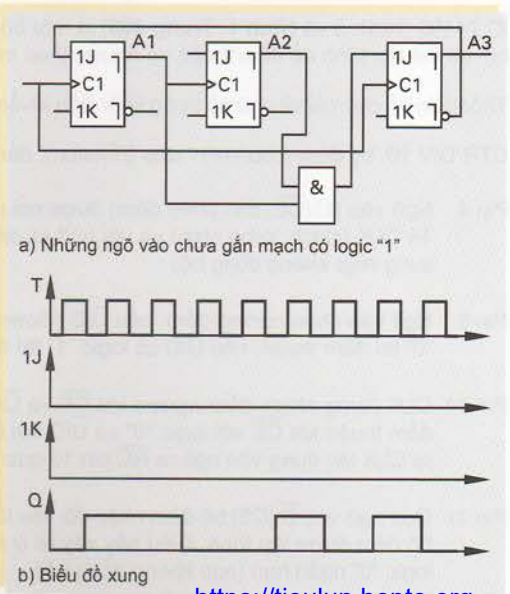
2. Mạch lật chủ-tớ JK-MS-FF có thể lưu trữ bao nhiêu thông tin? Hãy giải thích câu trả lời của bạn.

3. Hãy phân biệt bộ đếm đồng bộ và không đồng bộ? Cho biết ưu và nhược điểm của cả hai loại.

4. Hãy phân tích Hình a bằng cách vẽ biểu đồ xung. Mạch điện này có thể sử dụng ở đâu?

5. Hình b chỉ một dãy xung ở xung nhịp ngõ vào và ở ngõ ra A của mạch lật chủ-tớ JK-MS-FF. Hãy cho biết thông tin hay vẽ đoàn xung kế tiếp nhau ở ngõ vào 1J và 1K (xem hình bên cạnh)?





a) Những ngõ vào chưa gắn mạch có logic "1"

b) Biểu đồ xung

https://tieulun.hopto.org

10.2.9.3 Thanh ghi

Thanh ghi là bộ nhớ nhanh (ghi và đọc nhanh) chứa nhiều bit (từ 4 đến 64 bit) cho số lượng dữ liệu ít. Dữ liệu được lưu trữ ngắn hạn dưới dạng nhị phân. Mỗi bit thông tin chứa trong một ô nhớ. Việc xác định vị trí ô nhớ bit cho thông tin được thực hiện do sự truyền dữ liệu nối tiếp tuần tự theo thời gian ở ngõ vào và ngõ ra. Do đó thanh ghi không cần có địa chỉ để đọc hay viết dữ liệu.

Bảng 1: Phân chia thanh ghi theo định dạng dữ liệu

Loại thanh ghi	Nhập dữ liệu	Xuất dữ liệu
Thanh ghi dịch chuyển (SR)	nối tiếp	nối tiếp
Thanh ghi là bộ biến đổi nối tiếp - song song	nối tiếp	song song
Thanh ghi là bộ biến đổi song song - nối tiếp	song song	nối tiếp
Thanh ghi lưu trữ	song song	song song

10.2.9.4 Nguyên tắc thanh ghi dịch chuyển

Khi dữ liệu lưu trữ trong một thanh ghi bị dời vị trí sang bên cạnh bằng một câu lệnh, ta gọi là thanh ghi dịch chuyển. Thanh ghi dịch chuyển được cấu tạo rời rạc với mạch lật chủ-tớ FF JK-MS hay có sẵn trong mạch tích hợp IC. Thanh ghi dịch chuyển ở **Hình 1** có dung lượng lưu trữ 3 bit. Biểu đồ xung **Hình 2** cho thấy rõ ở mỗi sườn khi đi xuống của xung nhịp, dữ liệu trong một ô nhớ bị đẩy sang phía bên cạnh. Khi xung nhịp bị chặn lại, dữ liệu trong thanh ghi được lưu giữ. Chỉ cho đến khi xung nhịp mới thì dữ liệu chuyển dịch tiếp theo từ ô này sang ô khác. Dữ liệu khi đến ngõ ra của thanh ghi sẽ "bị mất đi" với xung nhịp kế tiếp, nó được tách rời khỏi thanh ghi.

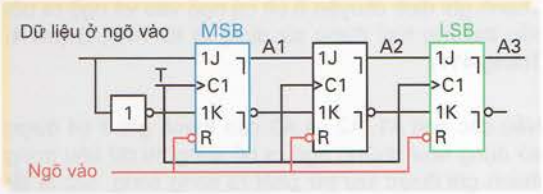
Bài tập: Cần bao nhiêu xung nhịp để dữ liệu 101 (**Hình 3**) trong thanh ghi dịch chuyển có 3 bit được lưu trữ?

Lời giải: Cần 3 xung nhịp

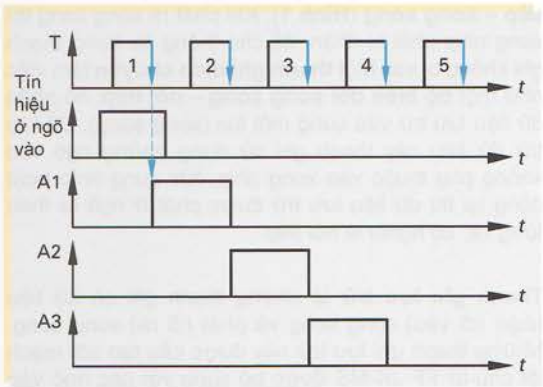
1. Xung nhịp LSB[1)] = 1 → 1 ở A1
2. Xung nhịp LSB = 1 → 1 ở A2 và 0 → A1
3. Xung nhịp LSB = 1 → 1 ở A3 và 0 → A2 và MSB[2)] = 1 → ở A1

Trong một thanh ghi dịch chuyển, bit đi vào trước cũng sẽ đi ra trước, do đó ta còn gọi thanh ghi dịch chuyển là FIFO. Để xóa dữ liệu của thanh ghi không tùy thuộc vào xung nhịp, thì ta cần nối ngõ vào xóa với 0V (mass) trong thời gian ngắn.

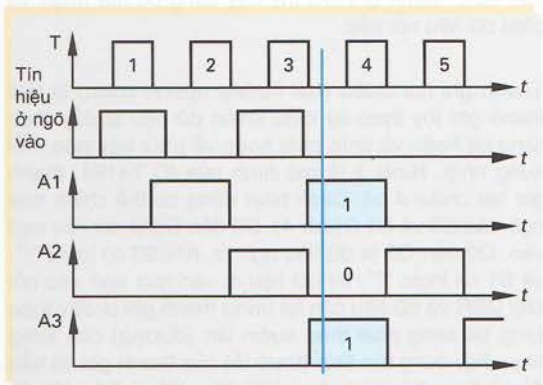
1) LSB: Least significant Bit, bit có trọng số thấp nhất
2) MSB: Most significant Bit, bit có trọng số cao nhất



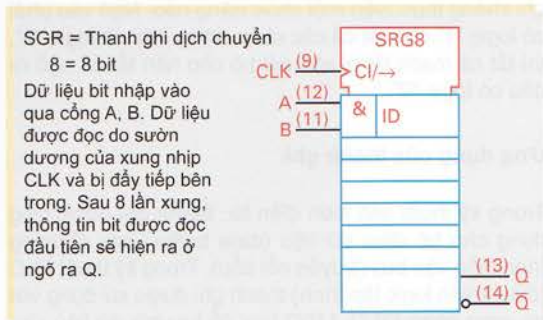
Hình 1: Thanh ghi dịch chuyển 3 bit
LSB (Least significant Bit): bit có trọng số thấp nhất
MSB (Most significant Bit): bit có trọng số cao nhất



Hình 2: Biểu đồ xung thanh ghi dịch chuyển 3 bit



Hình 3: Nhập vào thông tin 101



Hình 4: Thanh ghi dịch chuyển 8 bit với ngõ ra / vào nối tiếp, IC 7491

https://tieulun.hopto.org

Thanh ghi dịch chuyển 8 bit có ngõ vào và ngõ ra nối tiếp thường hay được sử dụng là IC 7491 (**Hình 4, Trang 411**).

Nếu các ngõ A1, A2 và A3 của thanh ghi 3 bit được sử dụng như những ngõ ra bổ sung thì dữ liệu trong thanh ghi được lưu trữ phát ra song song, tức là tất cả những bit dữ liệu (ô nhớ) được đọc cùng một lúc.

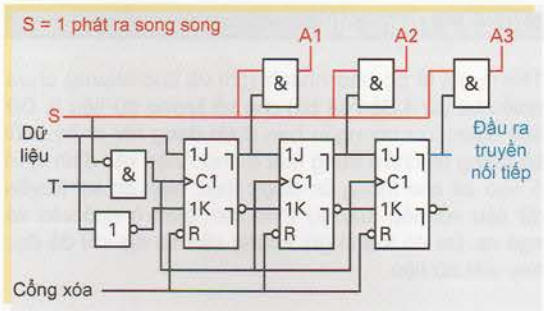
Một **thanh ghi dịch chuyển** với dữ liệu nhận vào nối tiếp và phát ra song song được gọi là **bộ biến đổi nối tiếp – song song** (**Hình 1**). Khi phát ra song song thì xung nhịp phải bị chặn, để cho thông tin trong thanh ghi không bị sai. Một **thanh ghi dịch chuyển** làm việc như một **bộ biến đổi song song – nối tiếp**, nó nhận dữ liệu lưu trữ vào cùng một lúc (song song). Để lưu trữ dữ liệu này thanh ghi sử dụng những ngõ vào không phụ thuộc vào xung nhịp. Khi xung nhịp hoạt động lại thì dữ liệu lưu trữ được phát ở ngõ ra theo từng bit, có nghĩa là nối tiếp.

Thanh ghi lưu trữ là những thanh ghi có dữ liệu nhận (đi vào) song song và phát (đi ra) song song. Những thanh ghi lưu trữ này được cấu tạo với mạch lật chủ-tớ FF JK-MS được bổ sung với các ngõ vào tĩnh (*static*). Qua những ngõ vào tĩnh (S hay R) này dữ liệu được ghi vào những mạch lật FF (**Hình 2**). Thêm vào đó ở thanh ghi lưu trữ này cũng có thể nhận và phát dữ liệu nối tiếp.

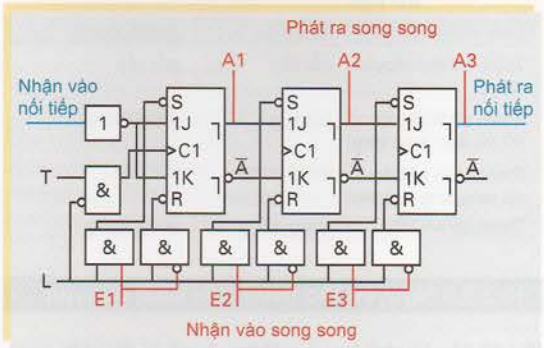
Thanh ghi hai chiều (*hai hướng ngược nhau*) là loại thanh ghi tùy theo sự điều khiển dữ liệu bị đẩy theo từng bit hoặc về phía phải hoặc về phía trái theo mỗi xung nhịp. **Hình 3** là mô hình của IC 74194, thanh ghi hai chiều 4 bit. Cách hoạt động có thể chỉnh qua ngõ vào S0 và S1 (**Hình 4**). D0 đến D3 là dữ liệu ngõ vào, Q0 đến Q3 là dữ liệu ngõ ra. Khi S0 có logic "1", và S1 có logic "0", thì dữ liệu đi vào qua ngõ vào nối tiếp DSR và dữ liệu còn lại trong thanh ghi bi đẩy theo từng bit sang phải theo sườn lên (dương) của xung nhịp. Nội dung tức thời (thực tế) của thanh ghi có sẵn để sử dụng tại các ngõ ra. Với S0 = "0" và S1 = "1" dữ liệu sẽ bi đẩy về phía trái. Ngõ vào nối tiếp cho chiều trái là DSL. Khi S0 và S1 có cùng logic "0", thì thanh ghi không thực hiện một chức năng nào. Ngõ vào phải có logic "1" cho tất cả các chức năng. Khi có logic "0", thì tất cả mạch lật bị xóa nội bộ cho nên tất cả ngõ ra đều có logic "0".

Ứng dụng của thanh ghi.

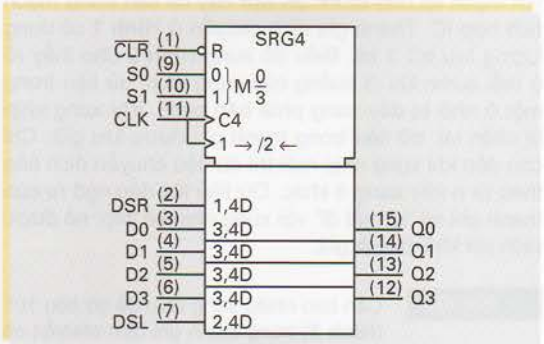
Trong kỹ thuật linh kiện điện tử, thanh ghi được ứng dụng cho bộ đệm dữ liệu (data buffer) hay chương trình điều vận bus (truyền nối tiếp). Trong kỹ thuật PLC (điều khiển logic lập trình) thanh ghi được sử dụng với phương pháp FIFO, LIFO hay để lưu trữ dữ liệu vào bộ nhớ của các linh kiện sử dụng.



Hình1: Bộ biến đổi nối tiếp – song song



Hình 2: Thanh ghi lưu trữ 3 bit



Hình 3: IC 74194 Thanh ghi hai chiều với dữ liệu ngõ vào và ngõ ra song song

CLK	MODE S0	MODE S1	$\overline{CLR}$	CHỨC NĂNG
X	L	L	H	Không thay đổi
∫	H	L	H	Đẩy sang phải (DSR đến Q0)
∫	L	H	H	Đẩy sang trái (DSL đến Q3)
∫	H	H	H	Nạp dữ liệu song song
X	X	X	L	Xóa

Hình 4: Tổng quan chức năng của IC 74194

https://tieulun.hopto.org

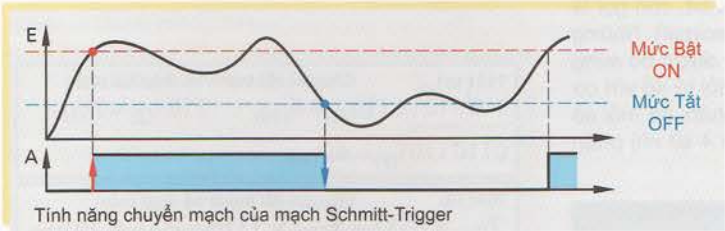
10.2.10 Các mạch điện kỹ thuật số (digital) đặc biệt

Mạch lật đơn ổn định có một trạng thái ổn định, ngõ ra A (**Hình 1**) có vị trí tĩnh với tín hiệu "0". Khi bị điều khiển, mạch lật đơn ổn định nhảy qua vị trí làm việc A = "1". Khi không còn chịu điều khiển, mạch lật đơn ổn định trở lại vị trí tĩnh với một thời gian trễ t_v. Thời gian trễ này có thể chỉnh được trong một giới hạn nhất định.

Ta gọi mạch lật đơn ổn định **có thể khởi động lại (trigger),** khi trong thời gian trễ nó được khởi động lại bằng một xung khởi động tiếp theo. Linh kiện IC 74122 là một mạch lật đơn ổn định có ngõ xóa tín hiệu.

Mạch lật không ổn định không có trạng thái ổn định. Khi có điện áp cung cấp, mạch lật liên tục chuyển đổi tín hiệu "0" và "1" ở ngõ ra (**Hình 2**). Mạch lật không ổn định là một bộ phát tần số.

Mạch lật khởi động (Schmitt-Trigger) là một công tắc ngưỡng (**Hình 3**). Khi tín hiệu ở ngõ vào vượt quá mức điện áp đã định, mạch Schmitt-Trigger lật sang vị trí làm việc của nó (tín hiệu "1" ở ngõ ra A), khi tín hiệu xuống dưới mức điện áp đã định mạch Schmitt-Trigger trở lại vị trí tĩnh của nó (tín hiệu "0" ở ngõ ra). Việc chuyển đổi tín hiệu xảy ra nhảy vọt. Điện áp ở ngõ ra có dạng xung (hình chữ nhật). Tiêu biểu của mạch Schmitt-Trigger là mức điện áp của tín hiệu khi bật và khi tắt rất chênh lệch. Ta gọi đó là hiện tượng điện áp trễ (Hysteresis = sự chênh lệch chuyển đổi giữa điện áp khi bật và khi tắt).

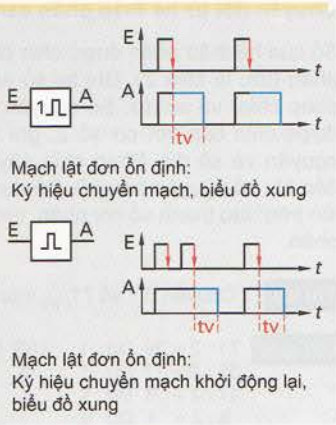


Tính năng chuyển mạch của mạch Schmitt-Trigger

10.2.11 Hệ thống số

Trong kỹ thuật về mạch điện digital những hệ thống số sau đây thường được sử dụng: **hệ số thập phân**, **hệ nhị phân** và **hệ thập lục phân** (hexadecimal, mười sáu).

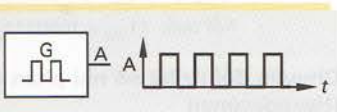
Hệ thống số là một tập hợp được sắp xếp gồm những chữ số để mô tả các con số. Những hệ thống được đề cập ở trên là những hệ thống số giá trị theo vị trí, có nghĩa là giá trị của các chữ số tùy thuộc vào hệ cơ số (cơ bản của hệ thống số) và vị trí của nó trong dãy số (**Bảng 1**). Cơ số của hệ thống số là bằng tổng số tập hợp của các chữ số được dùng. Giá trị của một vị trí là tích số giữa chữ số và lũy thừa của vị trí. Giá trị lũy thừa ở một vị trí tùy thuộc vào cơ số và vị trí n của nó, trước hay sau dấu phẩy, thí dụ (cơ số)^n. Giá trị của số là tổng giá trị của tất cả giá trị ở các vị trí. *(Thí dụ số u_k = 259 trong hệ cơ số thập phân được trình bày bằng 3 chữ số 2, 5 và 9 và giá trị của số $u_k = 2.10^2 + 5.10^1 + 9.10^0$ – ND).* Bởi vì các hệ thống số nêu trên đều sử dụng những chữ số (digit) giống nhau, nên cần phải ký hiệu hệ thống đang sử dụng với một chỉ số (index) để tránh sự nhầm lẫn, thí dụ $1110_{(10)}$ là một hệ thống số thập phân, $1110_{(2)}$ là một hệ nhị phân. **Hệ thập phân** sử dụng từ số 0 đến 9, nên có cơ số 10. **Hệ nhị phân** chỉ dùng hai số là 0 và 1, nên có cơ số 2. Máy tính sử dụng hệ nhị phân với 16, 32 vị trí (bit) hay nhiều hơn. Vì những dãy số nhị phân này trình bày không rõ ràng, nên hệ thống nhị phân được thay thế bằng **hệ thập lục phân (hệ mười sáu số)** với giá trị của vị trí cao hơn. Hệ thập lục phân gồm có 16 chữ số, đó là chữ số thập phân từ 0 đến 9 và những mẫu tự từ A đến F (xem **Hình 1, Trang 414**).



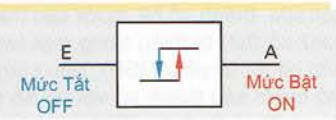
Mạch lật đơn ổn định:
Ký hiệu chuyển mạch, biểu đồ xung

Mạch lật đơn ổn định:
Ký hiệu chuyển mạch khởi động lại, biểu đồ xung

Hình 1: Mạch lật đơn ổn định



Hình 2: Mạch lật không ổn định: ký hiệu chuyển mạch

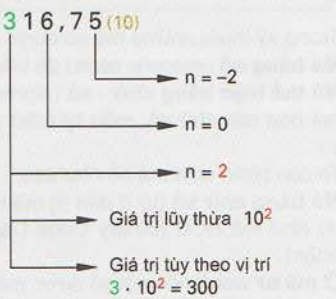


Hình 3: Mạch Schmitt-Trigger: Ký hiệu chuyển mạch

Bảng 1: Mã số

	Hệ thập phân	Hệ nhị phân	Hệ thập lục phân
Chữ số	0 đến 9	0 và 1	0 đến 9 A đến F
Cơ số	10	2	16

Hệ thống số: chữ số, cơ số



0 đến 9; A = 10; B = 11; C = 12;
D = 13; E = 14; F = 15
Chữ số trong hệ thập lục phân

10

https://tieulun.hopto.org

Chuyển đổi từ hệ thập phân sang hệ nhị phân

Số của hệ thập phân được chia cho cơ số của hệ nhị phân (tức là chia 2). Ghi lại số nguyên (kết quả của phép chia) và số dư. Số nguyên của phép chia trên được chia tiếp với cơ số 2, ghi tiếp kết quả với số nguyên và số dư. Phép chia này được tiếp tục cho đến khi số nguyên bằng 0. Số dư được đọc "từ dưới lên trên" tạo thành số nhị phân, tương ứng với số thập phân.

Thí dụ: Chuyển đổi số $71_{(10)}$ thành số nhị phân

Lời giải:

71 : 2 = 35 Dư 1 — LSB: Bit có trọng số thấp nhất (Bit ở vị trí cực phải)
35 : 2 = 17 Dư 1
17 : 2 = 8 Dư 1
8 : 2 = 4 Dư 0
4 : 2 = 2 Dư 0
2 : 2 = 1 Dư 0
1 : 2 = 0 Dư 1 — MSB: Bit có trọng số cao nhất (Bit ở vị trí cực trái)

Kết quả: $71_{(10)} = 1000111_{(2)}$

Chuyển đổi từ hệ số nhị phân sang hệ mười sáu (Hexadecimal)

Số nhị phân được phân chia thành những nhóm 4 bit, bắt đầu từ nhóm cực phải, tức là bit có trọng số thấp nhất. Tiếp đó chuyển đổi từng nhóm 4 bit, còn gọi là tetrade, thành số hệ mười sáu (hexadecimal). Những chữ số (bit) bị thiếu trong một tetrade được bổ sung với bit "0" (ở phía MSB). Nếu chuyển đổi từ số với cơ số mười sáu thành số với cơ số nhị phân, thì mỗi số hexa (0 … 9 và A …F) tương ứng với 4 bit nhị phân (**Hình 2**).

Hệ thập lục phân (hexadecimal)			Hệ thập phân			Hệ nhị phân				
16^2	16^1	16^0	10^2	10^1	10^0	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
256	16	1	100	10	1	16	8	4	2	1
		0			0	0	0	0	0	0
		1			1	0	0	0	0	1
		2			2	0	0	0	1	0
		3			3	0	0	0	1	1
		4			4	0	0	1	0	0
		5			5	0	0	1	0	1
		6			6	0	0	1	1	0
		7			7	0	0	1	1	1
		8			8	0	1	0	0	0
		9			9	0	1	0	0	1
		A		1	0	0	1	0	1	0
		B		1	1	0	1	0	1	1
		C		1	2	0	1	1	0	0
		D		1	3	0	1	1	0	1
		E		1	4	0	1	1	1	0
		F		1	5	0	1	1	1	1
	1	0		1	6	1	0	0	0	0

Hình 1: Đối chiếu các hệ thống số

$1101101_{(2)}$ Chuyển đổi thành hệ thập lục phân

$110\,1101_{(2)} = 0110_{(2)} = 6_{(10)}$ $1101_{(2)} = D_{(16)}$

$0110\,1101_{(2)} = 6D_{(16)}$

7EA(16) Chuyển đổi thành hệ thập phân

$7_{(16)} = 0111_{(2)}$ $E_{(16)} = 1110_{(2)}$ $A_{(16)} = 1010_{(2)}$

$7EA_{(16)} = 111111010_{(2)}$

Hình 2: Chuyển đổi các hệ thống số

10.2.12 Mã số

Tất cả các dạng truyền thông dù qua mạng, qua sách báo hay qua vô tuyến đều phải sử dụng những bộ ký tự. Những bộ ký tự này có thể là chữ số (0…9) trong hệ thống số hay các mẫu tự trong bảng ký tự (0… 9, A…F). Cùng một thông tin giống nhau nhưng khi phổ biến trên mạng hay khi in trên báo thì được trình bày qua hai bộ ký tự khác nhau.

> Mã số là quy định về sự sắp xếp rõ ràng hai tập hợp ký hiệu.

Trong kỹ thuật những mã số được phân biệt như sau (**Hình 3**):
Mã bằng số (numeric code) để biểu diễn các chữ số và số
Mã thể hiện bằng chữ - số (alphanumeric code - mã ASCII) có khả năng mã hóa các chữ số, mẫu tự (chữ cái) và các ký hiệu đặc biệt như %, &, v.v…
Ta còn phân chia mã số như sau:
Mã bằng chữ số (từ 0 đến 9) mã hóa cho mỗi chữ số của một con số, thí dụ như mã BCD (Binary Code Decimal: số thập phân được mã hóa nhị phân).
Ở **mã từ** word mỗi một số được mã hóa thành toàn bộ như ở mã nhị phân
Mã từng bước một (*mã một bước*). Mã này được tạo ra sao cho hai số lân cận chỉ khác nhau một bit. Qua đó khi chuyển từ một mã số này sang một mã số lân cận, có thể nhận ra mã số bị sai. Đó là mã Gray được ứng dụng trong kỹ thuật cảm biến, thiết bị đo số vòng hay góc quay.

Số thập phân	Mã nhị phân	Mã BCD	Mã Gray
0	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001
2	0010	0010	0011
3	0011	0011	0010
4	0100	0100	0110
5	0101	0101	0111
6	0110	0110	0101
7	0111	0111	0100
8	1000	1000	1100
9	1001	1001	1101
10	1010	Nhóm 4 bit giả (dư) (Pseudo-Tetrad)	1111
11	1011		1110
12	1100		1010
13	1101		1011
14	1110		1001
15	1111		1000

(pseudo = dư, thừa, giả)

Hình 3: Mã số

https://tieulun.hopto.org

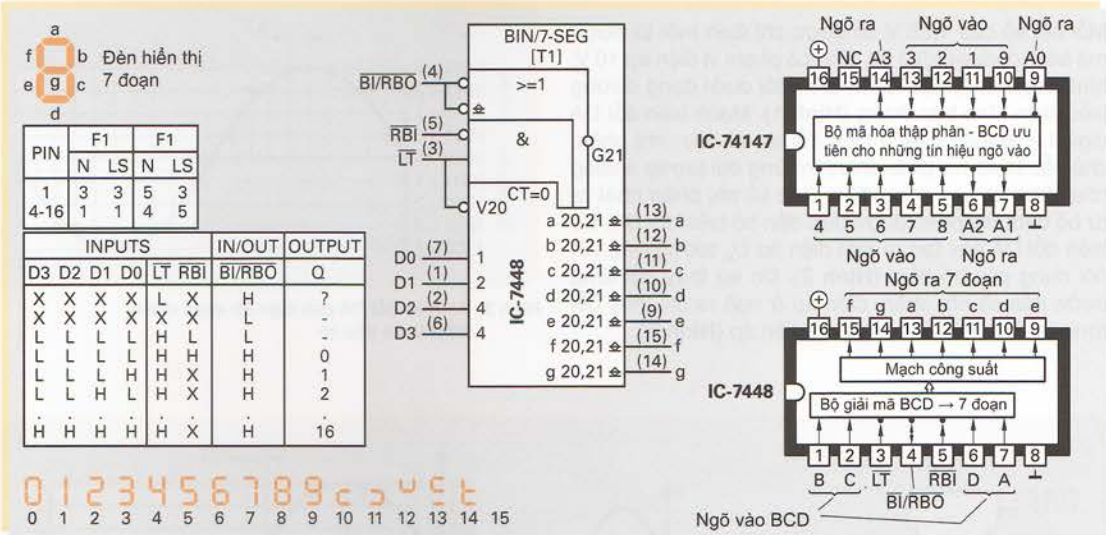
Mã số ASCII *(American Standard Code for Information Interchange = Tiêu chuẩn chuyển đổi thông tin của Hoa Kỳ)* là một mã bằng chữ số và ký tự được sử dụng trong kỹ thuật máy tính.

10.2.13 Bộ biến đổi mã số

Bộ biến đổi mã số có nhiệm vụ biến đổi thông tin theo hệ nhị phân thành một mã số khác thí dụ như mã số BCD (Binary Coded Decimal = số mã hóa nhị phân). **Hình 1** cho biết những mạch tích hợp IC thông dụng nhất để biến đổi mã số trong kỹ thuật. **Hình 2** là IC 74147 sử dụng cho bộ biến đổi số thập phân thành BCD. D1 đến D9 là những ngõ vào, A0 đến A3 là những ngõ ra. IC 7442 là một linh kiện mã BCD chuẩn với 4 bit ở ngõ vào biến đổi thành số thập phân từ 0 đến 9. Trong kỹ thuật những con số thập phân được hiển thị qua đèn LED 7-đoạn (từ a đến g). Để điều khiển việc giải mã và hiển thị BCD 7-đoạn ta sử dụng IC 7448.

Bộ biến đổi thập phân → BCD
Bộ biến đổi BCD → thập phân
Bộ biến đổi BCD → hiển thị 7 đoạn

Hình 1: Các bộ biến đổi mã số

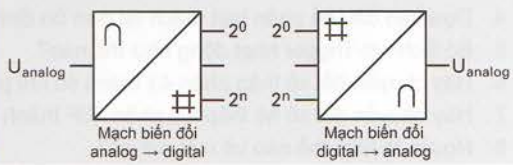


Hình 2: Nhiều mạch tích hợp (IC) khác nhau cho mạch biến đổi mã số

10.2.14 Bộ biến đổi tín hiệu

Nhiều đại lượng vật lý như nhiệt độ, áp suất hay thời gian thường xuất hiện dưới dạng analog. Độ lớn và dạng của những tín hiệu này phải tương thích với mức độ (ngưỡng) digital của kỹ thuật của bộ xử lý, các hệ thống máy tính, kỹ thuật PLC, để chúng có thể xử lý được. Mặt khác, rất nhiều tín hiệu có dạng digital được lưu trữ đơn giản hơn tín hiệu dạng analog. Nhưng khi để có thể diễn giải những tín hiệu digital, chúng phải biến đổi lại thành tín hiệu dạng analog như điện áp hay dòng điện. Khi thu nhận các tín hiệu, **mạch biến đổi analog-digital** được sử dụng. Mạch này biến đổi tín hiệu analog thành tín hiệu digital. Ngược lại **mạch biến đổi digital-analog** biến đổi tín hiệu digital thành analog. Mạch này thường được thiết kế ở phần phát tín hiệu. Một tín hiệu analog, thí dụ như điện áp, được tập hợp lại bởi rất nhiều trị số riêng lẻ. Để biến đổi tín hiệu này thành digital (kỹ thuật số) cứ mỗi trị số của điện áp phải được định một mã số riêng. Như thế chi phí kỹ thuật cho việc biến đổi analog-digital này sẽ rất cao. Cho nên phạm vi toàn bộ của điện áp, nơi có tín hiệu diễn tiến, được chia thành nhiều bước riêng lẻ, người ta gọi là lượng hóa (lượng tử hóa - quantize).

Lượng hóa	8 bit	10 bit	12 bit	14 bit	16 bit
Những bước lượng hóa	256	1024	4096	16384	65536
Bit có trọng số nhỏ nhất (LSB) cho vùng điện áp từ 0 đến 10 V	31,9 mV	9,76 mV	2,44 mV	610 µV	153 µV



Hình 3: Bộ biến đổi tín hiệu

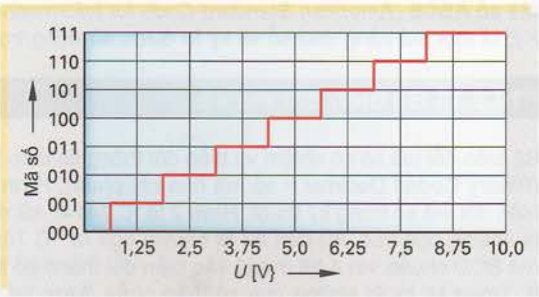
https://tieulun.hopto.org

Những tín hiệu analog được lượng hóa theo biên độ của nó. Trị số biên độ nhỏ nhất có thể phân biệt được là LSB (Bit có trọng số nhỏ nhất). **Bảng** của **Hình 3, Trang 415** cho ta thấy rõ, nếu càng có nhiều bit để lượng tử hóa cho một phạm vị điện áp thì trị số LSB càng nhỏ.

Thí dụ: Một vùng điện áp từ 0 đến 10 V phải được số hóa (digital hóa) với bộ biến đổi AD 3 bit.

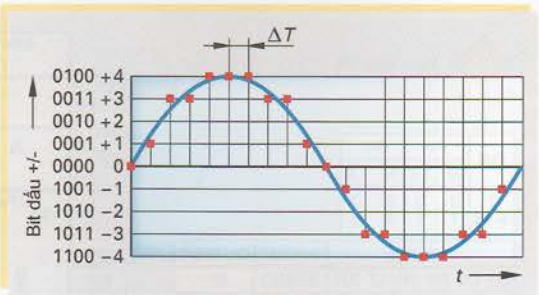
Lời giải: Một vùng điện áp từ 0 đến 10 V phải được số hóa (digital hóa) với bộ biến đổi AD 3 bit.

$$\frac{10\ V}{2^3} = \frac{10\ V}{8} = 1{,}25\ V$$

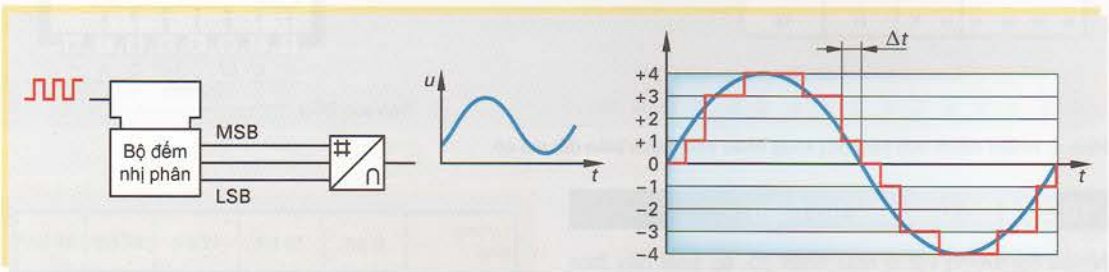


Hình 1: Bộ biến đổi AD 3 bit

Mỗi bội số của 1,25 V sẽ được chỉ định một từ được mã hóa (codeword) 3 bit. Cho cả phạm vi điện áp 10 V, hình thành một đặc tuyến biến đổi dưới dạng đường biểu diễn hình bậc thang (**Hình 1**). Mạch biến đổi DA digital – analog (DAU) biến đổi từ dữ liệu nhị phân, chủ yếu là số nhị phân thành những đại lượng analog như điện áp hay dòng điện. Các số nhị phân phát ra từ bộ đếm nhị phân được đưa đến bộ biến đổi DA. Bộ biến đổi DA này tạo ra một điện áp U_a tương ứng với nội dung của bộ đếm (**Hình 2**). Do sự thay đổi từng bước của số nhị phân, điện áp ở ngõ ra chỉ thay đổi từng bước cho mỗi bậc thang điện áp (**Hình 3**).



Hình 2: Bộ biến đổi DA của điện áp xoay chiều. MSB là bit dấu +/-



Hình 3: Bộ biến đổi DA của một từ dữ liệu (word 16 bit) thành điện áp xoay chiều hình sin

Bài tập:

1. Hãy cho biết những loại thanh ghi dịch chuyển?
2. Hãy mô tả cách làm việc của thanh ghi dịch chuyển SR với ngõ vào ngõ ra truyền nối tiếp.
3. Bộ nhớ FIFO được sử dụng trong kỹ thuật PLC. Bộ nhớ này hoạt động như thế nào?
4. Dựa vào đâu để phân biệt mạch lật đơn ổn định và mạch lật không ổn định?
5. Bộ Schmitt-Trigger hoạt động như thế nào?
6. Hãy chuyển đổi số thập phân 43 thành số nhị phân?
7. Hãy chuyển đổi số hệ thập lục phân A3F thành số nhị phân?
8. Người ta hiểu thế nào về một mã số?
9. Hãy mô tả sự khác nhau giữa mã bằng chữ số và ký tự (alphanumeric code) và mã bằng số (numeric code)?
10. Bộ biến đổi BCD 7 đoạn được sử dụng cho ứng dụng gì?
11. Có những loại mạch biến đổi tín hiệu nào? Hãy cho mỗi loại một thí dụ.
12. Một vùng của điện áp 24 V cần được số hóa (*digital hóa*) với 4 bit. Hãy thiết kế biểu đồ tương ứng.

https://tieulun.hopto.org

10.3 Mô tả kỹ thật điều khiển bằng đồ họa

Để mô tả kỹ thuật điều khiển được đơn giản và có cái nhìn tổng quát, người ta sử dụng những sơ đồ chuyển mạch trên đó có ghi những biểu tượng của các thành phần cấu tạo như (van, xi lanh v.v..). Dựa vào những sơ đồ chuyển mạch này, các thiết bị sẽ được phác thảo thiết kế và lập thành tài liệu theo kỹ thuật tương ứng (thí dụ khí nén, thủy lực). Các chương trình ứng dụng hỗ trợ người thiết kế có thể mô phỏng những chức năng của điều khiển trên máy tính trong thời gian làm dự án. Nhờ đó, việc tránh lỗi dự án có thể trước khi xây dựng thiết bị.

Ngoài ra chương trình này còn thiết lập danh sách toàn bộ các chi tiết (linh kiện, vật liệu) từ những mạch điện đã phác họa. Để bổ sung cho tài liệu kỹ thuật, các sơ đồ GRAFCET minh họa rõ từng bước điều khiển và những điều kiện chuyển mạch trong điều khiển trình tự.

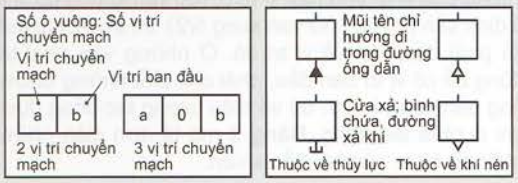
10.3.1 Biểu tượng và ký hiệu chuyển mạch của thành phần điều khiển bằng khí nén và thủy lực

Để xác định việc khởi động ngừng, xác định chiều lưu thông của không khí hay của dầu trong các van dẫn hướng (*van hành trình v.v..*), các khả năng chuyển mạch khác nhau được trình bày trong nhiều ô vuông. Một van với hai vị trí chuyển mạch cho nên có hai ô vuông và một van với ba chuyển mạch sẽ có ba ô vuông (**Bảng 1**). Van dẫn hướng được ký hiệu theo số cổng (*cửa, đầu nối*) điều khiển và số vị trí chuyển mạch (**Hình 1**). Thí dụ trình bày ở **Hình 2**.

Các cổng của van được ký hiệu với những con số theo DIN ISO 5599 (thí dụ khí nén đi vào 1, đường làm việc 2 và 4, khí nén thoát ra 3 và 5, đường điều khiển 12 và 14).

Vẫn còn nhiều nơi thiết kế và ký hiệu các van theo tiêu chuẩn cũ gồm các chữ cái. **Bảng 1** trong trang tiếp có hai sơ đồ được minh họa theo tiêu chuẩn mới và cũ.

Bảng 1: Mô tả van

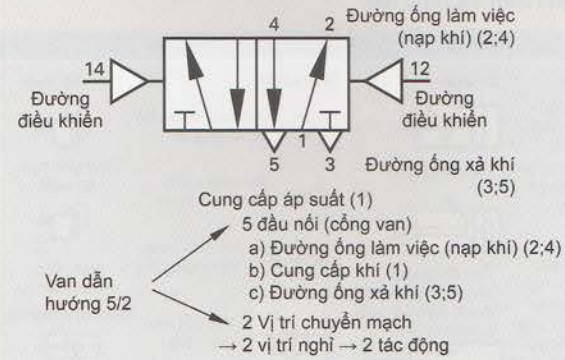


Biểu tượng	Tên gọi	Vị trí ban đầu
	Van dẫn hướng 2/2	Đóng
	Van dẫn hướng 3/2	Đóng
	Van dẫn hướng 3/2	Mở
	Van dẫn hướng 4/2	1 đường ống nạp khí 1 đường ống xả khí
	Van dẫn hướng 5/2	1 đường ống nạp khí 2 đường ống xả khí
	Van dẫn hướng 5/3	Vị trí ở giữa đóng

Hình 1: Những van dẫn hướng khác nhau

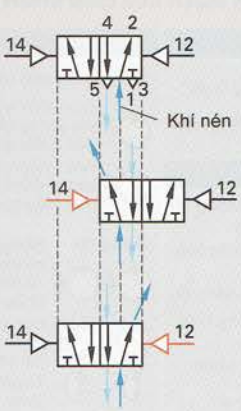
10

Van dẫn hướng 5/2 (gọi là van xung nếu cả hai đầu đều tác động bằng khí nén)



Chú ý: Hai đường điều khiển 12 và 14 không tính vào tổng số đầu nối!

Cách hoạt động



a) Không tác động
Khí nén di chuyển từ 1 đến 2

b) Tác động (lần thứ nhất)
Xung nhấn ngắn hạn trong đường điều khiển 14
→ Điều khiển đổi chiều của van
→ Dòng khí nén di chuyển từ 1 → 4 và xả khí từ 2 → 3

c) tác động (lần thứ hai)
Xung nhấn ngắn hạn trong đường điều khiển 12
→ Điều khiển đổi chiều của van
→ Dòng khí nén di chuyển từ 1 → 2 và xả khí từ 4 → 5

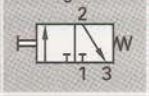
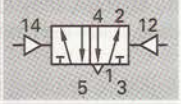
Hình 2: Ký hiệu và cách hoạt động của van dẫn hướng 5/2

https://tieulun.hopto.org

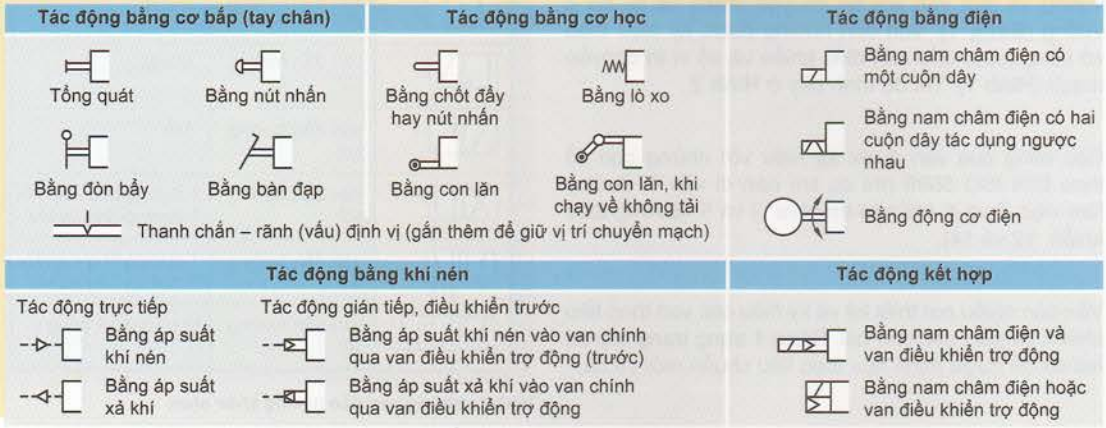
Bên cạnh các vị trí chuyển mạch và ký hiệu của những cổng (đầu nối), còn phải cho biết những cách thức tác động vào van (**Bảng 2**). Chính xác hơn cần phải ghi cách thức tác động cho mỗi vị trí. Tuy nhiên trong thực tế chỉ có thể ghi tóm tắt. Thí dụ ký hiệu *van xung điện từ 5/2* có nghĩa là van có thể điều khiển đối hai phía bằng điện-từ.

Vị trí chuyển mạch của van khi đóng nguồn cung cấp khí nén được gọi là **vị trí ban đầu** hay là vị trí cài đặt trước. Nó được nhận ra từ sơ đồ chuyển mạch. Van có lò xo kéo trở về hay có định sẵn vị trí trung tâm có **vị trí tĩnh** hay **vị trí 0**. Trong sơ đồ chuyển mạch những đường ống dẫn khí hay dầu được nối đến ô vuông của vị trí tĩnh hay vị trí 0. Khi van không có vị trí 0 định sẵn (thí dụ như van xung 5/2), thì trước khi thiết kế phải đưa van về vị trí đó. Ở những van phải tác động để có vị trí ban đầu, phải cho biết những đường ống dẫn kéo về vị trí đó và biểu tượng tác động được ghi ở phía tác động. **Bảng 3** mô tả đơn giản những phần tử khác của hệ điều khiển.

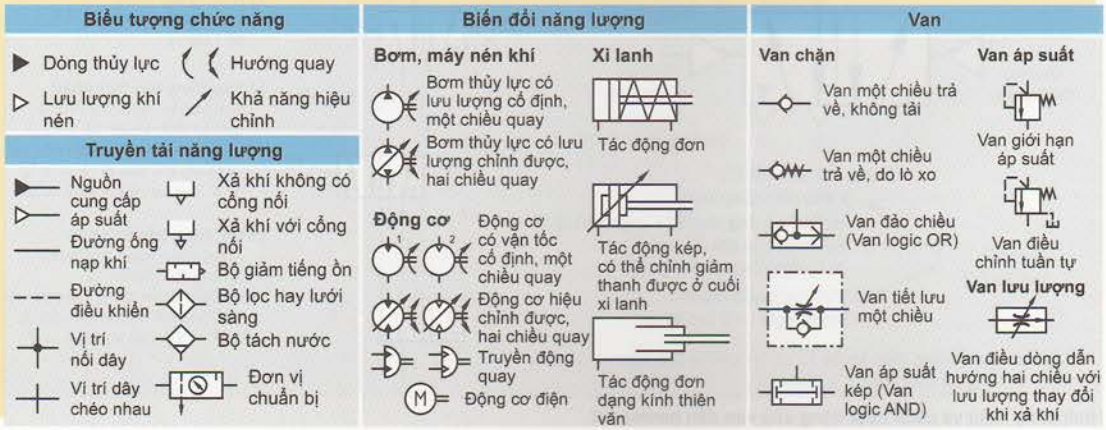
Bảng 1: Ký hiệu nhận dạng của van dẫn hướng

Cổng (đầu nối)	Tiêu chuẩn cũ	Ký hiệu nhận dạng theo DIN ISO 5599	
		Van dẫn hướng 3/2 tác động bằng tay, kéo về bằng lò xo 	Van dẫn hướng 5/2, tác động bằng khí nén cả hai phía 
Cung cấp áp suất	P	1	1
Đường ống nạp khí	A	2	2
Đường ống nạp khí	B	–	4
Đường ống thoát khí	R	3	3
Đường ống thoát khí	S	–	5
Cổng điều khiển	Z	–	12
Cổng điều khiển	Y	–	14

Bảng 2: Trích dẫn các loại thao tác



Bảng 3: Ký hiệu chuyển mạch của điều khiển khí nén và thủy lực



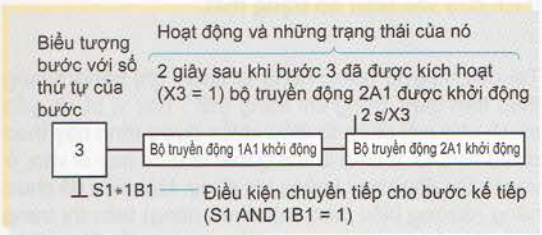
https://tieulun.hopto.org

10.3.2 GRAFCET

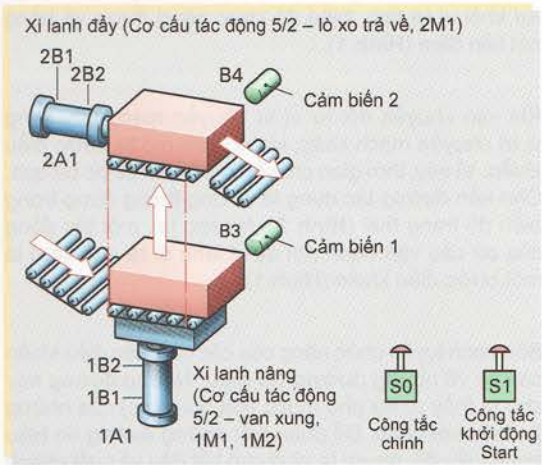
Sự mô tả điều khiển trình tự qua sơ đồ chức năng (sơ đồ khối OB, FB hoặc FC) theo DIN 40719 được thay thế theo tiêu chuẩn mới của Âu châu, DIN EN 60848 "GRAFCET" *(tiếng Pháp: **GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition = Mô tả chức năng điều khiển bằng đồ họa với bước và điều kiện chuyển tiếp)*. Trình tự điều khiển được trình bày rõ ràng qua GRAFCET. GRAFCET mô tả phương thức thiết lập dự án độc lập, không phụ thuộc vào kiểu thực hiện với thiết bị kỹ thuật (khí nén, điện-khí hay thủy lực).

GRAFCET được cấu tạo dựa trên những biểu tượng (**Hình 1**) tiêu chuẩn. Cơ bản gồm có:

- **Bước**. Một hay nhiều hoạt động được bố trí trong một bước. Mỗi bước được biểu diễn bằng một hình chữ nhật được đánh số thứ tự trong khung. Mỗi hoạt động có thể có tính năng khác nhau. Những tính năng này được biểu thị qua những ký tự bổ sung tương ứng (xem sách Cẩm nang).
- **Điều kiện chuyển tiếp** (còn gọi là transition) là những điều kiện cho sự chuyển tiếp từ bước trước đó đến bước kế tiếp, được ghi bên cạnh đường nằm ngang. Tại đây sử dụng thêm các biểu tượng của kết nối logic để mô tả rõ hơn.
- **Đường nối các tác dụng**. Những bước và những điều kiện chuyển tiếp được nối với nhau. Mũi tên chỉ chiều tác dụng được ghi vào GRAFCET, khi chiều tác dụng không đi từ trên xuống dưới.



Hình 1: Biểu tượng trong GRAFCET



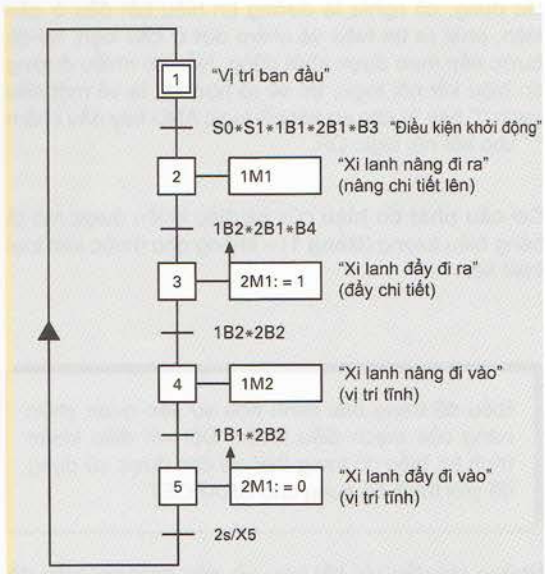
Hình 2: Sơ đồ vị trí thiết bị nâng

Để đảm bảo tiến trình điều khiển, cần tuân thủ những quy tắc như sau:

1. Luôn luôn phải có một bước khởi đầu (nhận ra ở trong khung kép). Nó cho biết trạng thái của sự điều khiển ngay sau khi mở mạch.
2. Để tiến trình của điều khiển không bị lỗi, bước và điều kiện chuyển tiếp phải luôn luôn tráo đổi nhau.
3. Luôn luôn chỉ có một bước đang hoạt động.
4. Trong một bước có thể có nhiều hoạt động (công tác).
5. Cấu trúc trình tự có thể được chia nhánh (chia nhánh chọn lựa hay chia nhánh song song) và kết hợp lại với nhau.

Thí dụ:

Những chi tiết gia công (**Hình 2** và **3**) được xi lanh 1A1 nâng lên và khi chi tiết ở vị trí cuối cùng trên cao, nó được xi lanh 2A1 đẩy đi. Sau đó 1A1 và tiếp đến 2A1 được kéo trở về. Vị trí cuối cùng của hai xi lanh được nhận biết qua cảm biến giới hạn.



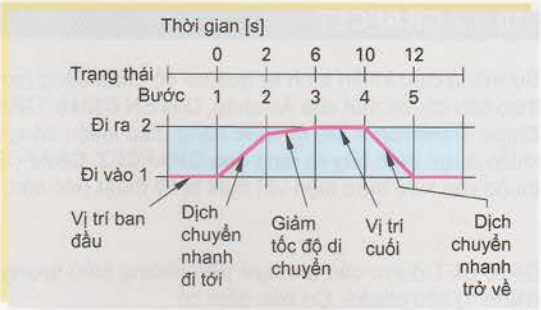
Hình 3: Biểu tượng GRAFCET thiết bị nâng

https://tieulun.hopto.org

10.3.3 Biểu đồ trạng thái

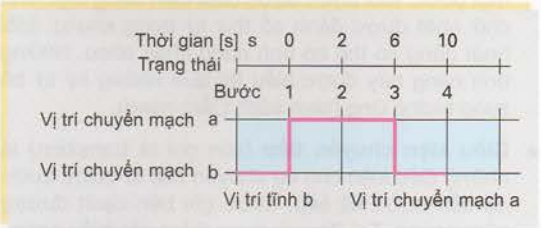
Để mô tả điều khiển trình tự, bắt buộc phải sử dụng GRAFCET. Nhưng khi ta phải làm rõ hơn mối liên quan bằng đồ họa theo thời gian và chức năng trong một kết nối logic thuần túy, thì không thể sử dụng GRAFCET. Sự lệ thuộc tương quan này được giải thích dựa vào **biểu đồ trạng thái**.

Tại đây, những bước riêng lẻ được ghi hàng ngang theo thời gian, trong khi trạng thái - hay vị trí chuyển mạch cho mỗi phần tử điều khiển được trình bày theo chiều dọc. Ở xi lanh là trạng thái là *đi ra* hay *đi vào*, ở van là *tác động* hay *không tác động*. Một biểu đồ chức năng (đường biểu diễn một chức năng) biểu thị trạng thái chuyển mạch trong nhiều bước nối tiếp nhau (**Hình 1**). Khi trạng thái của một thành phần cấu tạo rời khỏi vị trí tĩnh, biểu đồ chức năng được vẽ bằng nét liền đậm (**Hình 1**).



Hình 1: Những đường biểu diễn chuyển dịch của xi lanh

Khi van chuyển đổi từ vị trí chuyển mạch này sang vị trí chuyển mạch khác, không cần mô tả bước điều khiển. Vì vậy, thời gian chuyển đổi ở van được bỏ qua. Cho nên đường tác dụng là đường thẳng đứng trong biểu đồ trạng thái (**Hình 2**). Ngược lại, một tác động của cơ cấu vận hành (thí dụ xi lanh đi ra – đi vào) là một bước điều khiển (**Hình 1**).



Hình 2: Những đường biểu diễn chức năng tại van có 2 vị trí chuyển mạch

Bên cạnh tuyến chức năng của các cấu kiện điều khiển còn có vẽ những **đường tín hiệu**. Những đường này cho ta thấy rõ sự phụ thuộc (kết nối logic) của những tín hiệu với nhau. Để phân biệt những đường tín hiệu trong biểu đồ, người ta vẽ ở chỗ bắt đầu và cuối chênh nhau 45°. Mũi tên ở trên điểm tín hiệu cho biết hướng tác dụng; có nghĩa là đường tín hiệu bắt đầu ở cấu kiện, phát ra tín hiệu và chấm dứt ở cấu kiện, tại đó bước tiếp theo được khởi động. Nếu có nhiều đường tín hiệu kết nối logic, thì sẽ rõ hơn khi ta vẽ một dấu gạch "/" hay "\" cho sự kết nối logic AND hay dấu chấm "." cho kết nối logic OR.

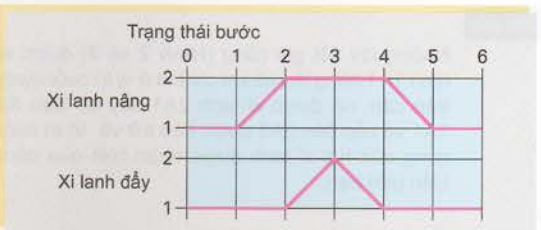
Bảng 1: Chọn lựa ký hiệu chuyển mạch trong biểu đồ chức năng (trích)

Những cơ cấu phát tín hiệu (tác động bằng cơ bắp con người)			
	BẬT ON		ĐIỀU KHIỂN BẰNG CẢ HAI TAY
	TẮT OFF	E A	CÔNG TẮC CHỌN LỰA
	BẬT/TẮT		
	TỰ ĐỘNG		NGUY HIỂM - TẮT MẠCH
Những đường tín hiệu và liên kết logic tín hiệu			
	Những đường tín hiệu		Điều kiện AND
	Chia nhánh tín hiệu		Điều kiện OR

Cơ cấu phát tín hiệu của hệ điều khiển được mô tả bằng biểu tượng (**Bảng 1**) – không phụ thuộc vào loại thiết kế.

> Biểu đồ trạng thái minh họa sự liên quan chức năng của mạch điều khiển. Đối với điều khiển trình tự, biểu đồ trạng thái chỉ còn được sử dụng để giải thích bổ sung cho GRAFCET.

Những chỉ dẫn chi tiết hơn về việc thiết lập biểu đồ trạng thái xin xem Cẩm nang.



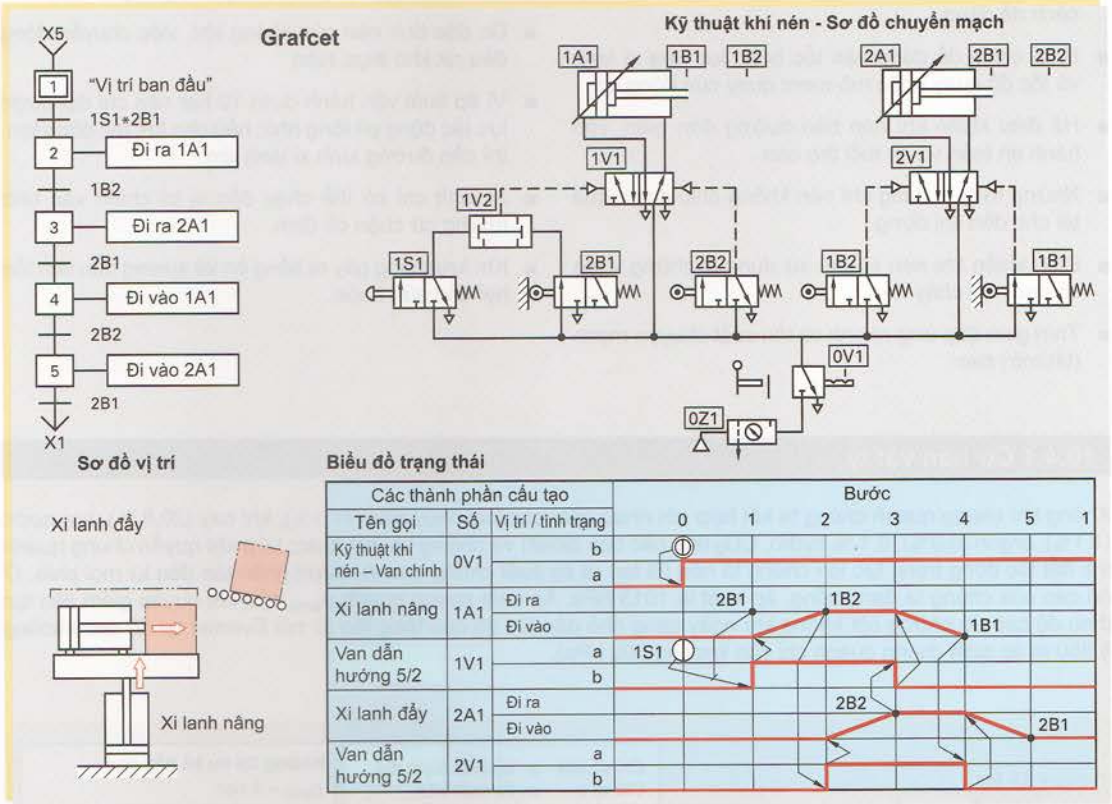
Hình 3: Biểu đồ trạng thái được đơn giản hóa của thiết bị nâng ở trang 419

https://tieulun.hopto.org

10.3.4 Sơ đồ chuyển mạch

Trong sơ đồ chuyển mạch người ta mô tả sự điều khiển bằng những biểu tượng của cấu kiện được chuẩn hóa. Nghĩa là phải xác định kiểu thực hiện kỹ thuật thiết bị (thí dụ: khí, điện-khí hay thủy lực). Những quy tắc cho việc cấu tạo các sơ đồ chuyển mạch có thể trích ra từ Cẩm nang. Ngày nay, chương trình CAD (Computer Aided Design = Thiết kế hỗ trợ bằng máy tính) giúp dự thảo những sơ đồ chuyển mạch, đồng thời qua đó có thể mô phỏng chức năng của sơ đồ chuyển mạch.

Thông thường, **sơ đồ vị trí** – bên cạnh sơ đồ chuyển mạch – bổ túc đầy đủ việc chỉ dẫn vận hành và lắp ráp. Những sơ đồ vị trí này còn bổ sung cho tài liệu của thiết bị, bởi vì sơ đồ này chỉ đơn giản trình bày vị trí theo không gian của các linh kiện điều khiển.

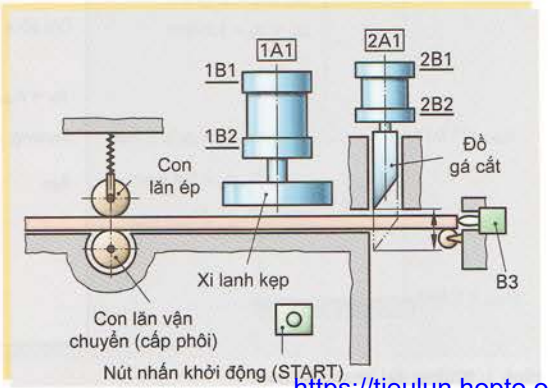


Hình 1: Sơ đồ vị trí, sơ đồ chuyển mạch GRAFCET và biểu đồ trạng thái của một thiết bị nâng (Chỉ dẫn: Sự nối tiếp các bước khác trong thí dụ trang 419)

10

Bài tập:

1. Hãy phác họa van dẫn hướng 5/3 theo mặt trước **Hình 2 Trang 417** với.
   a) Vị trí giữa bị chặn và
   b) Vị trí giữa linh hoạt
   và mô tả phương thức tác dụng
2. Máy ở hình bên dùng để cắt những tấm tôn theo chiều dài.
   a) Hãy thiết kế GRAFCET
   b) Hãy thiết kế biểu đồ trạng thái
   c) Hãy thiết kế sơ đồ chuyển mạch bằng khí nén



https://tieulun.hopto.org

10.4 Kỹ thuật điều khiển bằng khí nén

Trong kỹ thuật điều khiển bằng khí nén (có nghĩa không khí trong khí quyển bị nén), khí nén được sử dụng để điều khiển phần tín hiệu cũng như phần công suất trong mạch điều khiển. Khí nén được sử dụng chủ yếu làm phương tiện (chất tác động) cho các hệ điều khiển thuộc phạm vi "tự động hóa nhỏ" trong sản xuất công nghiệp, vì hệ điều khiển này có giá bán hợp lý. Bên cạnh đó, những vùng dễ cháy nổ, thí dụ như dưới hầm mỏ hay trong những nhà máy lọc dầu chỉ được dùng khí nén để điều khiển vì lý do an toàn.

Ưu điểm của kỹ thuật khí nén

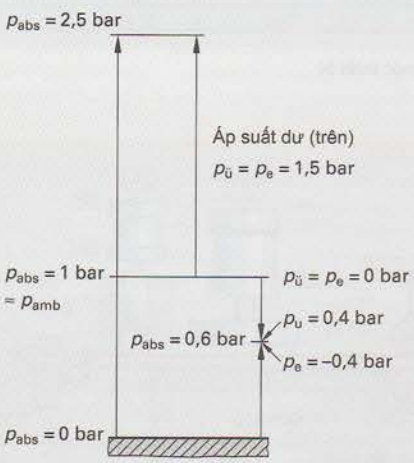
- Không khí được nén, lưu trữ và phân phối một cách dễ dàng.
- Hiệu chỉnh dễ dàng vận tốc hoặc lực của xi lanh và tốc độ quay hoặc mô-ment quay của động cơ.
- Hệ điều khiển khí nén bảo dưỡng đơn giản, vận hành an toàn và có tuổi thọ cao.
- Những thiết bị dùng khí nén không chịu được quá tải cho đến khi dừng.
- Điều khiển khí nén có thể sử dụng ở những vùng có nguy cơ cháy nổ.
- Thời gian đáp ứng nhanh và tần suất chuyển mạch (tắt/mở) cao.

Nhược điểm của kỹ thuật khí nén

- Phải tách bụi bẩn, nước hay dầu (chi phí cao).
- Do đặc tính nén của không khí, việc chuyển động đều rất khó thực hiện
- Vì áp suất vận hành dưới 10 bar nên chỉ đạt được lực tác động pít tông nhỏ; nếu cho lực tác động lớn, thì cần đường kính xi lanh lớn.
- Xi lanh chỉ có thể chạy đến vị trí chính xác nhờ những cữ chặn cố định.
- Khí lưu thông gây ra tiếng ồn và sương dầu làm tổn hại đến sức khỏe.

10.4.1 Cơ bản vật lý

Không khí chung quanh chúng ta kết hợp với nhau gồm các loại như: nitơ (77,1%), khí oxy (20,8 %), hơi nước (1,1%), argon (0,9%), 0,1 % hydro, CO_2 (khí các bon dioxit) và những khí trơ khác. Lớp khí quyển chung quanh trái đất tác động trọng lực lên chúng ta nên đã tạo ra áp suất chung quanh, được phân tán đều từ mọi phía. Ở độ cao của chúng ta đang sống, áp suất là 1013 hPa. Áp suất chung quanh p_{amb} của khí quyển giảm liên tục theo độ cao do những cột không khí ngày càng nhỏ dần khi độ cao tăng lên (ở núi Everest tại độ cao khoảng 8.850 m áp suất chung quanh chỉ còn khoảng 500 hPa).



Chỉ số abs ≙ áp suất tuyệt đối
Chỉ số ü ≙ áp suất trên
Chỉ số u ≙ áp suất thấp (dưới)
Chỉ số amb ≙ áp suất chung quanh (ambient ≙ chung quanh)
Chỉ số e ≙ áp suất dư (exedens ≙ vượt quá)

$p_e = p_{abs} - p_{amb}$

Dương → $p_e = p_ü$

Âm → $-p_e = p_u$

Những thí dụ kế tiếp cho
p_{amb} = 1 bar
a) p_{abs} = 3,8 bar
→ p_e = 2,8 bar = $p_ü$
b) p_{abs} = 0,82 bar
→ p_e = –0,18 bar
→ p_u = 0,18 bar = $-p_e$

Đơn vị
a) Đơn vị đo lường quốc tế SI
[p] = 1 $\frac{N}{m^2}$ = 1 Pa (Pascal)
1bar ≙ 10^5 Pa
b) Đơn vị đo lường Hoa Kỳ
PSI ≙ Pound per Square Inch
1 bar ≙ 14,5 psi
c) **Đơn vị cũ**
1 kp ≙ 9,81 N
1 at ≙ 1 $\frac{kp}{cm^2}$
1 atü ≙ Áp suất trên của khí quyển

Hình 1: Những đại lượng áp suất

https://tieulun.hopto.org

Định luật về khí

Áp suất của khí trong một bình kín nén được tạo ra do những phân tử hay atom, chúng tự chuyển dịch va chạm vào thành của bình chứa. Trạng thái vật lý của không khí trong bình kín chứa khí bị ảnh hưởng bởi 3 đại lượng trạng thái sau:

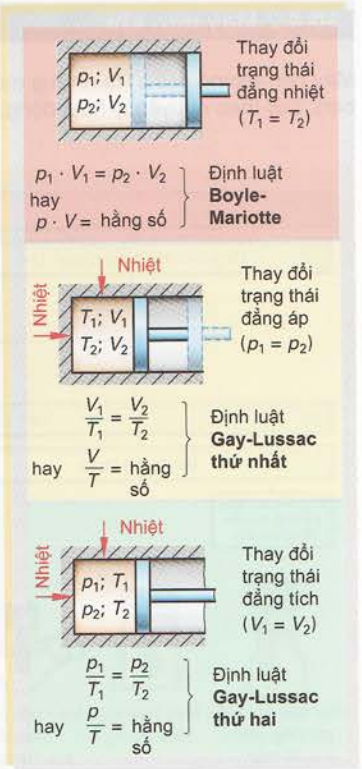
- Nhiệt độ T (đơn vị Kelvin)
- Áp suất p (đơn vị N/m^2)
- Thể tích V [khối lượng] (đơn vị m^3)

Trong bình kín đựng khí (có nghĩa khí không thoát ra cũng không nạp vào), nếu thể tích giảm từ V_1 đến V_2 ở nhiệt độ không thay đổi, thì áp suất sẽ tăng từ p_1 đến p_2 (tỷ lệ nghịch thể tích giảm từ V_1 đếnV_2). Đó là định luật **BOYLE-MARIOTT**.

Nếu nhiệt độ trong bình kín chứa khí tăng từ T_1 sang T_2 ở áp suất không đổi, thì thể tích từ V_1 đến V_2 cũng tăng tỷ lệ thuận với từ T_1 đến T_2. Đó là định luật **GAY-LUSSAC thứ nhất**.

Nếu nhiệt độ trong bình kín chứa khí tăng từ T_1 sang T_2 ở thể tích không đổi, thì áp suất tăng tỷ lệ thuận từ p_1 sang p_2. Đó là định luật **GAY-LUSSAC thứ hai**.

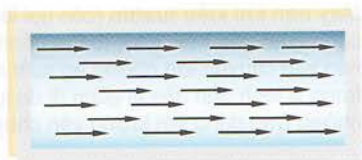
Khi tóm lược cả ba định luật này ta sẽ được một **phương trình chung** cho khí đựng trong bình kín (**Hình 1**).



Hình 1: Những định luật về khí

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{hằng số hay } \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Khi chất lỏng hay khí di chuyển người ta phân biệt hai loại dòng chảy. **Dòng chảy tầng** (**Hình 2**) có cùng hướng chảy, áp suất tiêu hao nhỏ và nhiệt chuyển đổi nhỏ. **Dòng chảy hỗn loạn (dòng rối)** (**Hình 3**) có nhiều chỗ xoáy làm giảm áp suất nhanh và nhiệt chuyển đổi lớn.


Hình 2: Dòng chảy tầng

Hình 3: Dòng chảy rối

Ta có công thức về lưu lượng theo thể tích (khối lượng) V (đọc là V chấm) của chất lỏng hay khí di chuyển:

Lưu lượng theo thể tích = Tiết diện · Vận tốc của dòng chảy

$$\dot{V} = A \cdot v$$

$$[\dot{V}] = \frac{m^3}{s}$$

Vì dòng chảy tầng có lưu lượng không đổi (**Hình 4**), nên khi tiết diện thay đổi ta có công thức:

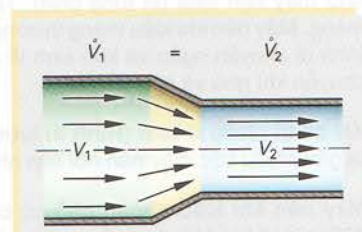
$$\dot{V} = \text{không đổi}$$

$$V_1 = V_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Tỷ lệ tiết diện nghịch đảo với tỷ lệ vận tốc

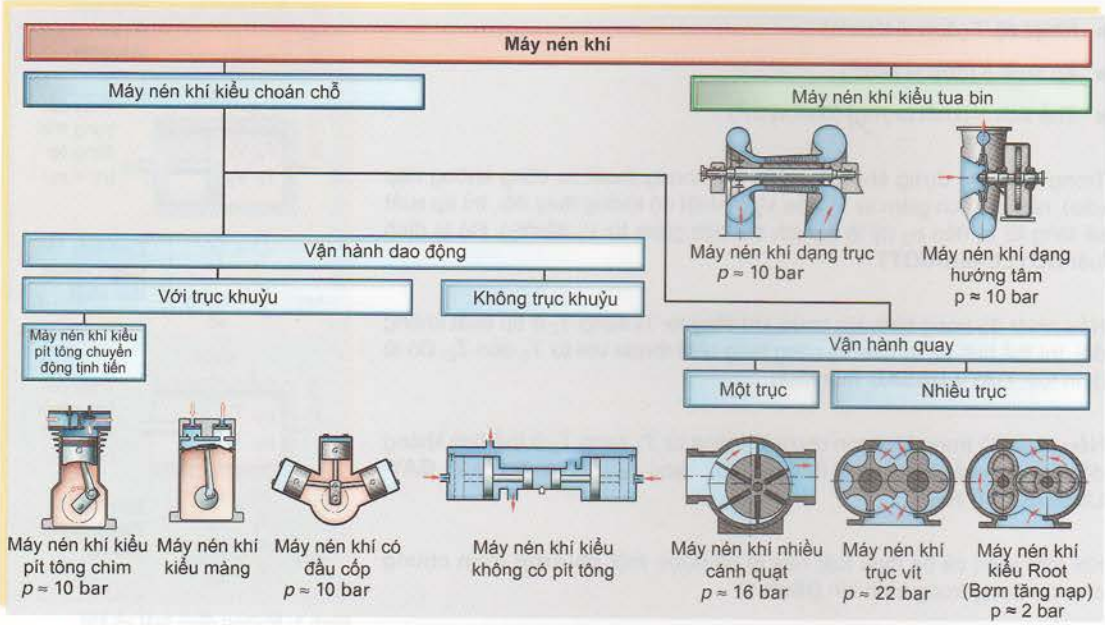


Hình 4: Lưu lượng dòng chảy

https://tieulun.hopto.org

10.4.2 Máy nén khí

Máy nén (compressor) là những máy vận hành để chuyển khí hoặc nén khí cho đến áp suất cao (khoảng 400 bar). Tùy theo nguyên lý hoạt động, máy nén khí được chia làm hai kiểu (**Hình 1**).



Hình 1: Máy nén khí và phạm vi hoạt động

Máy nén khí kiểu tuabin (còn gọi là máy nén động) làm tăng tốc khí cần nén và từ đó tăng áp suất bằng những cánh quạt gắn trên rotor (bánh cánh quạt). Loại cấu tạo này được thiết kế cho những ứng dụng với lượng khí nén vận chuyển lớn nhưng áp suất nhỏ. Với máy nén làm việc theo **nguyên lý choán chỗ**, thì thể tích ban đầu trong xi lanh dần dần bị giảm đi do lực tác dụng và do đó áp suất tăng lên. Loại máy nén này được thiết kế cho những ứng dụng với lượng vận chuyển khí nén nhỏ nhưng áp suất lớn.

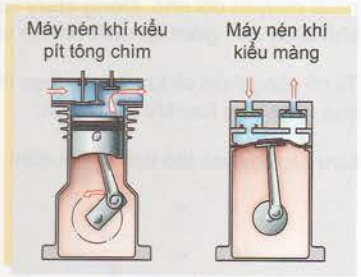
Trong công nghiệp và trong cơ xưởng thủ công, nhiều ứng dụng khí nén ở phạm vi tối đa 15 bar. Người ta thường sử dụng máy nén kiểu pít tông một cấp và hai cấp, máy nén kiểu trục vít một cấp hay hai cấp và máy nén chuyển động quay.

Máy nén khí kiểu pít tông di chuyển tịnh tiến (**Hình 2**) truyền động trục khuỷu di chuyển lên xuống làm không khí bị hút hay bị nén và sau đó xả ra. Van nạp và xả khí điều khiển quá trình này. Máy nén khí kiểu pít tông di chuyển tịnh tiến đạt được hiệu suất cao và áp suất lớn.

Ở **máy nén khí kiểu pít tông chìm**, pít tông được nối trực tiếp với trục khuỷu qua thanh truyền. **Máy nén khí kiểu màng** hoạt động tương tự như máy nén kiểu pít tông chìm. Tại đây pít tông được thay thế bằng màng. Máy nén khí kiểu màng thường có xi lanh đường kính lớn, có hành trình di chuyển ngắn và khá kinh tế cho những ứng dụng có lượng vận chuyển khí nhỏ và áp suất nhỏ.

Khi bố trí nhiều xi lanh (**Hình 3**) lượng khí được sản xuất tăng lên. Nếu ta gắn nhiều bậc máy nén nối tiếp nhau, thì áp suất ở bậc cuối tăng lên.

Máy nén khí kiểu choán chỗ có **chuyển động quay** (**Hình 1**, **Trang 425**) hút không khí vào buồng chứa, không khí bị giảm thể tích do chuyển động quay vì thế áp suất không khí tăng lên.



Hình 2: Máy nén khí kiểu pít tông di chuyển tịnh tiến

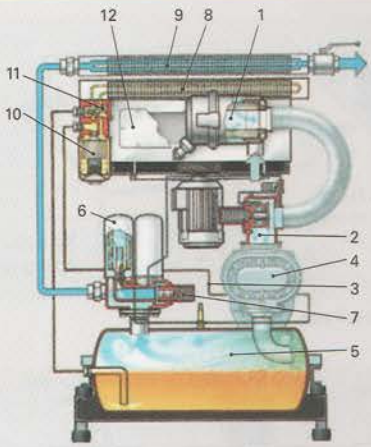
Hình 3: Bố trí song song nhiều xi lanh

https://tieulun.hopto.org

Hình 1: Máy nén khí choán chỗ chuyển động quay

Ở **máy nén khí nhiều cánh quạt** hay cũng gọi là **máy nén khí kiểu cánh gạt** (**Hình 1a**) rotor quay đặt lệch tâm trong vỏ máy. Trong những rãnh của rotor là những cánh gạt di chuyển hướng tâm, do lực ly tâm bị ép ra phía ngoài nên nén từng cánh quạt riêng lẻ. Ở đây, sự tăng áp suất đạt được do thể tích của mỗi cánh gạt khi quay bị nhỏ đi. Máy nén khí kiểu cánh gạt có ưu điểm là khí chuyển tải êm và lượng khí đều đặn cũng như kích thước cấu tạo nhỏ. Nhưng ngược lại nó có hiệu suất thấp và bị hao mòn nhanh ở các thanh trượt.

Ở **máy nén khí kiểu trục vít** (**Hình 1b**) không khí được hút vào những buồng chứa khí, thể tích khí giảm đi do chuyển động quay và bị nén cho đến khi đạt áp suất cuối. Có những máy nén khí kiểu trục vít được thiết kế không cần dầu bôi trơn khi vận hành, hộp số với bánh răng đồng bộ sẽ làm cho hai rotor không tiếp xúc nhau. Khi vận hành có phun dầu, thì chỉ rotor chính quay và những rotor khác quay theo mà không tiếp xúc với nhau. Máy nén kiểu trục vít có ưu điểm là kích thước nhỏ, nhiệt độ cuối phát sinh do nén thấp và lượng khí cung cấp không thay đổi. **Hình 2** là cấu tạo của máy nén kiểu trục vít kèm giải thích nguyên tắc về chức năng cơ bản.



1 = Bộ lọc tinh ở cửa hút với lõi lọc đặt vào bằng giấy
2 = Bộ điều chỉnh cửa hút đa năng
3 = Phun dầu
4 = Tầng cấp trong máy nén khí
5 = Bình tách dầu
6 = Ống tách dầu
7 = Van một chiều cho áp suất tối thiểu
8 = Dầu làm nguội
9 = Bộ làm mát sau cùng gắn song song với khí nén đã làm nguội
10 = Bộ lọc tinh
11 = Van điều tiết nhiệt độ
12 = Cửa để làm sạch

Máy nén khí kiểu trục vít hút không khí qua bộ lọc (1) với thiết bị lọc tinh, bộ lọc gió và bộ lọc xoáy bụi kiểu cyclone, bộ hiển thị độ bẩn. Sau khi đi ngang qua bộ điều chỉnh cửa hút khí (2) không khí lưu thông đến máy nén vào những tầng của máy nén (4). Ở buồng nén, dầu (3) làm nguội khoảng 55 ^{0}C được phun liên tục theo định lượng. Trong quá trình nén, dầu hấp thụ nhiệt và nóng lên khoảng 85 ^{0}C. Nhiệt độ cực đại cuối cùng của máy nén cho phép tối đa là 110 ^{0}C theo tiêu chuẩn châu Âu về cơ khí. Trong bình chứa (5) hỗn hợp tách rời khí nén/dầu, dầu sẽ được tách rời khỏi khí nén gần như hoàn toàn. Bộ tách rời dầu nguyên chất (6) nhận nhiệm vụ tách rời dầu còn lại rất kỹ lưỡng, sao cho lượng dầu sót lại trong khí nén chỉ còn khoảng 1-3 mg/m^3. Khí nén đi đến bộ làm mát sau cùng (9) qua van một chiều (7) có áp suất tối thiểu và tại đây khí nén lại được làm mát xuống nhiệt độ thuận lợi nhất khoảng 8 ^{0}C hơn nhiệt độ hút khí, sau đó khí nén được dẫn qua van chặn (một chiều) đến mạng cung cấp khí nén. Dầu được tách trong bộ tách rời được làm mát lại từ 85 ^{0}C xuống 55 ^{0}C trong bộ làm mát dầu (8) có kích cỡ phù hợp. Dầu đi qua bộ lọc dầu có ống lọc thay thế được (10). Trong chu trình di chuyển của dầu có bố trí thêm một van điều nhiệt (11), van này dẫn dầu được làm nguội trở về thẳng các tầng (4) của máy nén không thông qua bộ phận làm nguội.

Hình 2: Các bộ phận lắp ráp của một máy nén khí

10.4.3 Chuẩn bị (làm tinh khiết) và phân phối khí nén

Để sản xuất khí nén, không khí ở môi trường xung quanh được hút vào máy nén và bị nén. Khí nén trong môi trường luôn có những phần không tinh khiết như chất rắn (bồ hóng, bụi), nước và dầu. Tùy theo mục đích sử dụng phát sinh ra nhiều đòi hỏi khác nhau về khí nén (thí dụ những bọt khí được làm sạch hay là khí nén tuyệt đối phải khô, không dính dầu hay thuần khiết). Chất lượng của khí nén được phân chia thành từng hạng theo tiêu chuẩn DIN ISO 8573-1. Tại đây phải xác định tỉ lệ phần trăm nước hay dầu còn lẫn trong các cấp khí nén (**Bảng 1**,**Trang 426**).

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Phân chia các cấp khí nén

	1. Chất liệu rắn		2. Hàm lượng nước	3. Hàm lượng dầu
Cấp	Độ lớn phân tử tối đa [µm]	Mật độ phân tử tối đa [mg/m³]	Điểm áp suất hóa sương tối đa [°C]	Nồng độ dầu tối đa [mg/m³]
1	0,1	0,1	– 70	0,01
2	1	1	– 40	0,1
3	5	5	– 20	1
4	15	8	+ 3	5
5	40	10	+ 7	25
6	–	–	+ 10	–
7	–	–	không xác định	–

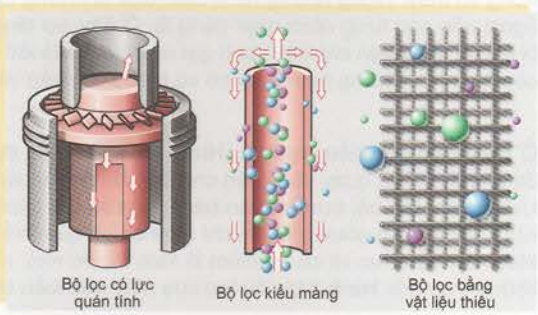
Bảng 2: Đề nghị về chất lượng khí nén

	Chất rắn		Nước - Điểm hóa sương		Lượng dầu tối đa	
Các ứng dụng	Cấp	[µm]	Cấp	[°C]	Cấp	[mg/m³]
Khai thác mỏ	5	40	7	–	5	25
Làm sạch	5	40	6	+ 10	4	5
Máy hàn	5	40	6	+ 10	5	25
Máy công cụ	5	40	4	+ 3	5	25
Xi lanh khí nén	5	40	4	+ 3	5	25
Van khí nén	3 ... 5	5 ... 40	4	+ 3	5	25
Đóng gói	5	40	4	+ 3	3	1
Bộ điều chỉnh tinh áp suất	3	5	4	+ 3	3	1
Khí đo	2	1	4	+ 3	3	1
Khe hở ổ trục	2	1	3	– 20	3	1
Cảm biến	2	1	2 ... 3	– 40 ... – 20	2	0,1
Chế biến thực phẩm	2	1	4	+ 3	1	0,01
Xử lý ảnh	1	0,01 ... 0,1	2	– 40	1	0,01

Tùy theo cấp chất lượng yêu cầu (**Bảng 1** và **Bảng 2**) những cơ cấu khác nhau về bộ lọc (**Hình 1**) như sau được đưa vào sử dụng:

- Bộ lọc bằng lực quán tính (lọc hạt lớn hơn nhờ lực ly tâm)
- Bộ lọc mịn và cực mịn (kích cỡ lỗ hổng từ 0,01 đến 1 µm)
- Bộ sấy khô kiểu màng để giảm thiểu độ ẩm
- Bộ lọc bằng vật liệu thiêu kết có kích cỡ lỗ hổng từ 5µm đến 40 µm
- Bộ lọc than hoạt tính (hấp thụ sương dầu)

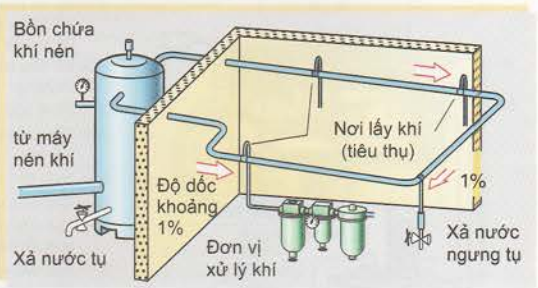
Khí nén đã xử lý đến vị trí lấy khí qua đường ống dẫn mạch vòng (**Hình 2**).



Hình 1: Những bộ lọc khí khác nhau

Những yêu cầu về mạng cung cấp khí nén:

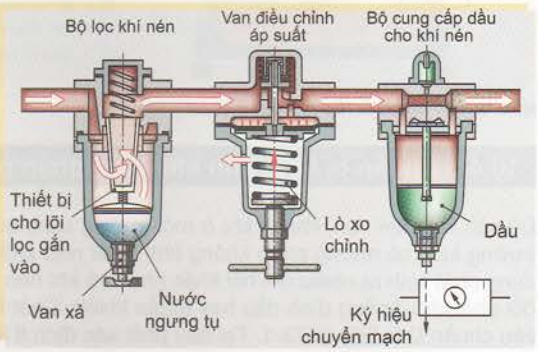
- Cung cấp khí nén phải bố trí theo mạch vòng để khi sửa chữa việc cung cấp khí được bảo đảm.
- Tiết diện các ống dẫn phải đủ lớn
- Luôn luôn nối ở trên các chỗ chia nhánh (tránh tụ nước)
- Khi lắp ráp phải có độ dốc (khoảng 1%) và để có thể dẫn thoát nước tụ tại điểm thấp nhất



Hình 2: Phân phối khí nén

Độ chênh lệch về áp suất do điều kiện nén và những ống dẫn dài làm cho áp suất dao động, và cũng có thể gây nhiễu. Vì thế, người ta thường hay sử dụng bộ xử lý khí nén (**Hình 3**) đặt tại điểm tiêu thụ. Bộ xử lý gồm có bộ điều chỉnh áp suất với bộ lọc tích hợp và tùy theo hoàn cảnh còn có bộ cung cấp dầu.

Van mở bằng tay nạp và xả khí trong một thiết bị. Vì lý do an toàn chỉ những nhân viên có giấy phép đã được huấn luyện mới có thể đóng lại và thiết lập lại áp suất cho thiết bị.



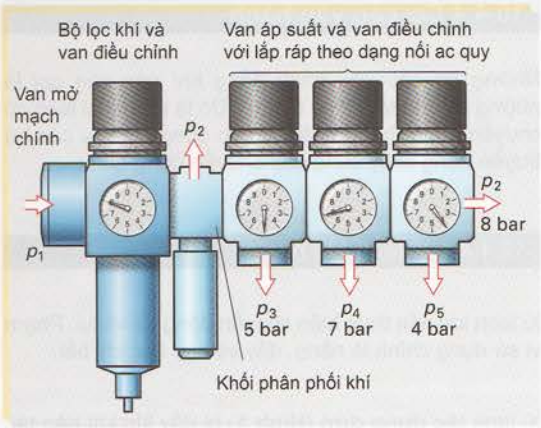
Hình 3: Đơn vị xử lý

https://tieulun.hopto.org

Nhờ thiết kế van điều chỉnh áp suất được lắp ráp theo kiểu ắc quy, nhiều nhánh rẽ với những áp suất khác nhau sẽ được tạo ra từ một nhánh chính (**Hình 1**).

Bên cạnh đó còn có những van tạo áp suất. Nó tạo nên áp suất chậm sau khi khí nén bị tác động, thí dụ như sau sự cố KHẨN – DỪNG. Qua đó, tránh được việc vận chuyển khí không kiểm soát.

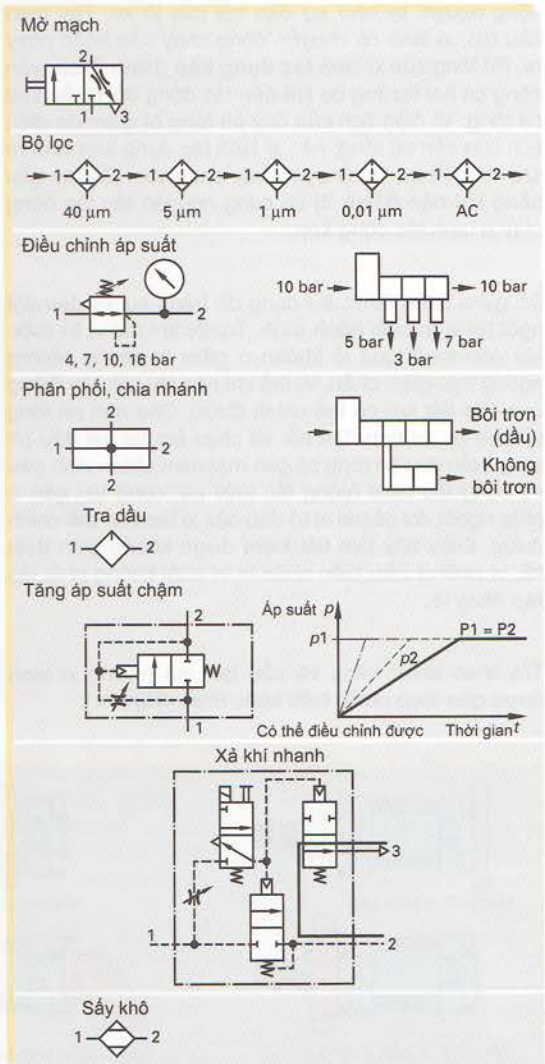
Đa số những van này được trang bị bộ xả khí nhanh, để thiết bị xả khí nhanh trong trường hợp KHẨN – DỪNG. **Hình 2** tóm tắt những khả năng xử lý (chuẩn bị) khí.



Hình 1: Trạm phân phối và trạm điều chỉnh khí nén

Bài tập:

1. Hãy cho biết áp suất tuyệt đối p_{abs} bằng hPa tương ứng với áp suất dư p_e = 1,25 bar?
2. Hãy cho biết trị số của áp suất dư và áp suất tuyệt đối ở dưới nước sâu 18 m và 40 m (với đơn vị bar, hPa và psi)?
3. Một máy nén khí hút 2290 lít không khí ở áp suất chung quanh p_{amb} = 1 bar và nén khí vào bình chứa 200 lít.
   a) Hãy cho biết trị số của áp suất trong bình chứa khí khi nhiệt độ không thay đổi?
   b) Hãy cho biết trị số của áp suất trong bình chứa khí khi không khí được hâm nóng từ 20 °C lên 50 °C?
4. Một cái bình chứa oxy 50 lít. Áp suất đầy bình là 200 bar. Hỏi có bao nhiêu lít khí (ở áp suất chung quanh p_{amb}) đã được xả ra, khi áp suất dư còn lại trong bình là p_e = 10 bar?
5. Trong một xi lanh có chứa một 1 lít không khí ở p_{amb} = 1 bar đi vào. Hãy cho biết trị số áp suất thấp trong xi lanh, khi thể tích tăng lên 3 lít?
6. Từ một bình chứa khí bảo vệ của một cụm thiết bị hàn MAG, có thể tích 50 lít được sử dụng 4360 lít không khí cho một công việc hàn. Áp suất ban đầu trong bình theo áp kế (manometer) là 190 bar. Hãy cho biết trị số của áp kế sau khi hàn ở áp suất p_{amb} = 1 bar?
7. Một máy bơm cung cấp lưu lượng theo thể tích 60 l/min. Hãy cho biết phải chọn đường kính bên trong của ống dẫn tối thiểu là bao nhiêu, để cho vận tốc dòng chảy cho phép không bị vượt quá 3,5 m/s?
8. Lưu lượng cần thiết cho một xy lanh di chuyển với vận tốc dẫn tiến 110 m/min là bao nhiêu khi biết đường kính của xy lanh là 100 mm?



Hình 2: Những khả năng xử lý khí nén

https://tieulun.hopto.org

10.4.4 Cơ cấu vận hành

Những cơ cấu vận hành bằng khí nén còn gọi là những cơ cấu tác động (actor). Đó là những xi lanh có chuyển động thẳng hoặc là các động cơ hay các bộ truyền động xoay cung cấp chuyển động quay.

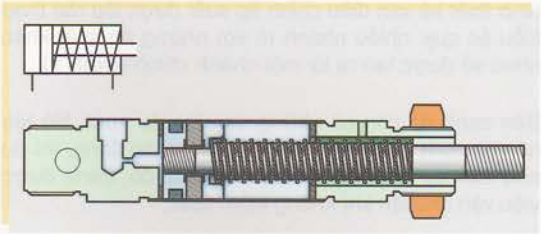
10.4.4.1 Xi lanh khí nén

Xi lanh khí nén thực hiện chuyển động tới và lui. Phạm vi sử dụng chính là nâng, đẩy và kẹp các chi tiết.

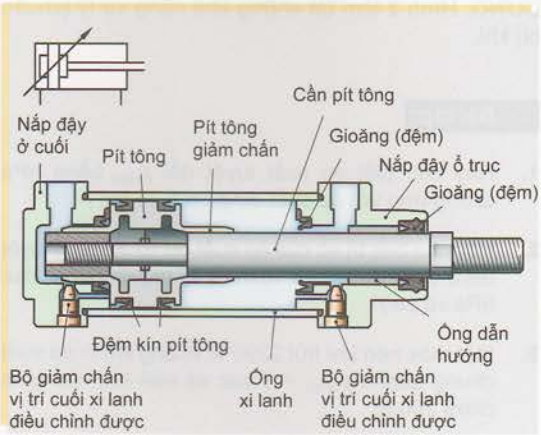
Xi lanh **tác dụng đơn** (**Hình 1**) bị đẩy khi khí nén tác động vào một phía của pít tông. Một lò xo được gắn ở phía khác của pít tông sẽ kéo pít tông trở lại khi quá trình xả khí kết thúc. Xi lanh này chỉ có thể chuyển động ngược lại nhờ sự đàn hồi của lò xo. Tùy theo cấu tạo, xi lanh có chuyển động chạy vào hoặc chạy ra. Pít tông của xi lanh **tác dụng kép** (**Hình 2**) chuyển động cả hai hướng do khí nén tác động đổi chiều vào pít tông. Vì diện tích của đáy pít tông bị giảm do diện tích của cần pít tông, nên xi lanh tác dụng kép sinh ra lực khác nhau khi chạy ra hay chạy vào. Bộ tay gắp bằng khí nén (**Hình 3**) có cùng nguyên tắc tác động như xi lanh tác động kép.

Bộ giảm chấn được sử dụng để tránh sự va đập đột ngột tại vị trí cuối hành trình. Trước khi đạt vị trí cuối, khí nén thoát qua lỗ khoan ở giữa bị cản vì những ngõng trục giảm chấn. Vì thế khí nén chỉ còn lưu thông qua khe tiết lưu có thể chỉnh được. Cho nên pít tông bị hãm lại do tính đàn hồi và chạy êm tại hai đầu pít tông. Nếu đáy pít tông có gắn một nam châm vĩnh cửu và công tắc reed (công tắc lưỡi gà, cọng từ) gắn ở phía ngoài, thì cả hai vị trí đầu của xi lanh có thể chỉnh được. Điều này làm tiết kiệm được không gian thiết kế, vì những cảm biến nhận vị trí cuối không phải lắp ráp riêng lẻ.

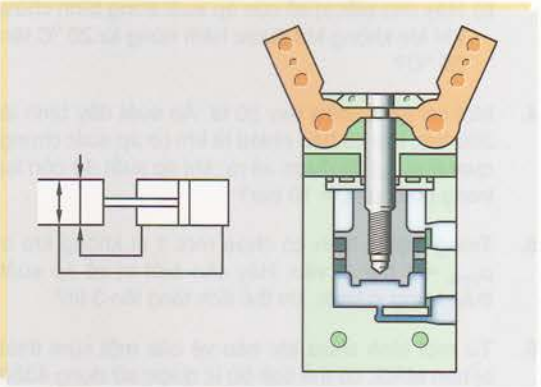
Tùy theo chức năng và cấu tạo mà những xi lanh được gắn theo nhiều kiểu khác nhau (**Hình 4**).



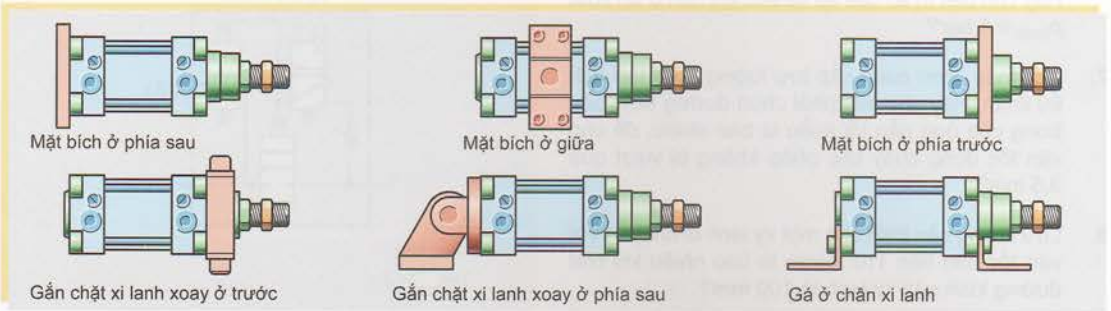
Hình 1: Xi lanh tác dụng đơn



Hình 2: Xi lanh tác dụng kép



Hình 3: Tay gắp bằng khí nén

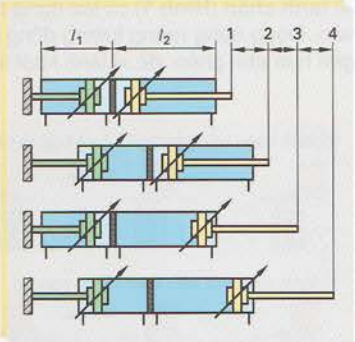


Hình 3: Thí dụ về các loại lắp ráp xi lanh khí nén

https://tieulun.hopto.org

10.4.4.2 Các loại xi lanh có cấu tạo đặc biệt

Ta có **xi lanh nhiều vị trí** khi gắn các bệ đỡ của các xi lanh tác dụng kép sát nhau trên một mặt bích. Nếu xi lanh có quãng chạy của pít tông giống nhau, ta sẽ có ba vị trí chuyển đổi khác nhau và nếu quãng chạy khác nhau sẽ có bốn vị trí chuyển đổi (**Hình 1**).



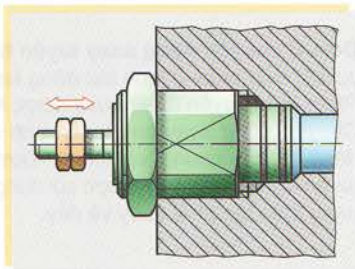
Hình 1: Xi lanh nhiều vị trí

Cụm xi lanh ghép nối tiếp với tác dụng kép (**Hình 2d**) có được khi ta ghép nối tiếp 2, 3, hoặc 4 xi lanh có đường kính của pít tông giống nhau và hành trình pittông bằng nhau. Qua đó lực đẩy có thể tăng lên gấp 2, 3 hay 4 lần. Để cung cấp áp suất đều cho tất cả xi lanh, chỉ cần hai cổng (đầu nối) cấp khí nén nội bộ. **Xi lanh có hành trình ngắn** (**Hình 2c**) và **mô đun kẹp** (cơ cấu kẹp) (**Hình 2a**) đặc biệt thích hợp cho các thiết bị có chức năng kẹp.

Hình 2: Những loại xi lanh có kết cấu đặc biệt

Xi lanh phẳng (**Hình 2e**) với tác dụng đơn hay kép – có thể được ghép lại với nhau. Xi lanh phẳng có độ chống xoắn do cần pít tông có dạng hình chữ nhật và được sử dụng cho việc đóng dấu (đúc khuôn), tiếp liệu (dẫn vào) v.v.. **Xi lanh phẳng với rãnh dẫn hướng tích hợp** có độ an toàn chống xoắn rất cao.

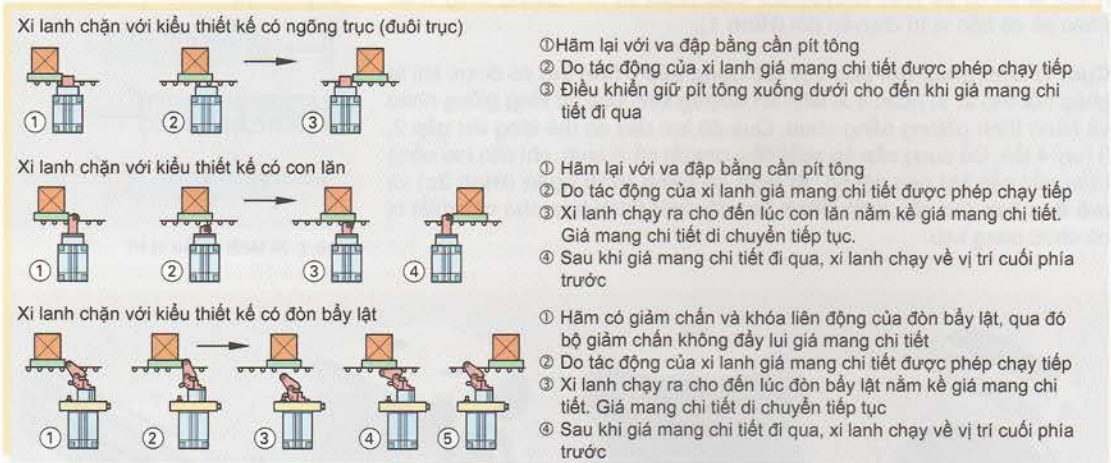
Xi lanh có ren (vít) vặn (**Hình 3**) với ren ở bên ngoài di chuyển ngang rất thích hợp cho kẹp, dừng và định vị những chi tiết nhỏ. Khí nén đi vào qua lỗ khoan. Vị trí hành trình pít tông có thể thay đổi theo chiều sâu của vít.



Hình 3: Xi lanh có ren (vít) vặn

https://tieulun.hopto.org

Xi lanh chặn (**Hình 1**) có tác dụng dừng những giá mang chi tiết trên dây chuyền. Khi nạp khí nén, pít tông chạy vào. Động năng (năng lượng động lực học) do va chạm vào cần pít tông ($E_{kin} = ½ mv^2$) không được vượt quá giới hạn cho phép, để xi lanh khỏi bị hư hỏng.



Hình 1: Cách vận hành của xi lanh chặn

Ở **bộ dẫn động xoay** (**Hình 2**) mô men quay được tạo ra từ cánh gạt xoay gắn trực tiếp trên trục dẫn động. Góc xoay tùy theo các loại cấu tạo có thể hiệu chỉnh vô cấp, thông thường trong khoảng 180°. Với bộ dẫn động này mô men quay sinh ra nhỏ. Bởi vì không có giảm chấn ở vị trí cuối – cao nhất là vòng giảm chấn – nên khối lượng di chuyển phải nhỏ. Bộ dẫn động xoay có độ chính xác về độ lặp lại cao và truyền lực không có độ rơ (khít). Chạy không tải cũng truyền đến hệ dẫn động như là một bộ phận bổ sung. Vì vậy việc dẫn tiến do xung nhịp có thể được hiệu chỉnh thành vô cấp.

Hình 2: Bộ dẫn động xoay

Xi lanh quay (**Hình 3**) tương tự như xi lanh tác động kép, ở đây chỉ có sự di chuyển của pít tông được truyền trên một thanh răng. Thanh răng này làm quay bánh răng nhỏ (pi nhông) được dẫn ra phía ngoài. Trên thị trường, xi lanh quay có các góc quay cố định thí dụ 90°; 180°; 270° và 360°. Việc biến đổi hành trình pít tông có khả năng tạo những góc xoay có trị số nằm ở giữa. Nếu bánh răng nhỏ được dẫn động với hai xi lanh gắn song song, thì mô men quay tăng gấp đôi.

Hình 3: Xi lanh quay

Đơn vị chuyển động xoay tuyến tính (**Hình 4**) mô tả sự kết hợp giữa xi lanh tác động kép và xi lanh xoay. Phần lớn chuyển động quay được hiệu chỉnh vô cấp. Chuyển động xoay hay tuyến tính có thể điều khiển riêng lẻ hay chung với nhau. Đơn vị chuyển động tuyến tính – xoay này được sử dụng cho những chức năng thao tác phải quay và đẩy.

Hình 4: Đơn vị chuyển động tuyến tính – xoay

https://tieulun.hopto.org

Phép tính xi lanh

Áp suất trong xi lanh truyền đều khắp mọi hướng. Vì ở phía pít tông xả khí áp suất chung quanh p_{amb} (môi trường) luôn luôn tác động, nên chỉ có áp suất dư p_e tạo ra lực đẩy pít tông F trong trạng thái chạy vào hay chạy ra.

Biến đổi công thức $p_e = F/A$ ta có lực pít tông theo lý thuyết (**Hình 1**)

$$F = p_e \cdot A \qquad [F] = \text{N};\ [p] = \text{N/m}^2;\ [A] = \text{m}^2$$

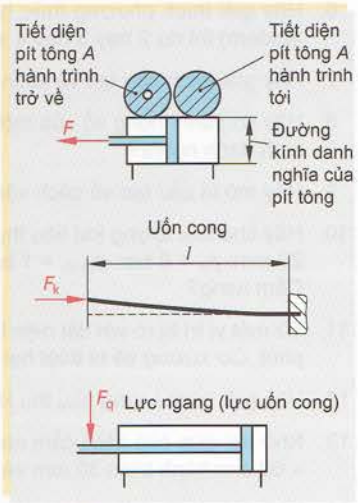
Trong thực tế còn có tiêu hao do ma sát. Lực pít tông được tính theo hiệu suất η (khoảng 90%)

$$F = p_e \cdot A \cdot \eta \qquad [\eta] = 1$$

hay khi trừ lực ma sát F_R

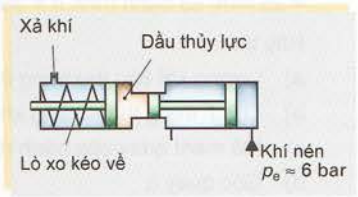
$$F = p_e \cdot A - F_R \qquad (F_R \approx 10\%)$$

Lực đẩy (dịch chuyển) của một xi lanh vào khoảng 70% lực áp suất ở mỗi vị trí cuối. Số liệu thông tin về lực của xi lanh có thể tìm thấy trong tài liệu về dữ liệu của xi lanh hay trong biểu đồ của nhà chế tạo.



Hình 1: Phép tính xi lanh

Hành trình lớn thì cần pít tông tương ứng phải dài hơn. Điều này sẽ gây ra hậu quả là cần pít tông trong tình trạng chạy ra có nguy cơ bị uốn cong dưới tác dụng của lực (**Hình 1**). Nhờ bảng chỉ dẫn của nhà chế tạo ta đọc được trị số đường kính của cần pít tông tối thiểu tùy thuộc lực tác dụng (xem Cẩm nang). Từ một kích thước biết trước của xi lanh, ta có thể nhận biết được lực tác dụng ngang (lực uốn cong) F_q (**Hình 1**). Nếu lực tác dụng ngang F_q không ghi trong tài liệu dữ kiện thì nên tránh.



Hình 2: Bộ chuyển đổi áp suất

Để thiết kế máy nén khí trong một hệ thống khí nén, cần phải biết lượng khí tiêu thụ cho những thiết bị vận hành. Lưu lượng theo thể tích này được quy chiếu dựa vào áp suất xung quanh (thông thường) $p_{amb} \approx 1$ bar của khí hút vào. Lượng khí tiêu thụ tùy thuộc vào tiết diện của pít tông A, hành trình s, số hành trình n và tỷ số giữa áp suất dư và áp suất môi trường chung quanh (**Hình 3**). Hầu hết các nhà sản xuất thông tin về lượng khí tiêu thụ không theo đơn vị SI (quốc tế) m^3/s mà theo l/min. Trong xi lanh tác dụng kép lượng khí tiêu thụ cho quãng chạy tới và trở về gần bằng nhau. Nếu cần tính toán chính xác hơn thì phải chú ý đến cần pít tông.

$$Q = A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$

$$Q = q \cdot n \cdot s$$

Hình 3: Tiêu thụ khí nén

Nhiều nhà sản xuất xi lanh khí nén ghi lượng khí tiêu thụ riêng q trong bản mô tả kỹ thuật (bản dữ liệu). Lượng khí tiêu thụ thường ghi là lít cho 1 cm hành trình. Nhờ vậy ta lập được bảng mô tả lượng khí tiêu thụ tùy thuộc vào đường kính của pít tông (xem Cẩm nang cơ điện tử).

10

Bài tập:

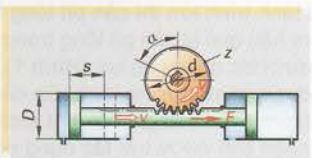
1. Hãy cho biết áp suất tối thiểu của một xi lanh tác dụng kép khi di chuyển vào, để có thể tạo ra một lực kẹp 2300 N? (D = 80 mm; d = 25 mm; η = 90%).
2. Một xi lanh tác dụng kép với D = 100 mm phải tạo ra một lực ép 2 kN. Hãy cho biết van giới hạn áp suất gắn trước xi lanh phải chỉnh ở trị số áp suất nào?
3. Hãy cho biết đường kính danh nghĩa của một xi lanh tác dụng kép nhờ cuốn cẩm nang, để xi lanh tạo ra lực kẹp tối thiểu 43 kN ở hiệu suất 90% và áp suất vận hành 6 bar?
4. Hãy giải thích cách hoạt động của bộ chuyển đổi áp suất trong **Hình 2**?
5. Nhờ cuốn Cẩm nang hãy tìm ra đường kính tối thiểu của một cần pít tông với lực kẹp 6 kN và hành trình 800 mm?

https://tieulun.hopto.org

6. Hãy giải thích phương thức hoạt động của một xi lanh được gắn nối tiếp nhau từ nhiều xi lanh (xi lanh tandem) thí dụ 2 hay 3 hay 4 xi lanh?
7. Hãy giải thích cấu tạo và cách hoạt động của xi lanh pittông kép.
8. Hãy so sánh thông số của một xi lanh pít tông kép với một xi lanh tác dụng kép đơn giản có cùng đường kính danh nghĩa?
9. Hãy mô tả cấu tạo và cách vận hành của xi lanh không có cần pít tông?
10. Hãy cho biết lượng khí tiêu thụ của một xi lanh tác dụng kép với những thông số kỹ thuật D = 70 mm; d = 20 mm; p_e = 6 bar, p_{amb} = 1 bar và hãy so sánh trị số này với trị số tính theo công thức nhờ trợ giúp của Cẩm nang?
11. Từ một vị trí bị rò với tiết diện tương ứng là lỗ hình tròn có đường kính 0,6 mm khí sẽ thoát ra 12 lít trong 1 phút. Cơ xưởng sẽ bị thiệt hại bao nhiêu EUR trong một năm, khi giá 1 m^3 khí nén là 3 cents?
12. Hãy giải thích lượng tiêu thụ khí riêng.
13. Nhờ trợ giúp của sách cẩm nang, hãy cho biết lượng tiêu thụ khí riêng q cho xi lanh đường kính pít tông D = 60 mm hành trình 30 mm và lượng khí tiêu thụ cho 600 lần đẩy/ min?
14. Với sự trợ giúp của xi lanh tác dụng kép, chuyển động quay được sinh ra do bộ truyền động bằng cơ cấu thanh răng (xem **Hình**). Cho biết mô đun m = 2,5 mm; số răng z = 36; áp suất dư p_e = 4 bar; hành trình s = 25 mm; số hành trình n = 35/min; đường kính pít tông D = 70 m.

    Hãy tính:

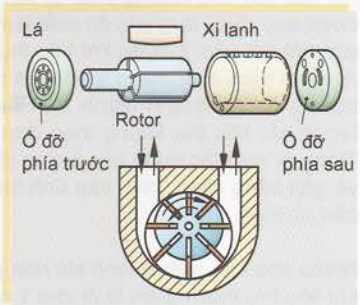
    a) Lượng khí tiêu thụ trong 8 giờ với hiệu suất 90%
    b) Lực F trong thanh răng khi hiệu suất 90%
    c) Mô ment quay của bánh răng
    d) Góc quay α



10.4.4.3 Động cơ khí nén

Tổng quát động cơ điện được sử dụng để tạo ra chuyển động quay. Nếu ta cần mô men khởi động lớn, tốc độ quay cao, an toàn khi quá tải và bảo vệ chống nổ thì động cơ khí nén được sử dụng.

Động cơ kiểu lá (**Hình 1**) dẫn dầu trong những động cơ khí nén. Nó được cấu tạo đơn giản, vững chắc, không phải bảo dưỡng nhiều và trong trường hợp bình thường có thể bị quá tải cho đến khi dừng. Động cơ dạng lá được sử dụng cho các thiết bị vặn vít đập, vặn vít góc hay vặn vít quay, lưỡi lá lỗ khoan và các máy khoan lỗ, cắt ren, mài và khắc.



Hình 1: Động cơ dạng lá

Khi động cơ quay, lực ly tâm những lá tác động lẫn nhau làm bít kín buồng làm việc. Tuy nhiên, sự bít kín này cũng là cần thiết khi khởi động, mặc dù lúc đó chưa có lực ly tâm tác dụng. Bởi thế, những lá trong vùng nạp khí nén được nén, nên bảo đảm được sự bít kín ngay cả trong khi dừng máy. Một biện pháp thiết kế khác để bảo đảm sự bít kín khi khởi động là gắn những lò xo ép lá vào thân máy.

Tốc độ quay của rotor từ 10 000 min^{-1} đến 100 000 min^{-1}. Với bộ truyền động hành tinh, tốc độ quay được giảm thiểu (đến 5 min^{-1}) trong nhiều ứng dụng thực tế. Bộ truyền động hành tinh có thể thay đổi tùy theo nhà chế tạo đa số từ các hệ thống láp ráp mô đun, sao cho động cơ có nhiều tốc độ quay có sẵn để sử dụng. Để mô men quay cho phép tối đa trong nhà máy không bị vượt quá khi vận hành, phần lớn bộ ly hợp quá tải được thiết kế. Công suất của động cơ kiểu lá từ 0,02 Watt đến 5 000 Watt.

Biểu đồ **Hình 1 trang 433** trình bày những đường biểu diễn tính năng: về công suất, tính năng về mô men quay và lượng khí tiêu thụ của một động cơ khí nén điều chỉnh vô cấp. Mô men quay và công suất tùy thuộc tốc độ quay của động cơ. Mỗi động cơ có những đường biểu diễn riêng (đặc tuyến). Vì thế công suất và mô men quay có thể đọc từ tốc độ quay. Ngược lại tốc độ quay động cơ cũng được suy ra từ đặc tuyến khi biết tải.

https://tieulun.hopto.org

Khi dữ liệu đòi hỏi có sai lệch với dữ liệu danh nghĩa của động cơ (có nghĩa 100%), thì áp suất vận hành hiệu chỉnh cho một động cơ được xác định nhờ sự trợ giúp của biểu đồ minh họa ở **Hình 2**.

Thí dụ: Cho một động cơ khí nén với M_{nenn} = 10,5 Nm và với tốc độ quay n_{nenn} = 500 min^{-1}, hãy tính áp suất hiệu chỉnh được cho n_{gef} = 320 min^{-1} ở M_{gef} = 8,8 Nm. (Chú giải: M_{nenn} = Mô men danh nghĩa, $M_{gef.}$ = Mô men đòi hỏi)

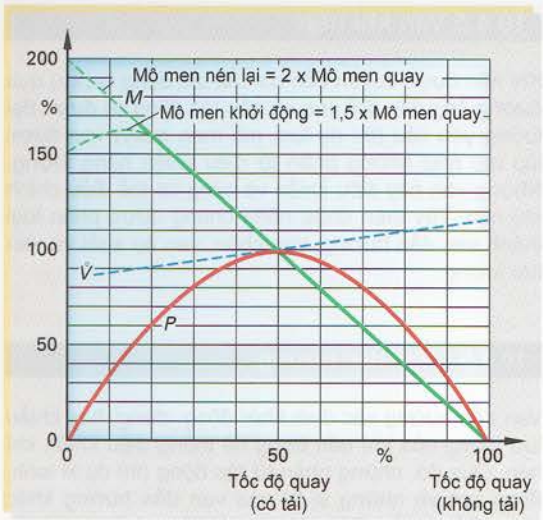
Lời giải:

$$y = \frac{M_{gef,\,Motor} \cdot 100\%}{M_{nenn,\,Motor}} = \frac{8{,}8\ \text{Nm} \cdot 100\%}{10{,}5\ \text{Nm}} = 83{,}3\%$$

$$x = \frac{n_{gef,\,Motor} \cdot 100\%}{n_{nenn,\,Motor}} = \frac{320\ \text{min}^{-1} \cdot 100\%}{500\ \text{min}^{-1}} = 68\%$$

Theo **Hình 2** ta có p = 4,2 bar

Từ áp suất hiệu chỉnh ở động cơ ta có thể tính được độ sụt áp suất trong ống dẫn khí.



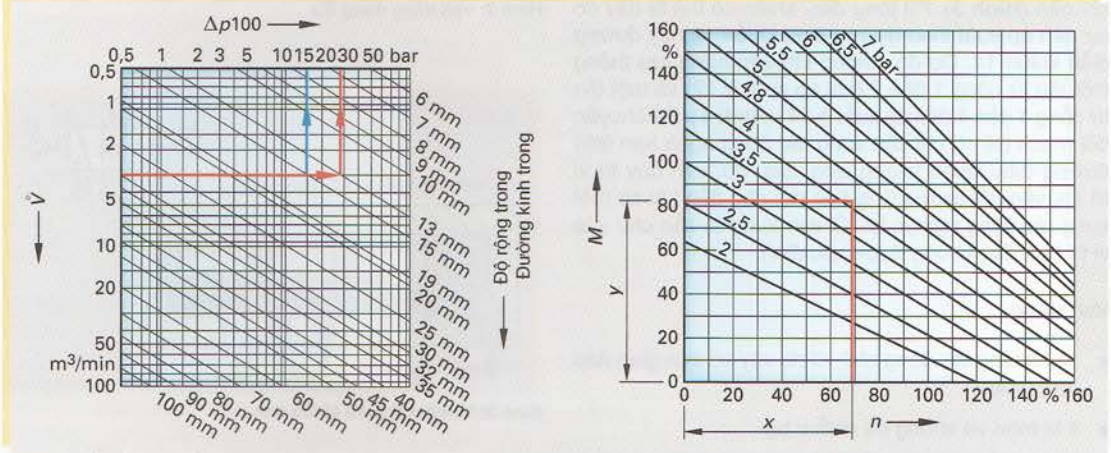
Hình 1: Biểu đồ

Thí dụ: Lưu lượng khí có = 3 m^3/min di chuyển qua một ống mềm dẫn khí với d_i = 13 mm. Ống dẫn có chiều dài 6m. Áp suất ở cuối ống dẫn là bao nhiêu khi nó được nạp vào đến 6,5 bar? Sự tiêu hao áp suất thay đổi như thế nào khi sử dụng ống dẫn với d_i = 15 mm?

Lời giải: Ở **Hình 2** ta đọc được độ sụt áp suất cho ống dẫn với d_i = 15 mm dài 100m và 30bar

$$\Delta p = \frac{\Delta p_{100} \cdot l_{schlauch}}{100\ \text{m}} = \frac{30\ \text{bar} \cdot 6\ \text{m}}{100\ \text{m}} = 1{,}8\ \text{bar}$$

khi d_i = 15 mm thì p = 0,9 bar



Hình 2: Biểu đồ áp suất

Bài tập:

1. Một động cơ cần lưu lượng khí 3,6 m^3/min và phải làm việc với áp suất trong phạm vi từ 4,4 bar đến 4,6 bar. Từ trước đến nay người ta sử dụng ống dẫn khí mềm dài 12 m với đường kính trong danh nghĩa là 19 mm nối vào động cơ theo mạch vòng. Hãy cho biết áp suất trong mạch vòng ở bộ điều chỉnh áp suất cho tình trạng này? Vì phải xây dựng lại nhà máy, động cơ được thiết kế với lưu lượng khí tiêu thụ 5 m^3/min, vận hành trong phạm vi từ 5,5 bar đến 5,7 bar. Đường kính trong danh nghĩa của ống dẫn khí vào có đủ không, khi sử dụng áp suất tối đa 6 bar?
2. Hãy cho biết áp suất hiệu chỉnh khi n = 550 vòng/phút (min^{-1}) và M = 20 Nm tại động cơ khí nén với tốc độ quay danh nghĩa n_{nenn} = 750 vòng/phút (min^{-1}) và mô men quay danh nghĩa M_{nenn} = 20 Nm?
3. Hãy giải thích phạm vi sử dụng của động cơ khí nén trong cơ xưởng của bạn.

https://tieulun.hopto.org

10.4.5 Van khí nén

Khí nén được truyền đến cơ cấu tác động (actor) qua đường ống dẫn. Để cho cơ cấu tác động có được đại lượng yêu cầu (thí dụ lực, mô men quay) van được lắp ráp như những phần tử điều khiển năng lượng. Những van này điều khiển và cũng có thể điều chỉnh khí nén. Tùy theo chức năng chúng được phân loại thành van dẫn hướng, van chặn, van áp suất và van lưu lượng.

10.4.5.1 Van dẫn hướng

Van dẫn hướng xác định khởi động, dừng, hay chiều lưu thông của khí nén trong hệ thống điều khiển khí nén. Qua đó, những phần tử tác động (thí dụ xi lanh, động cơ) và những vị trí của van dẫn hướng khác được điều khiển. Có hai loại thiết kế cơ bản:

Trong **van nâng** (van đế tựa), van được bít kín hoặc là do những viên bi (van dạng cầu, **Hình 1**) hoặc do những đĩa (van dạng đĩa, **Hình 2**). Khi thanh đẩy van bị tác động, thì đường thoát khí từ cổng 2 đến 3 bị đóng lại và khí nén có thể lưu thông từ cổng 1 đến 2.

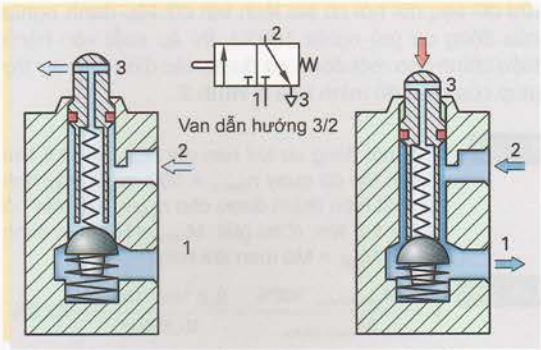
Trong **van trượt** (dịch chuyển) pít tông được đẩy theo chiều dài (dọc trục), điều khiển dòng lưu thông của khí nén (**Hình 3**). Pít tông điều khiển có thể bị đẩy do sự nén áp suất theo đường điều khiển 12 hay đường điều khiển 14. Do đó, không khí vận hành lưu thông một lần từ cổng 1 đến 2 (khi áp suất ở 12) và một lần từ cổng 1 đến 4 (khi áp suất ở 14) (**Hình 4**). Để chuyển đổi mạch (vị trí) chỉ cần xung tác động ngắn hạn trên đường điều khiển tương ứng. Sau đó, van duy trì vị trí chuyển đổi tương ứng kéo dài cho đến khi có một xung tác động ngược lại. Ở van xung ta cần chú ý là vị trí ban đầu không được xác định.

Van nâng

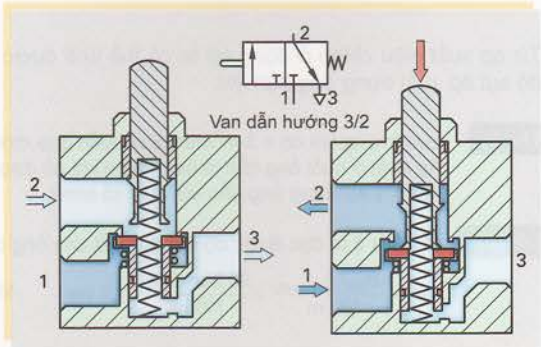
- có khoảng tác động nhỏ và do vậy có thời gian đáp ứng ngắn
- ít bị mòn và không dễ nhiễm bụi
- đòi hỏi lực tác động lớn và do vậy phải có điều khiển phụ trợ (trước) khi đường kính trong danh nghĩa (danh định) của đường ống dẫn lớn.

Van trượt (dịch chuyển)

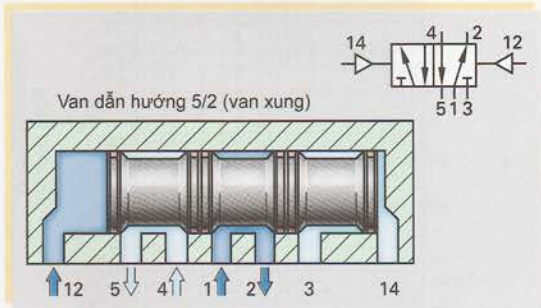
- có khoảng tác động dài hơn và vì thế thời gian đáp ứng lâu hơn
- bị mài mòn nhiều vì dễ nhiễm bụi
- đòi hỏi lực tác động nhỏ



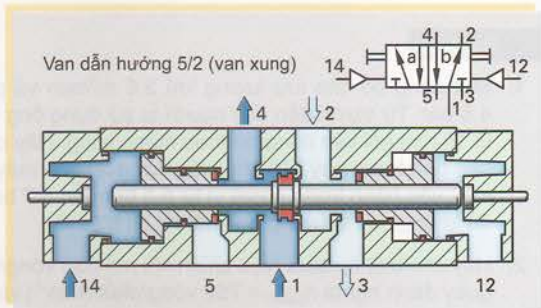
Hình 1: Van nâng dạng cầu (van có mặt tựa hình cầu)



Hình 2: Van nâng dạng đĩa



Hình 3: Van trượt theo chiều dọc



Hình 4: Van treo dạng đĩa

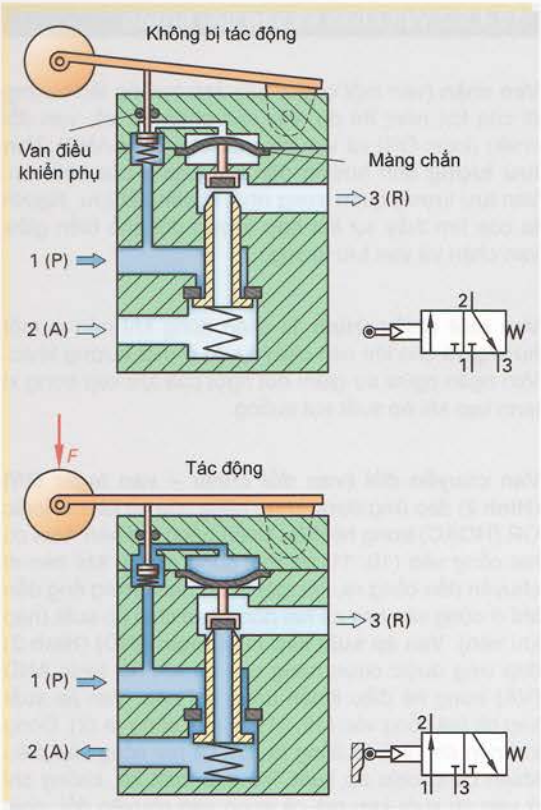
https://tieulun.hopto.org

Hệ thống khí nén với cơ cấu tác động đòi hỏi lượng khí tiêu thụ cao, do đó phải thiết kế những van dẫn hướng với đường kính trong có độ lớn danh nghĩa tương ứng, qua đó làm tăng lực tác động. Trong hệ thống này van tác động gián tiếp được sử dụng. Van này được gọi là van điều khiển phụ (*van điều khiển trước, van điều khiển servo, van điều khiển trợ động*) để chuyển mạch van chính (**Hình 1**).

Một lỗ khoan nhỏ bổ sung nối cổng vào của khí nén 1 với van điều khiển phụ. Khi đòn bẩy mang con lăn bị tác động, thì van điều khiển phụ sẽ mở và khí nén di chuyển cho đến màng chắn. Màng chắn này bị di chuyển xuống dưới và khóa / chặn khả năng xả khí từ cổng 3 đến 2 qua một cái đĩa van. Sau đó, nhờ lực lớn của thanh đẩy van đĩa thứ hai mở ra làm khí nén lưu thông từ cổng 1 đến 2.

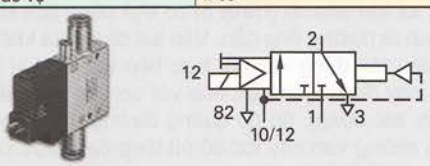
Sau khi nhả đòn bẩy mang con lăn, buồng chứa khí được giảm áp suất nhờ khí xả ra qua màng chắn qua lỗ khoan ở đòn bẩy của van. Lò xo trở về đẩy pít tông điều khiển lên phía trên và trước tiên đóng lại đường kết nối giữa 1 và 2. Sau đó khí thoát ra theo cổng từ 3 đến 2. Nguyên tắc điều khiển phụ trợ được ứng dụng cho nhiều loại thao tác khác nhau.

Hình 2 trình bày bản dữ liệu của van dẫn hướng 3/2, chú trọng đến những đặc điểm thiết kế cũng như ren tại đầu nối v.v...



Hình 1: Nguyên tắc van điều khiển phụ

Đặc điểm	Giá trị	Đặc điểm	Giá trị
Biểu tượng chức năng chuyển mạch	Van dẫn hướng 3/2, vị trí ban đầu bị chặn	Tác động / kéo trở về	Cuộn dây điều khiển phụ, tác động chủ yếu/bằng khí nén
Mô tả ngắn chức năng chuyển mạch	3/2	Gắn chặt phụ trợ bằng tay	Va chạm, tự kéo lui/quay, khóa chốt
Hướng lưu lượng đảo chiều	Không		
Nguyên tắc chức năng	Van trượt	Hiển thị trạng thái chuyển mạch	Không
Dạng – phần tử chức năng	Pít tông	Vật liệu của nắp đậy	PA
Có thể điều chỉnh khí thoát	Không	Vật liệu của vỏ máy	Nhôm đúc áp lực
Loại điều khiển	Gián tiếp	Vật liệu gioăng	NBR
Đặc tính phần tử điều chỉnh	Ổn đơn	Trọng lượng sản phẩm	0,15 kg
Loại tác động trở về	Lò xo khí nén	Lưu lượng danh nghĩa 1-2	850 l/min
Khí nén điều khiển hỗ trợ bên ngoài	Có	Lưu lượng danh nghĩa 2-3	850 l/min
Loại gắn chặt	Gắn chặt bằng vít	Thời gian chuyển mạch BẬT/Chuyển đổi (ưu tiên)	28 ms
Đường kính trong danh nghĩa của ống dẫn	8 mm	Thời gian chuyển mạch TẮT/Chuyển đổi	18 ms
Áp suất vận hành tối thiểu	–0,9 bar	Các loại điện áp	DC
Áp suất vận hành tối đa	10 bar	Điện áp một chiều danh nghĩa	24 V
Nhiệt độ chung quanh tối thiểu	–5 °C	Công suất danh nghĩa	1,5 W
Nhiệt độ chung quanh tối đa	50 °C	Thời gian đóng mạch của nam châm	100 %
Nhiệt độ môi trường tối thiểu	–5 °C	Môi trường vận hành	Khí nén được lọc (40 µ)
Nhiệt độ môi trường tối đa	50 °C	Môi trường điều khiển	Khí nén được lọc (40 µ)
Áp suất điều khiển tối thiểu	2,5 bar	Loại bảo vệ	IP65
Áp suất điều khiển tối đa	10 bar		
1)	8		
2)	8		
3)	4		
Ren nối ống điều khiển xả khí	M 5		
Tiêu chuẩn - Hình ổ cắm	Ổ cắm thiết bị DIN 4360-1		



Hình 2: Bản dữ liệu

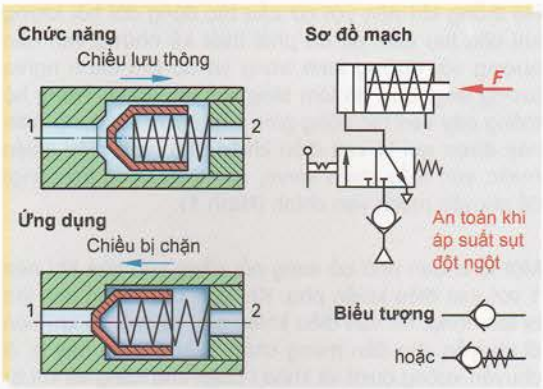
[1] Kích thước danh nghĩa của ống dẫn tiếp nối thông gió [2] Kích thước danh nghĩa của ống dẫn tiếp nối đầu nối khí làm việc [3] Kích thước danh nghĩa của đầu nối ống dẫn

https://tieuluh.hopto.org

10.4.5.2 Van chặn và van lưu lượng

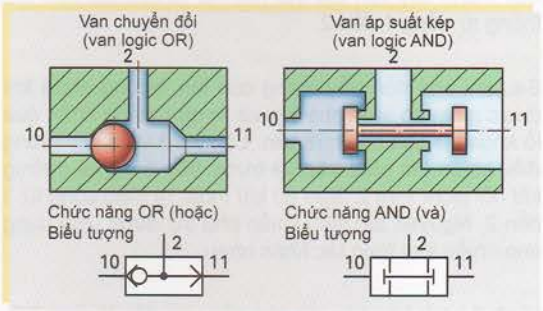
Van chặn (*van một chiều*) gây ảnh hưởng lên hướng đi của khí nén; thí dụ như van chặn trở về, van đổi chiều (logic OR) và van áp suất kép (logic AND). **Van lưu lượng** ảnh hưởng đến lưu lượng của khí nén. Van lưu lượng quan trọng nhất là van tiết lưu. Người ta còn tìm thấy sự kết hợp tương đối phổ biến giữa van chặn và van lưu lượng.

Van một chiều (**Hình 1**) chặn dòng khí nén ở một hướng và cho khí nén chảy tự do ở một hướng khác. Van ngăn ngừa sự giảm đột ngột của lực kẹp trong xi lanh kẹp khi áp suất sụt xuống.



Hình 1: Van một chiều (van chặn trở về)

Van chuyển đổi (***van đổi chiều – van logic OR***) (**Hình 2**) đáp ứng được chức năng của bộ kết nối logic OR (HOẶC) trong hệ điều khiển bằng khí nén. Van có hai cổng vào (10, 11) và một cổng ra (2). Khí nén di chuyển đến cổng ra, khi một trong hai đường ống dẫn khí ở cổng vào hay cả hai đồng thời chịu áp suất (nạp khí nén). **Van áp suất kép (van logic AND)** (**Hình 2**) đáp ứng được chức năng của bộ kết nối logic AND (VÀ) trong hệ điều khiển bằng khí nén. Van áp suất kép có hai cổng vào (10, 11) và một cổng ra (2). Dòng khí nén chỉ đi theo cổng ra, khi cả hai cổng vào điều khiển cùng chịu áp suất. Về mặt thiết kế, không chỉ ở van áp suất kép mà cả trong van chuyển đổi, phải bảo đảm được rằng khí nén ở ống dẫn điều khiển này không bị di chuyển sang ống điều khiển khác.

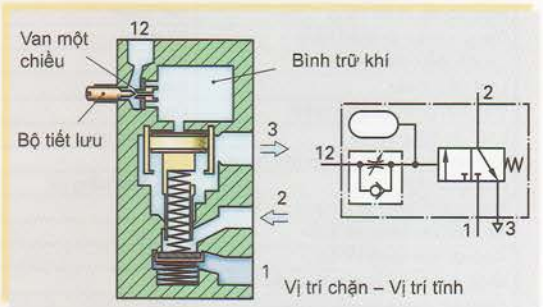


Hình 2: Van điều khiển kết nối logic

Hình 3 mô tả **van tiết lưu một chiều** - sự kết hợp giữa van tiết lưu và van một chiều. Trong một hướng lưu thông dòng khí có khả năng bị điều chỉnh vô cấp và trong hướng lưu thông ngược lại khí nén được tự do. Van này được sử dụng để thay đổi tốc độ của pít tông.

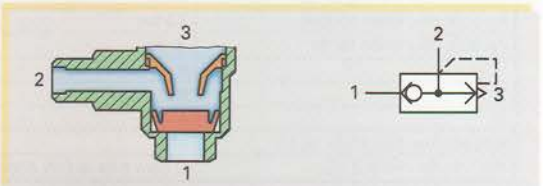
Hình 3: Van tiết lưu một chiều

Van trễ (***van hãm, van trì hoãn***) (**Hình 4**) là sự kết hợp của van tiết lưu một chiều (***van chặn trở về***), một van dẫn hướng 3/2 và một bộ trữ khí (bình chứa). Khí nén điều khiển ở ngõ vào 12 được nạp vào bình trữ khí nhiều hay ít – tùy theo độ tiết lưu. Khi áp suất cần thiết đã đạt được, van mở mạch. Thời gian để tạo áp suất chuyển đổi gọi là thời gian trì hoãn của van. Khi xả khí van trở lại vị trí ban đầu, bình trữ trở lại trạng thái rỗng không còn khí.



Hình 4: Van trễ (trì hoãn tác động)

Van xả khí nhanh (**Hình 5**) có khả năng làm khí thoát nhanh ra đường ống dẫn. Vào lúc đó khí xả không qua cơ cấu tác động mà nối trực tiếp van xả khí nhanh. Van này được gắn trực tiếp với cơ cấu làm việc (*vận hành, tác động*), do đó quãng đường thoát khí ngắn. Qua những van này tốc độ pít tông đạt được cao hơn nhờ sự xả khí nhanh.



Hình 5: Van xả khí nhanh

https://tieulun.hopto.org

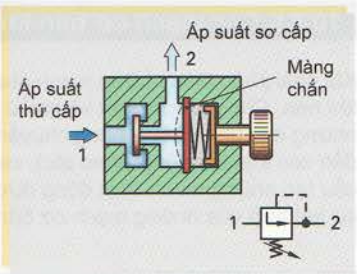
10.4.5.3 Van áp suất khí nén

Trong thiết bị điều khiển bằng khí nén, không khí

- có sẵn hay
- dòng di chuyển

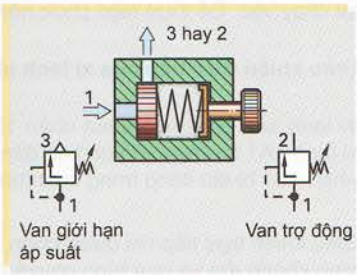
bị ảnh hưởng nhờ vào sự hỗ trợ của van áp suất

Ở **van điều áp** (*van điều chỉnh áp suất*) người ta có thể hiệu chỉnh và điều chỉnh áp suất thứ cấp (ngõ ra) với trị số không đổi khác nhau từ áp suất sơ cấp (ngõ vào). Sự điều chỉnh được thực hiện do một màng chắn và một lò xo. Mỗi đơn vị bảo dưỡng thường được thiết kế bộ điều áp này. Hơn nữa, qua van điều áp này ta có thể được điều chỉnh lực pít tông của xi lanh.



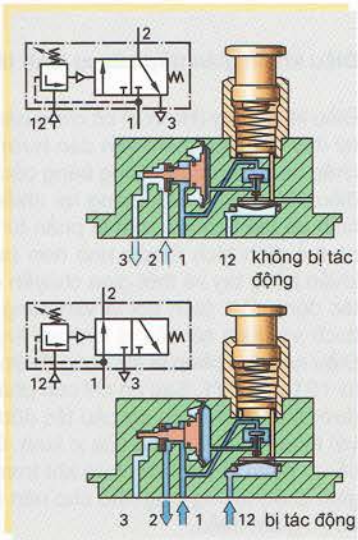
Hình 1: Van điều chỉnh áp suất

Van giới hạn áp suất và **van điều khiển trình tự** – còn gọi là **van điều khiển tuần tự** có cùng nguyên tắc giống nhau (**Hình 2**). Trong van giới hạn áp suất, khi áp suất hiệu chỉnh của phía chịu áp suất (1) vượt quá giới han, thì lực tác động lên pít tông lớn hơn lực đẩy của lò xo. Qua đó, đường ống xả khí (ống dẫn 3 trong **Hình 2**) được mở để khí thoát ra môi trường chung quanh. Áp suất có thể tiếp tục giảm xuống, cho đến khi áp suất xuống thấp hơn áp suất hiệu chỉnh giới hạn dưới, thì van bị đóng lại, vì lực lò xo bây giờ lớn hơn lực áp suất. Van giới hạn áp suất được thiết kế chủ yếu làm van an toàn.



Hình 2: Van điều khiển tuần tự

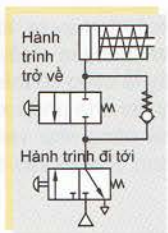
Ở van điều khiển trình tự hay van tuần tự không có xả khí. Khi pít tông mở, khí nén đi vào đường vận hành (đường ống dẫn 2 trong **Hình 3**). Đường ống này thường nối với đường điều khiển của van dẫn hướng, làm chuyển vị trí của van này.



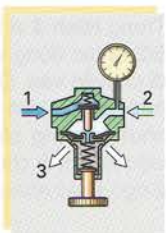
Hình 3: Van chuyển khí nén trợ động

Bài tập:

1. Hãy phác thảo van trì hoãn có vị trí 0 (lúc ban đầu) để khí nén đi qua và mô tả chức năng này.
2. Hãy phác thảo van xung khí nén 5/2 (van trượt) được tác động bằng tay và với điều khiển phụ trợ?
3. Hãy giải thích tại sao khí có thể lưu thông qua van áp suất kép (logic AND), trước tiên khí nén nạp (nén) vào ngõ vào thứ nhất và sau đó vào ngõ vào thứ hai?
4. Hãy giải thích tại sao chức năng logic OR của một van chuyển đổi không thể được thay thế bằng việc kết nối đơn giản những ngõ ra của hai van dẫn hướng 3/2?
5. Hãy mô tả sự điều khiển trong **Hình 4**?
6. Việc gì sẽ xảy ra trong **Hình 4** khi các đầu nối (cổng) của van một chiều bị tráo đổi?
7. Hãy cho biết những chức năng của van áp suất trong thiết bị điều khiển bằng khí nén?
8. Hãy giải thích cách hoạt động của van điều chỉnh áp suất trong **Hình 5** khi áp suất dao động
   a) Tại sao phải quy định gắn van giới hạn áp suất cho các hệ điều khiển?
   b) Áp suất thứ cấp sẽ thay đổi ra sao, khi ta tiếp tục vặn vít điều chỉnh làm khe hở nhỏ đi?
   c) Van sẽ vận hành ra sao, khi lò xo bị kẹt hay bị gãy?
   d) Hãy giải thích sự cần thiết của lỗ thông khí "3"?



Hình 4



Hình 5

https://tieulun.hopto.org

10.4.6 Các mạch cơ bản khí nén

Khi phải phác thảo những mạch phức tạp, điều kiện tiên quyết là phải có kiến thức về đặc tính của các phần tử khí nén. Cho nên cần biết về nhiều loại thiết kế khác nhau (thí dụ như van trượt hay van nâng) và từ đó suy ra những đặc tính về tính năng chuyển đổi (*tiến từ từ hay nhảy vọt*). Tiếp đến là những đặc tính của van liên quan đến các loại tác động (*thao tác*), các lực tác động và tính năng dòng khí. Đó là những điều kiện tiên quyết để cấu tạo những mạch hoạt động được. Phân tích các sơ đồ chuyển mạch ta thấy những sơ đồ này luôn luôn là sự kết hợp của những mạch cơ bản sau đây.

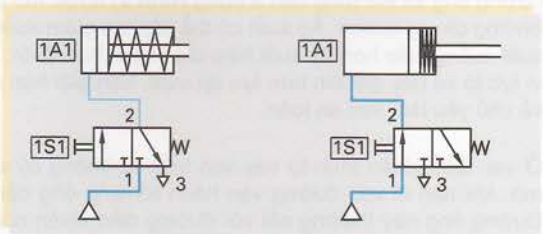
10.4.6.1 Chuyển dịch tới và lùi đơn giản của xi lanh

Một trong những chức năng cơ bản trong kỹ thuật khí nén là xi lanh (tác động đơn hay tác động kép) chạy ra rồi lại chạy vào. Để thực hiện chức năng này có nhiều khả năng khác biệt nhất.

Điều khiển trực tiếp của xi lanh tác động đơn

Xi lanh 1A1 chạy ra khi nút nhấn 1S1 của van dẫn hướng 3/2 bị tác động. Nếu 1S1 không còn tác động nữa, xi lanh 1A1 lại chạy vào do tính đàn hồi của lò xo, có nghĩa là xi lanh chỉ đạt được vị trí cuối phía trước, khi nút nhấn 1S1 bị tác động trong suốt thời gian di chuyển đi ra (**Hình 1**).

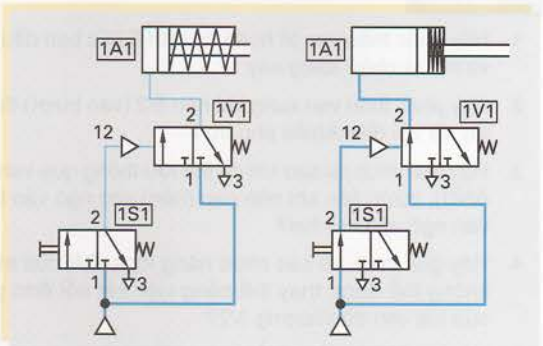
Điều khiển trực tiếp chỉ được chọn, khi thể tích của xi lanh không lớn và quá trình chuyển đổi chỉ do một cơ cấu phát tín hiệu điều khiển. Tuy nhiên giá thành sẽ thuận lợi hơn khi điều khiển gián tiếp, vì ta chỉ dùng một van dẫn hướng 3/2.



Hình 1: Điều khiển trực tiếp của xi lanh tác động đơn

Điều khiển gián tiếp của xi lanh tác động đơn

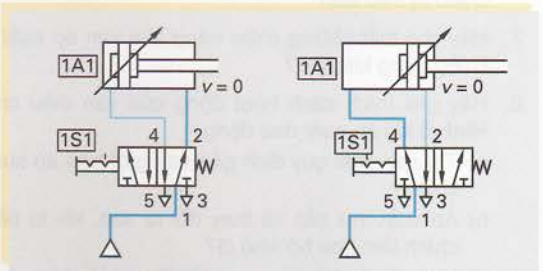
Điều khiển này (**Hình 2**) có chức năng giống như trên, tại đây còn gắn thêm van dẫn hướng 3/2 làm cơ cấu chấp hành được tác động bằng cách nhấn. Hơn nữa, điều khiển gián tiếp mang lại nhiều ưu điểm cho xi lanh có thể tích lớn, bởi vì phần tử phát tín hiệu 1S1 có thể định kích thước nhỏ hơn (sẽ có lợi cho điều khiển bằng tay và thời gian chuyển đổi ngắn). Cơ cấu tác động 1V1 (còn gọi là van công suất) phải tương thích với kích cỡ của xi lanh và lưu lượng dòng khí. Điều này cho phép ta sử dụng đường dây tín hiệu nhỏ từ 1S1 đến 1V1. Sau đó chỉ còn phải định kích cỡ của đường ống dẫn đến cơ cấu tác động 1V1 tương ứng với thông số đặc trưng của xi lanh. Ống dẫn ngắn này có ưu điểm là thể tích chứa khí trong ống dẫn (không gian chết) tương ứng nhỏ cho nên lượng khí tiêu thụ được giảm thiểu.



Hình 2: Điều khiển gián tiếp của xi lanh tác động đơn

Điều khiển gián tiếp của xi lanh tác động kép

Trong **Hình 3** xi lanh 1A1 chạy ra, khi van dẫn hướng 5/2 bị tác động và khi chuyển chiều tác động thì van di chuyển vào. Ở đây ta cũng có thể sử dụng van dẫn hướng 4/2. Van này chỉ cho phép xả khí qua ngõ ra, nhưng không có khả năng như van dẫn hướng 5/2, việc xả khí ở chu trình đi ra đi vào được tách riêng ở 2 ngõ khác nhau.



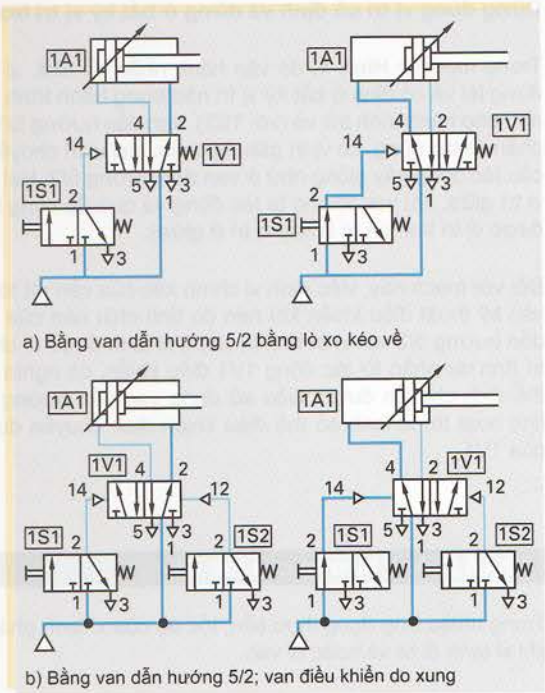
Hình 3: Điều khiển gián tiếp của xi lanh tác động kép

https://tieulun.hopto.org

Khác với xi lanh tác động đơn, xi lanh tác động kép cần một tác động riêng cho mỗi hành trình tới và trở về. Qua đó, cơ cấu tác động tương ứng phải có hai ngõ ra điều khiển khí nén. Cơ cấu tác động được thiết kế thông thường nhất là van dẫn hướng 5/2. Van có 2 đường làm việc (2; 4), 2 cổng xả khí (3; 5) và một cổng nối khí đi vào (1). Ở một vị trí chuyển đổi khí nén di chuyển từ cổng 1 → 2 và xả khí từ cổng 4 → 5. Ở một vị trí chuyển đổi khác khí nén di chuyển từ cổng 1 → 4 và xả khí từ 2 → 3 (**Hình 3 Trang 438**). Tùy theo cách thức tác động có nhiều cách điều khiển. Cơ bản có cách điều khiển di chuyển tới và lùi với hai van dẫn hướng 3/2 tách rời, nhưng khi đó phải chú ý đến sự trùng (*chồng chập*) tín hiệu (xem chương 10.4.6.6).

Điều khiển gián tiếp của xi lanh tác động kép

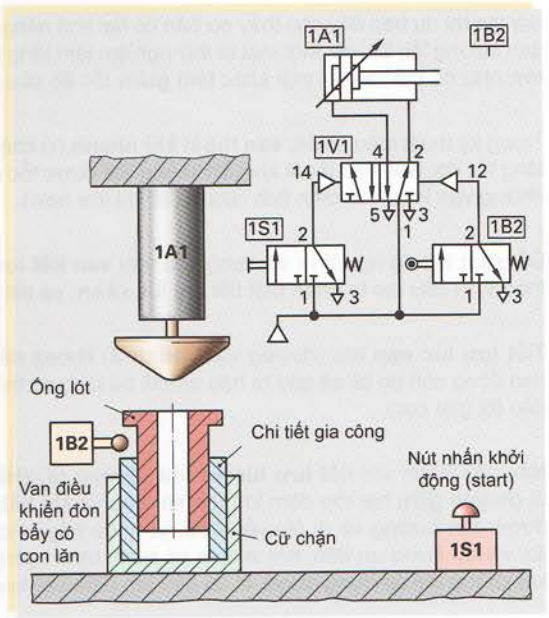
Xi lanh 1A1 ở **Hình 1a** chạy ra, khi phần tử phát tín hiệu 1S1 bị tác động và khi 1S1 không còn tác động (nhả) xi lanh 1A1 đi vào. Tại đây, xi lanh chỉ chạy hết hành trình, khi 1S1 bị tác động trong suốt cả thời gian xi lanh đi ra. Ưu và nhược điểm cơ bản của việc điều khiển trực tiếp hay gián tiếp của xi lanh tác động kép cũng giống như ở xi lanh tác động đơn.



Hình 1: Điều khiển gián tiếp của xi lanh tác động kép

Việc điều khiển trong **Hình 1b** không có sự chọn lựa điều khiển trực tiếp. Xi lanh 1A1 chạy ra cho đến vị trí cuối, khi 1S1 bị tác động và chỉ chạy trở vào khi 1S2 tác động. Người ta cũng gọi cách thức điều khiển này là điều khiển do xung, bởi vì cơ cấu tác động 1V1 chỉ cần có một xung áp suất ngắn cũng đủ để đổi chiều điều khiển. Van loại này được gọi là van duy trì (*lưu giữ*), vì tín hiệu điều khiển đổi chiều vị trí chỉ cần một xung và sau đó van sẽ duy trì vị trí này.

Thí dụ: Một điểm sản xuất thủ công (**Hình 2**) được tự động hóa một phần. Một ống lót được ép vào một chi tiết có lỗ khoan do sự trợ giúp của xi lanh tác động kép. Xi lanh chạy ra khi nút nhấn bị tác động. Sự di chuyển trở về xảy ra tự động, khi pít tông đạt được vị trí cuối ở phía trước. Ống lót và chi tiết được đưa vào bằng tay. Cách thực hiện điều khiển này không đáp ứng được các quy định về an toàn. Để tăng sự an toàn ta cần phải thiết kế thêm những điều kiện tiếp theo, sẽ được trình bày ở phần sau.



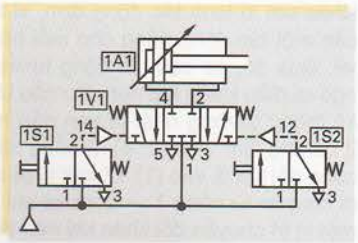
Hình 2: Gá ép vào

Hình 2 mô tả tính năng duy trì tín hiệu của van dẫn hướng 5/2 1V1. Nếu 1S1 bị tác động cho đến khi đạt được vị trí cuối cùng, van 5/2 1V1 sẽ đổi chiều ở cả hai phía khi có tín hiệu áp suất. Sự chuyển đổi điều khiển đảo chiều chỉ thực hiện khi 1S1 được nhả ra. Bởi thế van điều khiển do xung 5/2 cũng là bộ lưu trữ với tính năng ưu tiên cho tín hiệu đến trước.

https://tieulun.hopto.org

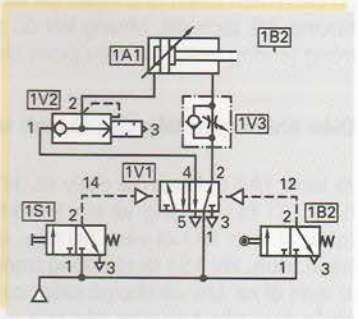
Dừng đúng vị trí cố định và dừng ở bất kỳ vị trí trong quãng chạy

Trong mạch ở **Hình 1**, do vận hành nhấn rồi nhả, xi lanh có khả năng dừng lại và cố định ở bất kỳ vị trí nào trong hành trình tới (với 1S1) cũng như cho hành trình trở về (với 1S2). Van dẫn hướng 5/3 sử dụng như một phần tử tác động, có vị trí giữa bị chặn. Hai vị trí chuyển đổi khác của cơ cấu tác động này giống như ở van dẫn hướng 5/2. Hai lò xo đưa van vào vị trí giữa, khi van không bị tác động và qua đó cũng bảo đảm xác định được vị trí tĩnh (vị trí 0 hay vị trí ở giữa).



Hình 1: Di chuyển đúng vị trí và dừng lại

Đối với mạch này, việc định vị chính xác của cần pít tông không thể dựa vào kỹ thuật điều khiển khí nén do tính chịu nén của không khí. Ở van dẫn hướng 5/3 với vị trí tĩnh bị chặn, xi lanh được di chuyển đến đúng vị trí tĩnh do phần tử tác động 1V1 điều khiển, có nghĩa là ở đó nó không thể dịch chuyển được. Nếu sử dụng van dẫn hướng 5/3 với vị trí tĩnh linh hoạt thì xi lanh có thể điều khiển dịch chuyển được đến vị trí tĩnh của 1V1.



Hình 2: Thiết bị ép

10.4.6.2 Ảnh hưởng của tốc độ

Trong nhiều ứng dụng thực tiễn, tốc độ của xi lanh phải hiệu chỉnh được khi xi lanh đi ra và/hoặc đi vào.

Thí dụ: Bài tập ở trang 439 được mở rộng thêm, tốc độ đi ra của xi lanh có thể hiệu chỉnh được và tốc độ đi vào của xi lanh lớn càng lớn càng tốt (**Hình 2**).

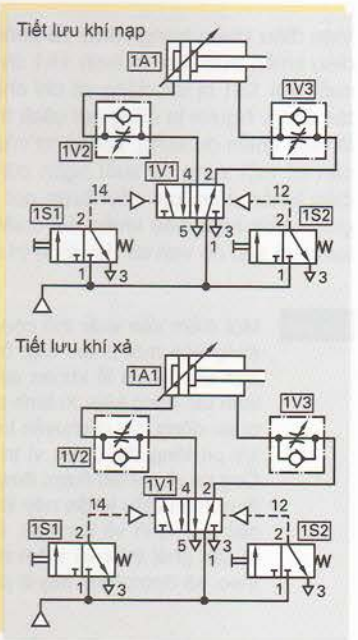
Bài tập thí dụ trên đây cho thấy cơ bản có hai khả năng khác nhau để gây ảnh hưởng lên tốc độ. Một mặt ta thử nghiệm làm tăng tốc độ của pít tông **lớn** như có thể và một mặt khác **làm giảm** tốc độ của pít tông.

Trong kỹ thuật điều khiển, **van thoát khí nhanh** có khả năng duy nhất để tăng tốc độ. Nếu van thoát khí vẫn không đạt được tốc độ thì phải thiết kế những van khác (có diện tích cửa thoát khí lớn hơn).

Để giảm tốc độ người ta sử dụng chủ yếu **van tiết lưu một chiều**. Tùy theo vị trí cấu tạo ta phân biệt tiết lưu lúc xả khí và tiết lưu lúc nạp khí.

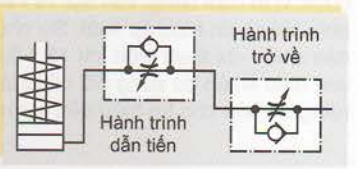
Tiết lưu lúc nạp khí (đường vào) (**Hình 3**) không nên dùng, vì những dao động nhỏ do tải sẽ gây ra hậu quả là pít tông có thể di chuyển không đều (bị giật cục).

Nếu vận hành với **tiết lưu lúc xả khí** (đường ra) (**Hình 3**) thì pít tông di chuyển giữa hai lớp đệm khí (do khí nạp và khí xả). Qua đó, pít tông được dẫn hướng và di chuyển đều. Vì lý do này việc sử dụng tiết lưu lúc xả khí được ưu tiên. Khi xi lanh có hành trình ngắn thì tiết lưu lúc xả khí không thể áp dụng được, vì tại đây lớp đệm khí tạo ra không đủ lớn.



Hình 3: Tiết lưu lúc nạp khí và xả khí

Ở xi lanh tác động đơn, hành trình đi tới chỉ có thể tiết lưu lúc nạp khí ở đường vào và hành trình trở về tiết lưu lúc xả khí ở đường ra (**Hình 4**). Ngoài ra có thể thay đổi tốc độ trong thời gian hành trình. Trong **Hình 1** trang tiếp theo trước tiên pít tông chạy ra với tốc độ tối đa, khi tác động (nhấn nút) vào van tiết lưu một chiều, thì khí xả sẽ bị tiết lưu, cho nên giảm tốc độ chạy ra. Hành trình trở về được thực hiện với tốc độ tối đa.

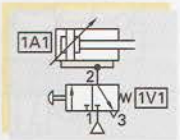


Hình 4: Tiết lưu của xi lanh tác động đơn

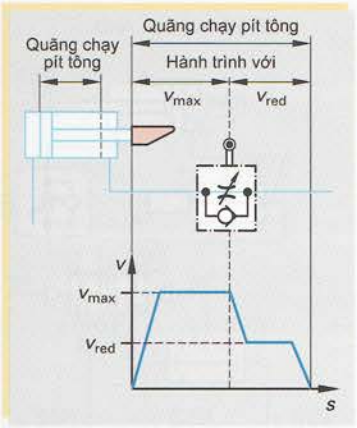
https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

1. Hãy đánh giá ý nghĩa di chuyển đến và dừng đúng vị trí và dừng lại của một xi lanh tác động kép với hai van dẫn hướng 3/2?
2. Hãy phác thảo sơ đồ mạch logic cho một xi lanh tác động đơn được điều khiển bởi **một van dẫn hướng 5/2?**
3. Hãy giải thích cần pít tông trong **Hình kế bên** ở vị trí ban đầu có chuyển động hay không? Cần pít tông phản ứng như thế nào khi công tắc bị tác động?



4. Tại sao người ta không gắn bộ tiết lưu để điều khiển tốc độ của pít tông trước phần tử tác động, mà lại gắn sau phần tử tác động?
5. Hãy phác họa một mạch, ở đó một xi lanh tác động kép chạy ra tới vị trí giữa hành trình với tốc độ giảm thiểu và sau khi qua khỏi vị trí ở giữa với tốc độ tối đa? Bạn hãy trình bày lời giải của bạn và so sánh tiền đề cho các lời giải khác nhau.
6. Khí nén trong một đường ống dẫn phải được tiết lưu cả hai chiều. Nhưng hiện chỉ có sẵn những van tiết lưu một chiều. Hãy vẽ sơ đồ mạch.
7. Hãy phác thảo sơ đồ mạch cho vấn đề như sau: Một động cơ quay phải và trái được điều khiển bằng tay. Khi van không bị tác động thì sự di chuyển của động cơ bị chặn lại.



Hình 1: Ảnh hưởng lên tốc độ

Bảng 1: Tính đồng nhất

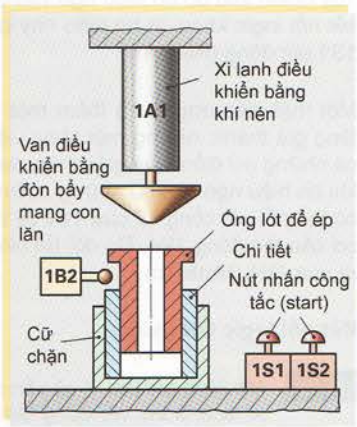
Đại số logic chuyển mạch	Sơ đồ logic	Bảng trị số
Phương trình logic E1 = A1 E1 bằng E2	E1 = A1	E1 | A1 0 | 0 1 | 1

10.4.6.3 Kết nối logic cơ bản tín hiệu khí nén

Trong một hệ thống điều khiển phức tạp ta thường thấy rất nhiều điều kiện phải thỏa mãn để đáp ứng với cơ cấu vận hành. Bởi vậy, thí dụ như một xi lanh kẹp trước tiên phải chạy ra, khi hai nút nhấn bị tác động cùng một lúc và bộ phận trong trạm máy ép, chẳng hạn như rào chắn bảo vệ phải được đóng lại v.v... Cơ cấu tác động (thí dụ van dẫn hướng 5/2) cho xi lanh này chỉ có mỗi một cổng nối dây dùng vào việc điều khiển đảo chiều. Điều này có nghĩa là những tín hiệu cần thiết cho việc điều khiển đảo chiều phải kết nối logic lại với nhau. Có 4 kết nối logic cơ bản được phân chia như sau:

- IDENTITY (đồng nhất)
- AND (và)
- NOT (phủ định)
- OR (hoặc)

(xem tiểu mục 10.2)



Hình 2: Máy ép

Dựa vào những kết nối cơ bản này mà hình thành toàn bộ những kết nối logic phức tạp. Kết nối IDENTITY đã được giới thiệu ở trang 439, nghĩa là khi đó tín hiệu ngõ vào giống như tín hiệu ngõ ra (**Bảng 1**).

Kết nối logic AND (và)

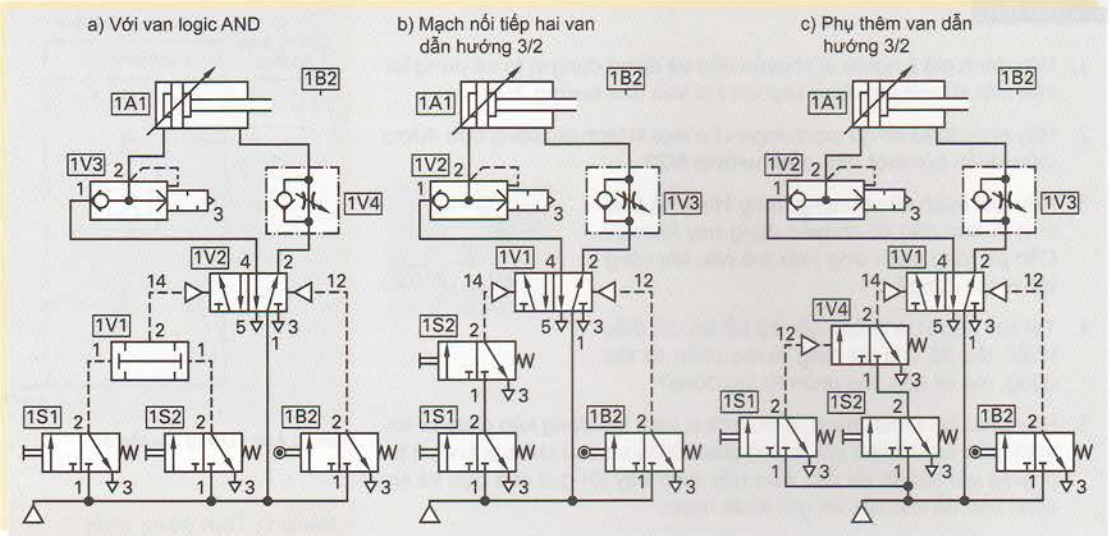
Thí dụ: Cữ chặn tiếp nhận chi tiết để ép ống lót vào được thay đổi. Phải bảo đảm rằng hai tay của người công nhân ở ngoài phạm vi nguy hiểm trong lúc ép ống lót vào. Bởi thế, xi lanh tác động kép chỉ được phép chạy ra, khi cả hai công tắc 1S1 và 1S2 được nhấn nút đồng thời.

Điều kiện logic cơ bản cho biết ngõ ra A1 có tín hiệu "1", khi cả hai ngõ vào E1 và E2 cùng có tín hiệu "1" (**Bảng 2**).

Bảng 2: Kết nối logic AND (VÀ)

Đại số logic chuyển mạch	Sơ đồ logic	Bảng trị số
Phương trình chức năng E1 ∧ E2 = A1 E1 AND E2 bằng A1 ∧ Ký hiệu cho kết nối logic AND (VÀ)	E1 E2 & A1	E1 | E2 | A1 0 | 0 | 0 1 | 0 | 0 0 | 1 | 0 1 | 1 | 1

https://tieulun.hopto.org

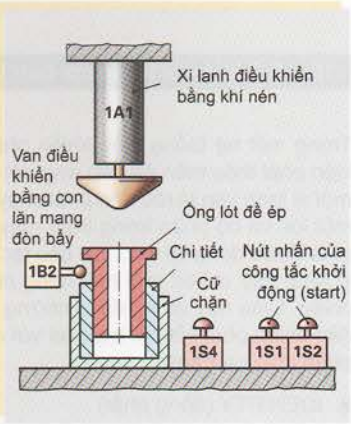


Hình 1: Kết nối logic AND

Qua việc sử dụng **van kết nối logic AND** (*còn gọi là* ***van áp suất kép***), hai tín hiệu của 1S1 và 1S2 phải kết nối logic với nhau sao cho cơ cấu tác động 1V2 điều khiển đổi chiều, khi cả hai nút nhấn 1S1 **VÀ** (**AND**) 1S2 bị tác động (**Hình 1a**). Tại đây, các tín hiệu của 1S1 và 1S2 còn có thể được xử lý cho những kết nối logic tín hiệu khác. Tuy nhiên, hai tín hiệu hiện đang ở ngõ vào đi đến ngõ ra của van áp suất kép luôn luôn bị yếu đi và chậm lại.

Phương thức mạch ghép nối tiếp hai van dẫn hướng 3/2 là kinh tế nhất. Tuy nhiên sau đó tín hiệu ngõ vào của 1S2 không thể xử lý tiếp cho một kết nối logic khác, vì tín hiệu này chỉ tốn năng lượng, khi nút nhấn của 1S1 tác động (**Hình 1b**).

Một mặt việc ứng dụng thêm một van 3/2 tác động bằng nút nhấn sẽ tăng giá thành, nhưng mặt khác việc ứng dụng này đáp ứng đầy đủ tất cả những ưu điểm của giải pháp van áp suất kép và bảo đảm thêm rằng, khi tín hiệu ngõ vào có những cường độ khác nhau, thì tín hiệu yếu hơn có thể nối với cổng 12 của 1V4 và tín hiệu mạnh hơn nối với cổng 1 của cơ cấu tác động 1V4. Do đó, tín hiệu mạnh hơn luôn luôn hiện ra ở ngõ ra của 1V4 (**Hình 1c**).



Hình 2: Máy ép

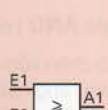
Kết nối logic OR (hoặc)

Thí dụ: Mở rộng bài tập: vì có vấn đề thiết kế ở công tắc giới hạn 1B2 lúc xi lanh đi trở về. Công tắc giới hạn này thường không được tác động, mặc dù vị trí cuối cùng đã đạt được. Vì đầu dò này khó tiếp cận được và đòi hỏi rất nhiều thời gian để xi lanh đi vào lại, cho nên phải gắn thêm một nút nhấn khác để điều khiển xi lanh chạy vào; có nghĩa là 1B2 hay 1S4 sẽ thực hiện điều này (làm cho xi lanh 1A 1 chạy vào) (**Hình 2**).

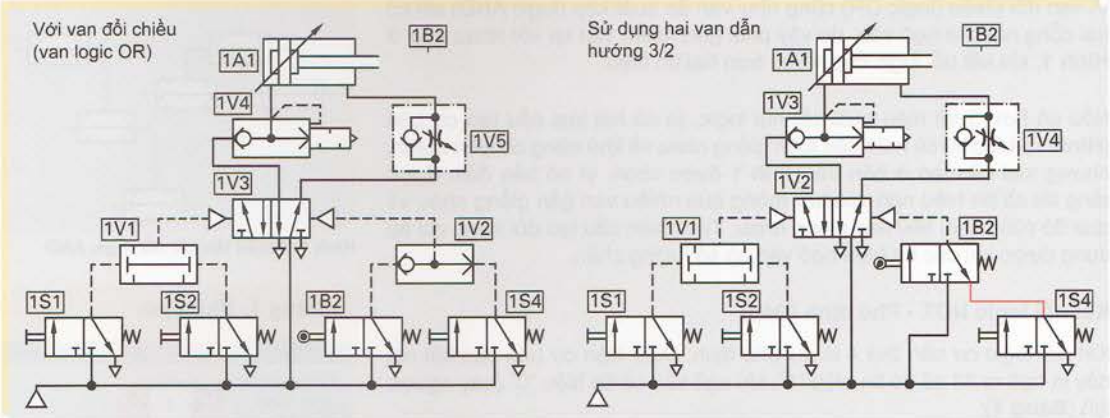
Điều kiện logic cơ bản cho biết ngõ ra A1 có tín hiệu "1", khi E1 **OR** (hoặc) E2 **OR** (hoặc) ở hai ngõ vào có tín hiệu "1" (**Bảng 1**).

Cho thí dụ trên (kết nối logic OR) khi thực hiện sẽ có hai lời giải được trình bày trong trang tiếp theo.

Bảng 1: Kết nối logic OR (HOẶC)

Đại số logic	Sơ đồ logic	Bảng chức năng
Phương trình chức năng E1 ∨ E2 = A1 E1 OR E2 bằng A1 ∨: Ký hiệu cho kết nối logic OR (HOẶC)		E1 E2 A1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1

https://tieulun.hopto.org



Hình 1: Các giải đáp khác nhau của một kết nối logic OR (HOẶC)

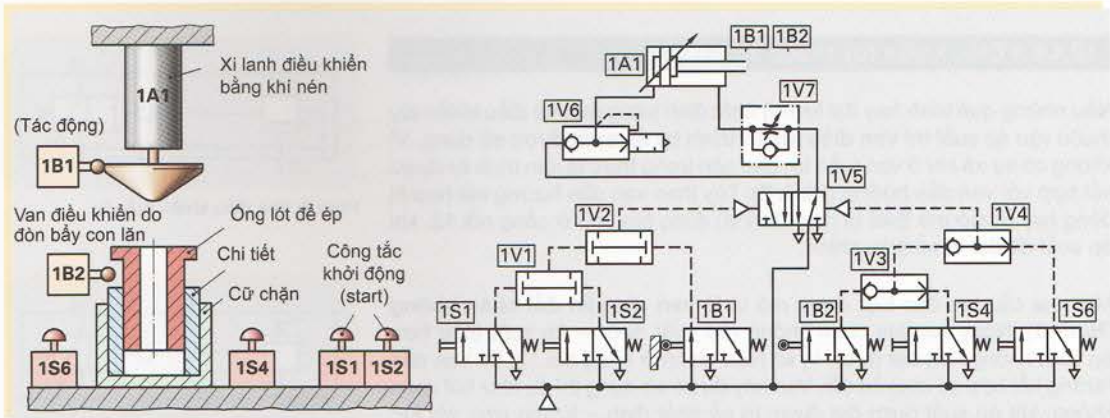
Khi sử dụng **van đổi chiều** (*còn gọi là van kết nối logic OR*), thì hai tín hiệu của công tắc vị trí 1B2 và nút nhấn của 1S4 phải được kết nối, sao cho cơ cấu tác động 1V2 bị chuyển mạch, khi 1B2 **HOẶC** (**OR**) 1S4 bị tác động (nhấn một trong hai tín hiệu từ nút nhấn 1B2 hay 1S4). Theo cách này các tín hiệu của 1B2 và 1S4 còn có thể được xử lý trong các kết nối logic khác.

Nếu sử dụng hai van dẫn hướng 3/2 như trong cách tiếp theo thì giá của thiết bị kỹ thuật rẻ hơn. Nhưng nhược điểm là tín hiệu của 1S4 phải nối với cổng xả của 1B2. Như vậy bộ giảm thanh không được thiết kế ở 1B2 và có thể phải nối với ống dẫn. 1B2 cũng không được kết nối với các tín hiệu khác. Nếu tín hiệu của 1B2 ở sau van còn truy cập kết nối logic khác thì sẽ phát sinh vấn đề, vì khi đó không rõ tín hiệu đến là của 1B2 hay của 1S4.

Kết nối logic AND/OR nhiều lần

Như đã trình bày trước, giải pháp sử dụng cả hai tay không đáp ứng được quy định về an toàn hiện nay.

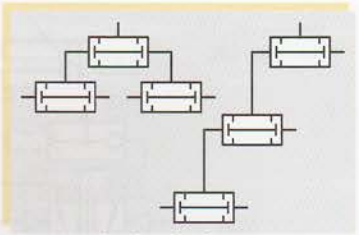
Thí dụ: Đề tài bài tập trước đây được mở rộng tiếp. Xi lanh 1A1 chỉ được phép chạy ra, khi nó ở vị trí cuối phía dưới (1B1) và khi – như trước đến giờ – nút nhấn của hai công tắc 1S1 và 1S2 bị tác động. Hơn nữa người sử dụng tay trái cần phải có thêm nút nhấn điều khiển bằng tay 1S6. Nút nhấn này cũng như 1S4 bảo đảm xi lanh trở về, khi 1B2 bị treo (không còn điều khiển được). 1S6 phải gắn ở một phía khác với 1S4, để người sử dụng tay trái khỏi phải với tay.



Hình 2: Kết nối logic AND/OR nhiều lần

https://tieulun.hopto.org

Vì van đổi chiều (logic OR) cũng như van áp suất kép (logic AND) chỉ có hai cổng nối cho ngõ vào, do vậy phải gắn nhiều van lại với nhau như ở **Hình 1**, khi kết nối logic cho nhiều hơn hai tín hiệu.



Hình 1: Nhiều lần kết nối logic AND

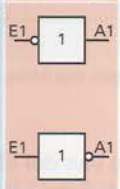
Nếu có hơn 3 tín hiệu phải kết nối logic, ta có hai loại cấu tạo cơ bản (**Hình 1**). Mặc dù cả hai hoàn toàn giống nhau về khả năng chuyển mạch, nhưng loại cấu tạo ở bên trái **Hình 1** được chọn, vì nó bảo đảm được rằng tất cả tín hiệu ngõ vào lưu thông qua nhiều van gần giống nhau và qua đó cũng chịu tiêu hao giống nhau. Tuy nhiên cấu tạo đối xứng chỉ áp dụng được khi các tín hiệu ngõ vào có số lượng chẵn.

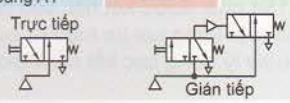
Kết nối logic NOT - Phủ định (Đảo)

Kết nối logic cơ bản thứ 4 là sự phủ định. Điều kiện cơ bản của kết nối này là ngõ ra A1 sẽ có tín hiệu "1", khi ngõ vào có tín hiệu "0" (hay ngược lại) (**Bảng 1**).

Trong kỹ thuật điều khiển bằng khí nén, kết nối cơ bản này gần như luôn được thực hiện với van dẫn hướng 3/2 có khí lưu thông ở vị trí tĩnh (nghỉ). Việc điều khiển có thể thực hiện trực tiếp hay gián tiếp.

Bảng 1: Phủ định

Đại số chuyển đổi	Sơ đồ logic	Bảng trị số
Phương trình chức năng $\overline{E1} = A1$ E1 không bằng A1 hoặc $E1 = \overline{A1}$ E1 = không bằng A1		E1 | A1 0 | 1 1 | 0



Bài tập:

1. Hãy vẽ sơ đồ chuyển mạch cho xi lanh tác động kép với những điều kiện chạy ra và chạy vào như sau:
   (E1 AND E2) OR (E3 AND $\overline{E4}$) = chạy ra
   E5 OR E6 = chạy vào

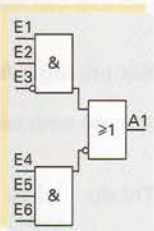
2. Một xi lanh tác động kép chạy vào khi nút nhấn công tắc bị tác động và chạy ra trở lại cho đến khi nút nhấn không còn bị tác động. Hãy vẽ sơ đồ chuyển mạch?

3. Hãy giải thích tại sao hai tín hiệu ngõ vào không nên thực hiện kết nối logic OR (hoặc), qua giao tiếp hình chữ T từ hai ngõ ra của phần tử phát tín hiệu 3/2?

4. Hãy cho biết việc thực hiện kết nối logic AND cho hai van dẫn hướng 3/2 ?

5. Hãy vẽ bảng chức năng với điều kiện
   a) E1 OR E2 = A1
   b) E1 OR E2 AND $\overline{E3}$ = A1

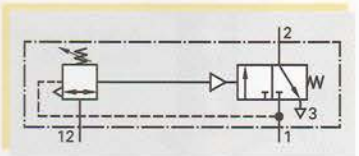
6. Hãy mô tả hình bên cạnh bằng lời.



7. Hãy giải thích tín hiệu nào trong hai tín hiệu ngõ vào sẽ đến ngõ ra của van áp suất kép (logic AND) hay van đổi chiều (logic OR), khi
   a) cả hai tín hiệu ngõ vào xuất hiện với thời gian lệch nhau
   b) cả hai tín hiệu ngõ vào có áp suất khác nhau

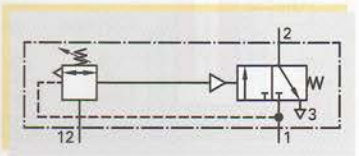
10.4.6.4 Điều khiển tùy thuộc áp suất

Nếu những quá trình hay đại lượng nhất định trong một hệ điều khiển tùy thuộc vào áp suất thì **van điều khiển trình tự áp suất** được sử dụng. Vì không có sự xả khí ở van tuần tự, cho nên trong thực tế van trình tự được kết hợp với van dẫn hướng (**Hình 2**). Tùy theo van dẫn hướng kết hợp bị đóng hay bị mở mà thiết bị này (đơn vị) đóng hay mở ở cổng nối 12, khi áp suất đã đạt trị số hiệu chỉnh.



Hình 2: Van điều khiển tuần tự

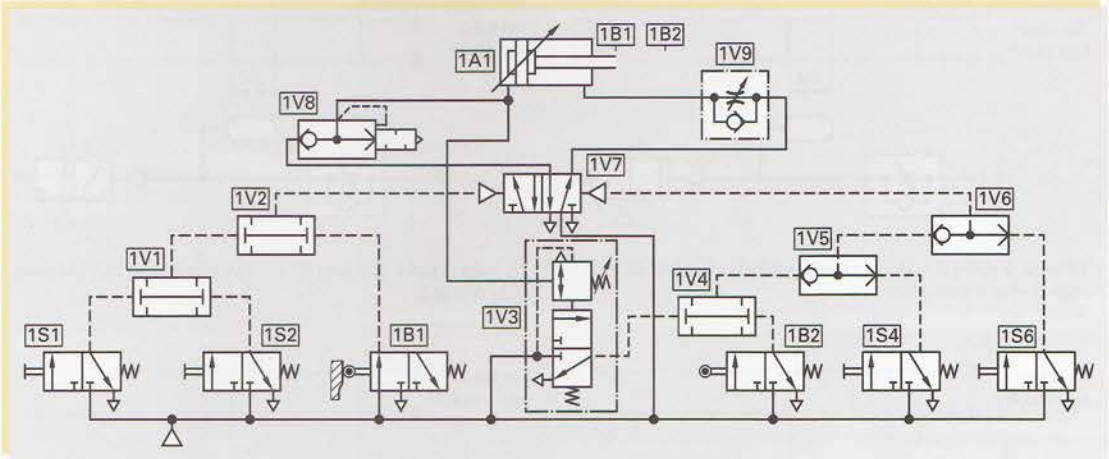
Một loại cấu tạo đặc biệt được mô tả là **van chuyển đổi chân không** (**Hình 3**). Ngay sau khi chân không (áp suất dưới = áp suất thấp hơn áp suất không khí) đạt được trị số hiệu chỉnh ở cổng nối 12, thì van dẫn hướng kết hợp sẽ chuyển đổi. Van này được sử dụng thí dụ như hút chân không: khi áp suất dưới đạt được trị số nhất định – tương ứng với lực hút – thì nó được phép chuyển đổi tiếp.



Hình 3: Van chuyển đổi chân không

https://tieulun.hopto.org

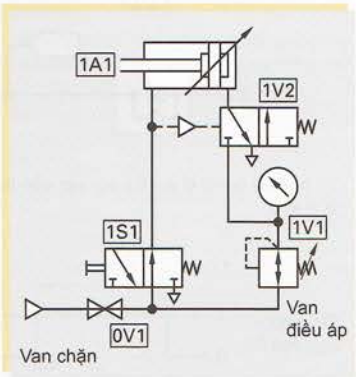
Thí dụ: Đề tài bài tập được khai triển tiếp tục. Xi lanh 1A1 phải chạy trở về, khi nó đạt vị trí cuối hành trình ở phía trước và áp suất đạt được trị số hiệu chỉnh định trước, thấp hơn áp suất của hệ thống một ít (**Hình 1**).



Hình 1: Điều khiển tùy thuộc áp suất

Trong mạch điều khiển **Hình 1** áp suất tối đa được cấu tạo trong xi lanh 1A1, khi nó đạt được vị trí cuối hành trình ở phía trước. Để chắc chắn rằng vị trí cuối đã đạt được, còn phải có tín hiệu rà (truy vấn) bổ sung qua công tắc giới hạn 1B2. Xi lanh 1A1 tự động chạy vào, khi áp suất ép và vị trí cuối hành trình đạt được, hay khi nhấn nút 1S4 hoặc 1S6. Qua đó, bảo đảm được rằng, xi lanh 1A1 luôn luôn ép chi tiết ra khỏi vị trí hoạt động đã định với lực bằng nhau.

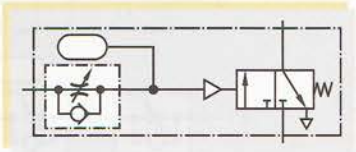
Van điều khiển tuần tự - không có van dẫn hướng kết hợp - được đưa vào sử dụng xem như van giới hạn áp suất. Khi áp suất tối đa cho phép đạt được, van xả khí ra ngoài. Van tuần tự còn được sử dụng như van điều áp thuần túy (**Hình 2**).



Hình 2: Van giới hạn áp suất

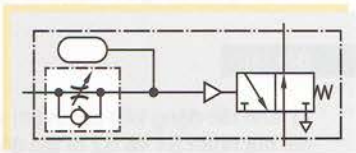
Điều còn lại cần phải lưu ý là áp suất chuyển đổi trong van tuần tự phải hiệu chỉnh để có thể luôn luôn nhỏ hơn hay lớn nhất là bằng áp suất vận hành (*áp suất làm việc*).

10.4.6.5 Trì hoãn việc chuyển mạch



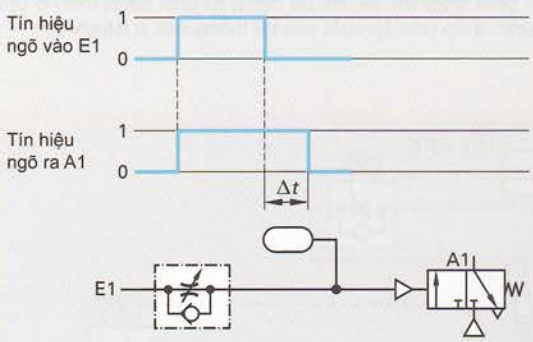
Hình 3: Van làm trì hoãn, vị trí tĩnh bị chặn

Về cơ bản các cơ cấu định thời được cấu tạo từ những thành phần như van dẫn hướng, van tiết lưu một chiều và một bình chứa khí nhỏ (**Hình 3** và **4**). Khi áp suất trong bình chứa đạt đến ngưỡng cần thiết để chuyển mạch van dẫn hướng thì tín hiệu sẽ tác động vào đường điều khiển làm van đổi chiều. Thời gian để tạo áp suất trong bình chứa được hiệu chỉnh bởi van tiết lưu một chiều. Một cơ cấu định thời như thế là luôn có sẵn trong danh sách cung ứng của hầu hết các nhà chế tạo. Và cơ cấu này được ký hiệu trong các sơ đồ mạch với những đường chấm gạch (kẻ). Tùy theo kết hợp của các thành phần cấu tạo, ta có thể tạo ra những tính năng thời gian khác nhau (**Hình 1**, **Trang 446**).

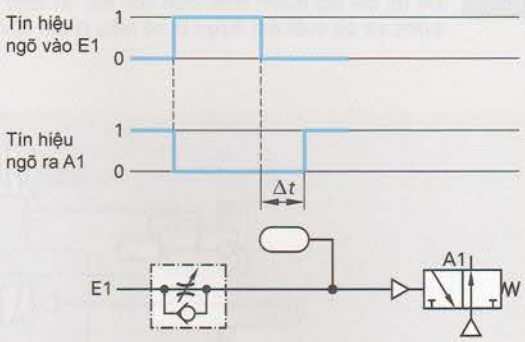


Hình 4: Van làm trì hoãn, vị trí tĩnh được mở

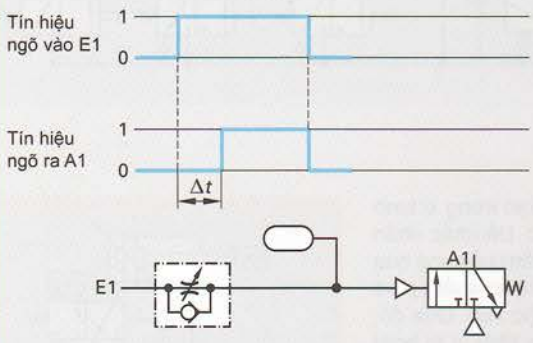
https://tieulun.hopto.org



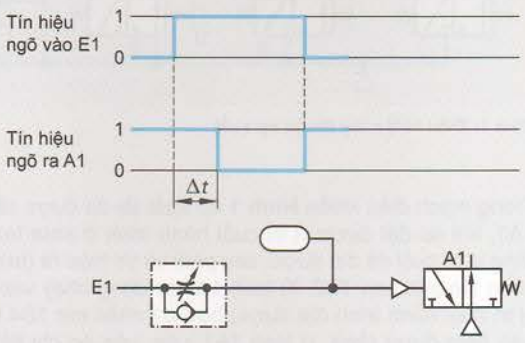
Trì hoãn ở sườn đi xuống E1 với van dẫn hướng 3/2, khí bị chặn ở vị trí 0 (ban đầu)



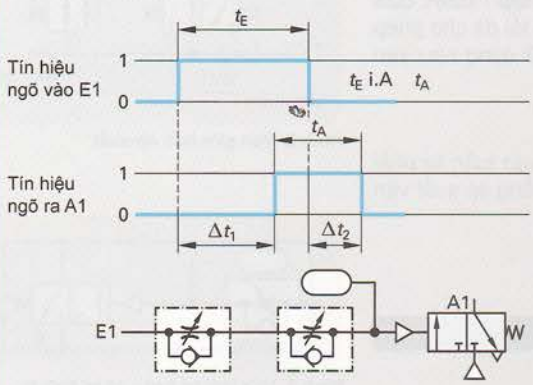
Trì hoãn ở sườn đi xuống E1 với van dẫn hướng 3/2, khi dòng chảy ở vị trí 0



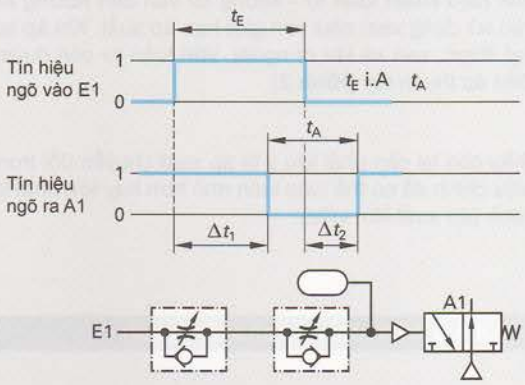
Trì hoãn ở sườn đi lên E1 với van dẫn hướng 3/2 ,khí bị chặn ở vị trí 0



Trì hoãn ở sườn đi lên E1 với van dẫn hướng 3/2, khi dòng chảy ở vị trí 0



Trì hoãn ở sườn đi lên và sườn đi xuống của E1 với van dẫn hướng 3/2, khí bị chặn ở vị trí 0



Trì hoãn ở sườn đi lên và sườn đi xuống của E1 với van dẫn hướng 3/2, khi dòng chảy ở vị trí 0

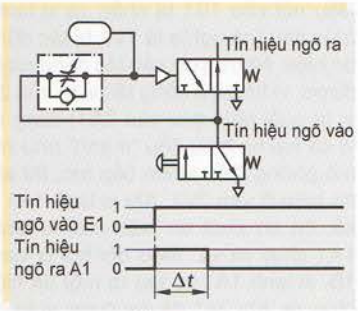
Hình 1: Những khả năng trì hoãn khác nhau

Bài tập:

Xi lanh tác động kép có nhiệm vụ ép hai phần dính chồng lên nhau trong máy ép dán, xi lanh chạy ra khi cả hai nút nhấn S1 và S2 bị tác động. Khi xi lanh đã đạt được vị trí cuối ở phía trước (vị trí này phải được truy vấn để xác nhận có tín hiệu), sau 10 giây đến 20 giây nó sẽ tự động chạy vào (thời gian này có thể hiệu chỉnh). Hãy phác họa sơ đồ mạch và thảo luận khả năng về những lời giải khác nhau.

https://tieulun.hopto.org

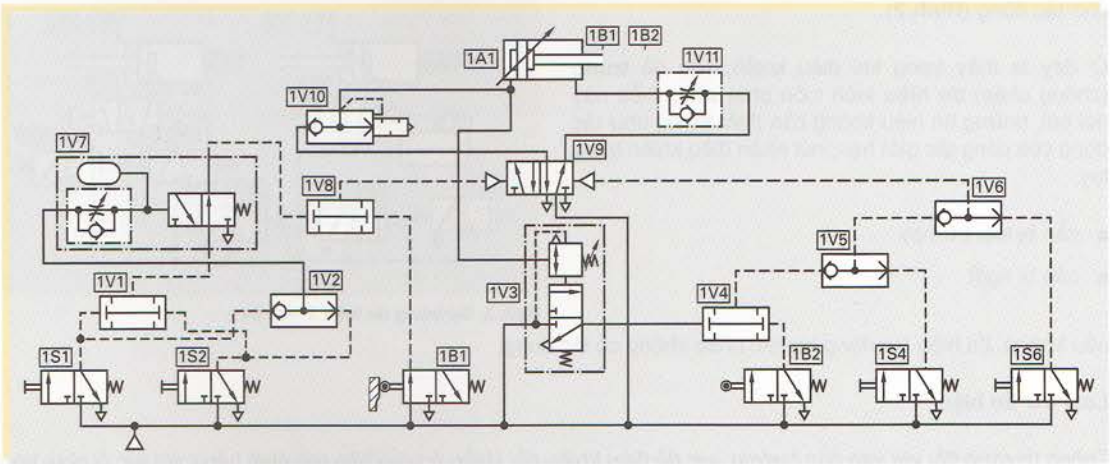
Một cơ cấu định thời khác bằng khí nén gồm một van tiết lưu một chiều, một bình lưu trữ khí và hai van dẫn hướng 3/2 (**Hình 1**). Cơ cấu này được sử dụng **làm ngắn tín hiệu**. Mạch **làm dài tín hiệu** tương ứng với mạch làm trì hoãn tín hiệu ngõ ra, khi sườn của tín hiệu ngõ vào đi xuống.



Hình 1: Làm ngắn tín hiệu

Thí dụ: Đề tài bài tập được khai triển thêm về điều khiển bằng hai tay như trước đây. Xi lanh 1A1 chỉ cho phép chạy ra, khi cả nút nhấn của hai công tắc 1S1 và 1S2 bị nhấn đồng thời trong khoảng thời gian 0,5 s.

Nhờ vậy có thể tránh được sự cố tình giả mạo rút ngắn chu kỳ làm việc (**Hình 2**).



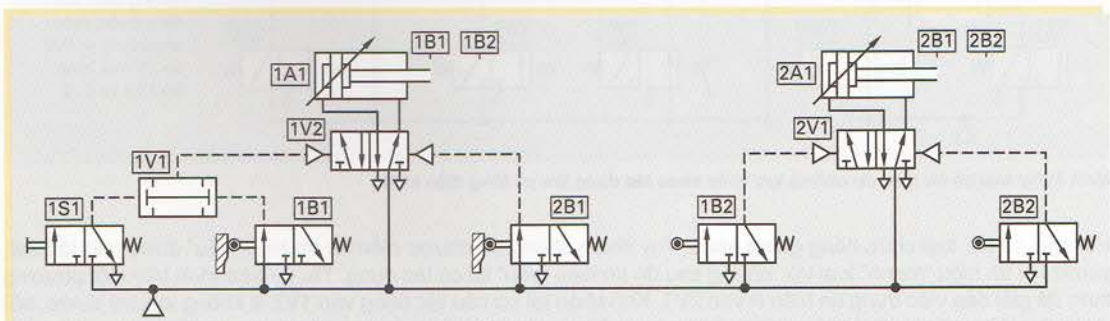
Hình 2: Thí dụ về làm ngắn tín hiệu

10.4.6.6 Trùng tín hiệu (*chồng chập tín hiệu*)

Khi làm việc trong hệ điều khiển với nhiều xi lanh và những xi lanh này chạy ra - chạy vào phụ thuộc lẫn nhau, tùy theo vị trí cuối nào đạt được do xi lanh này hay xi lanh kia, sẽ phát sinh sự trùng tín hiệu.

10

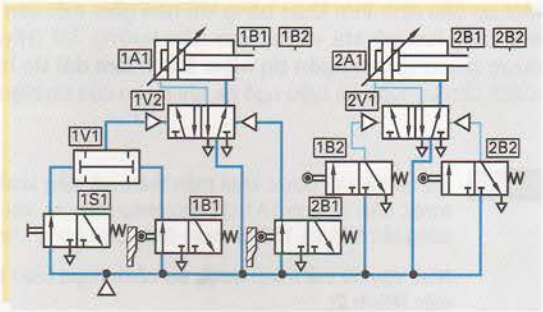
Thí dụ: Xi lanh 1A1 phải chạy ra, khi nó ở vị trí cuối phía sau và nút khởi động 1S1 bị nhấn. Khi đạt được vị trí cuối phía trước, xi lanh 2A1 phải chạy ra và khi đạt đến vị trí cuối phía trước, xi lanh 2A1 phải lập tức trở về. Xi lanh 2A1 chạy vào khi xi lanh 1A1 cũng chạy vào. (Có sự trùng tín hiệu - Cách mô tả ngắn 1A1+, 2A1+, 2A1-, 1A1-).



Hình 3: Trùng tín hiệu

https://tieulun.hopto.org

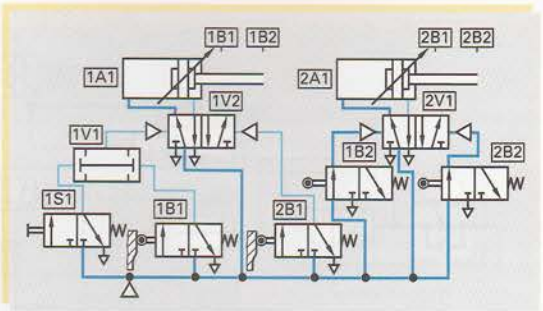
Nếu nút của 1S1 bị nhấn và xi lanh 1A1 ở vị trí cuối phía sau (có nghĩa là 1V1 bị tác động) thì van 1V2 đổi tín hiệu. Nhưng cơ cấu tác động này không chuyển đổi được, vì tín hiệu công tắc vị trí của 2B1 (bị tác động do vị trí cuối phía sau của 2A1) đang đứng chờ và cũng vì cả hai tín hiệu đều "mạnh" như nhau (**Hình 1**). Nếu mô phỏng điều khiển tiếp tục, thì sẽ thấy có sự trùng tín hiệu ở van 2V1. Khi xi lanh 1A1 chạy ra, theo thiết kế, thì nó phát tín hiệu cho xi lanh 2A1 Khi xi lanh 1A1 chạy ra và theo đòi hỏi ở van đòn bẩy con lăn 1B, xi lanh 1A1 sẽ tạo ra một tín hiệu cho xi lanh 2A1 chạy ra. Khi 2A1 đã đạt được vị trí cuối phía trước, thì 2B2 bị tác động làm 2A1 chạy vào, khi đó phải chuyển mạch ở 2V1 phải đạt được. Sự chuyển vị trí này cũng không thực hiện được, vì tín hiệu của 1B2 đang còn chờ tác động (**Hình 2**).



Hình 1: Sự trùng tín hiệu ở van 1V2

Ở đây ta thấy trong khi điều khiển, vấn đề **trùng** (*chồng chập*) **tín hiệu** luôn luôn phát sinh. Điều này đòi hỏi, những tín hiệu không cần thiết thí dụ như tác động của công tắc giới hạn, nút nhấn điều khiển bằng tay:

- cần bị loại trừ hay
- cần bị ngắt



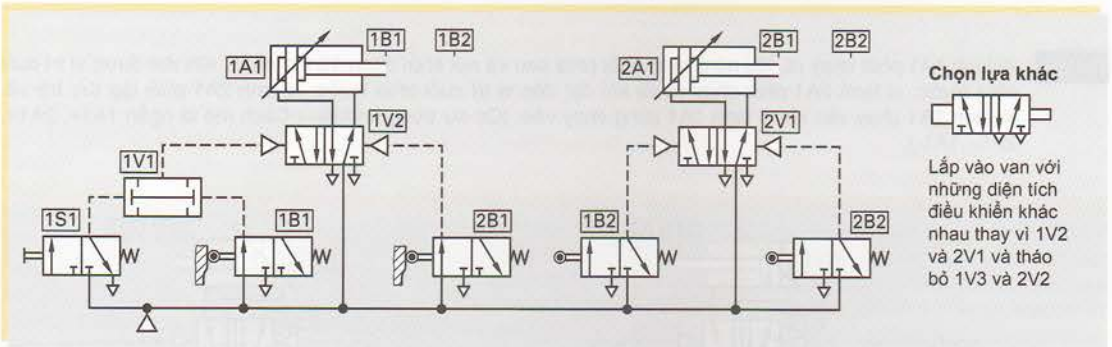
Hình 2: Sự trùng tín hiệu ở van 2V1

nếu không, tín hiệu tác động ngược nhau không có tác dụng.

Loại trừ tín hiệu

Thông thường đối với van dẫn hướng, lực để điều khiển đổi chiều ở phía bên trái phải bằng với lực ở phía bên phải. Khi có sự loại trừ tín hiệu, tận dụng quy tắc vật lý, ta tạo những lực khác nhau do những áp suất khác nhau trên cùng một diện tích, hay tạo ra những lực khác nhau do áp suất giống nhau trên những diện tích khác nhau. Qua đó, một tín hiệu có sẵn đang chờ có thể bị loại trừ bởi một tín hiệu mạnh hơn.

Để tạo ra áp suất khác nhau, gắn thêm van điều áp để làm giảm áp suất sau van (**Hình 3**). Để tạo ra những lực khác nhau ở cùng một mức áp suất ta sử dụng những van đặc biệt có diện tích điều khiển khác nhau (**Hình 3**).



Hình 3: Sự loại bỏ tín hiệu do những lực khác nhau tác dụng lên pít tông điều khiển

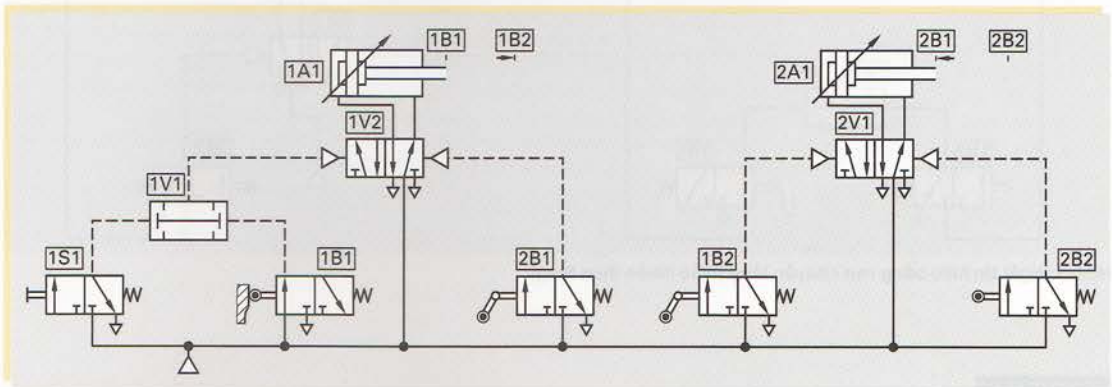
Về logic cả hai loại chức năng giống nhau. Tuy nhiên chúng có nhược điểm là tín hiệu "yếu" đứng chờ lâu dài, sau khi bị tín hiệu "mạnh" loại trừ, nhưng sau đó tín hiệu "yếu" lại có tác dụng. Thí dụ trên trình bày một phương thức để giải đáp việc trùng tín hiệu ở van 2V1. Khó khăn tại cơ cấu tác động van 1V2 là không loại trừ được, bởi vì sự dao động đi tới, đi lùi của xi lanh 1A1 và sự điều khiển hoạt động không như mong muốn.

https://tieulun.hopto.org

Ngắt tín hiệu

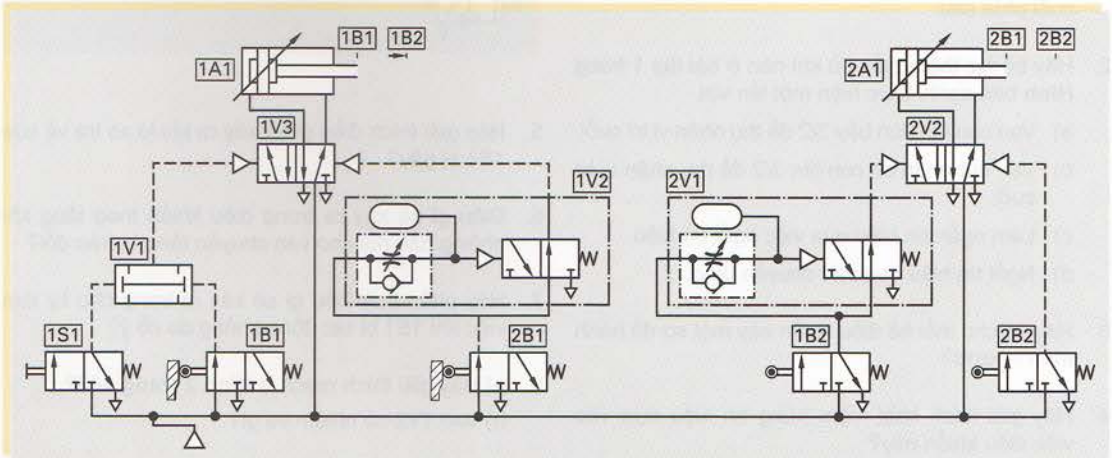
Trong việc ngắt tín hiệu theo **kỹ thuật thiết bị,** ta sử dụng bộ phát xung ngắn ngắt tín hiệu bằng cơ. Van này không bị tác động (ngắt) ở vị trí cuối mà ở giữa quãng đường chuyển đổi. Việc thiết kế van loại này có thể mang lại nhiều khó khăn khi cần ngắt nhiều lần, bởi vì van sẽ không chuyển vị trí. Sau khi ngắt thì tín hiệu cũng không còn, nên tín hiệu không thể kết nối logic với những tín hiệu khác. Về cơ bản, thí dụ ở trên hoạt động với những van như thế. Trong việc ngắt tín hiệu theo **kỹ thuật mạch điện** ta phân biệt ba nguyên tắc sau đây:

Phương cách xi lanh dùng **công tắc dạng con lăn ngắt tín hiệu khi chạy về không tải** (công tắc hành trình tác động một chiều – con lăn dò) trình bày một cách đơn giản để ngắt tín hiệu theo kỹ thuật mạch điện (**Hình 1**). Công tắc dạng con lăn khi chạy về không tải hoạt động chỉ trong một chiều tác động (hiển thị trong sơ đồ chuyển mạch). Loại công tắc này dễ hỏng, thường thấy ở các thiết bị cũ. Hơn nữa, con lăn không mang lại đảm bảo vị trí đầu - cuối chính xác, đặc biệt còn phải luôn đến và dừng đúng vị trí trước khi đạt được mỗi vị trí cuối. Hậu quả là ở vị trí cuối van trở lại trạng thái tự do (không còn tác động) và do đó tín hiệu không thể tiếp tục sử dụng.



Hình 1: Ngắt tín hiệu bằng công tắc dạng con lăn khi chạy về không tải

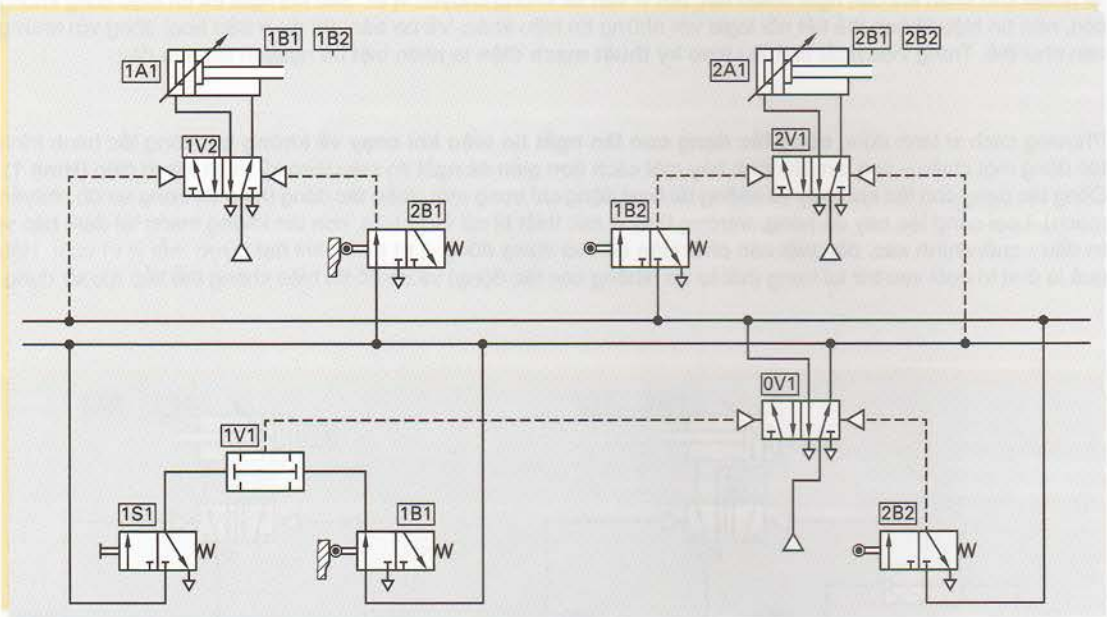
Ngắt tín hiệu bằng cách làm ngắn tín hiệu (**Hình 2**): qua việc thiết kế bộ định thời bằng khí nén cho mỗi tín hiệu trong việc làm ngắn tín hiệu, tín hiệu công tắc vị trí của 1B2 và 2B1 không còn chờ lâu để chuyển tiếp đến cơ cấu tác động. Những tín hiệu của 1B2 và 2B1 được làm ngắn sau khi được tiết lưu. Nếu so sánh với giải pháp dùng công tắc dạng con lăn thì phương cách này đắt tiền hơn nhưng bù lại ít xảy ra sự cố.



Hình 2: Ngắt tín hiệu bằng cách làm ngắn tín hiệu

https://tieulun.hopto.org

Sự ngắt tín hiệu do nhiều **van đảo chiều (van chuyển tầng)** – còn gọi là **điều khiển nối tầng** – là một phương cách thường được sử dụng trong thực tế. Van chuyển tầng OV1 nạp và xả khí cho các nhánh đường ống dẫn khí phân phối và qua đó chuyển đổi các cơ cấu tác động 1V2 và 2V1.



Hình 1: Ngắt tín hiệu bằng van chuyển tầng (điều khiển theo tầng)

Bài tập:

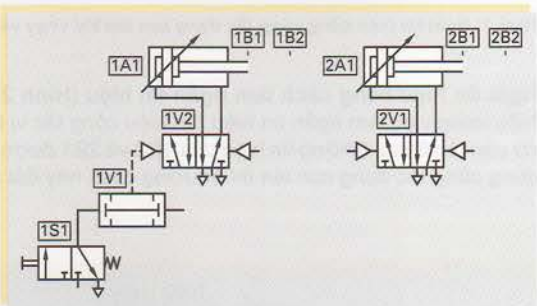
1. Hãy thiết kế hệ điều khiển bằng khí nén sau đây theo trình tự 1A1+ 1A1- 2A1+ 2A1-.

   Xi lanh 1A1 chạy ra, khi nút khởi động 1S1 bị nhấn, tuy nhiên phải bảo đảm là xi lanh 2A1 phải ở trong vị trí cuối phía sau. Tiếp theo xi lanh 1A1 chỉ được di chuyển trở về, khi xi lanh 2A1 ở vị trí cuối phía sau.

2. Hãy bổ túc thêm biểu đồ khí nén ở bài tập 1 trong **Hình** bên cạnh, thực hiện một lần với
   a) Van con lăn đòn bẩy 3/2 để thu nhận vị trí cuối.
   b) Van nút nhấn có con lăn 3/2 để thu nhận vị trí cuối
   c) Làm ngắn tín hiệu qua việc ngắt tín hiệu.
   d) Ngắt tín hiệu qua van chuyển tầng.

3. Hãy vẽ cho mỗi hệ điều khiển này một sơ đồ hành trình - bước?

4. Hãy giải thích khái niệm trùng tín hiệu dựa vào việc điều khiển này?



5. Hãy giải thích điều gì sẽ xảy ra khi lò xo trả về của 1S1 bị gãy?

6. Điều gì sẽ xảy ra trong điều khiển theo tầng khi những đầu nối cho van chuyển tầng bị tráo đổi?

7. Hãy phân tích điều gì sẽ xảy ra trong chu kỳ làm việc khi 1S1 bị tác động không do cố ý?

8. a) Hãy giải thích mạch ở **Hình 2 trang 445**?
   b) Van 1V2 có nhiệm vụ gì?

https://tieulun.hopto.org

10.5 Kỹ thuật điều khiển bằng điện-khí nén

Trong công nghiệp thường hay sử dụng việc kết hợp giữa điện và khí nén, gọi là **kỹ thuật điều khiển điện-khí nén**. Điều khiển khí nén đảm nhận phần công suất của hệ điều khiển, trong khi đó phần tín hiệu được thiết lập dựa vào những tín hiệu điện (thường là điện áp một chiều 24V) và những kết nối logic của các tín hiệu với nhau. Hai mạch năng lượng này được nối với nhau bằng những linh kiện thích hợp. Đó là những van được gọi là bộ biến đổi điện-khí nén EP (**E**lectro-**P**neumatic).

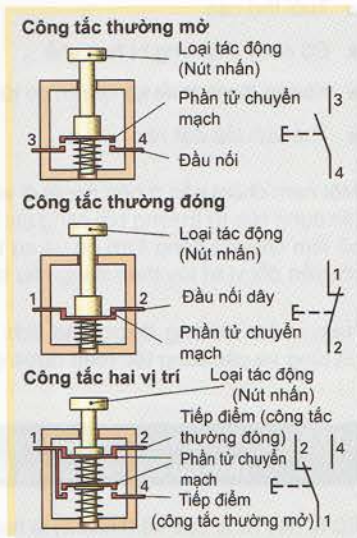
10.5.1 Linh kiện trong hệ thống điều khiển bằng điện-khí nén

Những bộ phận sử dụng khí nén để điều khiển phần công suất như xi lanh, van tiết lưu và van chặn đã được trình bày trong chương về kỹ thuật điều khiển bằng khí nén. Ở chương này trình bày tổng quan về những linh kiện điện và điện-khí nén cũng như những chức năng của chúng (**Hình 1**).

Hình 1: Những phần tử cấu tạo EP (điện-khí nén)

10.5.1.1 Phần tử nhập tín hiệu bằng điện

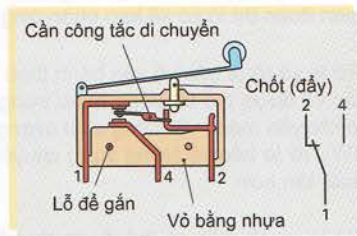
Trong một mạch điện những phần tử này mở hay đóng dòng chảy điện đến nơi tiêu thụ. Về tác động chúng có **nút chỉnh công tắc chuyển mạch** và **nút nhấn công tắc chuyển mạch**; Xét theo dạng cấu tạo có **công tắc thường đóng**, **công tắc thường mở**, **công tắc hai vị trí** (hoán vị, chuyển mạch) (**Hình 2**). Trong nút chỉnh công tắc chuyển mạch, hai vị trí chuyển mạch bị khóa liên động bằng cơ, do đó một vị trí được giữ lại cho đến khi có tác động mới của công tắc. Nút nhấn chuyển mạch chỉ mở hay đóng trong thời gian tác động. Với công tắc thường mở mạch điện bị gián đoạn trong trạng thái không bị tác động, trong khi đó với công tắc thường đóng dòng điện đi qua mạch điện trong trạng thái không tác động. Công tắc hai vị trí kết hợp được chức năng công tắc thường đóng cũng như công tắc thường mở trong một thiết bị. Khi ta sử dụng công tắc hai vị trí để đóng dòng điện với tác động đầu tiên và mở mạch điện với tác động lần thứ hai, cũng nên chú ý trong lúc chuyển mạch cả hai mạch điện bị gián đoạn ngắn hạn.



Hình 2: Những phần tử nhập tín hiệu bằng điện

10.5.1.2 Cảm biến

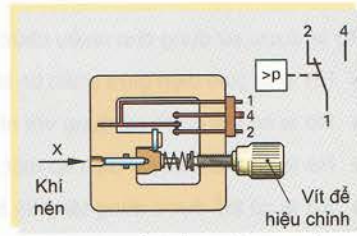
Khi những thông tin về trạng thái của các linh kiện cần truyền tiếp vào mạch điều khiển (thí dụ chi tiết đặt vào trong thiết bị kẹp, xi lanh ở vị trí cuối, nhận dạng vật liệu, giám sát áp suất và mức nạp đầy khí/chất lỏng), thì người ta sử dụng cảm biến. Những cảm biến này dựa trên các nguyên tắc đo lường khác nhau, việc mô tả chi tiết và những cảm biến khác có thể tìm thấy ở mục 10.7.



Hình 3: Cảm biến giới hạn

Cảm biến giới hạn bằng cơ (**Hình 3**) được sử dụng để phát tín hiệu khi một chi tiết hay một bộ phận của máy đạt được một vị trí nhất định. Cảm biến giới hạn phần lớn là công tắc hai vị trí, để nó có thể thực hiện chức năng đóng, mở và chuyển đổi của những mạch điện.

Công tắc (cảm biến) điều khiển bằng áp suất (**Hình 4**) đóng, mở, chuyển mạch điện khi đã đạt tới áp suất cài đặt trước. Áp suất ngõ vào tác dụng lên tiết diện của pít tông và tạo ra lực đẩy. Lực này tác dụng ngược lại với lực có thể hiệu chỉnh được do lò xo. Khi lực đẩy lớn hơn lực lò xo thì công tắc sẽ bị tác động. Tiên tiến hơn có **công tắc áp suất loại màng** được chuyển đổi bằng điện tử.

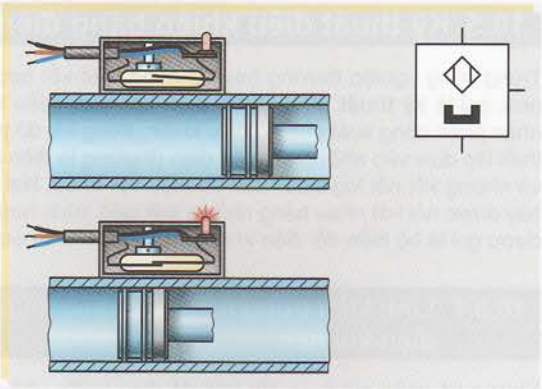


Hình 4: Công tắc điều khiển áp suất

https://tieulun.hopto.org

Công tắc tiệm cận điện từ không tiếp xúc còn gọi là **công tắc reed** hay **công tắc lưỡi gà** (**Hình 1**) rất thường hay được sử dụng để xác nhận (truy vấn) vị trí cuối của xi lanh. Phần lớn trên vỏ của công tắc reed có gắn trực tiếp một đi-ốt phát sáng LED, cho biết trạng thái chuyển đổi của công tắc. Những đặc tính cơ bản là:

- Công tắc tiệm cận từ trường này không cần lực kích hoạt (tác động) từ bên ngoài – ngược với cảm biến giới hạn bằng cơ
- Thời gian đáp ứng ngắn khoảng 0,2 giây
- Không cần bảo dưỡng
- Tuổi thọ cao
- Độ nhạy đáp ứng bị hạn chế
- Không được thiết kế tại nơi có từ trường mạnh
- Thể tích lắp đặt nhỏ



Hình 1: Công tắc tiệm cận (công tắc reed)

Một nam châm gắn ở bên ngoài đi vào bên trong vùng tác dụng của từ trường bởi công tắc lưỡi gà bên trong, sẽ làm chuyển động lưỡi gà và có thể đóng, mở hay chuyển đổi vị trí tùy theo dạng cấu tạo.

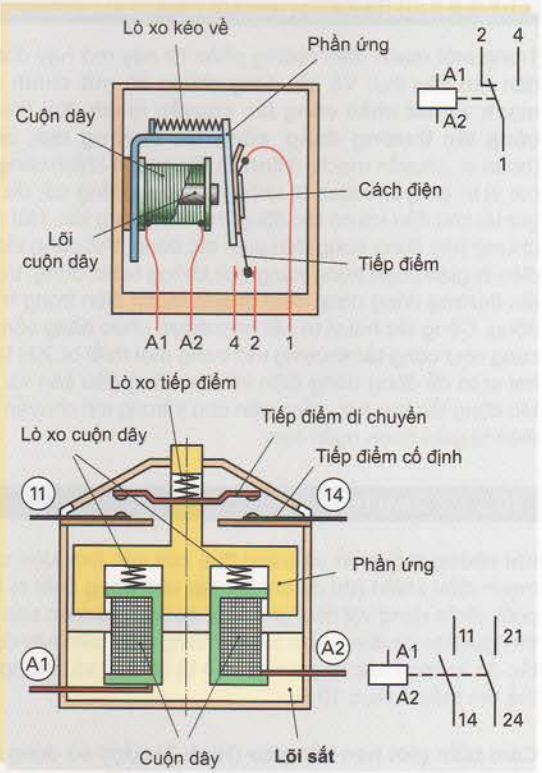
Nam châm thường được gắn tích hợp với đáy của pít tông và các công tắc reed được gắn ở bên ngoài.

10.5.1.3 Rờ le và rờ le bảo vệ (khí cụ bảo vệ, công tắc tơ)

Rờ le hay rờ le bảo vệ (Hình 2) là hai công tắc với tiếp điểm kích hoạt bằng điện từ. Khi dòng điện đi qua một cuộn dây kích thích (đầu nối dây A1 và A2) thì phần ứng di chuyển sẽ bị kéo vào và tiếp điểm bị tác động. Khi dòng điện lưu thông trong cuộn dây kích thích bị gián đoạn thì lò xo sẽ kéo phần ứng về vị trí ban đầu.

Rờ le và rờ le bảo vệ vận hành theo cùng một nguyên tắc và được mô tả giống nhau trong sơ đồ mạch. Rờ le chuyển mạch với công suất tương đối nhỏ (tối đa 1 kW), rờ le bảo vệ (công suất) chuyển mạch cho công suất lớn hơn.

Rờ le mạch điện có thể được chuyển đổi có điện thế tự do, có nghĩa là những tiếp điểm có thể được nối với nhiều điện thế khác nhau trong mạch điện.



Hình 2: Rờ le hoặc rờ le bảo vệ

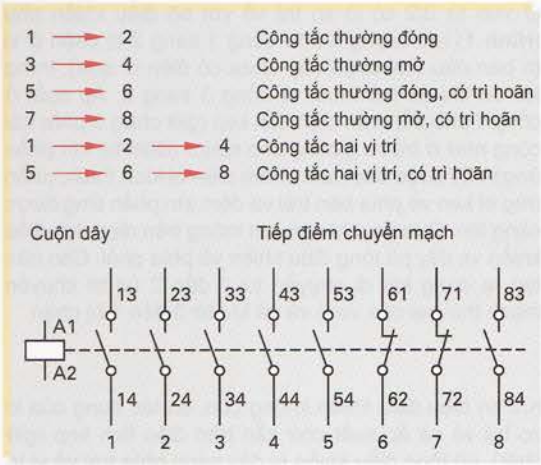
Rờ le được sử dụng cho nhiều chức năng khác nhau như điều khiển, điều chỉnh và giám sát:

- Rờ le là giao diện giữa phần tín hiệu và phần công suất
- Rờ le có thể được sử dụng với nhiều điện thế khác nhau cho phần tín hiệu và công suất.
- Rờ le có thể tách rời điện áp một chiều và xoay chiều
- Rờ le có thể được dùng tăng tín hiệu lên nhiều lần
- Rờ le cũng có thể làm trì hoãn tín hiệu (rờ le định thời)

https://tieulun.hopto.org

Tùy theo loại cấu tạo, rờ le có nhiều số lượng khác nhau về tiếp điểm thường đóng và/hoặc tiếp điểm thường mở và/hoặc tiếp điểm hai vị trí. Ký hiệu đầu nối dây ở rờ le (**Hình 1**) được dựa theo tiêu chuẩn như sau:

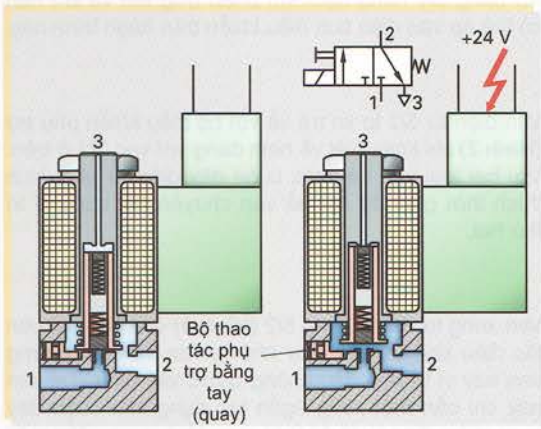
- Đầu nối cuộn dây cho dòng điện kích thích có ký hiệu A1 và A2
- Rờ le mang ký hiệu K1, K2, K3 v.v...
- Các tiếp điểm của rờ le trong sơ đồ mạch cũng mang cùng ký hiệu K1, K2, K3 v.v
- Tiếp điểm chuyển mạch ở rờ le được ký hiệu nhận dạng với hai con số, trong đó vị trí đầu (số sắp xếp) là số thứ tự. Số thứ hai (số chức năng) cho biết loại vận hành của tiếp điểm.



Hình 1: Ký hiệu đầu nối dây

10.5.1.4 Van điện từ

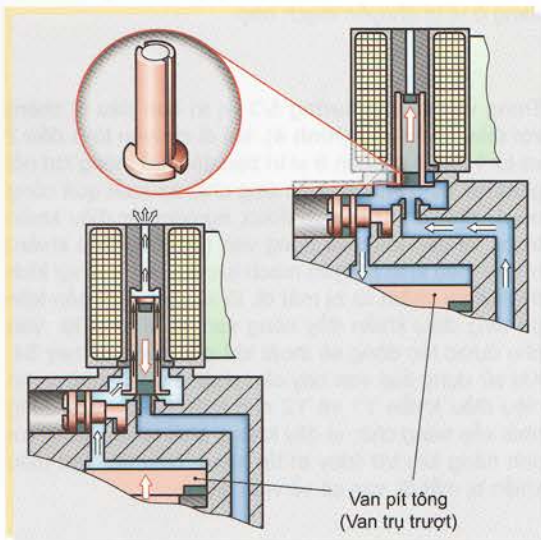
Van điện từ là bộ biến đổi điện-khí nén và do đó tạo ra giao diện giữa phần khí nén và điện của hệ điều khiển. Van điện từ bao gồm một cuộn nam châm điện (phần tử chuyển mạch điện) và một van khí nén (áp suất). Khi dòng điện đi qua cuộn dây nam châm điện sẽ tạo ra một điện từ trường, làm chuyển động phần ứng cuộn dây. Phần ứng cuộn dây này nối với chốt đẩy van, chốt này điều khiển lưu lượng khí nén, ở đó phần ứng làm chuyển động con trượt hay chốt đẩy và do đó đảo vị trí chuyển mạch.



Hình 2: Thao tác bằng điện từ

Van dẫn hướng 3/2 có lò xo kéo về bên trong **Hình 2**, ở vị trí cơ bản (tĩnh) không có lưu lượng khí từ cổng 1 sang 2. Trước tiên do sự kích thích của cuộn dây nam châm điện, chốt đẩy van bị kéo phía lên do phần ứng và cho phép khí lưu thông tự do từ cổng 1 đến 2. Tiếp theo lỗ xả khí 3 ở phần ứng bị chặn do lớp đệm kín ở trên. Khi không có dòng điện đi qua cuộn dây, phần ứng kéo xuống và chặn lưu lượng từ cổng 1 sang 2; đồng thời khí nén có thể thoát ra từ cổng 3 sang 2. Bộ thao tác phụ trợ bằng tay được thực hiện nhờ bộ đĩa / bánh lệch tâm quay được, tác dụng lên mặt bích của phần ứng.

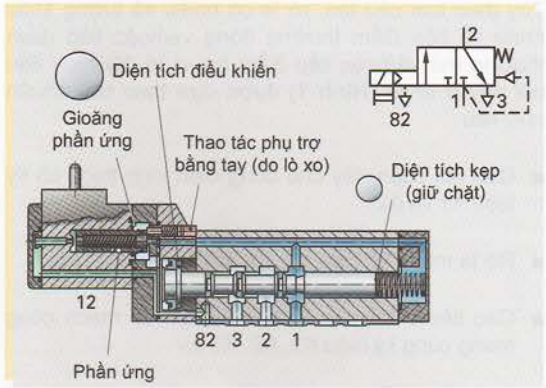
Trong kỹ thuật điều khiển điện-khí nén còn có loại van điều khiển trợ động (phụ trước). Ưu điểm là kích cỡ cuộn dây nam châm điện nhỏ đi, qua đó giảm được công suất tiêu thụ điện. **Hình 3** cho biết nguyên tắc chức năng. Một tín hiệu điện khởi động phần ứng, phần ứng mở van điều khiển phụ trợ và van này cho phép điều khiển áp suất trên pít tông cho phép van chuyển mạch.



Hình 3: Điều khiển trước (phụ trợ)

https://tieulun.hopto.org

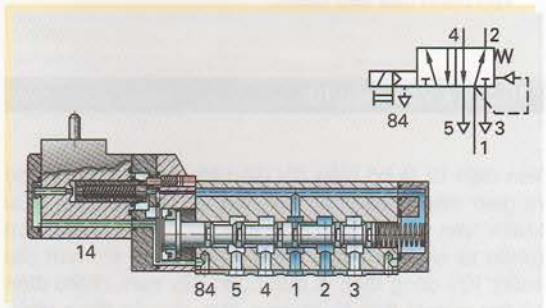
Ở van từ 3/2 có lò xo trả về với bộ điều khiển phụ (**Hình 1**) lưu lượng khí từ cổng 1 sang 2 bị chặn ở vị trí ban đầu (khi cuộn dây chưa có điện đi qua), trong khi đó khí có thể thoát từ cổng 3 sang 2. Áp suất ở cổng 1 chờ sẵn trên diện tích kẹp (giữ chặt) ở phía trái cũng như ở trước gioăng cho stator (đệm bịt kín phần ứng). Khi cuộn dây nam châm điện bị kích thích, phần ứng bị kéo về phía bên trái và đệm kín phần ứng được nâng lên. Qua đó, khí nén lưu thông trên diện tích điều khiển và đẩy pít tông điều khiển về phía phải. Cho nên tạo ra dòng khí di chuyển từ 1 đến 2 (vị trí chuyển mạch thứ hai của van) và xả khí từ 3 đến 1 bị chặn.



Hình 1: Van từ 3/2; trả về bằng lò xo và điều khiển phụ

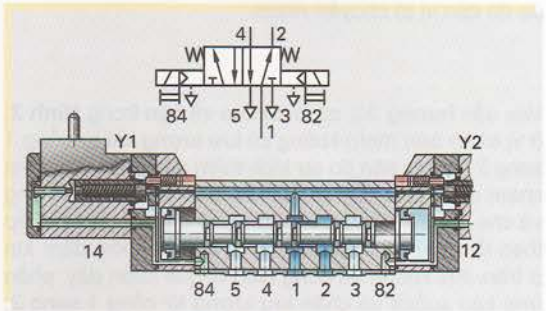
Khi tín hiệu điều khiển không còn, do tác dụng của lò xo trả về và áp suất chờ sẵn trên diện tích kẹp (giữ chặt), pít tông điều khiển bị đẩy sang phía trái về vị trí ban đầu và van điều khiển phụ trợ được xả khí qua lỗ xả khí trong phần ứng qua cổng 82. Bộ thao tác phụ trợ bằng tay nâng đệm kín phần ứng lên và khí nén có thể ép vào diện tích điều khiển trên hành trình này.

Van điện từ 5/2 lò xo trả về với bộ điều khiển phụ trợ (**Hình 2**) chỉ khác biệt về hình dáng với van 3/2 ở trên. Với hai loại van này các cuộn dây điện từ phải kích thích thời gian đủ dài để van chuyển đổi sang vị trí thứ hai.



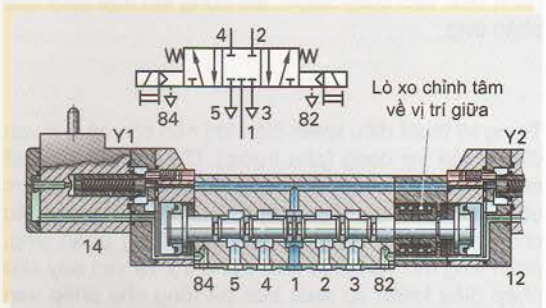
Hình 2: Van từ 5/2; trả về bằng lò xo và điều khiển phụ

Van xung từ dẫn hướng 5/2 **(Hình 3)** có cùng nguyên tắc điều khiển trước như những van kể trên, nhưng van này vị trí ban đầu không được xác định. Tại van này chỉ cần một xung ngắn tác dụng cho cuộn dây nam châm điện từ là đủ thời gian để đưa van đến vị trí chuyển đổi khác. Trong van này – cũng tương tự như ở van xung khí nén – khi lắp ráp phải chú ý xem van đang ở vị trí chuyển mạch nào.



Hình 3: Van xung từ 5/2 với bộ điều khiển phụ

Trong van từ dẫn hướng 5/3 (vị trí ban đầu bị chặn) với điều khiển phụ (**Hình 4**), khí di chuyển từ 1 đến 2 và từ 1 đến 4 bị chặn ở vị trí ban đầu. Lỗ thông khí nối giữa hai đệm bịt kín phần ứng chịu áp suất qua cổng nối 1. Khi van từ bị kích thích, nguyên tắc điều khiển trước lại can thiệp và nòng van (pít tông điều khiển) bị đẩy theo vị trí chuyển mạch tương ứng. Khi sự kích thích nam châm từ bị mất đi, lò xo định tâm gắn trên pít tông điều khiển đẩy nòng van về vị trí giữa. Van phụ được tác động sẽ thoát khí qua cổng 82 hay 84. Khi sử dụng loại van này cần phải chú ý là những tín hiệu điều khiển Y1 và Y2 cho toàn bộ chuyển động phải xếp hàng chờ; vì đây không phải là van xung với tính năng lưu trữ (duy trì tín hiệu). Nếu tín hiệu điều khiển bị mất đi, van sẽ về vị trí giữa.



Hình 4: Van từ 5/3 với bộ điều khiển phụ

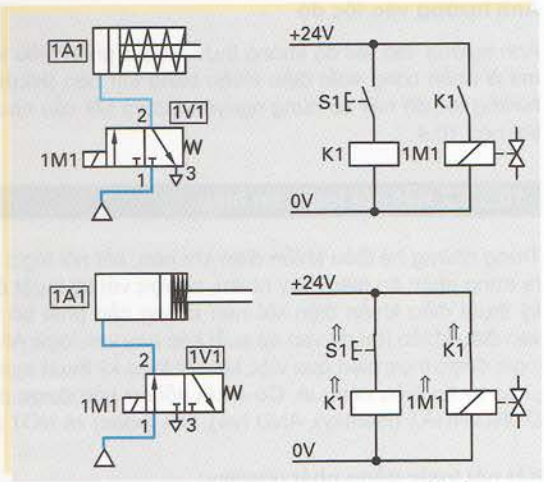
https://tiedlun.hopto.org

10.5.2 Mạch điện cơ bản

Cũng như trong kỹ thuật điều khiển bằng khí nén, trong kỹ thuật điều khiển điện-khí nén cũng có những mạch cơ bản, những mạch phức tạp sử dụng trong thực tế đều do những mạch cơ bản này liên kết lại. Ta cần phải có kiến thức về chức năng và đặc tính của những linh kiện có sẵn để phác thảo hệ điều khiển chạy tốt và an toàn.

10.5.2.1 Xi lanh chạy tới – chạy lui

Ngược lại với kỹ thuật điều khiển bằng khí nén, ở đây việc điều khiển trực tiếp không còn xảy ra, trong thực tế hầu hết sử dụng điều khiển gián tiếp nhờ hỗ trợ của rờ le. Điều này có ưu điểm là tín hiệu chuyển mạch của rờ le có thể phân phối tiếp cho nhiều nhánh của dòng điện.



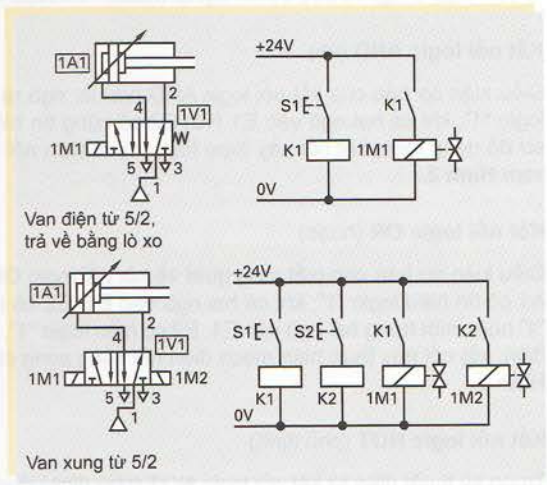
Hình 1: Xi lanh tác động đơn với van từ 3/2, trả về bằng lò xo

Xi lanh tác động đơn

Khi tác động nút nhấn S1 (**Hình 1**) rờ le K1 được kích hoạt và qua đó tiếp điểm của công tắc thường mở của rờ le ở dòng điện nhánh 2 bị đóng lại; tiếp điểm này đóng lại vì có điện tác động lên van từ 1M1 ở cơ cấu tác động 1V1 và làm cho van dẫn hướng 3/2 chuyển đến vị trí làm việc. Xi lanh 1A1 chạy ra khi S1 bị tác động và chỉ đạt được vị trí cuối khi S1 bị tác động trong suốt khoảng thời gian của 1A1 chạy ra. (*Khi nhả nút nhấn S1, rờ le K1 mất điện, công tắc của rờ le mở, van từ 1M1 mất điện, xi lanh 1A1 chạy vào - ND).*

Xi lanh tác động kép

Tương tự với kỹ thuật điều khiển bằng khí nén, ở đây có nhiều cách điều khiển, vì xi lanh tác động kép được điều khiển bởi hai ngõ ra bằng khí nén qua một cơ cấu tác động. Xi lanh 1A1 chỉ chạy ra hoàn toàn (**Hình 2 ở trên**), khi nút S1 bị nhấn trong suốt thời gian chạy ra.

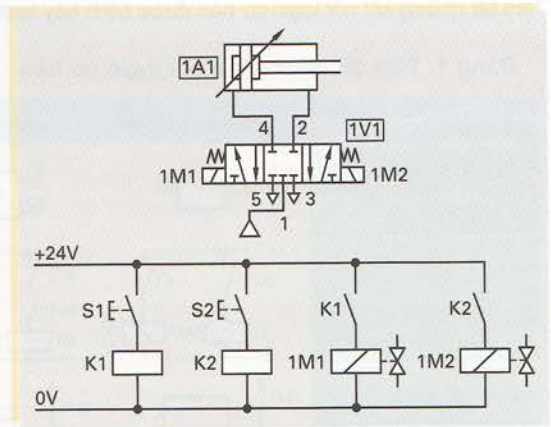


Hình 2: Xi lanh tác động kép

Khi tác động xung vào S1, xi lanh 1A1 trong **Hình 2 ở dưới** sẽ chạy ra hoàn toàn và sau đó lại chạy vào, khi tác động xung ngắn hạn vào S2. Van dẫn hướng 5/2 là một van lưu trữ *(van có chức năng nhớ, van có tác dụng duy trì)*. Chỉ cần một xung điện ngắn là đủ để van đổi chiều điều khiển, vì van duy trì vị trí chuyển mạch sau khi nhận xung. Tuy nhiên, nếu S1 còn tác động, khi S2 bị tác động thì cả hai cuộn dây nam châm điện từ 1M1 và 1M2 đều được kích hoạt và van 1V1 không thể thay đổi hướng. Cho nên van xung 1V1 ưu tiên cho tín hiệu đến trước.

Xác định đúng vị trí và dừng lại ở vị trí bất kỳ trong phạm vi quãng chạy

Do vận hành ấn nhả với nút nhấn S1 (hành trình chạy tới) hay với nút S2 (hành trình trở về), xi lanh sẽ dừng lại tại vị trí thích ứng trong phạm vi hành trình của nó (**Hình 3**).

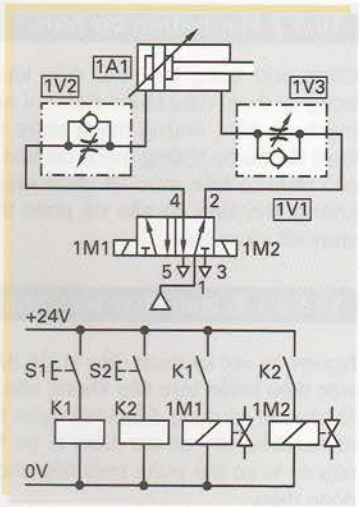


Hình 3: Xi lanh tác động kép với van từ 5/3

https://tieulun.hopto.org

Ảnh hưởng vào tốc độ

Ảnh hưởng vào tốc độ không thực hiện ở phần điều khiển tín hiệu điện, mà ở phần công suất điều khiển bằng khí nén (**Hình 1**). Cho nên, ảnh hưởng tốc độ này có cùng nguyên tắc và kết cấu như trong chương về khí nén 10.4.



Hình 1: Ảnh hưởng vào tốc độ

10.5.2.2 Kết nối logic tín hiệu

Trong những hệ điều khiển điện-khí nén, kết nối logic (hàm) tín hiệu xảy ra trong phần tín hiệu. Tuy nhiên, ngược với kỹ thuật điều khiển khí nén, kỹ thuật điều khiển điện-khí nén không cần phải bổ sung thêm những van điều khiển (thí dụ van áp suất kép hay van logic AND). Những kết nối logic được thực hiện qua việc kết nối theo kỹ thuật mạch điện của những phần tử tín hiệu riêng lẻ. Có 4 kết nối cơ bản được phân biệt như sau: ĐỒNG NHẤT (identity), AND (và), OR (hoặc) và NOT (phủ định).

Kết nối logic đồng nhất (identity)

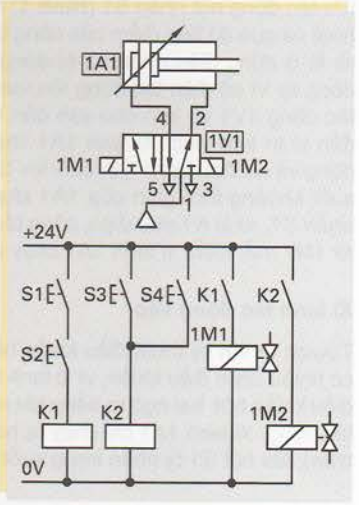
Khi tín hiệu ngõ vào có logic "1" (S1 hay S2 bị thao tác) thì tín hiệu ở ngõ ra được thiết lập (set – tín hiệu logic "1") và khi tín hiệu ngõ vào có logic "0", tín hiệu ở ngõ ra được thiết lập lại (reset – tín hiệu logic "0") (**Hình 1**).

Kết nối logic AND (và)

Điều kiện cơ bản của kết nối logic AND (và) là: ngõ ra A1 chỉ có tín hiệu logic "1", khi cả hai ngõ vào E1 (và) E2 có cùng tín hiệu logic "1". Trong sơ đồ dòng điện, kết nối này thực hiện mạch điện nối tiếp của S1 và S2 xem **Hình 2**.

Kết nối logic OR (hoặc)

Điều kiện cơ bản cho biết tổng quát về kết nối logic **OR** (hoặc) là ngõ ra A1 có tín hiệu logic "1", khi cả hai ngõ vào E1, E2 có cùng tín hiệu logic "1" hoặc một trong hai ngõ vào E1, E2 có hiệu logic "1". Trong sơ đồ dòng điện, kết nối này thực hiện mạch điện nối song song của S3 và S4 trong **Hình 2**.



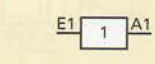
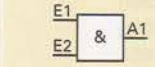
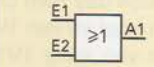
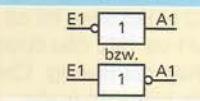
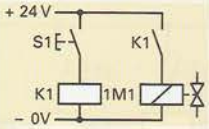
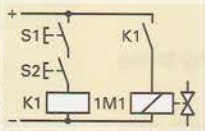
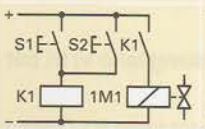
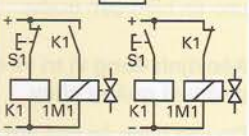
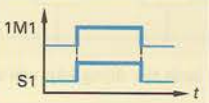
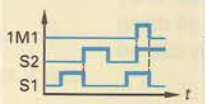
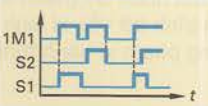
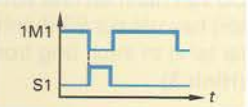
Hình 2: Kết nối logic AND / OR

Kết nối logic NOT (phủ định)

Trong kỹ thuật điện tử kết nối logic NOT (phủ định) được thực hiện bằng công tắc thường đóng.

Tóm tắt những kết nối logic cơ bản được trình bày trong **Bảng 1**.

Bảng 1: Tóm tắt những kết nối logic cơ bản

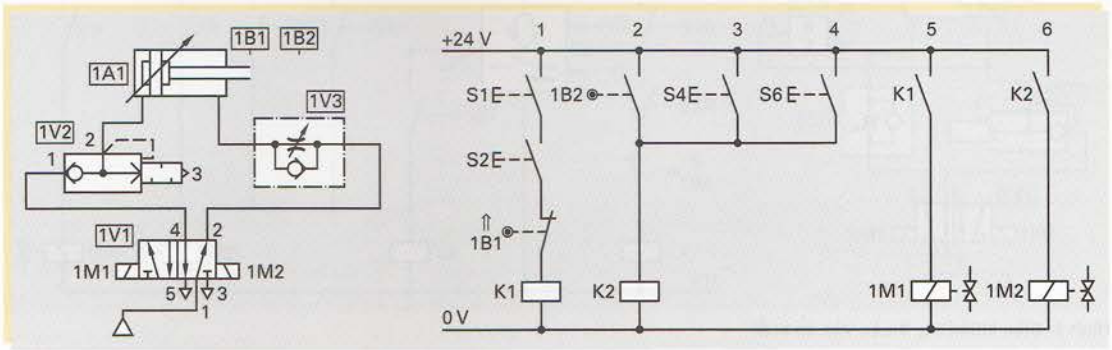
Giải thích \ Kết nối logic	Đồng nhất (Identity)	AND (và)	OR (hoặc)	NOT (phủ định)
Sơ đồ logic				
Mạch điện				
Biểu đồ xung				

https://tieulun.hopto.org

Kết nối logic AND/OR nhiều lần

Khi nhiều phần tử tín hiệu được kết nối với logic AND/OR, điều này được thực hiện bằng những mạch điện được gắn nối tiếp hay song song.

Thí dụ: Xi lanh 1A1 chỉ được chạy ra, khi xi lanh ở vị trí cuối phía sau (1B1) đồng thời nút nhấn của S1 và S2 bị tác động. Ngoài ra, cho người thuận tay trái cần có thêm một nút nhấn bằng tay S6. Nút S6 này cũng như S4 bảo đảm cho xi lanh chạy trở về, khi xi lanh 1A1 bị kẹt (treo, bị hư). S6 phải gắn ở một phía khác của S4, để cho người thuận tay trái khỏi phải thường xuyên với tay. Tiếp theo, tốc độ chạy ra của xi lanh phải hiệu chỉnh được và tốc độ chạy vào càng cao càng tốt (xem **Trang 443, Hình 2**).

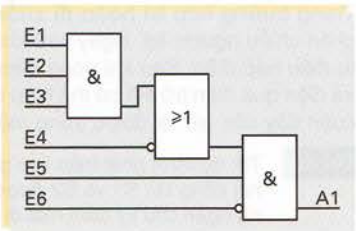


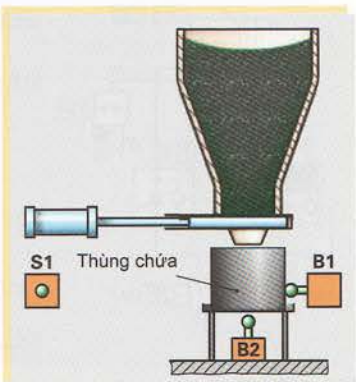
Hình 1: Kết nối logic AND/OR nhiều lần

Trong mạch điện gắn nối tiếp nhiều phần tử tín hiệu có công suất tiêu thụ riêng theo từng thiết bị (thí dụ công tắc reed, cảm biến), phải chú ý là tổng số độ sụt áp ở các phần tử tín hiệu riêng lẻ còn đủ công suất cho rờ le chuyển mạch. Trong mạch điện gắn song song nhiều phần tử tín hiệu có công suất tiêu thụ riêng theo từng nhánh, phải chú ý là tổng số dòng điện không được quá lớn làm cho những rờ le nối tiếp nhau bị hư hại. Nếu các phần tử tín hiệu là những nút bấm hay công tắc thì độ sụt áp ở những linh kiện này rất nhỏ, các tác dụng không tốt nêu trên có thể bỏ qua. Trong mối liên quan này thì quan trọng là cảm biến nên gắn 2 dây hay 3 dây.

Bài tập:

1. Hãy phác họa sơ đồ chuyển mạch điện-khí nén cho xi lanh tác động đơn: xi lanh đi ra khi đồng thời tác động nút nhấn của hai công tắc và xi lanh chạy tự động khi đi vào.
2. Hãy phác họa sơ đồ dòng điện dựa vào sơ đồ logic ở hình bên cạnh?
3. a) Hãy thực hiện thí nghiệm để biết được điện áp chuyển đổi tối thiểu của một rờ le trong phòng thí nghiệm điện-khí nén của bạn?
   b) Hãy so sánh trị số này với trị số của nhà chế tạo?
4. Hãy cho biết trị số tiêu thụ dòng điện cực đại của rờ le trong phòng thí nghiệm của bạn?
5. Hãy cho biết mạch điện song song có gắn nhiều mạch tiêu thụ tác dụng lên tổng điện trở của đường dây điện này như thế nào?
6. Một thanh đẩy vào bồn chứa (silo) bị tác động do một xi lanh tác động kép. Phễu của máy đổ vào bình chứa mở ra khi xi lanh chạy vào. Điều này được thực hiện khi nút nhấn "đổ đầy" S1 bị tác động, bình chứa (B1) đặt ở dưới silo và công tắc để kiểm tra trọng lượng (B2) không bị tác động. Hãy vẽ sơ đồ logic, bảng chức năng và sơ đồ chuyển mạch (khí nén và điện).
7. Hãy vẽ sơ đồ chuyển mạch điện cho **Hình 1** bằng cảm biến 3 dây của S5 và S3?





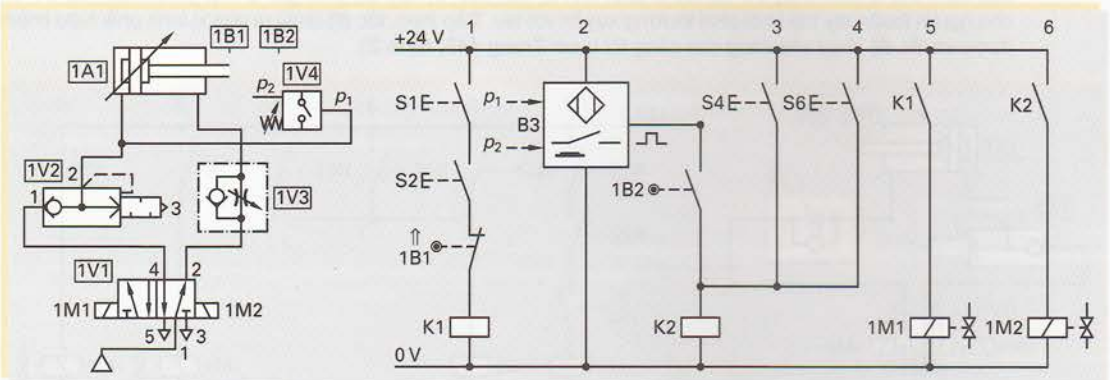
10

https://tieulun.hopto.org

Điều khiển tùy thuộc vào áp suất

Trong kỹ thuật điều khiển điện-khí nén, nếu tín hiệu khí nén (ở đây là áp suất) được biến đổi thành tín hiệu điện, thì ta sử dụng một thiết bị gọi là công tắc áp suất.

Thí dụ: Thí dụ trước được phát triển sao cho xi lanh 1A1 chỉ chạy trở về, khi xi lanh đến vị trí cuối phía trước và áp suất hiệu chỉnh đạt được một trị số nhất định, thấp hơn áp suất của thiết bị một ít. (Phác họa xem Hình 2 trang 443; Giải đáp: Hình 1).



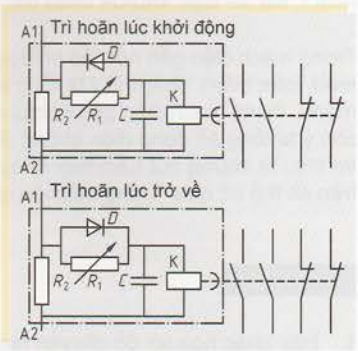
Hình 1: Điều khiển tùy thuộc vào áp suất

10.5.2.3 Trì hoãn chuyển mạch (Độ trễ chuyển mạch)

Trong kỹ thuật điều khiển điện-khí nén, cơ cấu định thời được thực hiện bằng rờ le làm trì hoãn lúc tín hiệu **khởi động** (đi lên) và **lúc trở về** (đi xuống).

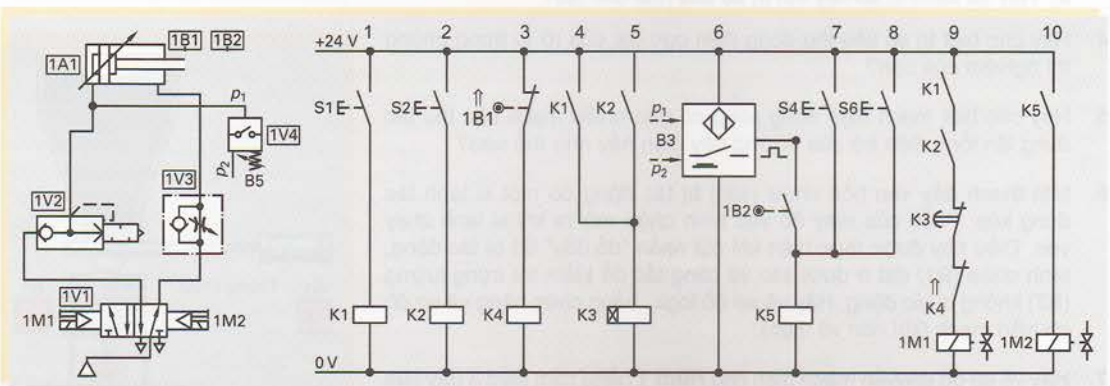
Dòng điện chạy qua một điện trở R1 có thể hiệu chỉnh được (biến trở) và tụ điện C nạp điện. Khi điện áp trong ở tụ điện đạt được mức điện áp chuyển mạch, thì rờ le hoạt động. Điốt D chặn chỉ cho dòng điện đi một chiều từ A1 qua biến trở R1. Biến trở này hiệu chỉnh thời gian cần thiết để tụ điện nạp điện đến mức điện áp chuyển mạch. Thời gian này gọi là **trì hoãn đáp ứng** (khởi động) hay **trì hoãn đi lên** (**Hình 2**).

Trong trường hợp **trì hoãn đi xuống** hay **trì hoãn trở về** (**Hình 2**) điốt chặn chiều ngược lại. Ngay sau khi có điện (nạp vào) rờ le bật mạch và tụ điện nạp điện. Sau khi dòng điện bị ngắt (mở mạch) từ A1, tụ điện sẽ xả điện qua điện trở R1 có thể hiệu chỉnh được và qua đó từ trường trong cuộn dây còn giữ lại được trong một thời gian.



Hình 2: Trì hoãn chuyển mạch

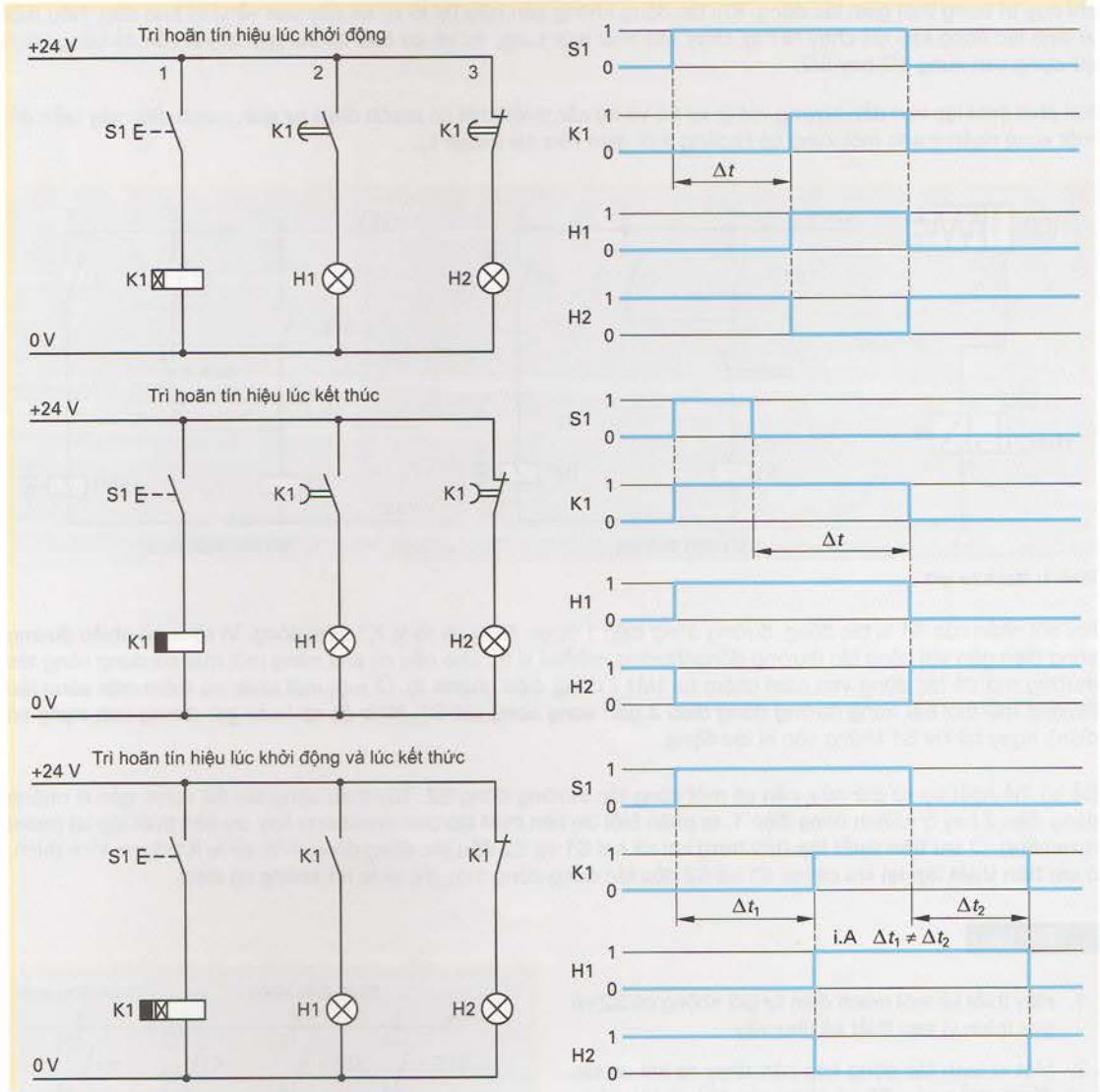
Thí dụ: Thí dụ dưới phát triển tiếp giải pháp điều khiển trước đây. Xi lanh 1A1 chỉ được chạy ra, khi nút nhấn của cả hai công tắc S1 và S2 được nhấn đồng thời trong vòng 0,5 s. Như thế ngăn cản được sự cố tình nguỵ tạo rút ngắn chu kỳ (làm mất đi sự an toàn).



Hình 3: Sơ đồ chuyển mạch

https://tieulun.hopto.org

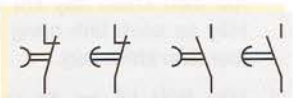
Tương tự như trong kỹ thuật điều khiển khí nén, cả trong kỹ thuật điều khiển điện-khí nén cũng có những tính năng trì hoãn khác nhau qua sự kết hợp giữa độ trễ vận hành (trì hoãn đáp ứng lúc khởi động) và độ trễ cắt (trì hoãn đến khi rơle mở) với công tắc thường mở hay công tắc thường đóng tương ứng với tính năng trì hoãn.



Hình 1: Những tính năng trì hoãn khác nhau

Bài tập:

1. Hãy giải thích cách hoạt động của mạch điện RC?
2. Hãy phác họa sơ đồ chuyển mạch điện-khí nén cho xi lanh tác động kép, xi lanh chỉ chạy ra khi hai nút nhấn của công tắc S1 và S2 tác động cùng một lúc. Sau khi đạt được vị trí cuối phía trước, xi lanh tự trở về sau 10 s. Hành trình chạy trở về được khởi động bởi nút nhấn của công tắc S3 (không phụ thuộc thời gian).
3. Hãy giải thích ký hiệu chuyển mạch hình bên cạnh theo tiêu chuẩn DIN?



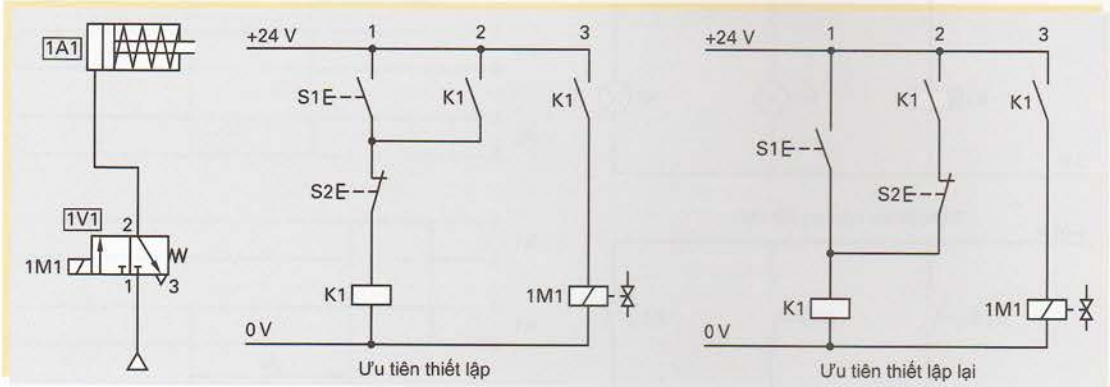
4. Hãy giải thích việc thực hiện trì hoãn khởi động và trì hoãn trở về như thế nào trong kỹ thuật điều khiển điện-khí nén?

https://tieulun.hopto.org

10.5.2.4 Mạch tự giữ (tự duy trì)

Trong kỹ thuật điều khiển điện-khí nén, thông thường những tín hiệu xung được biến thành tín hiệu kéo dài. Điều này cũng cần thiết ngay cả với van từ có lò xo tác dụng kéo về, bởi vì quá trình chuyển mạch điều khiển chỉ duy trì trong thời gian tác động. Khi tác động không còn nữa thì lò xo sẽ đẩy van về vị trí ban đầu. Nếu một xi lanh tác động kép chỉ chạy ra hay chạy vào nhờ một xung, thì về cơ bản có thể giải quyết vấn đề bằng cách sử dụng van xung 3/2 hay 5/2.

Khi phải thiết lập van dẫn hướng với lò xo trả về thì cần thiết phải có **mạch điện tự giữ**, mạch điện này biến đổi một xung ngắn thành một xung có khoảng thời gian kéo dài (**Hình 1**).



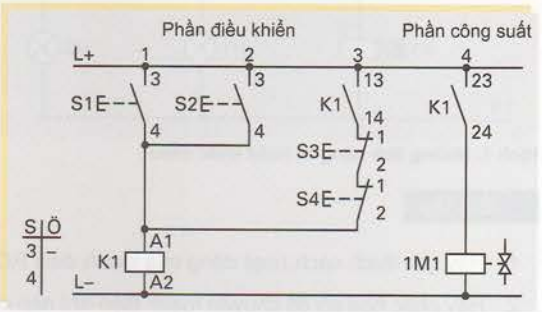
Hình 1: Mạch tự giữ

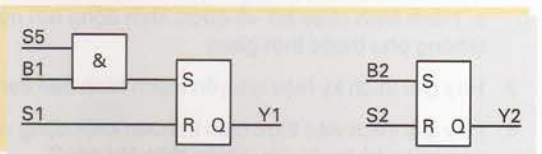
Khi nút nhấn của S1 bị tác động, đường dòng điện 1 được đóng và rờ le K1 hoạt động. Vì rờ le có nhiều đường dòng điện gắn với công tắc thường đóng/thường mở/hai vị trí, cho nên có khả năng một mặt sử dụng công tắc thường mở để tác động van nam châm từ 1M1 (dòng điện nhánh 3). Ở một mặt khác có thêm một công tắc thường mở thứ hai trong đường dòng điện 2 gắn song song với S1. Nhờ đó rờ le tự giữ (trong tình trạng có điện), ngay cả khi S1 không còn bị tác động.

Để có thể ngắt sự tự giữ này, cần có một công tắc thường đóng S2. Tùy theo công tắc S2 được gắn ở nhánh dòng điện 2 hay ở nhánh dòng điện 1, ta phân biệt ưu tiên thiết lập (set dominant) hay ưu tiên thiết lập lại (reset dominant). Ở **ưu tiên thiết lập** (trội hơn) khi cả hai S1 và S2 đều tác động đồng thời, rờ le K1 được kích thích, ở **ưu tiên thiết lập lại** khi cả hai S1 và S2 đều tác động đồng thời, thì rờ le K1 không có điện.

Bài tập:

1. Hãy thiết kế một mạch điện tự giữ không có S2 và giải thích vì sao thiết kế như vậy.
2. Một xi lanh tác động kép cần chạy ra khi có tác động ngắn của S1 và chạy vào khi có tác động ngắn của S2. Hãy giải bài tập này khi có mạch tự giữ và khi không có mạch tự giữ. Bằng cách nào người thao tác có thể xác định sự khác biệt giữa hai điều khiển này khi vận hành bình thường? Hãy so sánh tính năng Dừng-Khẩn cấp của hai loại điều khiển này.
3. Hãy thiết kế sơ đồ chức năng (sơ đồ logic) của mạch tự giữ một với ưu tiên thiết lập (set dominant) và một sơ đồ khác với ưu tiên thiết lập lại (reset dominant).
4. Hãy thiết lập sơ đồ điều khiển ở hình bên phải.
5. Hãy thiết lập sơ đồ điều khiển cho hình bên cạnh.

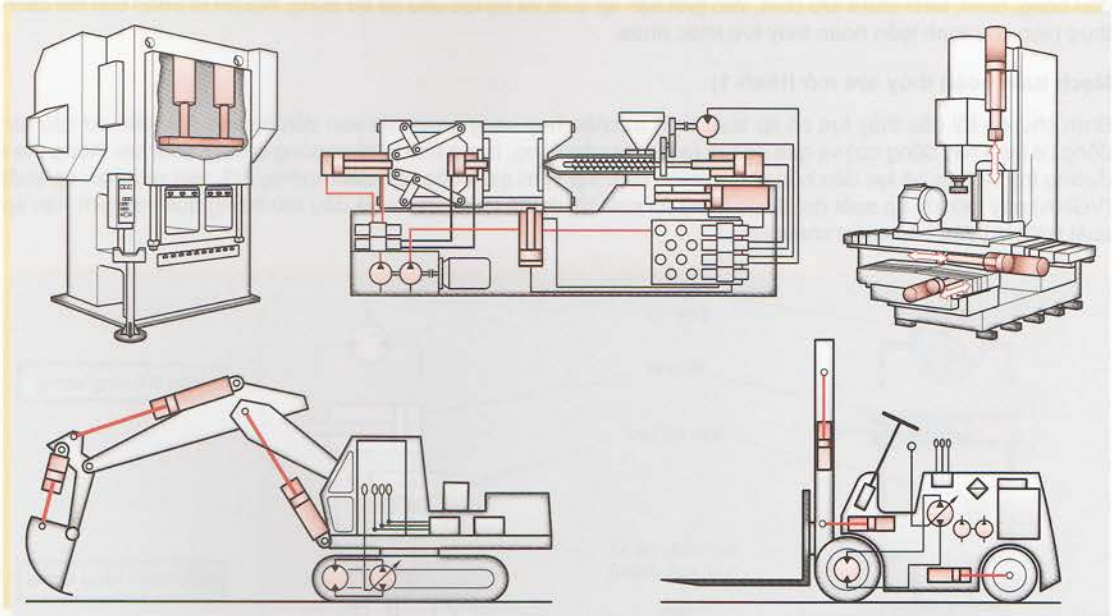




https://tieulun.hopto.org

10.6 Kỹ thuật điều khiển bằng thủy lực

Trong kỹ thuật điều khiển bằng thủy lực (xuất phát từ chữ hydraulics - tiếng Hy lạp, hydro = nước, Fluide = lưu chất) – đa số là dầu – được sử dụng ở dưới áp suất cao để tạo ra lực, chuyển động hay mô men quay. Do lực, chuyển động tịnh tiến (thẳng) cũng như chuyển động quay được tạo ra. Năng lượng truyền tải được điều khiển hay điều chỉnh. Những lực lớn hay mô men quay hình thành do áp suất cao được sử dụng chủ yếu trong phần công suất (động lực) của hệ điều khiển hay điều chỉnh. Trong phần điều khiển người ta sử dụng những thành phần được cấu tạo bằng cơ hay điện.



Hình 1: Những thí dụ ứng dụng về điều khiển thủy lực

Trong các máy công cụ, kỹ thuật điều khiển thủy lực được sử dụng để kẹp những chi tiết hay dụng cụ (thí dụ dụng cụ phun trong máy đúc phun) và để điều khiển chuyển động dẫn tiến cũng như ở những hệ dẫn động trục quay. Kỹ thuật này cũng thường được dùng trong lĩnh vực phổ biến rộng lớn tiếp theo của điều khiển bằng thủy lực là các máy ép (dập) (xem chương 14). Ở máy nông nghiệp hay xây dựng, kỹ thuật điều khiển thủy lực được sử dụng để truyền tải chuyển động, để nâng hay nắm giữ (**Hình 1**). Điều khiển thủy lực trong máy bay chiếm một vị trí đặc biệt và cũng vì những tiêu chuẩn kỹ thuật cao của nó mà phát triển thành một ngành riêng.

Ưu điểm

- Áp suất cao trong không gian nhỏ tạo ra lực lớn
- Truyền tải áp suất gần như không bị tiêu hao
- Những thành phần cấu tạo thủy lực an toàn khi quá tải, có nghĩa là chúng chịu tải lớn cả khi ở vị trí tĩnh (đứng yên)
- Tốc độ có thể điều chỉnh vô cấp
- Chuyển động đều đặn (êm) nhờ tính ít chịu nén của dầu thủy lực
- Khả năng định vị trí rất chính xác (+/- 1µm)

Nhược điểm

- Dầu dưới áp suất cao có nguy cơ xảy ra tai nạn nguy hiểm
- Gây ra tiếng ồn do bơm hay tiếng động do máy chuyển mạch
- Khi dầu bị rò rỉ, phát sinh nguy cơ cháy và làm ô nhiễm môi trường
- Tốc độ của pít tông nhỏ hơn so với điều khiển bằng khí nén
- Độ nhớt (đặc tính chảy) của dầu tùy thuộc vào nhiệt độ
- Khả năng lưu trữ năng lượng bị giới hạn (do gas, thí dụ ở trong bình chứa thủy lực kiểu bong bóng)

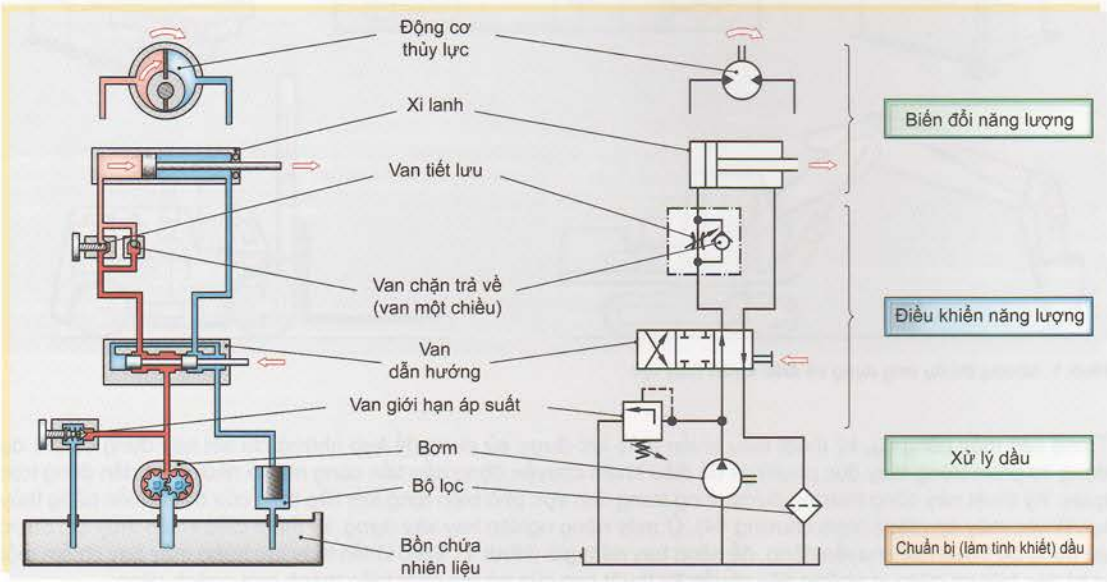
https://tieulun.hopto.org

10.6.1 Mạch tuần hoàn thủy lực

Khác với điều khiển bằng khí nén, không khí sau khi thực hiện công năng được thoát ra ngoài (môi trường xung quanh) qua bộ giảm âm; ở điều khiển bằng thủy lực chất lỏng phải chuyển động trong một chu trình tuần hoàn (vòng kín). Từ bơm thủy lực chất lỏng (lưu chất hay môi chất) được dẫn qua các van và các đường ống mềm đến cơ cấu tác động (xi lanh, động cơ), để từ đó lưu chất chạy trở về bồn chứa nhiên liệu. Trong hệ thống điều khiển thủy lực, bơm (tạo ra áp suất) biến đổi năng lượng cơ thành năng lượng thủy lực. Năng lượng thủy lực này được chuyển tải đến cơ cấu chấp hành và tại đó được biến thành cơ năng. Phần cốt lõi của hệ thống điều khiển thủy lực là **cụm máy móc thủy lực**, đa số là những nhóm cấu tạo hoạt động độc lập bao gồm động cơ dẫn động, bơm, bình chứa lưu chất, van giới hạn áp suất và bộ lọc dầu đã sử dụng. Người ta phân biệt hai cách thực hiện chu trình tuần hoàn thủy lực khác nhau.

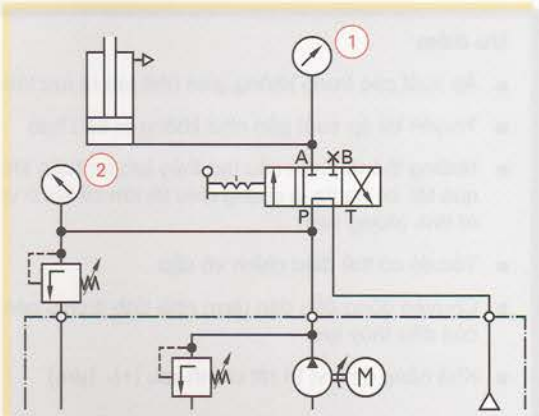
Mạch tuần hoàn thủy lực mở (Hình 1)

Bơm chuyển tải dầu thủy lực có áp suất từ vị trí chéo hay song song của van dẫn hướng 5/3, đến cơ cấu tác động (xi lanh hay động cơ) và qua đó tạo ra sự chuyển động, trong khi đó dầu không còn áp suất lưu thông theo đường trở về qua bộ lọc đến bồn chứa nhiên liệu. Tại vị trí giữa của van dẫn hướng 5/3, van giới hạn áp suất (VGHA) này mở khi áp suất đạt được trị số áp suất tối đa đã chỉnh trước và dầu lưu thông qua van giới hạn áp suất (VGHA) đến bồn chứa nhiên liệu.



Hình 1: Hệ thống thủy lực

Trạm tạo áp suất là thành phần được chế tạo sẵn, thường được cung ứng cho hệ thống điều khiển thủy lực và được trang bị van giới hạn áp suất (VGHA) để bảo vệ hệ thống. Sau đó người ta gắn song song một van giới hạn áp suất (VGHA) thứ hai với van giới hạn áp suất đã tích hợp ở một trạm tạo áp suất (**Hình 2**), ta có thể hiệu chỉnh áp suất cho phép tối đa của hệ thống qua van giới hạn áp suất (VGHA) tích hợp, trong khi đó áp suất vận hành được định mức bằng van thứ hai ở phía ngoài. Cho nên, áp suất vận hành luôn nhỏ hay bằng với áp suất tối đa của trạm tạo áp suất. Ở áp kế ① cho biết áp suất hình thành do tải ở phía ngoài, trong khi đó áp kế ② cho biết áp suất hình thành từ ứng suất chảy (trở kháng của dòng) dầu tuần hoàn.

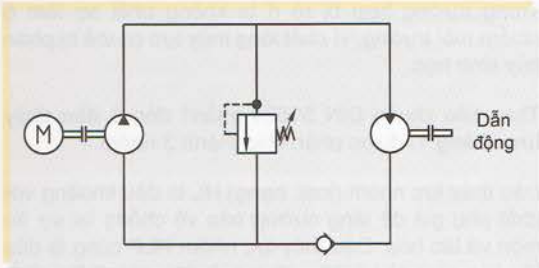


Hình 2: Mạch tuần hoàn của bơm

https://tieulun.hopto.org

Mạch tuần hoàn thủy lực kín

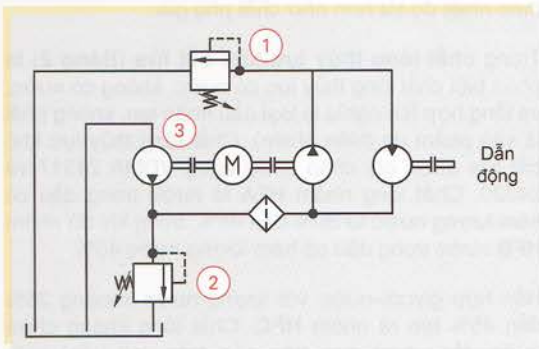
Thông thường chu trình tuần hoàn kín (**Hình 1**) có trong cơ cấu tác động quay (thí dụ động cơ). Lưu lượng tính theo thể tích được điều khiển đổi chiều nhanh. Điều khiển xi lanh thủy lực bằng những pít tông có tiết diện khác nhau không thích hợp với loại chu trình tuần hoàn này, vì lượng chất lỏng khi chảy đi và khi chảy trở về khác nhau trong chu trình tuần hoàn không thể cân bằng tốt.



Hình 1: Mạch thủy lực kín

Hình 1 chỉ cho biết nguyên tắc hoạt động cơ bản. Bơm tạo ra chu kỳ tuần hoàn của chất lỏng để làm quay động cơ. Khi áp suất của hệ thống vượt quá giới hạn, van giới hạn áp suất VGHA sẽ mở ra và dầu thủy lực lưu thông trong chu trình tuần hoàn nhỏ. Van một chiều (van chặn trở về) bảo vệ hướng chảy. Giải pháp này trong thực tế không thích hợp lắm, vì lượng dầu tiêu hao không được bổ sung.

Để cải thiện người ta thiết kế thêm một bơm bổ sung (**Số 3**, **Hình 2**), bơm này đẩy dầu vào chu trình tuần hoàn chính qua bộ lọc. Nó cân bằng được lượng dầu tiêu hao phát sinh do rò rỉ. Nhờ hỗ trợ của van giới hạn áp suất VGHA①, áp suất vận hành trong chu trình tuần hoàn chính được hiệu chỉnh, trong khi đó van giới hạn áp suất VGHA② điều chỉnh áp suất cung cấp của bơm lưu trữ ③ trong chu trình tuần hoàn chính.



Hình 2: Mạch thủy lực kín với bơm cung cấp nhiên liệu

10.6.2 Chất lỏng thủy lực

Trong hệ thống điều khiển thủy lực việc chọn lựa chất lỏng thủy lực (lưu chất) tùy thuộc phần lớn vào chức năng hoạt động. Chọn đúng chất lỏng thì hệ thống sẽ ít bị lỗi, tuổi thọ và lợi ích kinh tế gia tăng.

Chất lỏng tạo áp suất trong hệ thống điều khiển thủy lực phải thỏa mãn nhiều nhiệm vụ và phải đáp ứng đầy đủ những yêu cầu sau đây:

- Truyền tải năng lượng áp suất từ bơm cho đến cơ cấu dẫn động (động cơ, xi lanh)
- Truyền tải tín hiệu điều khiển van
- Bôi trơn các cấu kiện thủy lực chuyển động (thí dụ pít tông, mặt trượt của thanh đẩy)
- Cân bằng độ sai lệch nhiệt độ trong hệ thống điều khiển thủy lực
- Bảo vệ các cấu kiện thủy lực chống sự ăn mòn
- Cuốn đi những chất bẩn (do sự cọ mòn), nước và không khí đến bộ lọc hay bồn chứa nhiên liệu
- Giảm thiểu va chạm áp suất phát sinh khi chuyển đổi quá trình
- Có khả năng loại bỏ không khí
- Không tạo ra tạo bọt

Chất lỏng thủy lực phải tuân theo những yêu cầu này về áp suất, nhiệt độ và tốc độ chảy khác nhau trong một thời gian dài nhất có thể.

Thông thường chất lỏng tạo áp suất dựa trên nền loại dầu khoáng được sử dụng mà ta gọi là dầu thủy lực. Bên cạnh dầu thủy lực này, trong môi trường có nguy cơ cháy cao (thí dụ hầm mỏ, máy đúc áp lực, máy rèn dập, đường cán dây chuyền), ta còn có **chất lỏng tạo áp suất khó bắt lửa**, thí dụ lò hơi thủy lực, khi rò rỉ hay đường ống dẫn bị vỡ, chất lỏng này không bắt lửa tại các bộ phận rất nóng của hệ thống.

Ngày càng nhiều **chất lỏng tạo áp suất có thể bị phân hủy sinh học, bảo vệ môi trường** được sử dụng (thí dụ những cụm thiết bị thủy lực di động trong nông nghiệp hay lâm nghiệp).

https://tieulun.hopto.org

Trong trường hợp bị rò rỉ ta không phải sợ làm ô nhiễm môi trường, vì chất lỏng thủy lực có thể bị phân hủy sinh học.

Theo tiêu chuẩn DIN 51524 phần1 đến 3 **dầu thủy lực** (**Bảng 1**) được phân chia thành 3 nhóm.

Dầu thủy lực nhóm (loại, hạng) **HL** là dầu khoáng với chất phụ gia để tăng cường bảo vệ chống lại sự ăn mòn và lão hóa. Dầu thủy lực nhóm **HLP** cũng là dầu khoáng như nhóm HL, nhưng ở đây còn thêm chất phụ gia để tăng cường bảo vệ sự hao mòn. Dầu ở nhóm **HV** so với dầu nhóm HLP có độ nhớt (độ nhờn) theo nhiệt độ tốt hơn nhờ chất phụ gia.

Trong **chất lỏng thủy lực khó bắt lửa** (**Bảng 2**) ta phân biệt chất lỏng thủy lực có nước, không có nước, và tổng hợp (có nghĩa là loại dầu nhân tạo, không phải là sản phẩm do thiên nhiên). Chất lỏng thủy lực khó bắt lửa được ghi chép trong trang VDMA 24317 và 24320. Chất lỏng nhóm **HFA** là nước trong dầu có hàm lượng nước từ 80% đến 98%, trong khi đó nhóm **HFB** nước trong dầu có hàm lượng nước 40%.

Hỗn hợp glycol–nước với lượng nước khoảng 35% đến 45% tạo ra nhóm **HFC**. Chất lỏng không chứa nước, tổng hợp dựa trên gốc (nền, cơ bản) este photphoric hay hydro carbon (CxHy) có chứa chlor, tạo thành **chất lỏng thủy lực nhóm HFD**.

Do ý thức bảo vệ môi trường tăng và nhiều chỉ tiêu được nhà nước đưa ra, các nhà chế tạo môi chất ngày càng chào hàng nhiều chất lỏng thủy lực có thể phân hủy sinh học (**Bảng 3**). Người ta phân biệt lưu chất làm ba nhóm.

Nhóm chất lỏng **HPG** không chứa nước và được tổng hợp nhân tạo từ polyglycol. Đặc tính của chúng cũng tương tự như đặc tính của dầu thủy lực. Chất lỏng HPG không thể trộn lẫn với dầu khoáng này.

Chất lỏng nhóm **HTG** được cấu tạo cơ bản từ dầu thực vật (thí dụ dầu bằng hạt cải). Loại dầu này có thể trộn lẫn với dầu thủy lực nhóm HL, HLP và HV, nhưng làm giảm khả năng phân hủy sinh học. Chất lỏng thủy lực này không hòa tan trong nước, nhân tạo, gốc este, thuộc nhóm HT. Chúng cũng được phân hủy sinh học tốt nhất. Chất lỏng thuộc nhóm HPG, HTG và HT được xếp vào loại **không gây độc hại cho nước** (trước đây chất không làm ô nhiễm nước được xếp vào nhóm 0).

Bảng 1: Dầu thủy lực

Ký hiệu	Lĩnh vực ứng dụng
HL	Hệ thống đòi hỏi chịu nhiệt độ cao hay có thể bị ăn mòn vì nước thâm nhập vào.
HLP	Như dầu HL, ngoài ra còn sử dụng cho hệ thống có ma sát hỗn hợp cao trong điều kiện thiết kế hay vận hành.
HV	Như dầu HLP, sử dụng cho môi trường có nhiệt độ xung quanh thay đổi nhanh và xuống thấp.

Bảng 2: Chất lỏng thủy lực khó bắt lửa

Ký hiệu	Mẫu thống nhất của VDMA[1] số	Kết hợp	Hàm lượng nước [%]
HFA	24 320	Nhũ tương dầu – nước	80 ... 98
HFB	24 317	Nhũ tương nướ c- dầu	40
HFC	24 317	Dung dịch chứa nước, thí dụ nước - glycol	35 ... 55
HFD	24 317	Chất lỏng không chứa nước, thí dụ este photphoric	0 ... 0,1

Bảng 3: Chất lỏng thủy lực có thể phân hủy sinh học

Ký hiệu	Đặc tính
HPG	Chế tạo nhân tạo (từ polyglycol) không chứa nước và phân hủy sinh học. Có đặc tính tương tự như chất lỏng thủy lực có thể trộn với dầu khoáng.
HTG	Chế tạo với gốc dầu thực vật (thí dụ dầu hạt cải), phân hủy sinh học tốt nhất, không hòa tan trong nước, trộn với dầu khoáng phạm vi sử dụng nhiệt độ bị giới hạn và tính bền vững chống lão hóa bị hạn chế nếu so sánh với dầu khoáng.
HT	Chế tạo nhân tạo (tổng hợp ester), phân hủy sinh học tốt nhất. Có đặc tính tương tự với chất lỏng thủy lực gốc dầu khoáng.

Dầu thủy lực bị lão hóa do tác động của sự thay đổi về hóa học, của nhiệt độ cao và tác dụng xúc tác (catalytic) với kim loại. Các chất bẩn do nước, rỉ sét, sự mài mòn, bụi... cũng làm tăng quá trình lão hóa.

Kiểm tra cho thấy rất nhiều hệ thống thủy lực bị hỏng vì sử dụng sai hay chất lượng của dầu thủy lực quá kém (thí dụ quá cũ). Vì lý do này ta phải chú ý theo lời khuyên của nhà chế tạo các cấu kiện hay hệ thống thủy lực để chọn lựa và bảo dưỡng đúng với dầu thủy lực đã quy định.

[1] VDMA= **V**erband **D**eutscher **M**aschinen und **A**nlagenbau = Hiệp hội chế tạo máy và thiết bị của Đức

https://tieulun.hopto.org

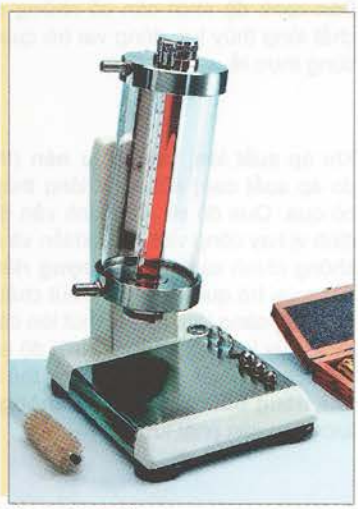
Độ nhớt (độ nhờn)

Đại lượng đặc trưng quan trọng nhất của chất lỏng thủy lực là độ nhớt động học v (kinematic vicosity). Đó là độ sệt hay khả năng lưu chuyển của chất lỏng. Độ nhớt được đo nhờ nhớt kế hình cầu (**Hình 1**). Ở đây "thời gian rơi xuống" được đo, là thời gian cần thiết để một quả cầu (viên bi) chuẩn nằm trong chất lỏng ở một độ cao nhất định lăn xuống (ống chứa viên bi để nghiêng). Thời gian đo được tỷ lệ với độ nhớt động lực (dynamic vicosity) η

$$[\eta] = Pa \cdot s = N \cdot s/m^2.$$

Từ đó suy ra độ nhớt động học (kinematic vicosity) v

$$\text{Độ nhớt động học} = \frac{\text{Độ nhớt động lực}}{\text{Tỷ trọng hay}} \quad \text{hay } v = \frac{\eta}{\varrho} \qquad [\nu] = m^2/s$$



Hình 1: Nhớt kế

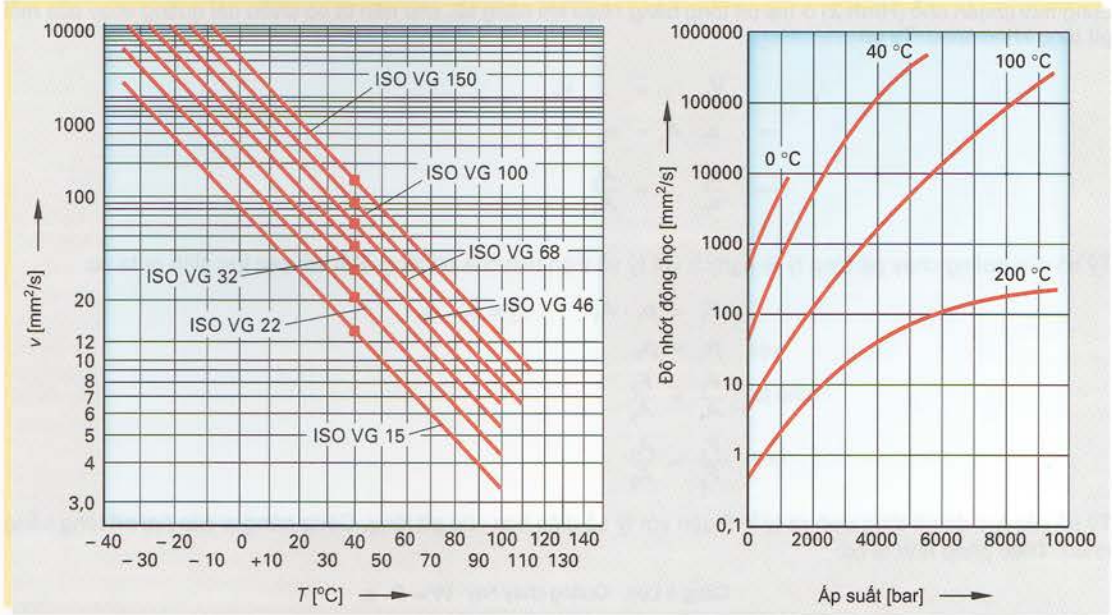
Độ nhớt động học cho biết sự ma sát bên trong mà chất lỏng khi chảy phải vượt qua. Chất lỏng thủy lực có độ nhớt động học càng cao thì có độ sệt càng cao. Độ nhớt động học theo DIN được phân chia thành 6 nhóm (**Bảng 1**).

Chất lỏng thủy lực có độ nhớt quá thấp (quá lỏng, quá loãng) gia tăng sự tiêu hao do rò rỉ và tạo ra màng bôi trơn quá mỏng làm tăng sự mài mòn. Chất lỏng thủy lực có độ nhớt cao (quá đặc) sẽ dẫn đến ma sát bên trong lớn ở vị trí tiết lưu (khớp nối và vòng đệm) làm giảm áp suất. Chúng cũng gây khó khăn trong việc tách bọt (bong bóng) không khí và do đó gây ra sự tạo bọt (hiện tượng khí xâm thực - xem Trang 469).

Độ nhớt của chất lỏng thủy lực tùy thuộc nhiều vào áp suất và nhiệt độ (**Hình 2**). Điều này cũng nên lưu ý khi ta ứng dụng trong thực tế.

Bảng 1: Cấp độ nhớt

Cấp độ nhớt theo ISO	Độ nhớt động học [mm²/s] ở 40 °C	
	tối đa	tối thiểu
ISO VG 10	9,0	11,0
ISO VG 22	19,8	24,2
ISO VG 32	28,8	35,2
ISO VG 46	41,4	50,6
ISO VG 68	61,2	74,8
ISO VG 100	90,0	110,0

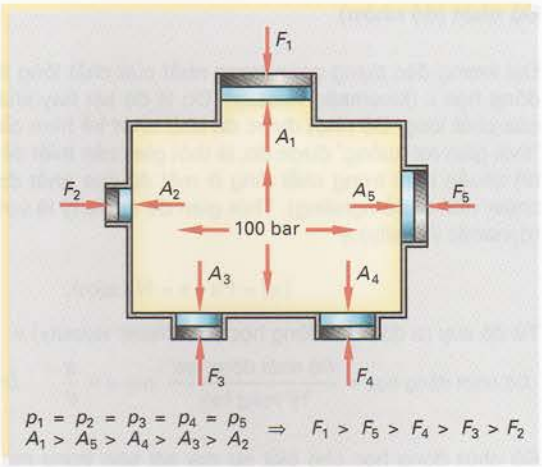


Hình 2: Độ nhớt tùy thuộc áp suất và nhiệt độ

https://tieulun.hopto.org

Bên cạnh độ nhớt còn có những đặc tính khác của chất lỏng thủy lực đóng vai trò quan trọng trong ứng dụng thực tế.

Khi áp suất lớn, **tính chịu nén** (thể tích bị thu nhỏ do áp suất cao) của chất lỏng thủy lực không được bỏ qua. Qua đó sẽ phát sinh vấn đề, thí dụ như việc định vị hay công việc điều khiển và điều chỉnh pít tông không chính xác. **Trọng lượng riêng** (*tỷ trọng*) cũng đóng vai trò quan trọng khi hút chất lỏng từ bồn chứa (tỷ trọng càng lớn, thì tầm hút lên càng nhỏ). Nếu chất lỏng thủy lực vận hành ở nhiệt độ cao, thì sự gia tăng thể tích do nhiệt độ tăng không thể bỏ qua. Cũng như **khả năng bôi trơn** và **tách không khí** của dầu thủy lực cũng cần phải lưu ý.



Hình 1: Định luật Pascal

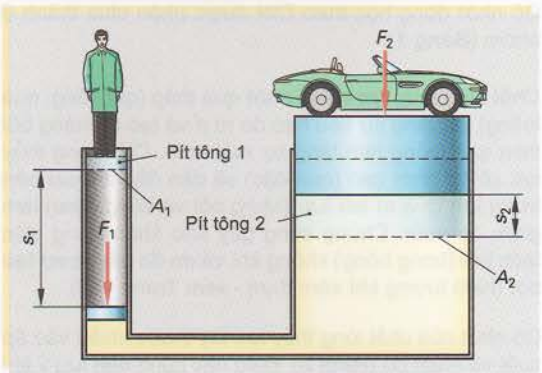
Cơ bản về vật lý

Áp suất tại mọi vị trí trong một hệ thống kín (**Hình 1**) đều bằng nhau (Định luật Pascal)

Theo phương trình:

$$\text{Áp suất} = \frac{\text{Lực}}{\text{Diện tích}} \quad \text{hoặc:} \quad p = \frac{F}{A} \qquad [p] = \text{N/m}^2$$

Do đó, với cùng một áp suất như nhau ở trong bình chứa, nhưng tác dụng trên những diện tích khác nhau có thể tạo những lực khác nhau (**Hình 1**).



Hình 2: Kích thủy lực

Theo nguyên tắc này lực nhỏ có thể làm tải lớn chuyển động thí dụ kích thủy lực (xe nâng thủy lực). Vì thể tích dung môi choán chỗ (**Hình 2**) ở hai pít tông bằng nhau khi nâng tải, cho nên ta có chiều dài quãng chạy của mỗi pít tông khác nhau. Ta có

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 \\ \Rightarrow \quad s_1 \cdot A_1 &= s_2 \cdot A_2 \\ \Rightarrow \quad \frac{s_1}{s_2} &= \frac{A_2}{A_1} \end{aligned}$$

Tỷ số của quãng chạy pít tông tỷ lệ nghịch với tỷ số diện tích của pít tông. Đối với các lực sinh ra ta có:

$$F_1 = p_1 \cdot A_1 \qquad F_2 = p_2 \cdot A_2$$

với $p_1 = p_2$

cho ta $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

hay $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$

Tỷ số của lực do pít tông sinh ra tỷ lệ thuận với tỷ số diện tích của pít tông. Công năng w của hai pít tông bằng nhau. Theo phép tính ta có:

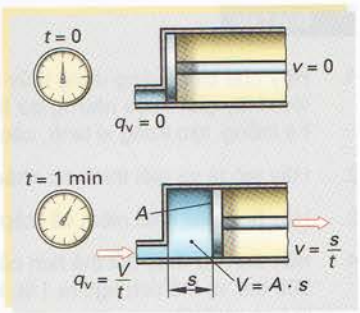
$$\text{Công} = \text{Lực} \cdot \text{Quãng chạy hay } W = F \cdot s.$$

$$[W] = 1\ \text{Nm} = 1\ \text{J}$$

https://tieulun.hopto.org

Một đại lượng đặc trưng tiếp theo trong hệ thống thủy lực là lưu lượng (tính theo thể tích) q_v. Lưu lượng là thể tích của chất lỏng chảy trong một đơn vị thời gian (**Hình 1**)

$$q_v = \frac{V}{t} \qquad [q_v] = m^3/s$$



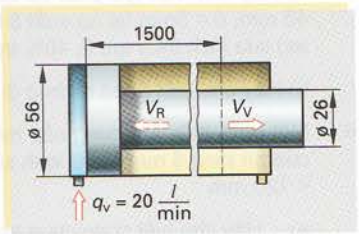
Hình 1: Lưu lượng theo thể tích

Do đó có thể tính được tốc độ của pít tông suy ra từ lưu lượng (**Hình 2**)

Thể tích pít tông: $V = A \cdot s$

do đó ta có: $q_v = \frac{A \cdot s}{t} = A \cdot \frac{s}{t}$

hoặc: $q_v = A \cdot v$



Hình 2: Tốc độ của pít tông

Thí dụ: Một xi lanh thủy lực (**Hình 2**) được cung cấp chất lỏng bởi một bơm thủy lực. Bơm này có lưu lượng q_v= 20 lit/phút. Hãy tính:

a) Tốc độ đi tới và đi trở về

b) Thời gian đi tới và đi trở về

Lời giải:

$$A_{aus} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{56^2\ mm^2 \cdot \pi}{4} = 2463\ mm^2 = 0{,}246\ dm^2$$

$$q_v = A_{aus} \cdot v_{aus} \Rightarrow v_{aus} = \frac{q_v}{A_{aus}} = \frac{20 \frac{dm^3}{min}}{0{,}246\ dm^2} \Rightarrow v_{aus} = 81{,}3 \frac{dm}{min} = 8{,}13 \frac{m}{min}$$

$$A_{ein} = \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} = \frac{(56^2 - 26^2) \cdot \pi}{4}\ mm^2 = 1932{,}1\ mm^2 \Rightarrow v_{ein} = 103{,}5 \frac{dm}{min} = 10{,}4 \frac{m}{min}$$

$$v_{aus,ein} = \frac{s_{Hub}}{t_{aus,ein}} \Rightarrow t_{aus,ein} = \frac{s_{Hub}}{v_{aus,ein}} \quad \Rightarrow t_{aus} = \frac{1{,}5\ m}{8{,}13 \frac{m}{min}} \Rightarrow t_{aus} = 0{,}185\ min = 11{,}1\ s$$

$$\Rightarrow t_{ein} = \frac{1{,}5\ m}{10{,}4 \frac{m}{min}} \Rightarrow t_{ein} = 0{,}144\ min = 8{,}7\ s$$

Thí dụ: Hãy tính lưu lượng phải hiệu chỉnh của bơm để xi lanh có d = 100 mm chạy ra với tốc độ 10 m/phút?

Lời giải:

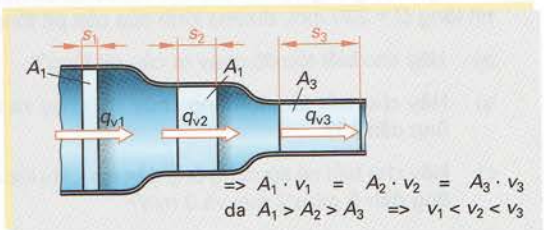
$$A_{aus} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{100^2 \cdot mm^2 \cdot \pi}{4} = 7857\ mm^2 = 0{,}785\ dm^2$$

$$q_v = A \cdot v = 0{,}785\ dm^2 \cdot 100 \frac{dm}{min} = 78{,}5 \frac{dm^3}{min} \Rightarrow q_v = 78{,}5 \frac{l}{min}$$

Khi chất lỏng thủy lực đi qua nhiều tiết diện khác nhau, ta có một **phương trình liên tục** (**Hình 3**)

> Khi chất lỏng chảy trong ống dẫn có nhiều đường kính khác nhau, thì lưu lượng của chất lỏng bằng nhau tại mỗi tiết diện. Cho nên tốc độ dòng chảy (lưu tốc) sẽ khác nhau.

Cũng cần phải đặc biệt chú ý là tốc độ dòng chảy có thể rất khác biệt nhau trong xi lanh (có tiết diện lớn) và trong đường ống dẫn vào (có tiết diện nhỏ hơn). Cho nên phải xác định kích thước của ống dẫn vào để tốc độ dòng chảy trong tiết diện nhỏ không được vượt quá giới hạn tối đa cho phép.



Hình 3: Phương trình liên tục

https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

1. Hãy cho biết 4 ứng dụng thủy lực khác nhau trong cơ xưởng của bạn và mô tả chi tiết cho bạn học cùng lớp. Hãy giới thiệu những dữ liệu kỹ thuật trong công ty của bạn cho những ứng dụng này, thí dụ áp suất hệ thống, lực trong xi lanh, các loại bơm.
2. Hãy mô tả và giải thích sự khác biệt giữa mạch tuần hoàn thủy lực kín và hở?
3. Hãy tìm hiểu khái niệm về "cấp độ gây độc hại cho nước" và "có thể phân hủy sinh học"?
4. Hãy tính sự thay đổi thể tích của chất lỏng thủy lực ($E = 1{,}4 \cdot 10^4$ bar) ở áp suất sai biệt 300 bar và thể tích ngõ ra 1 lit. Hãy cho biết sai số về hành trình ở xi lanh với $d_i = 80$ mm là bao nhiêu? $\Delta V = V_0 \cdot \frac{1}{E} \cdot \Delta p$
5. a) Hãy cho biết lực phải có để nâng một chiếc xe lên, khi phải thay bánh xe tại một kích thủy lực (D = 40 mm, d = 5mm tại áp suất 8 bar), xe có khối lượng 1800 kg và khối lượng ở vị trí gờ trục (phía không có xe) của kích thủy lực là 40% trọng lượng tổng cộng của xe?

   b) Hãy cho biết đoạn đường di chuyển phải bơm là bao nhiêu để tải (xe) được nâng lên 15 cm?
6. Một bơm thủy lực cung cấp một lưu lượng theo thể tích q_v = 30 ...40 l/min. Ứng dụng này đòi hỏi tốc độ của pít tông 5 m/min. Xi lanh sử dụng có đường kính bên trong d_1 = 80 mm, d_2 = 90 mm v.v... cho đến d_5 = 120 mm

   a) Hãy cho biết lý do chọn lựa xi lanh?

   b) Phải hiệu chỉnh lưu lượng như thế nào?

   c) Hãy kiểm tra còn có khả năng những xi lanh nào khác, để đạt được chỉ tiêu thiết kế trên?
7. Hãy cho biết lưu lượng phải hiệu chỉnh trong một bơm thủy lực, để cho xi lanh thủy lực có đường kính bên trong 80 mm đạt được tốc độ 105 m/min khi chạy ra?
8. Một xi lanh với D = 70 mm (đường kính của cần pít tông d = 20 mm) được bơm cung cấp nhiên liệu có lưu lượng q_v = 20 l/min. Hãy tính khi quãng chạy của pít tông 400 mm:

   a) Tốc độ khi chạy ra b) Tốc độ khi chạy về

   c) Thời gian khi chạy ra d) Thời gian khi về
9. Một hệ thống thủy lực phác họa trong **Hình 1** được cấu tạo từ hai bơm. Khi xi lanh chuyển động nhanh cần hai bơm và chuyển động dẫn tiến chỉ cần bơm 1 ($q_{v,bơm1}$ = 7 lit/phút, $q_{v,bơm2}$ = 22 lit/phút). Hãy tính

   a) Tốc độ khi chạy nhanh (không tải)

   b) Tốc độ khi dẫn tiến tới (có tải)

   c) Tốc độ chạy trở về khi vận hành cả hai bơm và tốc độ chạy trở về khi chỉ vận hành bơm 2

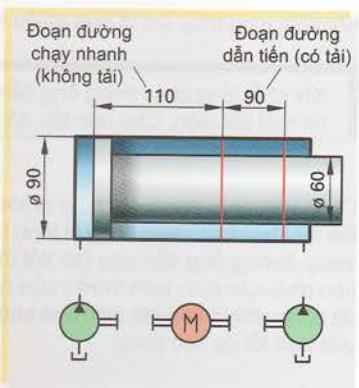
   d) Thời gian tổng cộng khi chạy tới và trở về cho mỗi lần với tốc độ chạy trở về ở câu hỏi c).

   e) Hãy cho biết thời gian tiết kiệm tính theo % hay theo giờ trong một năm với 1000 chu kỳ (lần sử dụng) trong một tuần lễ?
10. Trong một hệ thống thủy lực có bơm (q_v = 300 lít/phút), ống dẫn có đường kính bên trong d = 50 mm bị hư. Trong kho chứa chỉ còn có những đường ống với d = 25, 35, 40, 60 và 80 mm (đường kính của pít tông D = 200 mm, đường kính của cần pít tông d = 100 mm)

    a) Hãy cho biết tốc độ chạy ra của pít tông?

    b) Hãy cho biết tốc độ dòng chảy khi chạy ra và chạy vào trong ống dẫn cũ?

    c) Hãy cho biết sẽ sử dụng ống dẫn nào, khi tốc độ lưu thông trong ống dẫn ở giữa 2 m/s và 3 m/s?



Hình 1: Hệ thống thủy lực

https://tieulun.hopto.org

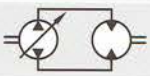
10.6.3 Bơm thủy lực và động cơ thủy lực

Bơm thủy lực và động cơ thủy lực là những thành phần kết cấu thủy lực biến đổi cơ năng thành thủy lực (hay ngược lại). Người ta phân biệt tùy theo:

- Số chiều quay (một hay hai chiều)
- Dung tích choán chỗ (cố định hay có thể hiệu chỉnh được)
- Các loại cấu tạo (bơm bánh răng, bơm cánh quạt, bơm pít tông hướng tâm v.v..)
- Tốc độ quay (rotor chạy nhanh từ 1000 min^{-1} đến 4000 min^{-1}, rotor chạy chậm từ 50 min^{-1} đến 500 min^{-1})

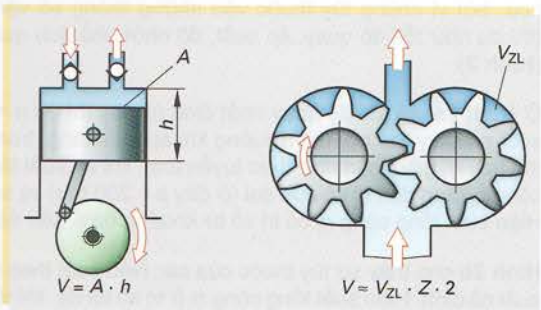
Có nhiều bơm có thể vận hành như động cơ mà không cần thay đổi về kết cấu. Không những bơm mà động cơ cũng thay đổi dễ dàng để cho hiệu suất của chúng tốt hơn, tuy nhiên điều này xảy ra rất ít trong thực tế. Sự mô tả bơm và động cơ trong sơ đồ chuyển mạch được tiêu chuẩn hóa (**Bảng 1**).

Bảng 1: Biểu tượng cho bơm và động cơ thủy lực

Tên gọi		Biểu tượng
Bơm thủy lực có thể tích choán chỗ không đổi	Dòng chảy một chiều	
	Dòng chảy hai chiều	
Bơm thủy lực có thể tích choán chỗ thay đổi	Dòng chảy một chiều	
	Dòng chảy hai chiều	
Động cơ thủy lực có thể tích choán chỗ không đổi	Dòng chảy một chiều	
	Dòng chảy hai chiều	
Động cơ thủy lực có thể tích choán chỗ thay đổi	Dòng chảy một chiều	
	Dòng chảy hai chiều	
Hệ thống dẫn động thủy tĩnh	Có thể đảo ngược	

Những đại lượng đặc trưng

Dung lượng **chuyển đến** hay **nạp** hay **choán chỗ** V (**Hình 1**) cho biết thể tích vận chuyển ở mỗi vòng quay. Trị số thể tích này có thể thay đổi ở động cơ hay ở bơm hiệu chỉnh được.



Hình 1: Thể tích chuyển tải

Nếu bơm phải hút chất lỏng thủy lực ở phần trên bồn chứa, thì phía hút cần phải có áp suất thấp (tương đối so với áp suất khí quyển). Áp suất thấp này tùy thuộc vào chiều cao cần hút và trọng lượng riêng của dầu. Trị số thông dụng ở trong phạm vi từ 0,7 bar đến 0,8 bar tuyệt đối.

Khi áp suất thấp này xuống quá giới hạn sẽ phát sinh **khí xâm thực (hiện tượng tạo bọt)** với tiếng ồn phát ra, bơm chạy không êm, và cuối cùng làm bơm hư hỏng.

Quá trình tạo bọt như sau: do áp suất thấp tương đối lớn ở phía hút, gas (khí) kết nối trong dầu bị tan thành những bọt nhỏ (bong bóng) (như khi ta mở chai sô đa – nước khoáng). Những bọt này có thể tích lớn hơn rất nhiều so với khi chúng ở thể lỏng và làm xấu đi đặc tính lưu thông (của dòng chảy). Cho nên nó làm giảm dòng chuyển dịch và qua đó giảm hiệu suất. Tiếp đến, những bọt hơi này vỡ ra một cách đột ngột do nổ đẩy vào trong (Implosion[1]) khiến áp suất tăng ở phía nén, việc này hình thành vùng với áp suất đỉnh rất cao. Những tác dụng này xâm nhập vào vật liệu máy bơm, làm sẹo, gây ra nứt rạn – cuối cùng là đục khoét thành xốp (**Hình 2**). Vấn đề tạo bọt không những chỉ xảy ra ở bơm. Tác động của nó còn thấy được ở các đinh vít trên tàu thủy, các cánh quạt máy bay hay ở các chỗ cong nối ống dẫn.

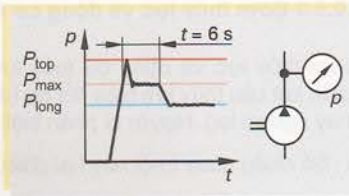
Hình 2: Hư hỏng do khí xâm thực (sự tạo bọt)

[1] Implosion = sự nổ đẩy vào trong (do áp suất ở ngoài lớn hơn ở trong)

https://tieulun.hopto.org

Một đại lượng đặc trưng quan trọng tiếp theo là **áp suất vận hành** được thiết kế cho bơm và động cơ. Có ba loại áp suất được phân biệt như sau (**Hình 1**)

- **Áp suất đỉnh** p_{top} chỉ được phép xuất hiện ngắn hạn, thí dụ trước khi van giới hạn áp suất đáp ứng.
- **Áp suất tối đa** p_{max} không được vượt quá áp suất này hay chỉ tác dụng trong một thời gian tối đa cho phép.
- **Áp suất ổn định (dài hạn)** p_{long} đây là áp suất danh nghĩa hay phạm vi áp suất danh nghĩa cho bơm hay động cơ được quy định do nhà chế tạo.



Hình 1: Áp suất vận hành

Vì ở bơm cũng như ở động cơ, năng lượng được biến đổi nên sinh ra sự tiêu hao. Sự tiêu hao này được mô tả qua **hiệu suất**.

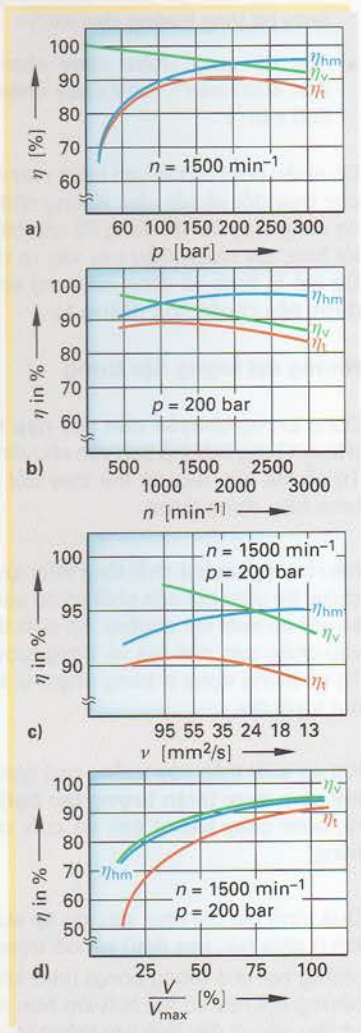
Trong tài liệu của nhà chế tạo tìm thấy ba loại hiệu suất:

- **Hiệu suất thể tích** η_v là đại lượng đặc trưng cho sự tiêu hao vì rò rỉ bên trong và bên ngoài
- **Hiệu suất cơ-thủy lực** η_{hm} cho biết sự tiêu hao do ma sát
- **Hiệu suất tổng cộng** η_t kết hợp hai hiệu suất ở trên

Hiệu suất tổng cộng như sau:

$$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_{hm}$$

Các nhà chế tạo thường trình bày những trị số của hiệu suất bằng đồ họa, bởi vì chúng tùy thuộc vào những thông số vận hành khác nhau (thí dụ như tốc độ quay, áp suất, độ nhớt, thể tích quãng chạy pít tông) (**Hình 2**).



Hình 2: Sự phụ thuộc của hiệu suất

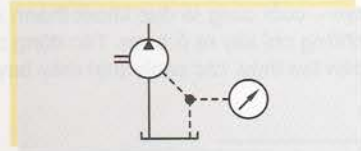
Ở **Hình 2a** với tốc độ quay nhất định (ở đây thí dụ n = 1500 min^{-1}), hiệu suất cơ-thủy lực η_{hm} giảm xuống khi áp suất tăng, trong khi đó hiệu suất thể tích η_v giảm gần như theo tuyến tính, khi áp suất tăng. Hiệu suất tổng cộng η_t tăng đến trị số cực đại (ở đây p = 200 bar) và sau đó giảm xuống. Hiệu suất tổng cộng η_t có trị số từ khoảng 65% đến 90%.

Hình 2b cho thấy sự tùy thuộc của các hiệu suất theo tốc độ quay với áp suất cố định. Hiệu suất tổng cộng η_t ở trị số tối đa, khi tốc độ quay khoảng 1000 min^{-1}, trước hay sau đó hiệu suất này giảm xuống.

Hình 2c cho thấy sự tùy thuộc của các hiệu suất theo độ nhớt thủy lực ở áp suất và tốc độ quay không thay đổi. Ở đây, hiệu suất tổng cộng η_t có trị số tối đa ở độ nhớt khoảng 55 mm^2/s và nhỏ hơn khi ở trước hay sau. Dao động nằm trong phạm vi từ 88 % đến 90 %, hiệu suất của dao động xem như không đáng kể.

Hình 2d cho thấy hiệu suất của bơm có thể tích hiệu chỉnh được tùy thuộc vào sự gia tăng thể tích ở áp suất và tốc độ quay không thay đổi. Tất cả các hiệu suất tăng lên theo chiều hướng giảm dần cho đến khi thể tích chuyển tải đạt trị số tối đa 100%.

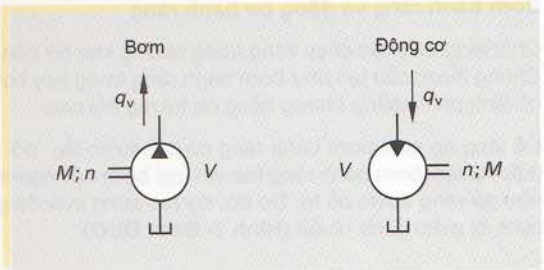
Một số bơm và động cơ có những cổng (đầu nối) ống, để dẫn dầu bị rò rỉ ra khỏi vỏ máy. Dầu bị rò rỉ này phải chảy về bồn chứa mà không chịu áp suất nào (gần bằng áp suất không khí), để trong bơm không sinh ra thêm một tiêu hao nào do "áp suất ngược". Nhiều nhà chế tạo quy định áp suất trở về lớn nhất khoảng 2 bar áp suất tuyệt đối, tức là 1 bar áp suất dư (**Hình 3**).


Hình 3: Áp suất hồi hạn

https://tieuluan.hopto.org

Sau đây là những đại lượng đặc trưng còn lại cho việc thiết kế bơm và động cơ thủy lực

- **Lưu lượng** theo thể tích q_v
- **Tốc độ quay** n
- **Mô men quay** M
- **Áp suất dư** p_e (áp suất trên -áp suất khí quyển)
- **Công suất** P (**Hình 1**)



Hình 1: Các đại lượng đặc trưng

Trong công thức để tính các đại lượng đặc trưng ta phải chú ý đến mỗi hiệu suất (bơm hay động cơ) được xử lý tương ứng. Hiệu suất được tính theo công thức tương ứng cho bơm hay động cơ phải theo định nghĩa chung về hiệu suất như sau:

$$\eta = \frac{\textit{năng lượng hay công suất phát ra}}{\textit{năng lượng hay công suất thu vào}}$$

Kết quả là công thức (**Hình 2**) phải được phân biệt để tính cho bơm hay cho động cơ thủy lực. Thí dụ khi sử dụng công thức về công suất $P = p \cdot q_v$ cho bơm, ta sẽ có những liên quan như sau:

Công suất dẫn động đi vào là P, công suất phát động đi ra là $p \cdot q_v$ sẽ có hiệu suất như sau:

$$\eta_t = \frac{p_e \cdot q_v}{P} \Rightarrow$$ từ đó có phương trình liên hệ cho bơm $$P = \frac{p_e \cdot q_v}{\eta_t}$$

Cho động cơ công suất dẫn động đi vào là $p \cdot q_v$ và công suất phát động đi ra là P. Cho nên

$$\eta_t = \frac{P}{p_e \cdot q_v} \Rightarrow$$ từ đó có phương trình liên quan cho động cơ $$P = p_e \cdot q_v \cdot \eta_t$$

Hầu hết các danh mục (catalog) của nhà chế tạo đều có ghi các công thức để tính các đại lượng đặc trưng ở trên. Khi sử dụng ta cũng cần phải biết đó là phương trình đại lượng không ghi đơn vị (hệ đơn vị quốc tế SI[1)]) hay phương trình trị số có ghi đơn vị (giải thích trong **Hình 2**).

Bơm	Động cơ
$q_v = n \cdot V \cdot \eta_v$	$q_v = \frac{n \cdot V}{\eta_v}$
hay là: $q_v = n \cdot V \cdot \eta_v \cdot 10^{-5}$	hay là: $q_v = \frac{n \cdot V}{\eta_v} \cdot 10^{-1}$
$p_e = \frac{M}{V} \cdot \eta_{hm}$	$p_e = \frac{M}{V \cdot \eta_{hm}}$
hay là: $p_e = \frac{M \cdot \eta_{hm}}{V \cdot 1{,}95}$	hay là: $p_e = \frac{M \cdot 10^4}{V \cdot \eta_{hm} \cdot 1{,}59}$
$P = \frac{p_e \cdot q_v}{6 \cdot \eta_t}$	$P = \frac{p_e \cdot q_v \cdot \eta_t}{6}$
hay là: $P = \frac{p_e \cdot q_v}{6 \cdot \eta_t}$	hay là: $P = \frac{p_e \cdot q_v \cdot \eta_t}{6} \cdot 10^{-4}$
Phương trình đại lượng không ghi đơn vị có nghĩa là các đơn vị do người sử dụng định nghĩa, thí dụ đơn vị SI[1)]	Phương trình trị số có ghi đơn vị có nghĩa là các đơn vị được ghi sẵn: $[p]$= bar; $[n]$= 1/min; $[\eta]$= %, $[V]$= cm^3/U; $[q_v]$= l/min; $[P]$ = kW; $[M]$= Nm

Những tính chất quan trọng tiếp theo của bơm và động cơ thủy lực là:

- Chạy êm (đều đặn)
- Kích cỡ cấu tạo
- Tuổi thọ
- Độ bền ma sát: tính chất chống lại ma sát khi phải chạy trong trường hợp khẩn cấp.

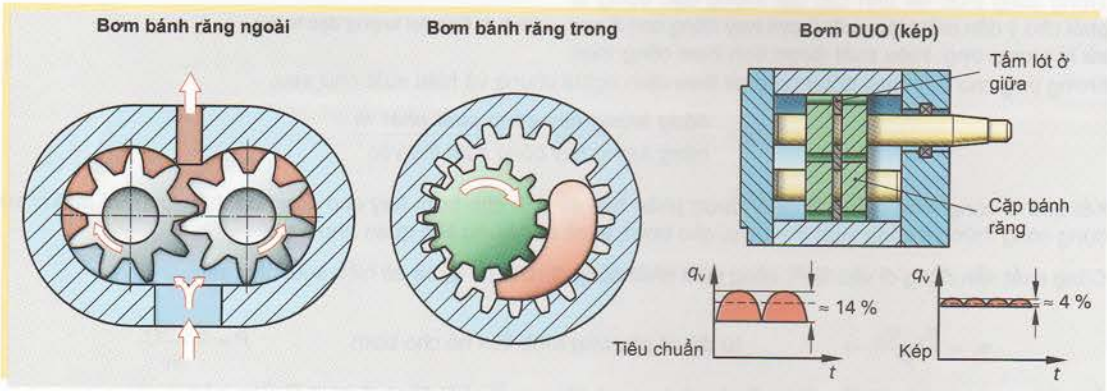
[1)] SI (viết tắt từ chữ System International d´Unités = Hệ thống đơn vị quốc tế)

https://tieulun.hopto.org

Bơm bánh răng và động cơ bánh răng

Chất lỏng thủy lực chạy vòng trong những khe hở của bánh răng và được di chuyển từ cổng hút đến cổng nén. Chúng được cấu tạo như bơm bánh răng trong hay bơm bánh răng ngoài (**Hình 1**). Giá bán loại bơm có vận tốc cố định phải chăng nhưng tiếng ồn tương đối cao.

Để tăng áp suất bơm bánh răng có thể được lắp "nối tiếp" nhau, thí dụ có thể nối liên tiếp ba bơm. Bơm DUO (kép) là loại bơm bánh răng mà với loại bơm này người ta dùng hai cặp bánh răng, trên mỗi cặp bánh răng phân nửa số răng được bố trí. Do đó, sự tạo xung của dòng chảy di chuyển bị giảm đi và nhờ đó tiếng ồn của bơm cũng bị giảm đi rất nhiều (**Hình 1- Bơm DUO**).

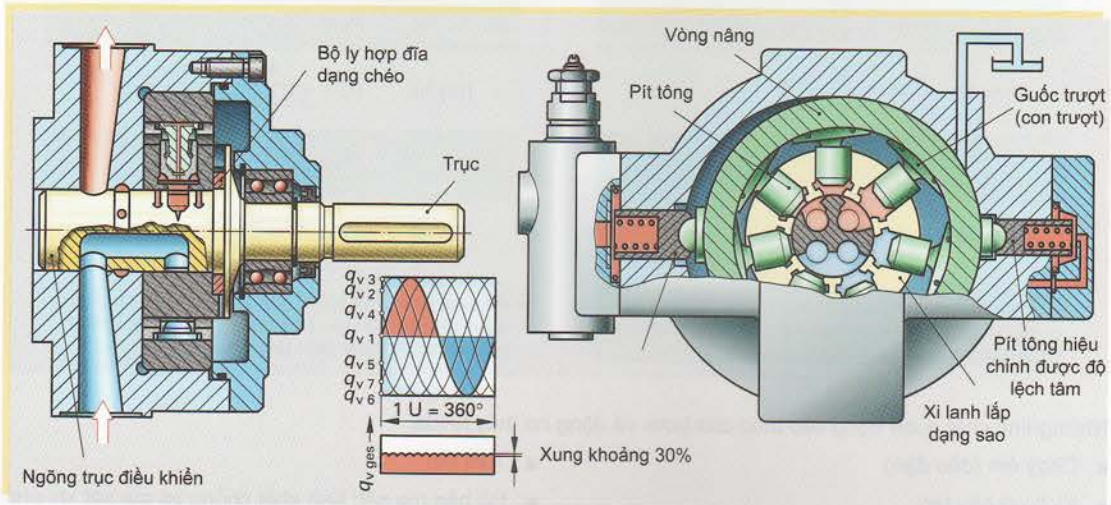


Hình 1: Bơm bánh răng

Bơm pít tông hướng tâm (hướng kính)

Chuyển động quay của trục dẫn động được truyền tải lên xi lanh lắp dạng hình sao qua bộ ly hợp. Chuyển động này làm quay trục (gốc trục – cam quay) gắn chặt với vỏ máy. Những pít tông được sắp xếp hướng tâm gắn chặt với guốc trượt di chuyển và chúng có thể tự chuyển động trên vòng nâng tạo ra chuyển động của pít tông gắn (cố định trên thân bơm). Khi xi lanh lắp dạng hình sao quay, pít tông thực hiện sự chuyển động lên xuống, tại đó chiều dài quãng chạy của pít tông tùy thuộc vào độ lệch tâm giữa xi lanh hình sao và vòng trượt. Nhờ hai pít tông hiệu chỉnh gắn đối diện nhau, nên sự lệch tâm có thể hiệu chỉnh được.

Bởi thế bơm pít tông hướng tâm là bơm có thể hiệu chỉnh được. So sánh với bơm cố định bơm hiệu chỉnh được có ưu điểm là lưu lượng và áp suất có thể thay đổi thích ứng với nhu cầu tiêu thụ. Thêm vào đó những nhà chế tạo cung ứng với nhiều thiết bị điều khiển và điều chỉnh khác nhau cho bơm pít tông hướng tâm theo từng lĩnh vực sử dụng (**Hình 2**).



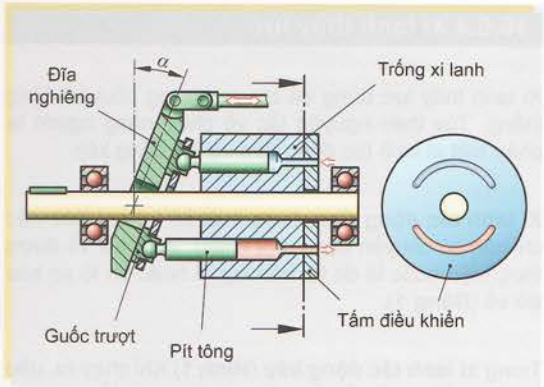
Hình 2: Bơm pít tông hướng tâm

https://tieulun.hopto.org

Bơm pít tông và động cơ hướng trục

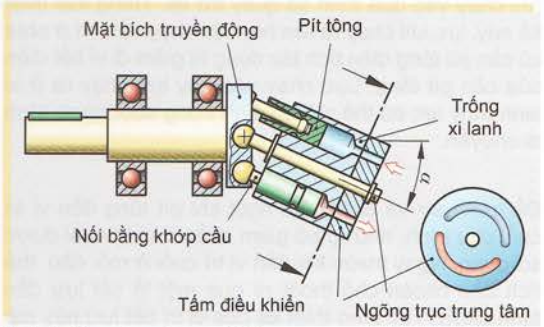
Theo nguyên tắc pít tông tạo áp suất được bố trí (gắn) song song với trục quay của trống xi lanh (block zylinder). Tại đó chuyển động quay dẫn động được biến đổi thành quãng chạy của pít tông. Người ta phân biệt 3 nguyên tắc thiết kế, mỗi thiết kế này đều thích hợp cho vận hành cả bơm và động cơ.

Ở **bơm dạng đĩa nghiêng** (**Hình 1**) trục dẫn động làm quay trống xi lanh. Pít tông chuyển động được gắn vào một đĩa nghiêng qua guốc trượt hay ổ đỡ chặn hướng trục. Hành trình (quãng chạy) của pít tông hay dòng chuyển tải thủy lực có thể được hiệu chỉnh do bộ hiệu chỉnh góc của đĩa nghiêng. Góc càng lớn thì hành trình của pít tông càng dài và qua đó lưu lượng càng lớn. Một tấm điều khiển gắn cố định dùng để phân bố dòng chảy của pít tông đi ra ở cổng (đầu) nén hay đi vào ở cổng (đầu) hút.



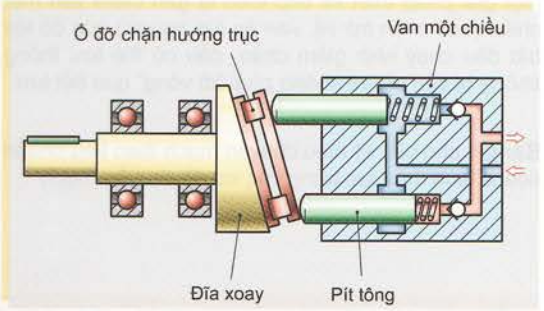
Hình 1: Bơm dạng đĩa nghiêng

Ở **bơm dạng trục nghiêng** (**Hình 2**) trống của xi lanh được nối với trục dẫn động qua khớp nối bi hình cầu hay khớp nối các đăng. Trống xi lanh bị xoay do trục của trục dẫn động, làm phát sinh chuyển động của pít tông khi trục quay. Lưu lượng chuyển tải thay đổi tùy theo góc nghiêng. Góc nghiêng càng lớn thì hành trình (quãng chạy) pít tông càng lớn và do đó lưu lượng cũng càng lớn. Sự sắp xếp của pít tông cho phía nén và phía hút được thực hiện bởi một tấm điều khiển gắn cố định.



Hình 2: Bơm dạng trục nghiêng

Ở **bơm đĩa xoay** (**Hình 3**) trục dẫn động truyền lực cho đĩa xoay, đĩa này lại tác động những pít tông ở trong trống xi lanh cố định qua ổ đỡ chặn hướng trục. Với nguyên tắc này thì việc sử dụng tấm điều khiển không cần thiết, vì trống xi lanh không quay. Góc của đĩa xoay không thể hiệu chỉnh, nên loại bơm đĩa xoay vòng này là một bơm có lưu lượng cố định.

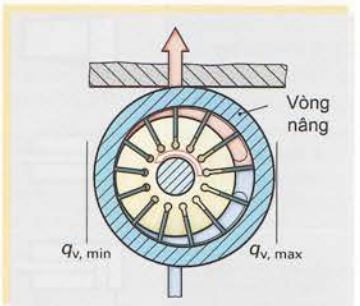


Hình 3: Bơm đĩa xoay

Bơm cánh gạt

Một rotor bị dẫn động được thiết kế với những rãnh sắp xếp hướng tâm ở chu vi của rotor, trong đó những cánh gạt những khe rãnh được dẫn hướng. Rotor quay lệch tâm trong vòng trượt. Do lực ly tâm khi quay và do sức ép thủy lực, những cánh gạt này bị nén hướng ra phía ngoài ấn vào vòng nâng. Độ lệch tâm – và qua đó lưu lượng của bơm chuyển tải – có thể hiệu chỉnh được. Việc tách rời phía nén và phía hút được thực hiện qua những khe rãnh trên mặt đầu của tấm điều khiển.

Tóm lại ta thấy thực tế tất cả những bơm thủy lực cũng như động cơ thủy lực khi vận hành đều dựa trên nguyên tắc choán chỗ. Hầu như ngoài cụm thiết bị thủy lực không có một nhóm nào khác được chế tạo với nhiều loại thiết kế như bơm và động cơ thủy lực. Mỗi nguyên tắc về thiết kế đều có ưu và nhược điểm.



Hình 4: Bơm cánh gạt

https://tieulun.hopto.org

10.6.4 Xi lanh thủy lực

Xi lanh thủy lực dùng để tạo ra những chuyển động thẳng. Tùy theo nguyên tắc về chức năng người ta phân biệt xi lanh tác động đơn và tác động kép.

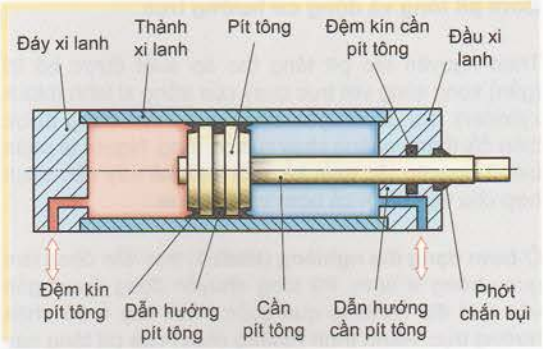
Xi lanh tác động đơn được thiết kế tại nơi làm việc chỉ cần có chuyển động một chiều. Vị trí trở về được thực hiện hoặc là do tải bên ngoài hoặc do lò xo kéo trở về (**Bảng 1**).

Trong **xi lanh tác động kép** (**Hình 1**) Khi chạy ra, dầu có áp suất di chuyển vào đáy pít tông và đẩy pít tông chạy ra. Dầu không còn áp suất ở phía có cần pít tông (bên phải) sẽ di chuyển trở về bình chứa nhiên liệu. Khi chạy vào quá trình sẽ quay trở lại. Trong loại thiết kế này, lực khi chạy ra lớn hơn khi chạy vào, vì ở phía có cần pít tông diện tích tác dụng bị giảm đi vì tiết diện của cần pít tông. Lực chạy vào hay lực chạy ra ở xi lanh thủy lực có thể giữ cố định trong suốt hành trình di chuyển.

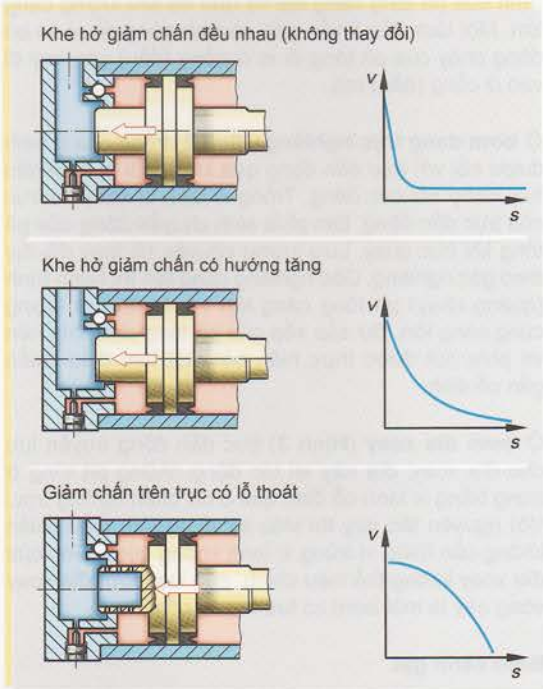
Để tránh sự va chạm đột ngột khi pít tông đến vị trí cuối chu trình, những bộ giảm chấn ở vị trí cuối được sử dụng. Ngay trước khi đến vị trí cuối ở mỗi đầu, thể tích dầu choán chỗ thoát ra qua một lỗ tiết lưu đến bình chứa. Tùy theo thiết kế của vị trí tiết lưu này mà ta có những tính năng giảm chấn khác nhau (**Hình 2**).

Một giải pháp thiết kế tiếp theo là gắn thêm van một chiều (*van chặn trở về, van áp lực ngược*) qua đó khi bắt đầu chạy nhờ giảm chấn, dầu có thể lưu thông không bị cản trở và không phải "đi vòng" qua tiết lưu.

Bảng 1 cho biết ký hiệu chuyển mạch theo tiêu chuẩn của xi lanh thủy lực trong các sơ đồ chuyển mạch

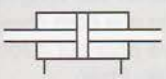
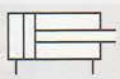
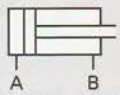
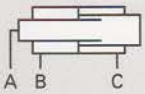


Hình 1: Xi lanh tác động kép



Hình 2: Giảm chấn ở vị trí cuối

Bảng 1: Ký hiệu chuyển mạch của xi lanh thủy lực

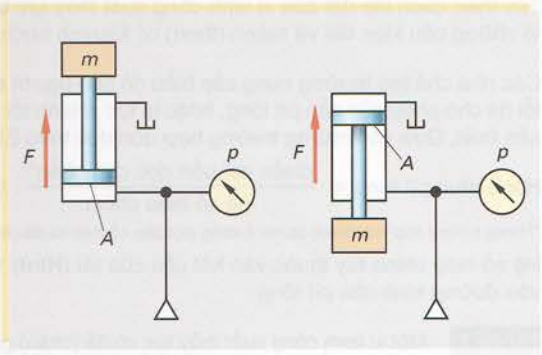
Tên gọi	Biểu tượng	Đặc tính	Tên gọi	Biểu tượng	Đặc tính
Xi lanh đẩy (trụ trơn)		Lực tác dụng chỉ theo một chiều Pít tông và cần có đường kính bằng nhau Thí dụ: xi lanh phanh bánh xe	Xi lanh chạy với vận tốc bằng nhau có cần pít tông ở hai phía		Có cùng diện tích ở cả hai chiều tác dụng Thí dụ: xi lanh tay lái (vô lăng)
Xi lanh tác động đơn có cần pít tông ở một phía		Lực tác dụng chỉ theo một chiều Vị trí trở về do ngoại lực	Xi lanh dạng kính viễn vọng		Dạng cấu tạo ngắn cho quãng chạy của pít tông dài. Thí dụ: xe tải có thể nghiêng hay nâng thùng chở vật liệu
Xi lanh tác động kép có cần pít tông ở một phía		Lực tác dụng hai chiều Diện tích không bằng nhau Dạng thông dụng nhất	Xi lanh đặc biệt		Nhiều bề mặt tác dụng cho chạy nhanh (không tải), chạy vận hành (có tải). Thí dụ: máy ép

https://tieulun.hopto.org

Phép tính kích thước xi lanh

Lực F_{zyl} do xi lanh thủy lực cung cấp tối thiểu phải bằng tổng số lực yêu cầu ở bên ngoài. Khi nâng một khối lượng những lực phải chú ý là: tải ngoài (trọng lực F_g); lực ma sát F_R, phát sinh do sự chuyển động của tải ngoài và lực quán tính F_a, phát sinh do gia tốc tải ngoài (Chú ý: nếu gia tốc - có nghĩa là sự thay đổi vận tốc trên đơn vị thời gian – nhỏ thì lực quán tính có thể bỏ qua). Do đó ta có:

$$F_{zyl} \geq F_g + F_R + F_a \qquad [F] = \text{N}$$



Hình 1: Lực tại xi lanh

Khi tính sự tiêu hao do ma sát ở bên trong xi lanh với **hiệu suất thủy lực-cơ** η_{hm} sẽ có được **áp suất dư** p_e (áp suất tuyệt đối - áp suất khí quyển) tối thiểu (khi biết được kích cỡ xi lanh) hay ta có được **tiết diện pít tông** A tối thiểu (khi biết áp suất):

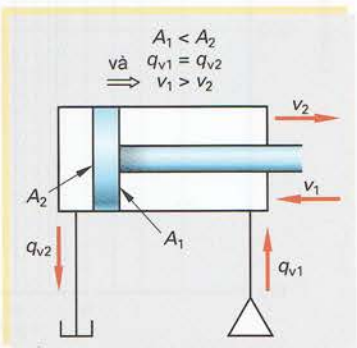
Phương trình đại lượng	Phương trình trị số	
$p_e > \dfrac{F_{zyl}}{A \cdot \eta_{hm}}$	$p_e > \dfrac{F_{zyl}}{A \cdot \eta_{hm}} \cdot 10^{-4}$	$A > \dfrac{F_{zyl}}{p_e \cdot \eta_{hm}} \cdot 10^{-4}$
hay	với $A = \dfrac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot 10^{-2}$	$d = \sqrt{\dfrac{4\,A}{\pi}}$
$A > \dfrac{F_{zyl}}{p_e \cdot \eta_{hm}}$	$[p]$ = bar $[F]$ = kN $[d]$ = mm $[A]$ = cm² $[\eta_{hm}]$ = %	

Hình 2: Phép tính cho xi lanh

Cần chú ý phương trình đại lượng (không ghi đơn vị) ở phía bên trái. Người sử dụng phải kiểm tra đơn vị khi tính toán, nếu sử dụng SI (đơn vị tiêu chuẩn quốc tế) thì không cần phải kiểm tra lại. Ở phía phải là phương trình trị số (có ghi đơn vị). Đây là những phương trình do các nhà chế tạo định trước, có ghi rõ đơn vị được sử dụng, vì kết quả chỉ chính xác khi tính theo đơn vị đó. Tiếp theo cần phải chú ý rằng ở một số xi lanh thủy lực tiết diện pít tông ở phía cần pít tông *(buồng xả)* nhỏ hơn phía đáy của pít tông *(buồng nạp)*.

Lưu lượng (tính theo thể tích) q_v phát sinh do sự chuyển động của pít tông và tốc độ của pít tông tính theo công thức sau đây:

Phương trình đại lượng	Phương trình trị số
$q_v = A \cdot v$	$q_v = A \cdot v \cdot 10^{-1}$
không ghi đơn vị	$A = \dfrac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot 10^{-2}$
	$[d]$ = mm $[A]$ = cm² $[q_v]$ = l/min $[v]$ = m/min



Hình 3: Lưu lượng q_v

Cũng cần phải chú ý, ở xi lanh có cần pít tông chỉ một phía (có nghĩa là tiết diện pít tông ở bên trái và bên phải khác nhau) lưu lượng khi chạy ra và chạy vào khác nhau (**Hình 3**).

https://tieulun.hopto.org

Tùy theo cách lắp đặt của xi lanh công suất thủy lực ta phải chú ý đến **tải trọng uốn dọc (buckling load)**, bởi vì những cấu kiện dài và mảnh (thon) có khuynh hướng bị uốn dọc dưới tác dụng của tải do áp suất gây ra.

Các nhà chế tạo thường cung cấp biểu đồ cho người sử dụng, nhờ những biểu đồ đó ta có thể tính ra chiều dài tối đa cho phép của cần pít tông, hoặc là lực xi lanh tối đa cho phép hoặc là đường kính tối thiểu của cần pít tông cần thiết. Dựa vào những trường hợp uốn dọc theo EULER, ta có:

$$\text{Hành trình pít tông} = \frac{\text{chiều dài uốn dọc cho phép}^{*)}}{\text{hệ số hiệu chỉnh}} \quad \text{hoặc là} \quad h = \frac{l_k}{K} \qquad [h] = \text{mm};\ [l_k] = \text{mm};\ [K] = 1$$

*) trong trường hợp một thanh có hai ổ khớp một đầu cố định và đầu kia di động

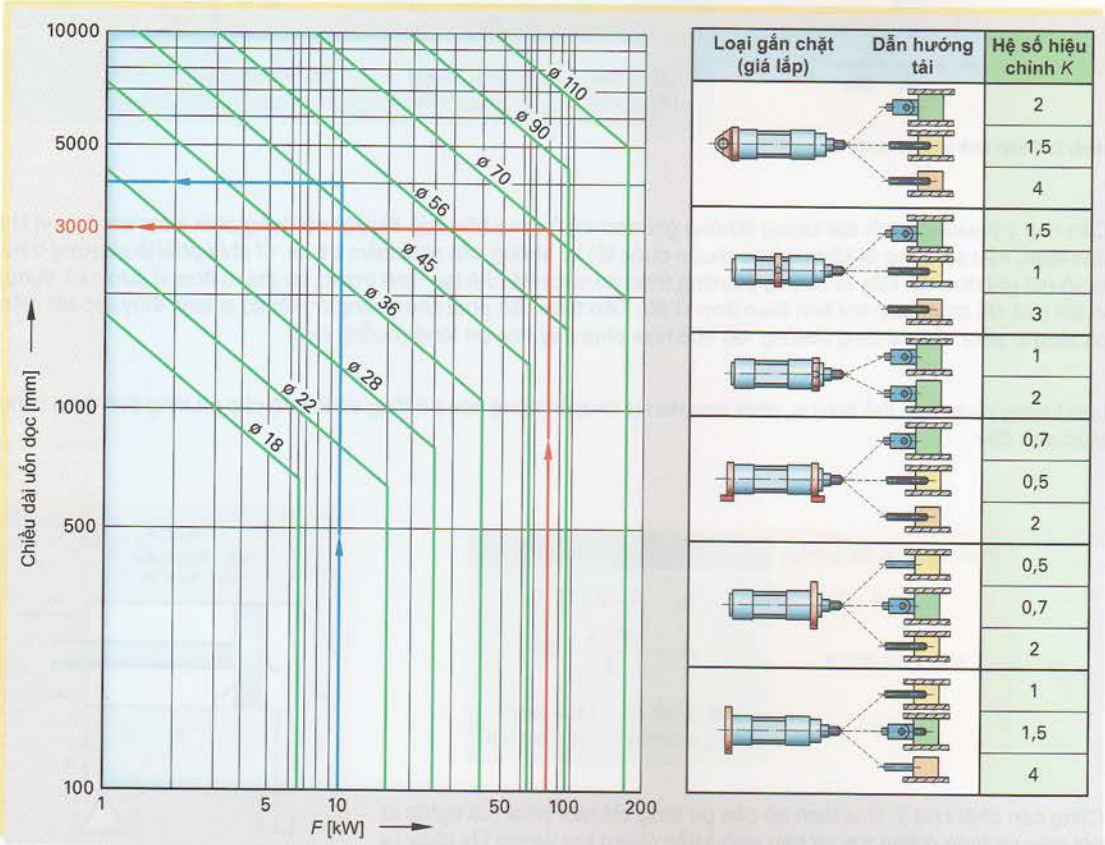
Hệ số hiệu chỉnh tùy thuộc vào kết cấu của tải (**Hình 1**), trong khi đó chiều dài uốn dọc (bị uốn cong) tùy thuộc vào đường kính cần pít tông.

Thí dụ 1: Một xi lanh công suất thủy lực có đế (chân) gắn chặt ở cả hai phía và đường kính cần pít tông d = 70 mm phải chạy ra với lực xi lanh F = 80 kN. Tại đây tải được thiết kế về một phía. Hãy tính chiều dài của quãng chạy pít tông tối đa cho phép cho xi lanh này?

Lời giải: Từ biểu đồ thích hợp cho xi lanh này với lực xi lanh F = 80 kN và đường kính cần pít tông d = 70 mm, ta đọc được chiều dài uốn dọc của cần pít tông là 3000 mm. Chiều dài này phải được chỉnh lại tương ứng với loại gắn chặt (gá lắp) và cách dẫn tải (biểu đồ 2). Ở đây ta nhận được hệ số hiệu chỉnh K = 1. Do đó quãng chạy của pít tông cho phép là 1500 mm.

Thí dụ 2: Một xi lanh công suất thủy lực chạy ra với lực F = 10 kN. Hành trình pít tông thiết kế cần thiết h = 1000 mm. Xi lanh được gắn cố định bằng khớp nối và tải được thiết kế ở một phía. Hãy chọn đường kính của cần pít tông?

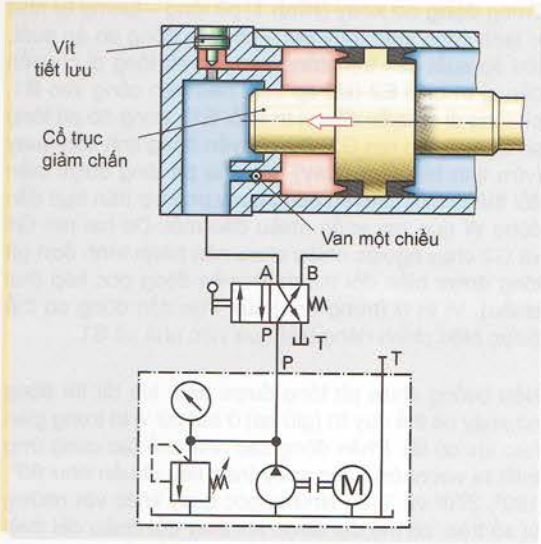
Lời giải: Từ biểu đồ 2 với loại gắn cố định bằng khớp nối và cách dẫn tải ở một phía ta có hệ số hiệu chỉnh K = 4. Do đó, xi lanh phải có chiều dài uốn dọc ít nhất ở phía ngoài là $l_k = 4 \cdot h$ = 4000 mm. Qua biểu đồ với lực F = 10 kN và chiều dài uốn dọc ở phía ngoài l_k = 4000 mm ta đọc được đường kính cần pít tông ở giữa 45 mm và 56 mm. Vì lý do an toàn ta chọn đường kính cần pít tông 56 mm.



Hình 1: Biểu đồ để tính tải chịu uốn dọc của xi lanh công suất thủy lực

https://tieulun.hopto.org

Thông thường xi lanh công suất thủy lực làm chuyển động khối lượng lớn với tốc độ tương ứng. Nếu xi lanh có giảm chấn ở vị trí cuối hành trình, thì khối lượng này bị phanh lại. Động năng làm trì hoãn ở đây không được vượt quá **khả năng giảm chấn** cho phép. Các nhà chế tạo cung cấp những biểu đồ để kiểm tra những trị số cần phải tuân thủ.



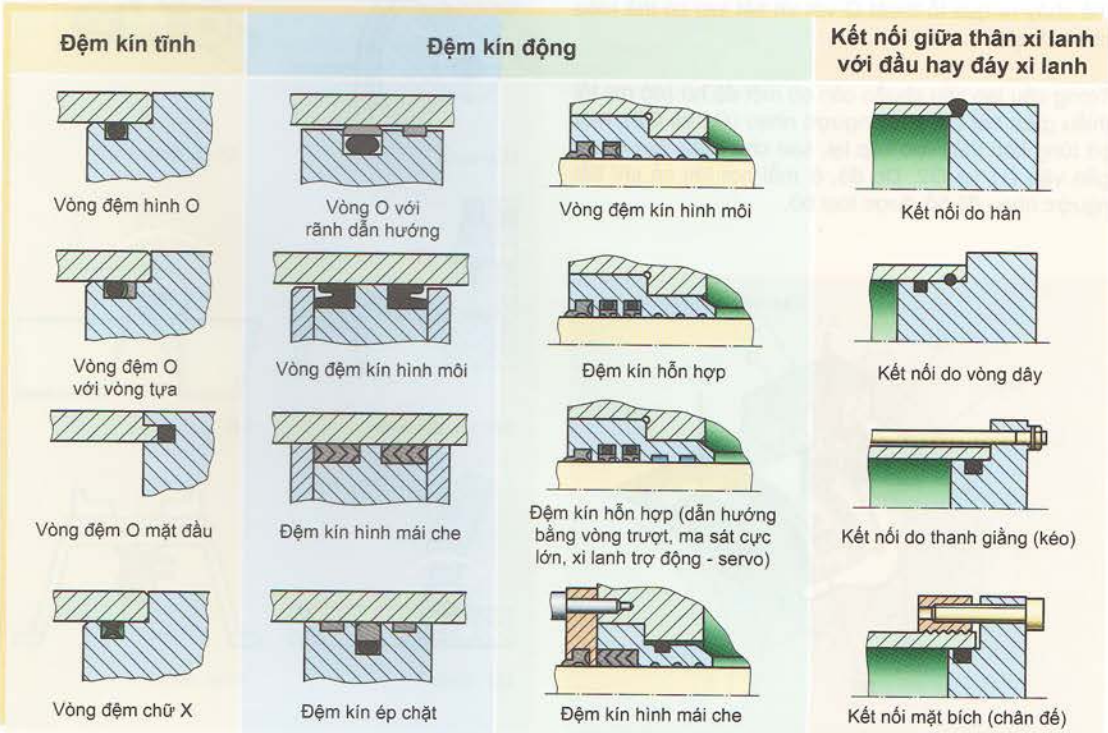
Hình 1: Giảm chấn ở vị trí cuối

Nếu tốc độ chuyển dịch của xi lanh công suất thủy lực nhỏ hơn 0,1 m/s, thì cơ bản không cần có giảm chấn. Trong phạm vi giữa 0,1 m/s và 0,3 m/s thì giảm chấn là cần thiết. Nếu tốc độ lớn hơn 0,3 m/s phải có giải pháp phụ trợ (thí dụ giảm tốc độ ngay trước khi đạt vị trí cuối). Dùng van giới hạn áp suất có giảm chấn ở vị trí cuối là cần thiết (**Hình 1**).

Đệm kín (**Hình 2**) quan trọng đối với hiệu suất của hệ thống thủy lực, vì đệm giúp tránh tiêu hao do dầu bị rò rỉ. Sự tiêu hao do dầu rò rỉ sẽ sinh ra tiêu hao áp suất và do đó hậu quả là tiêu hao công suất. Người ta phân biệt:

- **Đệm kín tĩnh** bịt kín những thành phần đứng yên (cố định)
- **Đệm kín động** đặt giữa những thành phần chuyển động

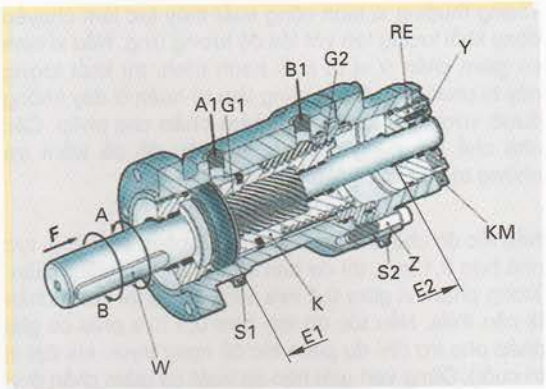
Cho sự kết nối giữa thân xi lanh và đầu hay đáy xi lanh, có nhiều kỹ thuật được áp dụng tùy theo áp suất vận hành đòi hỏi, giá cả và khả năng lắp ráp sẵn có (**Hình 2**).



Hình 2: Đệm kín xi lanh và kết nối xi lanh

https://tieulun.hopto.org

Trong **động cơ xoay** (**Hình 1**) pít tông – tương tự như xi lanh công suất thủy lực – chuyển động do áp suất. Khi áp suất nén trên cổng vào A1, pít tông di chuyển đến vị trí cuối E2 (khi áp suất nén trên cổng vào B1, pít tông di chuyển đến vị trí cuối E1), trong đó pít tông sẽ tự quay do ren G2. Sự chuyển động tịnh tiến/quay (vừa tịnh tiến vừa quay) này của pít tông được biến đổi thành một chuyển động quay phụ trợ trên trục dẫn động W qua ren xoắn nhiều đầu mối. Do hai ren G1 và G2 chạy ngược chiều nhau nên hành trình đơn pít tông được biến đổi thành chuyển động góc kép (hai chiều). Vị trí 0 (trung tính) của trục dẫn động có thể được hiệu chỉnh riêng biệt qua việc nhả vít S1.



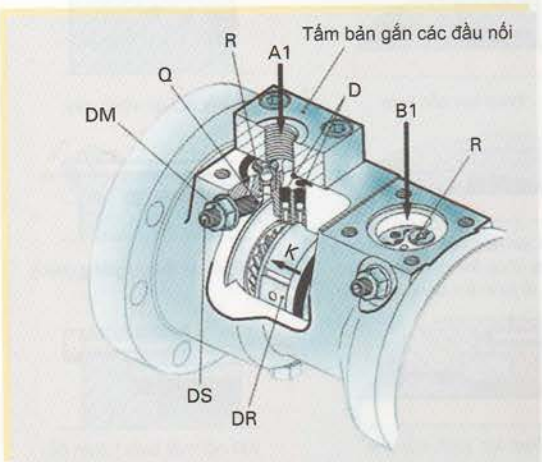
Hình 1: Động cơ xoay

Nếu buồng chứa pít tông được đệm kín tốt thì động cơ xoay có thể duy trì (giữ lại) ở bất cứ vị trí trung gian nào khi có tải. Phần đông các nhà chế tạo cung ứng thiết bị với những góc xoay theo tiêu chuẩn như 90°, 180°, 270° và 360°. Những góc quay khác với những trị số trên, có thể đạt được khi thay đổi chiều dài thiết kế chuẩn. Qua đó, giá trị góc quay kế tiếp sẽ đạt lớn hơn góc quay chuẩn và phạm vi hành trình pít tông mong muốn bị giảm theo góc xoay.

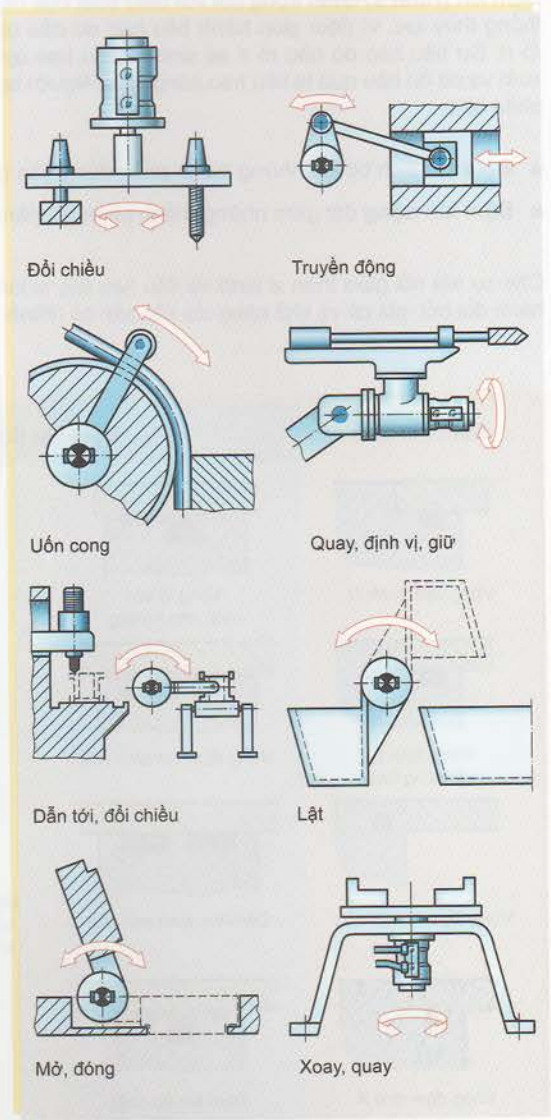
Động cơ xoay được thiết kế ở nơi nào có tải lớn cần phải xoay (**Hình 2**).

Khi lực quán tính lớn, động cơ xoay được thiết kế với giảm chấn ở vị trí cuối (**Hình 3**) Ngay trước khi đạt tới vị trí cuối, pít tông đóng lần lượt các lỗ thoát. Khi tất cả lỗ thoát đã được đóng lại, chất lỏng thủy lực chỉ có thể chảy ra qua lỗ thoát Q với vít tiết lưu có thể hiệu chỉnh được.

Trong cấu tạo tiêu chuẩn cần có một độ hở (độ rơ) tối thiểu giữa hai ren chạy ngược nhau (G1 và G2). Một pít tông kép thủy lực kẹp lại, sao cho phần ren được gắn vào G1 và G2. Do đó, ở mỗi nơi khi có chi tiết ngược nhau độ hở được loại bỏ.



Hình 3: Giảm chấn vị trí cuối



Hình 2: Những ứng dụng

https://tieulun.hopto.org

Bài tập:

1. Hãy cho biết tại sao tốc độ chạy ra của xi lanh dạng kính viễn vọng không được cố định trong suốt hành trình pít tông? Hãy vẽ biểu đồ nguyên tắc tốc độ-hành trình?

2. Hãy giải thích cách vận hành của động cơ xoay?

3. Hãy giải thích biểu đồ *v-s* (tốc độ - đoạn đường di chuyển) khi có giảm chấn ở vị trí cuối?

4. Hãy giải thích nguyên tắc về chức năng của bộ chuyển đổi áp suất. Hãy tìm kiếm (thí dụ ở thư viện nhà trường hay qua internet) bộ chuyển đổi này của một nhà chế tạo và trình bày thí dụ về cách tính toán thiết kế cho thiết bị này?

5. Hãy giải thích sự khác biệt giữa hệ dẫn động với bơm có lưu lượng cố định và hệ dẫn động với bơm có lưu lượng hiệu chỉnh được?

6. Một động cơ điện với hiệu suất 90% có công suất tiêu thụ (nhận vào) 0,8 kW từ mạng điện. Động cơ này truyền động cho một bơm thủy lực có hiệu suất 87%.
   a. Công suất do bơm thủy lực (đầu) phát ra là bao nhiêu?
   b. Lưu lượng ở 60 bar là bao nhiêu?

7. Hãy giải thích khái niệm về hiện tượng khí xâm thực (sự tạo bọt)?

8. Một bơm bánh răng có kích thước bánh răng như sau:
   Số răng $z_1 = z_2 = 12$; mô đun $m = 3$ mm
   Bề rộng của bánh răng $b = 18$ mm; tốc độ quay n = 1600 1/min
   a. Lưu lượng gần đúng là bao nhiêu (**Hình 1**)?
      $V_{ges} \approx V_z \cdot z$
   b. Lưu lượng chính xác là bao nhiêu?
      $V = b \cdot \pi \cdot a\ (d_k - a)$
      d_k = đường kính ở vòng đỉnh răng; a = khoảng cách hai trục

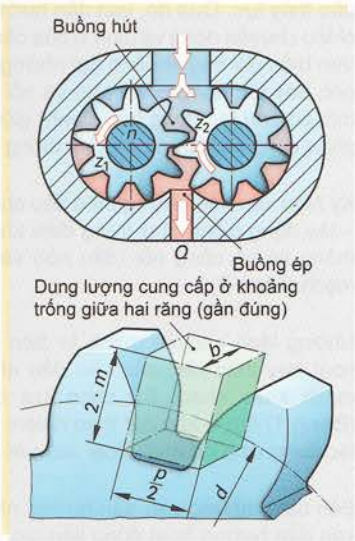
9. Hãy giải thích về cách hoạt động của xi lanh đặc biệt trong **Bảng 1, trang 474**. Hãy thiết kế một mạch điện thích hợp?

10. Hãy chuyển phương trình đại lượng có đơn vị SI ở trong chương này thành phương trình trị số trong việc tính toán xi lanh và hãy chỉ cho biết hệ số chuyển đổi là đúng.

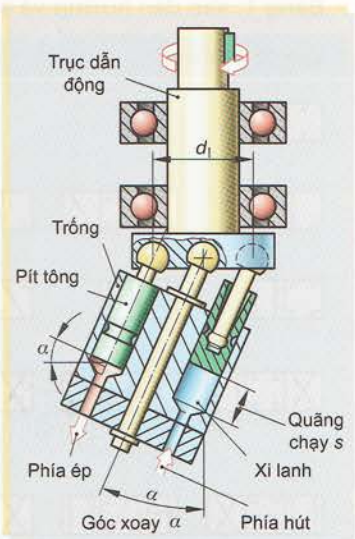
11. Một xi lanh công suất thủy lực với mặt bích gắn chặt ở phía trước và đường kính của cần pít tông $d = 56$ mm phải chạy ra với một lực xi lanh 30 kN. Ở đây tải phải tác động về một phía. Hãy cho biết chiều dài quãng chạy tối đa cho phép của xi lanh này?

12. Một xi lanh công suất thủy lực chạy ra với lực xi lanh 20 kN. Quãng chạy thiết kế cần thiết $h = 500$ mm. Xi lanh được gắn chặt với mặt bích phía sau và tải tác động về một phía. Hãy tính lực xi lanh tối đa khi đường kính của cần pít tông là $d = 56$ mm?

13. Cho một bơm thủy lực hướng trục (**Hình 2**) có những trị số sau:
    Tổng số pít tông $i = 9$
    Áp suất $p_e = 50$ bar; tốc độ quay $n = 1400$ min^{-1},
    Lưu lượng $q_v = 1500$ l/min và hiệu suất 80%
    a) Hãy cho biết công suất đi vào bơm thủy lực từ động cơ điện là bao nhiêu?
    b) Hãy cho biết góc quay α cần thiết khi đường kính vòng tròn qua tâm các lỗ khoan $d_L = 140$ mm?



Hình 1

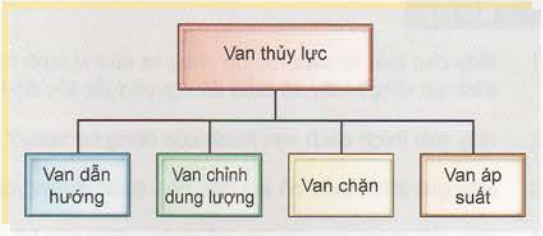


Hình 2:

https://tieulun.hopto.org

10.6.5 Van thủy lực

Van trong hệ thống thủy lực được sử dụng để điều khiển các dòng chảy năng lượng. Ngoài ra, van còn điều khiển hay điều chỉnh áp suất, lưu lượng (qua đó là lưu tốc) và hướng di chuyển của chất lỏng thủy lực. Người ta phân biệt 4 loại van (**Hình 1**) tùy theo nhiệm vụ ở bên trong phạm vi của hệ thống thủy lực.

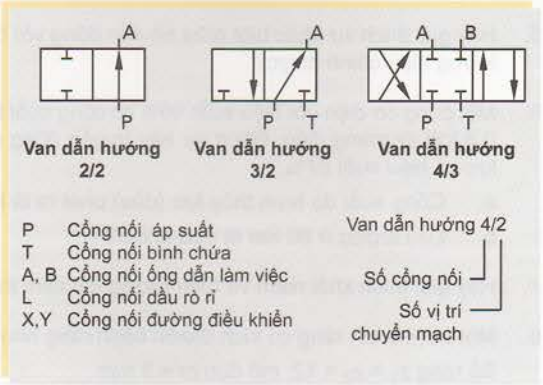


Hình 1: Tổng quan về van thủy lực

10.6.5.1 Van dẫn hướng

Van dẫn hướng điều khiển chiều di chuyển của chất lỏng thuỷ lực (tạo áp suất), chặn hay thay đổi đường dẫn thủy lực. Qua đó, van dẫn hướng ảnh hưởng đến chiều chuyển động và định vị của các cơ cấu vận hành. Van biến đổi hay khuếch đại những tín hiệu (điện, khí nén hay tác động bằng tay) và nối kết giao diện như môt cơ cấu tác động (tác chỉnh) giữa phần tín hiệu và phần công suất trong một hệ thống điều khiển.

Ký hiệu van dẫn hướng theo tiêu chuẩn DIN ISO 1219 – tác động giống như trong điều khiển khí nén – gồm thông tin về cổng nối (đầu nối) và các vị trí chuyển mạch (**Hình 2**).

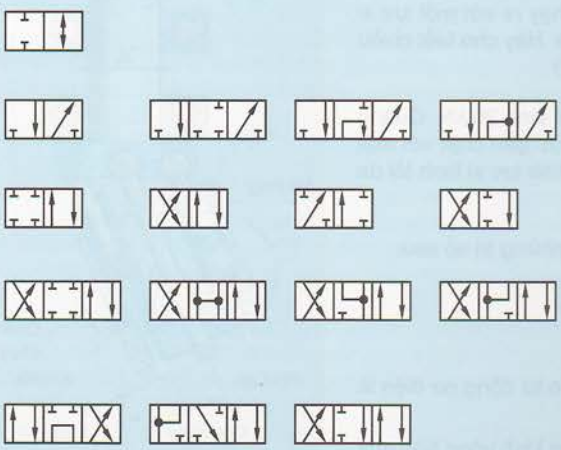


Hình 2: Các tên gọi cho van dẫn hướng

Những lệnh chuyển mạch từ bên ngoài (gọi là kích hoạt hay thao tác) dẫn van đến những vị trí chuyển mạch khác nhau. Sự chọn lựa các loại tác động (**Bảng 1**) được xếp đặt theo nhiệm vụ của van dẫn hướng. Tương ứng với những đòi hỏi thực tế, các nhà chế tạo cung ứng rất nhiều loại van với thao tác tương ứng.

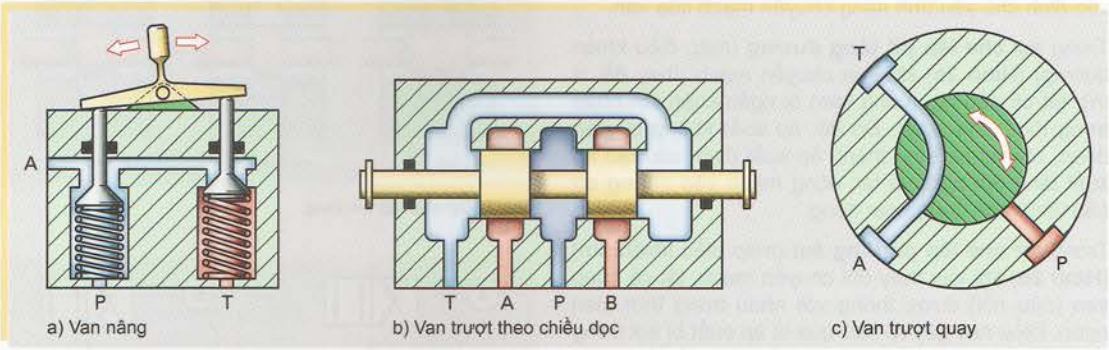
Bên cạnh những van dẫn hướng nhị phân luôn luôn có số vị trí chuyển mạch là một số nguyên, còn có những van dẫn hướng hoạt động liên tục, gọi là **van tỷ lệ** hay **van servo** (*van trợ động*), có nhiều vị trí chuyển mạch trung gian bất kỳ. Ở đây không đề cập đến những van này.

Bảng 1: Van dẫn hướng và sự thao tác

Van dẫn hướng	Thao tác
	Điều khiển bằng tay, tổng quát Điều khiển bằng tay đòn với có khắc định vị làm vấu hãm Chốt đẩy con lăn Bàn đạp Thủy lực Khí nén Điện từ Kéo về bằng lò xo và điện từ Kéo về vị trí trung tâm bằng lò xo và điện từ Điều khiển phụ trợ, điều khiển bằng điện, thao tác bằng thủy lực

https://tieulun.hopto.org

Tùy theo cấu tạo ta chia van dẫn hướng thành van nâng (còn gọi là van đế tựa có chuyển động thẳng đứng), và van trượt (vay ống cuộn, van đẩy), trong đó van trượt lại được chia nhỏ thành van trượt theo chiều dọc và van trượt quay (**Hình 1**).



a) Van nâng b) Van trượt theo chiều dọc c) Van trượt quay

Hình 1: Những loại cấu tạo van dẫn hướng

Những phần tử đệm kín (đầu xi lanh) trong **van nâng** (**Hình 1a**) là hình côn, hình cầu hoặc đĩa. Van nâng nhờ cấu tạo của nó có thể đóng hoặc mở tối đa 3 đường di chuyển thủy lực. Bởi thế, khi van nâng điều khiển hơn 3 đường thì phải do nhiều phần tử điều khiển ghép chung với nhau.

Trong **van trượt dọc trục** (**Hình 1b**) thanh trượt van (pít tông của van) với nhiều đường kính khác nhau chuyển động trong một thân máy với nhiều rãnh vòng. Tùy theo vị trí của thanh trượt, nhiều kết nối logic khác nhau giữa các các cổng (đầu) nối cho phép hướng chảy thủy lực mở hay đóng.

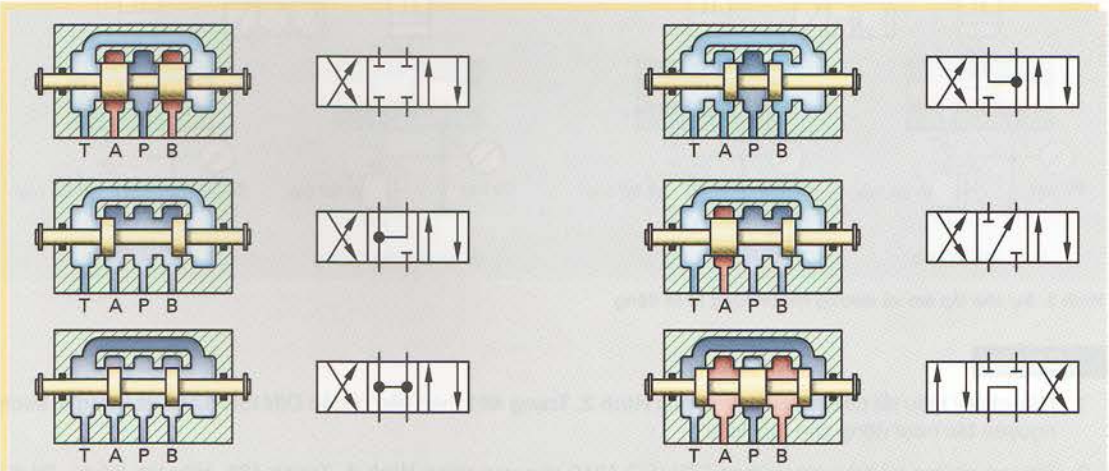
Trong van trượt dọc trục, nhiều hướng lưu thông có thể được tạo ra trong cùng một vỏ máy, ở đó các dạng hình học của thanh trượt được đổi khác (**Hình 2**). Điều này làm giá thành chế tạo giảm xuống.

Trong **van trượt quay** (**Hình 1c**), một (hay nhiều) pít tông quay trong một lỗ trong thân máy và tùy theo vị trí cho phép mở hay đóng dòng chảy thủy lực.

Bảng 1 trình bày sự so sánh giữa nguyên tắc van nâng và van trượt.

Bảng 1: So sánh van nâng và van trượt

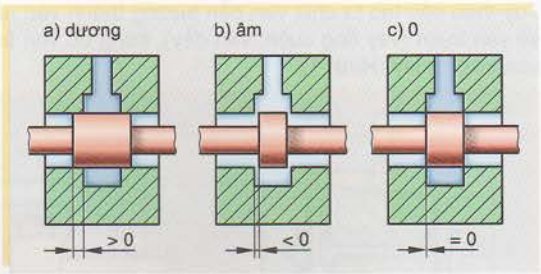
Nguyên tắc van trượt	Nguyên tắc van nâng
Dòng dầu chảy rò rỉ	Bọc kín bằng đệm
Dễ nhiễm bụi	Không nhiễm bụi
Cấu tạo đơn giản với van nhiều vị trí	Cấu tạo phức tạp với van nhiều vị trí
Áp suất được cân bằng	Phải tạo sự cân bằng áp suất
Đường tác động dài	Đường tác động ngắn



Hình 3: Những loại van trượt điều khiển

https://tieulun.hopto.org

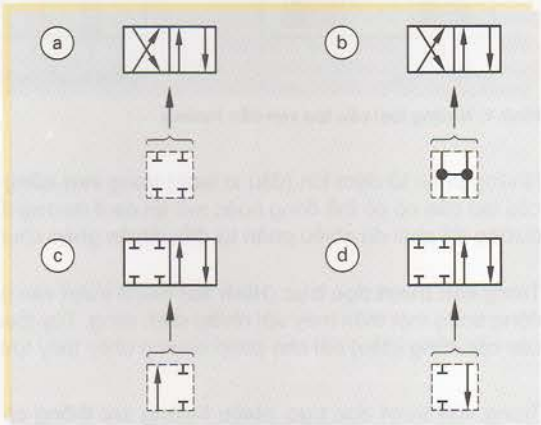
Một đại lượng đặc trưng quan trọng ở trong van trượt là **độ che lấp (che phủ) pít tông** *(mép điều khiển)* (**Hình 1**). Bên cạnh mức dầu bị rò rỉ, sự che lấp này xác định chủ yếu tính năng chuyển mạch của van.



Hình 1: Sự che lấp pít tông

Trong **sự che lấp pít tông dương** (mép điều khiển dương) (**Hình 2a**) khi van chuyển mạch (thay đổi vị trí), tất cả đầu nối (cổng van) bị ngăn chặn lẫn nhau trong thời gian ngắn. Do đó, áp suất không bị gián đoạn, nhưng sẽ hình thành áp suất đỉnh, cấu tạo áp suất tăng đột ngột và tác động mạnh vào những cơ cấu vận hành đang hoạt động.

Trong **sự che lấp pít tông âm** (mép điều khiển âm) (**Hình 2b**) khi van thay đổi chuyển mạch, tất cả cổng van (đầu nối) được thông với nhau trong thời gian ngắn. Điều này gây ra hậu quả là áp suất bị sụt trong thời gian ngắn. Cho nên tải có thể di chuyển trong khi thay đổi chuyển mạch. Nhưng không hình thành áp suất đỉnh và không có va chạm chuyển mạch khi thay đổi vị trí.

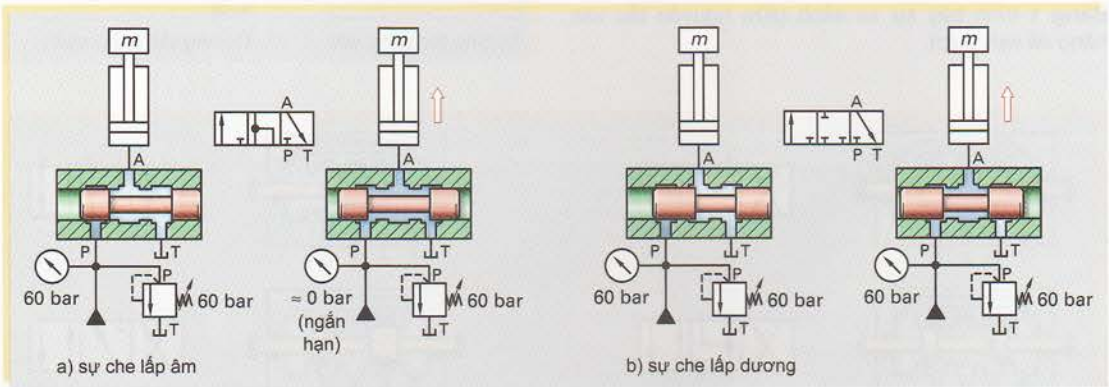


Hình 2: Những sự che lấp pít tông khác nhau

Sự che lấp pít tông bằng 0 (mép điều khiển 0) rất quan trọng cho những chuyển mạch nhanh và đoạn đường chuyển mạch ngắn. Khi **mở trước áp suất** (**Hình 2c**) thì đầu tiên bơm và đường ống dẫn vào phải nối nhau, trước khi mở đường ống nối vào bình chứa. **Mở trước lúc xả** (**Hình 2d**) thì trước tiên đường ống nối của cơ cấu vận hành nối vào bình chứa phải không có tải, trước khi đường ống dẫn và bơm nối với nhau.

Hình 3a trình bày sự che lấp pít tông âm trong thí dụ van dẫn hướng 3/2. Dòng chảy từ cổng P đến cổng A đã được mở, mặc dù sự nối giữa A và T còn hở. Cho nên tất cả các cổng nối kết với nhau. Ở vị trí cuối hành trình, dòng chảy từ cổng P đến cổng A mở và dòng chảy từ A đến T đóng. Qua đó, việc thay đổi vị trí chuyển mạch không bị quá tải và tạo ra áp suất tăng (không nhảy vọt) nên việc khởi động sẽ êm.

Trong **Hình 3b** cổng nối từ P đến A trước tiên được mở, khi dòng chảy từ A đến T bị đóng. Hậu quả là áp suất tác động ngay lập tức trên xi lanh (sự khởi động sẽ khó khăn).



Hình 3: Sự che lấp âm và dương khi pít tông khởi động

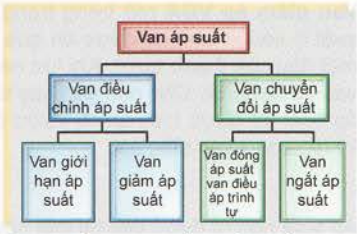
Bài tập:

1. Hãy ghi ký hiệu tất cả thân của van trong **Hình 2**, **Trang 481** theo tiêu chuẩn DIN ISO 1219 và hãy giải thích nguyên tắc hoạt động cho mỗi kiểu?
2. Hãy vẽ những ký hiệu mạch theo DIN ISO 1219 cho van trong **Hình 1**, **Trang 481**. Hãy tìm kiếm - thí dụ trên mạng – một van dẫn hướng 4/3 vận hành như một van trượt (đẩy) quay.

https://tieulun.hopto.org

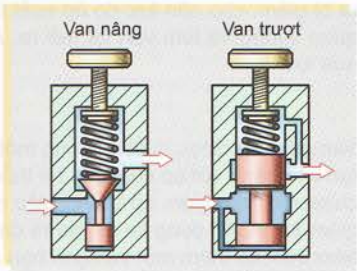
10.6.5.2 Van áp suất

Van áp suất trong hệ thống thủy lực có nhiệm vụ hiệu chỉnh áp suất cho cả hay một phần hệ thống. Trong loại van này, lưu lượng chất lỏng được dẫn trong khe hở hẹp và bị tiết lưu tại đây. Qua đó, sự chênh lệch áp suất được hình thành ở trước và sau vị trí tiết lưu. Tùy theo loại cấu tạo, những van này có những nhiệm vụ khác nhau trong hệ thống thủy lực (**Hình 1**).



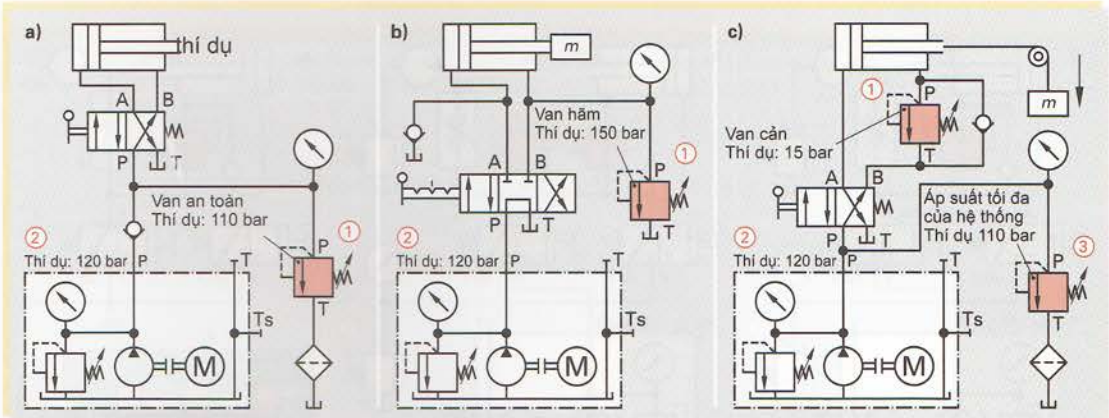
Hình 1: Tổng quan về van áp suất

Van giới hạn áp suất (VGHAS) đóng trong trạng thái tĩnh (**Hình 2**). Khi lực tạo ở ngõ vào do áp suất tác dụng lên tiết diện van lớn hơn lực tác dụng ngược của lò xo, thì van sẽ mở và chất lỏng thủy lực đi về bình chứa. Vì lực lò xo hiệu chỉnh được, do đó áp suất làm van mở cũng có thể thay đổi. Những van giới hạn áp suất (VGHAS) được sử dụng như van an toàn, hay như van cản (van đối áp suất) chống áp suất ngược (tác dụng ngược với quán tính của khối lượng khi kéo tải) hay như van hãm (ngăn chặn áp suất đỉnh do lực quán tính của khối lượng khi van dẫn hướng khi bị chặn). Để tránh những dao động do áp suất, pít tông giảm chấn hay tiết lưu thường được thiết kế trong van giới hạn áp suất.



Hình 2: Van giới hạn áp suất

Trong **Hình 3a** áp suất cực đại cho phép được hình thành trong chu trình thủy lực, khi xi lanh đạt được vị trí cuối ở phía trước hay phía sau.



Hình 3: Ứng dụng của van giới hạn áp suất

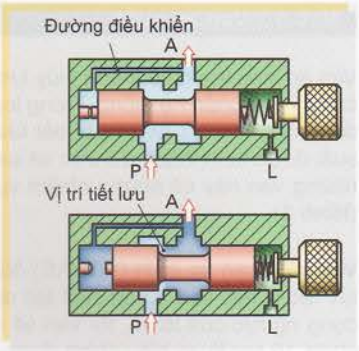
Nếu áp suất này đạt được, van giới hạn áp suất VGHAS1 mở ra và tất cả lưu lượng chảy về bình chứa. Van giới hạn áp suất VGHAS2 trong các trạm cung cấp áp suất là một van an toàn, nó xác định áp suất tối đa trong trạm tạo áp suất. Van giới hạn áp suất VGHAS1 trong hệ thống luôn luôn điều chỉnh ở một áp suất thấp hơn (thí dụ 110 bar), so với áp suất của van giới hạn áp suất VGHAS 2 trong trạm cung cấp khí nén (thí dụ 120 bar).

Trong mạch **Hình 3b**, van dẫn hướng 4/3 lúc chạy ra bị chuyển mạch đột ngột ở vị trí trung tâm, thì sẽ phát sinh một lực quán tính do khối lượng *m*, lực quán tính này tạo ra một áp suất tương ứng lớn ở phía xả của pít tông. Để ngăn chặn áp suất đỉnh này, van giới hạn áp suất VGHAS1 phải được thiết kế để mở đường ống dẫn nối với bình chứa, khi "áp suất đỉnh tối đa" hiệu chỉnh đạt được (thí dụ 150 bar) và do đó loại bỏ được áp suất gây nguy hiểm. Van giới hạn áp suất VGHAS2 giám sát áp suất tối đa trong trạm cung cấp khí nén (thí dụ 120 bar).

Trong **Hình 3c** khối lượng *m* khi chạy ra tạo thêm lực, lực này kéo pít tông về phía trước của vị trí cuối. Qua van giới hạn áp suất VGHAS1 một áp suất ngược được tạo ra (ở đây là 15 bar) ở phía xả của xi lanh, để ngăn ngừa chuyển động không kiểm soát. Tuy nhiên vượt khỏi áp suất ngược này có nghĩa là phải tiêu hao công suất. Khi xi lanh chạy vào, dòng thủy lực của van giới hạn áp suất VGHAS1 có thể đi vòng qua van một chiều (van một chiều). Van giới hạn áp suất VGHAS2 điều chỉnh áp suất tối đa của trạm cung cấp khí nén (120 bar) và van giới hạn áp suất VGHAS3 xác định áp suất tối đa của hệ thống (110 bar).

https://tieulun.hopto.org

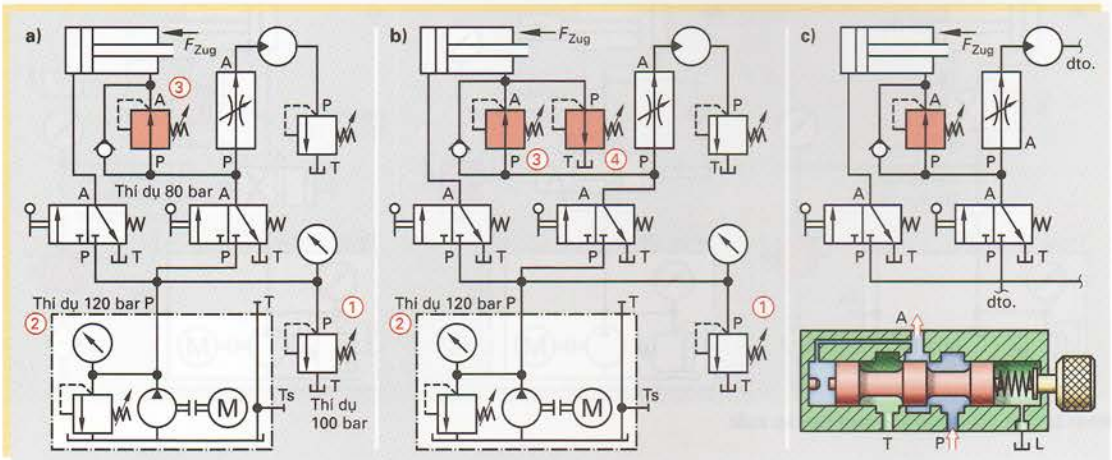
Van giảm áp VGA mở trong trạng thái tĩnh (không chạy) (**Hình 1**). Áp suất ở sau xi lanh sẽ được đo qua đường đo đạc. Đó là áp suất ép lên mặt đầu của thanh trượt. Khi lực nén lớn hơn lực lò xo được hiệu chỉnh, van sẽ đóng lại. Cho nên van này làm giảm áp suất ở ngõ vào, tùy theo áp suất đã được hiệu chỉnh trước ở ngõ ra. Van giảm áp thường được ký hiệu như van điều áp.



Hình 1: Van giảm áp

Áp suất ngõ ra được biết tại mặt đầu của pít tông qua đường điều khiển. Tại đây, áp suất này tạo ra một lực chống lại lực lò xo. Khi lực áp suất vượt quá lực lò xo, thì van bắt đầu đóng lại. Qua đó, áp suất ở phía ngõ ra bị giảm, cho nên lực do áp suất tác dụng lên pít tông điều khiển cũng giảm xuống và làm van lại mở ra. Áp suất ở ngõ ra có thể chỉnh được qua lực lò xo.

Van giảm áp được thiết kế trong một hệ thống cần phải có nhiều áp suất khác nhau. Trong **Hình 2a** động cơ thủy lực vận hành với áp suất của hệ thống (thí dụ 120 bar), được hiệu chỉnh qua van giới hạn áp suất VGHAS2. Khi chạy vào, van giảm áp VGA3 hiệu chỉnh (thí dụ 80 bar) làm giảm lực của xi lanh ở vị trí cuối phía sau. Khi van giảm áp VGA3 đóng lại sẽ tạo ra dao động lực do lực F_{Zug} làm gia tăng áp suất không mong muốn ở ngõ ra A. Nhờ thiết kế thêm một van giới hạn áp suất VGHAS4 (**Hình 2b**) sự tăng áp suất có thể bị tiêu trừ. Một khả năng giải quyết tiếp theo để tránh sự tăng áp suất là sử dụng van điều áp – 3 đường (**Hình 2c**).

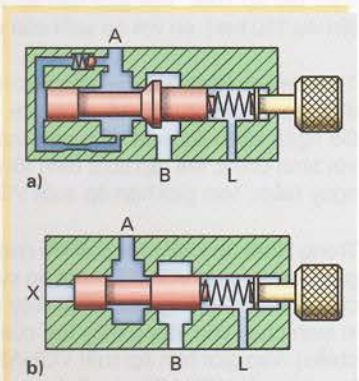


Hình 2: Giảm áp suất

Van điều khiển trình tự bằng áp suất (còn gọi **van điều áp tuần tự**) đóng trong trạng thái tĩnh (không chạy). Được phân biệt thành hai loại cấu tạo sau đây:

Trong **van điều khiển ở trong** (còn gọi là **van áp suất tự điều khiển**) (**Hình 3a**) áp suất ở ngõ ra A tác dụng lên pít tông, áp suất này sẽ được nâng lên, khi áp suất lớn hơn lực do lò xo chỉnh trước và đẩy pít tông sang phải cho phép dòng chảy từ A đến B.

Trong **van điều khiển ở ngoài** (**Hình 3b**) áp suất điều khiển được nhận từ mạch thủy lực khác ở ngoài. Tại đây, khi lực do áp suất hiệu chỉnh đạt được, cho phép dòng chảy thông từ A đến B. Người ta tận dụng điều này, để sau bước đầu tiên thực hiện những bước kế tiếp (điều khiển tuần tự).

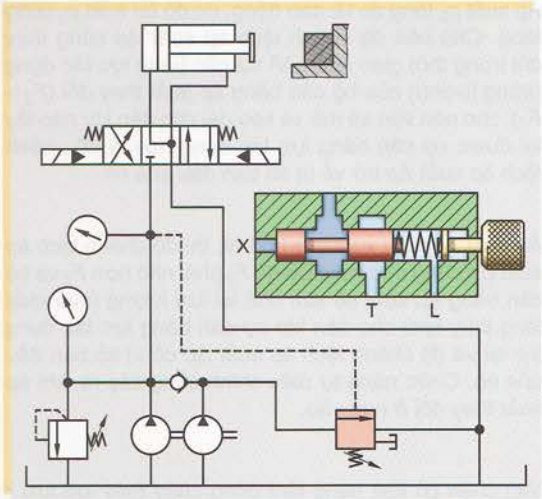


Hình 3: Van điều khiển trình tự bằng áp

https://tieulun.hopto.org

Van ngắt áp suất bị đóng khi ở vị trí tĩnh (không chạy) và khi áp suất đạt được trị số đã hiệu chỉnh trước, van ngắt này làm dòng chảy di chuyển không có áp suất dư (p_e = *0, bằng áp suất khí quyển ND*) về bình chứa nhiên liệu. Về kỹ thuật thiết bị có thiết kế một van tuần tự điều khiển từ ngoài, tại đó ngõ ra A được nối với ống dẫn bồn chứa (**Hình 3**, **Trang 484**). Bơm áp suất thấp để trợ giúp chất lỏng không có áp suất di chuyển về bình chứa, khi áp suất của hệ thống đạt được trị số hiệu chỉnh đã định sẵn **Hình 1**.

Van ngắt áp suất cũng như van chuỗi tuần tự đều có rãnh thoát dầu rò rỉ ở bên trong hay ở ngoài.

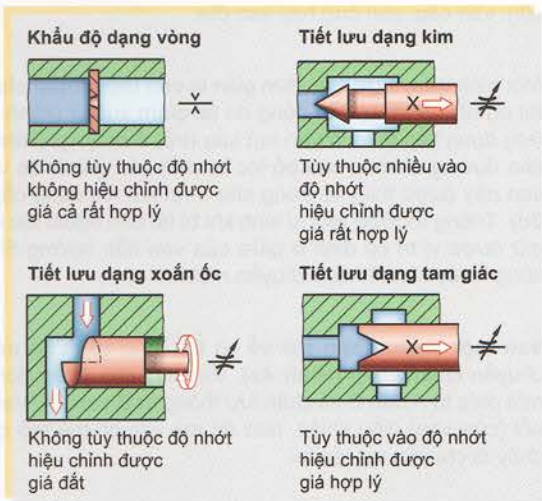


Hình 1: Van ngắt áp suất

10.6.5.3 Van lưu lượng và van chặn lưu lượng

Van lưu lượng được sử dụng khi giảm thiểu tốc độ của xi lanh hay số vòng quay của động cơ. Cả hai đặc điểm này, mỗi khi tốc độ bị giảm thiểu đều tùy thuộc vào lưu lượng tương ứng. Sự giảm thiểu tiết diện dòng chảy trong van lưu lượng tác dụng làm tăng áp suất trước van.

Về thiết kế người ta chia van lưu lượng thành **van khẩu độ** (***van chỉnh dòng bằng nắp chắn***) và **van tiết lưu** (**Hình 2**). Van khẩu độ không tùy thuộc độ nhớt (độ nhớt) nhưng khi chế tạo giá thành cao.

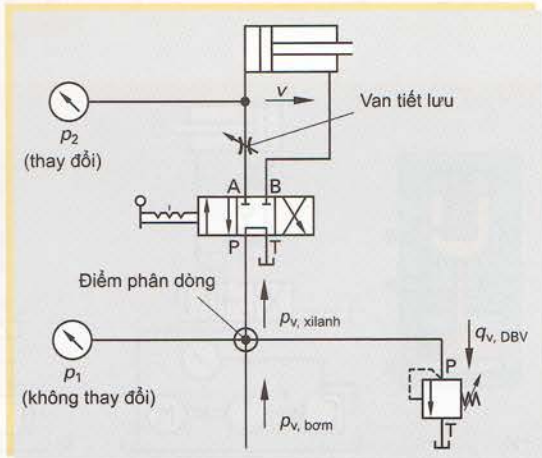


Hình 2: Các loại tiết lưu

Để tạo áp suất bơm có dung tích chuyển tải ổn định (xem mục 10.6.3), van giới hạn áp suất VGHAS gắn trước van lưu lượng, van này mở do áp suất tăng và nhiên liệu thặng dư của bơm chảy về bồn chứa (**Hình 3**). Sự thay đổi tải do tiêu thụ dẫn đến việc dao động áp suất và do đó có sự thay đổi về độ sai biệt áp suất trước và sau van tiết lưu. Vì vậy lưu lượng theo thể tích đến nơi tiêu thụ thay đổi và tốc độ cũng thay đổi theo.

Van tiết lưu không thích hợp cho việc hiệu chỉnh lưu lượng ổn định khi tải tự thay đổi. Ở bơm hiệu chỉnh được, độ sai biệt áp suất hình thành tại van lưu lượng có thể trực tiếp chuyển về bơm để điều chỉnh lưu lượng.

Khi ta yêu cầu lưu lượng (dung tích chuyển tải) phải không thay đổi mặc dù tải thay đổi, thì **van điều chỉnh lưu lượng** được sử dụng (**Hình 1**, **Trang 486**). Van này có một bộ cân bằng áp suất (còn gọi là bộ tiết lưu điều chỉnh), bộ cân bằng giữ độ chênh lệch áp suất $\Delta p = p_1 - p_2$ cố định do một khẩu độ có thể hiệu chỉnh được. Bộ cân bằng áp suất ép lên phía các mặt đầu có diện tích giống nhau với áp suất p_1 (trước tiết lưu) và p_2 (sau tiết lưu). Vì p_2 nhỏ hơn p_1, bộ cân bằng áp suất ở phía p_2 phải được hỗ trợ nhờ lực của lò xo, để có trạng thái cân bằng lực tác dụng.

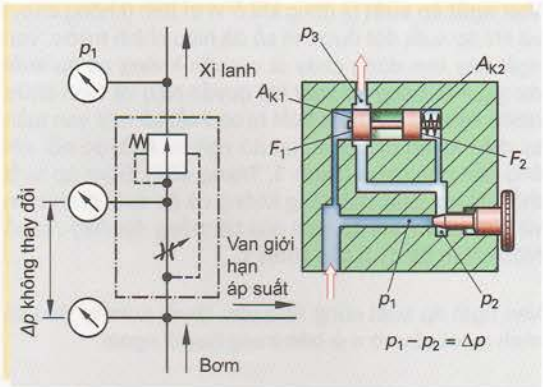


Hình 3: Tiết lưu

https://tieulun.hopto.org

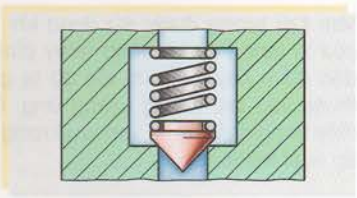
Áp suất p_3 tăng do tải dao động, do đó áp suất p_2 cũng tăng. Cho nên độ chênh lệch áp suất Δp cũng thay đổi trong thời gian ngắn. Vì sự cân bằng lực tác dụng (trọng lượng) của bộ cân bằng áp suất thay đổi ($F_2 > F_1$), cho nên van sẽ mở và kéo dài cho đến khi nào lấy lại được sự cân bằng lực tác dụng hay là độ chênh lệch áp suất Δp trở về trị số ban đầu của nó.

Áp suất p_3 giảm xuống ở ngõ ra, thì độ chênh lệch áp suất Δp cũng nhỏ hơn. Do đó F_2 phải nhỏ hơn F_1 và bộ cân bằng áp suất sẽ làm nhỏ lại lưu lượng (của chất lỏng thủy lực) cho đến khi sự cân bằng lực tác dụng trở lại và độ chênh lệch áp suất Δp có trị số ban đầu của nó. Chức năng tự điều chỉnh cũng xảy ra, khi áp suất thay đổi ở ngõ vào.



Hình 1: Bộ cân bằng áp suất

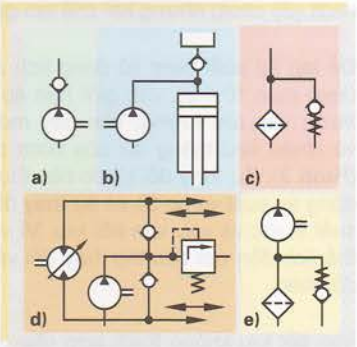
Van chặn có khả năng làm dòng chảy thủy lực lưu thông một chiều và ngăn cản sự lưu thông ở chiều ngược lại. Vì van phải đóng lại, dầu rò rỉ chảy ra nên van dạng nâng đế tựa phải được cấu tạo theo loại van dạng côn, van cầu, van ống hay van đĩa.



Hình 2: Van một chiều

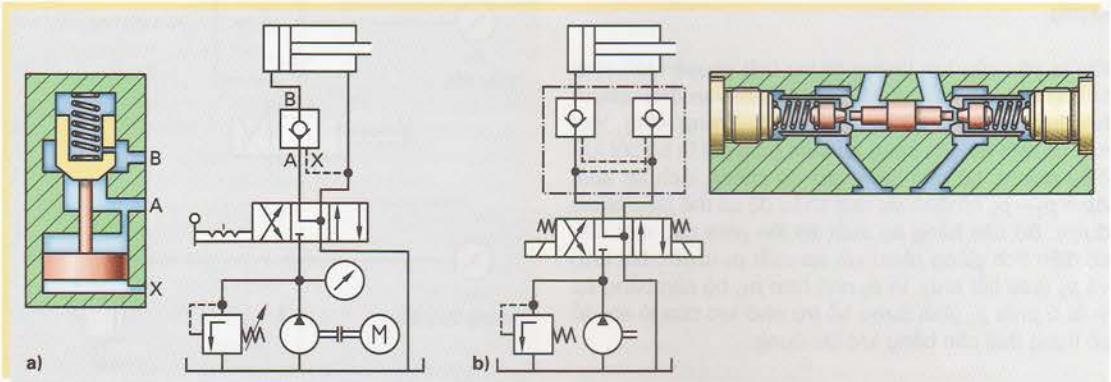
Một hình thức thực hiện đơn giản là **van một chiều chặn trở về** (**Hình 3**) thí dụ như bơm bị dẫn động do tải giảm xuống (**Hình 3a**). Một lãnh vực ứng dụng tiếp theo là van hút sau (trễ) ở máy ép (**Hình 3b**) và van chặn cho đường đi vòng của bộ lọc bị chất bẩn (**Hình 3c** và **3e**). Những loại van này được thiết kế trong chu trình kín khi cung cấp nhiên liệu (**Hình 3d**). Thông thường một xi lanh khi bị tải bên ngoài tác động có thể không giữ được vị trí cố định ở giữa của van dẫn hướng 5/3. Rò rỉ trong van cũng khiến xi lanh dịch chuyển một ít.

Van một chiều chặn trở về có thể tháo chặn để tránh được sự dịch chuyển chậm chạp (**Hình 4a**). Van này cho phép dòng chảy lưu thông một phía từ A đến B và chặn lưu thông từ B sang A. Van có thêm một đầu nối (cửa van) điều khiển, nhờ đó mà van có thể mở chặn, để cho dòng chảy di chuyển ngược lại.



Hình 3: Những ứng dụng

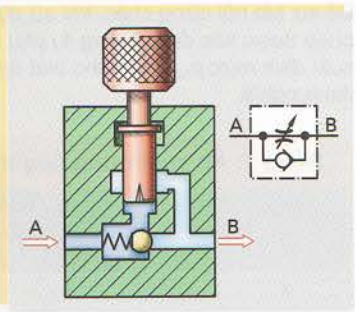
Nếu có yêu cầu ngăn cản mạch tiêu thụ ở cả hai chiều chuyển động, thì ta sử dụng van một chiều điều khiển được hướng chặn kép (**Hình 4b**).



Hình 4: Van trở về có thể mở khóa được

https://tieulun.hopto.org

Trong **van tiết lưu một chiều (chặn trở về)** (**Hình 1**) dòng chảy của chất lỏng thủy lực từ A sang B bị tiết lưu. Qua đó lưu lượng đến phần tử làm việc bị giảm và do đó tốc độ di chuyển cũng giảm bớt đi. Trong chiều ngược từ (B sang A) không có tiết lưu, nên van cho phép chất lỏng tự do di chuyển qua cả toàn phần tiết diện.



Hình 1:Van tiết lưu chặn trở về

10.6.5.4 Các phụ tùng

Ống mềm hay ống cứng dẫn chất lỏng thủy lực và nối những cụm thiết bị thủy lực lại với nhau. Để giữ cho lưu lượng tiêu hao càng ít càng tốt, lưu tốc (tốc độ dòng chảy) không được vượt quá trị số xác định (**Bảng 1**).

Phương trình liên tục mô tả sự liên hệ giữa lưu lượng theo thể tích q_v và lưu tốc v.

$$q_v = A \cdot v \qquad [q_v] = m^3/s; \qquad [A] = m^2; \qquad [v] = m/s$$

Từ đó suy ra lưu tốc cho phép

$$v = \frac{q_v}{6 \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}} \cdot 10^2$$ (Phương trình theo trị số ghi đơn vị)

$[d] = mm; \ [q_v] = l/min]; \ [v] = m/s$

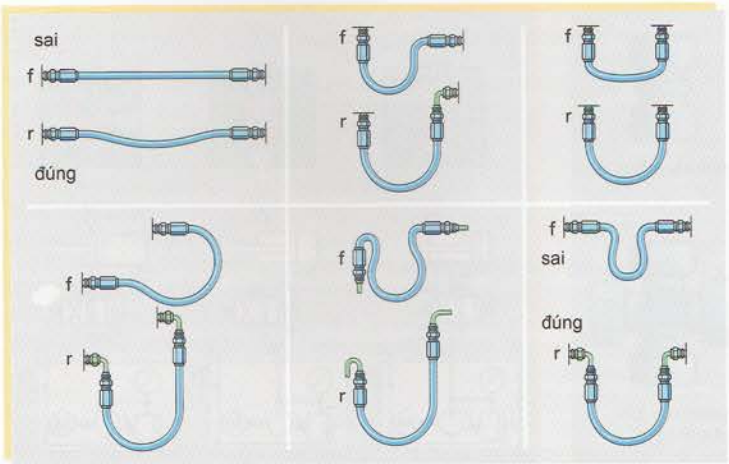
Bảng 1: Tốc độ lưu lượng tối đa

đến 50 bar áp suất vận hành: 4,0 m/s
đến 100 bar áp suất vận hành: 4,5 m/s
đến 150 bar áp suất vận hành: 5,0 m/s
đến 200 bar áp suất vận hành: 5,5 m/s
đến 300 bar áp suất vận hành: 6,0 m/s

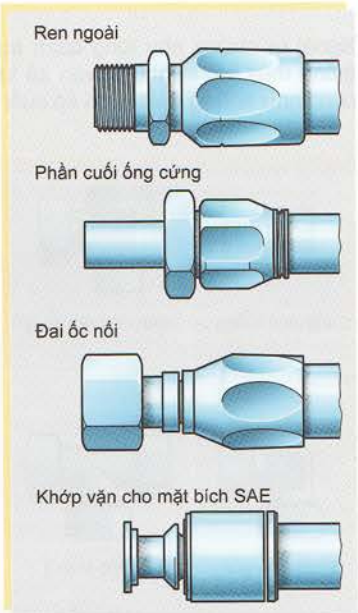
Ống mềm có tính linh hoạt, đặc biệt sử dụng để nối giữa những máy móc phải di chuyển (**Hình 2**). Lõi ống mềm được cấu tạo gồm có neoprene, cao su tổng hợp hay teflon, lớp chịu áp suất là lớp đan bằng dây kim loại với/hay polyester hay rayon. Lớp đan (dệt) có thể có nhiều lớp. Phía phủ ngoài được làm bằng vật liệu chống mài mòn (thí dụ cao su). Sự kết nối đến những thiết bị được chế tạo qua những phụ tùng ở cuối ống mềm (**Hình 3**). Những ống mềm được nối với phụ tùng hay nối với nhau qua ghép nối ren (bắt vít) hay bộ ly hợp khớp nối nhanh. Theo DIN 24950 người ta phân biệt các đầu nối: ren vặn, ống cứng, khớp nối bích, vòng, bộ ly hợp và vành đai.

Hình 2: Ống mềm thủy lực

Khi thiết kế ống cứng cần phải chú ý sử dụng đúng độ dài, để ống mềm không bị kéo và bán kính uốn phải đủ lớn (**Hình 4**).



Hình 4: Lắp ráp ống mềm thủy lực



Hình 3: Phụ tùng ống mềm (phần nối ống mềm)

10

https://tieuluan.hopto.org

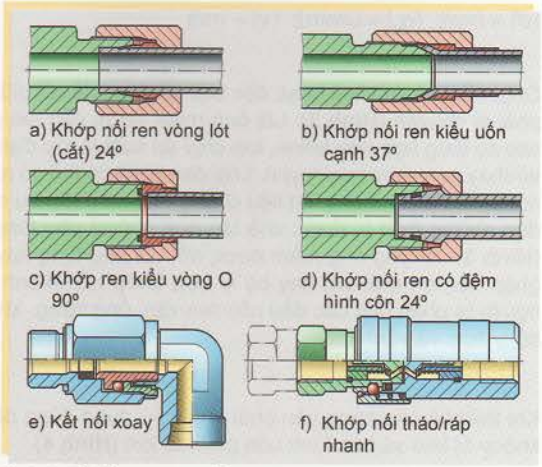
Để sự kết nối cứng chắc, khi sử dụng ống dẫn phải tuân thủ thật chính xác tiêu chuẩn DIN 2391. Áp suất cho phép được xác định (**Bảng 1**) phụ thuộc vào lực tác dụng trên thành ống theo DIN 2445. Ở đây, bên cạnh áp suất định mức p_{nom} còn cho biết áp suất cho phép tối đa p_{max}. Áp suất làm vỡ vào khoảng 2 đến 3 lần áp suất danh nghĩa.

Bảng 1: Áp suất trong ống thủy lực

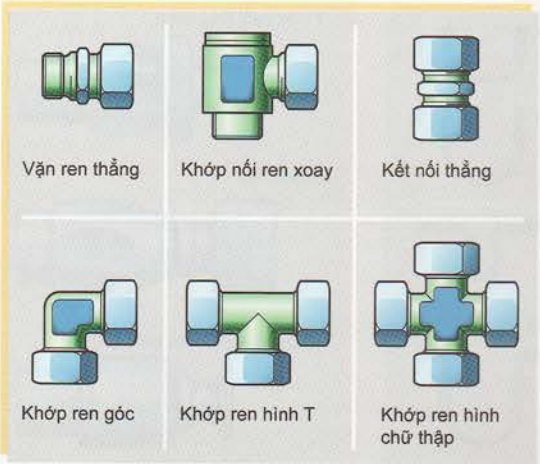
p_{nom} = 100 bar p_{max} = 145 bar		p_{nom} = 160 bar p_{max} = 205 bar		p_{nom} = 250 bar p_{max} = 295 bar		p_{nom} = 320 bar p_{max} = 365 bar		p_{nom} = 400 bar p_{max} = 445 bar	
D	s	D	s	D	s	D	s	D	s
6	1	6	1	6	1	6	1	6	1,5
8	1	8	1	8	1,5	8	1,5	8	2
10	1	10	1	10	1,5	10	1,5	10	2
12	1	12	1,5	12	2	12	2	12	2,5
16	1,5	16	1,5	16	2	16	2,5	16	3
20	1,5	20	2	20	2,5	20	3	20	4
25	2	25	2,5	25	3	25	4	25	5
30	2,5	30	3	30	4	30	5	30	6
38	3	38	4	38	5	38	6	38	8
50	4	50	5	50	6	50	8	50	10

Việc kết nối cố định giữa các ống cứng với cụm thiết bị thủy lực còn có nhiều quy tắc về thiết kế (**Hình 1a** đến **1d**). Nếu cần kết nối giữa một bộ phận đứng yên với một bộ phận quay được yêu cầu, thì kết nối xoay được sử dụng (**Hình 1e**). Nếu những nhóm cấu tạo thường xuyên phải kết nối hay tháo ra (thí dụ thủy lực di động), thì trên thị trường có bộ ly hợp ráp/tháo nhanh với có hay không có van một chiều (**Hình 1f**). Van một chiều có khả năng tạo kết nối mà không phải xả hết chất lỏng thủy lực. Bảng tổng quan về sự kết nối này có trong DIN 3850. Ngoài ra cũng còn rất nhiều chọn lựa cho kết nối ống dẫn (**Hình 2**).

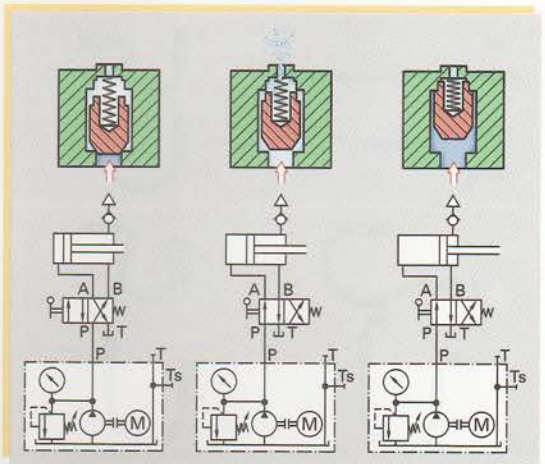
Ngoài ra những phụ tùng quan trọng khác trong hệ thống thủy lực là những van xả không khí (**Hình 3**) cũng như những thiết bị đo áp suất và lưu lượng.



Hình 1: Nối ống (cứng) bằng ren



Hình 2: Kết nối đường ống dẫn



Hình 3: Van xả khí

https://tieulun.hopto.org

10.7 Cảm biến

10.7.1 Ý nghĩa và sự quan trọng của cảm biến

Trong sự tự động hóa nhiều thiết bị được dùng để thực hiện kỹ thuật điều khiển cho các quá trình như phần cứng, phần mềm của PLC hay bộ vi xử lý (microcontroller). Các phần tử này chỉ có thể đáp ứng được nhiệm vụ khi chúng được cung cấp các dữ liệu của quá trình cần thiết một cách đáng tin cậy, đó là những dữ liệu như nhiệt độ, đoạn đường đã qua hay vận tốc góc.

Các cảm biến cung cấp các dữ liệu dùng để điều khiển và điều chỉnh sự diễn biến quá trình (**Hình 1**).

Hình 1: Thu nhận vị trí của một hệ thống chuyển hàng treo trên không bằng cảm biến

Thông tin quá trình từ trình tự sản xuất trong quy trình công nghệ chế biến hay trong lĩnh vực tự động hóa phần lớn các đại lượng vật lý không là điện, như là đoạn đường, góc, áp suất hay mức làm nạp chất lỏng. Để quy trình có thể diễn biến hoàn toàn tự động, các đại lượng này phải thu nhận qua kỹ thuật đo (và biến thành đại lượng điện - ND).

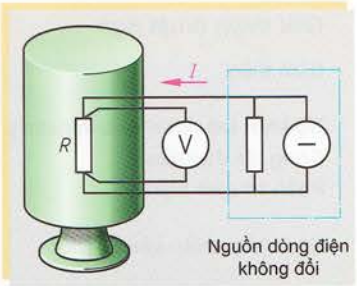
Các cảm biến thu nhận các đại lượng vật lý không điện và biến chúng thành đại lượng điện thí dụ như điện áp. Đại lượng thường được dùng là dòng điện (thí dụ 4 - 20 mA).

Đại lượng đo vật lý	Thu nhận	Xử lý	Xuất	Đại lượng điện
Chiều dài, khoảng cách Độ giãn Thời gian Khối lượng Nhiệt độ Cường độ chiếu sáng Vận tốc Vận tốc góc Mô men Áp suất Bề dày lớp	⇨	 Bằng cách ứng dụng các nguyên tắc vật lý khác nhau, đại lượng vật lý được biến đổi thành:	⇨	Điện áp Năng lượng Điện trở Điện dung Cường độ điện trường Phẩm chất mạch dao động (*hệ số Q - ND*)

Hình 2: Biến đổi các đại lượng đo trong quá trình

Thí dụ: Đo một đại lượng vật lý không điện

Công việc đo đạc:	Đo nhiệt độ chất lỏng bên trong bồn chứa chứa nhiên liệu (**Hình 3**)
Đối tượng được đo:	Chất lỏng
Đại lượng đo:	Nhiệt độ chất lỏng
Nguyên tắc vật lý:	Sự phụ thuộc vào nhiệt độ của điện trở Ohm *R* (cảm biến - đầu dò đo) của kim loại



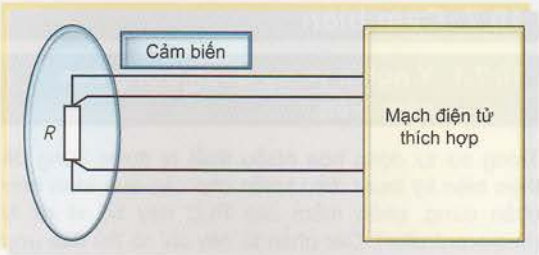
Hình 3 : Thu nhận tín hiệu đo

https://tieuluan.hopto.org

Thực hiện nguyên tắc:

Đo điện áp sụt trên điện trở R, dòng điện chạy qua điện trở luôn không đổi, không tùy thuộc vào trị số điện trở.

Bộ nhận trị số tín hiệu đo (**Hình 1**) bao gồm cảm biến và mạch điện tử thích hợp.

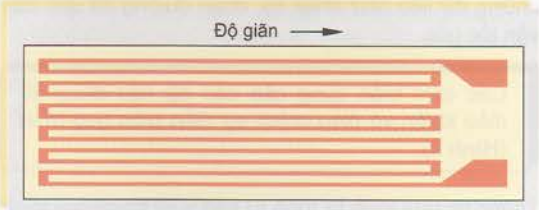


Hình 1: Bộ thu nhận các trị số đo (cảm biến)

Các loại cảm biến

Cảm biến là thiết bị cảm nhận sự biến đổi các đại lượng trong các quá trình vật lý khác nhau, có hai loại:

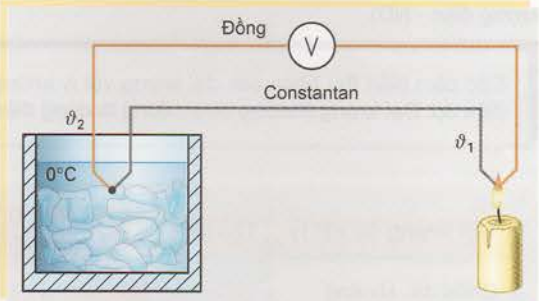
Cảm biến thụ động là tổng kháng trở dưới dạng điện trở Ohm, độ tự cảm, điện dung hay phối hợp các loại trên. Cảm biến thụ động thay đổi theo các đại lượng thu nhận. Tại đó cảm biến thụ động bị thay đổi do các đại lượng thu nhận (**Hình 2**).



Hình 2: Cảm biến thụ động, dải băng (màng sọc) đo giãn nở

Cảm biến thụ động cần năng lượng phụ trợ để tạo nên các tín hiệu điện.

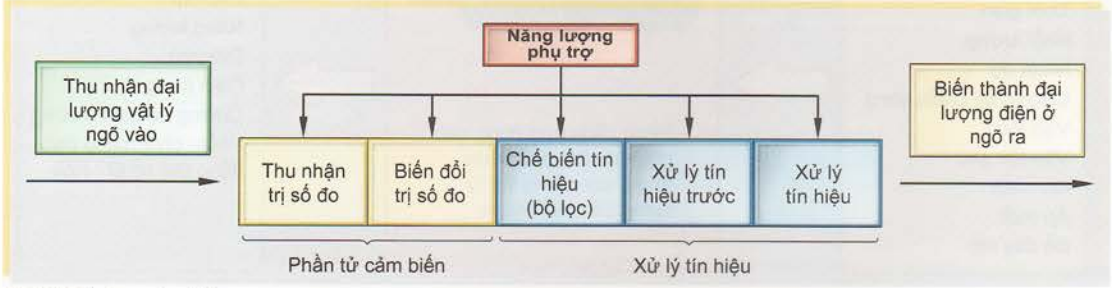
Cảm biến chủ động (tích cực) biến đổi các đại lượng vật lý không điện trực tiếp thành tín hiệu điện (**Hình 3**).



Hình 3: Cảm biến chủ động, cặp nhiệt điện

Cảm biến chủ động là bộ biến đổi năng lượng, nó không cần năng lượng từ bên ngoài.

Về nguyên tắc các cảm biến bao gồm hai thành phần, phần tử cảm biến và thành phần xử lý tín hiệu. Chúng biến các tín hiệu của phần tử cảm biến thành tín hiệu điện ở ngõ ra.



Hình 4: Cấu tạo cảm biến

Giải thích thuật ngữ

Cảm biến:	Còn gọi là phần tử thu nhận tín hiệu, đầu đo, đầu dò, bộ biến đổi trị số đo, bộ biến đổi dạng tín hiệu đo hay bộ phát trị số đo
Bộ khởi tạo (khởi đầu-Initiator):	Công tắc đến gần (tiệm cận)
Công tắc đến gần:	Cảm biến chỉ tạo tín hiệu đóng/mở
Phần tử cảm biến:	Chỉ là một phần của cảm biến để thu nhận tín hiệu đo, nhưng không xử lý tín hiệu.
Hệ thống nhiều cảm biến:	Một hệ thống cảm biến bao gồm nhiều loại cảm biến giống nhau hay khác nhau có cùng một nhiệm vụ. Thí dụ hệ thống nhiều cảm biến dùng để thu nhận hình dạng các dụng cụ.

https://tieulun.hopto.org

Tổng quan về cảm biến nhị phân:

Trong **Hình 2, trang 489** chúng ta có một danh sách liệt kê nhiều đại lượng không điện khác nhau có thể được đo đạc, ghi nhận bằng các cảm biến. Thí dụ trong các hệ thống cơ điện tử, ta cần biết vật thể không vượt qua một khoảng cách nhất định hoặc chất lỏng trong bình chứa không vượt ngưỡng; hoặc cần biết khi ren bị cắt, hay dụng cụ cắt trong máy CNC có bị gãy hay gián đoạn hay không... Để ghi nhận tất cả thông tin này, người ta cần dùng các cảm biến. Chúng có thể được phân chia sơ bộ như sau:

- Cảm biến nhị phân (tín hiệu ngõ ra, tín hiệu chuyển đổi đóng / ngắt; điện áp 0V / 24V; dòng điện 0 mA / 20 mA)
- Cảm biến digital (ghi nhận quãng đường bằng kỹ thuật số, thí dụ cảm biến gia số đo đoạn đường)
- Cảm biến analog (ghi nhận các đại lượng biến thiên theo thời gian như nhiệt độ, áp suất, đo bề dày)

Bảng 1: Tổng quan về một vài cảm biến nhị phân

Loại cảm biến	Làm việc không tiếp xúc	Nguyên tắc vật lý	Ghi nhận hay đo gì?
Công tắc định giới hạn	Không, tiếp xúc-nhấn	Tác động bằng hệ thống cần, đòn bẩy	Khoảng cách, mức, áp suất
Cảm biến điện cảm	Có	Cảm biến tạo ra từ trường tán xạ (phân tán). Khi vật dẫn điện đi vào từ trường này, nó làm ảnh hưởng từ trường và do vậy kích hoạt quá trình chuyển mạch.	Khoảng cách từ đối tượng đã vượt quá hay gần đến
Cảm biến điện dung	Có	Cảm biến tạo điện trường tán xạ (phân tán). Tùy theo hằng số điện môi tuyệt đối ε_r của vật thể đi vào điện trường tán xạ (phân tán), sẽ làm thay đổi điện dung của phần tử cảm biến và do vậy kích hoạt quá trình chuyển mạch. Các cảm biến điện dung cũng phản ứng với kim loại.	Khoảng cách từ đối tượng đã vượt quá hay gần đến, Dò tìm đối tượng có mặt trong một khoảng không gian được giới hạn, Dò tìm sự có mặt đối tượng bằng kim loại
Cảm biến quang điện tử - Rào ánh sáng một chiều - Rào ánh sáng phản xạ - Cảm biến ánh sáng phản xạ	Có	Tia sáng bị làm gián đoạn với rào sáng; Cảm biến ánh sáng thu nhận lượng ánh sáng phản chiếu từ vật thể.	Nhận biết đối tượng có mặt trong khoảng không gian nhất định, Khoảng cách từ đối tượng đã vượt quá hay gần đến, Mức đã đạt, Chi tiết gia công đã thực hiện, thí dụ lỗ khoan có sẵn
Cảm biến siêu âm	Có	Cảm biến siêu âm phát ra xung âm thanh ngắn, xung này phản xạ từ vật thể, từ phép đo thời gian truyền âm thanh ta có thể tính được khoảng cách đối với vật thể	Nhận biết đối tượng có mặt trong khoảng không gian nhất định, Khoảng cách từ đối tượng đã vượt quá hay gần đến, Mức đã đạt.
Cảm biến thụ động báo tin bằng hồng ngoại	Có	Thu nhận sự sai biệt của tia nóng phát ra từ vật thể và đánh giá	Nhận biết, đối tượng ở mặt bên trong vùng dò tìm (thu nhận tín hiệu)

Điều đáng chú ý là tất cả các cảm biến nêu trên, cho đến công tắc định giới hạn bằng cơ học, đều làm việc không cần tiếp xúc. Công tắc cơ học này còn có ý nghĩa lớn trong các hệ thống máy móc công nghiệp do chúng có nhiều ưu điểm như giá thành phải chăng so với các loại cảm biến khác và không bị từ trường lạ làm nhiễu điện. Do chúng không cần năng lượng phụ trợ cho nên chúng có thể được lắp đặt ở mọi nơi.

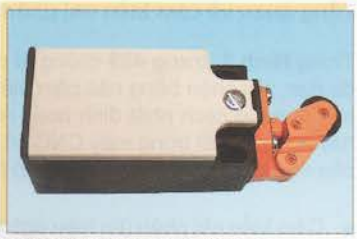
10.7.2 Công tắc định giới hạn cơ học (Công tắc định vị trí)

Công tắc định giới hạn tác động bằng cơ học là công tắc nhị phân. Chúng được dùng trong thang máy, cần cẩu, máy làm việc và máy công cụ, máy ép tầng, máy xử lý gỗ, băng chuyền vận v.v...

https://tieulun.hopto.org

Các loại thiết kế:

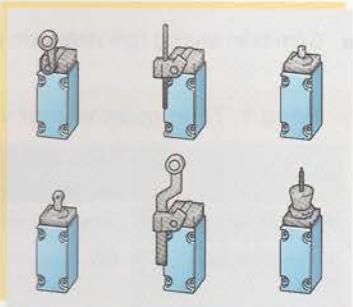
- Thiết kế đơn giản để dùng trong những nơi phát sinh ít bụi thí dụ như máy in, máy photocopy (**Hình 1**).
- Thiết kế được bọc kín cho ngành chế tạo máy và thiết bị. Phần tử công tắc trong thiết kế loại này đối với tất cả các chủng loại đều giống nhau. Khác nhau chỉ là phần tử tác động (**Hình 2**).



Hình 1: Công tắc định giới hạn

Các đặc tính:

- Đóng / ngắt dòng điện một chiều và xoay chiều với điện áp khác nhau, từ công suất nhỏ nhất đến lớn nhất.
- Cách điện galvanic (*điện thế nổi trôi, không nối đất với nhau - ND*) một trăm phần trăm.
- Rẻ tiền hơn so với các cảm biến không tiếp xúc.



Hình 2: Thiết kết có nắp đậy kín với các phần tử tác động khác nhau.

Khả năng lặp lại điểm chuyển mạch

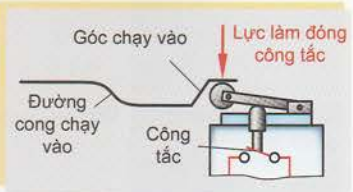
Phản ánh mức độ chính xác việc đóng/mở công tắc toàn bộ hệ thống cơ học với sự chuyển mạch lặp lại. Công tắc định giới hạn bằng cơ học có sự lặp lại tốt hơn so với các bộ khởi tạo (cảm biến) vận hành không tiếp xúc.

Sự tác động công tắc giới hạn

Các cơ cấu cơ học thực hiện sự tác động. Ở đây chúng ta phải chú ý góc khởi động chính xác và vận tốc khởi động cực đại cho phép (**Hình 3**).

Sự nảy do tiếp xúc

Tất cả các công tắc cơ học đều nảy lên và xuống khi tiếp xúc. Điều này có nghĩa là phần tử công tắc của một công tắc định giới hạn bị đóng mở nhiều lần trong quá trình đóng lại. Nguyên nhân sự nảy là do tác dụng lò xo của công tắc (**Hình 4**). Sự nảy không đóng vai trò gì trong việc điều khiển rơ le trực tiếp. Vì ở ngõ vào của PLC có bộ lọc với hằng số thời gian từ 5 ms đến 20 ms và thời gian nảy của công tắc định giới hạn trong khoảng dưới 5 ms, do đó nó có thể nối với các ngõ vào của PLC mà không gặp vấn đề gì. Tuy nhiên khi nối với các ngõ vào của bộ đếm ở PLC, sự nảy do công tắc sẽ gây ra sai số đếm.

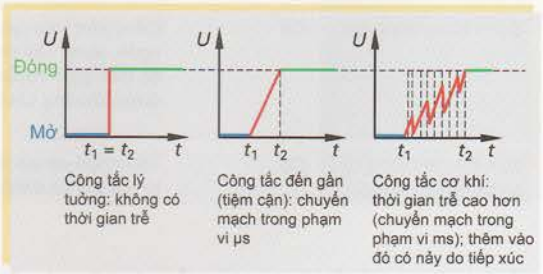


Hình 3: Góc chạy vào (tiến gần)

Nơi sử dụng công tắc định giới hạn nhiều nhất

Công tắc định giới hạn thường được dùng như **công tắc cuối**. Một vật được chuyển động bằng khí nén, điện cơ hay thủy lực, đầu dò định giới hạn có nhiệm vụ làm dừng (STOP) vật lại khi đạt được một vị trí xác định.

Với những máy móc có thể gây nguy hiểm khi vượt quá giới hạn cuối, thí dụ như cần cẩu, công tắc định giới hạn cơ học được dùng như **công tắc an toàn (Hình 5).** Công tắc định giới hạn thường được thiết kế trực tiếp trong mạch điện của loại máy nói trên.

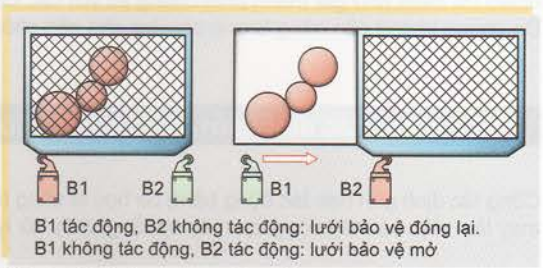


Hình 4: Chuyển mạch không có nảy và có nảy

Cần chú ý:

> Sự tách ly các hệ thống một pha luôn luôn được thực hiện hai cực.
>
> Sự tách ly các hệ thống ba pha luôn luôn được thực hiện ba cực.

Thay vì công tắc định giới hạn ta có thể dùng cảm biến quang học hay cảm ứng điện có hướng an toàn với các đơn vị đánh giá tương ứng.

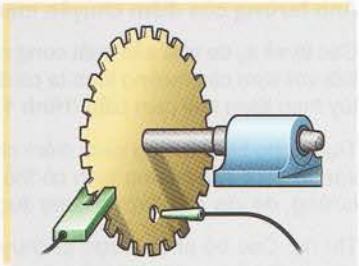


Hình 5: Thí dụ ứng dụng: Công tắc định giới hạn

https://tieuluan.hopto.org

10.7.3 Cảm biến cảm ứng công tắc tiệm cận

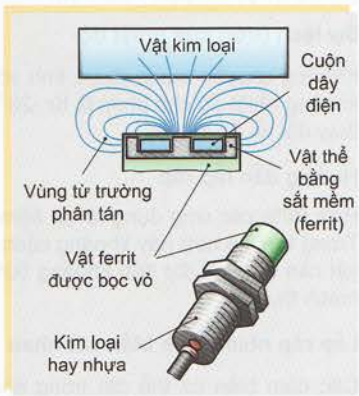
Cảm biến cảm ứng là công tắc điện tử vận hành không tiếp xúc, được dùng để dò biết sự có mặt của kim loại hay graphit. Chúng thường được sử dụng để kiểm tra và đo vận tốc quay (**Hình 1**), để nhận biết vị trí cuối cùng hoặc để truy cập tín hiệu xung của những máy chuyển động quay.



Hình 1: Đo số vòng quay với cảm biến hình khe hở

Nguyên tắc hoạt động

Một cuộn dây, thành phần của một mạch dao động, tạo ra một từ trường phân tán cao tần. Khi một vật dẫn điện hay dẫn từ đi vào từ trường phân tán này, trong vật này phát sinh các dòng điện xoáy làm tiêu hao chất lượng của mạch dao động. Ở vật liệu sắt từ, sự tổn hao dòng điện xoáy và sự đảo từ gây tiêu hao chất lượng của mạch dao động. Nếu vật nằm ngoài tầm hoạt động, mạch dao động dao động với biên độ lớn. Nếu khoảng cách tới hạn thấp quá, biên độ dao động sẽ giảm đi. Sự thay đổi đột biến biên độ này (sự suy giảm tín hiệu của cảm biến) được tầng chuyển mạch nhận biết và được tầng cuối biến đổi thành một tín hiệu xác định (**Hình 2**).



Hình 2: Cách hoạt động của cảm biến cảm ứng

Khoảng chuyển mạch

Sự tiêu hao do dòng điện xoáy phụ thuộc vào điện trở riêng và độ từ thẩm của vật cần thu nhận, vào dạng hình học của vật (diện tích, bề dày) và tần số dao động. Ngoài ra khoảng chuyển mạch danh nghĩa còn tùy vào điện cảm của cuộn dây cảm biến nằm sau bề mặt chủ động. Như vậy ta có sự liên hệ giữa dạng thiết kế và khoảng chuyển mạch (**Hình 3**).

Công thức theo kinh nghiệm (*công thức nắm tay*)

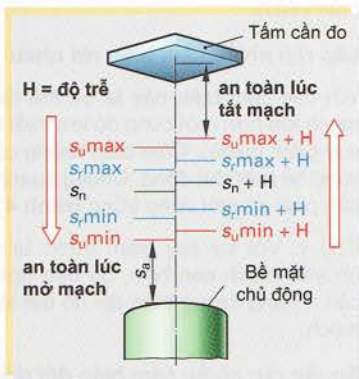
Khoảng chuyển mạch tối đa tương đương với phân nửa đường kính cảm biến.

Khoảng chuyển mạch danh nghĩa (thiết kế, định mức) (sn) là một độ lớn của thiết bị, nó không lưu ý đến sự phân tán (độ sai lệch riêng lẻ) của vật chế tạo và ảnh hưởng từ bên ngoài. Trong bản chọn lựa, chỉ có trình bày khoảng cách chuyển mạch.

Khoảng chuyển mạch thực nghiệm (s_r) được cho biết kèm nhiệt độ xác định (23 ^{0}C + 5 ^{0}C) và điều kiện cung cấp điện. Nó có tính đến sự phân tán (độ sai lệch) trong sản xuất hàng loạt. Ta có : $0,9 \cdot s_n \le s_r \le 1,1 \cdot s_n$.

Khoảng cách chuyển mạch hữu dụng (s_u) được bảo đảm nằm trong khoảng điện áp cho phép (85%...110% điện áp vận hành định mức) và khoảng nhiệt độ cho phép (-25 ^{0}C...70 ^{0}C).

Ta có: $0,81 \cdot s_n \le s_u \le 1,21 \cdot s_n$.

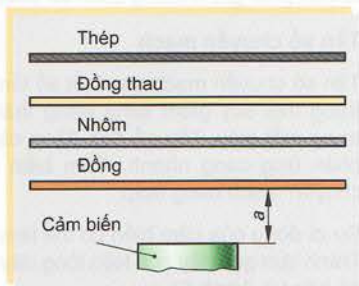


Hình 3: Khoảng chuyển mạch

> s_a được xem là khoảng chuyển mạch an toàn. Đó là khoảng cách mà trong đó cảm biến sẽ chuyển mạch an toàn 100%.

10.7.4 Các hệ số hiệu chỉnh

Tất cả khoảng chuyển mạch được cho biết của các cảm biến cảm ứng căn cứ trên các phần tử tác động bằng vật liệu E320 (St37) với kích thước xác định (DIN EN 50010). Các phần tử bằng vật liệu khác đưa đến khoảng chuyển mạch không giống kích thước tiêu chuẩn (chiều dài cạnh, bề dày vật liệu). Việc đưa ra các hệ số hiệu chỉnh không đổi cho những vật liệu nhất định là không đúng về kỹ thuật. Tất cả kim loại đều có khoảng dung sai. Nguyên nhân hình thành dung sai là do các tính chất riêng của mạch dao động (tần số dao động) và vật liệu làm giảm mạch dao động (độ tinh khiết, cấu trúc, kích thước hình học, **Hình 4**).



Hình 4: Các hệ số giảm

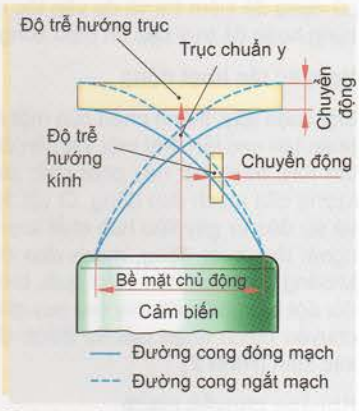
https://tieulun.hopto.org

Ảnh hưởng của điểm chuyển mạch do sự suy giảm (độ tắt dần)

Các trị số s_n do nhà sản xuất cung cấp giá trị cho sự chuyển động của tấm cần đo (vật cần đo) theo hướng trục. Đối với tiệm cận hướng kính ta có được khoảng cách chuyển mạch từ những đường cong (biểu diễn) đặc biệt, tùy theo từng loại cảm biến (**Hình 1**)

Trục y cho biết khoảng cách điểm chuyển mạch đến bề mặt chủ động. Vì với sự tiệm cận hướng kính có thể tạo quá trình chuyển mạch theo hai hướng, do vậy các đường cong được phản chiếu qua trục y.

Thí dụ: Các bộ phận được di chuyển trên một băng chuyền vận được nhận biết bằng một cảm biến cảm ứng (d của bề mặt chủ động (tích cực) = 20 mm, s_n = 15 mm) với s = 5 mm. **Hình 2** cho ta đường cong tiến đến của cảm biến được dùng. Trị số bật (ON) chuyển mạch: 7,6 cm, trị số tắt (OFF) chuyển mạch: 7,85 mm.



Hình 1: Đường cong khởi động

Sự lệch (trôi) của nhiệt độ

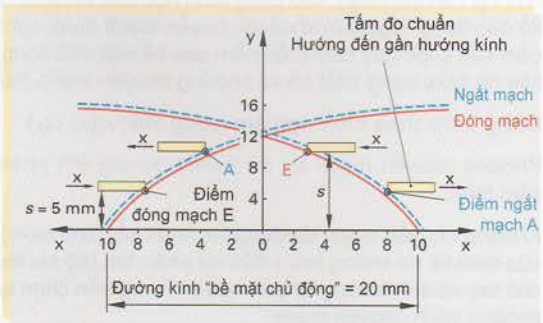
Khoảng chuyển mạch được tính với nhiệt độ môi trường là 20 ^{0}C. Với khoảng nhiệt độ cho phép là từ -20 ^{0}C đến +70 ^{0}C khoảng chuyển mạch thay đổi tối đa ± 10%.

Hướng dẫn lắp ráp

Hơn 90% các ứng dụng là sự tiệm cận hướng kính. Trong trường hợp này khoảng cách giữa cảm biến và vật cần dò phải đạt đến khoảng 50% khoảng chuyển mạch thực tế.

Lắp ráp nhiều cảm biến sát nhau

Các cảm biến có thể đặt trong những tấm kim loại cho tới bề mặt chủ động. Khoảng cách giữa hai mặt kim loại đối diện phải ≥ 3 s_n. Khoảng cách giữa hai cảm biến phải ≥ D (**Hình 3**) (*D là đường kính của cảm biến - ND*).



Hình 2: Sự trễ, trị số đóng/ngắt mạch

Lắp ráp nhiều cảm biến rời nhau

Với các cảm biến này ta có thể đạt khoảng chuyển mạch lớn hơn (với cùng độ lớn thiết kế và không có sự suy giảm trước). Cảm biến không có vỏ kim loại trong vùng bề mặt chủ động. Chung quanh bề mặt chủ động cần phải có một vùng trống (**Hình 4**).

Chú ý: Với sự suy giảm trước ta đạt được khoảng chuyển mạch cao hơn, do bên trong vật thể cần dò cần ít năng lượng biến đổi để đạt tới ngưỡng chuyển mạch.

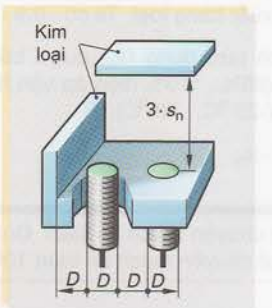
Sự lắp ráp nhiều cảm biến đối diện nhau

Giữa các bề mặt chủ động của các cảm biến cảm ứng ta cần phải giữ khoảng cách tối thiểu ≥ 3D.

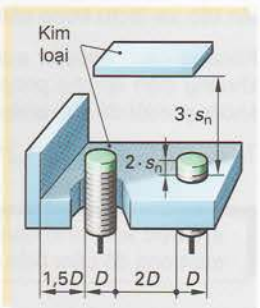
Tần số chuyển mạch

Tần số chuyển mạch cho biết số lần tối đa thay đổi từ trạng thái suy giảm sang trạng thái không suy giảm trong mỗi giây. Tần số dao động càng lớn, cảm biến phản ứng càng nhanh. Cảm biến càng lớn, tần số chuyển mạch càng thấp.

Sự di động của cảm biến có thể làm hư hỏng cáp nối. Tránh làm gập dây nối. Nên lồng dây nối vào ống mềm để bảo vệ (**Hình 5**).



Hình 3: Lắp ráp nhiều cảm biến thành cụm với nhau



Hình 4: Lắp ráp nhiều cảm biến rời nhau

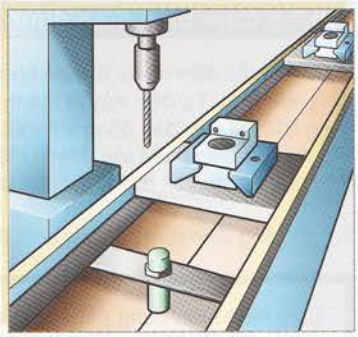
Hình 5: Lắp ráp với các cảm biến di động

https://tieulun.hopto.org

Ưu và nhược điểm của cảm biến cảm ứng

Ưu điểm:

- Độ tin cậy cao khi có sự chuyển mạch ít hay nhiều lần
- Tần số tác động cao (đến 5 kHz)
- Hoạt động không tiếp xúc, không có tác động ngược đối với vật cần dò
- Vật liệu tìm dò không phải kim loại dù bị bụi, ẩm ướt cũng không làm ảnh hưởng đến độ chính xác chuyển mạch
- Có thể chế tạo với kỹ thuật hai dây, vì điện tiêu dùng rất ít
- Giá cả thuận lợi so với cảm biến quang
- Độ chính xác đo đạc cao (< 0,01 mm)



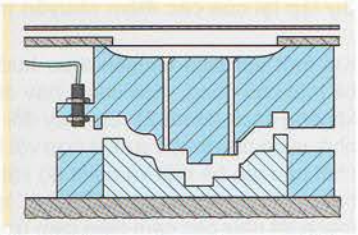
Hình 1: Giám sát dây chuyền lắp ráp tự động

Nhược điểm:

- Chỉ dò tìm được kim loại và graphit
- Chỉ thực hiện được khi khoảng cách giữa các vật nhỏ.

Các thí dụ ứng dụng của các cảm biến cảm ứng

- Giám sát dây chuyền lắp ráp tự động (**Hình 1**)
  - Kiểm tra các bước thao tác
  - Định vị chi tiết cần gia công
  - Đếm và lựa riêng ra các vật bằng kim loại
- Giám sát sự chuyển động và định vị (**Hình 2**)
  - Kiểm tra sự định vị trí bằng cơ học
  - Đo số vòng quay
  - Nhận biết sự quay
  - Giám sát điểm ban đầu 0 (robot)

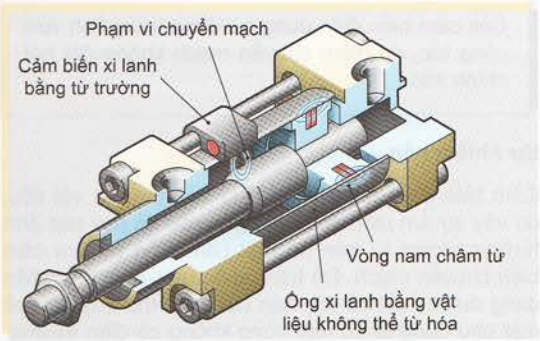


Hình 2: Sử dụng trong vùng nguy hiểm

Cảm biến cảm ứng nam châm từ

Đây là các cảm biến đặc biệt dùng để nhận biết quá trình chuyển động các xi lanh khí nén và định chính xác vị trí pít tông (**Hình 3**).

Các cảm biến được gắn trực tiếp vào thân xi lanh. Với vách vỏ không bằng vật liệu từ tính, khi vòng nam châm vĩnh cửu gắn trên pít tông đến gần, cảm biến khởi động một tín hiệu ngõ ra. Đặc tính nổi bật ở cảm biến này là điểm chuyển mạch với độ chính xác cao ± 0,1mm (U_B và T_U = không đổi).



Hình 3: Sử dụng cảm biến cảm ứng nam châm từ

Các trị số đặc trưng về điện cho cảm biến

- Cảm biến điện áp một chiều 24V DC
  - Phạm vi điện áp 10V...30V; 10V...60V; 5V...60V
- Điện áp xoay chiều từ nguồn điện 115V...230V AC
  - Phạm vi điện áp 98V...253V AC
  - Tần số 48 Hz...62 Hz
- Cảm biến thích hợp cho mọi điện áp
  - Các phạm vi điện áp 10V...30V DC, 24V...240V AC

Xem thêm chương 10.7.8 về cung cấp điện áp và sự nối tải.

Bài tập:

1. Hãy giải thích cách vận hành của cảm biến cảm ứng.
2. Nó cảm ứng với vật liệu nào?
3. Công thức nắm tay (theo thực nghiệm) cho khoảng chuyển mạch như thế nào?
4. Vật liệu nào thích ứng cho s_n? Điều gì xảy ra khi dùng thau hay đồng?
5. Sự lắp ráp với nhiều cảm biến ráp chung với nhau có ý nghĩa gì? Cần giữ khoảng cách ra sao?
6. Khi nào quy định bắt buộc sử dụng công tắc định giới hạn bằng cơ học?
7. Hãy nêu các thí dụ khác cho việc ứng dụng công tắc định giới hạn an toàn.

https://tieulun.hopto.org

10.7.5 Cảm biến điện dung

Với cảm biến điện dung, tụ điện hình thành một điện trường phân tán khá rộng (**Hình 1**). Tụ điện này là thành phần của mạch dao động. Mạch dao động RC bắt đầu dao động khi một vật phải đo (đối tượng, vật dò tìm) đi vào điện trường phân tán. Mạch điện tử đánh giá của cảm biến ghi nhận điều này và chuyển mạch (gởi tín hiệu) cho ngõ ra của cảm biến.

Sự gia tăng điện dung do vật phải đo gây ra quá trình chuyển mạch.

Cảm biến điện dung phản ứng với tất cả vật liệu có hằng số điện môi tuyệt đối đủ lớn và với vật liệu bằng kim loại (xem **Tổng quan**)

Hình 1: Cấu tạo

Sự lặp lại của các điểm chuyển mạch

Khi một vật dịch chuyển theo hướng trục đến gần bề mặt chủ động, điện dung thay đổi tỷ lệ nghịch với khoảng cách (**Hình 2**). Sự thay đổi điện dung cực kỳ nhỏ, vì nó phụ thuộc sự kết hợp vật liệu cũng như tính chất cấu tạo bề mặt và nhiệt độ vật liệu. Do vậy cảm biến loại này không có khả năng lặp lại điểm chuyển mạch tốt như các cảm biến cảm ứng.

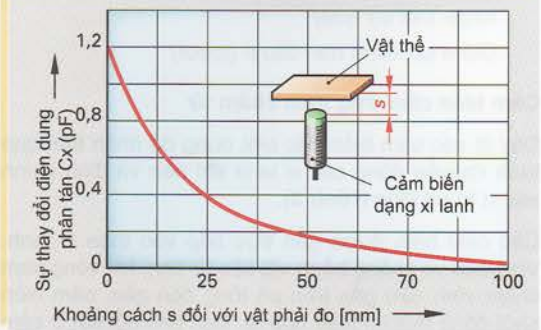
Các cảm biến điện dung sử dụng trong lĩnh vực công tắc, do điểm chuyển mạch không đòi hỏi chính xác.

Tổng quan: Các vật liệu dò tìm được

- Kim loại
- Hầu hết các loại nhựa
- Mỡ, dầu
- Các vật liệu chứa nước (thực phẩm)
- Tất cả loại cồn, dung môi
- Thủy tinh, đồ gốm

Sự nhiễm bẩn

Cảm biến điện dung phản ứng với hầu hết vật liệu, do vậy sự ẩm ướt, đọng băng, nước đá hay các ảnh hưởng tương tự trên bề mặt cảm biến sẽ làm cảm biến chuyển mạch. Để tránh điều này, cảm biến điện dung được thiết kế với điện cực bù. Nhờ vậy gần bề mặt chủ động ta có một vùng không có điện trường. Trong vùng này cho phép tồn tại một vật dò tìm mà cảm biến không dò được. Trong thực tế điều này không thể loại bỏ hoàn toàn, nhưng phải hết sức tránh việc chuyển mạch không mong muốn.



Hình 2: Sự thay đổi điện dung theo s

Khoảng chuyển mạch

Với cảm biến cảm ứng ta có thể thông báo về khoảng cách chuẩn. Đối với cảm biến điện dung điều này khó hơn vì hệ số vật liệu bị ảnh hưởng bởi hệ số điện môi tương đối ε_r mà hệ số này lại thay đổi. Đối với **kim loại**, cảm biến điện dung có độ nhạy tốt nhất. Nếu vật phải đo dẫn điện được nối với đầu nối đất của cảm biến, độ nhạy gia tăng hơn nữa, có nghĩa khoảng chuyển mạch gia tăng.

Đối với **vật phải đo không dẫn điện** điện dung thay đổi tỷ lệ với ε_r và với khoảng cách đến bề mặt chủ động. Điện dung của vật liệu không dẫn điện không bao giờ lớn hơn điện dung của kim loại.

Bảng 1 trình bày các hệ số giảm của các vật liệu khác nhau ở tấm nối đất.

Bảng 1: Các hệ số giảm

Vật liệu	Hệ số hiệu chỉnh
Nước	1,0
Cồn	0,75
Gốm	0,6
Thủy tinh	0,5
PVC	0,45
Nước đá	0,3
Dầu	0,28

https://tieulun.hopto.org

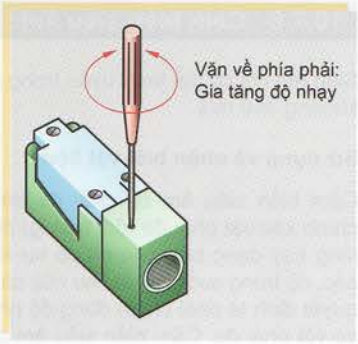
Loại lắp ráp

Tất cả cảm biến điện dung đều cho phép cấu tạo lắp ráp sát (liền nhau) trong bất kỳ vật liệu nào.

Chỉ dẫn việc hiệu chỉnh

Phần lớn cảm biến điện dung đều có một biến trở hiệu chỉnh được (**Hình 1**) để tinh chỉnh khoảng chuyển mạch (**Bảng 1**). Sự tinh chỉnh cơ bản từ 0,7 đến 0,8 · s_n. Với những vật dò tìm có độ nhạy ảnh hưởng yếu (giấy, thủy tinh) ta có thể gia tăng độ nhạy bằng cách xoay biến trở theo phía phải (chiều kim đồng hồ).

Chú ý! Nếu hiệu chỉnh quá nhạy, cảm biến có thể chuyển mạch khi có sự thay đổi các điều kiện chung quanh (nhiệt độ, độ ẩm, sự nhiễm bẩn) hay là cảm biến chuyển mạch chỉ qua một lần tác động.



Hình 1 : Chỉnh độ nhạy

Ưu và nhược điểm của cảm biến điện dung

Các ưu điểm:

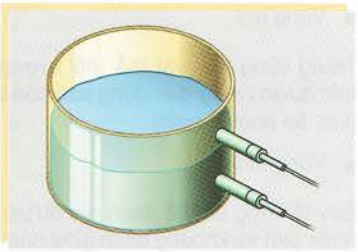
- Nhận biết hầu hết các vật liệu, nhạy nhất đối với kim loại.
- Độ tin cậy cao với chuyển mạch ít hay nhiều lần.
- Công tắc không bị nảy lên xuống do ngõ ra có transistor
- Tốc độ tác động cao hơn so với nút bấm bằng cơ học. Vì khoảng chuyển mạch cực đại của cảm biến cảm ứng là 100 mm, của cảm biến điện dung là 40 mm, tốc độ tác động cả hai nhanh như nhau.
- Bằng sự bù điện cực, sự nhiễm bẩn ít ảnh hưởng trực tiếp trên bề mặt chủ động của cảm biến.
- Có thể sản xuất với kỹ thuật hai dây vì tiêu thụ điện ít (Cảm biến NAMUR cho khu vực EX = có nguy cơ nổ – NAMUR: viết tắt từ **N**orme **A**rbeitsgemeinschaft für **M**ess - **U**nd **R**egelungstechnik der Chemieindustrie = Hiệp hội tiêu chuẩn cho kỹ thuật đo và điều chỉnh của công nghệ hóa học).

Bảng 1: Các khoảng cách chuyển mạch

Cảm biến Ø	Lắp ráp sát nhau	Lắp ráp rời nhau
M12	4 mm	
M18	8 mm	đến 10 mm
M30	15 mm	đến 30 mm

Nhược điểm:

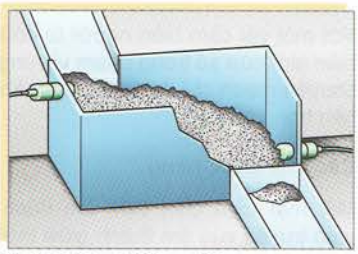
- Đắt hơn so với cảm biến cảm ứng (số lượng nhỏ)
- Khoảng cách vật thể lớn hơn so với cảm biến cảm ứng, nhưng nhỏ hơn so với cảm biến quang.
- Không thể chế tạo cảm biến nhỏ như cảm biến cảm ứng, vì điện dung cần một diện tích cảm biến tối thiểu.



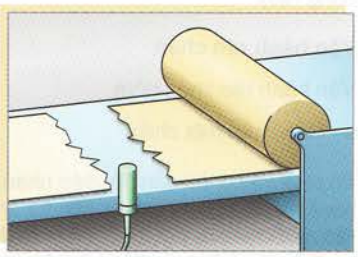
Hình 2: Đo mức đầy

Lĩnh vực ứng dụng tiêu biểu

- Đo mức nạp đầy không tiếp xúc (**Hình 2**). Xuyên qua đo ta có thể nhận biết vật chứa đã đổ đầy chưa.
- Nhận biết vật liệu rời hay hạt (**Hình 3**)
- Giám sát băng. Màng bằng giấy, bằng nhựa khi chưa rách thì mạch dao động của cảm biến dao động. Khi màng rách, điện dung trở nên rất nhỏ, mạch dao động không dao động nữa (**Hình 4**)



Hình 3: Nhận biết hạt rời



Hình 4: Giám sát, theo dõi băng bị đứt

Bài tập:

1. Hãy giải thích sự vận hành của cảm biến điện dung.
2. Cảm biến điện dung nhận biết vật liệu nào?
3. Hãy cho biết sự khác biệt giữa màng mỏng bằng nhựa dày và mỏng khi nhận biết khoảng cách?
4. Hãy cho biết khoảng nhận biết (khoảng chuyển mạch) của một cảm biến điện dung loại M12 và M30.

https://tieulun.hopto.org

10.7.6 Cảm biến siêu âm

Siêu âm chỉ có thể lan truyền trong môi trường (khí, chất lỏng hay vật liệu rắn). Vận tốc lan truyền của siêu âm khoảng 340 m/s.

Sử dụng và nhận biết vật liệu

Cảm biến siêu âm có chất đa năng. Nó nhận biết chính xác vật phải đo (đối tượng) đó là chất rắn, chất lỏng hay dạng bột, cho dù có sự khác nhau về màu sắc, độ trong suốt và kết cấu của các vật thể đó. Điểm quyết định là phải chỉnh đúng độ nhạy giữa cảm biến và vật phải đo. Cảm biến siêu âm dùng ở nơi cần độ chính xác cao và khoảng cách xa. Cảm biến này cũng là lựa chọn duy nhất nếu môi trường làm việc nhiều bụi và ẩm ướt.

Chú ý: Các cảm biến siêu âm khó nhận biết bọt.

Vùng nhận biết (vùng phát hiện, vùng quét)

Siêu âm được phát từ cảm biến có sóng dạng chùy. Vật thể chỉ được nhận biết (phát hiện) khi đi vào chùm siêu âm dạng chùy theo hướng trục hay hướng kính. Chùm siêu âm dạng chùy được phân thành nhiều vùng (**Hình 1**).

- Vùng mù

Trong vùng này vật thể (đối tượng) không thể nhận biết được (vì sự dao động sau của bộ biến đổi sau khi điện áp phát bị ngắt).

- Vùng nhận biết

Đây là vùng có thể đánh giá được, vật phải đo được nhận biết và khoảng cách giữa cảm biến và vật có thể đo được.

- Cửa sổ chuyển mạch

Với một vài cảm biến người ta có thể xác định được biên giới cửa sổ trong phạm vi vùng nhận biết. Ngõ ra chuyển mạch chỉ được thiết lập khi vật phải đo nằm bên trong cửa sổ.

Các loại chức năng

Một mặt cảm biến siêu âm đánh giá, đo đạc thời gian truyền của âm thanh giữa thời điểm phát và thu (**Hình 2**) (vận hành dò), và mặt khác nó kiểm soát tín hiệu phát đi có được thu nhận hay không (vận hành cổng rào).

Vận hành rào chắn

Vận hành rào chắn gồm:

- Rào chắn một chiều

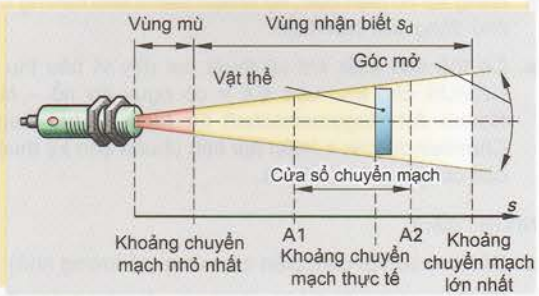
Bộ phát và bộ thu gắn đối diện nhau. Ngõ ra được kích hoạt khi có một vật ngăn cản tia âm thanh. Với cổng rào một chiều ta đạt một tầm hoạt động lớn. Cách này có thể so sánh trực tiếp với rào ánh sáng một chiều (**Hình 3**).

Tổng quan 1: Vùng âm thanh

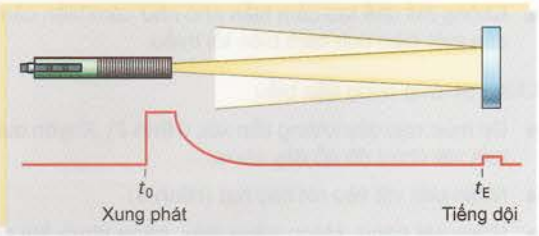
- Hạ âm đến 20 Hz; nhận biết qua vật thể
- Khoảng âm nghe được đến 18kHz; vùng nghe được
- Siêu âm, lan truyền trong không khí khoảng 1 MHz
- Cảm biến siêu âm, tần số làm việc đến 400 kHz; Con người không nghe được siêu âm

Tổng quan 2: Các lợi điểm

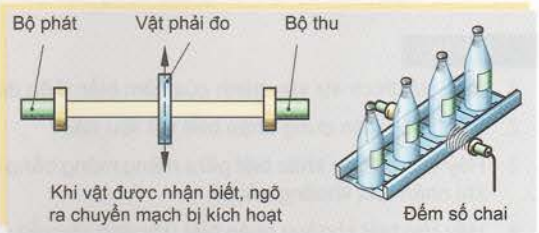
- Nhận biết vật liệu không phụ thuộc vào vật thể
- Đo khoảng cách từ 6 cm đến 15m
- Lấy mẫu (quét) biến dạng vật
- Ứng dụng đối với vật liệu khó nhận biết bằng quang học như màng mỏng, vật liệu trong suốt
- Thích hợp với môi trường thô, phức tạp (hơi ẩm, bụi, sương mù)



Hình 1: Phạm vi nhận biết



Hình 2: Xung phát và tiếng dội, thời gian truyền âm thanh



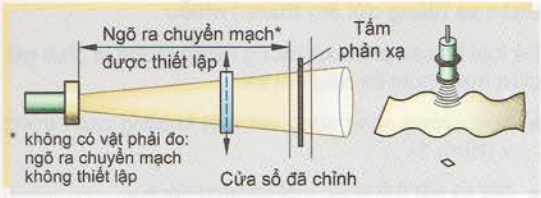
Hình 3: Cổng rào một chiều

https://tieulun.hopto.org

- Rào chắn phản xạ (tiếng dội)

  Trong cách vận hành cửa sổ cảm biến được chỉnh sao cho tấm phản xạ gắn cố định (thí dụ một tấm kim loại) nằm trong cửa sổ. Cảm biến sẽ phát tín hiệu khi vật phải đo che hoàn toàn tấm phản xạ (**Hình 1**).

  Ứng dụng: dùng để lấy mẫu (quét vật) bằng chất dẻo xốp có bề mặt không đều.



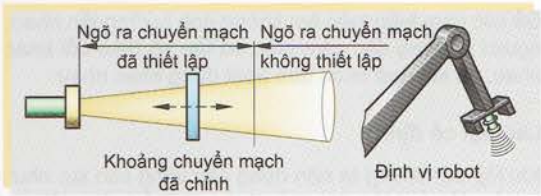
Hình 1: Rào chắn tiếng dội

- Cảm biến phản xạ (công tắc tiệm cận)

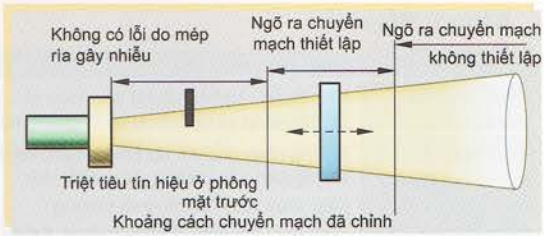
  Cảm biến loại này tận dụng sự triệt tiêu tín hiệu (làm mờ âm thanh) ở phông (nền) (**Hình 2**). Ngõ ra chuyển mạch hoạt động khi vật nằm bên trong khoảng cách chuyển mạch đã được chỉnh.

  Ứng dụng: kiểm tra sự có mặt, đếm các vật phải đo trên băng chuyền vận.

  Chỉ dẫn: cảm biến phản xạ có thể dùng với vận hành cửa sổ cũng như vận hành triệt tiêu tín hiệu (làm mờ âm thanh) ở phông phía trước. Khi triệt tiêu tín hiệu, các mép rìa gây nhiễm có thể đi vào phông phía trước vùng nhận biết nhưng không tạo ra tín hiệu (**Hình 3**).



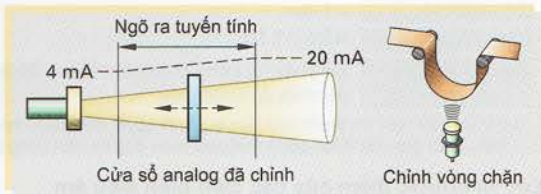
Hình 2: Cảm biến chắn tiếng dội



Hình 3: Cảm biến chắn tiếng dội với sự triệt tiêu tín hiệu ở phông mặt trước

Đo khoảng cách analog

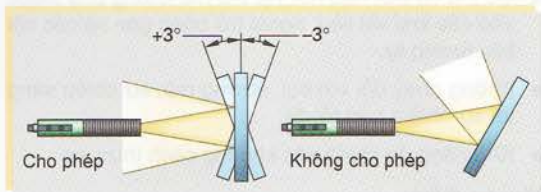
Thời gian truyền các xung âm thanh chính là thước đo khoảng cách đến vật thể. Cảm biến làm việc theo cách vận hành tiếp xúc (dò tìm). Khoảng cách đo được tỷ lệ với điện áp (0 V...10 V) hay dòng điện (4 mA...20 mA). Người sử dụng có thể thay đổi độ dốc đường biểu diễn ngõ ra bằng một biến trở hay một cảm biến teach-in[1] (**Hình 4**). Tất cả cảm biến siêu âm đo khoảng cách analog đều có thể kết hợp với sự triệt tiêu tín hiệu (làm mờ âm thanh) ở phông trước.



Hình 4: Ngõ ra cảm biến analog với dòng điện ngõ ra

Nhận biết vật phải đo

Âm thanh được dội lại tốt nhất khi cảm biến được hướng sao cho sóng âm đến vật thể thẳng góc. Từ một góc tới hạn xác định (**Hình 5**) âm thanh bị dội lại và mất hoàn toàn, cảm biến không nhận được tín hiệu dội lại. Trong trường hợp góc nghiêng nhỏ hơn góc giới hạn, ta phải truy tìm tầm hoạt động cực đại của cảm biến bằng thực nghiệm. Các vật thể hấp thụ âm thanh như cao su xốp, vải vóc và vật liệu có bề mặt gồ ghề, lỗ chỗ (thí dụ cát) phản xạ âm thanh một cách phân tán và do vậy làm giảm khoảng cách nhận biết (quét). Bông gòn và vật liệu tương tự gần như không thể nhận biết bằng cảm biến siêu âm.



Hình 5: Góc giới hạn

Quy tắc thiết kế

Chúng ta phải lắp đặt các cảm biến siêu âm sao cho không có vật liệu nào nằm trên bề mặt cảm biến. Khi đó khoảng cách làm việc của cảm biến sẽ giảm đáng kể.

Hình 6: Bề mặt cảm biến

[1] Teach-IN = dạy cảm biến có thể học vị trí để sau đó tự hiệu chỉnh xem trang 506

https://tieulun.hopto.org

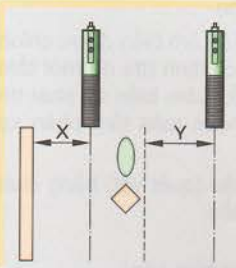
Phản xạ (tiếng dội âm thanh) nhiễu

Để loại bỏ các phản xạ không mong muốn ta phải giữ giữa trục chùm tia siêu âm và:

- bức tường song song với một khoảng cách trống x (**Hình 1**)
- bất kỳ vật thể khác một khoảng cách y

x và y phụ thuộc vào vùng nhận biết (vùng quét).

Để các cảm biến siêu âm không ảnh hưởng lẫn nhau, người ta dùng các cảm biến có tần số biến đổi khác nhau, và kết quả ta có tầm hoạt động khác nhau.



Vùng nhận biết [cm]	X [cm]	Y [cm]
6 - 30	> 3	> 6
20 - 130	> 15	> 30
40 - 300	> 30	> 60
60 - 600	> 40	> 80
80 - 1000	> 70	>150

Hình 1: Các khoảng cách

Lắp đặt cố định

Khi lắp đặt chúng ta nên dùng các vòng cao su, như vậy các dao động do các xung âm thanh phát tán không truyền đến nơi lắp đặt. Cảm biến có thể tưởng lầm một tấm kim loại mỏng có thể rung được là vật cần dò tìm, khi cảm biến được chuyển sang cơ chế thu.

Bảng 1: Đối chiếu

	Cảm biến siêu âm	Cảm biến quang
Điểm chuyển mạch	Phụ thuộc vào bề mặt vật liệu, màu sắc, cường độ ánh sáng và độ tương phản quang học	Không phụ thuộc vào bề mặt vật liệu, màu sắc, cường độ ánh sáng và sự tương phản quang học.
Độ nhạy	Không nhạy đối với sự nhiễm bẩn, do vậy không cần bảo dưỡng. Nhạy đối với: - Sự thay đổi nhiệt độ môi trường - Sự thay đổi mật độ môi trường, thí dụ áp suất cao → thay đổi vận tốc chuyển mạch (trở nên cao hơn và dẫn đến việc đo sai).	Nhạy đối với sự nhiễm bẩn, cần bảo dưỡng. Cảm biến quang không làm việc trong sương mù (mật độ môi trường cao)
Độ chính xác [1)]	> 1 mm	> 0,25 mm
Tần số chuyển mạch	Nằm ở 8 Hz	Nằm ở 1000 Hz
Ảnh hưởng bởi	Sự chảy rối trong không khí (ở v > 20 m/s) và nhiệt độ không khí	Không bị ảnh hưởng bởi không khí hay nhiệt độ

1) Đối với cảm biến âm thanh thời gian là yếu tố quyết định, đó là thời gian chắc chắn nhận biết khi một vật nằm trong vùng quét của cảm biến. Thời gian này được gọi là thời gian phản ứng và nằm trong phạm vi từ 35 ms đến 500 ms tùy thuộc vào độ rộng.

Lợi và nhược điểm của các cảm biến siêu âm

Lợi điểm:

- Có thể dò biết hầu hết vật thể mà không phụ thuộc vào các loại vật liệu, ngoại trừ bông gòn và các vật liệu tương tự.
- Không nhạy đối với bụi, sương mù, sự chiếu sáng và sự nhiễm bẩn tối đa
- Khả năng đo chính xác khoảng cách thực sự

Nhược điểm:

- So với cảm biến quang, cảm ứng điện từ, cảm biến điện dung, cảm biến siêu âm làm việc chậm
- Cần nhiều điện năng hơn so với cảm biến quang, càng cần nhiều điện năng hơn so với cảm biến cảm ứng điện từ và điện dung
- Thông thường cảm biến siêu âm không được vận hành ở những nơi có nguy cơ cháy nổ
- Không thể quét, dò tìm các vật quá nóng vì có sự khúc xạ âm thanh ở các lớp không khí (sự chảy rối)

Bài tập:

1. Hãy so sánh cảm biến siêu âm với loại cảm biến nào là tốt nhất?
2. Hãy giải thích tại sao cảm biến siêu âm có một vùng mù.
3. Hãy giải thích cách vận hành cửa sổ?
4. Hãy cho biết hai đại lượng vật lý có thể làm ảnh hưởng đến giá trị đo của cảm biến.
5. Đâu là nguyên nhân gây ra nhiễu vì âm thanh phản xạ?
6. Phải chú ý điều gì khi lắp đặt các cảm biến siêu âm?
7. Hãy cho biết một cảm biến siêu âm phải nằm cách bức tường song song bao xa khi nó có vùng quét từ 40 cm đến 300 cm?

https://tieulun.hopto.org

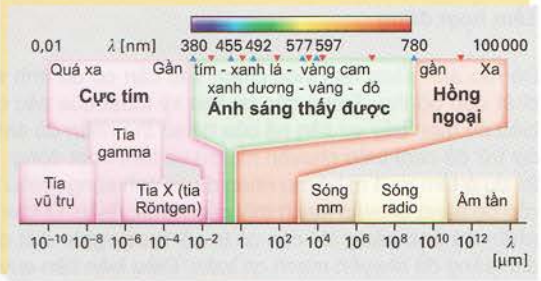
10.7.7 Cảm biến quang

Cảm biến quang phản ứng đối với sự thay đổi lượng ánh sáng nhận được. Một tia sáng được phát ra từ một điốt quang và bị vật phải đo (phát hiện) cản lại (rào ánh sáng một chiều - trực tiếp) hay được phản chiếu lại (rào ánh sáng phản chiếu hay phản xạ). Sự thay đổi cường độ ánh sáng nhận được dẫn đến sự tác động chuyển mạch (phát tín hiệu) ở ngõ ra (**Hình 1**).

Hình 1: Các loại cảm biến quang

Cơ bản vật lý

Ánh sáng là các sóng điện từ, từ nguồn phát chúng lan truyền ra mọi hướng với vận tốc ánh sáng trong chân không là 300.000 km/s. Cảm biến ánh sáng làm việc với ánh sáng nhìn thấy được trong khoảng chiều dài sóng từ 400 nm đến 800 nm và cả ánh sáng hồng ngoại có chiều dài sóng từ 800 nm đến 1000 nm (**Hình 2**).



Hình 2: Sóng điện từ, ánh sáng

Với ánh sáng chúng ta phân biệt các loại phản chiếu (**Hình 3**):

- Sự phản chiếu đối xứng

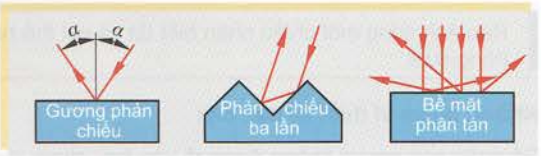
  Khi ánh sáng chiếu trên một mặt phẳng có tính phản chiếu (thí dụ mặt phẳng được đánh bóng), tia sáng được phản chiếu đối xứng (có cùng góc α giữa đường thẳng góc và bề mặt phản chiếu).

- Sự phản chiếu ba lần

  Phản chiếu ba lần khi tia sáng đi tới dời vị trí và phản chiếu song song với nguồn sáng (tia tới).

- Phản chiếu phân tán

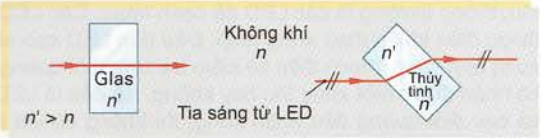
  Nếu bề mặt của vật không bằng phẳng, ánh sáng chiếu vào sẽ được phản chiếu mọi hướng. Ánh sáng phản chiếu bị hao hụt càng nhiều khi bề mặt càng không bóng láng và tối.



Hình 3: Các loại phản xạ

- Sự khúc xạ

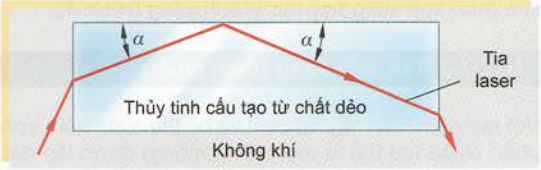
  Khi ánh sáng từ một môi trường có chiết suất n nhỏ đi vào môi trường có chiết suất n' lớn hơn, ánh sáng sẽ bị lệch đi về phía đường vuông góc (và ngược lại) (**Hình 4**).



Hình 4: Khúc xạ ánh sáng

- Sự phản chiếu toàn phần

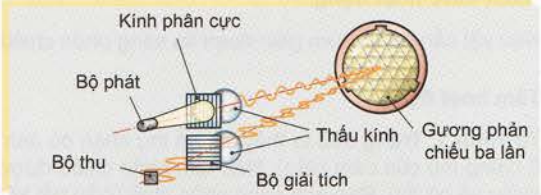
  Một tia sáng khi đi vào mặt biên của hai môi trường với chiết suất khác nhau sẽ bị phản chiếu toàn phần, khi góc đến không vượt quá một trị số giới hạn nhất định (**Hình 5**).



Hình 5: Phản xạ toàn phần

- Sự phân cực

  Khi ánh sáng không phân cực (dao động theo mọi hướng) đi vào bộ lọc phân cực, thì chỉ có ánh sáng đi qua bộ lọc khi dao động bắt buộc theo hướng phân cực mới được đi qua (**Hình 6**).



Hình 6: Sự phân cực

https://tieulun.hopto.org

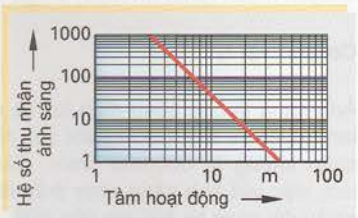
10.7.7.1 Rào chắn ánh sáng một chiều

Bộ phát và bộ thu nằm đối diện cách biệt trong các vỏ hộp riêng biệt. Nếu tia sáng giữa bộ phát và bộ thu bị gián đoạn, bộ thu sẽ tạo ra một tín hiệu chuyển mạch.

Hình 1: Rào chắn ánh sáng một chiều

Cách thức hoạt động

Bộ phát và bộ thu tạo thành bó tia hình chùy. Bó tia bộ phát càng hẹp, khoảng cách có thể bắc cầu, tức là tầm xa (tầm hoạt động) càng lớn. Vì bó tia dùng để dò tìm vật thể phải được che chắn, cho nên các bó tia càng hẹp, việc chỉnh chính xác bộ phát và bộ thu càng khó (**Hình 1**).



Hình 2: Đường biểu diễn tầm hoạt động

Tầm hoạt động

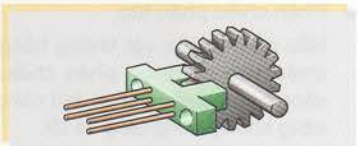
Để rào ánh sáng làm việc chính xác cần có đủ ánh sáng phát ra từ bộ phát đến bộ thu. Trong các tài liệu kỹ thuật của các cảm biến ta có các biểu đồ trình bày sự liên hệ của hệ số thu nhận đủ ánh sáng (chức năng dự trữ để cảm biến chuyển mạch) và tầm hoạt động. Từ **Hình 2** ta thấy, thí dụ ở tầm xa 4 m bộ thu nhận được ánh sáng nhiều hơn 500 lần mà nó cần để dùng chuyển mạch một cách chắc chắn. Ở tầm xa 40 m **hệ số thu nhận đủ ánh sáng** chỉ còn có trị số 1, có nghĩa điôt quang nhận vừa đủ ánh sáng để chuyển mạch an toàn. Điều kiện tiên quyết là các thấu kính phải sạch sẽ và bộ phát và bộ thu được hiệu chỉnh tối ưu.

Hình 3: Vùng nguy hiểm được bảo vệ bằng màn ánh sáng

> Rào ánh sáng một chiều nhận biết tất cả vật thể nếu chúng không trong suốt.

Những phạm vi thiết kế đặc biệt

Để ngăn con người không được đi vào hay chạm vùng nguy hiểm nào đó, vùng này có thể được bảo vệ bằng các rào ánh sáng một chiều hay màn ánh sáng (**Hình 3**). Màn ánh sáng bao gồm thanh phát và thanh thu, thông thường là các LED để cạnh nhau. Các LED riêng lẻ ở bộ phát được điều khiển theo xung nhịp. Đầu tiên LED cao nhất sẽ phát ra một xung ánh sáng, mạch điện sẽ kiểm tra xem điôt quang thuộc về LED này có nhận được một xung thu hay không. Kế đến là LED thứ hai... Nếu tất cả các điôt quang đều nhận xung, thì không có vật thể nào trong màn ánh sáng.

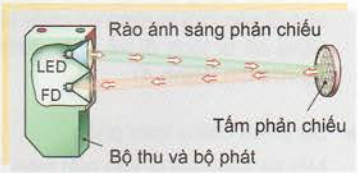


Hình 4: Đo số vòng quay

Để **thu nhận số vòng quay** hay góc quay của một bánh răng ta dùng rào khe (nĩa) ánh sáng hay rào vi ánh sáng (**Hình 4**).

10.7.7.2 Rào ánh sáng phản chiếu

Với loại cảm biến này bộ phát và bộ thu cùng nằm trong một vỏ hộp. Tấm phản chiếu (có thể là một màng mỏng) được lắp đặt nằm đối diện trên trục quang học sẽ phản chiếu ánh sáng trở về bộ phát (**Hình 5**).



Hình 5: Rào ánh sáng phản chiếu

Cách thức hoạt động

Nếu vật cần dò tìm làm gián đoạn tia sáng phản chiếu thì sẽ làm thay đổi các tín hiệu ở ngõ ra.

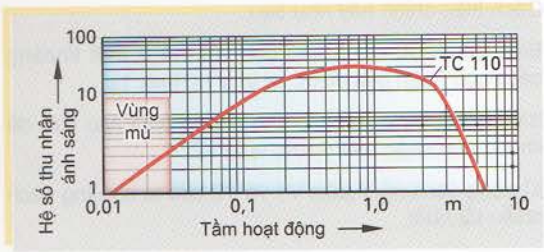
Tầm hoạt động

Từ **Hình 1**, **Trang 503** ta thấy, hệ số thu nhận đủ ánh sáng để chuyển mạch với khoảng cách nhỏ là gần bằng 0 (vùng mù của cảm biến). Nếu tấm phản chiếu được lắp quá gần cảm biến, sẽ có rất ít ánh sáng được phản chiếu về bộ thu. Rào ánh sáng phản chiếu hầu hết không có hệ số thu nhận ánh sáng quá lớn.

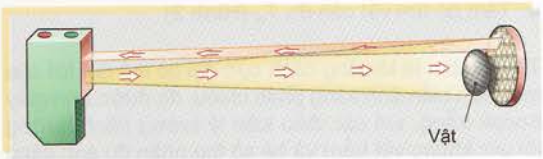
https://tieulun.hopto.org

Chú ý khi thiết kế rào ánh sáng phản chiếu:

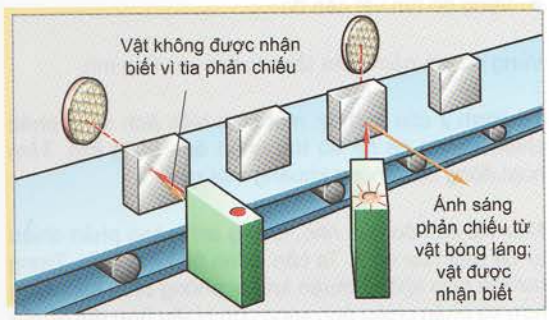
- Chú ý khoảng cách tối ưu giữa cảm biến và phản chiếu ba lần; (0,2 m...1m với đường biểu diễn hệ số thu nhận ánh sáng theo **Hình 1**). Vật cần đo không được đưa vào vùng mù, ở đấy nó không được nhận biết.
- Vật cần đo không được nhỏ hơn đường kính tấm phản chiếu. Nếu không thì ánh sáng được phản chiếu; cảm biến không chuyển mạch (**Hình 2**).
- Trong trường hợp vật thể cần đo bóng láng (phản chiếu) ta nên dùng bộ lọc phân cực hay cảm biến cần được lắp đặt sao cho nó nghiêng đối với vật bóng láng. Như vậy ánh sáng phản chiếu từ vật bóng láng không ảnh hưởng đến rào ánh sáng phản chiếu (**Hình 3**).
- Một ưu điểm lớn là lắp đặt đơn giản vì tấm phản chiếu không cần đặt thẳng góc với cảm biến. Độ lệch góc có thể đến $\pm 45^0$.



Hình 1: Tầm hoạt động



Hình 2: Vật quá nhỏ



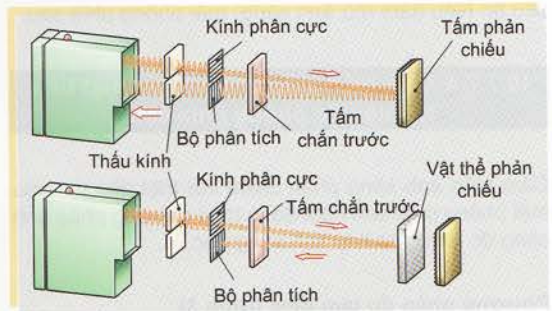
Hình 3: Chỉnh đúng

Rào ánh sáng phản chiếu với bộ lọc phân cực

Nếu ta dùng rào ánh sáng phản chiếu để dò tìm vật phản chiếu, chúng ta cần dùng bộ lọc phân cực. Chúng được đặt lệch 90^0 cho mỗi bộ phát và thu nhận ánh sáng (**Hình 4**).

Cách thức hoạt động

Sau khi đi qua bộ lọc ánh sáng phát ra từ bộ phát chỉ dao động trong mặt phẳng nằm ngang phân cực. Bộ quang thu chỉ nhận ánh sáng trong mặt phẳng dao động thẳng đứng do bộ lọc phân cực thứ hai bị xoay 90^0. Bộ gương phản chiếu ba lần thực hiện việc xoay này. Các vật phản chiếu lý tưởng làm xoay mặt phẳng phân cực 180^0, như thế mặt phẳng dao động nằm ngang được giữ lại. Ánh sáng loại này bị bộ lọc thứ hai ngăn cản. Như thế vật thể phản chiếu chắc chắn được nhận biết.



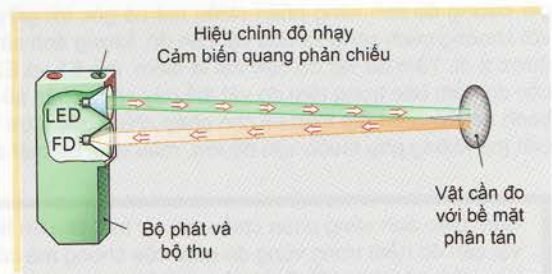
Hình 4: Rào ánh sáng phản chiếu với bộ lọc phân cực

10.7.7.3 Cảm biến ánh sáng phản chiếu

Bộ phát và bộ thu cũng cùng nằm trong một vỏ hộp như rào ánh sáng phản chiếu. Loại cảm biến này đánh giá ánh sáng phản chiếu phân tán trên bề mặt vật cần đo. Nếu lượng ánh sáng phản chiếu vượt quá một cường độ xác định, cảm biến sẽ chuyển mạch. Ta có thể thay đổi độ nhạy bằng cách chỉnh một biến trở (vít chỉnh ở cảm biến) (**Hình 5**).

Lượng ánh sáng phản chiếu phụ thuộc vào:

- Khoảng cách vật cần đo
- Bề mặt vật cần đo (sáng, tối, bóng láng, thô xù xì)
- Độ lớn vật cần đo
- Sự hiệu chỉnh độ nhạy tối ưu



Hình 5: Cảm biến phản chiếu

https://tieulun.hopto.org

Cách hiệu chỉnh này như sau:

Biến trở được chỉnh sao cho vật thể ở một khoảng cách còn nhận biết được, vị trí V1 (**Hình 1**).

Biến trở được chỉnh sao cho phông phía sau vừa để không còn nhận biết được, vị trí V2.

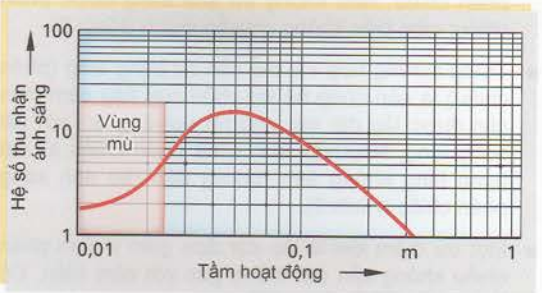
Khoảng cách nằm giữa V1 và V2 cho ta khoảng cách nhiễu tốt nhất.

Hình 1: Chỉnh độ nhạy

Định nghĩa:

- Tầm dò tìm vật cần đo T_w (**Hình 2**)

Tầm dò tìm là khoảng cách cực đại có thể đạt tới của một cảm biến ánh sáng phản chiếu, đo được trên giấy Kodak trắng, với các điều kiện lý tưởng (định hướng tối ưu, không vết bẩn) và hệ số thu nhận đủ ánh sáng là 1,5.



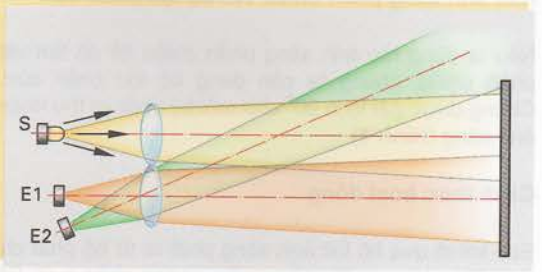
Hình 2: Tầm hoạt động

- Vùng dò tìm vật cần đo

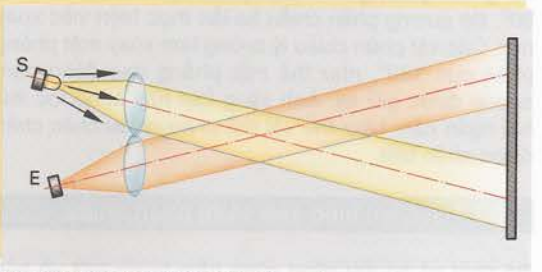
Vùng dò tìm nằm giữa tầm dò tìm và vùng mù.

Từ **Hình 2** cho ta thấy, một cảm biến ánh sáng phản chiếu không có hệ số thu nhận ánh sáng lớn. Tầm hoạt động của chúng khoảng một mét.

Nếu vật cần đo quá nhỏ, lượng ánh sáng phản chiếu từ bề mặt của nó ít. Ta cần chỉnh độ nhạy cao. Trong trường hợp không thuận lợi khi phông phía sau sáng hơn và phản chiếu ánh sáng còn nhiều hơn đối tượng nhỏ, thì không thể dùng cảm biến ánh sáng phản chiếu mà dùng cảm biến ánh sáng phản xạ với sự triệt tiêu tín hiệu (làm mờ ánh sáng) mặt phông phía sau.



Hình 3: Phương pháp đo tam giác



Hình 4: Phương pháp đo ánh sáng góc

10.7.7.4 Cảm biến ánh sáng với sự triệt tiêu tín hiệu do phông phía sau

Cảm biến ánh sáng phản chiếu với triệt tiêu tín hiệu mặt phông phía sau hoạt động theo phương pháp ánh sáng đo tam giác hay ánh sáng góc.

Phương pháp đo tam giác (Hình 3)

Cảm biến loại này gồm có một bộ phát S và hai bộ thu (E1 và E2) trong cùng vỏ hộp. Chúng không chỉ đánh giá cường độ ánh sáng phản chiếu mà cả góc tới giữa các bộ thu. Các bộ thu E1 và E2 được chỉnh sao cho với khoảng cách càng xa của vật cần đo, lượng ánh sáng E1 nhận được lớn thêm và lượng ánh sáng E2 nhận được ít đi. Tầm dò vật đo cực đại là điểm, mà E1 và E2 nhận cùng lượng ánh sáng bằng nhau. Tất cả các vật cần đo nằm bên trong tầm dò vật thể này chắc chắn sẽ được nhận biết, ngoài tầm dò vật thể được bỏ qua. Một bánh xe chỉnh ở cảm biến sẽ cho phép chỉnh góc giữa E1 và E2. Như thế vật cần đo sẽ chắc chắn được nhận biết mà không phụ thuộc vào độ lớn, màu sắc, bề mặt dù nằm gần một phông phía sau sáng.

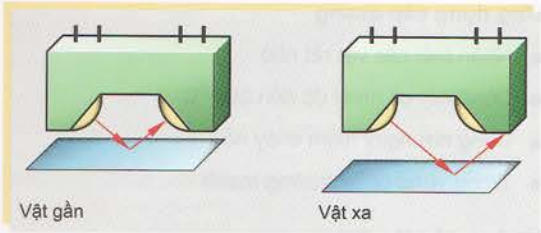
Cảm biến ánh sáng phản chiếu với sự triệt tiêu tín hiệu ở phông phía sau không những chỉ nhận biết một vật cần đo nằm trong vùng dò quét của chúng mà còn nhận biết vật có nằm đúng vị trí. Cho nên cảm biến này cũng phù hợp để đo khoảng cách.

https://tieulun.hopto.org

Phương pháp đo ánh sáng góc (Hình 4, trang 504)

Một thấu kính trước điôt phát sáng tạo nên một tiêu điểm nhỏ có cường độ mạnh tại một khoảng cách nhất định từ cảm biến. Ánh sáng phản chiếu từ vật cần đo sẽ được đánh giá.

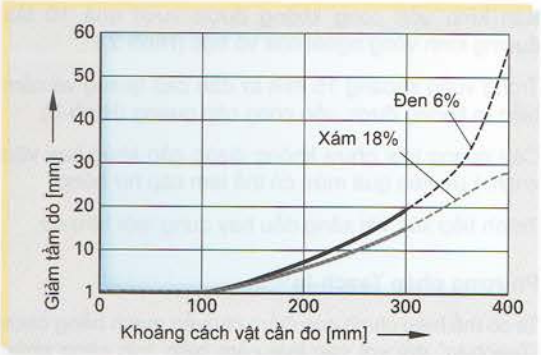
Cảm biến đo ánh sáng góc thích hợp đặc biệt cho việc nhận biết vật cần đo nhỏ, xác định biên cạnh hay định vị các vật cần đo trong suốt. Nhưng vật cần đo tìm không được cách xa vùng độ sâu rõ nét của cảm biến (**Hình 1**).



Hình 1: Nhận biết các vật nhỏ cần đo với phương pháp đo ánh sáng góc

Giảm tầm dò

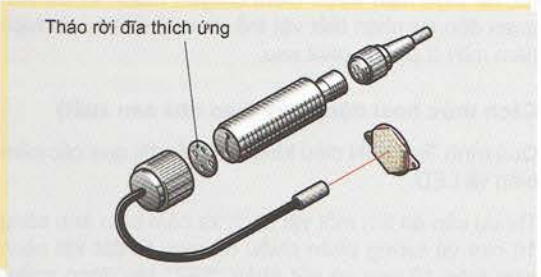
Màu sắc ánh sáng phản chiếu khác nhau, cho nên **tầm dò** phải được giảm tùy theo khoảng cách và màu sắc của vật. **Hình 2** cho thấy cảm biến ánh sáng với **tầm dò** định mức là 300 mm. Giấy trắng có thể được nhận biết ở khoảng cách 300 mm. Giấy màu xám có sự giảm **tầm dò** (tầm xa) còn 14 mm và giấy đen còn 18 mm.



Hình 2: Giảm tầm dò

10.7.7.5 Cảm biến với cáp quang

Cáp quang hoặc có thể kết nối bằng cách vặn ren vào cảm biến hay tạo thành một đơn vị với cảm biến. Các cảm biến này có thể được dùng như cảm biến ánh sáng phản chiếu hay một chiều. Chiều dài của cáp quang được định tùy từng ứng dụng (**Hình 3**).

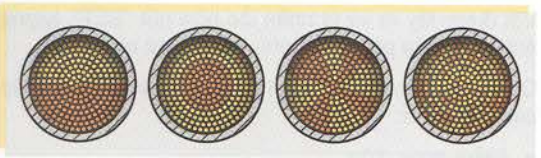


Hình 3: Cảm biến với cáp quang dẫn

Cáp quang là sợi bằng thủy tinh hay nhựa có thể truyền dẫn ánh sáng (**Hình 4**). Ánh sáng đi theo hình dạng của cáp quang, cho dù cáp quang bị cong. Điều này xảy ra do sự phản chiếu toàn phần (**Hình 5**). Môi trường quang dày đặc hơn (chiết suất n) chính là lõi quang dẫn, môi trường loãng hơn (chiết suất n') là vỏ bọc.

Cáp quang bằng thủy tinh

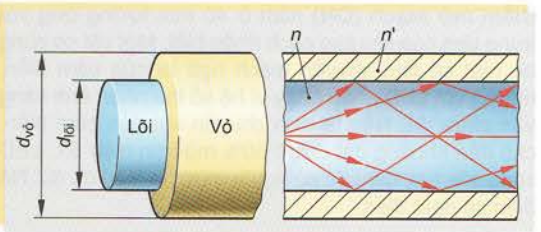
Gồm một bó 2000 sợi riêng lẻ có đường kính 50 µm. Từng sợi quang dẫn có thể phân phối khác nhau với bộ quang thu và phát. Tương ứng với tổng số sợi quang dẫn ánh sáng có thể truyền đi với mặt cắt lớn hơn. Như thế tầm hoạt động đạt được có thể gia tăng hay thu nhỏ lại ở cuối cáp quang.



Hình 4: Mặt cắt cáp quang dẫn

Cáp quang bằng nhựa

Gồm từng sợi quang dẫn có đường kính khoảng 1 mm - 2 mm cho bộ phát và bộ thu. Với cùng tính mềm dẻo nhưng nó có bán kính uốn cong nhỏ hơn so với sợi quang dẫn bằng thủy tinh. Tuy nhiên nó có độ giảm chấn lớn hơn nên tính chất quang học kém hơn. Một ưu điểm so với cáp quang bằng thủy tinh là cáp quang nhựa không có vấn đề khi phải uốn cong thường xuyên.



Hình 5: Cấu trúc cáp quang dẫn; phản xạ toàn phần

https://tieuluan.hopto.org

Ứng dụng cáp quang

- Nhận biết các vật rất nhỏ
- Dùng nơi có nhiệt độ đến 300 ^{0}C
- Dùng nơi nguy hiểm cháy nổ
- Trong vùng có từ trường mạnh

Hướng dẫn lắp đặt

Đối với bán kính uốn cong ta nên tuân theo quy tắc kinh nghiệm như sau:

Bán kính uốn cong không được vượt quá 10 lần đường kính vòng ngoài của vỏ bọc (**Hình 2**).

Trong vùng khoảng 15 mm từ đầu cáp quang và cảm biến ta không được uốn cong cáp quang (**Hình 3**).

Cáp quang loại nhựa không được gấp khúc hay vặn xoắn. Lực kéo quá mức có thể làm cáp hư hỏng.

Tránh tiếp xúc với xăng dầu hay dung môi hữu cơ.

Phương pháp Teach-In[1)]

Ta có thể hiệu chỉnh các điểm chuyển mạch bằng cách "Teach-In" đối với các loại cảm biến ánh sáng phản chiếu như rào ánh sáng phản chiếu và rào ánh sáng một chiều. Cảm biến ánh sáng "học thuộc lòng" tầm dò, để thực hiện được điểm chuyển mạch tối ưu liên quan đến sự nhận biết vật thể và sự triệt tiêu tín hiệu (làm mờ) ở phông phía sau.

Cách thức hoạt động (tùy theo nhà sản xuất)

Quá trình Teach-IN điều khiển và hiển thị qua các cảm biến và LED.

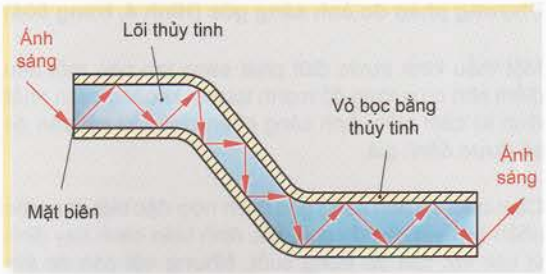
Thí dụ cần dò tìm một vật cách xa cảm biến ánh sáng 10 mm và tường phản chiếu 60 mm, ta đặt vật cách cảm biến 10 mm và nút nhấn "SET" tác động ngắn. Cảm biến ánh sáng nhận ra lượng ánh sáng phản chiếu (mức tín hiệu S1).

Vật được lấy ra và ta nhấn lần nữa nút "SET", lượng ánh sáng của phông S2 phía sau được nhận biết.

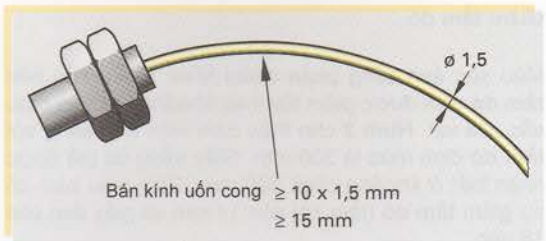
Qua cả hai lần đo đạc bộ vi xử lý của cảm biến xác lập các điểm sau:

- Điểm đóng điện
- Độ trễ

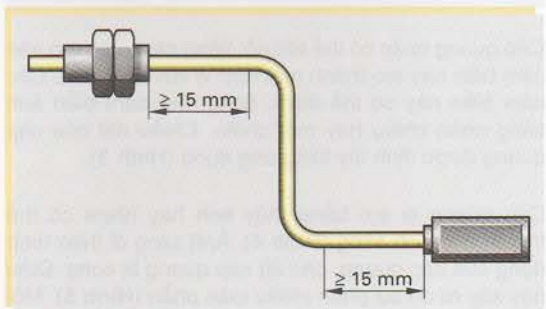
Điểm mở mạch (ON) nằm ở 40 mm tương ứng với trung tâm của khoảng cách nhận biết. Một vật có cùng bề mặt sẽ làm chuyển mạch ngõ ra của cảm biến, nhưng với LED nhấp nháy vì hệ số thu nhận ánh sáng vẫn chưa đủ. Nếu ta dịch chuyển vật đến cảm biến, cho đến khoảng đạt được 50% mức tín hiệu S1, LED sáng liên tục, điều đó có nghĩa mức tín hiệu đã đủ. Nếu ta dịch chuyện vật cần đo sang phải khoảng 6 mm, cảm biến sẽ ngắt điện.



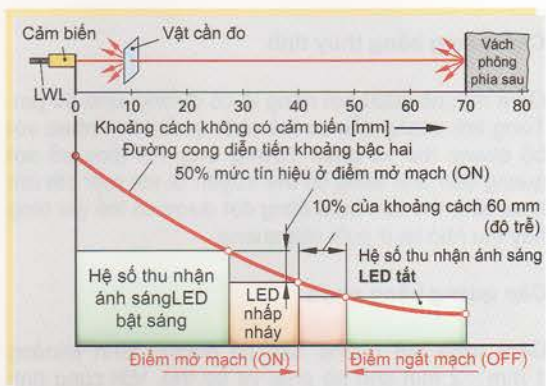
Hình 1: Sự phản chiếu ánh sáng bên trong cáp quang



Hình 2 : Bán kính uốn cong



Hình 3: Khoảng cách vị trí uốn cong



Hình 4: Phương pháp Teach-In

[1)] Teach-In: Trước khi sử dụng dạy cho cảm biến của thiết bị học thuộc lòng tầm dò, sau đó thiết bi tự điều chỉnh.

https://tieulun.hopto.org

Độ trễ (sai biệt khoảng cách giữa điểm bật và tắt mạch của cảm biến) được cảm biến tự tính toán tối ưu. Nó định điểm tắt mạch ở khoảng 10% khoảng cách từ vật và bức tường: tức là 6 mm.

Với những điểm tính được cảm biến có được khoảng cách nhiễu (tỷ lệ tín hiệu / nhiễu) tối ưu. Như thế có thể đảm bảo đến cấp độ nhiễm bẩn nào đó hệ thống quang học của cảm biến vẫn nhận biết vật dò tìm một cách rõ ràng.

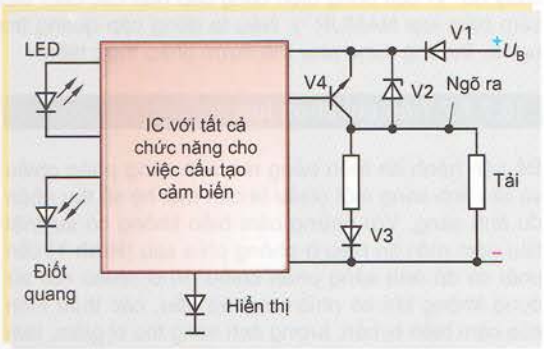
Nếu cả hai vị trí cần học nằm quá gần nhau, LED sẽ nhấp nháy. Điều này cho người sử dụng biết rằng, tín hiệu dự trữ căn cứ theo điểm làm việc không đạt đến 50%.

10.7.7.6 Mạch điện tử cảm biến quang

Hình 1 trình bày cấu trúc nguyên tắc một cảm biến. Tầng ngõ ra thực hiện với kỹ thuật NPN được trình bày có giá trị cho tất cả các bộ khởi tạo, không phụ thuộc vào nguyên tắc vật lý.

Mô tả chức năng

Transistor ngõ ra V4 và IC cho cảm biến được cấp điện qua V1 (Z-điôt bảo vệ chống mắc sai cực). Khi điôt quang nhận đủ ánh sáng, V4 dẫn điện. Tải được cấp điện, thí dụ rơ le. Z-điôt V2 có nhiệm vụ bảo vệ sự quá áp đối với transistor. Khi đèn hiển thị trạng thái sáng liên tục, điều này cho biết đường đi của tia sáng không bị gián đoạn và hệ số thu nhận đủ ánh sáng để chuyển mạch ít nhất là 1,5. Khi đèn hiển thị nhấp nháy không có nghĩa đường đi của tia sáng bị gián đoạn, nó chỉ báo cho biết hệ số thu nhận ánh sáng quá nhỏ. Đèn hiển thị trạng thái tắt khi đường đi của tia sáng bị gián đoạn.

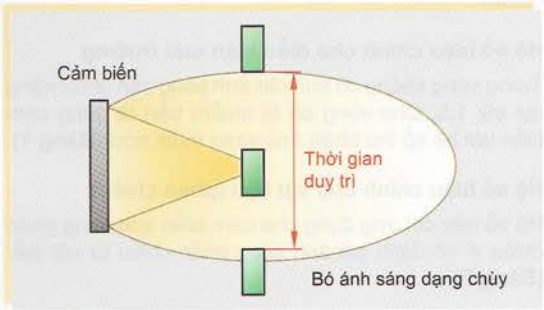


Hình 1: Mạch điện tử của cảm biến

Hướng dẫn ứng dụng

Trong thực tế ta thường cần nhận biết các vật rất nhỏ có vận tốc lớn. Như thế thời gian tia sáng duy trì trên vật thể ngắn. Để nhận biết một cách chắc chắn vật thể ta cần tần số xung cao (vận tốc quét) của cảm biến. Thông thường transistor ngõ ra có tần số là 1 kHz, các cảm biến quang này đặc biệt có tần số đến 10 kHz.

> Tốc độ nhận biết (quét) cao luôn làm ảnh hưởng xấu đến cường độ tín hiệu và như thế khoảng cách nhận biết giảm khi tốc độ khởi động tăng dần.



Hình 2: Thời gian duy trì

Các loại mạch

Cơ bản ta phân biệt hai loại mạch:

- Mạch sáng

Ttổng quát ta luôn dùng mạch này khi phải khởi động ngưng một quá trình, thí dụ khi bàn trượt đến vị trí cuối hay mức đầy đã đạt.

- Mạch tối

Ta luôn dùng mạch này khi phải khởi động một quá trình, thí dụ khởi động một băng chuyền khi có tải.

Bảng 1: Mạch sáng, phản ứng ngõ ra

Bộ thu ánh sáng	Tải (Tiêu thụ)
Chiếu sáng	Bật điện
Không chiếu sáng	Tắt điện

Bảng 2: Mạch tối, phản ứng ngõ ra

Bộ thu ánh sáng	Tải (Tiêu thụ)
Chiếu sáng	Bật điện
Không chiếu sáng	Tắt điện

https://tieulun.hopto.org

Báo trước sự cố (tương ứng hệ số thu nhận ánh sáng)

Các cảm biến quang chỉ cần nhiễm bẩn ít cũng giảm đi tầm hoạt động hay gây tác động xấu đến chức năng. Trước khi điều này xảy ra, một LED màu đỏ nhấp nháy sẽ báo trước, để nhắc ngăn cản tác động xấu này, thí dụ phải kịp thời lau chùi.

Độ chính xác lặp lại, khả năng lặp lại

Khi một vật đi vào bó ánh sáng hình côn của cảm biến, cảm biến phải chuyển mạch luôn luôn ở cùng một vị trí. Rào ánh sáng thực hiện điều này rất chính xác nếu thấu kính không nhiễm bẩn. Trong những ứng dụng đòi hỏi sự lặp lại chính xác cao, thì rào ánh sáng phản chiếu chỉ thích hợp với một số điều kiện. Cảm biến ánh sáng phản chiếu không có sự triệt tiêu tín hiệu (làm mờ ánh sáng) ở phông phía sau thì không nên dùng, vì một ít chất bẩn cũng làm dịch chuyển điểm chuyển mạch. Thông thường sự thay đổi nhiệt độ môi trường cũng như dao động nguồn điện cũng làm ảnh hưởng điểm chuyển mạch. Độ lặp lại cao đạt được với cáp quang.

Ứng dụng nơi có nguy cơ cháy nổ

Những vùng có nguy cơ cháy nổ là những nơi có hỗn hợp khí xuất hiện. Chỉ cần một tia lửa điện cũng gây ra cháy nổ. Vì cần dòng điện cung cấp nên các cảm biến quang không thích hợp trong những vùng này (trừ các cảm biến loại NAMUR[1]). Nếu ta dùng cáp quang trong những vùng nguy hiểm và lắp đặt rào ánh sáng bên ngoài, thì ứng dụng như thế được phép thực hiện.

10.7.7.7 Tiêu chí chọn lựa

Để vận hành an toàn bằng rào ánh sáng phản chiếu và rào ánh sáng một chiều ta cần một hệ số thu nhận đủ ánh sáng. Với những cảm biến không có sự triệt tiêu (làm mờ) tín hiệu ở phông phía sau (**Hình 1**) cần phải có đủ ánh sáng phản chiếu. Vì ở nhiều nơi sử dụng không khí có nhiễm bụi và dầu, các thấu kính của cảm biến bị bẩn, lượng ánh sáng thu bị giảm, làm tác động xấu chức năng cảm biến (xem hiển thị báo trước sự cố). Cho nên ta cần chú ý các hệ số hiệu chỉnh.

Hệ số hiệu chỉnh cho điều kiện môi trường

Trong vùng không có bụi, rào ánh sáng cần chức năng dự trữ 1,5. Cho vùng dễ bị nhiễm bẩn ta dùng cảm biến với hệ số thu nhận ánh sáng thích hợp (**Bảng 1**).

Hệ số hiệu chỉnh cho vật liệu (phản chiếu)

Hệ số này chỉ ứng dụng cho cảm biến ánh sáng phản chiếu vì nó đánh giá ánh sáng phản chiếu từ vật thể. (**Bảng 2**)

Chỉ dẫn

Hệ số suy giảm do vật liệu không có giá trị nhận biết đối với cảm biến theo phương pháp đo đạc tam giác. Ở đây ta cần làm rõ sự suy giảm tầm dò của cảm biến đối với vật có màu tối.

Thí dụ về định kích thước

Cảm biến ánh sáng phản chiếu cần nhận biết các tấm gỗ ở khoảng cách 50 mm nơi có một ít bụi. Phông gần như không phản chiếu.

Chọn loại cảm biến

Cảm biến không có sự triệt tiêu (làm mờ) tín hiệu ở phông phía sau là đáp ứng đủ.

Hệ số thu nhận đủ ánh sáng để chuyển mạch

Hệ số này 20 có nghĩa, cảm biến nhận được ánh sáng nhiều hơn 20 lần như nó cần khi hoạt động hoàn hảo.

Hệ số thu nhận ánh sáng =
Hệ số môi trường x Hệ số vật liệu

Bảng 1: Hệ số hiệu chỉnh cho môi trường

Hệ số môi trường	Dơ bẩn trên thấu kính và mặt phản chiếu do hơi nước, bụi, màng dầu
1,5	Không có bụi
5	Bụi ít, có dầu; cần chùi rửa thường xuyên
10	Khá nhiều bụi, có dầu, bẩn; chùi rửa khi cần
50	Rất bẩn; ít hay không chùi rửa

Bảng 2: Hệ số hiệu chỉnh cho vật liệu

Hệ số	Vật liệu
1	Bìa kiểm tra Kodak
1,5	Báo in
4,5	Tấm gỗ sạch
0,6	Nhôm chưa xử lý

Hình 1: Cảm biến ánh sáng phản chiếu

[1] NAMUR = **N**ormarbeitsgemeinschaft für **M**ess- **u**nd **R**egelungstechnik (Hiệp hội tiêu chuẩn cho kỹ thuật đo đạc và điều chỉnh trong công nghiệp hóa học)

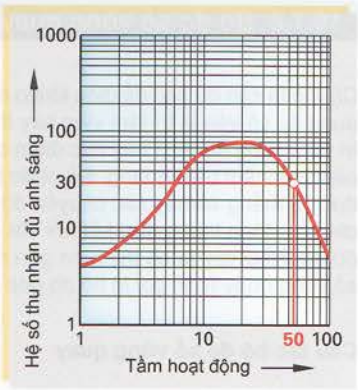
https://tieulun.hopto.org

Tính toán hệ số thu nhận ánh sáng tối thiểu

Các điều kiện: chung quanh ít bụi, vật liệu cần dò tìm: tấm gỗ sạch, chức năng dự trữ (hệ số thu nhận đủ ánh sáng) = 5 x 4,5 = 22,5 (xem **Bảng 1** và **2 Trang 508**)

Từ trang dữ liệu kỹ thuật (**Hình 1**) của cảm biến đã chọn, ở 50 mm ta đọc được hệ số thu nhận ánh sáng là 30. Cảm biến thích hợp cho ứng dụng.

Một tiêu chí chọn khác là vùng nhận biết (vùng quét). Nó cho biết khoảng cách giữa vật cần dò và bề mặt chủ động của cảm biến làm cho tín hiệu thay đổi ở ngõ ra.



Hình 1: Trang dữ liệu kỹ thuật

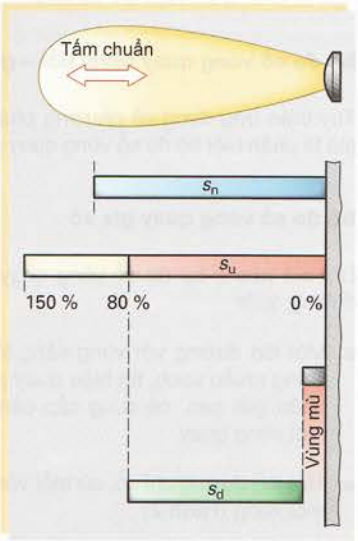
Giải thích các khái niệm (Hình 2)

Khoảng cách chuyển mạch định mức (thiết kế) s_n là một đại lượng đặc trưng của điểm khoảng cách chuyển mạch mà không chú ý đến dung sai chế tạo, độ khác biệt của từng sản phẩm và các ảnh hưởng từ bên ngoài như nhiệt độ và điện áp.

Vùng mù là vùng giữa bề mặt chủ động của cảm biến và khoảng cách tối thiểu mà ở trong đó vật cần đo không thể nhận biết được.

Vùng nhận biết s_d là vùng mà khoảng cách chuyển mạch của một cảm biến quang được chỉnh với tấm đo chuẩn.

Khoảng cách chuyển mạch hữu dụng s_u là khoảng cách chuyển mạch cho phép trong khoảng nhiệt độ và điện áp đã định.



Hình 2: s_n, s_d, s_u

Ưu và nhược điểm của cảm biến quang

Ưu điểm:

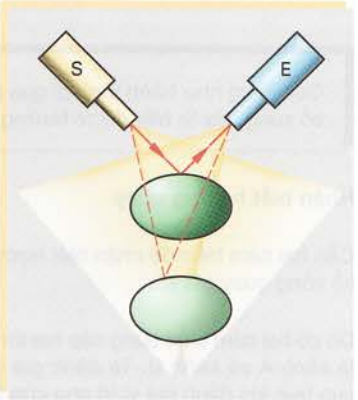
- Cảm biến quang khi dùng như là công tắc thì không có tác dụng ngược lại, không tùy thuộc vào vật liệu và có khoảng cách xa lớn
- Chúng hoạt động không bị mài mòn nếu ta tuân thủ đúng các thông số giới hạn
- Tất cả cảm biến quang đều cho tín hiệu ở ngõ ra không bị nảy lên/ xuống

Nhược điểm:

- Để vận hành cần năng lượng phụ trợ
- Ánh sáng lạ (nhiễu) và sự nhiễm bẩn các loại đều dẫn đến việc chuyển mạch sai
- Thông thường chúng đắt tiền hơn thí dụ so với công tắc cơ học

Bài tập:

1. Các cảm biến quang được phân ra những loại cơ bản nào?
2. Loại cảm biến nào đạt tầm hoạt động lớn nhất?
3. Tại sao cần dùng bộ lọc phân cực cho rào ánh sáng phản chiếu?
4. Hãy cho biết các tính chất đặc biệt của rào ánh sáng một chiều.
5. Cảm biến ánh sáng phản chiếu được chỉnh như thế nào?
6. Hãy giải thích cách hoạt động sự triệt tiêu (làm mờ) tín hiệu ở phông phía sau?
7. Cáp quang dẫn có mấy loại? Hãy cho biết đặc điểm của chúng.
8. Hãy giải thích mạch tối / mạch sáng?
9. Hãy cho biết ảnh hưởng nào có thể làm nhiễu các chức năng của cảm biến quang?
10. **Hình 3** trình bày sự nhận biết một vật cần đo bằng quang học. Nguyên tắc quang học nào được dùng ở đây?



Hình 3: Nhận biết vật thể bằng quang học

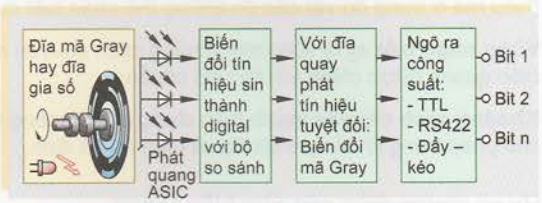
https://tieulun.hopto.org

10.7.8 Bộ đo số vòng quay làm cảm biến đo quãng đường và góc xoay

Chúng ta cần dữ liệu để điều khiển các thiết bị tự động, xem "cánh tay rô bốt" có theo đúng quỹ đạo đã định, máy dụng cụ có vào vị trí làm việc hay thiết bị vận chuyển đã vào vị trí cuối cùng của nó hay không. Để giám sát vị trí cuối cùng đã định hay các điểm chuẩn, thông thường ta dùng đến công tắc tiệm cận loại điện dung hay điện cảm hay cảm biến quang. Để nhận biết trong thời gian ngắn và với độ chính xác cao cho các chuyển động theo đường thẳng và/hay các chuyển động quay, ta cần hệ thống đo điện tử như bộ đo số vòng quay. Hầu như mỗi chuyển động thẳng đều kết nối với chuyển động quay (Bước dẫn tiến bằng chuyển động quay của trục truyền động). Như vậy ta có thể biến gần như mọi chuyển động thẳng thành chuyển động quay và cũng dùng bộ phát số vòng quay (*còn gọi là bộ đo góc xoay*) để đo quãng đường.

Cấu tạo bộ đo số vòng quay

Một điôt phát tia hồng ngoại trên một đĩa gia số. Một thiết bị quang học hội tụ các tia này thành các tia sáng song song. Các tia sáng này đi vào một tấm chặn bằng lưới và lưới vạch của đĩa tạo xung. Những điốt quang nằm sau đĩa xung tạo ra dòng điện dạng sinus tỷ lệ với cường độ sáng. Với mạch điện tử tín hiệu sin này được biến thành xung vuông. Với bộ đo số vòng quay tuyệt đối việc biến đổi mã cần được thực hiện. Mạch điện công suất ngõ ra cho ra tín hiệu 5V và 24V.



Hình 1: Cấu trúc một bộ phát số vòng quay

Bộ đo số vòng quay tuyệt đối – gia số

Tùy theo ứng dụng về phương pháp đo đạc và đánh giá ta phân biệt bộ đo số vòng quay gia số và tuyệt đối.

Bộ đo số vòng quay gia số

Đĩa mã hóa ở bộ đo số vòng quay gia số có hai làn đường quét:

- Một làn đường với vùng sáng-tối đều đặn (vạch). Càng nhiều vạch, tín hiệu quay phát ra càng có độ phân giải cao, nó cung cấp càng nhiều xung cho mỗi vòng quay.
- Một làn đường chỉ số, cứ mỗi vòng quay nó chỉ cho một xung (**Hình 2**)

Với một cảm biến ta có thể tính được số xung mỗi đơn vị thời gian và vận tốc quay của trục. Tuy nhiên ta không thể nhận biết hướng quay (**Hình 3**).

Góc cũng như hành trình đi qua chỉ biết được với số xung, khi ta biết được hướng quay.

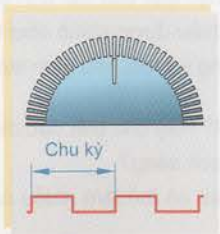
Nhận biết hướng quay

Cần hai cảm biến để nhận biết hướng quay của bộ đo số vòng quay gia số.

Do có hai cảm biến cung cấp hai tín hiệu ngõ ra; ta gọi là kênh A và kênh B. Ta đánh giá được hướng quay của trục khi đánh giá vị trí pha của hai tín hiệu này.

Bảng 1: Bộ đo số vòng quay

Gia số	Tuyệt đối	
Các xung phát ra được xử lý với PLC hay bộ đếm	Với mỗi vị trí góc, có nghĩa mỗi bước của góc quay ta được trị số mã hóa dưới dạng nhị phân (dữ liệu bytes), PLC xử lý tiếp tục dữ liệu này	
	Singleturn (hiển thị đơn) Cho biết vị trí tuyệt đối mỗi vị trí của chuyển động quay	**Multiturn** (đa hiển thị) Cho biết vị trí tuyệt đối mỗi vị trí của chuyển động quay và cho biết thêm trị số vòng quay



Hình 2: Bộ đo số vòng quay gia số

$$W_A = \frac{360°}{\text{Số xung (PZ)}}$$

PZ: Số vạch

n: Số vòng quay của trục dẫn động (min-1) (theo vòng/phút)

$$n = \frac{f}{PZ} \cdot 60$$

f: Tần số

Hình 3: Độ phân giải góc WA

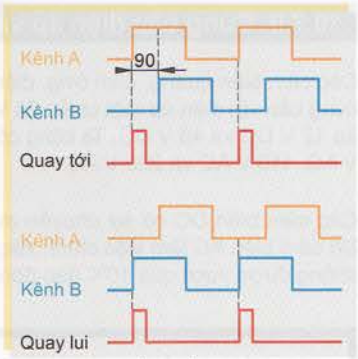
https://tieulun.hopto.org

Quay tới: Ở đây ta chú ý đến sườn dương của kênh A. Điều này xảy ra khi kênh B có trạng thái tín hiệu là 0.

Quay lui: Sườn dương của kênh B được đánh giá (**Hình 1**).

Do sự lệch pha của hai kênh ta biết được hướng quay

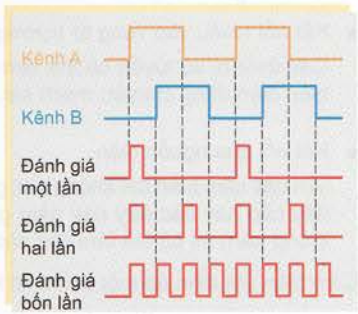
Một cách khác để nhận biết chiều quay là với **kết nối logic** cổng XOR. Nếu ta căn cứ vào sườn dương của kênh A và B. **A XOR B = 1 → quay tới; A XOR B = 0 → quay lui.**



Hình 1: Nhận biết chiều quay

Với bộ đo số vòng quay gia số hiện nay với đĩa có đường kính 40 mm, ta có cao nhất là 5000 vạch trên chu vi. Với độ phân giải gấp bốn lần (tận dụng sườn lên và sườn xuống của cả hai kênh để tạo xung), với một vòng quay ta có độ phân giải $360^0/20.000$, tương ứng với một góc $0{,}018^0$ (**Hình 2**).

Ta không nên nhầm lẫn giữa độ phân giải và độ chính xác. Độ chính xác của bộ phát số vòng quay gia số là tùy vào sự chính xác của độ rộng và khoảng cách của vạch (dung sai thông thường là 10%).



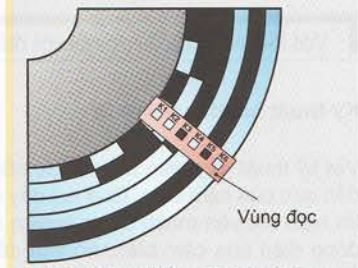
Hình 2: Đánh giá

Vận tốc quay cực đại cho phép

Tần số giới hạn của bộ đo số vòng quay tùy thuộc vào số xung cho mỗi vòng quay, vào mạch điện tử trong việc phát tín hiệu và mạch điện tử xử lý sau đó. Vì một PLC ít khi làm việc trên 300 kHz cho nên tần số ngõ ra của bộ đo số vòng quay gia số cần thích nghi với bộ đếm tương ứng. Với 5000 xung mỗi vòng quay và tần số ngõ ra cho phép là 300 kHz ta được số vòng quay của trục là 3600 vòng/phút (công thức xem **Hình 3, Trang 510**).

Bộ đo số vòng quay tuyệt đối (Hình 3)

Bộ đo số vòng quay gia số bị mất dữ liệu của nó khi mất điện. Khi có điện lại hay khi bật điện trong pha đầu tiên (khởi tạo) nó cần được đưa về vạch chuẩn. Ta cần chú ý khi bắt đầu khởi động một rô bốt, đầu tiên các trục của nó cần chuyển động chậm về vị trí ban đầu (home). Qua đó các bộ đếm tương ứng của bộ đo số vòng quay gia số được trở về tình trạng ban đầu. Bộ đo số vòng quay tuyệt đối không cần sự dịch chuyển về tình trạng ban đầu. Sau khi bật điện nó cho biết góc quay tuyệt đối, đó là vị trí mà nó đang đứng. Tín hiệu ngõ ra phát dưới dạng digital. Bộ đo số vòng quay tuyệt đối loại singleturn có đến 13 Bit/ làn (1 bit = 1 kênh). Bộ đo số vòng quay tuyệt đối loại multiturn có đến 25 bit (13 bit cho vị trí bên trong vòng quay, 12 bit cho số vòng quay).



Thí dụ: đĩa mã hóa với 6 làn đường
Trị số mã đọc được (kênh 1 - 6):
1 - 1 - 0 - 1 - 0 - 1

Hình 3: Các làn đường trên bộ đo số vòng quay tuyệt đối

Thông thường người ta dùng mã Gray (**Hình 4**). Mã này chuyển trạng thái từng bước một, có nghĩa khi qua một trạng thái lân cận chỉ thay đổi một bit. Như vậy ta tránh được sự diễn giải sai khi chuyển trạng thái.

Hình 4: Đĩa mã hóa với mã Gray

Bài tập

1. Tại sao các bộ đo số vòng quay gia số thông thường có hai ngõ ra với chuỗi xung?
2. Hãy giải thích sự khác biệt giữa bộ đo số vòng quay gia số và tuyệt đối.
3. Bộ mã Gray diễn tả điều gì?
4. Độ phân giải của một bộ đo số vòng quay là 2500. Điều này có nghĩa gì?

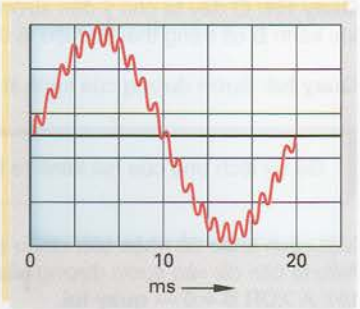
10

https://tieulun.hopto.org

10.7.9 Cung cấp điện áp và nối tải

Các cảm biến quang, cảm ứng, điện dung và siêu âm đã trình bày được cung cấp với điện áp một chiều 24 V DC. Cũng có loại cảm biến với điện áp 12 V DC và 48 V DC. Ta cũng có cảm biến với điện áp xoay chiều 24 V AC, 110 V AC và 230 V AC.

Các cảm biến DC có sự chuyển mạch chính xác nếu điện áp ổn định. Để cảm biến AC làm việc chính xác, các dao động có sóng hài (cao tần) không được vượt quá 10% dao động cơ bản (**Hình 1**).



Hình 1: Điện áp xoay chiều với các sóng hài

Cảm biến có thể làm việc với điện áp một chiều và xoay chiều.

Ảnh hưởng của điện từ

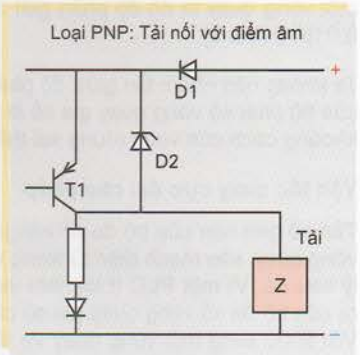
- Kết nối nhiễu vào vùng từ trường của cảm biến

  Các thiết bị vô tuyến có thể làm cho các cảm biến cảm ứng và cảm biến điện dung chuyển mạch sai.

- Kết nối qua nguồn điện

  Với dây cảm biến dài không bọc giáp chống nhiễu nằm trong các kênh dây cáp hay các dây này nằm gần trực tiếp cáp dẫn điện mạnh (hệ thống hàn) thì có thể làm cho các cảm biến chuyển mạch sai.

Cảm biến với điện áp một chiều có kỹ thuật hai dây và ba dây.



Hình 2: Kỹ thuật ba dây

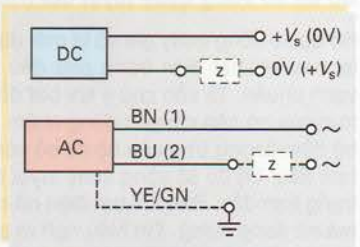
Kỹ thuật ba dây (trường hợp thông thường)

Mạch điện ngõ ra để điều khiển tải giống nhau cho tất cả các loại cảm biến kể trên. Khác nhau là mạch NPN hay PNP (**Hình 2**).

Với loại NPN tải được nối với điểm dương.

Kỹ thuật hai dây (Hình 3)

Với kỹ thuật này cảm biến được nối tiếp với với tải. Chúng ta cần chú ý đến cực của cảm biến. Qua hai dây điện được cung cấp cho cảm biến và tín hiệu chuyển mạch được truyền đi. Cần chú ý trong tình trạng không đóng điện của cảm biến, nó vẫn dẫn dù ít điện và trong tình trạng dẫn điện có điện áp sụt trên cảm biến.

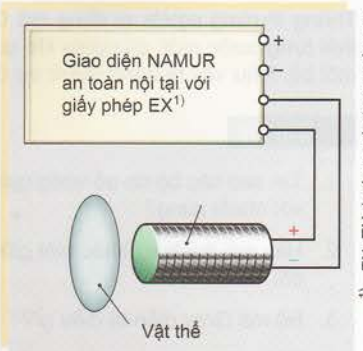


Hình 3: Kỹ thuật hai dây DC/AC

Cảm biến NAMUR (Hình 4)

Duy nhất chỉ có các cảm biến cảm ứng và điện dung được thực hiện với kỹ thuật NAMUR . Kỹ thuật này được dùng trong vùng nguy cơ cháy nổ vì ở đấy cường độ và công suất điện được hạn chế ở trị số thấp nhất. Cho công việc này ta có bộ khuếch đại chuyển mạch và giao diện an toàn.

Mạch điện được coi như an toàn nội tại khi năng lượng của nó không có khả năng tạo ra tia lửa điện trong hỗn hợp khí nguy hiểm cháy nổ.



Hình 4: Cảm biến NAMUR trong kỹ thuật hai dây

[1)] EX: EXplosionsschutzverordnung: luật lệ về chống nổ

Cảm biến với điện áp xoay chiều

Thông thường ta dùng kỹ thuật hai dây, tải được nối qua một rơ le (**Hình 1, trang 513**)

https://tieulun.hopto.org

Nối tải

- Chức năng công tắc có tiếp điểm thường đóng và thường mở

  Đối với cảm biến cảm ứng và điện dung cần có những điểm thống nhất như sau:

  Chức năng công tắc có tiếp điểm thường mở NO (normally open)

  Cảm biến không suy giảm (trạng thái tĩnh), không có vật trước bề mặt chủ động . Ngõ ra mở.

  Chức năng công tắc có tiếp điểm thường đóng NC (normally closed)

  Ở cảm biến không suy giảm ngõ ra đóng, cảm biến dẫn điện.

- Ở cảm biến quang người ta nói đến mạch tối/mạch sáng (xem chương cảm biến quang).
- Ở cảm biến siêu âm các khái niệm về tính năng hoạt động ở ngõ ra không được xác định. Khi nhận biết một vật cần đo, ngõ ra có thể bật điện hay ngược lại.

Kỹ thuật hai, ba, bốn dây

- Kỹ thuật hai dây

  Chỉ được dùng với cảm biến cảm ứng và cảm biến điện dung.

- Kỹ thuật ba dây

  Tải có thể nối với điểm đất (mạch PNP) hay điểm dương (mạch NPN).

- Kỹ thuật bốn dây

  Các cảm biến này có hai ngõ ra, một ngõ có chức năng NC, ngõ khác có chức năng NO. Chúng được cung cấp dưới dạng NPN hay PNP.

Nhận xét:

Nếu ta chú trọng sự sẵn sàng khi bị chậm trễ, mất điện toàn phần và mạch không tải, thì có thể dùng kết nối logic AND (mạch nối tiếp) cũng như OR (mạch song song) cho công tắc tiệm cận cảm ứng, điện dung, rào ánh sáng và cảm biến siêu âm, trong trường hợp không có hệ điều khiển logic lập trình được (PLC).

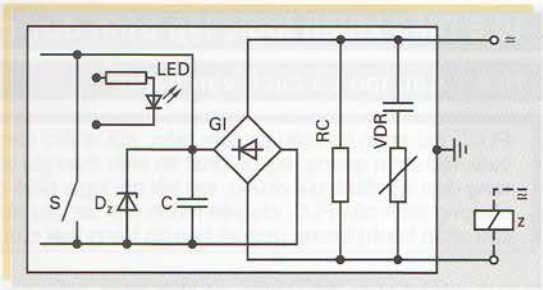
Thực tế cho biết tùy theo từng loại cảm biến ta có thể nối song song nhiều nhất 20 đến 30 cảm biến trong kỹ thuật ba dây. Nhưng tùy theo từng loại, nhiều nhất là từ 5 đến 10 cảm biến khi nối tiếp.

Trong kỹ thuật hai dây tùy theo loại ta có thể nối song song nhiều nhất từ 5 đến 10 cảm biến. Không nên dùng mạch nối tiếp (nếu có chỉ từ 2 đến 3 cảm biến)

Lý do:

Trong mạch song song các dòng điện dư của các cảm biến cộng lại trong tình trạng không bật điện.

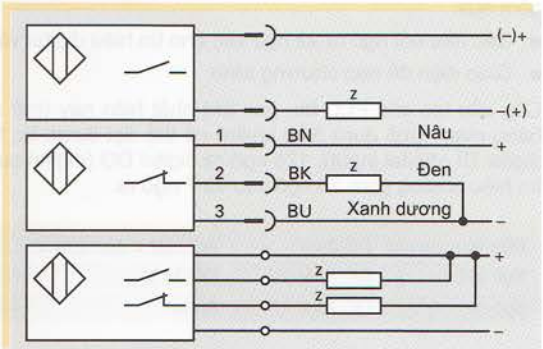
Trong mạch nối tiếp sụt điện áp tổng cộng từ 1V đến 2,5V tùy loại cảm biến. Ta phải chú ý tải cần được hoạt động hoàn hảo.



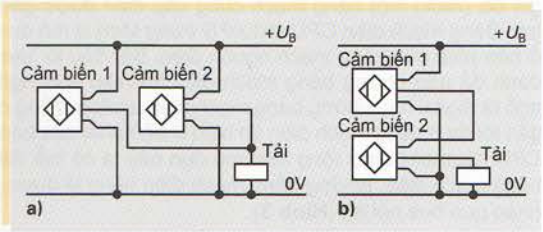
Hình 1: Kỹ thuật 2 dây với ngõ ra rơ le

Chức năng công tắc có tiếp điểm thường mở NO; luôn luôn được dùng khi khởi động START

Chức năng công tắc có tiếp điểm thường đóng NC; được dùng khi dừng STOP



Hình 2: Kỹ thuật 2-, 3-, 4 dây



Hình 3: a/ Mạch song song
b/ Mạch nối tiếp, kỹ thuật ba dây

Bài tập:

1. Hãy giải thích chữ viết tắt NC và NO
2. Một cảm biến quang chuyển mạch sáng, điều này có ý nghĩa gì?
3. Các cảm biến nào được sử dụng như cảm biến NAMUR và tại sao?
4. Hãy phác họa mạch song song cho cảm biến trong kỹ thuật hai dây

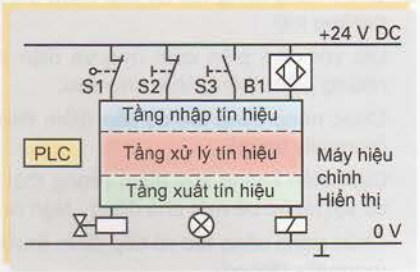
https://tieulun.hopto.org

10.8 Điều khiển logic lập trình được PLC (programmable logic controller)

10.8.1 Cấu tạo và cách vận hành

PLC[1] thu nhận tín hiệu từ cảm biến, nút nhấn, công tắc vị trí cuối, rào chắn quang hay bộ phát tín hiệu theo gia số (tăng lên từng đơn vị), đánh giá chúng, tạo kết nối logic giữa chúng nhờ chương trình của PLC, chuyển mạch cho cơ cấu tác động (cơ cấu chấp hành) tương ứng và báo tin trạng thái của quá trình.

PLC là một bộ phận điều khiển, nó khởi động, giám sát, ảnh hưởng và xác định việc chấm dứt quá trình vận hành của máy. PLC là một hệ thống điều khiển bằng bộ vi xử lý (μP) và mặc dù chương trình PLC không thay đổi, nhưng được lưu trữ (trong bộ nhớ EEPROM), nên cũng có thể biên soạn (lập trình lại) vào bất cứ lúc nào. Phần cứng và phần mềm của hệ thống được thực hiện dựa trên nguyên tắc nghiêm ngặt NXX (Nhập – Xử lý – Xuất) (**Hình 1**).



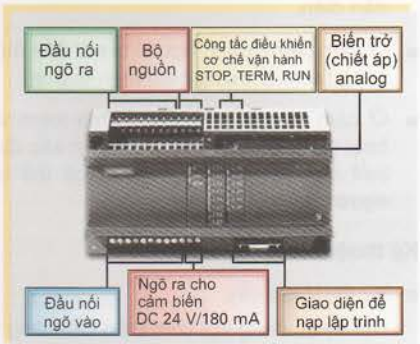
Hình 1: Nguyên tắc NXX của PLC

10.8.2 Hệ PLC thu gọn

Hệ điều khiển thu gọn này hội tụ tất cả những phần cứng (**Hình 2**) vào trong một vỏ máy. Sự kết nối tín hiệu với thế giới bên ngoài bao gồm qua:

- Các đầu nối ngõ ra và ngõ vào cho tín hiệu digital và analog
- Giao diện để nạp chương trình

Cấp cấu tạo của PLC thu gọn lớn nhất hiện nay (mở rộng thêm 7 bảng mạch (mô đun) điều khiển) có thể đạt được là: 128 ngõ vào digital DI (digital input), 128 ngõ ra digital DO (digital output) và cho tín hiệu analog gồm 28 ngõ vào và 7 ngõ ra.

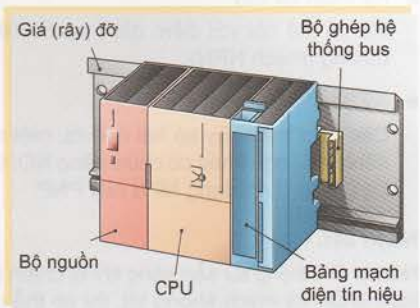


Hình 2: Hệ PLC thu gọn

Điện áp cung cấp	DC 24 V	AC 100 V đến 230 V
Ngõ vào	DC 24 V	DC 24 V
Ngõ ra	DC 24 V	Rờ le

10.8.1.2 Hệ điều khiển PLC cấu tạo kiểu mô đun

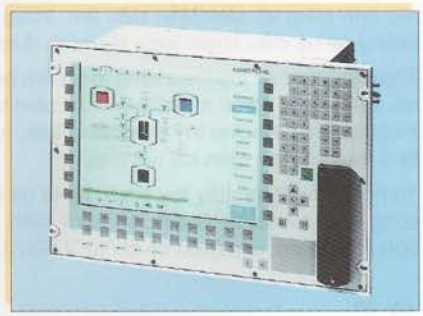
Về nguyên tắc những hệ PLC này được cấu tạo như sau: Trên một giá đỡ (rack) một bảng mạch cung cấp điện được gắn ở phía bên trái. Bảng mạch điện CPU (*bộ xử lý trung tâm*) là mô đun thứ hai gắn ở bên phải của bảng mạch nguồn điện. Bắt đầu từ khe cắm thứ ba dành để gắn những bảng mạch điện tín hiệu như ngõ vào digital, ngõ ra digital hay những bảng mạch điện analog. Tổng cộng ta được gắn tối đa 8 bảng mạch điện tín hiệu ở bên phải của bảng mạch điện CPU. Qua cách mở rộng kiểu mô đun này ta có thể thiết kế đến 64 bảng mạch điện. Những bảng mạch điện riêng lẻ được giao tiếp với nhau qua bus nội bộ (**Hình 3**).



Hình 3: PLC cấu tạo kiểu mô đun

10.8.1.3 Máy tính PC cho công nghiệp (Slot PLC)

Máy tính cá nhân cho công nghiệp (IPC) luôn được sử dụng, khi ta cần khắc phục được những **điều kiện khắc nghiệt xung quanh**. Thí dụ bụi, chất bẩn và sự rung. Máy IPC được thiết kế theo kỹ thuật Slot-CPU với màn hình mỏng TFT (*Thin-film transistor*). Tùy theo cách thao tác, những máy tính (IPC) được trang bị với cảm biến con chuột hay màn hình tiếp xúc. Máy tính công nghiệp có thể được mở rộng với những PCI-Slot vào bất cứ lúc nào. Chương trình quản lý tích hợp giám sát và tường trình những trạng thái vận hành quan trọng và bảo vệ hệ thống. Mỗi PLC-Slot là một bảng mạch điện gắn vào khe cắm cho IPC. Bảng mạch này có đầy đủ tính năng của PLC-CPU với chương trình firmware (*điều vận phần cứng*) riêng lẻ và bộ nhớ ứng dụng. Cho điều khiển quá trình có đầu nối giao diện bus trường (field bus); PLC nối với PC làm việc qua bộ dual port RAM (bộ nhớ hai cổng có thể truy cập ở cả hai phía) truyền dữ liệu rất nhanh.



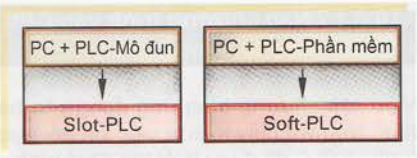
Hình 4: PC cho công nghiệp (IPC)

[1] Tiếng Đức là SPS (Speicherprogrammierbare Steuerungen = điều khiển khả lập trình trong bộ nhớ)
[2] Slot: khe gắn các bảng mạch điện

https://tieulun.hopto.org

10.8.1.4 Phần mềm PLC (Soft-PLC)

Soft-PLC là một chương trình công cụ đặc biệt của công ty. Mục đích là cung cấp những chương trình phục vụ PLC điển hình dựa trên nền tảng phần cứng đặc biệt (IPC= PC công nghiệp) hay theo tiêu chuẩn PC. Việc sử dụng chương trình Soft-PLC này liên quan trực tiếp với độ lớn của dự án. Thông thường khi thiết kế nhà máy, những thành phần công nghệ thích hợp như phần cứng PLC (Hardware-SPSen) được sử dụng. Ở những hệ thống nhỏ hay thiết bị nhỏ thì đa số phần mềm PLC (Soft-SPSen) được sử dụng.

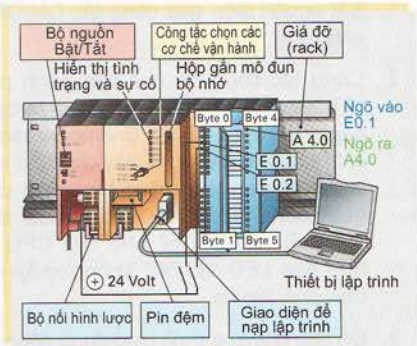


Hình 1: Sự khác biệt giữa Slot- PLC và Soft-PLC

10.8.1.5 Nối dây trong PLC

Chỉ được nối dây trong tình trạng không có điện áp

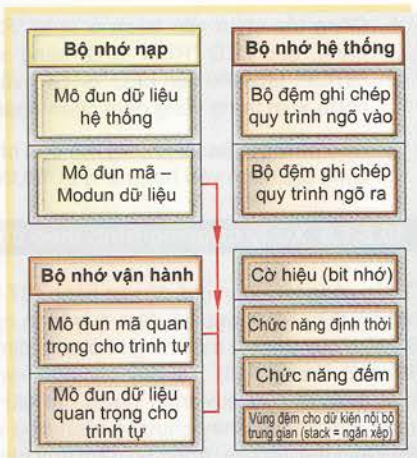
Bảng mạch CPU đa số được nối với điện áp một chiều 24 V. Ở đây, bộ nối dây hình lược được sử dụng cho bảng mạch cung cấp điện áp. Bảng mạch này được nối với điện áp xoay chiều 230 V hay 120 V (hiệu chỉnh được ở bộ nguồn cung cấp điện). Để cho dữ liệu chứa trong bộ nhớ RAM không bị mất khi nguồn điện không còn, CPU có một pin đệm. Qua một giao diện để nạp chương trình, khi cập nhật chương trình cho PLC, sự trao đổi (download) chương trình sẽ được thực hiện giữa thiết bị lập trình và bảng mạch CPU (**Hình 2**).



Hình 2: Cấu tạo kiểu mô đun của PLC

10.8.1.6 Bộ xử lý trung tâm CPU

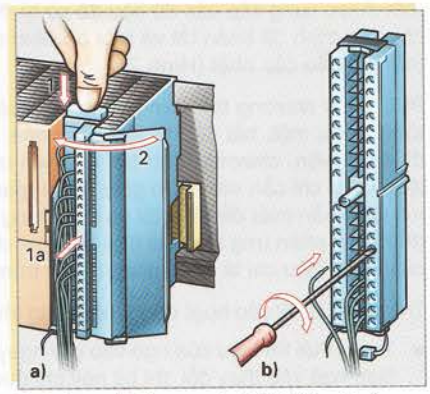
Bảng **mạch điện trung tâm** (**Hình 3**) gồm có bộ vi xử lý, những bộ (vùng) nhớ khác nhau và hệ thống bus để nối với tất cả thành phần. **Chương trình ứng dụng** ở trong bộ nhớ nạp cũng như bộ nhớ vận hành. **Bộ nhớ nạp** (load memory) được thực hiện qua những mô đun nhớ (memory card) được gắn vào CPU hay những linh kiện lưu trữ tích hợp cố định (ROM, EEPROM). Bộ nhớ nạp bao gồm toàn bộ chương trình ứng dụng chứa cấu hình và thông số bảng mạch điện. **Bộ nhớ vận hành** (work memory) là bộ nhớ RAM, truy cập nhanh, chứa những thành phần liên quan quá trình của chương trình ứng dụng như mã chương trình hay dữ liệu ứng dụng. **Bộ nhớ hệ thống** (system memory) chứa những biến số bị truy cập từ chương trình. Những biến số (toán hạng) được tóm tắt trong các phạm vi (miền, vùng, phạm vi toán hạng). CPU có những phạm vi như sau:



Hình 3: Bảng mạch trung tâm CPU

- **Ngõ vào** (E) là vùng đệm (ghi chép) quy trình (process image) của bảng mạch tín hiệu digital ngõ vào
- **Ngõ ra** (A) là vùng đệm (ghi chép) quy trình của bảng mạch điện tín hiệu digital ngõ ra
- **Cờ hiệu** (M) là vùng lưu trữ những thông tin có thể truy cập trong cả toàn bộ chương trình
- **Chức năng định thời** (T) là vùng cho những cơ cấu định thời thực hiện giám sát và trì hoãn thời gian
- **Chức năng đếm** (Z) là bộ đếm phần mềm; chiều đếm tăng hay giảm
- **Dữ liệu cục bộ tạm thời** (L) là bộ nhớ trung gian động, khi mô đun phần mềm đang xử lý

Hướng dẫn: Những chữ cái trong ngoặc đơn là ký hiệu tắt của toán hạng tương ứng ở lệnh PLC.



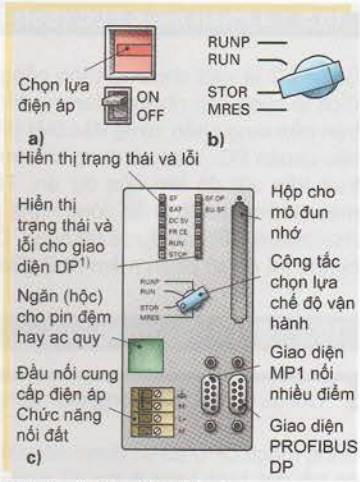
Hình 4: a) Bảng mạch digital 16 ngõ vào
b) Ổ cắm phía trước cho 32 ngõ vào

https://tieulun.hopto.org

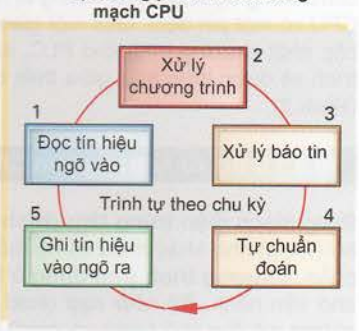
10.8.1.7 Nạp chương trình vào CPU (bảng mạch trung tâm); xóa toàn bộ

Việc nạp chương trình ứng dụng vào bảng mạch CPU của PLC được thực hiện với điều kiện là việc kết nối trực tuyến (online) giữa thiết bị lập trình và PLC đã được thiết lập. Quá trình nạp được mô tả trong thí dụ của máy PLC S7-300 như sau (**Hình 1**):

1. Bật nguồn điện qua công tắc ON/OFF. Đi ốt (màu đỏ) ở CPU phát sáng.
2. Công tắc chọn cơ chế vận hành phải ở vị trí "STOP", đèn LED "STOP" phát sáng đỏ. Bây giờ ta quay công tắc chọn cơ chế vận hành vào vị trí MRES (memory reset = bộ nhớ thiết lập lại) và giữ vị trí này trong vòng 3 giây cho đến khi đèn LED "STOP" nhấp nháy chậm. Buông lỏng công tắc; chọn chế độ vận hành và sau 3 giây quay công tắc trở về vị trí MRES. Bây giờ đèn LED "STOP" nhấp nháy nhanh hơn, bộ nhớ của CPU bị xóa toàn bộ. Trong trường hợp đèn LED "STOP" không nhấp nháy nhanh hơn, thì quá trình trên phải lặp lại.
3. Để nạp chương trình ứng dụng công tắc chọn cơ chế vận hành phải ở vị trí "STOP". Nhờ chương trình quản lý firmware chương trình đã biên soạn được truyền vào CPU.
4. Công tắc chọn vận hành ở vị trí "RUN P" và CPU sẵn sàng vận hành, đèn LED "RUN" phát sáng xanh lá cây (lục) và đèn LED "STOP" tắt. Nếu đèn LED "STOP" vẫn còn đỏ, có lỗi phát hiện (sửa chữa xem trong vùng đệm chẩn đoán).
5. Nếu phải truyền tải những mô đun phần mềm riêng lẻ vào CPU, thì công tắc chọn vận hành ở vị trí "RUN P" hay "STOP".



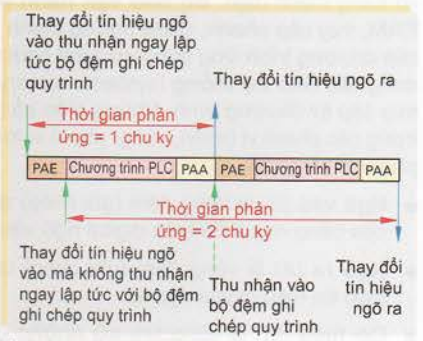
Hình 1: a) Công tắc điện áp mạng
b) Công tắc chọn lựa chế độ vận hành
c) Những phần tử của bảng mạch CPU



Hình 2: Xử lý chương trình ứng dụng

10.8.1.8 Xử lý chương trình theo chu trình (quét)

Ở đây công tắc chọn chế độ vận hành (S7-300) phải ở vị trí "RUN". Trước tiên hệ điều hành nạp bộ đệm quy trình ngõ vào (PAE) digital vào CPU. Bộ đệm quy trình là một vùng nhớ nhất định trong bộ nhớ hệ thống (**Hình 2, Trang 515**). Tại đây các ngõ vào cùng với trạng thái tín hiệu thực tế của quy trình được cất giữ (*vào PAE*). Với những trạng thái tín hiệu này chương trình ứng dụng xử lý PAE và thay đổi trạng thái tín hiệu trong bộ đệm quy trình ở ngõ ra digital (PAA). Sau đó, hệ điều hành truyền tải trạng thái tín hiệu của bộ đệm quy trình ngõ ra PAA đến bảng mạch điện ngõ ra. Bây giờ quá trình mới được cung cấp các dữ liệu đã xử lý. Như vậy một chu kỳ của chương trình đã hoàn tất và một bộ đệm quy trình ngõ vào (PAE) mới bắt đầu cập nhật (**Hình 2**).



Hình 3: Thời gian đáp ứng

PLC xử lý chương trình ứng dụng theo cách nối tiếp, có nghĩa là từng bước một, bắt đầu từ lệnh đầu tiên. Sau khi lệnh cuối cùng đã thực hiện, chương trình bắt đầu với một bước mới. Cho mỗi lệnh CPU chỉ cần vài micro giây. **Thời gian chu trình** là thời gian mà CPU cần thiết để xử lý tất cả lệnh trong chương trình ứng dụng (thời gian phản ứng tối đa là thời gian hai chu kỳ) xem **Hình 3**. Thời gian chu trình là một đặc điểm về chất lượng của PLC. Tiêu chí là 1000 dòng (lệnh) trong danh sách câu lệnh của chương trình ứng dụng.

Trong khi xử lý các hoạt động, hệ thống không thể phản ứng ngay với sự thay đổi ngõ vào, vì:

- Trạng thái tín hiệu của ngõ vào giữ nguyên trong một chu kỳ chương trình. Khi một bit (tín hiệu) ở bảng mạch điện ngõ vào thay đổi, thì bit này chỉ được thu nhận vào lúc ban đầu của chu kỳ chương trình kế tiếp.
- Khi tín hiệu ở ngõ ra thay đổi nhiều lần trong một chu kỳ chương trình, sự thay đổi tín hiệu này cũng không tác dụng lên bit của bảng mạch ngõ ra, bởi vì ngõ ra chỉ được chuyển đổi vào lúc cuối cùng của quá trình xử lý.

[1] DP (Display Port) = giao diện chọn chế độ vận hành cho việc hiển thị và báo lỗi

https://tieulun.hopto.org

Thời gian chu trình (cycle time) đóng vai trò quyết định cho thời gian phản ứng (reaction time) của một hệ thống PLC (**Hình 3, Trang 516**).

Thời gian phản ứng gồm có các thành phần như sau:

- Một hay hai thời gian chu trình (tùy thuộc vào sự thay đổi tín hiệu ở ngõ vào và sự cập nhật hóa bộ đệm ghi chép quy trình)
- Thời gian trì hoãn của bảng mạch điện ngõ vào (khoảng 3 ms để lọc các tín hiệu nhiễu)
- Thời gian trì hoãn chuyển mạch ở bảng mạch điện ngõ ra

Thời gian phản ứng RZ = Thời gian lọc ở ngõ vào + 1 hay 2 thời gian chu trình + thời gian chuyển mạch ở bảng mạch điện ngõ ra.

Như đã đề cập, bộ đệm ghi chép quy trình của bảng mạch điện digital ngõ vào hay ngõ ra và phân chia chúng thành bộ đệm ghi chép quy trình của ngõ vào và bộ đệm quy trình ngõ ra. Bộ đệm quy trình ngõ vào đáp ứng với phạm vi của toán hạng ngõ vào E và bộ đệm quy trình ngõ ra đáp ứng với phạm vi của toán hạng ngõ ra A. Qua ngõ vào và ngõ ra một máy sản xuất hay một quá trình được điều khiển.

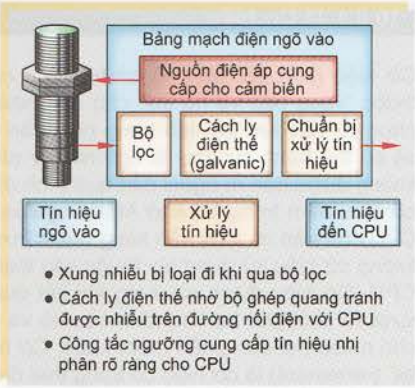
10.8.1.9 Những cổng vào, bảng mạch điện ngõ vào

Khi lập trình cổng được xem như là hình ảnh mô phỏng của 1 bit (tín hiệu) ở bảng mạch điện digital ngõ vào. Hệ điều hành của CPU sao chép trạng thái tín hiệu ở bảng mạch điện ngõ vào vào bộ đệm quá trình ngõ vào PAE ở mỗi chu kỳ của chương trình, trước khi chương trình xử lý. Qua đó, những tín hiệu ngõ vào được đưa đến CPU của PLC qua bảng mạch điện ngõ vào. Để duy trì dung sai giữa mức "0" và "1" của tín hiệu ngõ vào cũng như để báo cho CPU mỗi ngõ vào digital đều có bộ lọc, bộ ghép quang để cách ly điện thế (galvanic) và bộ công tắc ngưỡng (mức độ của logic 1/0) trong việc chuẩn bị xử lý tín hiệu (**Hình 1**). Ngoài ra, bảng mạch điện ngõ vào cho tín hiệu điện một chiều có gắn điốt để bảo vệ khi nối cực bị sai, hay gắn tích hợp mạch điện chỉnh lưu cho tín hiệu điện áp xoay chiều.

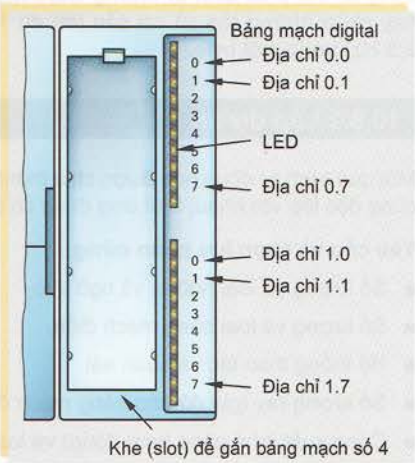
10.8.1.10 Những cổng ra, bảng mạch điện ngõ ra

Cổng ra sao chép 1 bit tương ứng với bảng mạch điện digital ngõ ra. Khi thiết lập (set) một ngõ ra cũng có nghĩa là thiết lập (set) một bit tương ứng trong bảng mạch điện. Khi bit được thiết lập, đèn LED tương ứng của bit sẽ phát sáng. Việc sao chép trạng thái tín hiệu ngõ ra của bộ đệm ghi chép quy trình PAA được thực hiện bởi hệ điều hành của CPU. Bảng mạch điện ngõ ra thiếp lập sự kết nối đến quá trình. Một mặt, cơ cấu tác động và phần tử chấp hành của quá trình thí dụ như van (24 V, 500 mA) được đóng hay mở, mặt khác những bộ ghép quang trong bảng mạch điện ngõ ra tự bảo vệ và qua đó cũng bảo vệ CPU (do sự cách ly điện thế giữa PLC và quá trình điều khiển). Cho nên, nếu có sự ngắn mạch xuất hiện ở cơ cấu tác động cũng không làm hỏng hệ PLC (**Hình 3**).

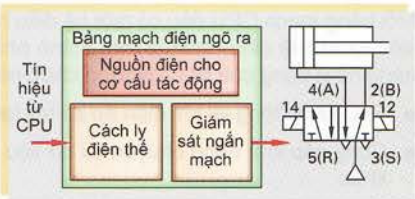
Chú ý: Vì lý do về kỹ thuật an toàn, bảng mạch điện ngõ ra ngắt tất cả các ngõ ra, khi có lỗi làm cho chu kỳ chương trình bình thường ngưng hoạt động. Nhờ vậy sau khi một chu kỳ trôi qua, PLC và quá trình điều khiển cách ly nhau. Do đó, tránh được trạng thái vận hành gây nguy hiểm cho quá trình điều khiển.



Hình 1: Bảng mạch điện ngõ vào của PLC



Hình 2: Đánh số địa chỉ



Hình 3: Bảng mạch điện ngõ ra của PLC

Hình 4: Lắp đặt một bảng mạch tín hiệu. Bảng mạch điện tín hiệu đầu tiên gắn ở khe cắm mang số 4

https://tieulun.hopto.org

10.8.1.11 Cờ hiệu

Cờ hiệu (*còn gọi biến số cờ hiệu, cờ nhớ, bit nhớ*) thuộc "vùng bảo vệ hỗ trợ" cho điều khiển. Cờ hiệu phục vụ việc lưu trữ tình trạng nhị phân của tín hiệu và có thể hành xử như là ngõ ra, tuy nhiên cờ hiệu không được dẫn ra ngoài đến quá trình điều khiển. Vì cờ hiệu nằm trong bộ nhớ hệ thống của bảng mạch CPU cho nên nó luôn sẵn sàng được trưng dụng. Số lượng cờ hiệu sử dụng tùy thuộc vào loại bảng mạch CPU. Cờ hiệu được sử dụng khi kết quả trung gian vượt ra khỏi giới hạn mô đun của nó và có thể xử lý cho nhiều mô đun phần mềm khác. Cờ hiệu "còn sót lại" (remanent) là cờ hiệu có trạng thái được PLC giữ nguyên, khi PLC mất điện. Cờ hiệu xung nhịp có tỷ số xung-nghỉ 1:1 (50%) và thay đổi tuần hoàn. Cờ hiệu cũng có thể phát sinh từ những chức năng định thời hay chứa những tần số cài sẵn (thí dụ 10 Hz, 5 Hz, 2,5 Hz) trong một byte.

Bài tập:

1. Những bảng mạch nào thuộc về những bảng mạch điện cơ bản của PLC?
2. Hãy cho biết những loại cấu tạo PLC?
3. Bộ ghép quang có nhiệm vụ gì trong bảng mạch điện ngõ ra?
4. PLC làm việc theo chu kỳ. Hãy giải thích điều này?
5. Hãy giải thích khái niệm "thời gian chu trình" của PLC?
6. Hãy giải thích sự khác nhau giữa PLC phần mềm (Soft-PLC) và PLC phần cứng (Hard-PLC)?
7. Hãy giải thích khái niệm "bộ đệm ghi chép quy trình điều khiển ngõ ra / ngõ vào"?
8. Bạn hiểu gì về thời gian phản ứng?
9. Thời gian xử lý một lệnh ở PLC hiện nay là 0,5 µs. Chương trình sử dụng có 1000 dòng, PLC thực hiện (quét) bao nhiêu lần?

10.8.2 Lập dự án

Một quá trình tự động hóa được chia thành nhiều phạm vi và nhiều quá trình nhỏ, chúng liên kết với nhau nhưng cũng độc lập với nhau. Một ứng dụng có thể phân tích theo nhiều chức năng như sau:

Yêu cầu và chọn lựa phần cứng:

- Số lượng và loại ngõ ra và ngõ vào
- Số lượng và loại bảng mạch điện
- Hệ thống thao tác và quan sát
- Số lượng ray (giá đỡ cho bảng mạch điện)
- Công suất (khả năng hoạt động) và loại CPU

Yêu cầu phần mềm:

- Cấu trúc chương trình
- Tài liệu về chương trình và dự án
- Bảo quản dữ liệu cho ứng dụng
- Dữ liệu cấu hình

10.8.2.1 Hệ điều hành – Phần mềm

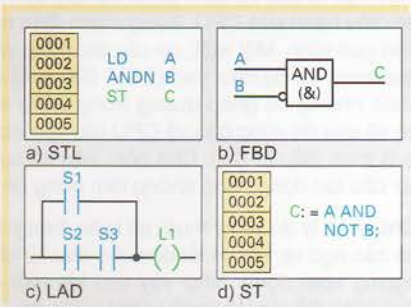
Mỗi bảng mạch CPU đều có một hệ điều hành để có khả năng làm việc tự trị. Hệ điều hành là một thành phần quan trọng trong khả năng hoạt động của PLC. Những chức năng này là:

- PLC khởi động lại khi điện áp có trở lại
- Cung cấp khả năng chuyển tải dữ liệu với các bảng mạch điện khác
- Tổ chức bộ nhớ lưu trữ lập trình CPU (Bộ nhớ RAM)
- Giám sát phần mềm và phần cứng
- Chỉ dẫn các giải pháp khi lỗi xảy ra

Hình 1: Ngôn ngữ lập trình theo IEC 61131-3

10.8.2.2 Chương trình ứng dụng

Để thiết lập chương trình sử dụng có các loại ngôn ngữ lập trình được trình bày trong **Hình 1** và **2**. Người sử dụng phải hiểu rõ những lệnh để lập trình trong ngôn ngữ **danh sách câu lệnh STL**[1] (**S**tatement **l**ist). Người sử dụng có thể lấy xuống thông tin về cú pháp và chức năng từ sự trợ giúp trực tuyến. Ngôn ngữ **sơ đồ bậc thang ký hiệu là LAD**[2] (Ladder logic) gồm nhiều sơ đồ công tắc riêng lẻ, được gắn nối tiếp hay song song với nhau.



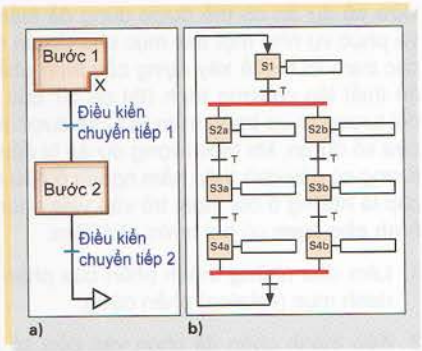
Hình 2: Ngôn ngữ lập trình

[1] STL tương ứng với AWL tiếng Đức (Anweisungsliste = danh sách câu lệnh)
[2] LAD tương ứng với KOP tiếng Đức (Kontaktplan = sơ đồ công tắc)

https://tieulun.hopto.org

Trong **ngôn ngữ chức năng** còn gọi là **sơ đồ chức năng** ký hiệu là FBD[1] (*Function block diagram*), những biểu tượng về chức năng theo đồ họa tiêu chuẩn được sử dụng (**Hình 2, Trang 518**).

Ngôn ngữ chức năng trình tự SFC[2] (*Sequential Function Chart*) còn gọi là ngôn ngữ trình tự là một công cụ phần mềm bằng đồ họa để lập trình. Nhờ những bước tác động (lệnh) và những điều kiện chuyển tiếp (transition) những vấn đề định hướng theo trình tự được giải quyết. Chuyển tiếp từ bước này sang bước kế tiếp được thực hiện tùy thuộc vào điều kiện. Đằng sau những bước riêng lẻ là những hoạt động phức tạp, những hoạt động này được diễn tả trong bất kỳ ngôn ngữ lập trình PLC khác. Một tính chất đặc biệt của SFC là khả năng xử lý song song của các bước tuần tự với những nhánh rẽ hoàn toàn độc lập cũng như với điểm hội tụ (đồng bộ ở đầu hay cuối các nhánh rẽ) (**Hình 1**).



Hình 1: Ngôn ngữ lập trình
a) ngôn ngữ tuần tự SFC tuyến tính
b) ngôn ngữ tuần tự SFC rẽ nhánh

Lập trình với ngôn ngữ bậc cao như Pascal hay C được biết qua **ngôn ngữ văn bản cấu trúc ST** (**Hình 2, Trang 518**)

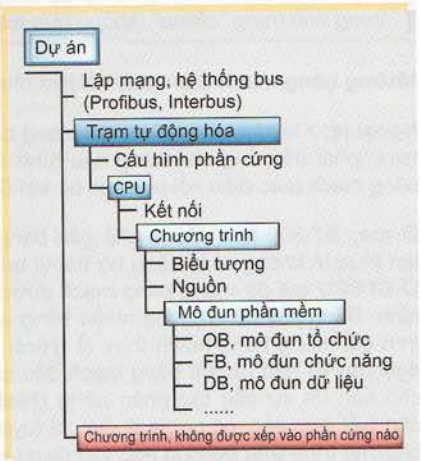
Chỉ dẫn: Không phải hệ thống PLC nào cũng hỗ trợ cho cả 5 ngôn ngữ lập trình trên.

10.8.2.3 Cấu trúc chương trình

Để bố trí rõ ràng một quá trình tự động hóa, ta chia nó thành những quy trình nhỏ khép kín. Một mặt, điều này làm việc lập dự án trở nên nhẹ nhàng hơn, mặt khác những quy trình nhỏ của dự án được chia cho nhiều người lập trình cùng một lúc. Cách này cũng giúp đơn giản việc thử nghiệm chương trình cũng như dịch vụ và bảo dưỡng.

> Toàn bộ quá trình tự động hóa phân chia thành những phần nhỏ, mỗi phần có nhiệm vụ khác nhau.

Mỗi phần nhiệm vụ này đặt ra những đòi hỏi nhất định về phần mềm và phần cứng của hệ thống tự động hóa.

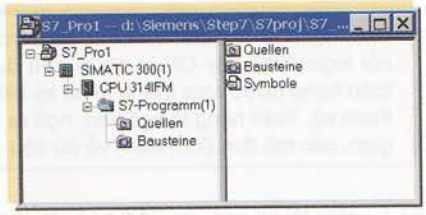


Hình 2: Hệ phân cấp chương trình

Dự án phục vụ việc sắp xếp thứ tự những dữ liệu và chương trình dồn lại, khi xây dựng lời giải cho sự tự động hóa. Những dữ kiện tóm tắt trong dự án đặc biệt là:

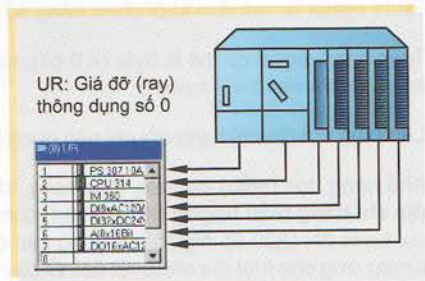
- Dữ liệu cấu hình của cấu tạo phần cứng, cũng như dữ liệu thông số cho các bảng mạch điện sử dụng
- Dữ liệu lập dự án cho truyền thông qua mạng
- Chương trình cho những bảng mạch có thể lập trình

> Nhiệm vụ chính khi xây dựng một dự án là:
> - Thu nhận dữ liệu
> - Thiết lập chương trình



Hình 3: Cửa sổ dự án

Trong thí dụ hình 2 và 3 một hệ thống PLC công nghiệp được lưu hành trên thị trường, cách tiến hành của việc lập dự án này được giải thích làm mẫu. Dữ liệu được sắp đặt trong dự án dưới dạng **đối tượng** (object). Những đối tượng trong phạm vi dự án được bố trí theo cấu trúc dạng cây (phân cấp dự án) (tương tự như bề mặt sử dụng của Windows). **Cửa sổ dự án** trên màn hình được chia làm 2 phần. Nửa bên trái trình bày cấu trúc dạng cây, ở nửa về bên phải là nội dung của những đối tượng được đánh dấu ở bên trái, được hiển thị trong những hình chọn lựa (biểu tượng lớn, không có biểu tượng, danh sách hay chi tiết). Ở trên đỉnh của hình phân cấp dự án là đối tượng "S7_Pro1" xem như biểu tượng khai báo cho toàn thể dự án (**Hình 2** và **3**).



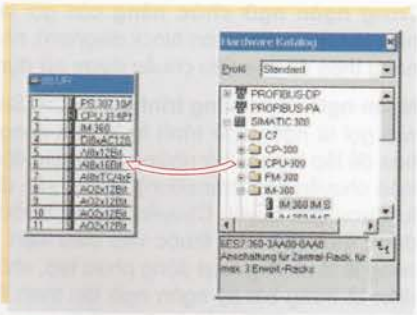
Hình 4: Bảng cấu hình cho giá gắn các bảng mạch điện

[1] FBD tương ứng với FBS hay FUP tiếng Đức (Funktionsplan = sơ đồ chức năng)
[2] SFC tương ứng với AS tiếng Đức (Ablaufsprache = ngôn ngữ trình tự)

https://tieulun.hopto.org

Cửa sổ dự án có thể được dùng để hiển thị đặc tính của dự án và phục vụ như một thư mục cho dự án theo cấu hình mạng cho các trạm PLC (để xây dựng cấu hình phần cứng PLC) cũng như để thiết lập chương trình (thí dụ S7 của hãng Siemens). Những đối tượng chứa trong trạm PLC sẽ được hiển thị ở phía phải trong cửa sổ dự án, khi biểu tượng dự án bị đánh dấu (click). Những đối tượng có dấu chữ thập nằm ngang ở đầu của chữ trong hình phân cấp là những ô đối thoại trỏ vào việc chọn lựa đối tượng. Để **cấu hình cho trạm** có hai bước phải làm:

1. Làm dấu những thành phần của phần cứng trong cửa sổ của danh mục (catalog) phần cứng.
2. Kéo thành phần đã chọn vào cửa sổ của trạm bằng phương pháp "Drag & Drop" (kéo & thả con chuột) (**Hình 1**).



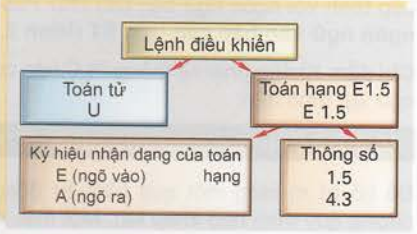
Hình 1: Cấu hình của một trạm PLC

> Lập cấu hình phần cứng và lập dự án qua mạng chỉ thực hiện trong tình trạng "offline" (không qua mạng)

Những bảng mạch điện phải nối liền nhau không có kẽ hở.

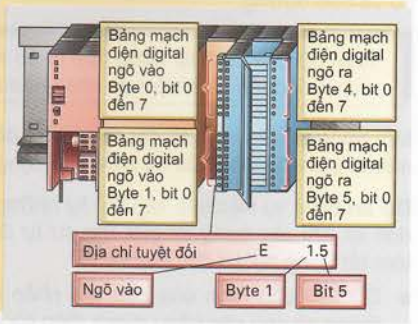
Ngoại lệ: Khi cấu tạo một giá đỡ mang bảng mạch điện, một khe (slot) phải để trống cho bảng cấu hình của hệ thống (dành cho bảng mạch giao diện nối bus cục bộ với S7[1)]).

Ở máy S7-300 khe này là chỗ gắn bảng mạch số 3. Trong cấu tạo thực tế không có khoảng hở bởi vì bus phía sau bị gián đoạn. Ở STEP 7 giá đỡ mang bảng mạch được khai báo qua bảng cấu hình. Bảng này có số hàng nhiều bằng số bảng mạch được gắn trên giá mang bảng mạch thực tế (**Hình 4**, **Trang 517**). Mỗi một ngõ vào và ngõ ra của bảng mạch đều có một **địa chỉ tuyệt đối** cho sẵn do sự cấu tạo phần cứng (**Hình 3**). Địa chỉ này được cho biết trực tiếp, có nghĩa là địa chỉ tuyệt đối. Để thông báo cho chương trình ứng dụng là ngõ vào được kết nối logic AND (và) thì phải ghi **lệnh điều khiển**. Lệnh điều khiển gồm có một **phần toán tử** (tên lệnh) và một **phần toán hạng** (dữ liệu hay địa chỉ) (**Hình 2**).



Hình 2: Lệnh điều khiển

> Phần toán tử cho biết lệnh nào sẽ thực hiện khi thao tác. Kết nối logic AND hay OR là những thí dụ về phép toán. Phần toán hạng được chia thành phần ký hiệu nhận dạng và phần tham số. Toán hạng là ngõ vào, ngõ ra, cờ hiệu, bộ đếm, thời gian, các mô đun (linh kiện) về dữ liệu và về chức năng.



Hình 3: Địa chỉ tuyệt đối

E1.5 nghĩa là: bit ngõ vào số 5 trong byte số 1

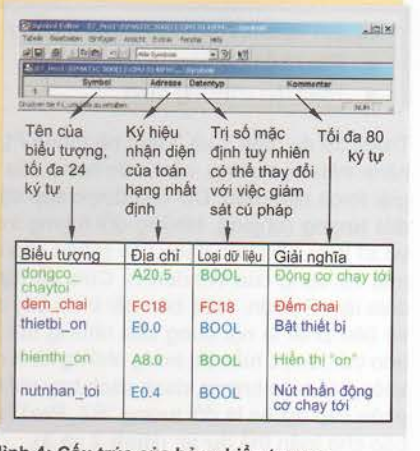
A4.3 nghĩa là: bit ngõ ra số 3 trong byte số 4

FB21 nghĩa là: mô đun khối chức năng số 21

Toán hạng digital có thể là byte (= 8 bit), từ (word = 2 byte), hay từ kép (double word = 4 byte)

Lập trình với địa chỉ tuyệt đối chỉ nên dùng khi có ít ngõ ra ngõ vào.

Khả năng đọc (hiểu) chương trình tăng, khi ta sử dụng việc **định địa chỉ bằng biểu tượng** (**Hình 4**) (td. dongco_chaytoi) thay vì địa chỉ tuyệt đối (A20.5). Người sử dụng xác định tên hay biểu tượng tương ứng cho một địa chỉ tuyệt đối. Ở đây lại có sự phân biệt giữa biểu tượng toàn cục hay cục bộ cho các mô đun.



Hình 4: Cấu trúc của bảng biểu tượng

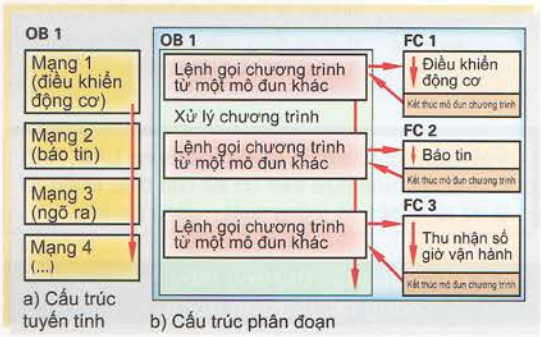
https://tieulun.hopto.org

Biểu tượng toàn cục được tạo ra và sử dụng cho chương trình ứng dụng và trong tất cả mô đun (*các khối chương trình tổ chức và chức năng*) đều có chung một ý nghĩa. Những biểu tượng toàn cục được định nghĩa trong một bảng biểu tượng. Bảng biểu tượng được cấu tạo tự động khi thiết kế chương trình. Biểu tượng cục bộ *được tạo ra trong mô đun (khối chương trình)* và chỉ có giá trị trong phạm vi mô đun đó. Với cùng một biểu tượng, cùng một biến số nhưng trong những khối chương trình (mô đun) khác thì biểu tượng cục bộ được dùng với những ý nghĩa khác. Tên của dữ liệu cục bộ được xác định trong phần khai báo của mô đun tương ứng.

Hướng dẫn: Nổi bật nhất là biểu tượng mang nhiều ý nghĩa bằng đồ họa (màu sắc, kiểu chữ), biểu tượng phải được kiểm tra kỹ để tránh nhầm lẫn với các biểu tượng khác có sẵn. Bảng biểu tượng cũng có thể thiết kế với chương trình biên soạn tạo bảng biểu (Excel của Microsoft) và có thể nhập vào bảng biểu tượng.

Các loại dữ liệu (datatype) xác định đặc tính của dữ liệu, có nghĩa là mô tả nội dung, phạm vi giá trị cho phép và các phép tính có thể thực hiện được (khả thi). Thí dụ một biến số có dạng dữ liệu **BOOL** trình bày 1 bit. **Chương trình ứng dụng** có thể được lập trình theo nhiều loại: như *chương trình tuyến tính*, *chương trình phân đoạn* hay *chương trình có cấu trúc*. **Chương trình tuyến tính** (**Hình 1a**) có cấu trúc đơn giản (không có nhánh rẽ). Chỉ có duy nhất một mô đun tổ chức (organization block OB1) chứa tất cả lệnh của chương trình. Chương trình OB1 xử lý (quét) từng dòng lệnh theo mỗi chu kỳ CPU.

Chương trình phân đoạn (**Hình 1b**) được chia thành những mô đun chương trình, mỗi mô đun chứa lời giải cho phần nhiệm vụ trong mô đun đó. Mô đun tổ chức OB1 chứa những lệnh để gọi các mô đun con khác theo tuần tự được định nghĩa trước. **Chương trình cấu trúc** (**Hình 2**) chứa những mô đun chương trình với thông số. Những chương trình này được thiết kế sao cho dễ dùng trong nhiều ứng dụng. Thí dụ khi những chức năng gần giống hay giống trong một quá trình điều khiển được sử dụng nhiều lần, thì phải lập trình sao cho lời giải có giá trị tổng quát trong một khối chương trình có thông số thay đổi được. Nếu chương trình (thí dụ qua mô đun tổ chức OB1) gọi chương trình con này để xử lý, thì nó phải cung cấp cho chương trình con này những thông số thực tế.



Hình 1: Chương trình ứng dụng
a) Cấu trúc tuyến tính
b) Cấu trúc nhiều phân đoạn

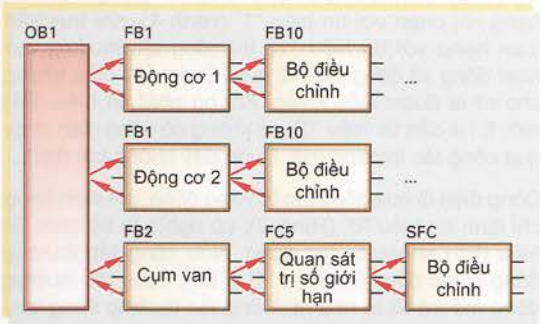
Firmware dùng những loại khối chương trình sau đây để sử dụng cho cấu trúc chương trình:

- **Mô đun tổ chức OB** (organization block)

Chúng tạo ra giao diện giữa chương trình ứng dụng với hệ điều hành. OB1 thực hiện sự quét tuần hoàn của chương trình chính. Những OB khác sẽ được gọi khi có những biến cố đặc biệt (thí dụ báo động).

- **Mô đun chức năng FB** (function block)

Chúng là những khối chức năng như chương trình con, có thông số thay đổi được. Khi FB bị gọi, bộ nhớ biến số được cập nhật với khối gọi. Bộ nhớ biến số này nằm trong khối dữ liệu riêng lẻ.



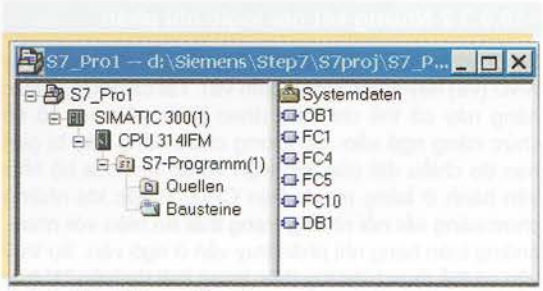
Hình 2: Chương trình ứng dụng có cấu trúc

- **Mô đun chương trình FC** (program block)

Chúng cũng là mô đuni chương trình với thông số thay đổi như FB nhưng không có khối dữ liệu riêng. SFC là những chức năng đã được lập trình sẵn, được thử nghiệm rồi tích hợp trong hệ điều hành của CPU.

- **Mô đun dữ liệu DB** (data block)

Chúng chứa dữ liệu (hằng số hay biến số) để có thể xử lý tiếp những mô đun chương trình (**Hình 3**).



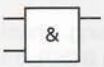
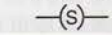
Hình 3: Các mô đun phần mềm

https://tieulun.hopto.org

10.8.3 Những chức năng cơ bản

Mỗi ngôn ngữ lập trình đều có những chức năng cơ bản.

Bảng 1: Những chức năng cơ bản

Chức năng cơ bản	Sơ đồ khối chức năng FBD	Sơ đồ bậc thang LAD
Kết nối nhị phân AND; OR; NOT; IDENTITY (Đồng nhất)	Cổng logic 	Gắn nối tiếp hay song song của những toán hạng
Chức năng lưu trữ	Chỉ định	Cuộn dây 
	Hộp lưu trữ; bộ liên kết; đánh giá sườn tín hiệu	
Chức năng định thời	Chức năng định thời có thể khởi động, thiết lập lại (reset) hay truy vấn	
Chức năng đếm	Thiết lập (set); thiết lập lại; đếm thuận; đếm ngược; truy vấn bộ đếm	

Với ngôn ngữ lập trình sơ đồ bậc thang **LAD**, PLC có thể lập trình dựa trên cơ sở cho điều khiển rờ le và rờ le bảo vệ (công suất – công tắc tơ).

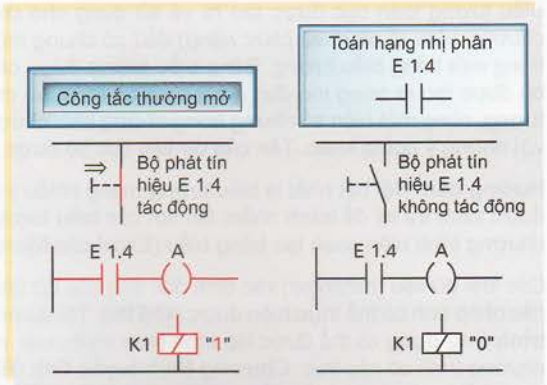
10.8.3.1 Công tắc thường mở; công tắc thường đóng

Với hai loại công tắc này, toán hạng nhị phân được truy vấn (*hỏi để xác nhận*) về địa chỉ của tiếp điểm. Công tắc thường mở (khi công tắc đóng lại → dòng điện chạy qua) tương ứng với truy vấn trạng thái toán hạng nhị phân với tín hiệu "1" (**Hình 1**). Khi truy vấn toán hạng với tín hiệu "1", thì công tắc thường mở hoạt động và dòng điện đi qua. Cuộn dây biểu tượng cho rơ le được điều khiển. Khi bộ phát tín hiệu (E4) mở, E1.4 dẫn tín hiệu "0", sẽ không có dòng điện chạy qua công tắc thường mở. Cuộn dây không bật điện.

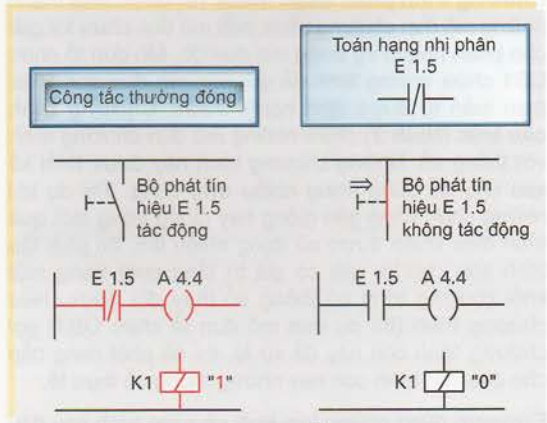
Dòng điện đi qua công tắc thường đóng, khi toán hạng chỉ định tín hiệu "0" (**Hình 2**), có nghĩa là bộ phát tín hiệu (E5) không bị tác động. Nếu công tắc thường đóng bị tác động (tín hiệu "1" ở E5), công tắc thường đóng mở và rờ le nhả ra. Công tắc thường đóng truy vấn ngõ vào với tín hiệu "0".

10.8.3.2 Những kết nối logic nhị phân

Sơ đồ khối FBD mô tả chức năng kết nối nhị phân như AND (và) hay NAND (phủ định và). Tất cả những chức năng này có thể chỉ định (theo lý thuyết) với vô số chức năng ngõ vào. Số lượng chức năng này bị giới hạn do chiều dài của linh kiện và độ lớn của bộ nhớ vận hành ở bảng mạch điện CPU. Trước khi những chức năng kết nối những trạng thái tín hiệu với nhau, những toán hạng nhị phân truy vấn ở ngõ vào. Sự truy vấn có thể thực hiện tùy theo trạng thái tín hiệu "1" hay "0" (**Hình 3**).



Hình 1: Cách hoạt động của công tắc thường mở

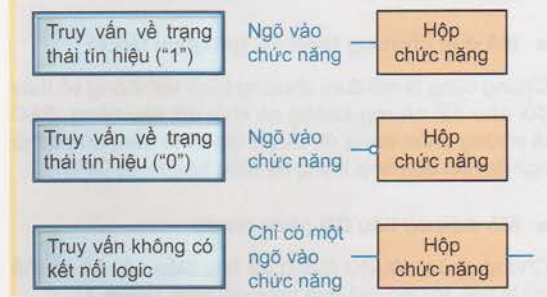


Hình 2: Cách hoạt động của công tắc thường đóng

Khi truy vấn về tiếp điểm của bộ phát tín hiệu, phải để ý bộ phát tín hiệu là công tắc thường mở hoặc thường đóng. Khi bộ phát tín hiệu bị tác động, ở ngõ vào của PLC có những trạng thái tín hiệu khác nhau.

"Tín hiệu 1" ở công tắc thường mở

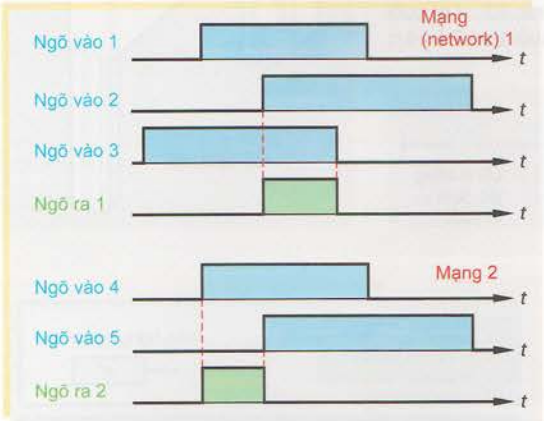
"Tín hiệu 0" ở công tắc thường đóng

CPU không thể xác nhận, ngõ ra nối với một công tắc thường mở hay công tắc thường đóng. CPU chỉ nhận biết trạng thái tín hiệu "0" hay "1".

Hình 3: Truy vấn về sự kết nối logic nhị phân

https://tieulun.hopto.org

10.8.3.3 Chức năng AND

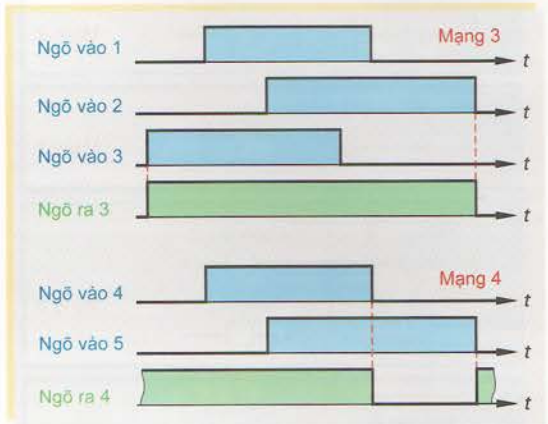
Chức năng AND (và) kết nối logic với hai (hay nhiều) trạng thái tín hiệu nhị phân ngõ vào với nhau và cung cấp kết quả kết nối với logic "1", khi hai (hay tất cả) trạng thái ngõ vào có logic "1" cùng một lúc. Nếu một trong những ngõ vào có tín hiệu logic "0", thì chức năng AND cung cấp kết quả kết nối logic "0".



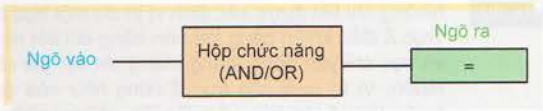
Chức năng **AND** (và) tương ứng với mạch điện nối tiếp. Những tiếp điểm được gắn nối tiếp với nhau. Dòng điện chạy qua cuộn dây, khi tất cả tiếp điểm đều đóng lại.

10.8.3.4 Chức năng OR

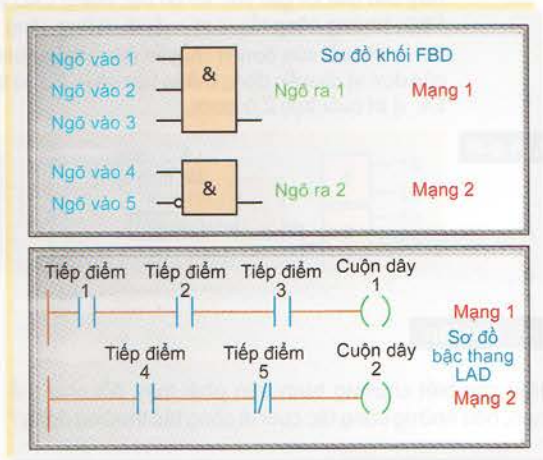
Chức năng OR (hoặc) kết nối logic với hai (hay nhiều) trạng thái nhị phân của tín hiệu ngõ vào với nhau và cung cấp kết quả kết nối với logic "1", khi tối thiểu có một truy vấn trạng thái ngõ vào có logic "1".



Chức năng **OR** (hoặc) tương ứng với mạch điện song song. Những tiếp điểm được gắn song song với nhau. Dòng điện chạy qua cuộn dây, khi một trong những tiếp điểm đóng lại.

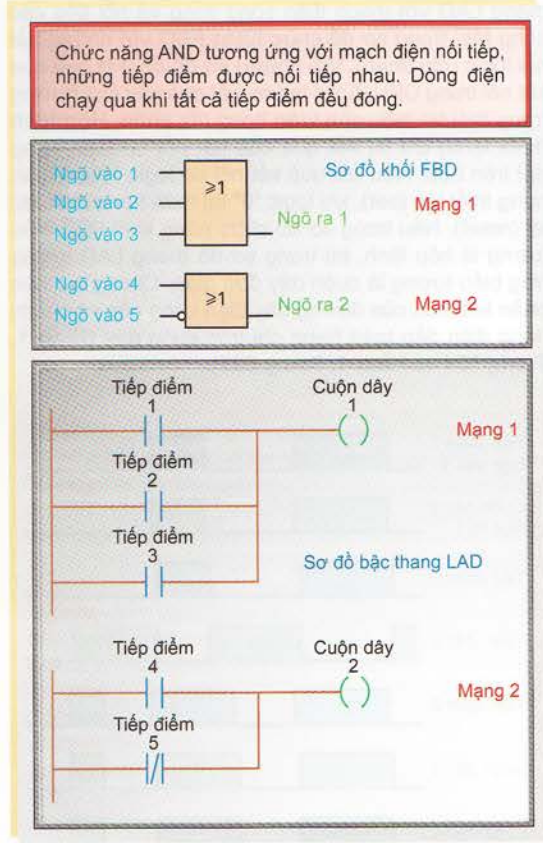


Hình 1: Hộp chức năng với lệnh chỉ thị



Hình 2: Chức năng AND được diễn tả qua sơ đồ FBD hay LAD

Chức năng AND tương ứng với mạch điện nối tiếp, những tiếp điểm được nối tiếp nhau. Dòng điện chạy qua khi tất cả tiếp điểm đều đóng.



Hình 3: Chức năng OR được diễn tả qua sơ đồ FBD và LAD

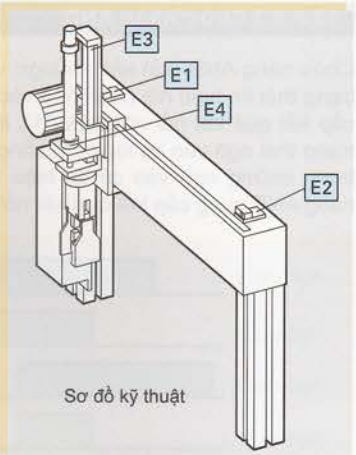
https://tieuluan.hopto.org

10

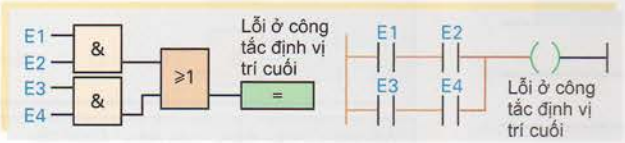
Thí dụ: Những chi tiết được xác định vị trí do một trục chuyển động thẳng. Trục Z điều khiển bằng khí nén nâng chi tiết nhờ dụng cụ kẹp chặt và trục chuyển động thẳng mang chi tiết gia công đến vị trí mong muốn. Vị trí cuối của trục Z cũng như của đơn vị chuyển động tuyến tính được truy vấn. Do đó, những công tắc định vị trí cuối không được tác động cùng một lúc. Nếu ngược lại sẽ phát ra báo lỗi: "Lỗi ở công tắc định vị trí cuối" (xem biểu đồ kỹ thuật).

Hãy cho biết lời giải với: sơ đồ bậc thang LAD và sơ đồ chức năng FBD. Những công tắc vị trí cuối là những công tắc thường mở.

E1: vị trí cuối của đơn vị chuyển động thẳng bên trái; E2: vị trí cuối của đơn vị chuyển động thẳng bên phải; E3: vị trí cuối trục Z ở trên; E4: vị trí cuối trục Z ở dưới.



Lời giải:

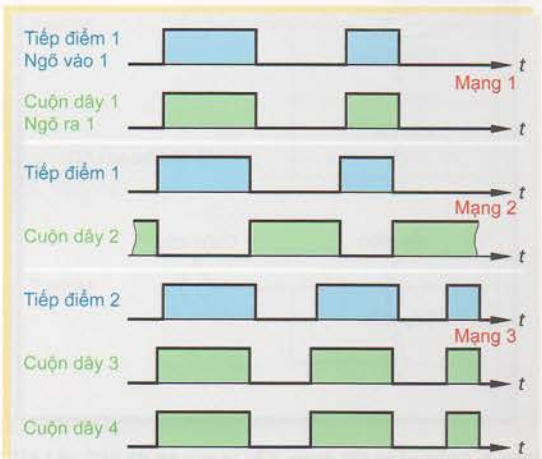


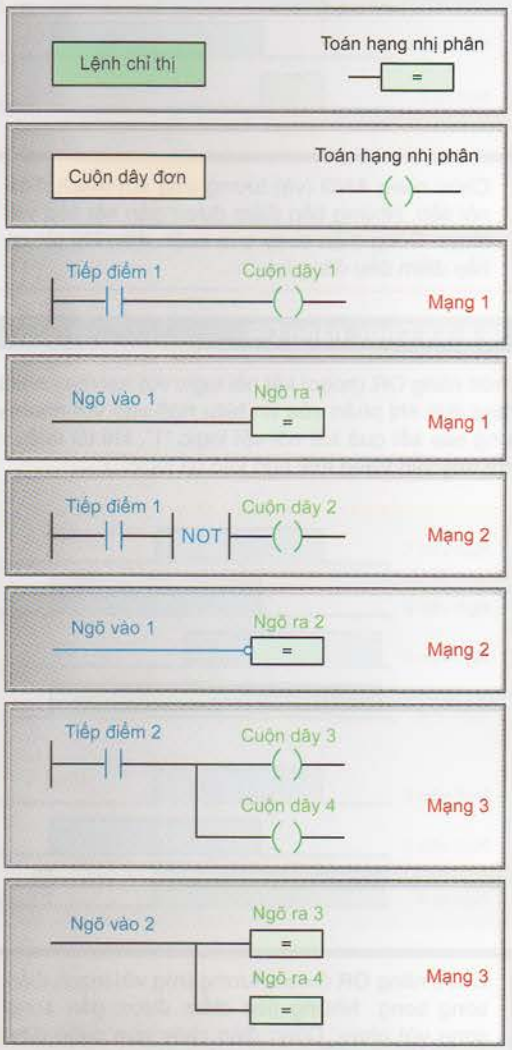
Bài tập:

Hãy cho biết chương trình trên phải thay đổi như thế nào, nếu những công tắc cuối là công tắc thường đóng?

10.8.3.5 Chức năng lưu trữ

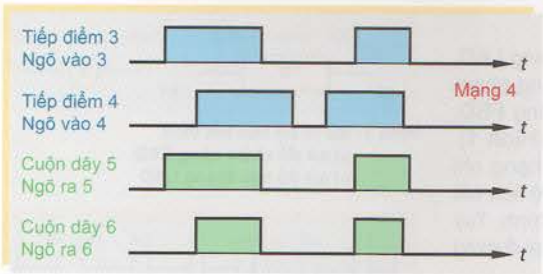
Chức năng lưu trữ được sử dụng trong sơ đồ bậc thang LAD với mạch điện song song và nối tiếp các công tắc, trong sơ đồ chức năng FBD với những kết nối logic (nhị phân). Với những sơ đồ đó, kết quả của kết nối trong CPU được tạo ra, kết quả này ảnh hưởng trạng thái tín hiệu của toán hạng nhị phân. **Hộp lệnh** (khối lệnh) chỉ thị kết quả của kết nối do toán hạng đặt trên hộp. Nếu kết quả kết nối có logic "1" thì toán hạng thiết lập (set), khi logic "0" thì toán hạng thiết lập lại (reset). Nếu trong sơ đồ chức năng khối FBD biểu tượng là hộp lệnh, thì trong sơ đồ thang LAD tương ứng biểu tượng là cuộn dây đơn giản. Chúng tạo nên phần kết thúc của đường dây điện cung cấp và chỉ thị dòng điện đến toán hạng ghi trên cuộn dây (**Hình 1**, **Trang 524** và **Hình 1**, **Trang 525**).

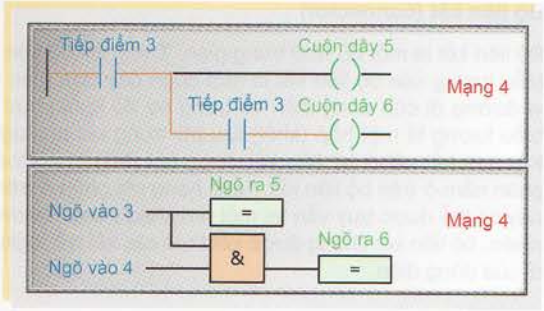




Hình 1: Chức năng lưu trữ (ngõ ra / cuộn dây)

https://tieulun.hopto.org

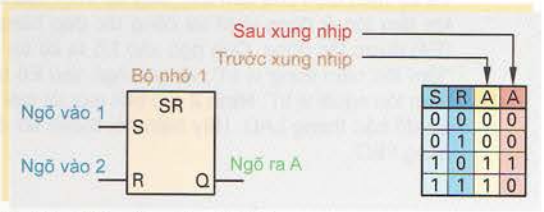




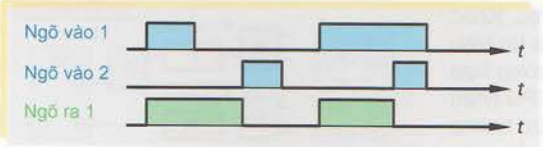
Hình 1: Chức năng lưu trữ (ngõ ra, cuộn dây)

Bộ nhớ SR và RS (Hình 2 và 3)

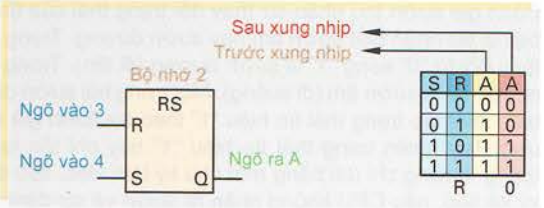
Trong bộ nhớ này chức năng thiết lập S (set) và thiết lập lại R (reset) được tập hợp lại với nhau. Toán hạng nhị phân nằm chung ở trên bộ nhớ. Ở ngõ ra A của bộ nhớ cho biết trạng thái tín hiệu của toán hạng. Chức năng của bộ nhớ có hai cách thực hiện hoặc là **bộ nhớ SR** hay là **bộ nhớ RS**. Ở bộ nhớ SR ngõ vào thiết lập lại R là ưu tiên (trội hơn). Có nghĩa là bộ nhớ sẽ giữ nguyên trạng thái hay là bị thiết lập lại, khi cả hai ngõ vào R và S có cùng một lúc logic "1".



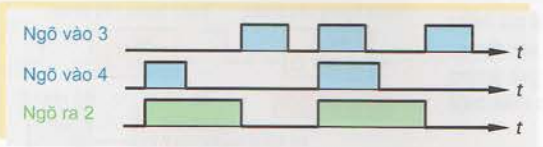
Hình 2: Chức năng bộ nhớ RS

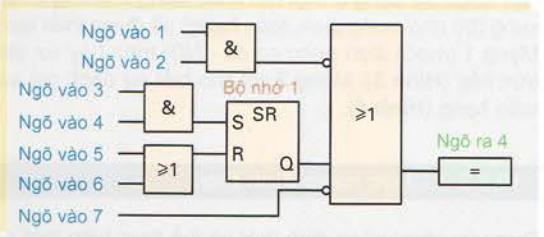


Ngõ vào thiết lập S trong bộ nhớ RS là ưu tiên có nghĩa là bộ nhớ sẽ giữ nguyên hay là bị thiết lập (set) khi cả hai ngõ vào R và S có cùng một lúc logic "1".



Hình 3: Chức năng bộ nhớ SR





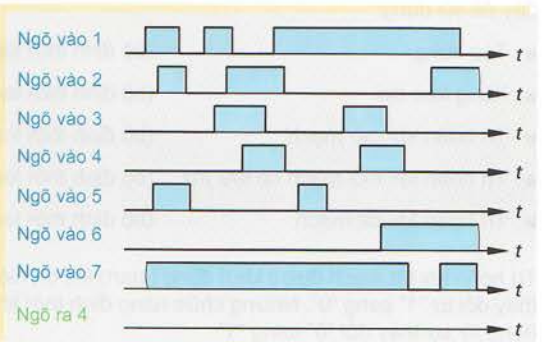
Hình 4: Thí dụ về bộ nhớ SR

Ưu tiên thiết lập (set) được sử dụng cho bộ nhớ báo lỗi, mặc dù đã báo không còn lỗi ở ngõ vào thiết lập lại R nhưng báo lỗi vẫn giữ, khi lỗi vẫn còn ở ngõ vào thiết lập S.

Ưu tiên thiết lập lại (reset) được sử dụng ưu tiên cho sự thiết lập, vì trạng thái tín hiệu logic "0" là trạng thái chắc chắn hơn hay "không gây nguy hiểm hơn".

Bài tập:

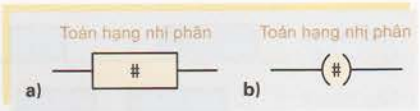
1. Hãy cho biết sự kết hợp ngõ vào nào để dẫn đến ngõ ra 4 có tín hiệu "1" (**Hình 4**)?. Làm thế nào để trạng thái này thay đổi thành tín hiệu "0"?
2. Hãy hoàn tất đầy đủ sơ đồ xung ở bên cạnh cho thí dụ trong **Hình 4**, khi phác họa tín hiệu ở ngõ ra A4?



https://tieulun.hopto.org

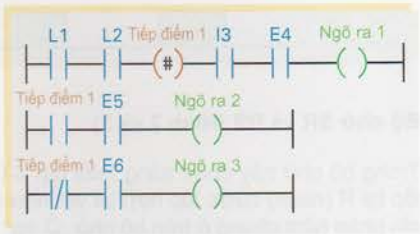
Bộ liên kết (connector)

Bộ liên kết là một bộ nhớ trung gian. Trong sơ đồ bậc thang LAD, biểu tượng của bộ liên kết là một cuộn dây đơn giản trong phạm vi đường đi của dòng điện và trong sơ đồ khối chức năng FBD, biểu tượng là một hộp (khối) lưu trữ trong kết nối logic (**Hình 1**). Kết quả kết nối ở bộ liên kết được ghi (trữ) trong toán hạng nhị phân nằm ở trên bộ liên kết. Toán hạng nhị phân ở trên bộ liên kết này có thể được truy vấn tại một nơi khác trong chương trình. Tuy nhiên, bộ liên kết không được kết thúc các kết nối logic hay đường đi của dòng điện.



Hình 1: Mô tả bộ liên kết theo
a) sơ đồ chức năng FBD
b) sơ đồ bậc thang LAD

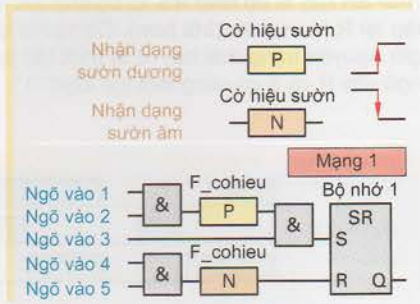
Thí dụ: Nhờ hai rào ánh sáng L1 và L2, ta giám sát được vị trí của tấm tôn trong máy vuốt ép sâu. Bộ cảm biến khởi tạo I3 kiểm tra sự hiện diện của tấm tôn. Máy ép vuốt sâu kéo đầu dập, khi tấm tôn ở đúng vị trí và công tắc đạp bằng chân S4 ≙ (E4) được tác động. Qua ngõ vào E5 ta có tín hiệu hiển thị "tấm tôn nằm đúng vị trí"; và qua ngõ vào E6 ta có tín hiệu "tấm tôn ngoài vị trí". **Hình 2** cho biết một lời giải khả thi trong sơ đồ bậc thang LAD. Hãy biến đổi thành sơ đồ khối chức năng FBD.



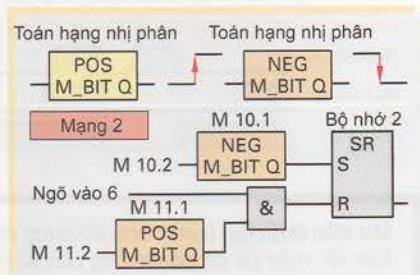
Hình 2: Điều khiển máy ép theo sơ đồ bậc thang LAD

10.8.3.6 Đánh giá sườn tín hiệu

Đánh giá sườn thu nhận sự thay đổi trạng thái của tín hiệu. Khác biệt là sự nhận biết sườn âm hay sườn dương. Trạng thái tín hiệu thay đổi từ "0" sang "1" là sườn dương (đi lên). Trong trường hợp ngược lại là sườn âm (đi xuống). Một trong hai sườn do CPU nhận biết, thiết lập trạng thái tín hiệu "1" theo sự đánh giá sườn tương ứng. Tuy nhiên trạng thái tín hiệu "1" này chỉ tồn tại ngắn hạn, thông thường chỉ dài bằng một chu kỳ làm việc, sau đó trong chu kỳ kế tiếp, nếu CPU không nhận ra sườn và sự đánh giá tín hiệu sẽ thiết lập lại với logic "0". Kết quả của việc đánh giá sườn có thể xử lý trực tiếp với kết nối logic kế tiếp. Nếu sự nhận biết sườn cần được sử dụng ở một nơi khác trong chương trình, thì cờ hiệu xung (bộ nhớ trung gian, toán hạng) sẽ được thiết lập và sử dụng. Mạng 1 (*mạch điện trong sơ đồ - ND*) trình bày sự đánh giá sườn trực tiếp (**Hình 3**). Mạng 2 chỉ cho biết sự đánh giá sườn của một toán hạng (**Hình 4**).



Hình 3: Nhận dạng sườn qua kết quả của những kết nối logic



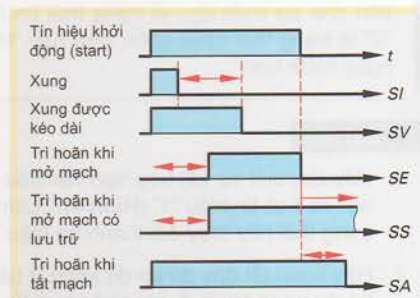
Hình 4: Nhận dạng sườn qua toán hạng nhị phân

10.8.3.7 Chức năng định thời

Dựa vào chức năng định thời có thể thực hiện thời gian đợi, thời gian giám sát, đo khoảng thời gian ngắn hoặc tạo ra xung. Thông thường, bảng mạch CPU đưa ra những chức năng định thời sau đây để sử dụng:

- Tạo xung (bộ định thời loại SI)
- Xung kéo dài (bộ định thời loại SV)
- Trì hoãn khi mở mạch (bộ định thời loại SE)
- Trì hoãn khi mở mạch có lưu trữ (bộ định thời loại SS)
- Trì hoãn khi tắt mạch (bộ định thời loại SA)

Trì hoãn khi tắt mạch được khởi động (start) khi tín hiệu ở ngõ vào thay đổi từ "1" sang "0". Những chức năng định thời khác đều khởi động từ sự thay đổi "0" sang "1".

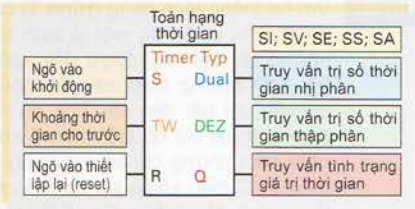


Hình 5: Chức năng định thời

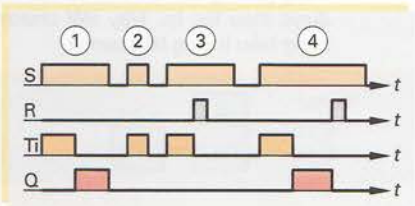
https://tieulun.hopto.org

Tính năng thời gian khi làm trì hoãn lúc bật điện

Hình 2 chỉ cho biết tính năng của chức năng định thời. S là ngõ vào khởi động, R là ngõ vào thiết lập lại, T_i là thời gian nội bộ của bộ định thời và Q là trạng thái ở ngõ ra bộ định thời. Bộ định thời được khởi động với tín hiệu "1" ở S. Ngõ ra Q cung cấp tín hiệu "1", khi thời gian nội bộ (hiệu chỉnh qua ngõ vào TW) trôi qua (chấm dứt) và trạng thái tín hiệu ở S vẫn còn giữ logic "1". Khi tín hiệu ở S thay đổi từ "1" sang "0" trong lúc thời gian nội bộ đang chạy, thì chức năng định thời sẽ dừng và Q cung cấp tín hiệu "0" (2). Khi tín hiệu ở R thay đổi từ "1" sang "0" trong lúc thời gian nội bộ đang chạy, thì chức năng định thời sẽ thiết lập lại (reset) (Q = "0") (3), ngay cả khi ở S có tín hiệu "1". Tín hiệu "1" ở R sẽ thiết lập lại chức năng định thời (Q = "0") (4), cho cả khi thời gian nội bộ chưa kết thúc.



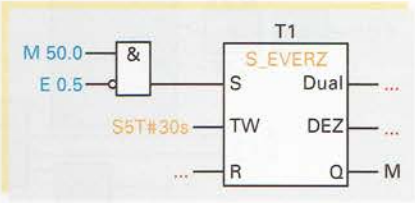
Hình 1: Khối chức năng định thời



Hình 2: Biểu đồ thời gian trì hoãn lúc bật mạch

Thí dụ: Để điều khiển hệ thống trộn, sự trì hoãn thời gian thường sử dụng. Thí dụ lò sưởi cho quá trình trộn phải bật 15 phút (mô phỏng 30 giây), sau khi "1" nút nhấn điều khiển ON (cờ hiệu M 50.0 = "1") và bình chứa đầy chất trộn (bộ cảm biến khởi tạo B1 = E0.5 = "0" chức năng mở). **Hình 3** cho biết chương trình.

Hướng dẫn: Những ngõ ra và ngõ vào có đánh dấu "..." không nhất thiết phải sử dụng.



Hình 3: Một đoạn trong chương trình với trì hoãn lúc bật mạch

10.8.3.8 Chức năng đếm (Hình 4)

Với chức năng đếm ta có thể đếm thuận hay đếm ngược. Cũng như thế trị số đếm được hiệu chỉnh hay xóa trị số nhất định lúc ban đầu. Truy vấn về chức năng đếm được thực hiện qua trạng thái của bộ đếm ở ngõ ra Q (trị số đếm là 0 hay khác 0), hay qua trị số đếm thực tế giải mã nhị phân ở ngõ ra DUAL hay mã số BCD ở DEZ.

Khi lập trình cho chức năng của bộ đếm không cần phải sử dụng tất cả ngõ vào hay ngõ ra. Chỉ cần sử dụng những toán tử (phép tính) là đủ, thí dụ như cho bộ đếm ngược. Đó là tín hiệu ngõ vào thiết lập (S) khởi động trị số đếm đầu tiên, ZR cho bộ đếm ngược và Q cho truy vấn về trạng thái bộ đếm. Bộ đếm sẽ được thiết lập do sườn dương ở ngõ vào S. Do đó, chức năng đếm sẽ nhận trị số đếm ở ngõ vào ZW (phạm vị trị số từ 0 đến 999). Với tín hiệu "1" ở R, bộ đếm sẽ thiết lập lại (reset) và do đó trị số bộ đếm là 0. Chức năng đếm thuận được thực hiện, khi ngõ vào ZV thay đổi tín hiệu từ "0" sang "1". Cứ mỗi sườn dương (đi lên), bộ đếm tăng thêm một đơn vị, cho đến khi đạt được trị số cao nhất 999. Những sườn dương tiếp theo không tác dụng. Việc truyền số nhớ (số dư) không xảy ra (**Hình 5**).

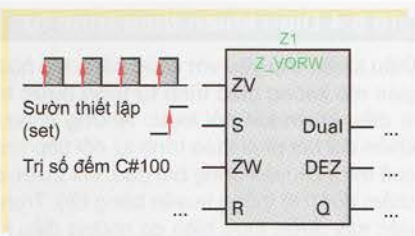
Chức năng đếm

Ký hiệu	Loại dữ liệu	Mô tả
ZV	BOOL	Đếm thuận
ZR	BOOL	Đếm ngược
S	BOOL	Ngõ vào thiết lập
ZW	WORD	Định trước trị số của bộ đếm
R	BOOL	Thiết lập lại (reset)
DUAL	Word	Trị số đếm thực tế
DEZ	Word	Trị số đếm thực tế
Q	BOOL	Trạng thái giá trị đếm

Hình 4: Chức năng đếm

Bộ đếm đếm ngược khi thay đổi sườn dương xảy ra ở cổng ZR. Cứ mỗi lần thay đổi, trị số chứa đã định trong ZW bộ đếm giảm đi một đơn vị. Khi đạt giới hạn 0, thì những sườn tiếp theo không còn tác dụng nữa. Bộ đếm ngược không sử dụng trị số âm. Trạng thái của bộ đếm có thể được truy vấn ở Q.

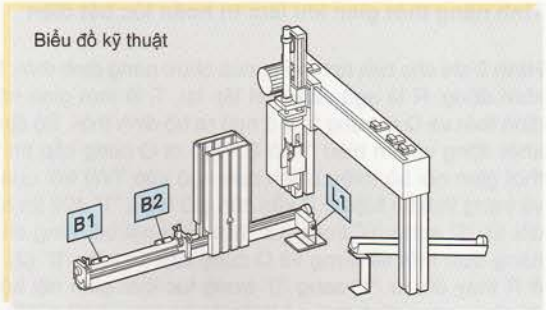
Q phát tín hiệu "1", khi trị số đếm thực tế (tức thì) lớn hơn 0. Q phát tín hiệu "0", khi trị số đếm thực tế bằng 0. Những ngõ ra DUAL và DEZ cho biết trị số thực tế vào thời điểm truy vấn tùy theo mỗi loại mã số. Những bộ đếm có ngõ vào và ngõ ra tích hợp như R; DUAL; DEZ không cần phải gắn thêm mạch điện phụ trợ nào nữa.



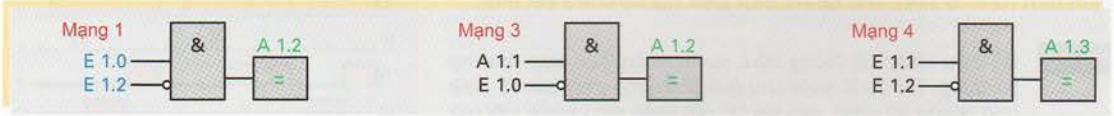
Hình 5: Bộ đếm thuận Z1

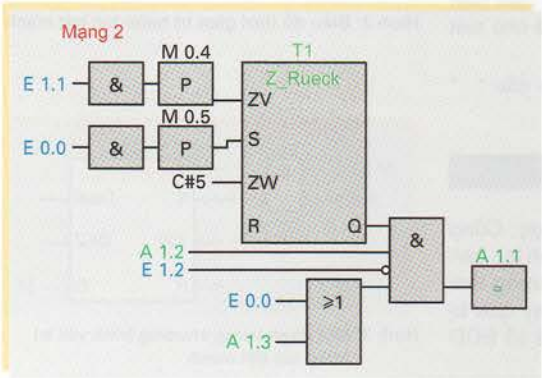
https://tieulun.hopto.org

Thí dụ: Với hệ thống tách riêng (**Hình 1**) các chi tiết rời được điều khiển do một xi lanh tác động kép, những chi tiết này được đẩy xuống từ máng trữ. Một đường trượt chuyển động thẳng vận chuyển chi tiết đến các hộc để hàng hóa. Vì đường trượt chỉ có thể nhận 5 chi tiết, nên ta phải đếm những chi tiết này. Hãy viết chương trình PLC điều khiển sự tách riêng và đếm số lần xi lanh đẩy xuống. Sau 5 lần tách riêng, quá trình sẽ dừng lại (đường trượt đã đầy). Quá trình chỉ có thể khởi động lại, khi đường trượt trống (không còn chi tiết) và nút bấm khởi động được thao tác lại. Hãy viết chương trình theo bảng biểu tượng bên cạnh?



Hình 1: Hệ thống tách riêng





Bảng 1: Bảng biểu tượng

Biểu tượng	Địa chỉ	Loại dữ liệu	Giải thích
B1	E 1.0	BOOL	Z1 vị trí cuối phía sau
B2	E 1.1	BOOL	Z1 vị trí cuối phía trước
L1	E 1.2	BOOL	Rào ánh sáng
S1	E 0.0	BOOL	Nút nhấn khởi động
Z1	A 1.0	BOOL	Xi lanh 1 chạy ra
Z1	A 1.1	BOOL	Xi lanh 1 chạy vào
H1	A 1.2	BOOL	Hệ thống sẵn sàng hoạt động
H2	A 1.3	BOOL	Lấy chi tiết ra

Giải thích:
Mạng 1: Hệ thống sẵn sàng hoạt động H1 phát sáng
Mạng 2: Đếm tự động và tách riêng
Mạng 3: Xi lanh chạy trở về
Mạng 4: Lấy chi tiết ra H2 phát sáng

10.8.3.9 Chức năng so sánh

Khi sử dụng bộ đếm, thông thường ta cần biết tình trạng hiệu chỉnh của bộ đếm để khởi động một chức năng điều khiển tiếp theo. Cho nên, phải sử dụng chức năng so sánh hai biến số digital với nhau. Ở **Tổng quan 1** những cặp trị số được so sánh với nhau.

Nếu kết quả so sánh là "đúng", thì bộ so sánh sẽ cung cấp tín hiệu "1", nếu sai, tín hiệu là "0". Hai ngõ vào IN1 và IN2 được so sánh theo những loại so sánh tương ứng như sau:

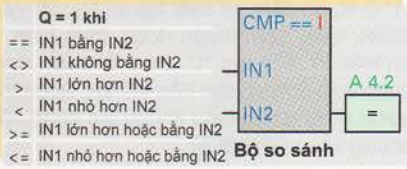
Ở **Bảng 2** bộ so sánh so sánh về sự bằng nhau (==) của hai số thực có dấu chấm (phẩy) tĩnh (fixed-point number) (ký hiệu là I = Integer) dựa vào cơ số 16 bit.

Chỉ dẫn: Ngõ ra của bộ so sánh phải luôn luôn được nối với mạch (thí dụ với tải). Những biến số cài đặt phải cùng loại dữ liệu giống như ngõ vào.

Tổng quan 1: Giá trị số

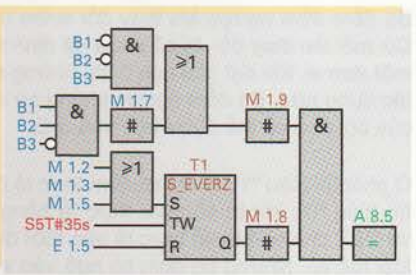
I	So sánh với số nguyên (cơ số 16 bit)
D	So sánh với số nguyên (cơ số 32 bit)
R	So sánh với số thực dấu chấm động (cơ số 32 bit)

Bảng 2: Các loại so sánh



10.8.4 Điều khiển theo trình tự

Điều khiển chủ yếu với chức năng kết hợp hay với chức năng thời gian mà không theo trình tự từng bước bắt buộc, người ta gọi đó là điều khiển kết nối logic. Nhưng cũng có nhiều quá trình điều khiển đòi hỏi phải theo trình tự nối tiếp nhau theo thời gian. Thí dụ quá trình chuyển động bắt đầu, khi trước đó một quá trình khác đã chấm dứt (Hệ thống truyền băng tải). Trong điều khiển kết nối logic việc này được thực hiện do những điều kiện khóa liên động trong chương trình (*những điều kiện này nối nhau theo tầng được gọi là độ lồng sâu - ND*).

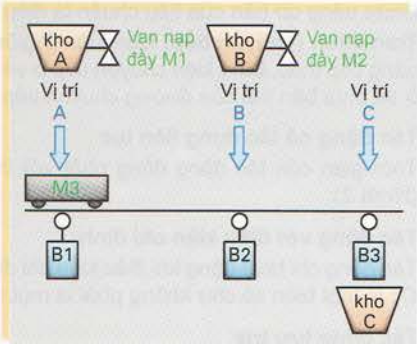


Hình 2: Điều khiển kết nối logic (độ lồng sâu 5 tầng)

https://tieulun.hopto.org

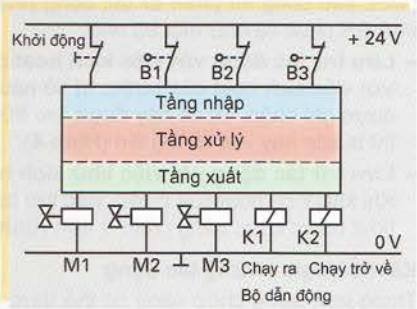
Tuy nhiên, nếu độ lồng sâu quá nhiều tầng thì chương trình này sẽ không còn rõ ràng. Cho nên, khi bị lỗi việc sửa chữa sẽ rất tốn thì giờ (**Hình 2, Trang 528**).

Điều khiển trình tự (*tuần tự*) là loại điều khiển thực hiện tuần tự theo từng bước bắt buộc. Quá trình cần điều khiển được chia nhỏ thành từng phần chức năng, gọi là bước. Nhờ đó mà chương trình sử dụng có cấu trúc logic và sự tác động lẫn nhau của các phần chức năng được mô tả rõ ràng và ta có cái nhìn tổng quan. Một thí dụ điển hình cho sự điều khiển trình tự là thiết bị băng vận chuyển (**Hình 1**). Nếu chiếc xe chuyên chở ở vị trí A (cảm biến B1 = "0") và nút khởi động được tác động, thì chiếc xe sẽ được nạp đầy hàng hóa từ kho A. Van đổ đầy M1 sẽ mở trong vòng 6 giây. Sau thời gan đổ đầy (M1 đóng lại) xe sẽ di chuyển đến vị trí B. Khi đã tới vị trí B (báo tin do B2), thì xe sẽ dừng lại và được đổ đầy hàng hóa từ kho B. Van đổ đầy mở trong thời gian 4 giây. Sau quá trình đó (M2 đóng lại) xe sẽ di chuyển đến vị trí C. B3 đã tới vị trí C, xe dừng và đổ hết hàng hóa ra. Thiết bị đổ hàng hóa ra hoạt động ở xe chuyên chở 12 giây. Sau khi đã bốc hết hàng hóa, thiết bị khóa lại, xe trở lại vị trí A, báo tin nhờ cảm biến B1. Sau khi có một lệnh khởi động mới thì chu trình được lập lại.



Hình 1: Thiết bị băng vận chuyển

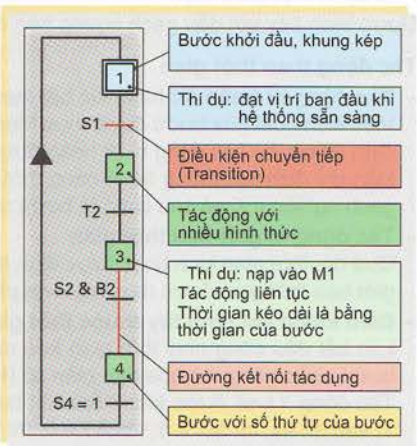
Như thí dụ cho thấy, để chương trình chuyển tiếp bước tiếp theo, thì cần phải có **điều kiện chuyển tiếp** (transition). Những bước và điều kiện chuyển được nối với nhau qua đường tác dụng. Nếu điều kiện chuyển tiếp chỉ tùy thuộc vào tín hiệu từ quá trình thì ta gọi là điều khiển trình tự. Trong điều khiển theo thời gian thì điều kiện chuyển tiếp tùy thuộc vào thời gian.



Hình 2: Nối dây trong hệ PLC

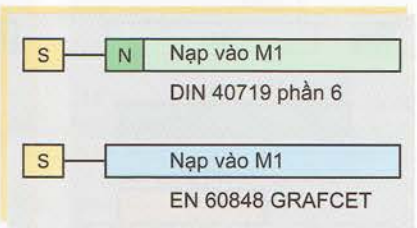
> Điều khiển trình tự **theo quá trình**, khi điều kiện chuyển tiếp tùy thuộc vào tín hiệu của quá trình điều khiển. Trong **điều khiển trình tự theo thời gian** điều kiện chuyển tiếp tùy thuộc vào thời gian (bộ định thời, trục lăn định thời) (so sánh với chương 10.1.12).

Cả hai hình thức về điều khiển trình tự hiếm khi tách biệt lẫn nhau. Thành phần quan trọng nhất của điều khiển trình tự là **chuỗi trình tự**. Chuỗi này phân chia chương trình thành những **bước** riêng lẻ bắt buộc tiếp nối nhau, mỗi bước được bố trí một **cờ hiệu bước** (bit nhớ SR). Những bước này tùy thuộc vào các lệnh, việc thực hiện các lệnh này được xác định bởi những điều kiện chuyển tiếp (**Hình 3**).



Hình 3: Chuỗi trình tự DIN EN 60848 GRAFCET

Từ tháng tư năm 2005 tiêu chuẩn DIN 40719 phần 6 không còn hiệu lực. Nó được thay thế bằng DIN EN 60848 GRAFCET[1]. Qua đó sự trình bày những ô tác động (trường tác động) cũng thay đổi (**Hình 4**).



Hình 4: Sự đối chiếu của ô tác động giữa tiêu chuẩn cũ và mới

Bên phải của biểu tượng bước là những **ô lệnh** tương ứng gây ra sự **tác động** (**Hình 4**). Lệnh hoặc kích hoạt khi bước kích hoạt (không lưu trữ) hoặc giữ nguyên qua nhiều bước kích hoạt (lưu trữ). Những tác động điều khiển các thiết bị điều chỉnh, những cờ hiệu v.v.. tùy thuộc vào chuỗi trình tự. Những chuỗi trình tự tạo khả năng mô tả chương trình sử dụng rõ ràng và có cấu trúc.

[1] GRAFCET (tiếng Pháp GRAphe Fonctionnel de Commande Etape Transition: Ngôn ngữ bằng đồ họa chức năng điều khiển trình tự trong các bước chuyển tiếp.

https://tieulun.hopto.org

Chức năng cơ bản của tiêu chuẩn là điều kiện chuyển tiếp và những tác động khác nhau.

Transition (chuyển tiếp) luôn luôn ở giữa hai bước chức năng và chứa điều kiện chuyển tiếp cho bước chức năng tiếp theo. Điều kiện chuyển tiếp ở về phía bên phải của đường chuyển tiếp (gạch ngang) và phần giải thích ở về phía bên trái của đường chuyển tiếp trong ngoặc đơn (**Hình 1**).

Tác động có tác dụng liên tục

Thời gian của tác động đồng nhất với thời gian của bước chức năng (**Hình 2**).

Tác động với điều kiện chỉ định

Tác động chỉ hoạt động khi điều kiện chỉ định của lệnh C1 được đáp ứng. C1 là một biến số chứ không phải là một cấu kiện (**Hình 3**).

Tác động lưu trữ

Nếu một cơ cấu tác động (thí dụ van) được tác dụng qua nhiều bước, thì qua mỗi bước cơ cấu phải được thiết lập trong chế độ "lưu trữ". Khi qua bước sau cùng thì phần tử tác động phải được thiết lập lại (reset). Bít nhớ SR phục vụ như một bộ nhớ.

- **Lưu trữ tác động với việc kích hoạt của bước chức năng**
  Với việc kích hoạt của bước, trị số nào của biến số được chỉ định sẽ được ghi nhận. Trị số này được lưu trữ cho đến có một bước kế tiếp, thì bị xóa hay viết chồng lên (**Hình 4**).
- **Lưu trữ tác động với việc khử kích hoạt của bước chức năng**
  Khi khử kích hoạt của bước, việc lưu trữ tác động giống như việc kích hoạt bước chức năng (xem ở trên **Hình 5**).

Kết nối logic những tác động

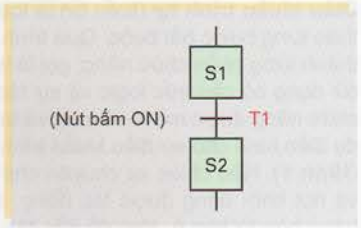
Trong một bước chức năng có thể thực hiện nhiều tác động đồng thời (**Hình 6**).

Phủ định một điều kiện

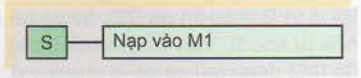
Được trình bày với dấu gạch ngang trên đầu (thí dụ $\overline{T}1$).

Tác động theo thời gian

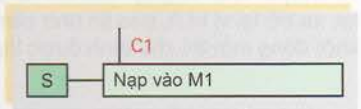
- **Tác động trì hoãn** (trì hoãn lúc bật mạch)
  Việc kích hoạt của bước được thực hiện sau một khoảng thời gian xác định (**Hình 7**). Tác động bị trì hoãn được thực hiện tương tự như điều kiện chỉ định với thông tin khoảng thời gian (4 giây), tiếp theo là một gạch nghiêng '/' và sau cùng là bước có ký hiệu X (thí dụ X6).
- **Tác động bị giới hạn thời gian**
  Qua đó, thời gian kích hoạt được định trước. Sự mô tả của tác động bị giới hạn thời gian được thực hiện với phép đảo của tác động (**Hình 8**).
- **Điều khiển chỉ định tùy thuộc thời gian**
  Lúc bắt đầu cũng như thời gian kéo dài không được điều khiển qua bước chức năng mà qua một biến số (**Hình 9**).
  Tác động Y1 sẽ được kích hoạt, khi bước 6 kích hoạt AND (và) A1 = 1, sau đó 4s, thì M1 = 1; khi A1 = 0, thì M1 = 1 sẽ bị giới hạn thời gian tiếp theo 3 giây.



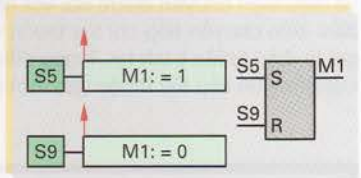
Hình 1: Điều kiện chuyển tiếp



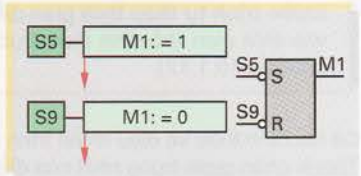
Hình 2: Tác động có tác dụng liên tục



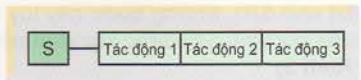
Hình 3: Tác động với các điều kiện chỉ định



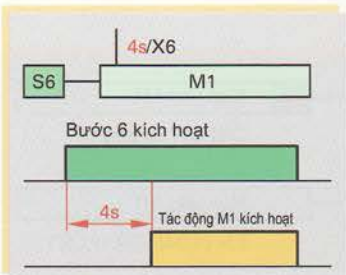
Hình 4: Lưu trữ với sự kích hoạt của bước



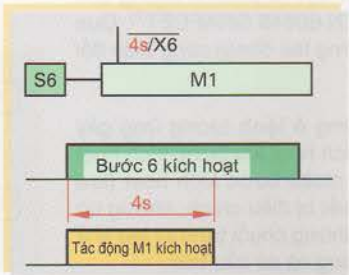
Hình 5: Lưu trữ với sự khử kích hoạt của bước



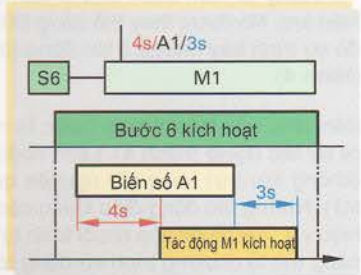
Hình 6: Kết nối logic các tác động



Hình 7: Tác động trì hoãn thời gian



Hình 8: Tác động giới hạn thời gian



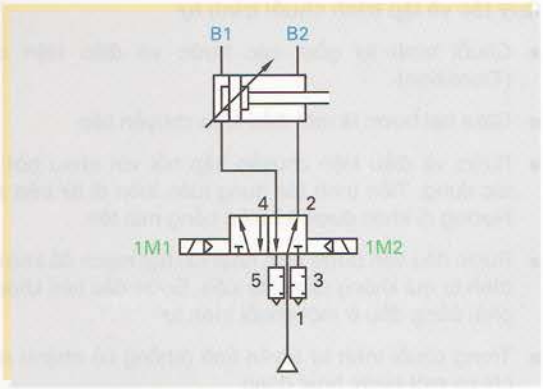
Hình 9: Điều kiện chỉ định tùy thuộc thời gian

https://tieulun.hopto.org

10.8.4.1 Giám sát tiến trình với chương trình PLC (lệnh báo lỗi)

Thông thường, chương trình PLC được biên soạn sao cho việc báo lỗi qua PLC được phát ra hay hiển thị khi không nhận hồi đáp (Timeout) trong khoảng môt thời gian quy định của quá trình điều khiển. Thí dụ minh họa:

Một xi lanh nhận biết vị trí cuối nhờ công tắc lưỡi gà (reed contact) (B1 và B2), xi lanh này được điều khiển qua một van khí nén từ những ngõ ra của hệ PLC (**Hình 1**). Giả thiết là thời gian chạy của xi lanh từ B1 sang B2 bằng thời gian từ B2 sang B1. Van được điều khiển ở bước thứ 5 của chuỗi điều khiển. Điều kiện chuyển tiếp T6 (transition) để kích hoạt bước 6 tùy thuộc vào lúc xi lanh tới vị trí cuối B2.

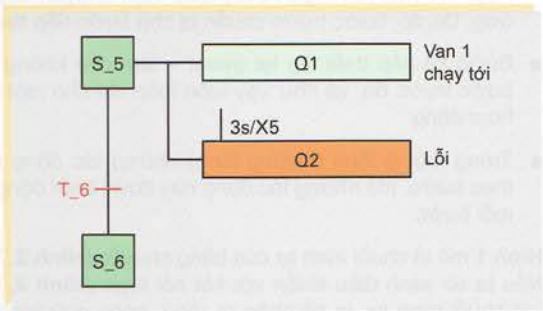


Hình 1: Xi lanh điều khiển qua van xung

Nếu xi lanh không tới được vị trí cuối B2 trong khoảng thời gian định trước, thì lỗi xuất hiện.

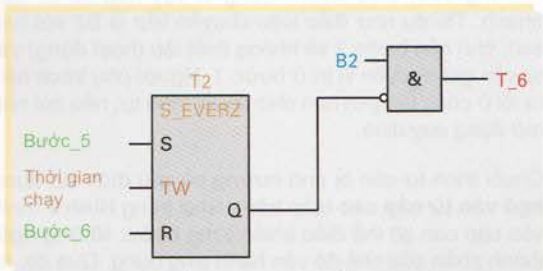
Những nguyên nhân gây ra lỗi có thể là:

- Cung cấp khí nén bị gián đoạn
- Xi lanh không thể hoàn toàn chạy ra vì bị ngăn cản do cơ học
- Công tắc lưỡi gà bị hỏng
- Đường dây tín hiệu từ công tắc lưỡi gà đến PLC bị gián đoạn
- Van không trở về mặc dù điều khiển đúng và cung cấp đủ khí nén (do chất bẩn hay bị hao mòn ở trong van).



Hình 2: Một phần của chuỗi bước với biến thể tiếp theo về kết nối hành động

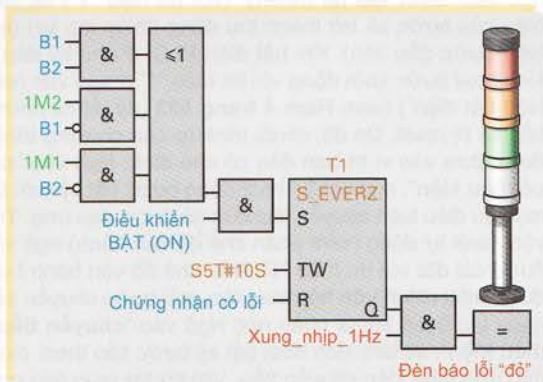
Lệnh (SD của PLC) được lưu trữ và thời gian trì hoãn, nghĩa là tác động, trước tiên được lưu trữ và được thực hiện sau thời gian đã định trôi qua (**Hình 2**).



Hình 3: Thành lập điều kiện chuyển tiếp T_6

Một thí dụ cho việc báo lỗi là khi di chuyển các giá mang chi tiết gia công do xi lanh khí nén đến vị trí lắp ráp. Sự đưa đúng vị trí này cần thiết vì kích thước của chi tiết phải chính xác trong điều kiện sản xuất.

Thí dụ: một giá kê chi tiết được đưa đến vị trí lắp ráp qua hệ thống băng tải, sao cho giá kê này được đưa đến vị trí chính xác qua một đầu hình côn gắn trên cần pít tông, để lắp ráp tự động. Trong trường hợp xi lanh bị lỗi có thể đưa đến sự phá hủy trầm trọng về cơ học (thí dụ giá kê không đúng chỉ số; sự va chạm với tay gắp khi lắp ráp chi tiết), cho nên trong một số trường hợp cần thiết phải kiểm tra lại xi lanh về chức năng báo lỗi thông qua chương trình tự động hóa, để có thể bảo đảm chức năng quy trình của hệ thống sản xuất (**Hình 4**).



Hình 4: Chương trình thí dụ về báo lỗi

https://tieulun.hopto.org

Quy tắc về lập trình chuỗi trình tự

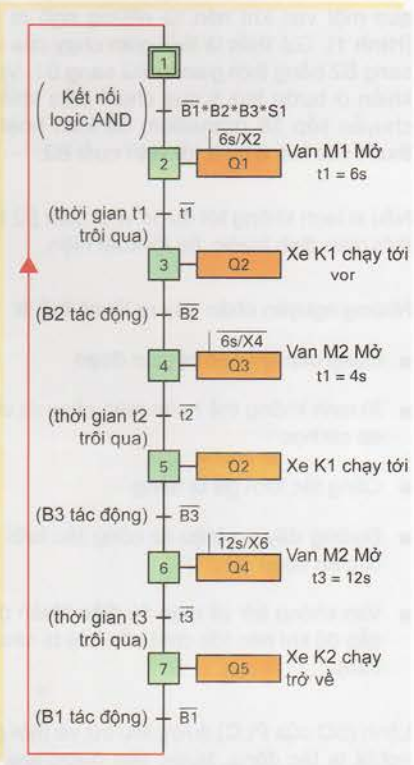
- Chuỗi trình tự gồm các bước và điều kiện chuyển tiếp (Transition)
- Giữa hai bước là một điều kiện chuyển tiếp
- Bước và điều kiện chuyển tiếp nối với nhau bởi một đường tác dụng. Tiến trình tác dụng luôn luôn đi từ trên xuống dưới. Hướng đi khác được ký hiệu bằng mũi tên.
- Bước đầu tiên được kích hoạt lúc bật mạch để khởi động chuỗi trình tự mà không cần điều kiện. Bước đầu tiên không nhất thiết phải đứng đầu ở một chuỗi trình tự
- Trong chuỗi trình tự tuyến tính (không có nhánh rẽ) luôn luôn chỉ có một bước hoạt động
- Bước kế tiếp được kích hoạt, khi bước trước đó đã được kích hoạt VÀ (kết nối logic AND) điều kiện chuyển tiếp được đáp ứng. Do đó, bước trước chuẩn bị cho bước tiếp theo.
- Bước kế tiếp thiết lập lại (reset – làm cho không hoạt động) bước trước đó, và như vậy luôn luôn chỉ cho một bước được hoạt động
- Trong một ô lệnh (trường lệnh) những tác động được bố trí theo bước, mà những tác động này được khởi động trong từng mỗi bước.

Hình 1 mô tả chuỗi trình tự của băng chuyền (**Hình 2, Trang 529**). Nếu ta so sánh điều khiển với kết nối logic (**Hình 2, Trang 528**) với chuỗi trình tự, ta sẽ nhận ra rằng, ngôn ngữ trình tự rõ ràng và có cấu trúc. Chương trình ứng dụng dễ hình dung hơn và qua chuỗi trình tự lệ thuộc ta nhận ra rõ những nhiệm vụ nào đáp ứng chương trình điều khiển. Cũng vì vậy nếu có lỗi cũng tìm thấy nhanh. Thí dụ như điều kiện chuyển tiếp là B2 với tín hiệu "0" (bị sai), cho nên bước 2 sẽ không thiết lập (hoạt động) và chuỗi trình tự vẫn giữ nguyên vị trí ở bước 1. Người phụ trách hệ thống nhận ra lỗi ở công tắc giới hạn nhờ chuỗi trình tự, nếu nút nhấn S1 được mở đúng quy định.

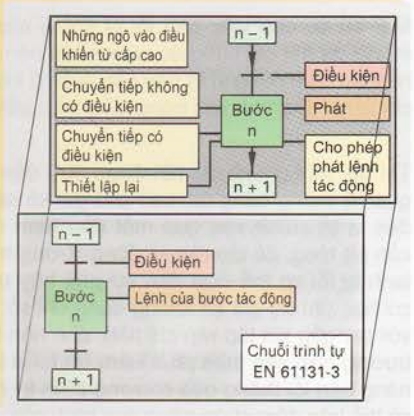
Chuỗi trình tự còn bị ảnh hưởng có chủ đích tác dụng do những **ngõ vào từ cấp cao** (cấp trên). Như trong **Hình 2** trình bày, 4 ngõ vào cấp cao có thể điều khiển từng bước. Những ngõ vào này là thành phần của chế độ vận hành ứng dụng. Qua đó, những chuỗi bước và những tác động bị ảnh hưởng từ cấp trên. Những ngõ vào này được ghi ở trên bảng thao tác (panel) của hệ thống. Với ngõ vào "**thiết lập lại** (reset)" (với tín hiệu "1") tất cả những cờ hiệu của bước sẽ trở thành thụ động (thiếp lập lại) (ngoại trừ cờ hiệu bước đầu tiên). Khi bật điện PLC, ở chu kỳ đầu tiên có thể kích hoạt bước khởi động với tín hiệu "1" ở ngõ vào reset này ("cờ hiệu bật điện") (xem **Hình 4 trang 533**) và tất cả những bước kế tiếp sẽ bị reset. Do đó, chuỗi trình tự của chương trình ứng dụng được đưa vào vị trí ban đầu có chủ đích. Ngõ vào "**chuyển tiếp có điều kiện**", ngăn chặn hoạt động bước bất kỳ (với tín hiệu "0"), mặc dù điều kiện chuyển tiếp của nó được đáp ứng. Trong chế độ vận hành tự động (xem phần chế độ vận hành) ngõ vào này luôn được cài đặt với tín hiệu "1". Nếu chế độ vận hành bước riêng lẻ được hiệu chỉnh trên hộp thao tác, mỗi bước chuyển tiếp chỉ được phép tác động khi ta nhấn nút. Ngõ vào "**chuyển tiếp không có điều kiện**", sẽ làm kích hoạt bất kỳ bước tiếp theo, mà không cần đáp ứng điều kiện chuyển tiếp. Với sự trợ giúp của ngõ vào "**cho phép phát lệnh kích hoạt**", ta có thể chặn việc xuất lệnh ở ngõ ra.

Hình 1: Bảng biểu tượng

Biểu tượng	Địa chỉ	Loại dữ liệu	Chú thích
S1	E 1.0	BOOL	Bật (ON): thường mở
B1	E 1.1	BOOL	Công tắc định vị trí cuối A; thường đóng
B2	E 1.2	BOOL	Công tắc định vị trí cuối B; thường đóng
B3	E 1.3	BOOL	Công tắc định vị trí cuối C thường đóng
Y1	A 1.1	BOOL	Van cho si lô A
Y2	A 1.2	BOOL	Van ch o si lô B
Y3	A 1.3	BOOL	Van cho xe bốc (tháo) hàng
K1	A 1.4	BOOL	Ô tô ray chạy về hướng phải
K2	?	?	Ô tô ray chạy về hướng trái



Hình 1: Chuỗi trình tự của thiết bị chuyền vận

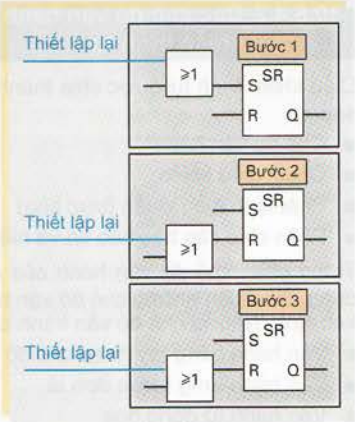


Hình 2: Chuỗi trình tự với những ngõ vào cấp cao

https://tieulun.hopto.org

Thực hiện thông số ngõ cho vào thiết lập lại

Những thông số ngõ vào cấp cao thiết lập lại (reset) tất cả bước trong chuỗi điều khiển; chỉ trừ bước ban đầu của chuỗi điều khiển là được kích hoạt. Quá trình này gọi là sự khởi tạo của chuỗi điều khiển. Quá trình khởi tạo được thực hiện vào lúc ban đầu thử nghiệm đưa vào vận hành của ứng dụng. **Hình 1** mô tả sự thực hiện của chuỗi điều khiển được cấu tạo với phần tử lưu trữ SR (bộ nhớ). Rõ ràng là qua kết nối logic OR (hoặc) ở ngõ vào thiết lập S (set) của bước đầu tiên, bước này sẽ hoạt động ngay sau khi ở ngõ thiết lập lại R (reset) có tín hiệu "1". Tất cả những bước tiếp theo của chuỗi đều được reset. Kế tiếp các thông số thiết lập lại có thể được sử dụng cho bộ phát lệnh trực tiếp cho ngõ ra cũng như reset cho những phần tử định thời.



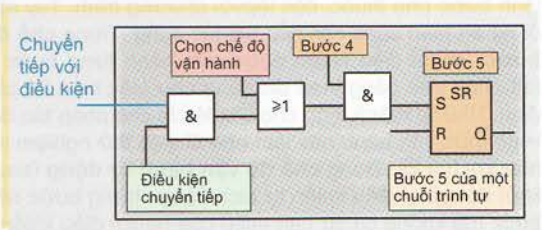
Hình 1: Thông số thiết lập lại

Chuyển tiếp với điều kiện

Thông số ngõ vào "chuyển tiếp với điều kiện" đặt giả thiết trước rằng: tất cả những điều kiện chuyển tiếp đều được đáp ứng VÀ (kết nối logic: AND) thông số "chuyển tiếp có điều kiện" có tín hiệu "1". Nếu những điều kiện này được đáp ứng thì bước n sẽ chuyển tiếp sang bước n+1, tức là bước kế tiếp (**Hình 2**). Cũng như thế, nhưng tín hiệu "0" ở ngõ vào này, sẽ ngăn chặn việc chuyển tiếp cho bước kế tiếp, mặc dù điều kiện chuyển tiếp được đáp ứng.

Trong chế độ vận hành tự động thì thông số này phải luôn luôn có tín hiệu "1".

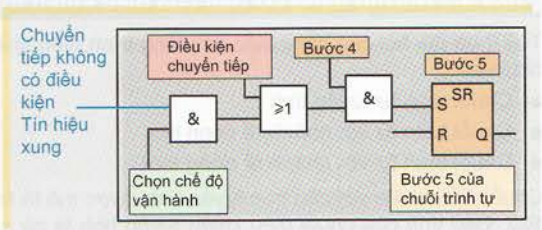
Cho chế độ vận hành từng bước đơn lẻ, mỗi bước chuyển tiếp được phép hoạt động phải qua thông số này (xem chế độ vận hành).



Hình 2: Thông số chuyển tiếp với điều kiện

Chuyển tiếp không có điều kiện (Hình 3)

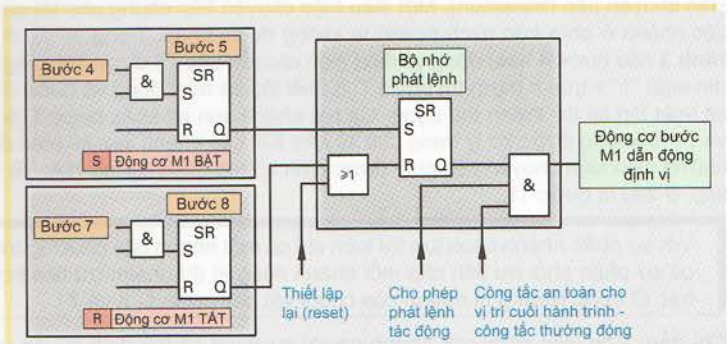
Với thông số ngõ vào này bước kế tiếp được kích hoạt trong chuỗi điều khiển, mà không cần phải có điều kiện chuyển tiếp. Cho nên, khi thử nghiệm đưa vào vận hành của ứng dụng, thì mỗi bước đều có thể là mục tiêu đối ứng và thử nghiệm. Cho mục đích này, người ta phát một tín hiệu xung cho thông số ngõ vào. Khi lỗi xảy ra ở một vị trí nào đó, thì bước ở ngõ vào này bị gián đoạn, và sau khi lỗi đã sửa chữa, khắc phục xong, chương trình ứng dụng phải trở về vị trí ban đầu, có nghĩa là phải khởi động lại với bước 1. Người phụ trách hệ thống phải thao tác vận hành bằng tay và tạo xung nhịp cho chuỗi bước với tín hiệu "1" ở ngõ vào thông số chuyển tiếp không cần điều kiện ở bước khởi động.



Hình 3: Thông số chuyển tiếp không có điều kiện

Cho phép phát lệnh tác động

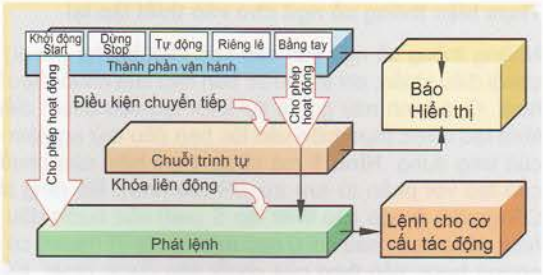
Tổng quát những cơ cấu tác động hay cơ cấu chấp hành không điều khiển được trực tiếp từ bước tác động mà do bộ nhớ xuất lệnh, đặc biệt hơn nữa được điều khiển khi ô của phát lệnh nối với cổng S của bộ nhớ xuất lệnh. Mặt khác, cũng có khả năng tác động các cơ cấu chấp hành, mà không cần thiết lập lệnh tác động qua bước tương ứng. Điều này thực hiện được với cổng cho phép phát lệnh tác động với tín hiệu "1" (**Hình 4**).



Hình 4: Thông số cho phép phát lệnh hoạt động

https://tieulun.hopto.org

10.8.4.2 Các chế độ vận hành của điều khiển trình tự



Hình 1: Những thành phần của điều khiển trình tự

Điều khiển trình tự được chia thành những phần như sau:

- Chế độ vận hành
- Chuỗi điều khiển
- Phát lệnh điều khiển (trực tiếp)
- Phân chia cấp bậc báo tin và hiển thị (**Hình 1**)

Trong phần chế độ vận hành của chương trình ứng dụng, điều kiện những chế độ vận hành riêng lẻ được xác định. Những chế độ vận hành chủ yếu là:

- Vận hành bằng tay (theo chế độ đã cài đặt trước)
- Vận hành từng bước đơn lẻ
- Vận hành tự động hóa

Hình 2: Hộp điều khiển (thí dụ)

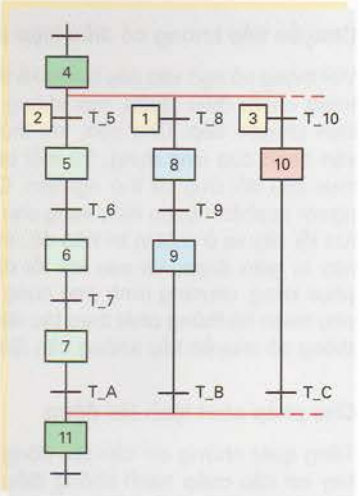
Trong **chế độ vận hành bằng tay,** những phần tử chấp hành riêng lẻ có thể được thao tác bằng tay với những bước tương ứng và những lệnh bước phụ thuộc, độc lậpvới chương trình. Tuy nhiên việc khóa liên động an toàn cũng còn tiếp tục tác dụng. Trong **chế độ vận hành từng bước**, chuỗi điều khiển được vận hành từng bước bằng tay. Do đó, nút nhấn trên bảng thao tác cũng như việc hiển thị các bước được quy định. Những mệnh lệnh cho liên lệ chỉ cho phép tác động qua nhấn nút. Hình thức vận hành này làm nhẹ đi việc thử nghiệm lúc vận hành, cũng như khi tìm lỗi. Trong **chế độ vận hành tự động** (sau khi chuỗi trình tự khởi động) sự điều khiển tự kích động những bước riêng lẻ của chương trình, mà không có sự can thiệp của người điều khiển. Những máy móc tác động được điều khiển do những bước riêng lẻ của chuỗi điều khiển.

10.8.4.3 Những dạng cơ bản của điều khiển trình tự

Tùy theo đòi hỏi của công việc, chương trình điều khiển có thể lập trình như sau:

- Chuỗi tuần tự tuyến tính
- Chuỗi tuần tự với nhánh rẽ chọn lựa
- Chuỗi tuần tự với nhánh rẽ đồng thời

Chuỗi điều khiển với cấu trúc tuyến tính được mô tả trong **Hình 1**,**Trang 522**. Đặc tính của chuỗi điều khiển tuyến tính là cứ sau mỗi bước, tiếp theo chỉ có một điều kiện chuyển tiếp và mỗi điều kiện chuyển tiếp được kích hoạt bằng một bước.



Hình 3: Những nhánh rẽ chọn lựa

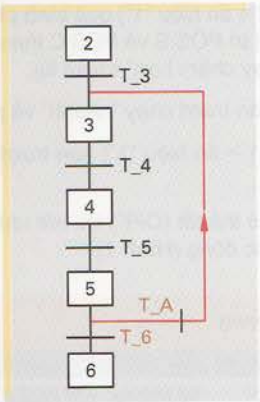
Sự **phân nhánh chọn lựa** là **sự rẽ nhánh OR** (kết nối logic hoặc). Với nhánh rẽ OR chuỗi điều khiển được phân chia thành nhiều nhánh. Khi xử lý chuỗi và trong thời gian chương trình tiến hành thì chỉ có một nhánh được phép hoạt động (chọn lựa). Điểm bắt đầu của chọn lựa nhánh (tuần tự) được ký hiệu với gạch ngang. Cho mỗi nhánh tuần tự có một điều kiện chuyển tiếp (transition). Một điều kiện chuyển tiếp chung cho tất cả các nhánh ở phía trên gạch ngang là không được phép. Trong thí dụ ở **Hình 3** nếu bước 4 hoạt động và điều kiện chuyển tiếp T8 được đáp ứng (tín hiệu "1" = true = thực) thì bước T_8 thiết lập sẽ hoạt động và bước 4 sẽ thiết lập lại trở thành thụ động. Cả hai nhánh xen kẽ khác bước T_5 và T_10 không được xử lý trong chu kỳ này. Khi các nhánh xen kẽ (các đường chuyển vận) hợp lại với nhau thì những điều kiện chuyển tiếp phải được định vị trên gạch ngang (TA; TB và TC). Sau đó trực tiếp theo bước kế tiếp, ở đây là bước 11.

> Với sự phân nhánh chọn lựa thì luôn chỉ có một nhánh của chương trình điều khiển hoạt động. Nếu không có sự phân phối ưu tiên cho mỗi nhánh riêng lẻ thì nhánh ưu tiên hoạt động là nhánh ở xa nhất về phía trái. Ở trong **Hình 3** là nhánh của chuỗi với các bước 5; 6 và 7.

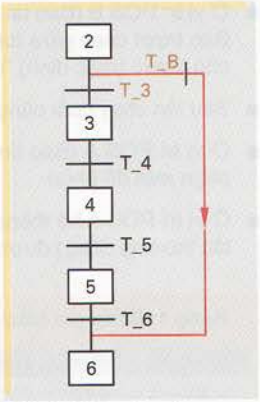
Chỉ dẫn: Cho việc xử lý các nhánh người sử dụng có thể định quyền **ưu tiên**. Mỗi nhánh có ghi một con số. Nhánh có số nhỏ nhất có ưu tiên cao nhất.

https://tieulun.hopto.org

Trường hợp đặc biệt của sự phân nhánh chọn lựa là **cấu trúc vòng**. Ở đây một hay nhiều nhánh được dẫn trở về bước trước đó. Dòng đi của chương trình (**Hình 1**) từ bước 5 nhảy đến bước 3 được thực hiện, khi bước 5 thiết lập và điều kiện chuyển tiếp TA là thực (= true). Với cách này những bước 3, 4 và 5 có thể lặp lại. Nếu bước 5 hoạt động và điều kiện chuyển tiếp T6 là thực, thì bước 6 sẽ được thiết lập (set) và bước 5 được thiết lập lại (reset). Sự nhảy trở về bước 3 không thể xảy ra. Với sự trợ giúp của phân nhánh rẽ (rẽ nhánh OR), ta có thể thực hiện lệnh nhảy. **Hình 2** cho biết những bước trong chuỗi điều khiển nhảy như thế nào. Nếu bước 2 được thiết lập và điều kiện chuyển tiếpTB là thực, thì bước 6 sẽ được thiết lập và bước 2 được thiết lập lại. Do đó những bước 3, 4 và 5 bị nhảy qua.

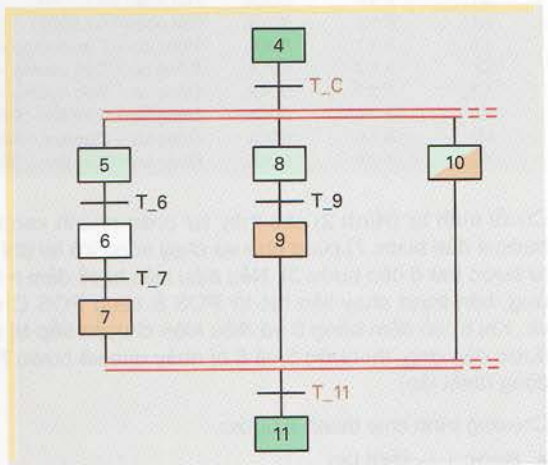


Hình 1: Vòng chọn lựa (đi lên)



Hình 2: Nhảy chọn lựa (đi xuống)

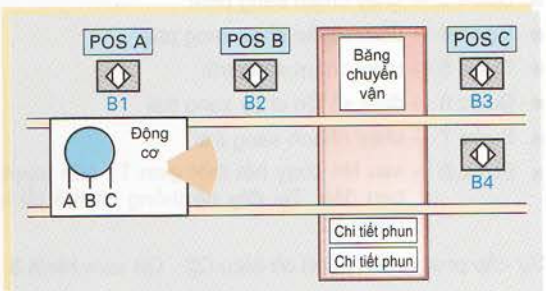
Sự **phân nhánh đồng thời** là sự phân nhánh AND (kết nối logic VÀ hay là phân nhánh song song), được mô tả trong **Hình 3**. Sự phân nhánh này được khởi động với đường kép và một điều kiện chuyển tiếp chung ở trên đường này. Nếu bước 4 được thiết lập và điều kiện chuyển tiếp T_C được đáp ứng, thì những bước 5, 8 và 10 được thiết lập cùng một lúc. Bước 4 được thiết lập lại sẽ được reset trở nên thụ động, khi những bước 5, 8 và 10 cũng đã thực sự được thiết lập. Những đường chạy riêng lẻ của sự phân nhánh song song hoạt động đồng thời nhưng độc lập lẫn nhau. Sự gặp gỡ của các nhánh song song cũng được ký hiệu với đường kép và điều kiện chuyển tiếp thì luôn luôn nằm ở dưới đường này. Sự gặp gỡ song song này của các nhánh còn gọi là sự đồng bộ. Chỉ khi tất cả các nhánh đã được xử lý hoàn toàn và điều kiện chuyển tiếp cho bước tiếp theo được đáp ứng, thì sự chuyển tiếp mới được thực hiện cho bước kế tiếp. Điều này trong **Hình 3** có ý nghĩa như sau: nếu những bước 7, 9 và 10 hoạt động và điều kiện chuyển tiếp T11 được đáp ứng (là đúng), thì bước 11 được thiết lập (set) sẽ hoạt động. Mặt khác bước 11 làm những bước 7, 9 và 10 được thiết lập lại (reset) sẽ trở thành thụ động.



Hình 3: Sự phân nhánh đồng thời

Chỉ dẫn: Những dạng cơ bản của điều khiển trình tự trình bày ở trên có thể được trộn lẫn với nhau. Thí dụ sự phân nhánh song song có thể chứa sự phân nhánh OR.

Thí dụ: Một băng tải mang những chi tiết máy đến thiết bị phun tự động. Súng phun được chuyển động nhờ vào chuyển động hai trục của một bàn trượt được động cơ điều khiển. Qua đó việc điều khiển động cơ bàn trượt có thể chuyển dịch với hai tốc độ cố định khác nhau (**Bảng 1 và Hình 4**).



Hình 4: Sơ đồ kỹ thuật máy phun tự động

Với những điều kiện cho sẵn sau đây động cơ có thể điều khiển:

- Bàn trượt di chuyển từ vị trí ban đầu (Pos A)
- Nếu bàn trượt ở vị trí A (Pos A) và nút nhấn S1 (công tắc thường mở) tác động, máy phun sẵn sàng tự động vận hành,
- Khi B4 báo tin bộ phận phun đã có, bàn trượt chạy "nhanh" về phía phải.

Bảng 1: Lệnh chuyển động

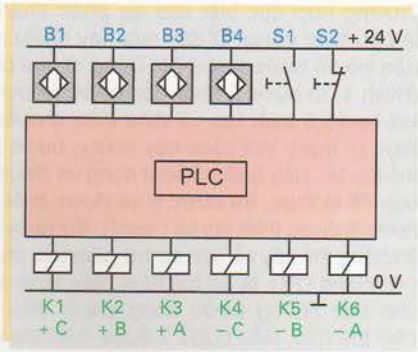
Chiều chuyển động và tốc độ	Cực dương của đầu nối dây	Cực âm của đầu nối dây
Về hướng phải, chậm	A	C
Về hướng phải, nhanh	A	B
Về hướng trái, chậm	C	A
Về hướng trái, nhanh	B	C

https://tieulun.hopto.org

- Ở vị trí POS B (Báo tin B2 = tín hiệu "1") quá trình phun bắt đầu. Bàn trượt chạy giữa hai vị trí POS B và POS C theo tùy theo sự cho trước (mặc định) "chạy chậm hơn" tới và lùi.
- Sau lần chạy cuối cùng bàn trượt chạy "nhanh" về phía trái
- Ở vị trí POS A (Báo tin B1 = tín hiệu "1") bàn trượt đợi một bộ phận mới để phun
- Ở vị trí POS A hệ thống có thể tắt (OFF) khi nút nhấn S2 (công tắc thường đóng) được tác động (**Hình 1**)

Bảng 1: Bảng ghi biểu tượng

Biểu tượng	Địa chỉ	Loại dữ kiện	Giải thích
B1	E 1.0	BOOL	Bộ khởi tạo vị trí POS A
B2	E 1.1	BOOL	Bộ khởi tạo vị trí POS B
B3	E 1.2	BOOL	Bộ khởi tạo vị trí POS C
B4	E 1.3	BOOL	Bộ khởi tạo phun vị trí POS
S1	E 1.4	BOOL	Nút nhấn BẬT (ON)
S2	E 1.5	BOOL	Nút nhấn TẮT (OFF)
K1	A 2.1	BOOL	Động cơ – Cực dương – Đầu nối C
K2	A 2.2	BOOL	Động cơ – Cực dương – Đầu nối B
K3	A 2.3	BOOL	Động cơ – Cực dương – Đầu nối A
K4	A 2.4	BOOL	Động cơ – Cực âm – Đầu nối C
K5	A 2.5	BOOL	Động cơ – Cực âm – Đầu nối B
K6	A 2.6	BOOL	Động cơ – Cực âm – Đầu nối A



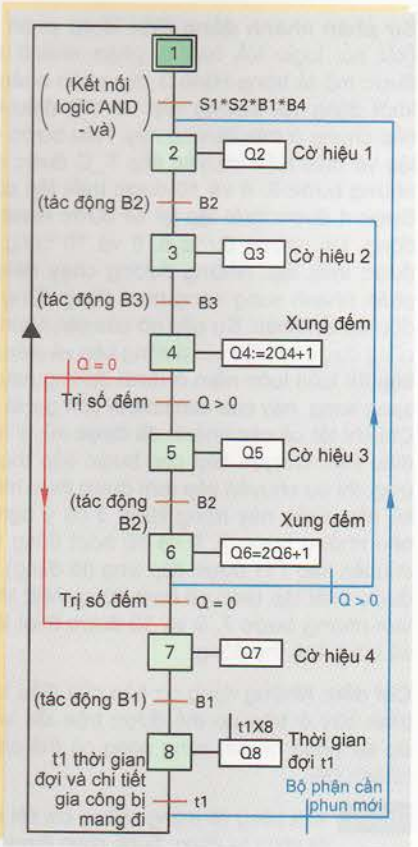
Hình 1: Sự nối dây

Chuỗi trình tự (**Hình 2**) cho thấy sự phân nhánh xen kẽ (nhảy từ bước 4 đến bước 7) cũng như sự chạy vòng trở lại (thí dụ nhảy lùi từ bước thứ 6 đến bước 3). Nếu điều kiện trị số đếm > 0 được đáp ứng, bàn trượt chạy liên tục từ POS B sang POS C và chạy trở về. Khi trị số đếm bằng 0 và điều kiện chuyển tiếp trị số đếm = 0 được đáp ứng, thì bước 5 và 6 bị nhảy qua và bước 7 được hoạt động (thiết lập).

Chương trình chia thành 8 bước:

- Bước 1 → khởi tạo
- Bước 2 → chạy nhanh sang phải
- Bước 3 → chạy chậm sang phải
- Bước 4 → đếm số lần chạy sang phải
- Bước 5 → chạy chậm sang trái
- Bước 6 → đếm số lần chạy sang trái
- Bước 7 → chạy nhanh sang trái
- Bước 8 → sau khi chạy hết thời gian T1 bàn trượt trở về vị trí ban đầu. Tại đây hệ thống có thể tắt khi tác động bước S2.

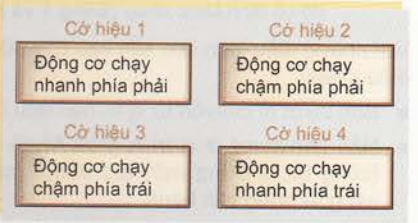
Sự cấp phát (phân phối) cờ hiệu Q2 - Q8 xem **Hình 3**



Hình 2: Chuỗi trình tự

Bài tập:

1. Hãy thay đổi chuỗi trình tự để qua công tắc chọn lựa, những chi tiết cung cấp có khả năng được phun hai màu khác nhau. Chuyển động đảo chiều (lặp lại) của bàn trượt rất khác biệt, vì màu phủ thứ nhất tốt hơn màu phủ thứ hai. Thời gian đợi T1 vẫn không đổi trong hai quá trình phun? (Chỉ dẫn lời giải: mô phỏng sự phân nhánh đồng thời).
2. Có bao nhiêu bước có thể thiết lập cùng một lúc trong một chuỗi tuyến tính?
3. Khi nào một bước chuyển tiếp đến bước kế tiếp?



Hình 3: Sự giữ chỗ cờ hiệu

https://tieulun.hopto.org

10.8.5 An toàn vận hành của điều khiển

Trong nhiều lĩnh vực ứng dụng như kỹ thuật thiết bị và kỹ thuật băng chuyền, nhiệm vụ quan trọng về an toàn (thí dụ như giám sát những vùng có nguy hiểm v.v...) được giao cho hệ thống và thành phần cấu tạo của kỹ thuật tự động hóa (thí dụ như cảm biến, rào ánh sáng). Như vậy cuộc sống và sức khỏe của người điều khiển máy móc cũng như sự toàn vẹn của các dụng cụ thiết bị sử dụng trong nhà máy và môi trường tùy thuộc vào những hệ thống và thành phần tự động hóa. Quá trình điều khiển máy móc luôn tiềm ẩn rủi ro phát sinh lỗi do con người thao tác không đúng hay máy móc trục trặc.

Nguy hiểm ở máy hay ở hệ thống phát sinh bởi:

- Sự bố trí máy móc
- Sự thay đổi trong quá trình gia công
- Công việc làm sạch
- Trình độ đào tạo của người sử dụng
- Bão dưỡng máy móc hay hệ thống
- Vận hành trong chế độ bình thường

Biện pháp an toàn an toàn là khái niệm tương đối chỉ độ rủi ro còn lại sau khi đã thực hiện các biện pháp bảo vệ được xét theo:

- Quan điểm về kỹ thuật (giải pháp an toàn hoạt động như thế nào)
- Quan điểm về luật lệ (những quy tắc an toàn nào phải tuân thủ)

Tiếp theo là phải chú ý đến một vài khía cạnh kỹ thuật trong lĩnh vực điều khiển logic lập trình PLC hay nối dây. Xa hơn cũng phải tham khảo thêm tài liệu về an toàn cũng như những tiêu chuẩn hay quy tắc của châu Âu.

Hình 1: Máy phát lệnh TẮT–KHẨN CẤP được cài vào vị trí nghỉ với khóa an toàn

Ký hiệu màu cho nút nhấn và đèn báo tin

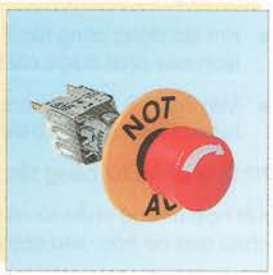
Để làm nhẹ bớt tác động hỗ tương giữa người và máy móc, những công tắc, nút nhấn, đèn báo tin đều được ký hiệu màu rõ ràng, mỗi màu được có một ý nghĩa cụ thể (xem **Bảng 1**). Qua đó, độ an toàn cho người điều khiển máy móc tăng lên và việc sử dụng và duy trì hệ thống được tốt hơn.

Hình 1: Màu và ý nghĩa của nút nhấn

Màu	Ý nghĩa	Giải thích	Những thí dụ về ứng dụng
Đỏ	Trường hợp khẩn cấp	Thao tác trong trình trạng nguy hiểm hay trường hợp khẩn cấp	TẮT–KHẨN CẤP Hướng dẫn chức năng TẮT–KHẨN CẤP điều kiện cho DỪNG/TẮT
Vàng	Không bình thường	Thao tác trong tình trạng không bình thường	Can thiệp để xóa bỏ tình trạng không bình thường. Can thiệp để quá trình tự động hóa bị gián đoạn khởi động trở lại
Xanh lá cây (lục)	An toàn	Thao tác khi sử dụng an toàn hay chuẩn bị trong tình trạng bình thường	START/BẬT tuy nhiên ở đây ưu tiên màu trắng
Xanh da trời	Bắt buộc	Thao tác trong tình trạng bị bắt buộc phải can thiệp	Chức năng trả về
Trắng	không có ý nghĩa đặc biệt	Hướng dẫn tổng quát về chức năng ngoại trừ TẮT–KHẨN CẤP (xem lưu ý sau)	START/BẬT (ưu tiên) STOP/TẮT
Xám			START/BẬT STOP/TẮT
Đen			START/BẬT STOP/TẮT(ưu tiên)

Chú ý: Khi một biện pháp bổ sung của ký hiệu (thí dụ cấu trúc, hình dạng, vị trí) được sử dụng cho ký hiệu những bộ phận thao tác như nút nhấn, thì những màu TRẮNG, XÁM hay ĐEN được dùng cho những chức năng khác nhau như thí dụ màu TRẮNG cho bộ phận thao tác START/BẬTvà STOP/TẮT.

Chỉ dẫn: Tiêu chuẩn tương ứng tìm thấy ở EN 60204-1 (VDE 0113 Phần 1) tháng 06.1993



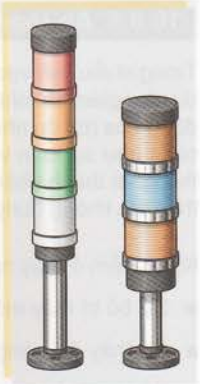
Hình 2: Máy phát lệnh TẮT–KHẨN CẤP bị khóa vào vị trí nghỉ

Hình 3: Khóa an toàn với sự giám sát chìa khóa

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Màu cho đèn báo và ý nghĩa của nó

Màu	Ý nghĩa	Giải thích	Hành động của người thao tác	Những thí dụ ứng dụng
Đỏ	Trường hợp khẩn cấp	Tình trạng nguy hiểm	Hành động lập tức để phản ứng lại với tình trạng nguy hiểm, thí dụ tác động TẮT–KHẨN CẤP	Áp suất, nhiệt độ vượt ngoài giới hạn an toàn; sự sụt điện áp; điện áp bị ngắt; vượt qua vị trí Stop
Vàng	Không bình thường	Tình trạng không bình thường; tình trạng nguy kịch gần kề	Giám sát và/hay can thiệp (thí dụ thiết lập lại chức năng đã dự tính)	Áp suất, nhiệt độ tăng cao hơn phạm vị bình thường; khởi động thiết bị bảo vệ
Xanh lá cây (lục)	An toàn	Tình trạng bình thường	Tùy chọn (không bắt buộc)	Áp suất, nhiệt độ trong phạm vị bình thường; cần sự ủy quyền (cho phép)
Xanh da trời	Bắt buộc	Hiển thị tình trạng đòi hỏi người sử dụng phải hành động	Hành động bắt buộc	Chỉ thị, nhập vào những trị số định trước
Trắng	Trung tính	Có thể sử dụng khi không chắc về sự sử dụng màu ĐỎ, VÀNG, XANH LÁ CÂY	Giám sát	Thông tin tổng quát



Hình 1: Thiết bị báo và phát tín hiệu qua âm thanh và thị giác

TẮT– KHẨN CẤP

TẮT – KHẨN CẤP là hành động để xác định việc ngắt năng lượng điện cho một phần hay cho cả hệ thống thiết lập, trong trường hợp có nguy cơ (rủi ro) vì chạm điện (điện giật) hay nguy cơ khác có nguồn gốc từ điện

Hình 2: Đèn gắn

Dự trù ngắt điện trong trường hợp khẩn cấp tại nơi có

- Bảo vệ chống lại sự tiếp xúc trực tiếp (thí dụ thiết bị đóng/ngắt), bằng cách tạo khoảng cách hay vật cản trở
- Khả năng gây ra nguy hiểm khác hay gây thiệt hại do năng lượng điện, thí dụ chuyển động quay

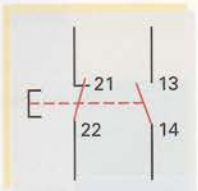
Hình 3: Đèn báo

Thiết bị phát tín hiệu TẮT–KHẨN CẤP (Hình 1 và 2 Trang 537)

- Khi tác động công tắc TẮT-KHẨN CẤP kể cả khi thời gian tác động ngắn, thì bộ phát lệnh này phải được cài trở về vị trí nghỉ cưỡng bức.
- Máy hay hệ thống không được khởi động lại từ xa nếu chưa khắc phục xong mối nguy hiểm. Thiết bị TẮT-KHẨN CẤP phải được mở khóa ở **tại chỗ** bằng **thao tác có ý thức**.

Những phần tử công tắc cưỡng bức khi vận hành (Hình 4)

Kết hợp những phần tử có n công tắc thường mở và m công tắc thường đóng, kết nối với nhau qua cơ học, sao cho chúng không được đóng lại cùng một lúc.



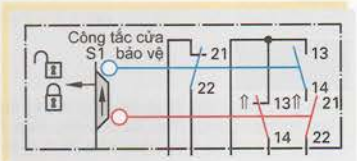
Hình 4: Nút nhấn với tiếp điểm cưỡng bức

Mở cưỡng bức

Chuyển động mở phải chắc chắn rằng công tắc chính của một thiết bị chuyển mạch đạt được vị trí mở, khi bộ phận thao tác ở vị trí TẮT (OFF). Cho nên sự cách ly công tắc không được thực hiện với những bộ phận đàn hồi (thí dụ một lò xo). Tất cả các mạch an toàn phải có chức năng mở cưỡng bức (EN 60947) cần thiết mở cưỡng bức cho công tắc thường đóng được quy định cho thiết bị TẮT–KHẨN CẤP (nguyên tắc dòng điện tĩnh) phải cho phép mở cưỡng bức công tắc thường đóng trong tình huống KHẨN. (**Hình 5**).

Nguyên tắc dòng điện tĩnh (không tải)

Nếu mạch có công tắc thường đóng (thí dụ cửa an toàn đóng lại) và có dòng điện tĩnh chạy qua, thì không thể can thiệp trực tiếp. Dòng điện này chỉ gián đoạn khi ta tác động công tắc chuyển mạch (mở công tắc vị trí cuối) hay cắt dứt dây dẫn điện. Chỉ được cắt đứt dây vì lý do an toàn khi có lệnh đóng cho công tắc thường mở và lệnh ngắt cho công tắc thường đóng.



Hình 5: Mở cưỡng bức qua công tắc cửa bảo vệ

https://tieulun.hopto.org

Công tắc vị trí là công tắc điện phụ trợ. Chúng được sử dụng cho việc giám sát vị trí của các thiết bị bảo vệ ở các máy làm việc hay như những đầu dò đoạn đường. Tùy theo loại thao tác người ta phân biệt công tắc vị trí bằng cơ cũng như công tắc tiệm cận với các loại cảm ứng, điện dung và quang học. Khi công tắc vị trí được thiết kế trong mạch điện liên quan đến an toàn, thì phải sử dụng loại công tắc mở cưỡng bức (**Hình 1**)

Hình 1: Công tắc vị trí
a) không có lẫy khóa
b) có lẫy khóa

Chức năng điều khiển quan trọng đến an toàn được thực hiện cho những hệ thống an toàn quan trọng để giữ trạng thái ổn định của máy hay để tránh tình trạng nguy hiểm hình thành.

Khởi động thiết bị TẮT – KHẨN CẤP

Khi tác động thiết bị phát lệnh TẮT – KHẨN CẤP phải chắc chắn đã gián đoạn mạch an toàn. Thiết bị này chỉ được thực hiện với công tắc thường mở. Máy không được phép tự động chạy trở lại, cho nên thiết bị phát lệnh TẮT – KHẨN CẤP phải có chức năng cài cưỡng bức để dừng hoạt động máy móc.

Trong hệ thống được điều khiển bằng PLC, những chức năng liên quan đến sự an toàn phải nối dây độc lập đối với PLC. Ngoài ra những trạng thái chuyển mạch, thí dụ của khóa liên động an toàn và công tắc điện phụ trợ phải kết nối với PLC.

Ký hiệu màu cho đường dây

Ký hiệu đường dây được xác định theo tiêu chuẩn EN 60204. Tiêu chuẩn quy định rằng đường dây phải có thể nhận dạng được qua mỗi đầu nối đúng theo tài liệu kỹ thuật. Ngoài ra còn đề nghị, thay vì lắp ráp dây nhiều màu cho máy chỉ cần sử dụng một màu thống nhất cho cả hệ thống. Thí dụ màu:

- **Đen** cho mạch điện chính (Dòng điện xoay chiều hay một chiều)
- **Đỏ** cho mạch điện điều khiển (Dòng điện xoay chiều)
- **Xanh** dương cho mạch điện điều khiển (Dòng điện một chiều)
- **Cam** cho mạch điện khóa liên động, mạch này được cung cấp do một nguồn điện từ bên ngoài.

Ký hiệu cho dây bảo vệ (quy định bắt buộc)

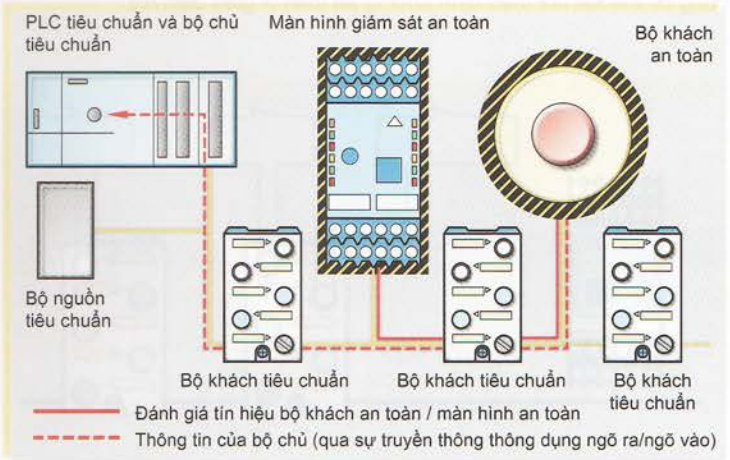
Dây bảo vệ phải có hai màu kết hợp vàng/lục (xanh lá cây) trên cả chiều dài của dây. Ký hiệu màu này được dành riêng cho dây bảo vệ.

Ký hiệu màu dây trung tính N

Khi một mạch điện có ký hiệu màu cho dây trung tính N, thì phải sử dụng màu xanh da trời nhạt. Màu xanh da trời nhạt này không được sử dụng cho một dây nào khác để tránh nhầm lẫn.

Điều khiển an toàn lập trình được

Với hệ thống bus giao diện AS[1)] Safety at work (= an toàn khi vận hành) những dữ liệu an toàn và những dữ liệu tiêu chuẩn có thể truyền chung với nhau qua đường giao diện AS ký hiệu màu vàng. Ứng dụng hiện có có thể khai triển thêm chức năng quan trọng về an toàn. Ta cần thêm hai thành phần bổ sung: **màn hình an toàn** và **bộ khách** (slave) **an toàn** (**Hình 2**).



Hình 2: Hệ thống giao diện AS (Safety at Work) với bộ khách tiêu chuẩn, bộ khách an toàn và màn hình an toàn

[1)] AS (Actor-Sensor Inteface): Giao diện cảm biến - cơ cấu tác động

10

https://tieulun.hopto.org

Cơ sở cho việc truyền dữ liệu an toàn là giao thức an toàn động về việc truyền tải giữa màn hình an toàn và bộ khách (thành viên) an toàn. Trong mỗi bộ khách "an toàn" đều có gắn một bảng mã số, để bộ chủ nhận diện rõ. Khi bật mạch mạng an toàn lần đầu tiên, màn hình an toàn sẽ nhận biết các bộ khách an toàn và lưu trữ dữ liệu vào trong một bảng mã số riêng dành cho các bộ khách. Một mặt màn hình an toàn giám sát những tín hiệu mã số của bộ khách an toàn, mặt khác màn hình an toàn kiểm tra thường xuyên sự truyền tải dữ liệu giữa hai hệ thống trong mỗi chu kỳ. Nếu mã số được phát ra có sai biệt với mã số trong màn hình an toàn hay thời gian truyền tin bị vượt quá (Timeout), thì màn hình an toàn ngắt mạch an toàn được thực hiện qua mạch cho phép chuyển mạch (được thiết kế 2 kênh).

Mã số "0" được dành riêng cho việc ngắt mạch có chủ đích. Thí dụ khi bộ phát lệnh TẮT – KHẨN CẤP tác động, tín hiệu "0" sẽ gởi đến màn hình an toàn. Màn hình sẽ thi hành sự ngắt điện qua mạch điện cho phép hoạt động tương ứng. Bởi vì bộ chủ giao diện AS quét theo chu kỳ nên màn hình an toàn cũng như hệ thống PLC nhận được tin tức này. Qua đó, việc đánh giá bổ sung về thông tin cũng được thực hiện do PLC nhằm mục đích chẩn đoán việc điều khiển máy móc.

Màn hình giám sát an toàn

Màn hình an toàn là một bộ phận chính của Safety at Work (**Hình 3** và **4**). Cấu hình của ứng dụng an toàn này được thực hiện với máy tính PC và phần mềm tương ứng. Ở máy tính này có thể chọn lựa nhiều chế độ vận hành chuyên biệt cho từng ứng dụng. Đó là: chức năng TẮT – KHẨN, ổ khóa, thao tác bằng hai tay cũng như chọn lựa hạng mục dừng cấp 0 hay 1. Để tận dụng hoàn toàn khả năng việc chẩn đoán, màn hình an toàn cũng có thể chọn lựa được vận hành theo địa chỉ của giao diện AS.

Hình 1: Màn hình giám sát an toàn

Dừng cấp 0

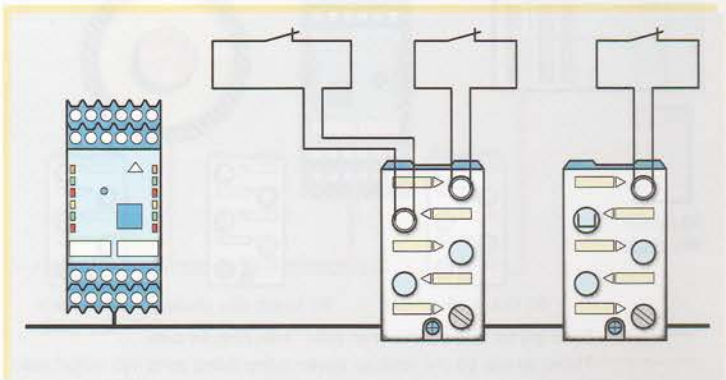
Dừng máy không cần điều khiển được thực hiện qua việc ngắt ngay lập tức nguồn năng lượng đến những bộ phận truyền động máy.

Dừng cấp 1

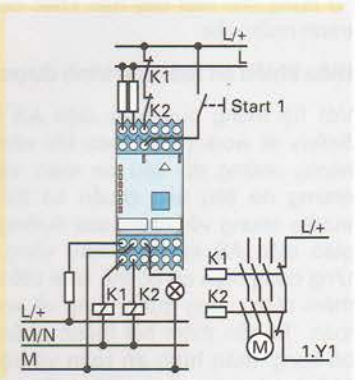
Dừng máy có điều khiển, cung cấp năng lượng chỉ bị gián đoạn khi đạt được trạng thái tĩnh (không chạy).

Sự truyền thông có định hướng an toàn có thể thực hiện với những phần tử chuyển mạch được mô tả trong **Hình 2**. Cho công tắc vị trí có bảng mạch giao diện đặc biệt. Để đảm bảo chức năng an toàn, các thành phần không còn nối dây thông thường. Cả lưới quang và màn chắn quang cũng có thể kết nối theo định hướng an toàn ở giao diện AS.

Hình 2: Bộ khách an toàn



Hình 3: Màn hình giám sát an toàn với mạch cho phép hoạt động



Hình 4: Màn hình giám sát an toàn với những mô đun an toàn

https://tieulun.hopto.org

11 Kỹ thuật điều chỉnh

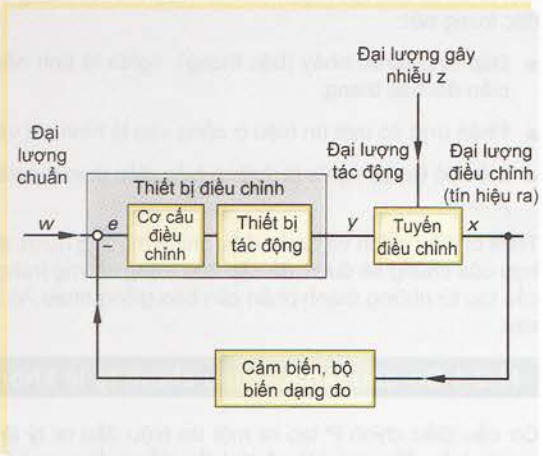
11.1 Các khái niệm cơ bản

Khái niệm về **điều khiển** và **điều chỉnh** thường được sử dụng trong ngôn ngữ thông dụng hằng ngày cũng như khi đề cập đến sự kết nối các quá trình kỹ thuật. Sự khác biệt giữa điều khiển và điều chỉnh đã được giải thích cặn kẽ trong mục 10.1.

Trong kỹ thuật điều khiển và điều chỉnh, sự liên hệ giữa những thành phần cấu tạo riêng lẻ được mô tả bằng cách dùng sơ đồ tác dụng (sơ đồ khối). Điều này cũng đã được giải thích trong mục 10.1.

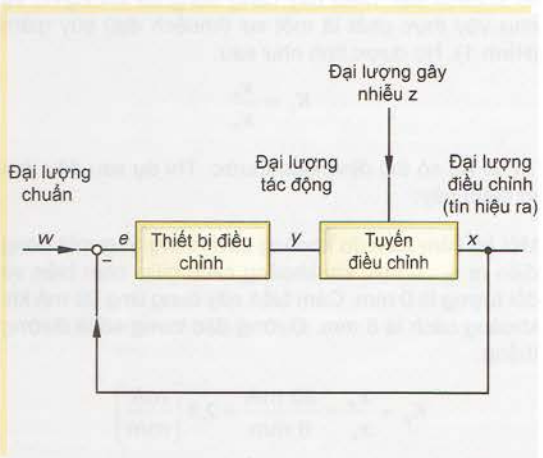
Hình 1 biểu diễn sơ đồ tác dụng của hệ điều chỉnh có đôi chỗ khác với cách trình bày trong mục 10.1.

Hãy quan sát thí dụ về điều chỉnh nhiệt độ trong của bể hàn nhúng, ta thấy sơ đồ tác dụng như sau. Đại lượng cần được điều chỉnh, gọi là **đại lượng điều chỉnh (tín hiệu ra) *x*** (ở đây là nhiệt độ của chất hàn thiếc) được đo bằng cảm biến và được so sánh với **đại lượng chuẩn (tín hiệu vào) *w*** (còn gọi là đại lượng cài đặt, đại lượng định trước) (có trị số cài đặt, ở đây là nhiệt độ mong muốn của chất hàn thiếc).



Hình 1: Sơ đồ tác dụng của hệ điều chỉnh

Độ sai biệt giữa đại lượng chuẩn và đại lượng hồi tiếp được ký hiệu là độ sai biệt điều chỉnh. Nếu không có lỗi xuất hiện thì đại lượng hồi tiếp (tín hiệu vào) giống đại lượng chuẩn *w* cho nên **sai biệt điều chỉnh e** là 0. Nếu đại lượng điều chỉnh *x* thay đổi do ảnh hưởng của **đại lượng gây nhiễu *z*** (ở đây do sự nguội đi của nhiệt độ chất hàn thiếc) thì ta sẽ có sai biệt cần điều chỉnh. Qua cơ cấu điều chỉnh và thiết bị tác động (còn gọi là thiết bị tác chỉnh hành) sẽ tạo ra **đại lượng tác động *y***. Đại lượng này tác động lên tuyến điều chỉnh, sao cho đại lượng điều chỉnh *x* trở lại bằng với đại lượng chuẩn *w*.

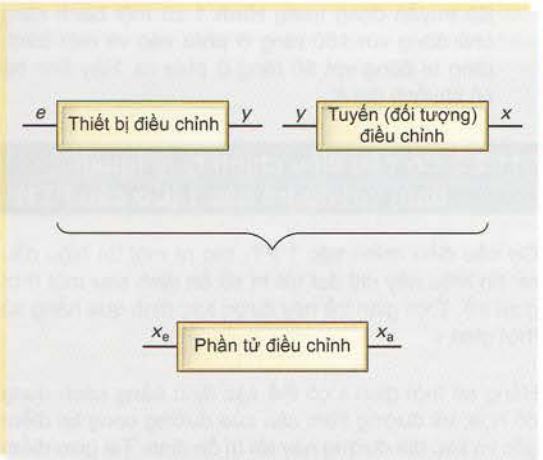


Hình 2: Sơ đồ tác dụng của hệ điều chỉnh rút gọn

Quá trình điều chỉnh được thể hiện qua **tuyến điều chỉnh (đối tượng điều chỉnh)**. Trong thí dụ bể hàn mô tả trên, tuyến điều chỉnh là sự tác động hỗ tương giữa thiết bị nung nóng có tín hiệu vào là đại lượng tác động *y*, với đại lượng điều chỉnh, và cũng có thể với đại lượng gây nhiễu *z*.

> Điều chỉnh luôn là một đường tác động khép kín.
>
> Điều khiển luôn là một đường tác động mở.

Thông thường trong đa số kỹ thuật điều chỉnh, sơ đồ tác động rút gọn được sử dụng như **Hình 2**. Ở đây chỉ có thiết bị điều chỉnh được xem là kết nối giữa cơ cấu điều chỉnh và thiết bị tác động. Cảm biến hay các bộ biến dạng đo không được đề cập đến.



Hình 3: Phần tử mạch điều chỉnh

https://tieulun.hopto.org

11.2 Phần tử mạch điều chỉnh

Một phần tử cấu tạo mạch điều chỉnh **(Hình 3, trang 541)**, gồm cả thiết bị điều chỉnh lẫn tuyến điều chỉnh, được đặc trưng bởi:

- Đáp ứng bước nhảy (bậc thang), nghĩa là tính năng ở cổng ra, khi tín hiệu cổng vào được tạo ra bởi một biến đổi bậc thang,
- Phản ứng do một tín hiệu ở cổng vào là hình sin và
- Biểu đồ Bode, nghĩa là đường biểu diễn theo logarit tần số của sự biến thiên (tỷ lệ) biên độ và độ dịch chuyển pha.

Thiết bị điều chỉnh và tuyến điều chỉnh thường được diễn tả bằng những thành phần căn bản hoặc bằng sự kết hợp của chúng sẽ được đề cập đến trong những trang tới. Thiết bị điều chỉnh và tuyến điều chỉnh thường được cấu tạo từ những thành phần căn bản giống nhau. Vì thế chúng sẽ được trình bày song song trong những mục sau.

11.2.1 Cơ cấu (khâu) điều chỉnh tỷ lệ không trễ (Cơ cấu P)

Cơ cấu điều chỉnh P tạo ra một tín hiệu đầu ra tỷ lệ với tín hiệu đầu vào. Hệ số K_p biểu diễn mối quan hệ giữa trị số đầu ra với trị số đầu vào được gọi là hệ số khuếch đại. Điều này cũng đúng cả khi K_p<1, và như vậy thực chất là một sự (khuếch đại) suy giảm **(Hình 1)**. Nó được tính như sau:

$$K_p = \frac{x_a}{x_e}$$

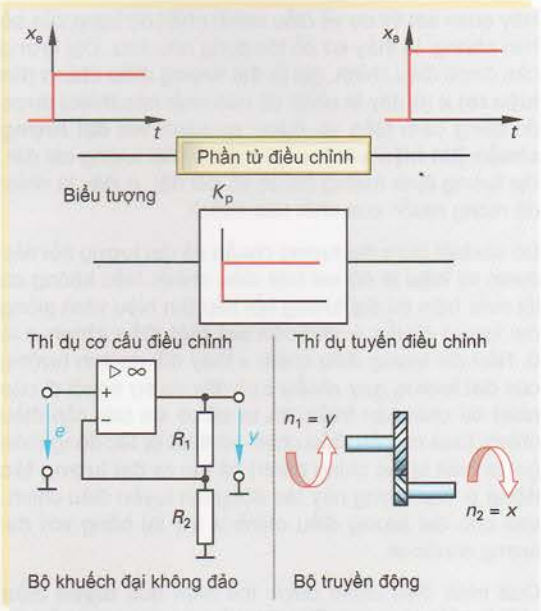
Trị số K_P có thể định kích thước. Thí dụ sau đây làm rõ điểm này:

Một bộ cảm biến đo khoảng cách cung ứng một dòng điện ra I_A = 0 mA, khi khoảng cách giữa cảm biến và đối tượng là 0 mm. Cảm biến này cung ứng 20 mA khi khoảng cách là 8 mm. Đường đặc trưng sẽ là đường thẳng.

$$K_p = \frac{x_a}{x_e} = \frac{20\ \text{mA}}{8\ \text{mm}} = 2{,}5\left[\frac{\text{mA}}{\text{mm}}\right]$$

Bài tập:

Bộ truyền động trong **Hình 1** có một bánh răng chủ động với 150 răng ở phía vào và một bánh răng bị động với 50 răng ở phía ra. Hãy tính hệ số khuếch đại K_p.

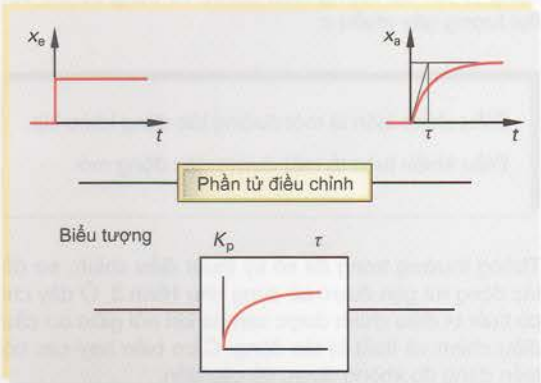


Hình 1: Cơ cấu điều chỉnh P

11.2.2 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ (quán tính) với độ trễ bậc 1 (Cơ cấu PT1)

Cơ cấu điều chỉnh bậc 1 PT_1 tạo ra một tín hiệu đầu ra; tín hiệu này chỉ đạt tới trị số ổn định sau một thời gian trễ. Thời gian trễ này được xác định qua hằng số thời gian τ.

Hằng số thời gian τ có thể xác định bằng cách dùng đồ họa, vẽ đường tiệm cận của đường cong tại điểm gốc và kéo dài đường này tới trị ổn định. Tại giao điểm của đường tiệm cận và trị số ổn định ta có thể xác



Hình 2: Cơ cấu điều chỉnh PT1

https://tieulun.hopto.org

định hằng số thời gian. Trong thực hành ta có thể thừa nhận rằng sau khoảng 5 · τ thì sẽ đạt được trị số ổn định.

Cũng như tại cơ cấu P, hệ số khuếch đại K_p được xác định bằng tỷ số giữa trị số cuối và trị số đầu vào.

> Cơ cấu PT_1 không được dùng làm cơ cấu điều chỉnh, nhưng thường được dùng trên tuyến điều chỉnh.

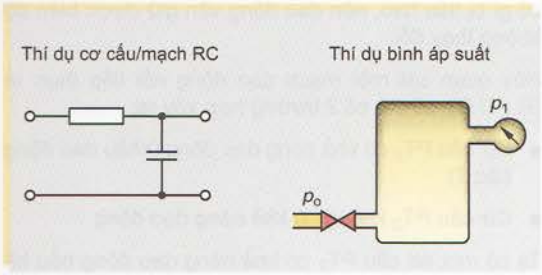
Liên hệ giữa đầu vào và đầu ra được diễn tả bằng một hàm số lũy thừa như sau:

$$x_a = K_p \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \cdot x_e$$

Trong thí dụ mạch RC ở **Hình 1**, τ được xác định như sau:

$$\tau = R \cdot C$$

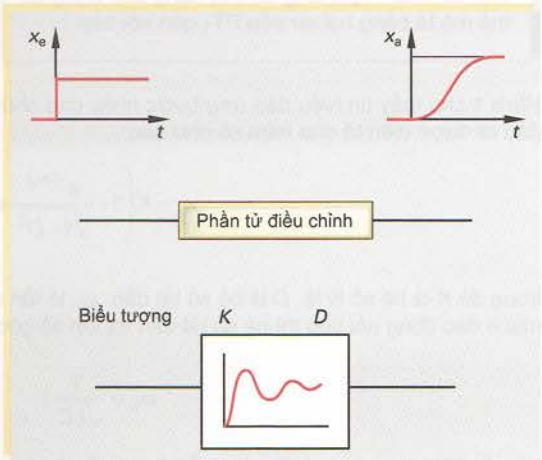
Ngoài hằng số thời gian τ, cơ cấu PT_1 còn luôn có phần chứa năng lượng. Những thí dụ trong thực tế với cơ cấu PT_1 được dùng như bình áp suất được trình bày ở **Hình 1** hay sự thay đổi nhiệt độ trong lò nhiệt luyện cũng như thiếc nhúng trong bồn.



Hình 1: Những thí dụ cơ cấu PT_1

11.2.3 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ (quán tính) với độ trễ bậc 2 (Cơ cấu PT_2)

Một cơ cấu PT_2 gồm có hai bộ trữ năng lượng gắn nối tiếp. Đó có thể hoặc là hai bộ trữ năng lượng cùng loại, thí dụ hai mạch RC mắc nối tiếp, hoặc hai bình áp suất gắn nối tiếp, hoặc hai bộ trữ năng lượng khác loại. Tín hiệu đáp ứng bậc thang của một cơ cấu PT_2 được biểu diễn trong **Hình 2**, thí dụ trong **Hình 3.**



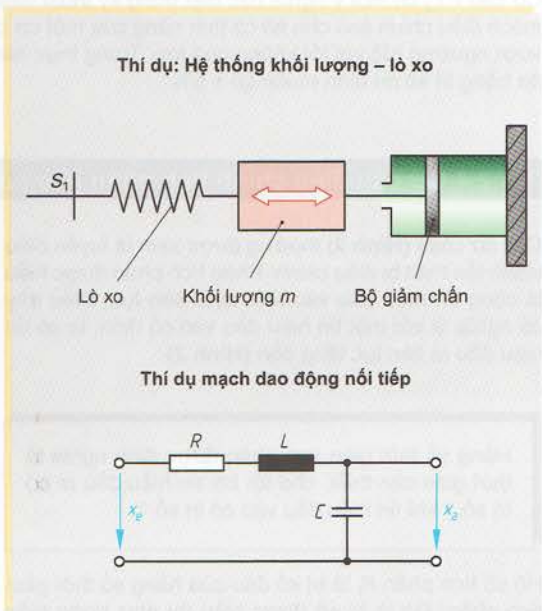
Hình 2: Cơ cấu PT_2

> Cơ cấu PT_2 trong thực tế thường chỉ xuất hiện trong tuyến điều chỉnh.

Khi một tuyến điều chỉnh gồm có hai bộ trữ năng lượng cùng loại gắn nối tiếp, thì được biểu thị bằng hai cơ cấu PT_1 gắn nối tiếp. Chúng hoàn toàn có thể có hằng số thời gian khác nhau.

Cách hoạt động của một cơ cấu PT_2 được diễn tả rõ ràng bằng cách dùng một mạch dao động nối tiếp như trong **Hình 3**. Điều nổi bật là tín hiệu đáp ứng bước nhảy có diễn biến đường cong khác biểu tượng của cơ cấu PT_2 **(xem Hình 1 trang tới)**.

Tín hiệu đáp ứng bước nhảy của một mạch dao động nối tiếp không bị giảm rung ($R = 0\ \Omega$) là một dao động hình sin. Vì trong mạch dao động lý tưởng này không



Hình 3: Những thí dụ cơ cấu PT_2

https://tieulun.hopto.org

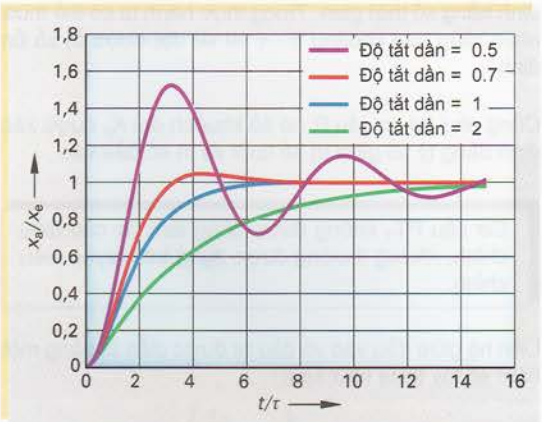
có gì bị tiêu hao, nên dao động vẫn giữ được biên độ không thay đổi.

Hãy quan sát một mạch dao động nối tiếp thực tế ($R \neq 0\ \Omega$), có thể có 2 trường hợp xảy ra:

- Cơ cấu PT_2 có khả năng dao động (khâu dao động bậc 2)
- Cơ cấu PT_2 không có khả năng dao động

Ta có một cơ cấu PT_2 có khả năng dao động nếu hệ số tắt dần D nằm giữa 0 và 1. Với hệ số tắt dần > 1 ta có một cơ cấu PT_2 không có khả năng dao động.

Một cơ cấu PT_2 không có khả năng dao động có thể mô tả bằng hai cơ cấu PT_1 gắn nối tiếp.



Hình 1: Tín hiệu đáp ứng bước nhảy của một cơ cấu PT_2

Hình 1 cho thấy tín hiệu đáp ứng bước nhảy cho những hệ số suy giảm khác nhau. Quan hệ giữa đầu vào và đầu ra được diễn tả qua hàm số như sau:

$$x_a = K\left(1 - \frac{e^{-D\omega_o t}}{\sqrt{1-D^2}}\sin\sqrt{1-D^2}\cdot\omega_o t - \varphi\right)\cdot x_e$$

trong đó K là hệ số tỷ lệ, D là hệ số tắt dần, ω_o là tần số góc riêng và φ là góc lệch pha. Trong trường hợp một mạch dao động nối tiếp thì hệ số tắt dần và tần số góc riêng được tính như sau:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \qquad D = \frac{1}{2}\cdot R\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Hệ số tỷ lệ được tính là thương số của trị số đầu ra x_a với trị số đầu vào x_e lúc hệ thống đã đạt được tới tình trạng dao động ổn định. Những trị số này là những đại lượng đặc trưng và được biểu thị bằng biểu tượng trưng trong **Hình 2** ở trang trước.

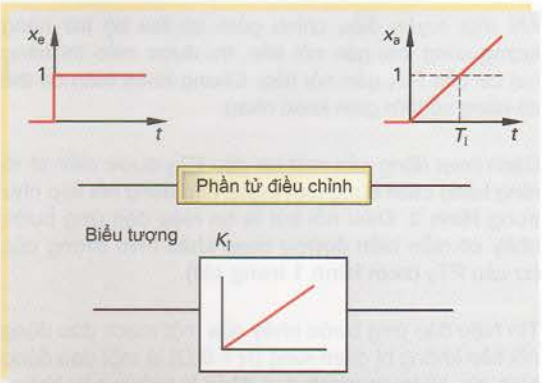
Cơ cấu PT_2 có một ý nghĩa đặc biệt trong kỹ thuật điều chỉnh. Ở đây người ta tìm cách thiết kế phần tử cấu tạo mạch điều chỉnh sao cho nó có tính năng của một cơ cấu PT_2 có khả năng dao động. Tuy nhiên phải lưu ý là độ vượt ngưỡng (độ vọt lố) không quá lớn. Trong thực hành ta thấy hệ số tắt dần $D = 0{,}7$ là tốt nhất nếu biên độ tối đa bằng trị số ổn định muốn có + 5%.

11.2.4 Cơ cấu điều chỉnh tích phân (Cơ cấu I)

Các cơ cấu I **(Hình 2)** thường được xem là tuyến điều chỉnh lẫn thiết bị điều chỉnh. Phép tích phân được hiểu là cộng tín hiệu đầu vào một cách liên tục. Điều này có nghĩa là với một tín hiệu đầu vào cố định, ta có tín hiệu đầu ra liên tục tăng dần **(Hình 2)**.

Hằng số thời gian tích phân được định nghĩa là thời gian cần thiết, cho tới khi tín hiệu đầu ra có trị số 1 khi tín hiệu đầu vào có trị số 1.

Hệ số tích phân K_I là trị số đảo của hằng số thời gian tích phân. Đó là trị số được biểu thị như trong biểu tượng.



Hình 2: Cơ cấu I

https://tieulun.hopto.org

Quan hệ toán học giữa đầu ra và đầu vào như sau:

$$x_a(t) = K_I \cdot \int x_e(t)dt$$

Trong trường hợp $x_e(t)$ = không đổi, ta có:

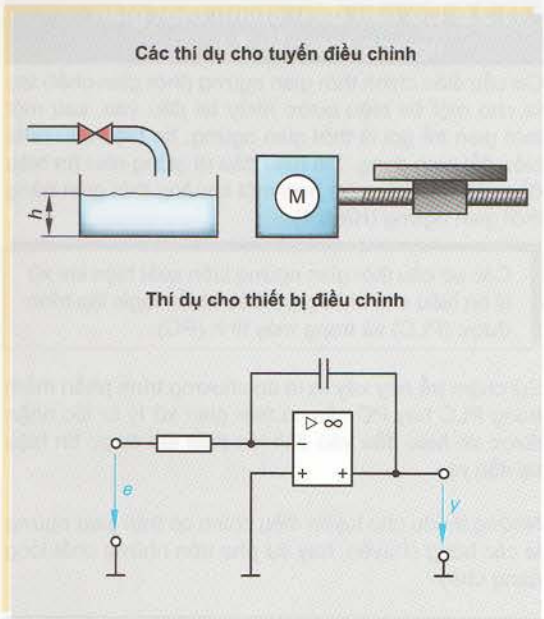
$$x_a = K_I \cdot x_e \cdot t$$

Những thí dụ cho tuyến điều chỉnh có tính năng I là: độ cao nạp đầy thùng và sự truyền động dẫn tiến. Trong thí dụ đầu tiên ta thấy mức đổ đầy tăng đều đặn nếu bình chứa được đổ với một ống dẫn có lưu lượng không đổi **(Hình 1)**. Tương tự, bàn trượt của bộ truyền động dẫn tiến chạy với vận tốc không đổi, nếu số vòng quay của động cơ không đổi. Như vậy đường trượt tăng lên đều đặn.

Thiết bị điều chỉnh có tính năng I luôn được dùng trong trường hợp sau khi điều chỉnh thành công ta không muốn có độ sai lệch điều chỉnh nữa.

Bài tập:

Hãy tính hệ số tích phân K_I của một bình chứa với diện tích đáy 1 m^2 khi bình này được nạp đầy với một lưu lượng 5 l/s.



Hình 1: Cơ cấu điều chỉnh I

11.2.5 Cơ cấu điều chỉnh vi phân (Cơ cấu D)

Cơ cấu điều chỉnh D cung cấp một tín hiệu đầu ra có độ dốc tỷ lệ với tín hiệu đầu vào. Nếu tín hiệu đầu vào tăng lên đều đặn thì tại đầu ra ta có tín hiệu không đổi **(Hình 2)**.

Nếu tín hiệu đầu vào là một tín hiệu bước nhảy, thì tín hiệu đáp ứng bước nhảy là một xung ngắn tại thời điểm nhảy của tín hiệu đầu vào. Còn những lúc khác thì độ dốc của tín hiệu đầu vào bằng 0 và như thế tín hiệu đầu ra cũng bằng 0. Quan hệ giữa đầu ra và đầu vào được tính như sau:

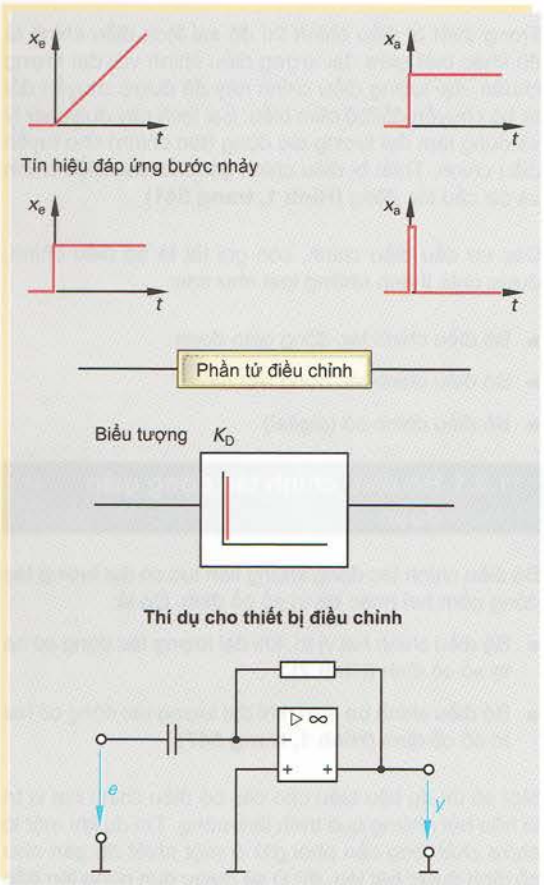
$$x_a(t) = K_D \cdot \frac{\Delta x_e(t)}{\Delta t}$$

Trị số K_D được gọi là hệ số vi phân.

Tính năng D trên thực tế không được dùng trong tuyến điều chỉnh. Tính năng D được dùng trong thiết bị điều chỉnh cho những trường hợp khi cần phản ứng nhanh cho biến đổi của độ sai lệch điều chỉnh. Tuy nhiên nó chỉ được dùng trong kết nối với các cơ cấu điều chỉnh P và I, lý do là với sai lệch điều chỉnh không đổi thì tính năng D không tạo được bất kỳ sự điều chỉnh nào.

Bài tập:

Một độ thay đổi vận tốc 10 m/s đưa tới một độ thay đổi dòng điện 5 mA/s. Hãy tính hệ số vi phân.



Hình 2: Cơ cấu điều chỉnh D

https://tieulun.hopto.org

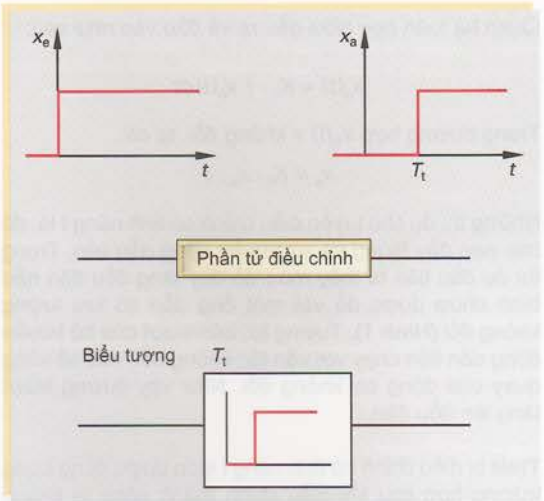
11.2.6 Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng (cơ cấu T_t)

Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng (thời gian chết) tạo ra cho một tín hiệu bước nhảy tại đầu vào, sau một thời gian trễ gọi là thời gian ngừng, tín hiệu đầu ra bị biến đổi hình dạng. Tín hiệu đầu ra giống như tín hiệu đầu vào nhưng chậm hơn một khoảng thời gian bằng thời gian ngừng **(Hình 1)**.

> Các cơ cấu thời gian ngừng luôn xuất hiện khi xử lý tín hiệu cho những bộ điều khiển logic lập trình được (PLC) và trong máy tính (PC).

Sự chậm trễ này xảy ra là do chương trình phần mềm trong PLC hay PC cần có thời gian xử lý từ lúc nhận được tín hiệu đầu vào đến lúc thiết lập được tín hiệu tại đầu ra.

Những thí dụ cho tuyến điều chỉnh có thời gian ngừng là các băng chuyền, hay sự pha trộn những chất lỏng đang chảy.



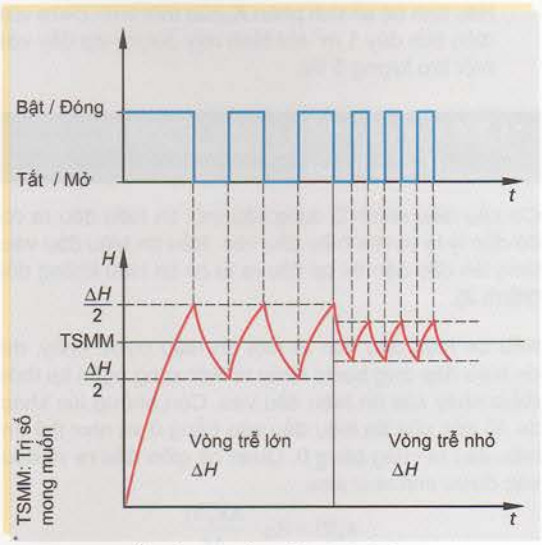
Hình 1: Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng

11.3 Các thiết bị điều chỉnh và các cơ cấu điều chỉnh

Trong thiết bị điều chỉnh thì độ sai lệch điều chỉnh là độ khác biệt giữa đại lượng điều chỉnh với đại lượng chuẩn, đại lượng điều chỉnh này đã được chuyển đổi từ bộ chuyển đổi/bộ cảm biến. Sai lệch này được xử lý và dùng làm đại lượng tác động (tác chỉnh) cho tuyến điều chỉnh. Thiết bị điều chỉnh gồm cơ cấu điều chỉnh và cơ cấu tác động **(Hình 1, trang 541)**.

Các cơ cấu điều chỉnh, còn gọi tắt là bộ điều chỉnh, được chia thành những loại như sau:

- Bộ điều chỉnh tác động gián đoạn
- Bộ điều chỉnh tác động liên tục
- Bộ điều chỉnh số (digital)



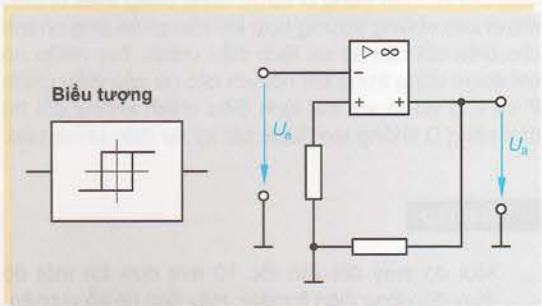
Hình 2: Đặc tuyến của bộ điều chỉnh hai vị trí

11.3.1 Bộ điều chỉnh tác động gián đoạn

Bộ điều chỉnh tác động không liên tục có đại lượng tác động gồm hai hoặc ba trị số cố định. Đó là:

- Bộ điều chỉnh hai vị trí, khi đại lượng tác động có ba trị số cố định **(Hình 2).**
- Bộ điều chỉnh ba vị trí, khi đại lượng tác động có hai trị số cố định **(Hình 1, trang 547).**

Một số thí dụ tiêu biểu cho các bộ điều chỉnh hai vị trí là hầu hết những quá trình làm nóng. Thí dụ khi một lò chứa chất lỏng cần phải giữ ở một nhiệt độ gần như cố định được bật lên, thì lò sẽ được đun nóng lên đến nhiệt độ được hiệu chỉnh trước (trị số mong muốn).



Hình 3: Bộ điều chỉnh hai vị trí

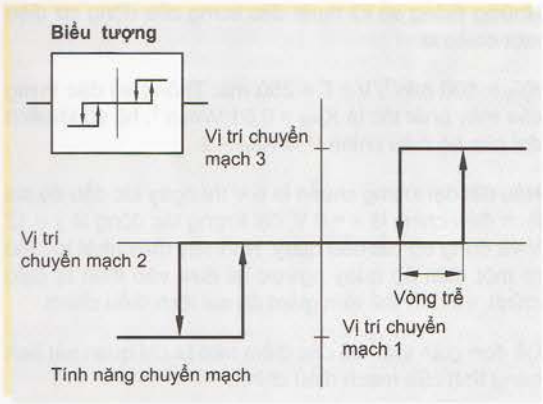
https://tieulun.hopto.org

Khi tới nhiệt độ này, lò sẽ được tắt đi. Nhiệt độ chất lỏng vì thế sẽ giảm dần cho đến khi tới một trị số cận dưới. Từ đây chất lỏng lại được gia nhiệt (hâm nóng).

> Các bộ điều chỉnh hai vị trí trên căn bản luôn có hiện tượng trễ lúc chuyển mạch (vòng trễ hysterisis).

Nếu vòng trễ lớn, bộ điều chỉnh ít khi chuyển mạch. Nếu vòng trễ nhỏ, bộ điều chỉnh thường xuyên chuyển mạch **(Hình 2, trang 546)**. **Hình 3 trang 546** trình bày biểu tượng và cấu tạo căn bản của bộ điều chỉnh này.

Một thí dụ cho một bộ điều chỉnh ba vị trí là hệ thống điều hòa không khí. Hệ thống này có ba trạng thái: Làm nóng, tắt, làm lạnh. Bộ điều chỉnh ba vị trí cũng biểu thị cho mỗi trạng thái một vòng nhiệt trễ lúc chuyển mạch **(Hình 1)**.



Hình 1: Bộ điều chỉnh ba vị trí

11.3.2 Bộ điều chỉnh tác động liên tục

Các bộ điều chỉnh tác động liên tục không có tính năng chuyển mạch, vì thế cũng không có hiện tượng trễ.

> Tại các bộ điều chỉnh tác động liên tục, mỗi thay đổi của độ sai lệch điều chỉnh gây ra một thay đổi của đại lượng tác động.

Bộ điều chỉnh loại này gồm những thành phần căn bản như sau:

- Cơ cấu P (bộ điều chỉnh P)
- Cơ cấu I (bộ điều chỉnh I)
- Cơ cấu D (bộ điều chỉnh D)

Hay những phối hợp:

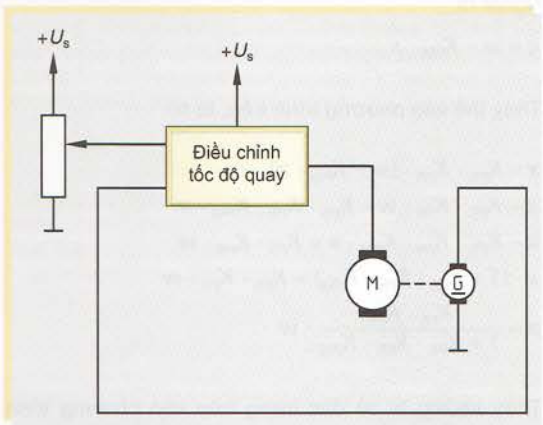
- Bộ điều chỉnh PI, tức phối hợp của bộ P và bộ I
- Bộ điều chỉnh PD, tức phối hợp của bộ P và bộ D
- Bộ điều chỉnh PID, tức phối hợp của bộ P, bộ I và bộ D

> Bộ điều chỉnh P và PD có nhược điểm là gây ra độ sai lệch điều chỉnh.

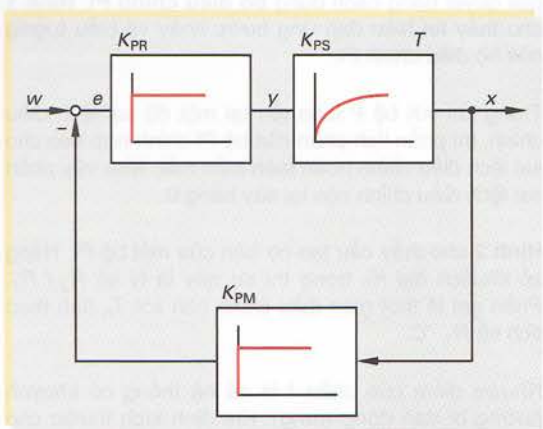
Điều này được chứng tỏ rõ trong các thí dụ sau đây:

Hình 2 trình bày cấu tạo cơ bản của cách điều chỉnh tốc độ quay. Ta dùng bộ chiết áp để đạt được đại lượng chuẩn *w* qua thiết bị điều khiển vào động cơ. Tốc độ quay tức thời, đo bằng tốc độ kế của máy phát tốc (tachgenerator), đo số vòng quay được chuyển thành điện áp và được đưa vào thiết bị điều chỉnh. Bộ điều chỉnh ở đây được dùng là bộ điều chỉnh P.

Sơ đồ tác động của ví dụ này được biểu thị trong **Hình 3.** Động cơ có tính năng như bộ điều chỉnh PT_1. Máy phát tốc chuyển đổi số vòng quay đầu vào thành một điện áp theo tỷ lệ thuận. Như thế máy này có tính năng P.



Hình 2: Thí dụ điều chỉnh tốc độ quay



Hình 3: Sơ đồ tác động cho điều chỉnh tốc độ quay

https://tieulun.hopto.org

Những thông số kỹ thuật đặc trưng của động cơ điện một chiều là:

K_{PS} = 100 min^{-1}/V ; T = 250 ms. Thông số đặc trưng của máy phát tốc là K_{PM} = 0,01 V/min^{-1}, hệ số khuếch đại của bộ điều chỉnh P là K_{PR} = 2.

Nếu đặt đại lượng chuẩn là 6 V thì ngay lúc đầu độ sai lệch điều chỉnh là e = 6 V, đại lượng tác động là y = 12 V và động cơ bắt đầu quay. Nhờ vậy máy phát tốc tạo ra một điện áp quay ngược lại đưa vào thiết bị điều chỉnh, và như thế làm giảm độ sai lệch điều chỉnh.

Để đơn giản toàn bộ các điểm trên ta chỉ quan sát tính năng tĩnh của mạch điều chỉnh.

Trong trường hợp này ta có:

$$x = K_{PS} \cdot y = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot e$$

Ngoài ra:

$$e = w - K_{PM} \cdot x$$

Thay thế vào phương trình trên, ta có:

$$x = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot (w - K_{PM} \cdot x)$$
$$x = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot w - K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM} \cdot x$$
$$x + K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM} \cdot x = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot w$$
$$x \cdot (1 + K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM}) = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot w$$
$$x = \frac{K_{PS} \cdot K_{PR}}{1 + K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM}} \cdot w$$

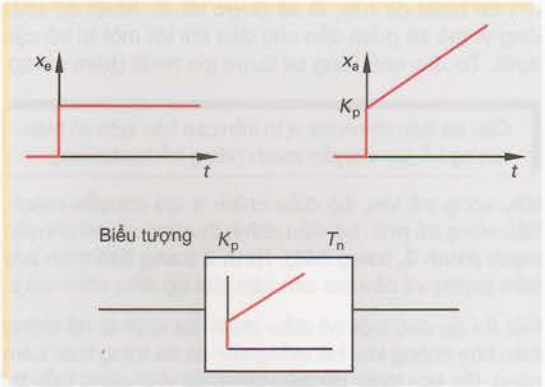
Thay những trị số đặc trưng trên vào phương trình này, ta sẽ có số vòng quay là 400 min^{-1}. Nếu ta cho động cơ chạy không có mạch điều chỉnh, với điện áp đầu vào 6 V ta sẽ có số vòng quay là 600 min^{-1}. Trong thí dụ trên bộ điều chỉnh P tạo ra độ sai lệch điều chỉnh là 200 min^{-1}.

Vấn đề của độ sai lệch điều chỉnh vẫn còn sót lại được giải quyết bằng cách dùng **bộ điều chỉnh PI**. **Hình 1** cho thấy tín hiệu đáp ứng bước nhảy và biểu tượng của bộ điều chỉnh PI.

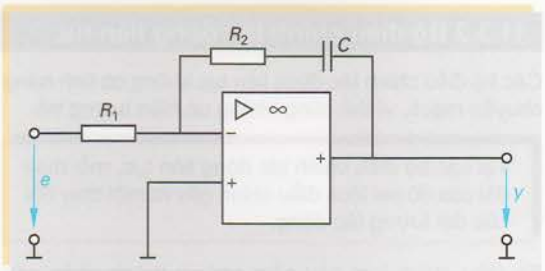
Trong khi với bộ P luôn tồn tại một độ sai lệch điều chỉnh, thì phần tích phân của bộ PI chỉnh hợp sao cho sai lệch điều chỉnh hoàn toàn biến mất. Như vậy phần sai lệch điều chỉnh còn lại nay bằng 0.

Hình 2 cho thấy cấu tạo cơ bản của một bộ PI. Hằng số khuếch đại K_P trong thí dụ này là tỷ số R_2 / R_1. Phần gọi là thời gian điều chỉnh còn sót T_n tính theo tích số $R_1 \cdot C$.

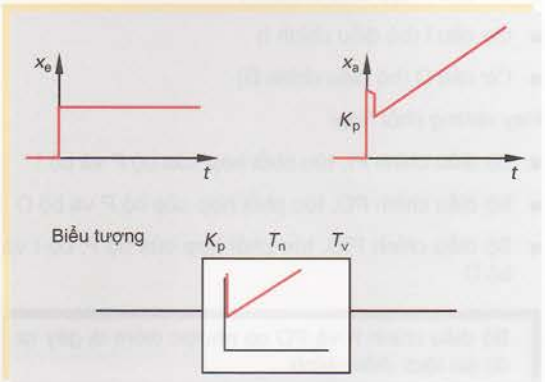
Nhược điểm của phần I là cả hệ thống có khuynh hướng bị dao động (rung). Khi định kích thước cho một bộ PI ta phải đặc biệt chú trọng điểm này.



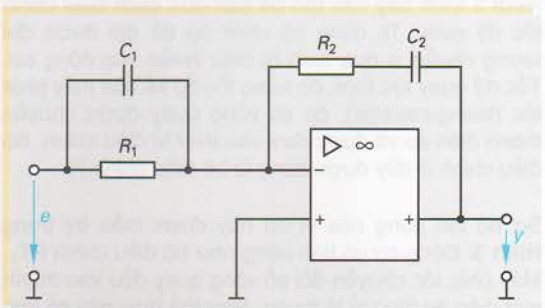
Hình 1: Bộ điều chỉnh PI



Hình 2: Thí dụ cho một bộ điều chỉnh PI



Hình 3: Bộ điều chỉnh PID



Hình 4: Thí dụ cho một bộ PID

https://tieulun.hopto.org

Bộ điều chỉnh PI có thể vận hành chậm. Để điều chỉnh hết phần sai lệch điều chỉnh thật nhanh ta có thể cho thêm phần D vào. Tín hiệu đáp ứng bước nhảy và biểu tượng của bộ PID trong **Hình 3** cũng như một thí dụ trong **Hình 4** đã được trình bày trong trang trước.

Những trị số đặc trưng của bộ PID được tính như sau:

- $K_P = R_2 / R_1$
- $T_n = R_1 \cdot C_2$
- $T_v = R_2 \cdot C_1$

Trong bộ PID ta cần tính ba thông số và hiệu chỉnh chúng, điểm này có nghĩa là ta phải bỏ ra ít nhiều công sức. Tuy vậy ta phải rõ là bộ điều chỉnh PID có thể dùng được đa năng. Ở đây cũng phải chú trọng tính ổn định của toàn hệ thống như với bộ điều chỉnh PI.

11.3.3 Bộ điều chỉnh digital

Nếu những đại lượng trong quá trình được thu nhận và xử lý bằng bộ điều khiển logic lập trình được (PLC), bộ vi mạch điều khiển hay những thiết bị tương tự, ta phải chuyển đổi đại lượng analog thành đại lượng digital.

Để thực hiện việc này, đại lượng analog được dò quét (lấy mẫu) và tách thành những bậc thang rời rạc **(Hình 1)**. Trong quan hệ này ta gọi là **làm rời rạc trị số (lượng hóa, lượng tử hóa, quantilize)**. Dùng những bước lượng hóa càng nhỏ, thì hệ thống càng chính xác, nhưng thời gian cho việc tính toán càng cao.

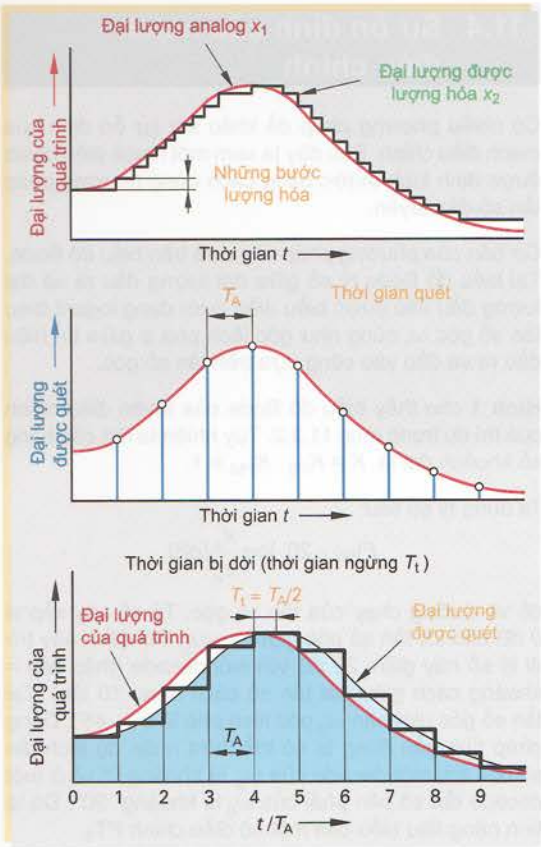
Việc dò quét được thực hiện với những khoảng thời gian cố định. Tín hiệu được chuyển đổi ngay tại thời điểm quét và giữ cho không đổi đến thời điểm quét kế tiếp.

> Thời gian quét T_A càng ngắn càng tốt.

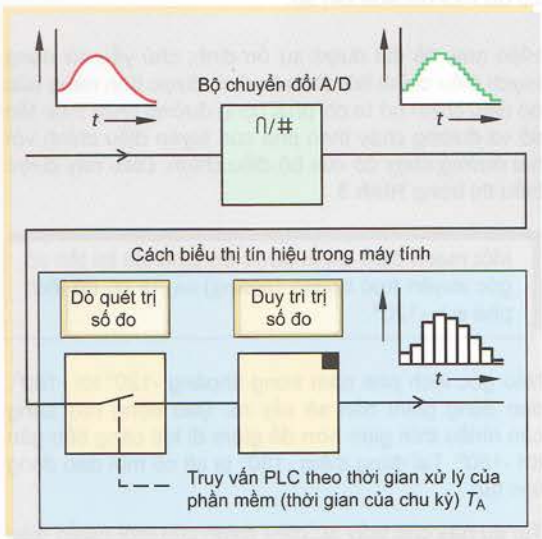
Việc dò quét tạo ra một sự dịch chuyển thời gian tại độ cao vào khoảng nửa bước thời gian quét (lấy mẫu) như đã chỉ ở **Hình 1**. Nhưng ta chỉ có thể ảnh hưởng vào thời gian quét trong một giới hạn nhất định, vì nó còn tùy thuộc vào thời gian xử lý của chương trình phần mềm của PLC, hay của bộ điều khiển v.v. **(Hình 2)**. Và những điểm này lại còn tùy thuộc vào tốc độ tính toán của bộ xử lý điều khiển, hay của thuật toán (algorit) điều chỉnh được dùng và của số bộ điều chỉnh đang chạy.

Thời gian trễ (ngừng, chết) tạo ra bởi việc dò quét có ảnh hưởng không tốt đến sự ổn định của cả mạch điều chỉnh.

> Thời gian trễ càng lâu, mạch điều chỉnh càng có khuynh hướng bị dao động.



Hình 1: Lượng hóa và dò quét một tín hiệu analog của quy trình



Hình 2: Sơ đồ tác dụng cho tín hiệu quá trình để xử lý dạng digital

https://tieulun.hopto.org

11.4 Sự ổn định của mạch điều chỉnh

Có nhiều phương pháp để khảo sát sự ổn định của mạch điều chỉnh. Sau đây ta xem một mạch điều chỉnh được định kích thước bằng cách dùng phương pháp tần số-đặc tuyến.

Cơ bản của phương pháp này dựa trên biểu đồ Bode. Tại biểu đồ Bode tỷ số giữa đại lượng đầu ra và đại lượng đầu vào được biểu diễn dưới dạng logarit theo tần số góc ω, cũng như góc lệch pha φ giữa tín hiệu đầu ra và đầu vào cũng dựa trên tần số góc.

Hình 1 cho thấy biểu đồ Bode của tuyến điều chỉnh của thí dụ trong mục 11.3.2. Tuy nhiên ta đặt các hằng số khuếch đại là $K = K_{PS} \cdot K_{PM} = 1$.

Ta dùng tỷ số sau:

$$F(\omega) = 20 \cdot \log \frac{x_a}{x_e} [\text{dB}]$$

để vẽ đường chạy của tần số góc. Tỷ số này xấp xỉ 0 dB cho tới tần số góc giới hạn ω_g. Từ điểm này trở đi tỷ số này giảm 20 dB với mỗi decade (thập tiến = khoảng cách giữa hai tần số cách nhau 10 lần). Tại tần số góc giới hạn ω_g góc lệch pha là $\varphi = -45°$. Dùng phép tính gần đúng ta có thể thừa nhận độ lệch tần số bên trái một decade của ω_g là khoảng 0° và ở một decade tần số bên phải của ω_g là khoảng -90°. Đó là tính năng tiêu biểu của một bộ điều chỉnh PT_1.

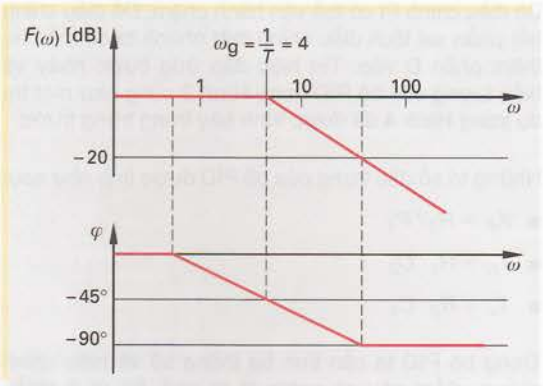
Hình 2 cho thấy đặc tuyến theo tần số của một bộ điều chỉnh PI. Ở đó $K_P = 2$ và $T_n = 250$ ms. Với những trị số rất lớn của ω, hầu như chỉ có phần P có hiệu ứng trong bộ điều chỉnh PI. Ở đây phần này là 20 log K_P = 6 [dB]. Cho tới trị số $\omega_g = 1/T_n = 4\ s^{-1}$ tỷ số này giảm 20 dB mỗi decade tần số.

Hiện nay, để đạt được sự ổn định, chủ yếu sử dụng mạch điều chỉnh hở. Để xác định được tính năng của bộ điều chỉnh hở ta chỉ phải cộng đường chạy theo tần số và đường chạy theo pha của tuyến điều chỉnh với hai đường chạy đó của bộ điều chỉnh. Điều này được biểu thị trong **Hình 3**.

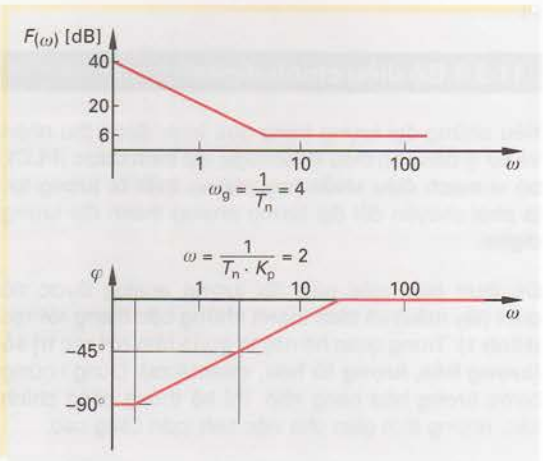
> Một mạch điều chỉnh được ổn định khi tại tần số góc xuyên trục hoành (ngang) ω_D ta có độ lệch pha $\varphi > -120°$.

Nếu góc lệch pha nằm trong khoảng -120° tới -180°, dao động giảm dần sẽ xảy ra. Dao động này càng cần nhiều thời gian hơn để giảm đi khi càng tiến gần tới -180°. Tại đúng điểm -180° ta sẽ có một dao động liên tục.

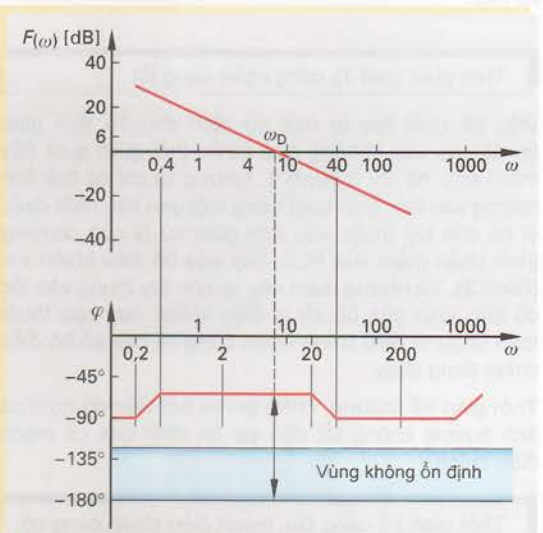
Thí dụ này cho thấy sự điều chỉnh của một tuyến điều chỉnh PT_1 với bộ điều chỉnh PI hoàn toàn không có vấn đề.



Hình 1: Đặc tuyến theo tần số của một tuyến điều chỉnh



Hình 2: Đặc tuyến theo tần số của bộ điều chỉnh



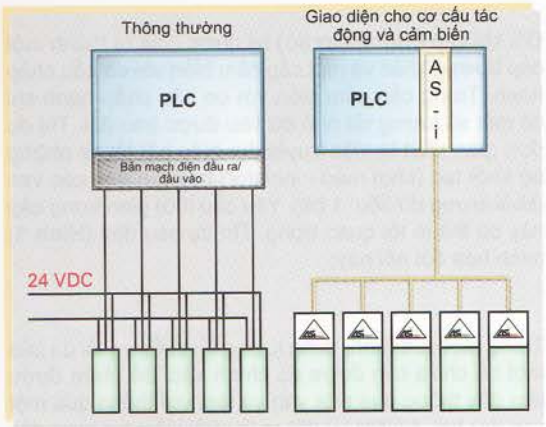
Hình 3: Đặc tuyến theo tần số của mạch điều chỉnh hở

https://tieulun.hopto.org

12 Các hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa

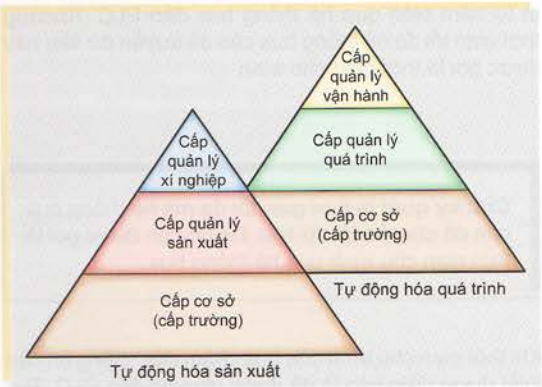
Hiên nay trong nhiều lĩnh vực của cuộc sống hằng ngày, các thông tin được trao đổi bằng điện tử. Thí dụ như máy rút tiền tự động ngân hàng, ở siêu thị hoặc trong máy tính cá nhân, người ta có thể hiển thị hay rút số tiền hiện có trong tài khoản của mình. Trong tất cả các trường hợp này, các máy điện tử phải giao tiếp với nhau nghĩa là phải trao đổi thông tin cho nhau.

Hình thức giao tiếp này cũng được thấy trong lĩnh vực kỹ nghệ. Thí dụ như tín hiệu cảm biến được truyền đến một bộ điều khiển lập trình được (PLC). Những tín hiệu này sẽ được xử lý bởi bộ PLC. Những tín hiệu kết quả ở đầu ra sẽ được PLC chuyển đến các cơ cấu chấp hành. Nếu có thể, việc này nên được thực hiện qua một hệ Bus. **Hình 1** chứng tỏ ưu điểm của hệ thống Bus qua thí dụ về các cơ cấu chấp hành với giao diện cảm biến (AS-i).



Hình 1: So sánh nối dây thông thường với hệ thống bus

Khi nối dây thông thường, mỗi tín hiệu cảm biến được truyền riêng biệt đến đúng địa chỉ đầu vào của PLC. Tiếp đó, mỗi bộ cảm biến phải được cung cấp năng lượng từ bên ngoài. Điều này có nghĩa là chúng ta phải đầu tư khá lớn cho việc mắc dây điện. Nếu đường dây vừa truyền tín hiệu vừa dẫn năng lượng thì phí tổn cho việc mắc dây điện sẽ giảm đáng kể. Ngoài ra, chúng ta còn tiết kiệm được các bảng mạch đầu vào cho cảm biến và các bảng mạch đầu ra cho các cơ cấu tác động. Các bảng mạch này được thay thế bởi một thiết bị gọi là bảng mạch (mođun) giao diện.



Hình 2: Hệ phân cấp tự động hóa

Việc nối những bộ cảm biến với các cơ cấu tác động qua một hệ thống Bus chỉ là một phần trong quá trình chế tạo hay sản xuất công nghiệp. Thí dụ các bộ phận khác nhau trong quá trình chế tạo phải trao đổi thông tin với nhau, các chương trình PLC phải được chuyển đi, các dữ liệu điều hành phải được ghi lại, các bản vẽ thiết kế phải được được thiết lập và lưu trữ, hàng tồn kho phải được ghi nhận và quản lý, v.v. Tất cả các nhiệm vụ này không thể được giải quyết chỉ với một hệ thống bus duy nhất. Vì lý do đó một bộ phận gọi là **hệ phân cấp tự động hóa** đã được đưa vào sử dụng. **Hình 2** cho thấy hệ phân cấp tự động hóa trong sản xuất và quy trình tự động hóa. Những lĩnh vực hoạt động của hệ thống bus được phân chia thành nhiều cấp. Tuy cùng cấp trong sản xuất và trong quy trình tự động hóa nhưng có thể có những tên gọi khác nhau. Thí dụ cấp cao nhất trong tự động hóa sản xuất được gọi là **cấp quản lý xí nghiệp** còn trong quy trình tự động hóa thì gọi là **cấp quản lý vận hành**. Trong hai cấp cao nhất này, dù lượng dữ liệu truyền tải rất lớn nhưng tốc độ truyền không quan trọng. Có nghĩa là thời gian cần thiết để truyền tải dữ liệu không đóng một vai trò quyết định. Đa số những hệ thống bus sử dụng trong trao đổi thông tin văn phòng dùng các cấp này.

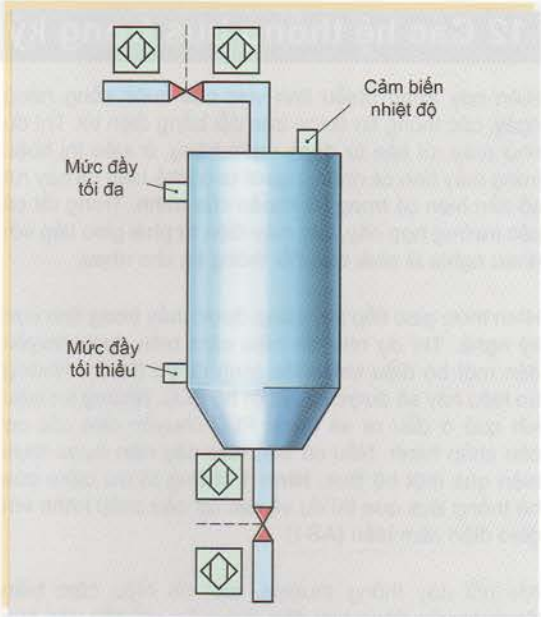
Trong **cấp quản lý sản xuất** và **cấp quản lý quá trình**, những dữ liệu điều hành hay các chương trình PLC, CNC được chuyển tải với khối lượng lớn. Việc cần 0,5, 1 hay 2 giây cho việc chuyển tải một chương trình PLC không ảnh hưởng gì đến toàn bộ quá trình.

Ở **cấp trường (cấp cơ sở)**, những bộ cảm biến phức tạp và cơ cấu chấp hành được kết nối với nhau. Đây là những thiết bị để truyền một vài byte dữ liệu và có thể là những bộ truyền động điện, bộ định vị van hay là những bộ cảm biến phức tạp hơn. Đôi khi cũng có thể là các chương trình PLC nhỏ hơn. Ở cấp này, điều quan trọng là phải biết việc truyền dữ liệu kéo dài bao lâu.

https://tieulun.hopto.org

Điều này có nghĩa, yêu cầu về thời gian trong cấp này lớn hơn nhiều so với các cấp cao hơn.

Đôi khi cấp trường (cơ sở) lại được chia ra thành một cấp trường khác và một cấp cảm biến với cơ cấu chấp hành. Trong cấp cảm biến với cơ cấu chấp hành chỉ có một số lượng rất nhỏ dữ liệu được trao đổi. Thí dụ đơn giản nhất là việc truyền tín hiệu bật tắt từ những bộ khởi tạo (khơi mào - initiator) hay gửi đến các van (khối lượng dữ liệu: 1 bit). Yêu cầu thời gian trong cấp này có thể là tối quan trọng. Thí dụ sau đây (**Hình 1**) minh họa đòi hỏi này:

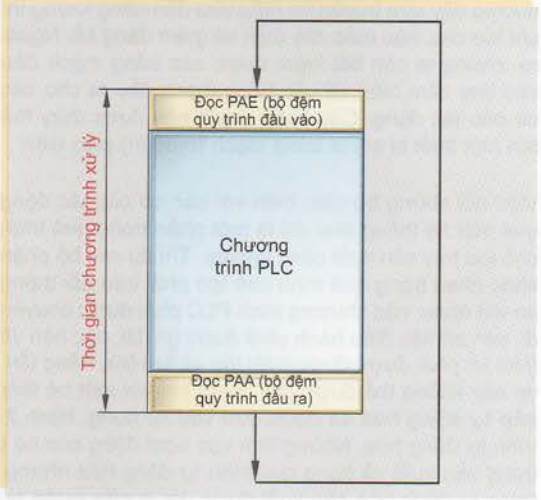


Hình 1: Đo mức nạp đầy vơi

Trong một quá trình, dung lượng tối thiểu và tối đa của một bể chứa cần được đo chính xác. Bể chứa được làm đầy thông qua một van và làm vơi thông qua một van thứ hai. Nhiệm vụ đặt ra là phải kiểm tra mức đầy tối đa. Nếu bể chứa được làm đầy và mức đầy tối đa đã đạt được, cảm biến "đầy tối đa" sẽ nhận ra điều này. Tín hiệu này với khối lượng 1 bit sẽ được truyền đi từ cảm biến qua hệ thống bus đến PLC. Khoảng thời gian tối đa hệ thống bus cần để truyền dữ liệu này được gọi là thời gian chu trình.

Chu kỳ quét là thời gian tối đa mà hệ thống bus cần để chuyển tải dữ liệu. Do đó còn được gọi là thời gian chu trình của hệ thống bus.

Khi thời gian chu trình của bus chấm dứt, thông tin cần thiết được đảm bảo là đã được chuyển đến PLC. Tuy nhiên, thông tin này chưa được xử lý. Việc xử lý các thông tin này cần được khảo sát chi tiết hơn. **Hình 2** thể hiện việc xử lý này.



Hình 2: Cách hoạt động của một PLC

Tại một thời điểm nhất định, PLC đọc bộ đệm quy trình tại đầu vào, viết tắt là PAE. Sau đó chương trình PLC sẽ xử lý thông tin vừa mới đọc. Cuối chu kỳ PLC, chương trình PLC sau khi xác định, sẽ ghi lại kết quả đầu ra trong bộ đệm quy trình đầu ra, viết tắt là PAA. Sau một khoảng dừng ngắn, chu kỳ PLC bắt đầu lại từ đầu. Quá trình mô tả ở đây là một lập trình PLC tiêu chuẩn, có nghĩa là không xét tới những trường hợp đặc biệt như lập trình ngắt hoặc tương tự.

Bây giờ chúng ta sẽ xem xét khả năng xấu nhất trong thí dụ này. Thông tin nói rằng "đạt mức nạp đầy tối đa" có mặt tại PLC ngay sau khi đọc PAE (bộ đệm quy trình đầu vào). Điều này có nghĩa rằng trong chu kỳ PLC hiện tại, thông tin này chưa được xử lý. Trong chu trình PLC kế tiếp, PLC sẽ nhận ra mức đầy tối đa đã đạt và xác định là van khóa cần được đóng lại. Thông tin này được ghi vào PAA.

Từ đây thông tin này phải được chuyển qua hệ thống bus để gửi đến van. Và như vậy, khả năng xấu nhất để thực hiện điều này là chúng ta cần thêm một chu kỳ hệ thống bus.

https://tieulun.hopto.org

Tính chung lại, người ta gọi là **thời gian phản ứng điện tử**. Thời gian này được tính như sau:

$$T_{R'} = T_{Bus} + 2 \cdot T_{PLC} + T_{Bus}$$

Với $T_{R'}$ Thời gian phản ứng điện tử

T_{Bus} Thời gian chu trình hệ thống Bus

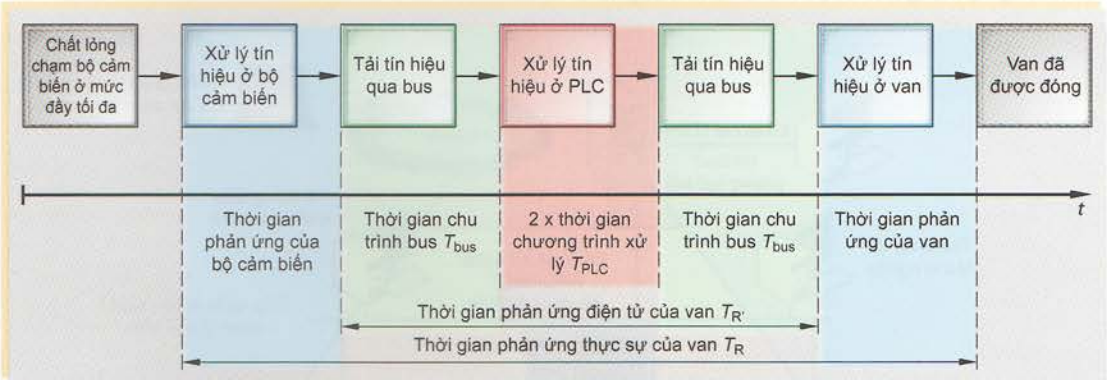
T_{PLC} Thời gian xử lý chương trình của PLC

Thời gian thực hiện chương trình của PLC phụ thuộc vào chính nó, vào độ lớn cũng như vào sự phức tạp của chương trình. Các PLC hiện đại dù lớn hơn và phức tạp hơn vẫn có thể chỉ cần một vài milli giây (phần nghìn giây, viết tắt là ms) để hoàn tất việc này. Trong thí dụ trên, với giả định thời gian chu trình hệ bus là 5 ms, thời gian xử lý chương trình là 15 ms thì thời gian phản ứng điện tử là 40 ms.

Để xác định thời gian phản ứng thực sự ta phải tính thêm thời gian trì hoãn của các cảm biến và của các van.

Khi chất lỏng trong thí dụ trên chạm vào phần cảm biến của bộ cảm biến đặt ở "mức đầy tối đa" thì ta còn phải mất thêm một thời gian cho đến khi thông tin được xử lý và tạo thành một tín hiệu điện tử (tín hiệu chuyển đổi) ở giao diện của nó. Cũng vậy, ta phải mất thêm một thời gian nữa cho đến khi van thực sự xử lý và thực hiện thông tin "đóng van" (chủ yếu là sự trì hoãn chuyển động cơ khí). Điều này có nghĩa là thời gian phản ứng thực sự T_R là thời gian phản ứng của bộ cảm biến cộng với thời gian phản ứng điện tử $T_{R'}$ và cộng thêm thời gian phản ứng của van.

Mối quan hệ này được minh họa bằng **Hình 1** sau đây một lần nữa:



Hình 1. Cách tính thời gian phản ứng

Giả sử thời gian phản ứng là 100 ms và khi khối lượng dòng chảy thông qua hệ thống đường ống được biết, người ta có thể căn cứ trên kích thước của bể chứa để xác định sự gia tăng mức đầy của bể chứa. Với giả định mức đầy sẽ tăng 10 cm sau 100 ms thì trong thực tế, bộ cảm biến "đầy tối đa" sẽ được điều chỉnh để có mức tối đa là 10 cm dưới mức tối đa thực sự. Nếu thời gian phản ứng là 200 ms thì bộ cảm biến phải được điều chỉnh để có mức tối đa là 20 cm dưới mức tối đa thực sự để đáp ứng đòi hỏi thật chính xác.

12

Thí dụ này cho thấy cần phải:

- Luôn biết chắc thời gian phản ứng của hệ thống, đặc biệt là trong cấp cảm biến và truyền động điện.
- Luôn tính toán được thời gian phản ứng. Điều kiện tiên quyết là phải biết và tính toán được thời gian của mỗi thành viên có liên hệ đến thời gian phản ứng. Điều này cũng có giá trị cho các hệ thống bus và chương trình PLC. Trong kết nối với hệ thống bus, một hệ thống bus được coi là xác định nếu có thể tính toán được thời gian phản ứng. Hiện nay trên thị trường cũng có những hệ thống bus mà đặc tính thời gian không xác định và do đó thời gian chu kỳ của những hệ thống bus này sẽ không tính toán được.

https://tieulun.hopto.org

- Thời gian chu trình của hệ thống bus thường không nhất định là phải cực ngắn vì đây chỉ là một trong số những thành phần xác định thời gian phản ứng. Điều quan trọng là thời gian chu kỳ của hệ thống bus có thể tính toán được. Trong thí dụ trên, việc tràn bồn chứa dễ dàng được ngăn chặn khi cảm biến "đầy tối đa" được điều chỉnh để mức này luôn thấp hơn mức tối đa thực tế.

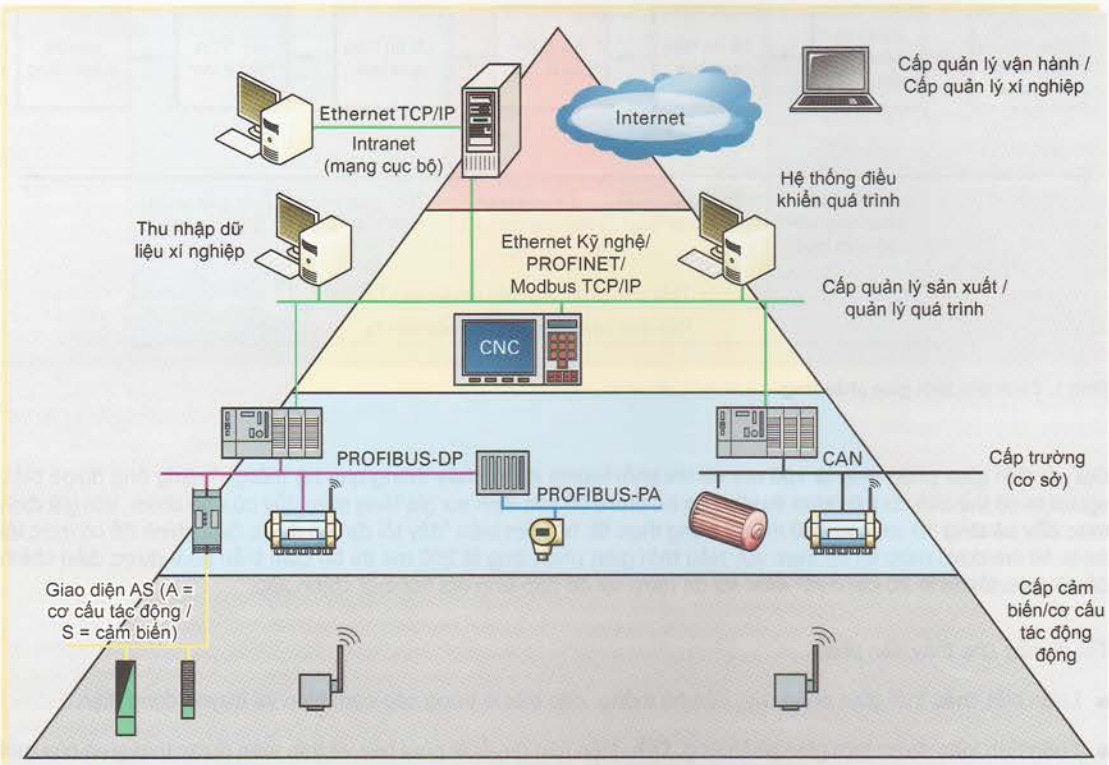
Người ta gọi là một **hệ thống bus tất định** nếu thời gian chu trình của hệ thống bus có thể tính toán được.

Bài tập: Các đại lượng cho trước:
Thời gian trì hoãn của cảm biến trì hoãn 1 ms; Thời gian chu kỳ của hệ thống bus 5 ms;
Thời gian xử lý chương trình 20 ms; Thời gian trì hoãn của truyền động điện 100 ms.
Hãy tính thời gian phản ứng của hệ thống.

Các cấp khác nhau của sự phân cấp có những yêu cầu rất khác biệt đến hệ thống bus. Người ta đã nhận thấy, thí dụ ở cấp quản lý vận hành hoặc quản lý xí nghiệp, số lượng dữ liệu được truyền đi rất lớn nhưng thời gian truyền không đóng vai trò quan trọng. Trong khi đó, ở cấp cảm biến hay cơ cấu tác động số lượng dữ liệu để truyền thì rất nhỏ nhưng thời gian truyền lại rất quan trọng.

Càng lên cấp cao trong hệ thống tự động hóa thì số lượng dữ liệu càng lớn và thời gian truyền càng bớt quan trọng hơn.

Hiện nay không có một hệ thống bus nào có thể vừa giải quyết tốt những vấn đề ở cấp quản lý vận hành / quản lý xí nghiệp (số lượng dữ liệu lớn nhưng thời gian truyền không quan trọng) vừa giải quyết tốt những vấn đề ở cấp cảm biến hay cơ cấu tác động (số lượng dữ liệu nhỏ nhưng thời gian truyền rất quan trọng). Đây là lý do tại sao có nhiều hệ thống bus khác nhau trên thị trường. **Hình 1** cho thấy một hệ phân cấp tự động hóa trên cơ sở của những hệ thống bus được mô tả từ chương 12.7.

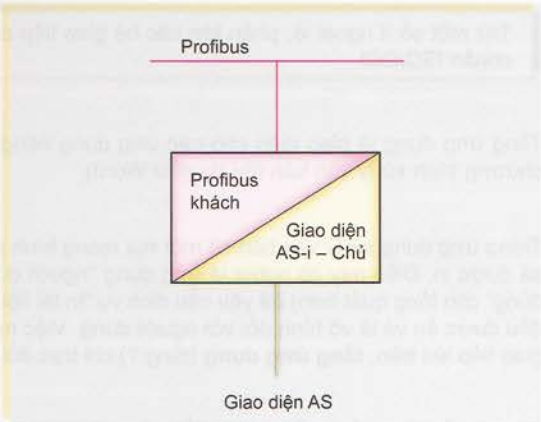


Hình 1: Phân cấp tự động hóa

Lưu ý: Trong thực tế sẽ không có một sự phân cấp rõ ràng như được thể hiện trong **Hình 1**.

https://tieulun.hopto.org

Một khía cạnh quan trọng là tính liên tục thông suốt của thông tin. Điều này có nghĩa rằng dữ liệu được ghi nhận từ cảm biến hay cơ cấu chấp hành có thể sử dụng trong cấp quản lý vận hành hay quản lý xí nghiệp. Thí dụ ta có thể tưởng tượng là cảm biến "đo mức tối thiểu" trong thí dụ "đo mức đầy" có thể phát hiện chất lỏng sắp sửa xuống thấp. Thông tin này có thể được thông báo cho tất cả các cấp quản lý vận hành và quản lý xí nghiệp. Ở đó lại có một bộ phận gọi là kế hoạch và kiểm soát sản xuất (PPS). Bộ phận này chịu trách nhiệm đảm bảo cung ứng vật liệu đúng nơi, đúng thời điểm, đúng số lượng. Như vậy bộ phận này phải đặt hàng ngay khi chất lỏng sắp xuống thấp. Tính liên tục này có thể được thực hiện qua cổng nối (**Hình 1**).



Hình 1: Cổng nối (Gateway)

Cổng nối (Gateway) là những thiết bị thực hiện việc giao dịch giữa hai hệ thống Bus khác nhau.

Thí dụ cổng nối (Gateway) AS-i/PROFIBUS, về phía AS-i là chủ động (bộ chủ master) nhưng đối với PROFIBUS lại là thụ động (bộ khách Slave). Điều này có nghĩa rằng tất cả những dữ liệu nhận được từ PROFIBUS sẽ được truyền tải đến giao diện AS-i cơ cấu tác động và ngược lại, những dữ liệu nhận được từ giao diện AS-i thụ động (cơ cấu chấp hành) sẽ được thông qua PROFIBUS để chuyển đến bộ điều khiển PLC.

Ngoài ra, bộ điều khiển logic lập trình (PLC) hoặc máy tính (PC) có thể hoạt động như cổng nối (Gateway). Nếu ta cài đặt trong một khe cắm của PLC một mô đun kết nối với bus X và trong một khe cắm khác một mô đun kết nối với bus Y thì chỉ cần viết một chương trình PLC để thực hiện việc trao đổi thông tin giữa hai mô đun này. Thí dụ, nếu mô đun kết nối PROFIBUS và Ethernet đã có sẵn trong PLC thì mọi dữ liệu được truyền từ PROFIBUS đến PLC cũng được chương trình PLC chuyển tiếp đến mô đun kết nối Ethernet và do đó có thể truy cập qua Ethernet.

Nếu một máy tính có giao diện bus, mọi dữ liệu trên bus này đều có thể được xử lý để thực hiện việc cho phép truy cập qua mạng (internet). Như vậy mọi dữ liệu của một quá trình có thể được nhập và truy vấn ở bất kỳ đâu.

12.1 Mô hình giao tiếp

Dù con người hay máy móc, khi giao tiếp với nhau, những quy tắc giao tiếp cũng phải được thiết lập và duy trì. Thí dụ khi một nhóm người gặp nhau, cần phải xác định khi nào và ai sẽ nói, khi đó những người khác lắng nghe. Hơn nữa ngôn ngữ sử dụng cũng phải lựa chọn, v.v... Trong công nghệ tự động hóa cũng vậy. Một trong nhiều mô hình thiết lập và định nghĩa tất cả mọi thứ cần thiết cho việc giao tiếp điện tử (trao đổi thông tin) là mô hình tham chiếu ISO/OSI hay còn gọi là mô hình 7 tầng.

Bảng 1: Mô hình 7 tầng

Tầng	Tên gọi	Thí dụ
7	Tầng ứng dụng (applciation)	Dịch vụ HTTP, FTP
6	Tầng trình bày (presentation)	Cấu trúc dữ liệu Định dạng
5	Tầng phiên (session)	Giao diện để sử dụng các kênh logic Kiểm soát kết nối
4	Tầng chuyển vận (transport)	Cung cấp kênh logic Kết nối điểm-điểm
3	Tầng mạng (network)	Quản lý mạng Quản lý đường truyền
2	Tầng liên kết dữ liệu (data link)	Điều khiển liên kết logic LLC Điều khiển truy cập phương tiện truyền MAC
1	Tầng vật lý (physical)	Thông số cơ và điện tử

https://tieulun.hopto.org

Trừ một số ít ngoại lệ, phần lớn các hệ giao tiếp công nghệ được tổ chức theo mô hình tham chiếu tiêu chuẩn ISO/OSI.

Tầng ứng dụng là giao diện cho các ứng dụng riêng biệt và cung cấp dịch vụ. Để hiểu rõ hơn, thử xét một chương trình xử lý văn bản (thí dụ như Word).

Trong ứng dụng xử lý văn bản có một nút mang hình máy in. Nếu ta nhấp chuột vào nút này, tài liệu hiện hành sẽ được in. Điều này có nghĩa là ứng dụng "người dùng văn bản" (ND: trong sách là "tác giả", sửa lại "người dùng" cho tổng quát hơn) đã yêu cầu dịch vụ "In tài liệu hiện hành". Tất cả mọi thứ cần thiết cho hoạt động in ấn đều được ẩn và là vô hình đối với người dùng. Việc này đã được xác định khi cài đặt máy in. Tức là trong việc giao tiếp lên trên, **tầng ứng dụng** (tầng 7) chỉ trao đổi dữ liệu với ứng dụng mà thôi.

Trong phần giao tiếp xuống dưới, tầng ứng dụng chỉ trao đổi thông tin với **tầng trình bày** (tầng 7). Thí dụ trong tầng này, máy in sẽ được xác định thuộc loại máy in PostScript hay một loại máy in nào khác.

Tầng phiên, **tầng chuyển vận** và **tầng mạng** (tầng 5, 4,3) điều chỉnh việc trao đổi dữ liệu thông qua một mạng lưới phức tạp chẳng hạn như mạng Internet. Nếu máy tính cá nhân chứa văn bản được viết thuộc mạng A trong khi máy in lại kết nối với mạng B thì ba tầng này bảo đảm dữ liệu được truyền trơn tru giữa các mạng khác nhau. Hơn nữa, các tầng này còn chia dữ liệu thành các gói nhỏ hơn để các tầng dưới có thể xử lý được (thí dụ tập tin 1MB được chia nhỏ ra để chuyển qua mạng internet).

Tầng liên kết (tầng 2) dữ liệu bảo đảm các gói dữ liệu được an toàn và điều chỉnh việc truy cập vào các phương tiện truyền dẫn, gọi là truy cập bus (Điều khiển truy cập bus).

Tầng vật lý (tầng 1) mô tả việc kết nối điện tử với các phương tiện truyền dẫn. Thí dụ trong tầng này các thông số điện tử của giao diện sẽ được xác định.

Một khi văn bản cần được in đã đi qua tất cả các tầng từ trên xuống dưới, nó sẽ được chuyển qua đường truyền. Máy in nhận được những tín hiệu và những dữ liệu nhận được lại truyền qua các tầng từ dưới lên trên trong máy in. Cuối cùng (ở tầng ứng dụng) là tài liệu sẽ được in ra.

Trong các hệ thống bus trường (cơ sở) thường chỉ có các tầng 1, 2 và 7 được sử dụng.

Điều này có nghĩa là, các hệ thống bus trường không quá phức tạp nên không cần một quản lý mạng (tầng 3-5). Cũng có nghĩa là, tầng ứng dụng phải trực tiếp trao đổi thông tin với tầng liên kết dữ liệu. Việc này được thực hiện qua một giao diện của tầng ứng dụng (ALI). Một vài hệ thống bus trường thậm chí bỏ luôn cả tầng 7 (thí dụ như Ethernet và CAN).

Ethernet chỉ sử dụng tầng 1 và 2 của mô hình tham chiếu ISO/OSI.

Thí dụ về ưu điểm của mô hình.

PROFIBUS hỗ trợ việc truyền dữ liệu qua cáp đồng (giao diện RS485) và cáp quang (LWL). Cả hai hệ thống đều dùng chung một cách thức truy cập các phương tiện truyền dẫn, có cấu trúc thông điệp khác nhau, chỉ khác nhau ở mô-đun kết nối.

Mạng Ethernet cũng vậy. Mạng này có thể kết nối bằng cáp hai dây xoắn, cáp đồng trục, cáp quang...

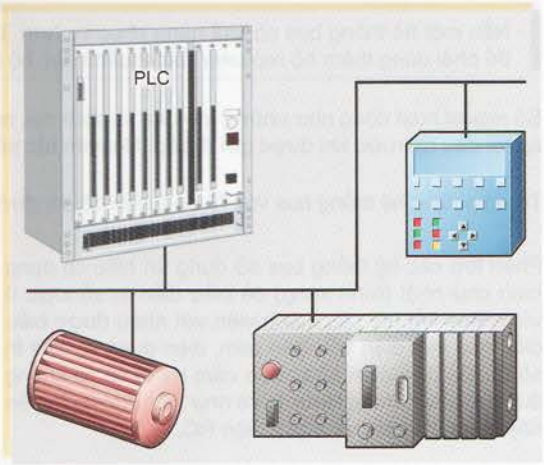
https://tieulun.hopto.org

12.2 Tô pô

Cách thức để các thành viên kết nối với nhau được gọi là tô pô (cấu trúc hình). Về cơ bản có 4 loại tô pô trong công nghệ hệ thống bus trường (cơ sở):

- Tô pô tuyến
- Tô pô cây
- Tô pô vòng
- Tô pô sao

Các Tô pô này sẽ được bàn sơ lược trong phần sau đây.

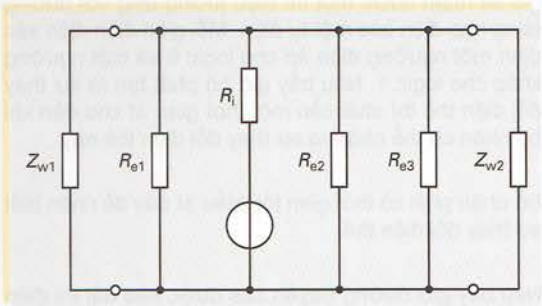


Hình 1: Tô pô tuyến

Trong **Tô pô tuyến** (**Hình 1**), tất cả những thành viên sẽ chia sẻ các phương tiện truyền dẫn. Thông thường, các thành viên được kết nối vào đường truyền chính qua những đường phân nhánh.

Mỗi thành viên đều có thể truyền dữ liệu đến tất cả các thành viên khác. Điều kiện tiên quyết là mỗi thành viên sở hữu một địa chỉ duy nhất và riêng biệt. Khi tham gia vào một hệ bus với cấu trúc này, mỗi địa chỉ không bao giờ được phép xuất hiện 2 lần. PROFIBUS và giao diện AS-i là những thí dụ cho các hệ bus sử dụng Tô pô tuyến. AS-i cũng có thể sử dụng các Tô pô khác.

Cần chú ý các điểm sau trong Tô pô tuyến.



Hình 2: Tính năng của bộ phát/nhận

Số lượng thành viên tham gia và có thể hoạt động ở một đường dây bus (phân đoạn) là có giới hạn. Thông thường tối đa 32 thành viên có thể hoạt động trong một phân đoạn. Đây là kết quả truyền vật lý của giao diện RS485.

Trên nguyên tắc, bộ phát tin không gì khác hơn là một nguồn điện áp với một điện trở nội được xác định trước. Vì không rõ thành viên nào sẽ nhận dữ liệu nên tất cả các thành viên phải cùng tiếp nhận dữ liệu truyền. Đây là một gánh nặng cho nguồn.

Thêm vào đó, trong hệ thống bus với Tô pô tuyến, ngoại trừ giao diện AS-i, hai đầu dây đều phải được trang bị một điện trở cuối (Z_w trong **Hình 2**).

> Trong Tô pô tuyến với cáp phân nhánh, điện trở cuối được nối ở hai đầu của đường truyền chính. Đường phân nhánh không bao giờ được kết nối với điện trở cuối.

Điện trở cuối ở bus làm tăng sức tải cho nguồn. Quan sát giao diện RS485, công suất tốt nhất khi có tối đa 32 thành viên. Nếu có nhiều hơn 32 thành viên được kết nối, các điều sau đây có thể xảy ra:

Khi bộ phát và bộ nhận ở xa nhau, điện áp đầu ra của bộ phát sẽ giảm vì nguồn tải cao. Hơn nữa, mức độ sụt điện áp trên đường truyền cũng sẽ tăng cho thành viên ở xa nhất, điều này có thể dẫn đến độ sụt điện áp ở ngõ vào cho thành viên quá xa sẽ nhỏ nên tín hiệu ngõ vào sẽ không nhận được. Và như vậy, truyền thông sẽ gián đoạn.

https://tieulun.hopto.org

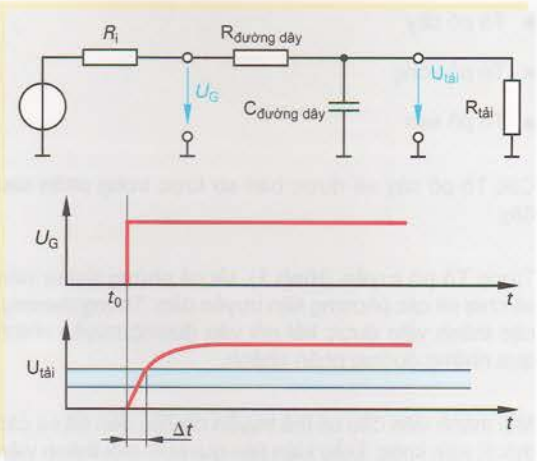
Nếu một hệ thống bus có khả năng phục vụ hơn 32 thành viên, và nếu có hơn 32 thành viên hoạt động, thì phải dùng thêm bộ repeater (bộ khuếch đại, bộ lặp).

Bộ repeat hoạt động như những mô-đun khuếch đại, nghĩa là khi nhận tín hiệu vào sẽ khuếch đại và tách ly điện áp tại đầu ra trước khi được gửi đi tiếp. Nguyên tắc này có giá trị cho cả hai chiều.

Trong những hệ thống bus với Tô pô tuyến độ dài đường truyền ảnh hưởng đến tốc độ truyền tải.

Phần lớn các hệ thống bus sử dụng tín hiệu có dạng hình chữ nhật (hình xung) để biểu diễn trị số logic 0 và 1. Bus kết nối các thành viên với nhau được biểu diễn qua một điện trở, điện cảm, điện dung và một trị số rò. Để đơn giản hóa, điện cảm và trị số rò không được thể hiện trong **Hình 1**. Và như vậy, đường truyền này chính là một một mạch điện RC.

Khi bộ phát tạo ra một tín hiệu thay đổi từ logic 0 ra logic 1, nghĩa là phát một tín hiệu điện áp hình chữ nhật (ND: tín hiệu bước nhảy), các thành viên tham gia sẽ nhận được một tín hiệu tương ứng với đường cong nạp điện của một tụ điện. Mỗi giao diện điện xác định một ngưỡng điện áp cho logic 0 và một ngưỡng khác cho logic 1. Nếu bây giờ bộ phát tạo ra sự thay đổi điện thế thì phải cần một thời gian Δt cho đến khi bộ nhận có thể nhận ra sự thay đổi điện thế này.



Hình 1: Sự liên quan tốc độ truyền và độ dài đường truyền

Bộ nhận phải có thời gian tối thiểu Δt này để nhận biết sự thay đổi điện thế.

Nếu bây giờ đường truyền bus được kéo dài thì điện trở và điện dung đường truyền sẽ tăng. Qua đó, đường cong biểu diễn sẽ ít cong hơn và bộ nhận sẽ mất nhiều thời gian hơn để nhận biết sự thay đổi điện thế. Điều này có nghĩa là tốc độ truyền sẽ bị chậm lại.

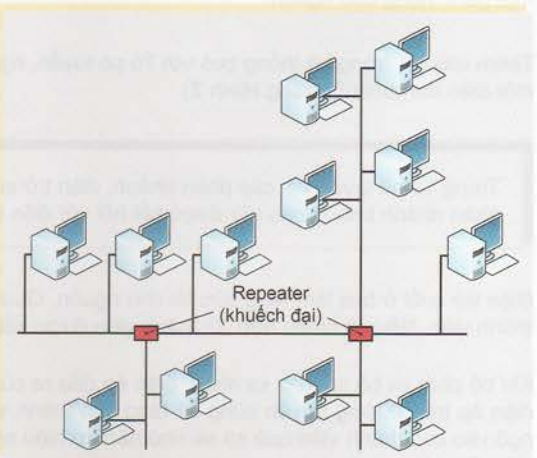
Đây là một tính năng điển hình cho Tô pô tuyến và được minh hoạ một lần nữa trong thí dụ với PROFIBUS. **Bảng 1** cho thấy sự liên quan giữa chiều dài đường truyền và tốc độ truyền tải ở PROFIBUS.

Bảng 1: PROFIBUS

Tốc độ truyền [kBit/s]	Độ dài tối đa cho mỗi phân đoạn cáp [m]
9,6 ... 93,75	1200
187,5	1000
500	400
1500	200
3000 ... 12000	100

Nếu các bộ repeater được sử dụng để truyền khoảng cách dài hơn thì mỗi phân đoạn đường truyền sẽ có được chiều dài tối đa phụ thuộc vào tốc độ chuyển tải.

Nếu bộ repeater không được đặt ở hai đầu của phân đoạn mà ở một nơi nào đó phía giữa, chúng ta sẽ có một **Tô pô cây** (**Hình 2**). Đây đơn thuần chỉ là một mở rộng của Tô pô tuyến.



Hình 2: Tô pô cây

Vì trong Tô pô tuyến tất cả các thành viên đều cùng sử dụng một phương tiện truyền dẫn nên cần phải xác định ở thời điểm nào thì thành viên nào được truyền dữ liệu. Cơ chế với quy định cụ thể này được gọi là **phương thức** truy cập Bus.

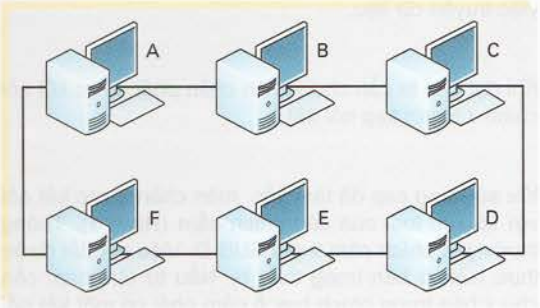
https://tieulun.hopto.org

Qua phương thức truy cập bus, hệ thống bus tất định là hệ thống bus có một thời gian chu trình tính toán được. Nhiều phương thức truy cập bus khác sẽ được giải thích ở phần tiếp theo.

Trang trước đã bàn về bộ repeater (khuếch đại, lặp lại, nhắc nhở). Việc các bộ repeater được kết nối ở hai đầu dây truyền tải sẽ tạo ra một phân đoạn mới. Mỗi phân đoạn có thể có độ dài tối đa cho phép. Điều này có nghĩa là bộ repeater không những chỉ được dùng để tăng số lượng thành viên mà còn để để truyền tải được xa hơn.

Bộ repeater (khuếch đại) còn được dùng để truyền tải được khoảng cách xa hơn.

Một dạng kế tiếp để các thành viên kết nối với nhau là **Tô pô vòng** (**Hình 1**).



Hình 1: Tô pô vòng

Đặc điểm của Tô pô vòng là luôn có kết nối điểm-với-điểm giữa hai thành viên. Khi một thông tin được chuyển từ thành viên A đến thành viên D, thành viên A sẽ chuyển thông tin đến thành viên B. Thành viên này nhận, khuếch đại và gửi tiếp đến C. Sau đó, thành viên C gửi đến người nhận thật sự. Để giữ an toàn dữ liệu, thành viên D sẽ chuyển thông tin trở lại máy phát A qua các thành viên E và F.

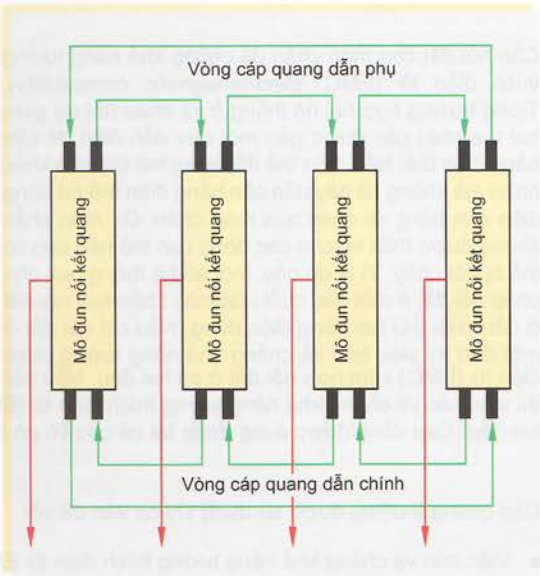
Bây giờ bộ gửi sẽ so sánh thông tin gửi đi với thông điệp nhận được. Nếu cả hai giống nhau thì bộ gửi có thể chắc chắn rằng thông tin đã được gửi đến thành viên D một cách chính xác.

Từ mô tả này ta có thể thấy rằng mỗi thành viên tham gia đều hoạt động như một bộ repeater. Một ưu điểm của Tô pô vòng là số thành viên tham gia về mặt lý thuyết là không bị giới hạn do đó mở rộng được mạng lưới.

Vấn đề ở đây là sai lầm ở các thành phần. Nếu trong **Hình 2, trang 558**, một thành viên tắt máy hay đường truyền bị ngắt, thì toàn bộ việc giao tiếp sẽ bị gián đoạn. Vì lý do này, hệ thống bus có Tô pô vòng thường được trang bị một vòng phụ. Có nghĩa là có hai đường truyền (nếu một trong hai đường bị hư thì hệ thống bus vẫn chạy được - ND).

Với hệ thống bus trường, Tô pô vòng thường được sử dụng khi kết hợp với cáp quang. Kỹ thuật kết nối điểm-với-điểm giữa các thành viên của vòng tương đối đơn giản.

Ngoài ra còn có Tô pô sao. Loại cấu trúc này hiện không được dùng ở hệ thống bus trường nên không bàn ở đây.

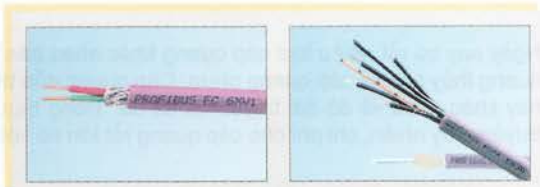


Hình 2: Vòng cáp quang phụ (dư)

12.3 Phương tiện truyền thông

Trong công nghệ bus trường có hai phương tiện truyền thông được dùng là (**Hình 3**):

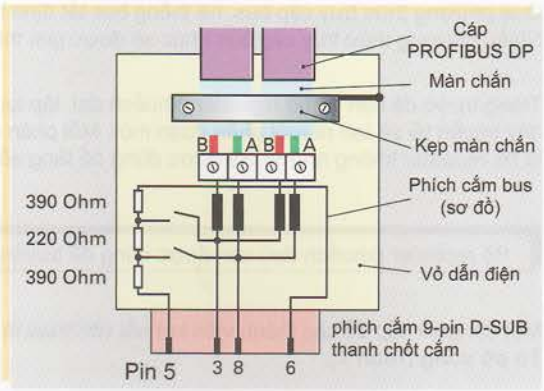
- Cáp đồng
- Cáp quang



Hình 3: Các loại dây truyền

https://tieulun.hopto.org

Cáp đồng thường gồm hai dây cáp xoắn, bên ngoài bọc chất cách điện. Tín hiệu dữ liệu được hiển thị là sự sai biệt điện áp giữa hai dây. Việc sử dụng các tín hiệu sai biệt điện áp và vỏ bọc dây cáp là để ngăn chặn nhiễu của các trường điện từ phát sinh từ việc truyền dữ liệu.

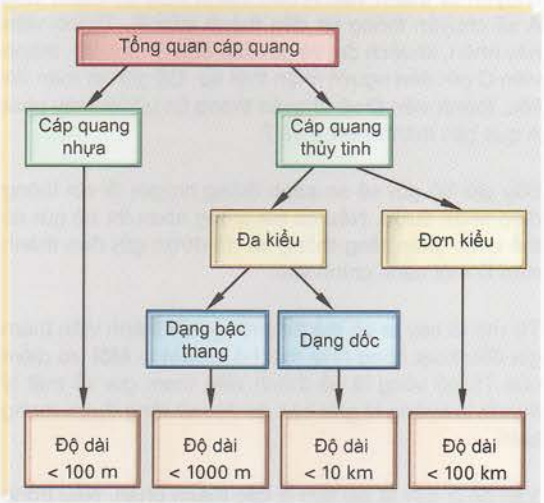


Hình 1: Phích cắm PROFIBUS-DP

Những nhiễu điện từ này thường do các đường dây điện cao áp, bộ chuyển đổi tần số, robot hàn, điện thoại di động... Cần chống nhiễu để không ảnh hưởng việc truyền dữ liệu.

Khi đặt cáp ta cần chú ý màn chắn phải được kết nối chính xác với kẹp nối đất.

Khi sử dụng cáp đã làm sẵn, màn chắn được kết nối với vỏ kim loại của các phích cắm (**Hình 1**). Thông thường là phích cắm 9-pin SUB-D. Việc nối đất được thực hiện ở bên trong thiết bị. Nếu tự làm cáp, cần chú ý bên trong phích hay ổ cắm phải có một kết nối từ màn chắn đến vỏ bọc của phích hay ổ cắm. Nếu chiều dài bóc vỏ đúng theo quy định của nhà sản xuất phích cắm thì việc nối đất hoàn toàn không có vấn đề.



Hình 2: Tổng quan cáp quang

Cần nối đất cho màn chắn để chống khả năng tương thích điện từ (EMC: electromagnetic compability). Trong trường hợp hai hệ thống ở xa nhau (thí dụ giữa hai tòa nhà) cần được gắn một dây dẫn điện để cân bằng điện thế. Nếu điện thế đất trong hai tòa nhà khác nhau mà không có dây dẫn cân bằng điện thế thì dòng điện cân bằng sẽ chạy qua màn chắn. Do màn chắn không được thiết kế cho các dòng cao thế nên cáp có thể bị đốt cháy. Vì lý do này, một số hệ thống bus cho phép nối đất ở một đầu cuối của màn chắn hay nối đất ở đầu cuối thứ hai bằng điện dung. Nếu chỉ nối đất ở một đầu thì việc bảo vệ chống khả năng tương thích điện từ (EMC) kém hơn nối đất ở cả hai đầu. Nếu nối đất ở một đầu và tại đầu thứ hai có nối đất với điện dung thì việc bảo vệ chống khả năng tương thích điện từ (EMC) tốt hơn nối đất một đầu nhưng kém hơn nối đất ở cả hai đầu. Cáp đồng được dùng trong tất cả các Tô pô (cấu trúc hình) trình bày ở đây.

Cáp quang thường được sử dụng khi có vấn đề với

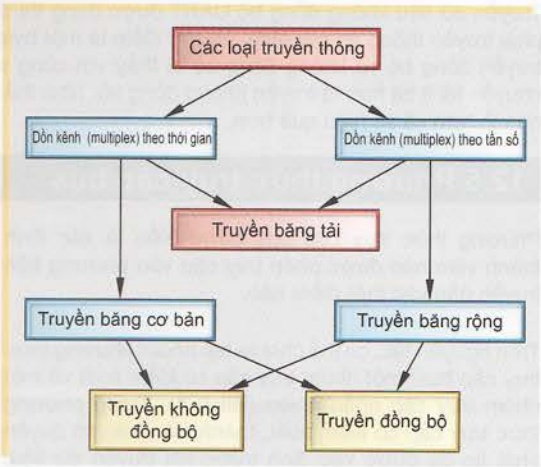
- Việc bảo vệ chống khả năng tương thích điện từ EMC
- Thay đổi điện thế trong trường hợp thiếu cân bằng điện thế
- Chiều dài cáp quá lớn

Ngày nay có rất nhiều loại cáp quang khác nhau bán trên thị trường (Hình 2). Cần phân biệt giữa hai loại cáp quang thủy tinh và cáp quang nhựa. Cáp quang dẫn thủy tinh có hai loại: đơn sợi và đa sợi. Các loại cáp quang này khác nhau về độ dài truyền tải tối đa. Trong thực tế, cáp quang dẫn không có những hạn chế về tốc độ truyền. Tuy nhiên, chi phí cho cáp quang rất lớn so với cáp đồng, nhất là khi khoảng cách cần dùng cáp quá xa.

https://tieulun.hopto.org

12.4 Phân loại truyền dẫn

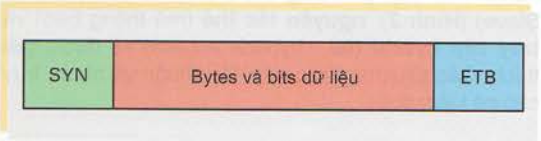
Trên nguyên tắc, có hai loại truyền dẫn: truyền băng (dải) cơ bản và truyền băng rộng (**Hình 1**).



Hình 1: Các loại truyền tin

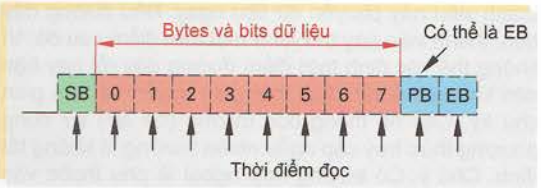
Truyền băng rộng có nghĩa là nhiều tín hiệu được truyền tải cùng một lúc qua một phương tiện truyền dẫn (thí dụ cáp đồng trục). Lãnh vực ứng dụng truyền băng rộng thông dụng nhất là truyền hình cáp và điện thoại. Trong lãnh vực hệ thống bus trường (cơ sở), truyền băng rộng không được sử dụng vì các thành phần tương đối phức tạp và tốn kém.

Truyền băng cơ bản có nghĩa là ở một thời điểm chỉ có một tín hiệu được truyền tải qua một phương tiện truyền dẫn. Như vậy, khi truyền một dữ liệu thì mọi thành viên khác không kết nối được với phương tiện truyền dẫn này.



Hình 2: Khung dấu hiệu truyền đồng bộ

Khi dùng truyền băng cơ bản, người ta có thể truyền dữ liệu đồng bộ (**Hình 2**) hoặc không đồng bộ (**Hình 3**). Đồng bộ trong bối cảnh này mang ý nghĩa là bộ phát và bộ nhận làm việc đồng bộ với nhau. Điều kiện tiên quyết là một tín hiệu đồng bộ (thông tin giữ nhịp) cùng được truyền đi. Để làm vậy cần "tích hợp" một thông tin giữ nhịp vào các tín hiệu dữ liệu. Hình thức truyền tin này được sử dụng trong PROFIBUS-PA.



Hình 3: Khung dấu hiệu truyền không đồng bộ (Đặc tính UART)

Ưu điểm của việc truyền dữ liệu đồng bộ là sau khi bộ phát và bộ nhận đã được đồng bộ hóa, số lượng byte được truyền đi không giới hạn và không cần thêm một sự đồng bộ hóa nào khác nữa.

Trong truyền dữ liệu không đồng bộ, thông tin giữ nhịp sẽ không có. Vì vậy, bộ phát và bộ nhận cần phải được tái đồng bộ định kỳ. Việc này được thực hiện qua một byte thông tin (8 bit) và được đóng khung bởi một bit bắt đầu (SB: Startbit), một bit kết thúc (EB: Endbit) và thường là thêm một bit chẵn lẻ (PB: Paritätsbit). Khung mang dấu hiệu này được gọi là đặc tính của UART (**U**niversal **A**synchrounous **R**eceiver **T**ranmitter).

Trạng thái tĩnh cho lối truyền dữ liệu không đồng bộ được xác định và tương ứng với một trạng thái logic (thí dụ logic 0). Bit bắt đầu trong thí dụ này luôn có trạng thái logic 1. Do đó luôn phát sinh một sườn (cạnh lên xuống của xung tín hiệu). Sườn này được phát hiện bởi bộ nhận và do đó nó nhận biết là có một byte mới vừa được chuyển dẫn.

Điều kiện tiên quyết cho việc truyền dữ liệu không đồng bộ là các bộ phát và nhận phải được hiệu chỉnh để có cùng tốc độ truyền (tốc độ theo baud, số bit mỗi giây). Qua đó, bộ nhận cũng biết được thời gian gọi là thời gian truyền 1 bit (= 1 / tốc độ truyền theo baud). Bộ nhận đọc (quét) bit bắt đầu (start bit) từ trung tâm bit. Khi dùng cách truyền không đồng UART, bộ nhận sẽ biết tiếp theo là 9 bit dữ liệu, cụ thể là 8 bit dữ liệu và 1 bit chẵn lẻ. Bit cuối cùng tức là bit kết thúc phải có trạng thái tĩnh tương ứng với logic 0 trên bus. Nếu đúng như vậy, bộ nhận đã nhận được một byte dữ liệu chính xác và sau một khoảng dừng ngắn, bộ nhận lại sẵn sàng tiếp nhận các byte dữ liệu kế tiếp.

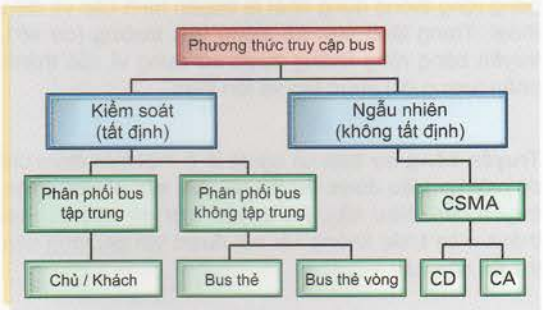
https://tieulun.hopto.org

Truyền dữ liệu không đồng bộ UART được dùng thí dụ như trong PROFIBUS-DP. Ưu điểm là người ta không phải truyền thông tin giữ nhịp, nhược điểm là một byte dữ liệu được truyền phải chứa đến 11 bit. So sánh việc truyền đồng bộ và không đồng bộ ta thấy với cùng số lượng byte phải chuyển, việc truyền đồng bộ sẽ phải chuyển tải ít bit hơn là truyền không đồng bộ. Như thế truyền dữ liệu đồng bộ với cùng tốc độ tính theo baud sẽ nhanh hơn và sẽ hiệu quả hơn.

12.5 Phương thức truy cập bus

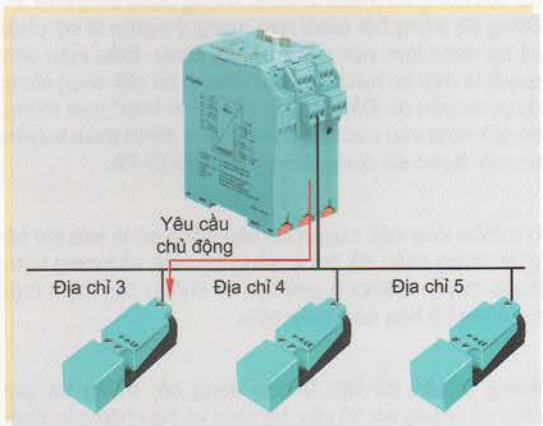
Phương thức truy cập bus được hiểu là xác định thành viên nào được phép truy cập vào phương tiện truyền dẫn vào thời điểm nào.

Trên nguyên tắc, có thể chia ra hai nhóm phương thức truy cập bus: một nhóm truy cập có kiểm soát và một nhóm truy cập ngẫu nhiên (**Hình 1**). Trong phương thức truy cập có kiểm soát, thành viên nào có quyền phát tin đã được xác định trước khi truyền dữ liệu. Tất cả những thành viên khác không có quyền phát tin đều phải nghe (theo dõi) việc truyền dữ liệu hiện hành. Sau đây, **phương thức chủ /khách** (Master/ Slave) (**Hình 2**), **nguyên tắc thẻ** (mã thông báo) và **truy cập hybrid (lai** - hybride access) sẽ được giải thích. Các phương thức này đều thuộc về nhóm truy cập có kiểm soát.



Hình 1: Tổng quan phương thức truy cập bus

Ở phương thức truy cập ngẫu nhiên, thành viên nào có nhu cầu phát tin phải theo dõi đường truyền dữ liệu. Nếu nó xác nhận đường dây rỗi (không bận) thành viên này chuyển dữ liệu ngay. Nếu đường dây bận, thành viên này thử lại ở một thời điểm sau đó. Vì không thể xác định thời điểm đường dây rỗi hay bận nên không thể xác định thời gian truyền và thời gian chu kỳ. Các hệ thống bus trường (cơ sở) sử dụng phương thức truy cập ngẫu nhiên thường là không tất định. Chú ý: Có trường hợp ngoại lệ phụ thuộc vào một số điều kiện nhất định.



Hình 2: Nguyên tắc chủ / khách (chủ động/thụ động)

Hệ thống bus sử dụng truy cập ngẫu nhiên là bus CAN và Ethernet. Các phương thức sử dụng ở đó mang tên CSMA/CA và CSMA/CD. CS ở đây là viết tắt của Carrier Sense (sự dò tìm chuyển tải) và MA cho Multiple Access (đa truy cập). Hai phương pháp này sẽ được giải thích chi tiết hơn ở phần sau.

12.5.1 Phương thức chủ / khách (chủ động / thụ động)

Trong phương thức này, một thành viên có nhiệm vụ điều khiển giao thông qua đường truyền. Thành viên này gọi là chủ. Thành viên chủ động này gửi một thông điệp yêu cầu, gọi là yêu cầu chủ động, đến chính xác một thành viên khách (thụ động). Trong yêu cầu chủ động này, thành viên chủ động cũng đồng thời chuyển tải dữ liệu đến thành viên thụ động. Chỉ có thành viên thụ động được chỉ định này mới trả lời yêu cầu chủ động qua đáp ứng thụ động. Trong thông điệp đáp ứng, những dữ liệu đòi hỏi từ thành viên chủ động sẽ được thành viên thụ động chuyển đi. Khi thành viên chủ động nhận được thông điệp đáp ứng, thành viên chủ động sẽ đòi hỏi dữ liệu từ các thành viên thụ động khác. Sau khi tất cả thành viên thụ động đã được truy vấn, thành viên chủ động sẽ bắt đầu lại từ đầu.

Điều kiện tiên quyết để phương thức này làm việc đúng là mỗi thành viên tham gia chỉ được sở hữu một địa chỉ duy nhất. Địa chỉ này phải được thông báo cho thành viên chủ động và các thành viên thụ động khác ngay khi cài đặt. Một ngoại lệ là hệ giao diện AS-i, ở đây thành viên chủ động không sở hữu một địa chỉ nào cả.

https://tieulun.hopto.org

Trong phương thức này, nhiều thành viên cùng sở hữu một địa chỉ trên đường dây là điều không thể xảy ra.

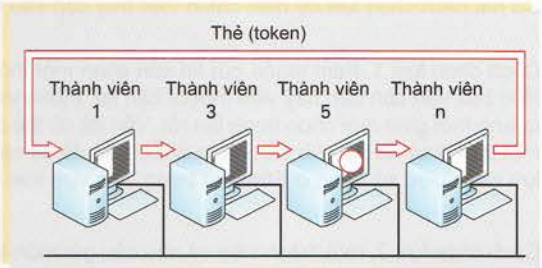
Vì đã biết trước số thành viên được bộ chủ (master) truy vấn, số lượng byte ở đầu ra và đầu vào mỗi bộ thụ động truyền, cũng như tốc độ truyền nên việc tính toán thời gian chu trình tương đối dễ dàng. Một hệ thống bus hoạt động theo phương thức chủ /khách thường là tất định (ở đây cũng có những ngoại lệ).

Một thành viên chủ động (master) phải có khả năng phát hiện một thành viên thụ động (slave) bị ngưng hoạt động (hư hỏng) và nếu đúng, thành viên chủ động phải thông báo việc này. Khi thành viên chủ động gửi một thông điệp đến một thành viên thụ động mà không nhận được trả lời hay chính xác hơn là không nhận được trả lời đúng thời hạn thì thành viên chủ động biết ngay là thành viên thụ động này đã ngưng hoạt động. Những hệ thống Hệ bus cơ sở (trường) sẽ không thông báo sự ngưng hoạt động ngay sau khi không nhận được trả lời cho thông điệp thứ nhất, mà sẽ thử lại nhiều lần liên tiếp (thí dụ giao diện AS-i sẽ thử 6 lần). Nếu lần nào thành viên thụ động này cũng trả lời không đúng hay hoàn toàn không trả lời, thành viên này sẽ bị loại ra khỏi vòng giao tiếp và sẽ được thông báo là có lỗi. Khi thành viên thụ động có lỗi được thay thế, việc này cũng sẽ được tự động nhận biết và thành viên chủ động cũng sẽ tự động đưa thành viên thụ động mới này trở lại vòng giao tiếp. Trong thực tế, việc này có nghĩa tối đa là chỉ có việc thiết lập địa chỉ là được làm ở thành viên thụ động, tất cả các việc khác sẽ được thực hiện bởi thành viên chủ động. Trong hệ giao diện AS-i, khi chỉ có một lỗi xảy ra trên Bus, ta không cần phải làm gì thêm. Thành viên chủ động sẽ tự động định địa chỉ thành viên thụ động mới thay.

12.5.2 Nguyên tắc thẻ (mã thông báo)

Thẻ hay mã thông báo (token) là một tin ngắn. Thành viên nào hiện đang có thẻ sẽ có quyền chuyển tải dữ liệu qua bus. Tất cả các thành viên khác là thụ động và nhận dữ liệu truyền đi. Sau một thời gian được xác định qua các tham số cài đặt, thành viên chủ động phải chuyển thẻ này cho thành viên kế tiếp. Áp dụng nguyên tắc này, một vòng logic sẽ được thiết lập (**Hình 1**).

Sự khác biệt đối với nguyên tắc chủ/khách (master/slave) là ở bus thẻ, tất cả các thành viên đều tham gia điều khiển sự truyền thông. Trong nguyên tắc chủ động/thụ động chỉ có thành viên chủ động là có quyền này. Vì lý do đó, một thành viên của bus thẻ khi đòi hỏi dữ liệu từ một thành viên khác sẽ không nhận trực tiếp câu trả lời như ở nguyên tắc chủ động/thụ động. Thành viên nhận yêu cầu cung cấp dữ liệu sẽ lưu giữ yêu cầu này và chỉ trả lời khi đã nhận được thẻ cho phép truyền dữ liệu.



Hình 1: Nguyên tắc thẻ

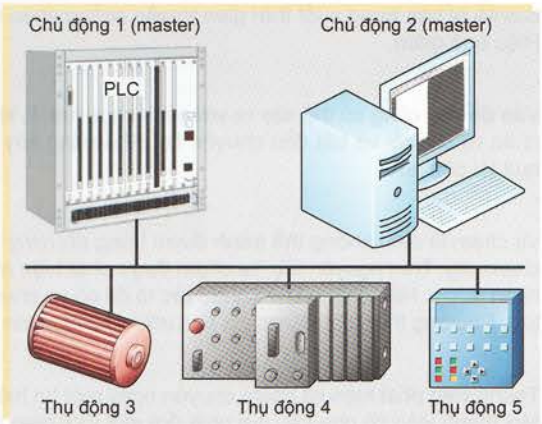
Hệ thống bus chỉ dùng nguyên tắc thẻ rất hiếm trong công nghiệp tự động hóa. Các hệ thống bus thường gặp dùng hỗn hợp hai nguyên tắc thẻ và chủ động/thụ động.

Hình thức hỗn hợp này gọi là phương thức truy cập hybrid (lai) (**Hình 2**).

Đây là một hệ thống bus có nhiều thành viên chủ động và thụ động kết nối với nhau.

Khi sở hữu thẻ, thành viên chủ động tiến hành ngay việc truyền dữ liệu đến các thành viên thụ động theo nguyên tắc chủ khách (chủ động/thụ động).

Khi chấm dứt việc trao đổi dữ liệu, thành viên chủ động gửi thẻ đến thành viên chủ động kế tiếp. Thành viên này lại giao tiếp theo nguyên tắc chủ động/thụ động với các thành viên thụ động.



Hình 2: Phương thức truy cập lai (hybrid)

https://tieulun.hopto.org

Phương thức này được dùng thí dụ như trong PROFIBUS. PROFIBUS dùng hai loại thành viên chủ động khác nhau: Chủ động lớp 1 và chủ động lớp 2. Trong tự động hóa quá trình, thành viên chủ động của hai lớp được dùng như sau:

Thành viên chủ động lớp 1 chịu trách nhiệm cho việc trao đổi dữ liệu đầu vào và đầu ra. Thành viên chủ động này thường được tích hợp vào hệ thống điều khiển. Trong **Hình 1**, trang 563, đây là chủ động 1. Thành viên chủ động lớp 2 có thể được dùng như trong các trường hợp hiển thị hay hiệu chỉnh phạm vi đo lường, các trị số giới hạn hoặc tương tự. Điều này được minh họa trong **Hình 1, trang 563**, qua chủ động 2.

Thông thường, các thành viên chủ động ngày nay rất thông minh và sẽ tự động nhận biết kết nối với một chủ động mới và cùng trao đổi với chủ động mới này để sắp xếp việc xử lý thẻ mà không cần sự can thiệp từ bên ngoài. Trong thực tế, thí dụ thiết bị để cập nhật hóa lập trình cầm tay có tích hợp chủ động 2 có thể kết nối với PROFIBUS bất cứ lúc nào và từ đó có thể thay đổi các tham số cài đặt ở các thành viên của PROFIBUS.

12.5.3 Phương thức CSMA

CSMA là viết tắt của *Carrier Sense Multiple Access* (dò tìm truyền tải tin đa truy cập). Ở đây thành viên có nhu cầu chuyển tin phải dò tìm truyền tải tin trên bus chung (*Carrier Sense*: dò tìm truyền tải tin) và lập tức chuyển tin ngay nếu bus rỗi. Nếu bus bị bận bởi một thành viên khác, thành viên muốn gửi phải tạm thời thu hồi nhu cầu chuyển tin và thử lại vào một thời điểm sau (*Multiple Access*: đa truy cập). Vì một thành viên chỉ truy cập đường truyền khi muốn chuyển tải dữ liệu nên không thể xác định trước thành viên nào sẽ chuyển tin. Do đó, đây là một phương thức truy cập bus ngẫu nhiên. Ngoài ra, vì không chắc chắn bus rỗi khi có nhu cầu gửi, nên cũng không thể bảo đảm thời gian tối đa cần thiết để truyền dữ liệu. Đây là một phương thức không xác định và do đó không tính được thời gian chu trình.

Có hai cách chọn lựa để điều chỉnh việc truy cập sau khi nỗ lực truyền tin không thành công:

Cách chọn lựa 1, trạm muốn gửi tin cần chọn một thời gian ngẫu nhiên để đợi và sau đó thử lại việc truy cập. Nếu bus vẫn còn bận hay vừa mới bị bận lại, thành viên này lại chọn một thời gian ngẫu nhiên, nhưng lớn hơn quãng thời gian mới chọn trong lần rồi. Vấn đề có thể phát sinh ở đây là thành viên muốn gửi tin sẽ phải chờ đợi một thời gian rất dài cho đến khi bus rỗi. Vấn đề sẽ càng lớn hơn khi bus càng bị quá tải nhiều hơn. Cách chọn lựa này được sử dụng ở Ethernet trong lãnh vực trao đổi thông tin văn phòng.

Cách chọn lựa 2, một thành viên có nhu cầu gửi luôn luôn nghe ngóng đường truyền và sẽ phát tin ngay lập tức khi sự truyền thông trước đó hoàn tất. Như vậy sẽ không tốn thời gian chờ đợi. Tuy nhiên có thể xảy ra trường hợp hai thành viên bắt đầu phát tin cùng một lúc, vì cả hai đều đã cùng thử trước đó để truy cập bus. Kết quả là có sự va chạm giữa hai dữ liệu và chúng sẽ phá hủy lẫn nhau. Nếu không có biện pháp bổ sung, sự cố này sẽ không được phát hiện cho đến khi thành viên nhận kiểm tra và phát hiện lỗi ở dữ liệu vừa nhận được. Qua đó, bus sẽ bị bận trong suốt thời gian truyền chồng chéo này và không còn được sử dụng cho các mục đích khác. Hiệu quả giảm.

Vấn đề này cũng có thể xảy ra với cách chọn lựa 1, khi hai thành viên hầu như đồng thời dò tìm chuyển tải tin, nhận ra bus rỗi và bắt đầu chuyển tin. Khả năng xảy ra va chạm ở cách chọn lựa này tỉ lệ thuận với mức độ quá tải của bus.

Va chạm là điều không thể tránh được trong phương thức CSMA. Vì vậy, cần phải nhận ra các trường hợp va chạm này. Trên nguyên tắc, va chạm được phát hiện như sau: Thành viên gửi so sánh dữ liệu phát đi với dữ liệu nhận được. Nếu chúng khác nhau tức là đã có va chạm xảy ra và việc chuyển tải trên bus phải ngưng ngay lập tức. Phương thức này được gọi là *Collision Detection* (phát hiện va chạm) hay ngắn gọn là CSMA/CD.

Thành viên phát hiện va chạm chuyển ngay một tín hiệu báo trở ngại ngắn (jam) đến tất cả các thành viên khác. Mọi thành viên có nhu cầu gửi phải đợi một thời gian rồi mới được thử truy cập trở lại.

https://tieulun.hopto.org

12.5.4 Phương thức CSMA/CA

Trong phương thức này, một thành viên có nhu cầu gửi cũng dò tìm chuyển tải tin như ở chế độ CSMA/CD và bắt đầu chuyển tải tin ngay khi bus rỗi. Nếu bus bận, việc chuyển tin phải được hoãn và chỉ bắt đầu phát tin lại ngay khi chấm dứt việc chuyển tin trước. Ở đây, việc dò tìm chuyển tải tin phải được liên tục theo dõi. Nếu hai thành viên bắt đầu chuyển tin cùng một lúc, thứ tự ưu tiên phải được xác định trước và thành viên có ưu tiên thấp hơn tự động rút lui. Có nghĩa là thành viên này phải ngưng việc chuyển tải tin ngay vì đầu kia sẽ không nhận được dữ liệu của mình đã gửi. Qua đó, sẽ tránh được việc va chạm (Collision Avoidance, CA: Tránh va chạm).

Một thông điệp luôn bắt đầu với ký hiệu nhận biết bắt đầu chuyển tin. Vì tất cả các thành viên có nhu cầu gửi đều dùng thông tin bắt đầu chuyển giống nhau nên việc hai dữ liệu được chuyển cùng lúc sẽ không gây ảnh hưởng lên nhau. Sau thông tin này là địa chỉ của thành viên gửi, gọi là *danh tính*. Nếu chúng ta định nghĩa một tình trạng logic là "trội", thí dụ như "0", và các tình trạng khác là "chìm" thì thành viên với địa chỉ nhỏ sẽ chiếm ưu thế. Thành viên với địa chỉ lớn hơn phải ngưng việc truyền dữ liệu của mình và thử chuyển lại ngay khi việc truyền dữ liệu hiện tại hoàn tất.

Điều kiện tiên quyết cho hoạt động của phương thức này là tất cả các thành viên cùng quét bit giống nhau vào cùng một thời điểm. Thời gian truyền tín hiệu trên đường dây không ảnh hưởng.

Dựa theo sự phác thảo cơ bản thì phương thức này là không xác định. Tuy nhiên, phụ thuộc vào phần mềm sử dụng, một hệ thống bus dựa trên CSMA/CA có thể có tính năng xác định. Một thí dụ cho trường hợp này là DeviceNet dựa trên CAN. CAN hoạt động theo phương thức CSMA/CA; DeviceNet dùng chip CAN là chip truyền thông. Trong DeviceNet, người ta có thể chọn một bộ phận gọi là "thăm dò đầu ra/vào" (Poll I/O modus) để được đảm bảo thời gian chu trình tối đa tính toán được.

12.6 Bảo đảm dữ liệu

Bảo đảm việc truyền dữ liệu quá trình là vô cùng quan trọng trong kỹ thuật tự động hóa. Tuy nhiên, trong môi trường công nghiệp, dữ liệu có thể bị sai sót do nhiễu EMC (tính tương thích điện từ) hay nguyên nhân tương tự. Để nhận ra những thông điệp sai sót này, nhiều cơ chế bảo đảm dữ liệu được sử dụng. Những cơ chế này chỉ dùng để phát hiện lỗi chứ không phải để sửa chữa chúng. Sẽ đơn giản hơn, nhanh hơn và ít tốn kém hơn khi ta bỏ được một thông điệp có lỗi và yêu cầu gởi lại dữ liệu này một lần nữa.

Byte dữ liệu								PB
1	0	0	1	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0	0

* PB: Bit chẵn lẻ

Hình 1: Bảo đảm khối

Để phát hiện các thông điệp có lỗi như vậy, về cơ bản có ba cách:

- Giám sát tín hiệu (thí dụ như được sử dụng trong AS-i)
- Bảo đảm khối (thí dụ như được sử dụng trong PROFIBUS-DP)
- Phương thức kiểm tra dư thừa chu kỳ (Cyclic Redundancy Check), viết tắt CRC (thí dụ như được sử dụng trong INTERBUS)

Cách thứ nhất đã được nói đến trong chương về giao diện AS-i.

Bảo đảm khối có nghĩa là mỗi byte dữ liệu được bảo đảm bằng một bit chẵn lẻ. Thí dụ người ta ấn định tổng của tất cả các logic "1" phải chẵn (xem Truyền tin không đồng bộ).

Điều này có nghĩa là nếu trong một byte dữ liệu có một số lượng bit chẵn "1" hiện diện thì bit chẵn lẻ phải có trị số "0" và nếu số lượng là bit lẻ thì bit chẵn lẻ phải là "1". Với cơ chế đơn giản này, người ta có thể xác định đúng 100% một bit có lỗi.

Tuy nhiên, nếu lỗi xảy ra ở hai bit thì ta lại không thể phát hiện lỗi được. Đơn vị đo lường để hiển thị mối quan hệ này được gọi là **khoảng cách Hamming** (HD). Khoảng cách Hamming được định nghĩa là số lượng 100% lỗi phát hiện cộng với 1. Với bit chẵn lẻ khoảng cách Hamming đạt được là 2.

https://tieulun.hopto.org

Nếu việc kiểm tra này không chỉ được thực hiện theo dòng mà còn theo cột thì người ta gọi là bảo đảm khối. Trong **Hình 1, trang 565**, dòng cuối cùng là từ bảo đảm. Cơ chế được sử dụng thí dụ như trong PROFIBUS. Qua bảo đảm khối, khoảng cách Hamming đạt được là 4. Như vậy, sai sót lên đến 3 bit trong một thông điệp sẽ được phát hiện chắc chắn 100%.

Kiểm tra CRC

Trong cơ chế này, thông điệp truyền đi được diễn giải là một con số. Số này được chia cho một số khác gọi là số đa thức và đã được xác định từ trước. Khi chia sẽ có phần dư. Thí dụ 14: 3 = 4 dư 2. Phần dư này được đưa vào ở cuối thông điệp. Sau khi có được cả hai trị số, thành viên nhận lấy trị số của thông điệp trừ cho trị số phần dư (được chuyển theo với ý nghĩa từ bảo đảm). Trong thí dụ trên là 14 – 2 = 12. Số thành này được chia cho số đa thức trên. Phần dư phải là 0, trong thí dụ: 12: 3 = 4 dư 0.

Với những kiểm tra CRC như vậy và tuỳ thuộc vào số đa thức người ta có thể đạt được khoảng cách Hamming 4 hay 6. Các chip thực hiện cơ chế này đều có bán sẵn.

12.7 Giao diện AS

Cũng như InterBus, PROFIBUS, CAN và nhiều hệ bus khác, giao diện AS là một hệ thống bus mở. Điều này có nghĩa là ta có thể dùng những sản phẩm AS-II từ nhiều nhà cung ứng, chứ không chỉ từ một. Hơn nữa, ta còn được bảo đảm là hệ thống bus cũng vận hành hoàn hảo ngay cả khi dùng sản phẩm của nhiều nhà cung ứng khác nhau trên cùng một hệ bus (khả năng liên vận hành, interoperability). Khi một sản phẩm được thay bằng một sản phẩm cùng loại của một nhà cung ứng khác thì sản phẩm khác này cũng phải chạy tốt (khả năng hoán đổi, interchangeability).

12.7.1 Nguyên tác vận hành của giao diện AS

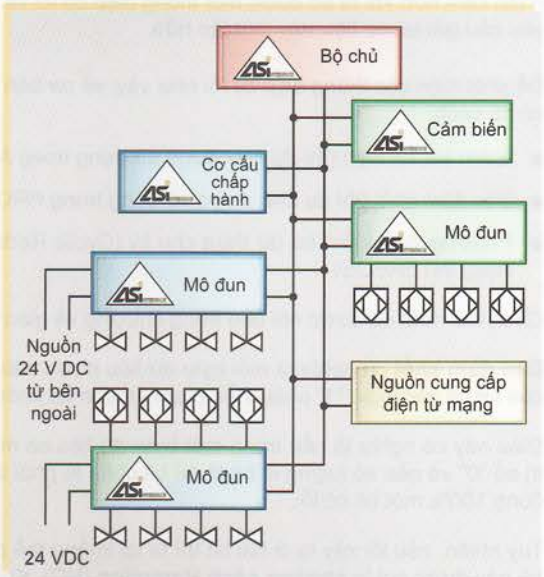
Giao diện AS là một hệ thống chủ yếu được phát triển cho những thiết bị truyền một dung lượng dữ kiện rất nhỏ. Trong đó phải kể như các bộ khởi tạo, công tắc và van. Tuy vậy những trị số analog vẫn có thể truyền tải được.

Giao diện AS là một hệ thống chủ/khách (Master/Slave). Một bộ chủ *(thành viên chủ động)*, nếu vận hành theo đặc tả (*mô tả đặc tính kỹ thuật*) 2.0 hay thấp hơn, có thể quản lý tối đa 31 bộ khách (*thành viên thụ động*). Đặc tả giao diện AS 2.11 cũng như 3.0 hiện hành sẽ được bàn đến trong mỗi một chương riêng.

Mỗi một bộ khách trong 31 bộ khách cung ứng đúng 4 bit dữ kiện để sử dụng.

Giao diện AS còn có những bộ gọi là những bộ khách thông minh. Chúng là những mô đun cảm biến hay những cơ cấu bộ chấp hành có tích hợp giao diện AS-i. Mô đun tạo thành giao diện giữa hệ AS-i và những cảm biến chuẩn cũng như những bộ chấp hành chuẩn (**Hình 1**).

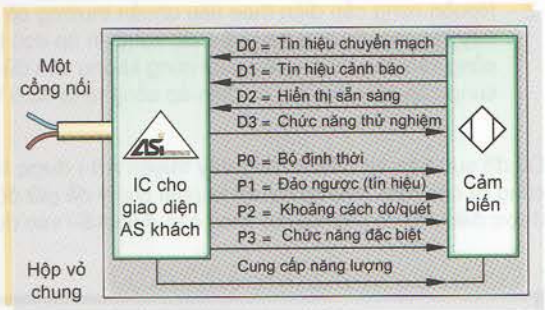
Chúng ta hãy quan sát một bộ giao diện cảm biến AS-i. Bộ này cung ứng đúng 4 bit dữ liệu. Trong đó thí dụ xác nhận bit có trị thấp nhất (LSB) D0 luôn luôn là tín hiệu chuyển mạch. Bit dữ liệu D1 luôn được sử dụng làm tín hiệu cảnh báo, khi bộ giao diện này tích hợp với cảm biến. Tín hiệu cảnh báo này có thể để hiển thị trước khi ngưng máy.



Hình 1: Cấu trúc giao diện AS

https://tieulun.hopto.org

Điều này có nghĩa là cảm biến sẽ gửi một cảnh báo trước khi bị ngưng chạy. Trường hợp này rất có ích cho những cảm biến quang điện báo hiệu quang kính bị bẩn hay những cảm biến cảm ứng báo lỗi sai điều chỉnh. Nhờ đó một sự cố có thể được sửa chữa trước khi bộ cảm biến ngưng khiến cả dàn máy ngưng hoạt động. Bit dữ liệu D2 dùng để hiển thị trạng thái sẵn sàng nếu chức năng này được bộ cảm biến hỗ trợ. Nếu cuộn cảm trong một bộ cảm biến cảm ứng bị gián đoạn, bộ cảm biến này vẫn có một trạng thái mở đầu được định rõ (công tắc mở hay đóng). Tuy nhiên ta chưa biết được trạng thái hiện tại này là tương ứng với tình trạng ứng dụng hay chỉ do lỗi gây ra (lỗi ở đây là cuộn cảm bị gián đoạn). Qua bit dữ liệu D2 ta có thể truy vấn biết được tín hiệu này là một trạng thái của quá trình hay chỉ từ một lỗi. Bit dữ liệu D3 là yêu cầu tự trình thử nghiệm.



Hình 1: Profin của bộ cảm biến AS-i

Bên cạnh 4 bit dữ liệu bộ khách AS-i còn hỗ trợ 4 bit thông số. Tại các cảm biến, bit thông số P1 luôn chỉ sự chuyển đổi tính năng giữa công tắc thường mở hay thường đóng. 3 bit thông số còn lại có thể dùng cho nhiều chức năng khác nhau tùy thuộc vào loại của bộ cảm biến và lĩnh vực ứng dụng.

Những bộ chấp hành có chip AS-i tích hợp đều vận hành theo cùng nguyên tắc trên.

Nếu chỉ lắp những bộ phận có AS-i thông minh theo đặc tả 2.0 hay thấp hơn, ta có thể cho 31 bộ khách vận hành với một bộ chủ. Có nghĩa là ta có thể có được 31 tín hiệu chuyển mạch, 31 tín hiệu báo động v.v. được truyền trên dây AS-i. Như thế tiềm năng tiết kiệm về phần cứng có thể được xếp vào loại nhỏ. Thí dụ: Nếu bộ chủ vận hành trực tiếp trong PLC dưới dạng một bảng mạch cắm thì qua một bộ chủ này ta tiết kiệm được 4 bảng mạch cổng vào hay 4 bảng mạch cổng ra hoặc một hỗn hợp của cả hai. Đây cũng là lý do mà trên thực tế những bộ được gọi là mô đun AS-i thường được dùng. Đó là những thiết bị cung cấp giao diện giữa một bộ cảm biến chuẩn cũng như một bộ chấp hành chuẩn và đường dây truyền tải AS-i (**Hình 1, trang 566**).

Bộ khách AS-i cũng được tích hợp vào mô đun và chỉ có mô đun mới cần một địa chỉ. Như thế ở bước đầu một mô đun cung ứng đúng 4 bit dữ liệu. Tuy nhiên 4 bit này bây giờ chỉ có thể được dùng cho tín hiệu, thí dụ qua đó 4 bộ cảm biến chuẩn có thể gắn ở một mô đun cổng vào. Trong trường hợp này, người ta gọi đó là mô đun cổng vào 4E. Trong **Hình 1, trang 566** những mô đun cổng vào được đánh dấu màu xanh lục. Nguyên tắc này cũng được dùng cho những cổng ra. Tương tự, ta gọi là mô đun cổng ra 4A. Ngoài ra cũng có những mô đun dạng hỗn hợp, thí dụ mô đun 2EA với 2 cổng vào và 2 cổng ra.

Vì giao diện AS-i là một hệ thống chủ/khách (Master/Slave) nên ta có thể phát ra dữ liệu theo yêu cầu gửi đi từ bộ chủ đến một bộ khách nhất định, cũng như kèm dữ liệu vào trong thông báo trả lời từ bộ khách. Như thế có tới 4 bit dữ liệu vào và 4 bit dữ liệu ra có thể truyền được với một mô đun và chỉ dùng một địa chỉ AS-i. Trong trường hợp này, người ta gọi là mô đun cổng vào ra 4EA.

Nếu một thiết bị được vận hành chỉ với những mô đun AS-i, người ta có thể quản lý 4 x 31 = 124 bit dữ liệu vào và 4 x 31 = 124 bit dữ liệu ra với chỉ một bộ chủ AS-i. Điều này có nghĩa hệ giao diện AS-i được mở rộng tối đa mà đặc tả 2.0 hay thấp hơn cho phép.

Dữ liệu và việc cung cấp năng lượng sẽ được truyền tải cùng lúc trên đường dây điện hai sợi. Chính vì thế như **Hình 1, trang 566** trình bày, một nguồn cung cấp được gắn vào đường dây truyền tải. Đó là một nguồn cung cấp đặc biệt.

Có hai lý do tại sao ta dùng một nguồn cung cấp đặc biệt ở đây:

1. Để có thể truyền tải năng lượng và dữ liệu cùng một lúc, năng lượng cần được cung cấp qua một điện áp một chiều DC. Điện áp một chiều DC này được chồng lên một tín hiệu điện áp xoay chiều AC. Chính điện áp xoay chiều này biểu diễn tín hiệu các dữ liệu. Nếu ta dùng bộ cung cấp năng lượng thường dùng thì những tín hiệu chứa trong điện áp xoay chiều sẽ bị "điều chỉnh mất đi". Điều này hoàn toàn không được xảy ra trong giao diện AS-i. Để tránh việc này người ta tích hợp một mạch tách ly điện áp đặc biệt vào trong nguồn cung cấp điện AS-i.

https://tieulun.hopto.org

2 Nguồn cung cấp điện theo tiêu chuẩn thường có điện áp cổng ra là 24 VDC. Nếu ta gắn nguồn cung cấp này vào một đường dây AS-i, độ sụt điện áp dọc theo đường dây AS-i sẽ trở nên lớn quá và khiến điện áp cổng vào cho thành viên cuối cùng không còn đủ mạnh nữa. Để bù đắp cho độ sụt điện áp, những nguồn cung cấp AS-i thường có điện áp cổng ra là 30,5 VDC.

Dù độ sụt điện áp trên đường dây truyền AS-i được bù đắp đến một khoảng nào đó bằng cách dùng điện áp cổng ra cao hơn, nhưng người ta phải chú ý để giữ độ sụt này nhỏ hết sức có thể. Cách đơn giản nhất để đạt được điều này là gắn nguồn cung cấp điện AS-i vào đường dây truyền tải ở nơi có độ tiêu thụ điện cao nhất.

Một nguồn cung cấp điện AS-i có thể được gắn ở bất cứ chỗ nào trên đường dây truyền AS-i. Tuy nhiên ta nên tìm cách gắn nó vào nơi có độ tiêu thụ điện lớn nhất trên đường dây AS-i.

Tuỳ theo từng loại thiết kế, những nguồn cung cấp điện AS-i cho ra một dòng điện từ 2A đến 8A. Trong trường hợp rất đặc biệt, nếu ta cho 124 cơ cấu chấp hành trong những mô đun chạy trên một nhánh AS-i thì 8A cũng không đủ để cung cấp điện cho tất cả các cơ cấu chấp hành trên. Vì thế các bộ chấp hành này được cung cấp điện riêng. Những nguồn cung cấp 24 VDC riêng này được gắn vào một mô đun với những cổng ra. Riêng mô đun thì được cung cấp điện từ AS-i và chuyển mạch những nguồn cung cấp điện riêng vào những cơ cấu chấp hành. Kỹ thuật nối dây điện sẽ được trình bày sau.

Không thể gắn 2 nguồn cung cấp AS-i vào một đường dây truyền AS-i

Giao diện AS-i có thể vận hành không cần có những điện trở cuối bus. Trong trường hợp này, đường dây được phép dài tối đa 100m. Cách sắp đặt Tô pô cũng tương đối bất kỳ. Tuy vậy cũng nên tránh cách sắp đặt theo hình vòng.

Giao diện AS-i cũng có thể vận hành với một điện trở cuối bus. Trong giao diện AS-i, điện trở này được gọi là linh kiện giảm rung (giảm dao động, giảm chấn). Linh kiện giảm rung được gắn càng xa nguồn cung cấp điện AS-i càng tốt. Giao diện AS-i phân biệt giữa:

- Linh kiện giảm rung thụ động. Độ dài của đường dây điện ở đây có thể tới 200m.
- Linh kiện giảm rung chủ động. Độ dài của đường dây điện ở đây có thể tới 300m.

Chỉ được gắn vào giao diện AS-i tối đa một điện trở. Điện trở này được gắn càng xa nguồn cung cấp cho giao diện AS-i càng tốt.

Nhờ cách xếp đặt tương đối tự do ta có thể gắn đường dây phân nhánh ở những nơi cần thiết. Khi lắp đặt một thiết bị AS-i cần chú ý để tổng số tất cả đường dây truyền tải của AS-i không quá 100m. Độ dài của đường dây giữa một mô đun và một bộ cảm biến hay bộ chấp hành chuẩn không tính vào đó.

Độ dài của đường dây có thể tăng lên khi dùng thêm bộ repeat (khuếch đại). Tuy nhiên với mỗi bộ khuếch đại ta lại cần thêm một nguồn cung cấp điện cho AS-i. AS-i cho phép gắn 2 bộ khuếch đại nối tiếp. Một cách giải quyết khác sẽ được giải thích sau.

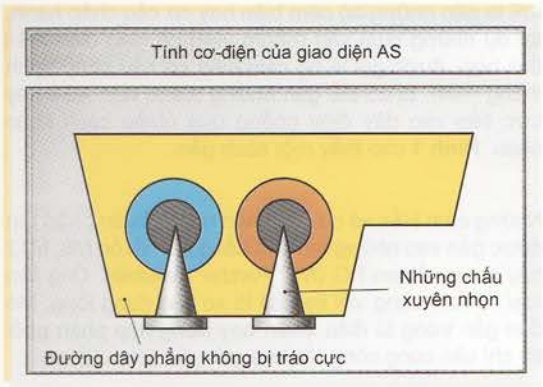
12.7.2 Cách đặt cáp trong giao diện AS

Khả năng lớn nhất của giao diện AS là kỹ thuật nối dây điện. Người ta có thể dùng đường dây trần gồm 2 dây cuốn xoắn để làm đường dây truyền tải. Tuy nhiên, tốt nhất là sử dụng dây điện phẳng tiêu biểu cho AS-i.

https://tieulun.hopto.org

Lợi điểm của dây điện phẳng là không cần những việc như bóc vỏ cách điện, gắn bọc đầu dây điện v.v... Trong dây điện phẳng có 2 dây điện không xoắn quanh nhau với prôfin được mô tả rõ ràng trong đặc tả cho AS-i.

Đường dây AS-i được đặt nằm trong một rãnh chứa dây điện chung **(Hình 1)**. Profin đảm bảo không xảy ra tráo cực. Trong những mô đun, rãnh chứa dây điện chung này có thể được gắn tại phần dưới mô đun. Khi vặn chặt phần trên mô đun vào phần dưới bằng vít thì rãnh chứa dây điện chung với dây cáp bị ép xuống phía dưới và được giữ chặt trong vị trí mới này. Nhờ được ép xuống phía dưới những chấu nhọn xuyên qua vỏ bọc của dây điện phẳng và tự động tạo nên công tắc với sợi dây điện trong đường dây điện phẳng.

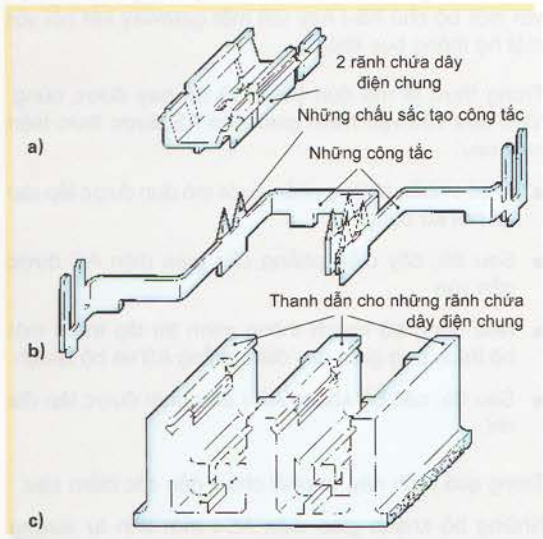


Hình 1: Cấu trúc cơ điện của giao diện AS

Nguyên tắc được mô tả trong giao diện AS này được gọi là giao diện cơ-điện, gọi tắt là EMS. Thường thì đường dây AS-i màu vàng. Giao diện EMS này có thể được dùng như một bộ phân phối vì nó có hai chấu nối AS-i.

Nguyên tắc trên với kỹ thuật nối xuyên cũng được áp dụng cho bộ cung cấp 24 VDC riêng. Đường dây cung cấp màu đen. Giao diện cho phép gắn thêm bộ cung cấp 24 VDC được gọi là giao diện cơ-điện mở rộng, gọi tắt là EEMS.

Một đặc điểm nữa của đường dây điện phẳng được gọi là tính tự chữa. Khi công tắc tạo trên giao diện EMS được mở ra lại thì chỗ này của vỏ cách điện màu vàng/đen sẽ tự động đóng lại. Sau khi mở chỗ nối thì chỗ công tắc cũ này ít nhất vẫn đáp ứng được cấp hạng bảo vệ IP65, có nghĩa là được bảo vệ tránh bụi và nước bắn (xem tiểu mục 9.4.3.2 các loại bảo vệ theo DIN VDE 4070 - Bảng 2).



Hình 2: Giao diện EMS

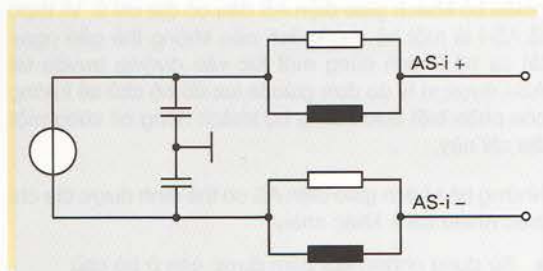
Trong **Hình 1** ta thấy mỗi dây điện của đường dây AS-i được đánh dấu bằng một màu. Màu nâu dành cho AS-i$^+$, màu xanh dùng cho AS-i$^-$.

Hình 3 cho thấy mạch điện tương đương của mạch tách ly điện áp được tích hợp vào nguồn cung cấp AS-i.

Quan sát kỹ hơn ta sẽ thấy tín hiệu dữ liệu được tạo ra tại cuộn cảm của mạch khử ghép. Một bộ phát AS-i nâng dòng điện trên dây điện AS-i lên cũng như giảm nó xuống. Vì thế trên cuốn cảm của mạch tách ly phát sinh tín hiệu điện áp tiêu biểu cho AS-i ($u_L = -L \cdot \Delta i / \Delta t$).

Nếu gắn dây AS-i$^-$ (dây điện màu xanh) với dây đất, thì nhánh dưới của mạch tách ly bị ngắn mạch. Do đó, điều có thể xảy là việc truyền tin bị gián đoạn.

Đường dây AS-i không được phép gắn với một điện thế đất bên ngoài.



Hình 3: Mạch tách ly mạng

12

https://tieulun.hopto.org

Khi ta gắn những bộ cảm biến hay cơ cấu chấp hành, thí dụ những cụm van (nhóm van) có giao diện AS-i tích hợp, được gọi là bộ cảm biến cơ cấu chấp hành thông minh, ta có thể gắn những thành viên AS-i này trực tiếp vào dây điện phẳng qua nhiều cách khác nhau. **Hình 1** cho thấy một cách gắn.

Những cảm biến và cơ cấu chấp hành chuẩn phần lớn được gắn vào những mô đun bằng kết nối ốc M8, M12 hay ghép nối ren PG (*ND: Panzer Gewinde: Ống kim loại có ren*) cùng với kẹp có lò xo kéo dạng lồng. Mô đun gắn trong tủ điều khiển hay trong hộp phân phối thì chỉ cần cùng công tắc kẹp giản dị.

Hình 1: Cổng nối của một thành viên AS-i thông minh

12.7.3 Đưa vào vận hành một hệ thống thiết bị giao diện AS

Khi đưa vào vận hành một hệ thống thiết bị giao diện AS ta không cần quan tâm đến việc nó phải làm việc với một bộ chủ AS-i hay với một gateway kết nối với một hệ thống bus khác.

Trong thực tế mô đun **(Hình 2)** rất hay được dùng. Việc đưa vào vận hành giao diện AS được thực hiện như sau:

- Trước nhất, những phần dưới mô đun được lắp ráp tại nơi sử dụng.
- Sau đó, dây diện phẳng của giao diện AS được gắn vào
- Nếu dùng bộ khách thông minh thì lắp thêm một bộ thích ứng giữa dây điện phẳng AS và bộ khách.
- Sau đó, các bộ khách AS-i đều phải được lập địa chỉ.

Hình 2: Tổng quan những dạng thiết kế của mô đun

Trong quá trình này, ta phải chú ý đến các điểm sau:

Những bộ khách giao diện AS-i mới tinh từ xưởng đã được lập địa chỉ trước là 0. Những sản phẩm với nhiều bộ khách AS-i tích hợp có thể là những trường hợp ngoại lệ (thí dụ cụm van với 8 đến 18 van, bộ phát trị số tuyệt đối). Trong trường hợp này, địa chỉ lập trước được lấy ra từ bản mô tả kỹ thuật.

Điều này có nghĩa là khi bắt đầu đưa vào vận hành, nhiều bộ khách giao diện AS đều có địa chỉ 0. Vì thực tế AS-i là một hệ chủ/khách nên không thể gắn ngay tất cả bộ khách cùng một lúc vào đường truyền tải AS-i được vì lý do đơn giản là lúc đó bộ chủ sẽ không còn phân biệt được từng bộ khách riêng có cùng một địa chỉ này.

Những bộ khách giao diện AS có thể định được địa chỉ theo nhiều cách khác nhau:

- Sử dụng những nút bấm được gắn ở bộ chủ

Hình 3: Thiết bị định địa chỉ giao diện AS

https://tieulun.hopto.org

- Sử dụng phần mềm cấu hình
- Sử dụng một thiết bị thiết lập địa chỉ **(Hình 3, trang 570)**

Trong hai cách đầu tiên, một bộ khách với địa chỉ 0 được gắn vào đường dây AS-i. Tiếp đó, địa chỉ này được đổi bằng nút bấm tại bộ chủ hay bằng phần mềm cấu hình. Sau đó, bộ khách AS-i với địa chỉ 0 kế tiếp mới được gắn vào đường dây truyền tải. Phương thức này trên thực tế rất là nhiêu khê và thường không được sử dụng.

Một số phần mềm cấu hình hỗ trợ công việc gọi là bộ trợ lý lập địa chỉ. Trước đó, cấu hình AS-i phải được tạo ra trong phần mềm và được lưu trữ. Sau đó cấu hình này được phần mềm tải về bộ chủ. Tiếp đó, bộ trợ lý lập địa chỉ được khởi động. Thường thì những bộ khách với địa chỉ 0 được gắn vào đường dây AS-i liên tiếp nhau, bắt đầu từ địa chỉ thấp nhất đã cho trước. Khi bộ trợ lý lập địa chỉ thấy một bộ khách với địa chỉ 0, nó sẽ kiểm tra xem bộ khách này đúng không. Nếu đúng, địa chỉ của bộ khách này được tự động đổi qua địa chỉ mới.

Tuy vậy, thiết bị lập địa chỉ thường hay được dùng nhất. Với thiết bị lập địa chỉ này bộ khách AS-i có thể được lập trình với địa chỉ đúng trước khi gắn vào. Sử dụng thiết bị lập địa chỉ có thể mang đến việc một địa chỉ được phân phát nhiều lần cho một nhánh AS-i. Lý do là thiết bị lập địa chỉ không nhớ địa chỉ nào đã được phân phối và địa chỉ nào chưa dùng.

Khi tất cả địa chỉ đã được lập xong và tất cả bộ khách đã được gắn lên đường dây truyền AS-i, điện áp có thể bật lên được. Sau khi bộ chủ được khởi động, nó sẽ báo lỗi cấu hình. Sở dĩ xảy ra điều này vì bộ chủ chưa lưu trữ một cấu hình nào nếu mới xuất xưởng. Trong bước tới, việc này mới được thực hiện.

Phần lớn những bộ chủ cung cấp một chức năng để làm việc này. Với chức năng này, cấu hình hiện hành tức là cấu hình tại thời điểm đang có - còn gọi là cấu hình cài đặt - được lưu trữ. Việc này thường được thực hiện bằng cách nhấn nút.

Bộ chủ AS-i lưu trữ những bộ khách nào cần phải có, còn gọi là cấu hình cài đặt, và những bộ khách hiện hữu thật sự, đó là cấu hình hiện đang có hay cấu hình thực tế. Sau khi so sánh những dữ liệu này bộ chủ nhận ra, những bộ khách nào

- thiếu hoặc hỏng
- hiện hữu quá nhiều
- thuộc loại sai nhưng đã được gắn vào

Để có thể nhận ra được điểm cuối cùng bộ chủ cần thêm một số dữ liệu bổ sung. Trong mỗi bộ khách có lưu trữ thường trực một mã được gọi là mã nhận dạng và một cấu hình được gọi là cấu hình vào ra E/A. Chúng được tạo ra khi sản xuất những bộ khách và người sử dụng không thay đổi được. Mã nhận dạng mô tả bộ khách AS-i thuộc loại nào (Thí dụ: 1_{hex} = cảm biến AS-i, 0_{hex} = mô đun). Cấu hình E/A mô tả cách vận hành của cổng dữ liệu giữa bộ khách AS-i và thiết bị. Thí dụ về prôfin của bộ cảm biến AS-i ở trước mô tả ý nghĩa của những bit dữ liệu giữa bộ khách AS-i (tức là con chip) và cảm biến.

Thí dụ một mô đun 4EA được sử dụng thì cả bốn bit dữ liệu được dùng vừa là bit cổng vào lẫn bit cổng ra. Thí dụ tại một địa chỉ cần mô đun 2EA (cấu hình cài đặt), nhưng lại gắn một mô đun 4EA (cấu hình thực tế), bộ chủ nhận ra điều này qua cấu hình EA khác nhau và gửi báo cáo. Báo cáo này được đưa lên bảng hiển thị thí dụ qua dạng báo địa chỉ sai. Tiếp đó dữ liệu không thể trao đổi qua mô đun 4EA lắp sai được, trừ khi ta lưu trữ mô đun mới này vào cấu hình cài đặt.

Như đã đề cập, một bộ chủ AS-i có thể quản lý tới 31 bộ khách. Sau khi đã đưa vào vận hành sẽ không có bộ khách nào với địa chỉ 0 được hiện hữu trên bus nữa. Vì thế trong khi vận hành địa chỉ 0 luôn luôn trống. Trong AS-i, địa chỉ này được dùng để lập trình địa chỉ tự động.

Nếu trong khi vận hành chỉ có độc nhất một bộ khách nào đó bị hỏng, bộ chủ sẽ tự động nhận ra. Dựa vào cấu hình cài đặt đã được lưu trữ, bộ chủ sẽ nhận ra bộ khách ở địa chỉ nào bị hỏng.

https://tieulun.hopto.org

Nay nếu bộ khách bị hỏng được tháo ra khỏi bus và một bộ khách mới với địa chỉ 0 được gắn vào bus, bộ chủ sẽ tự động nhận ra ngay. Bộ chủ so sánh mã nhận dạng của bộ khách mới (địa chỉ 0) với mã nhận dạng của bộ khách bị hỏng. Nếu cả hai giống hệt nhau, bộ chủ so sánh cấu hình EA của hai bộ khách. Nếu chúng giống nhau, bộ chủ lập địa chỉ bộ khách có địa chỉ 0 thành địa chỉ đang còn thiếu.

Như thế có nghĩa là trên thực tế bộ khách bị hỏng chỉ cần phải tháo ra và bộ khách mới gắn vào là xong. Mọi chuyện khác còn lại do hệ thống làm lấy. Quá trình này gọi là sự thiết lập địa chỉ tự động.

Sự thiết lập địa chỉ tự động chỉ tiến hành được nếu chỉ có một bộ khách duy nhất bị hỏng.

Nếu nhiều lỗi xảy ra cùng một lúc, thì những bộ khách - trừ bộ cuối cùng – phải được thiết lập địa chỉ thủ công (thí dụ dùng thiết bị lập địa chỉ).

Điểm cuối cùng cho việc đưa vào vận hành là việc chỉnh các thông số. Với thông số AS-i, nhiều chức năng của AS-i có thể thay đổi được. Thí dụ qua bit thông số P1 ta có thể đạt được sự chuyển đổi giữa tính năng thường mở và tính năng thường đóng của những bộ cảm biến AS-i. Những thông số này chỉ có thể thay đổi được bằng phần mềm. Thí dụ ta không thể thay đổi chúng bằng thiết bị lập địa chỉ vì những trị số của thông số chỉ được lưu trữ một cách tạm thời (ngắn hạn) trong bộ khách AS-i. Khi việc kết nối giữa thiết bị lập địa chỉ và bộ khách AS-i bị gián đoạn thì những trị số đã được cài đặt cho thông số cũng bị mất.

12.7.4 Cấu trúc của hệ thống giao diện AS

Những sản phẩm về bộ khách giao diện AS rất đa dạng. Nhưng cho cả bộ chủ và gateway cũng có nhiều loại khác nhau và được phân biệt tùy theo lĩnh vực sử dụng.

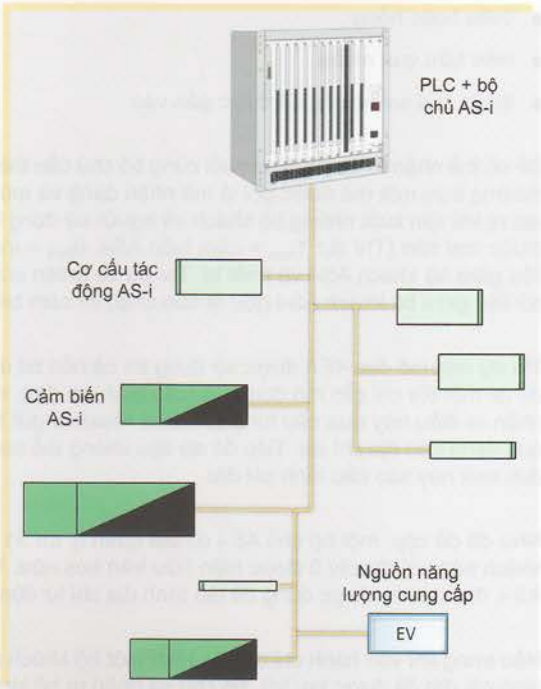
Bộ chủ phổ biến nhất là bảng mạch giao diện cắm trong PLC. Bộ chủ giao diện AS đó được Siemens, Moeller, Bosch và nhiều nhà chế tạo PLC khác cung cấp. Ở đây bộ chủ giao diện AS-i kết nối giao diện AS và bus ở mặt sau của PLC.

Vì chiều dài đường dây truyền dẫn của giao diện AS bị giới hạn trong khoảng 100m nên có thể có vấn đề với độ dài của đường dây trong cấu trúc được biểu diễn trong **Hình 1**. Lý do là khoảng cách giữa PLC, tức là giữa bộ chủ AS-i và phần ứng dụng rất có thể tới 50m. Đồ dài này không còn thích hợp cho một số ứng dụng trên thực tế.

Một số nhà sản xuất cung cấp những thiết bị được gọi là **extender** (bộ nối dài). Extender là một loại repeater (bô khuếch đại (repeater) nhưng có điểm hạn chế là giữa bộ nối dài và PLC ta không được lắp thêm một bộ khách AS-i. Giữa PLC và Extender cũng không cần thêm một nguồn cung cấp điện cho AS-i.

Như vậy rõ ràng có thể tích hợp nhiều bộ chủ AS-i vào một PLC này. Tuy nhiên ở đây ta cần đặc biệt chú trọng đến độ dài của đường dây.

Những bộ gọi là bộ chủ PC cũng được vận hành theo cùng cấu trúc này. Ở đây bộ chủ được gắn vào một PC tại khe cắm ISA hay khe cắm PCI. Ngoài ra còn có bộ chủ kép cho PLC và cả PC, đó là trên một bảng mạch điện gắn hai bộ chủ AS-i.



Hình 1: Cấu trúc 1 giao diện AS

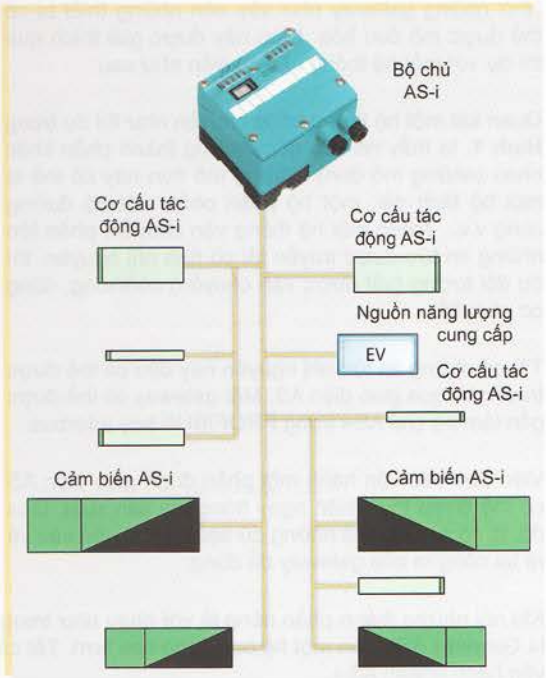
https://tieulun.hopto.org

Những bộ chủ giao diện AS-i còn cung cấp thêm một khả năng cấu tạo một bộ điều khiển.

Trước nhất chúng thường được dùng cho những ứng dụng tiêu chuẩn (mặc định). Những bộ chủ có thể được cấu hình qua những giao diện RS232, RS422 hay RS485. Thêm vào đó, những bộ chủ AS-i này còn có chức năng PLC. Có nghĩa là những bộ chủ này thay thế hoàn toàn thiết bị PLC. Chương trình PLC chạy trên bộ chủ AS-i này. Ngôn ngữ lập trình được dùng tùy theo nhà cung cấp là IEC61131-2 hay STEP5®. Đôi khi cũng có thể dùng lập trình Assembler (ngôn ngữ máy). Những trị số tiêu biểu cho bộ chủ với chức năng PLC là:

- Bộ nhớ chương trình 16 kByte
- Bộ cờ hiệu (bit nhớ) 8 kByte
- 1024 bộ định thời
- 1024 bộ đếm

Thông thường những bộ PLC cực tiểu này không những biết xử lý bit mà còn xử lý được cả byte (8 bit) và word (từ, 2 byte = 16 bit) nữa. Ngoài ra chúng cũng có thể làm được những phép toán nhỏ.

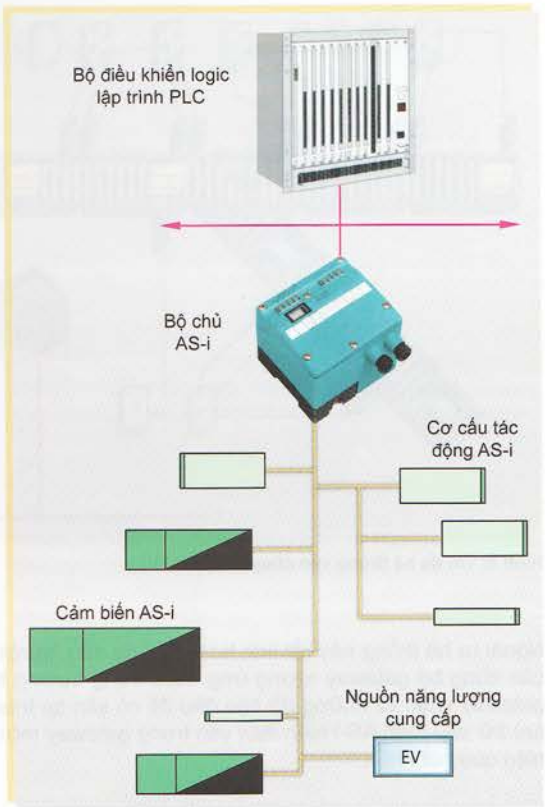


Hình 1: Cấu trúc 2 của giao diện AS

Những bộ chủ loại này được cung cấp với vỏ bọc IP20 để gắn trong tủ điều khiển và với vỏ bọc IP65 hay IP67 để xử dụng tại công trường. **Hình 1** là bộ chủ với vỏ bọc IP67. Lĩnh vực sử dụng là những ứng dụng nhỏ, kín gọn nên không cần trao đổi dữ liệu với những thành phần khác. Chúng cũng còn được sử dụng cho những ứng dụng với lượng dữ liệu cần xử lý nhỏ và chỉ cần giao diện AS để điều khiển ứng dụng đó. Những gateway ứng với phương án cuối cùng **(Hình 2)**. Những gateway với giao diện AS được dùng với nhiều hệ thống bus khác nhau, thí dụ Interbus, PROFIBUS, CAN và nhiều bus khác nữa. Ở phía AS-i chúng có tính năng như một bộ chủ AS-i trong khi ở phía bên kia chúng hoạt động như một bộ khách "bình thường" của một hệ bus hạng cao hơn. Ngay cả nhiều gateway với AS-i có thể gắn vào hệ bus hạng cao này. Dĩ nhiên bất cứ thành phần nào khác cũng có thể gắn vào bus hạng cao này được.

Những gateway cũng được dùng với vỏ bọc IP20, IP65 hay IP67. Đặc biệt ở trường hợp sau cùng, vấn đề về độ dài đường dây có thể được giải quyết như sau:

Người ta gắn gateway càng gần chỗ sử dụng càng tốt để độ dài đường dây AS-i càng ngắn càng tốt. Nếu khoảng cách quá xa thì khắc phục bằng cách nối hệ thống bus bậc cao.



Hình 2: Cấu trúc 3 của giao diện AS

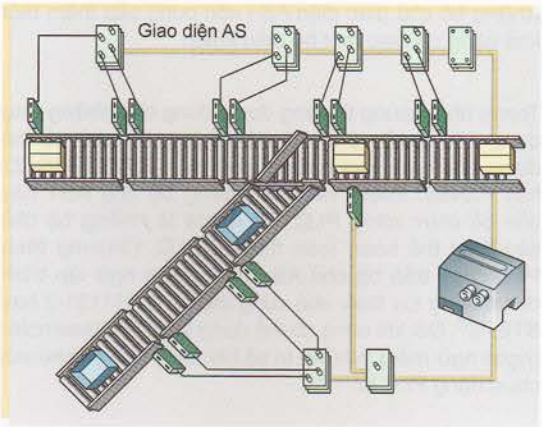
https://tieulun.hopto.org

Nhờ những gateway như vậy nên những thiết bị có thể được mô đun hóa. Điều này được giải thích qua thí dụ với một hệ thống vận chuyển như sau:

Quan sát một hệ thống băng chuyền như thí dụ trong **Hình 1**, ta thấy nó bao gồm những thành phần khác nhau (những mô đun). Những mô đun này có thể là một bộ tách dải, một bộ phân phối, một bộ đường cong v.v... Trong một hệ thống vận chuyển, phần lớn những tin tức được truyền tải có tính nhị nguyên, thí dụ đối tượng (vật được vận chuyển) có/không, động cơ chạy/tắt.

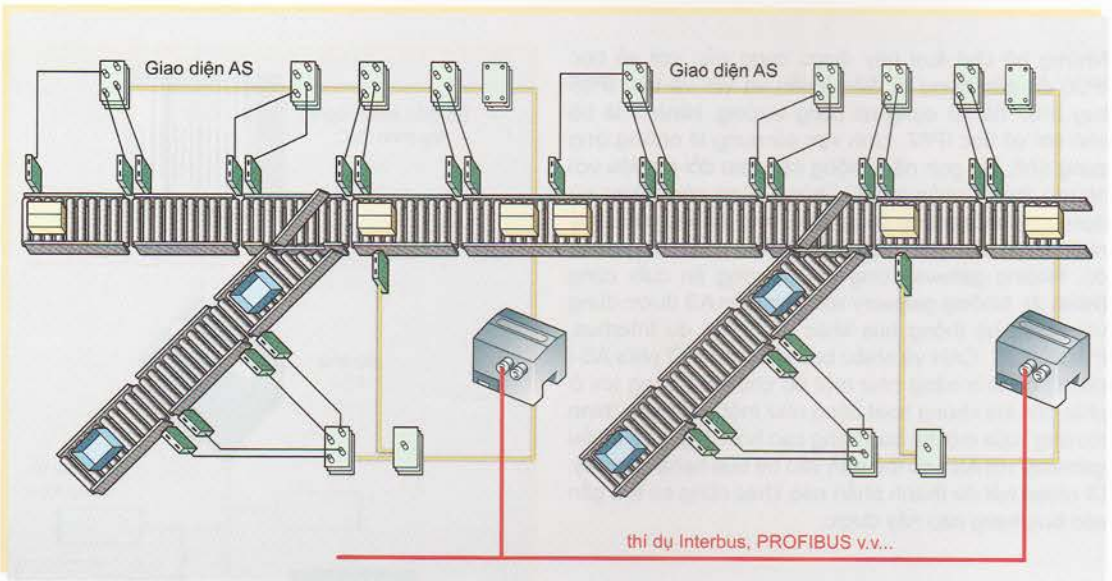
Tất cả những tin tức nhị nguyên này đều có thể được truyền tải qua giao diện AS. Một gateway có thể được gắn làm bộ chủ AS-i trong PROFIBUS hay Interbus.

Việc đưa vào vận hành một phân đoạn giao diện AS có thể được thực hiện ngay trong khi sản xuất. Qua đó, ta có ngay tất cả những dữ liệu nhị nguyên vào và ra tại cổng ra của gateway để dùng.



Hình 1: Thí dụ hệ thống băng chuyền 1

Khi nối những thành phần riêng lẻ với nhau như trong **Hình 2**, ta chỉ cần đem vào vận hành một bộ khách tên là Gateway AS-i trên một hệ bus hạng cao hơn. Tất cả những tin tức khác đều đã được giải quyết khi đưa vào vận hành nhánh AS-i.



Hình 2: Thí dụ hệ thống vận chuyển 2

Ngoài ra hệ thống này rất linh hoạt. Thí dụ nếu người ta gắn PROFIBUS với hệ thống vận chuyển này thì chỉ cần dùng bộ gateway tương ứng. Nếu trong trường hợp khác, giả dụ cần dùng Interbus, ta chỉ cần thay thế gateway khác và những dữ liệu đều đã có sẵn tại Interbus để sử dụng. Việc duy nhất phải làm thêm ở đây là lưu trữ cấu hình AS-i hiện thời vào trong gateway mới, và như đã giải thích ở phần trước, việc này được thực hiện qua nút nhấn.

https://tieulun.hopto.org

12.7.5 Đặc tả giao diện AS 2.11

Chức năng của hệ giao diện AS được mở rộng đáng kể qua đặc tả mới. Đáng chú ý là số thành viên tham gia tối đa được tăng lên tới 62, tích hợp thêm chức năng mới để truyền tải những trị số analog theo nguyên tắc "Plug and Play" ("cắm và dùng"), và khả năng chẩn đoán lỗi được nâng cao hơn. Điều kiện tiên quyết để chấp nhận sự mở rộng này là tính tương thích hợp với đặc tả cũ, điều này có nghĩa là đặc tả "mới" và "cũ" có thể được vận hành trong cùng một nhánh. Sau đây, ta hãy khảo sát cách vận hành chung nói trên và tìm xem có những hạn chế nào có thể xảy ra:

Mở rộng tới 62 thành viên

Giao diện AS làm việc đúng với một thông điệp gọi của bộ chủ và một thông điệp trả lời của bộ khách. Cấu trúc của những thông điệp này không được phép thay đổi nếu muốn giữ được tính tương thích. Để hiểu được tại sao một thông điệp có thể gởi đến gấp đôi số thành viên tham gia ta cần quan sát thông điệp này.

Hình 1 trình bày thông điệp gọi của bộ chủ theo đặc tả cũ. Sau Startbit ST (bit bắt đầu) là bit điều khiển SB. Bit này báo hiệu là thông điệp này được dùng để truyền tải dữ liệu hoặc thông số hay để chuyển dữ liệu cấu hình (thí dụ mã ID nhận dạng hay căn cước). Theo sau là địa chỉ được đáp ứng. Với 5 bit ta có thể tạo được 32 địa chỉ khác nhau và như đã giải thích ở trên, địa chỉ 0 mang một ý nghĩa đặc biệt.

ST	SB	A4	A3	A2	A1	A0	I4	I3	I2	I1	I0	PB	EB

ST	Bit bắt đầu	Bắt đầu gọi bộ chủ (luôn 0)
SB	Bit điều khiển "0"	Truyền tải dữ liệu hay thông số
		Truyền tải dữ liệu cấu hình
	Bit điều khiển "1"	Địa chỉ 0 cho những bộ khách
A0 ... A4	Địa chỉ 00_{hex}	không có địa chỉ vận hành
		Những địa chỉ bộ khách AS-i
	01_{hex} ... $1F_{hex}$:	
I0 ... I4	phần chứa thông tin	SB = "0", I4 = "1": 4 bit dữ liệu SB = "0", I4 = "0", 4 bit thông số SB = "1", 5 bit dữ liệu cấu hình
PB	Bit chẵn lẻ	Toàn chẵn không kể bit cuối cùng
EB	Bit cuối cùng	Chấm dứt gọi bộ chủ

Hình 1: Thông điệp gọi bộ chủ theo đặc tả 2.0

Trong phần thông tin của thông điệp, bit I4 cho biết đây là một thông điệp truyền dữ liệu hay truyền thông số nếu bit điều khiển trước đó mang trị số 0. Trong trường hợp truyền dữ liệu hay thông số thì 4 bit ra (I0 - I3) là dữ liệu ngõ ra, nghĩa là dữ liệu được gửi từ bộ chủ đến bộ khách. Thông điệp này được kết thúc với một bit chẵn lẻ (PB = Parity bit) và một bit chấm dứt (EB = End of bit).

ST	CB	A4	A3	A2	A1	A0	I4	SEL	I2	I1	I0	PB	EB

Hình 2: Thông điệp gọi bộ chủ theo đặc tả 2.11

Quan sát thông điệp theo đặc tả 2.11 **(Hình 2)**, ta thấy chỉ có một bit duy nhất được thay đổi, đó là bit I3, nay được gọi là "bit chọn" ("Select-bit") SEL.

"Bit chọn" này là một bit phụ trong địa chỉ. Như thế giao diện AS theo quy cách mới có tới 6 bit để ghi địa chỉ. Tuy nhiên ở giao diện AS người ta không gọi là địa chỉ 33, 34, v.v... mà gọi là những bộ khách A và những bộ khách B. Địa chỉ được biểu hiện bằng những bit dữ liệu A0 tới A4, và bit chọn SEL cho biết bộ khách A hay bộ khách B được chọn. Với nguyên tắc này ta lập được những địa chỉ từ 1A đến 31A và 1B đến 31B, như vậy số thành viên tối đa có thể là 62.

Hậu quả của việc này là những bộ khách mới có trang bị cổng ra chỉ còn tối đa 3 bit dữ liệu ở cổng ra. Những việc này hoàn toàn không ảnh hưởng đến thông điệp trả lời từ bộ khách. Những thông điệp này vẫn gồm 1 bit bắt đầu, 4 bit dữ liệu, 1 bit chẵn lẻ và 1 bit chấm dứt **(Hình 1)**.

Như thế bộ chủ theo đặc tả mới có thể quản lý được 4 x 62 = 248 bit dữ liệu vào (từ bộ khách) và 3 x 62 = 186 bit dữ liệu ra (đến bộ khách).

Khi một bộ khách cũ được gắn với bộ chủ mới, bộ khách cũ này chiếm mất 2 địa chỉ, đó là địa chỉ được đặt cho địa chỉ A và địa chỉ B. Bộ khách cũ diễn giải bit chọn SEL là bit dữ liệu và như thế vẫn còn có 4 bit dữ liệu đầu ra.

Hình 3: Chu kỳ truyền thông theo đặc tả 2.11

https://tieulun.hopto.org

Chu kỳ truyền thông trong một hệ thống hỗn hợp gồm những bộ khách cũ và mới với một bộ chủ mới diễn ra như sau:

Trong chu kỳ đầu tiên, bộ chủ truy vấn các địa chỉ 10, 11A và 12A. Ở chu kỳ kế tiếp bộ chủ truy vấn những dữ liệu của bộ khách 10, 11B và để cho thời gian chu trình không đổi, 12A cũng được truy vấn. Sau đó bộ chủ lại hỏi địa chỉ 10, 11A, 12A. Để nhận biết được bộ khách mới hay cũ đang được gắn ở địa chỉ x và nếu là bộ khách mới thì đó thuộc về nhóm địa chỉ A và địa chỉ B hay chỉ có một trong hai nhóm địa chỉ đó được dùng, thì bộ chủ phải lưu trữ những thông tin này sẵn trong máy mình.

Khi một bộ khách theo đặc tả 2.0 được vận hành với một bộ chủ theo đặc tả 2.11, thời gian chu trình kéo dài tối đa là 5 ms. Nếu chỉ có địa chỉ A hay chỉ có địa chỉ B được dùng, thời gian chu trình cũng kéo dài tối đa là 5 ms. Chỉ khi cả hai loại địa chỉ đều được dùng, thời gian chu trình kéo dài tối đa là 10 ms.

Bộ khách "cũ" và "mới" được phân biệt qua mã nhận dạng ID (thẻ căn cước). Những bộ khách hỗ trợ cách ứng dụng địa chỉ A/B có mã ID A_{hex}. Qua đó lại có vấn đề mới là nếu không có những đặc tính nhận dạng tiếp theo thì không thể phân biệt được một bộ cảm biến AS-i với một mô đun AS-i. Vì lý do đó, những mã xác định, mã ID1 và mã ID2, được đưa vào đặc tả 2.11.

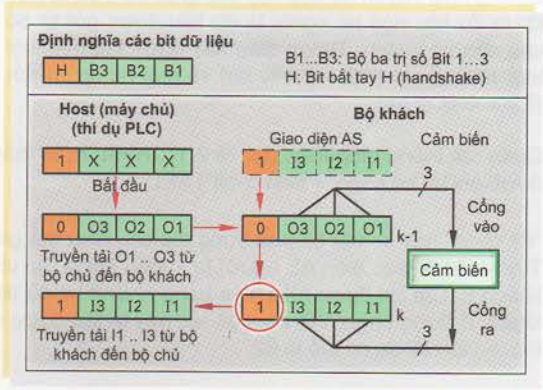
Mã ID2 cho bộ khách mới có chứa tin về bộ khách loại nào (mô đun, bộ cảm biến, bộ chấp hành, v.v...). Mã ID1 mô tả bộ khách lưu trữ địa chỉ A hay địa chỉ B.

Truyền tải trị số analog qua giao diện AS

Việc truyền tải tín hiệu có trị số analog qua giao diện AS trước kia đã luôn được thực hiện nhưng rất lôi thôi và tương đối chậm. Đặc tả 2.11 làm cho việc truyền tải trị số analog đơn giản hơn nhiều.

Ngay những bộ khách truyền tải trị số analog cũng chỉ có 4 bit trong thông điệp trả lời của giao diện AS. Vì một "trị số analog được số hóa" thường cần 12 hay 16 bit nên những dữ liệu này phải được truyền tải qua nhiều chu kỳ giao diện AS.

Vấn đề ở đây là trong trường dữ liệu cổng vào cũng như cổng ra của một bộ chủ chỉ có 4 bit dùng cho mỗi bộ khách AS-i. Điều này có nghĩa là thí dụ mỗi khi bộ chủ nhận được từ một bộ cảm biến analog một phần của dữ liệu, nó phải chuyển những dữ liệu này vào một vùng khác trước khi nó có thể yêu cầu thêm dữ liệu mới. Để tránh việc một dữ liệu mới viết đè lên một dữ liệu cũ trước khi được chuyển, ta dùng một bit gọi là "bit bắt tay" (handshake-bit) để điều khiển việc truyền tải trị số analog. Như thế chỉ còn có 3 bit trong mỗi thông điệp để dùng cho việc truyền tải trị số analog.



Hình 1: Truyền tải trị số analog

Bộ gọi là host (chủ nhà), nghĩa là PLC hay PC, yêu cầu bộ khách chuẩn bị việc truyền tải trị số analog. Nghĩa là bộ khách lưu trữ trị số hiện nay vào một bộ nhớ trung gian và giữ không đổi. Sau khi làm xong việc này nó nghịch đảo bit bắt tay I3. Với bit nghịch đảo này host nhận ra rằng công việc đã xong xuôi và truy vấn bộ ba trị số đầu tiên. Khi nhận được bộ ba trị số đầu, bộ chủ phải lưu trữ chúng trong một bộ nhớ trung gian. Sau khi làm xong, bộ chủ yêu cầu bộ ba trị số thứ nhì. Bộ khách nhận ra yêu cầu về bộ ba trị số mới qua bit bắt tay. So với thông điệp cũ, bit này ở trong tình trạng nghịch đảo. Nếu không, bộ khách sẽ truyền tải lại bộ ba trị số cũ.

https://tieulun.hopto.org

Để truyền tải một trị số analog 16 bit theo nguyên tắc trên ta cần 7 chu kỳ. Trong đặc tả cũ việc này phải được thực hiện với PLC hay PC và như thế người dùng phải tự lập trình. Những bộ chủ hỗ trợ prôfin analog mới có chức năng này đã được tích hợp. Qua mã ID (*mã nhận dạng*) và cấu hình vào/ra, chúng nhận ra đây là một bộ khách analog và lưu trữ toàn bộ trị số analog trong một khu vực riêng, nơi mà PLC, PC hay hệ bus bậc cao có thể truy vấn được.

Nguyên tắc truyền tải trị số analog vẫn còn được duy trì. Như vậy, thời gian chu trình cho những trị số analog phải được trù tính cao hơn nhiều so với 5 ms hay 10 ms.

12.7.6 Đặc tả giao diện AS 3.0

Với sự phát triển của đặc tả giao diện AS 3.0 những chức năng mới sau đây được đưa vào:

- Đưa vào prôfin 8 DI / 8 DO. Với prôfin này một bộ khách giao diện AS có thể hoạt động với 8 cổng vào digital (kỹ thuật số) và 8 cổng ra digital. Như vậy tối đa ta có thể dùng 496 cổng vào digital và 496 cổng ra digital số để truyền tải qua giao diện AS.
- Trị số tối đa các bộ khách analog tham gia được tăng từ 31 lên 62.
- Giao thức bất đồng bộ, nối tiếp và được truyền với tốc độ 50 tới 100 Baud theo tính hai chiều, cho thêm một khả năng để trao đổi dữ liệu giữa bộ chủ và bộ khách.

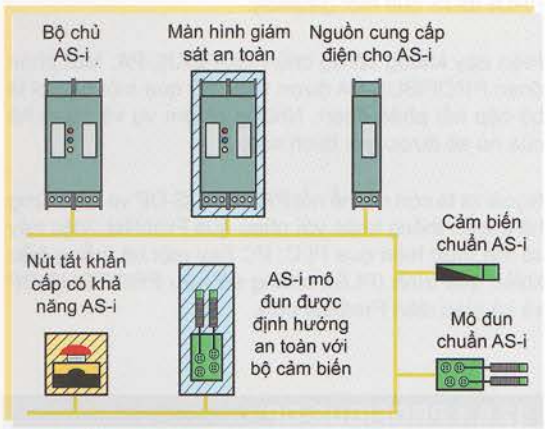
12.7.7 Tính an toàn (safety) trong AS-i

Trong thực tế luôn nảy lên câu hỏi, những tín hiệu có nội dung về an toàn, thí dụ như tắt khẩn cấp, có thể được truyền tải qua giao diện AS không. Và thật sự, chức năng này cũng được giao diện AS hỗ trợ.

Cho những tín hiệu có nội dung về an toàn ta phải dùng những bộ khách đặc biệt được định hướng an toàn, thí dụ những mô đun. Những bộ khách được định hướng an toàn này truyền thông "hoàn toàn bình thường" với bộ chủ giao diện AS. Sự giao tiếp giữa bộ chủ và những bộ khách được định hướng an toàn được theo dõi trên một màn hình giám sát an toàn **(xem Hình 1)**. Máy này đảm bảo trong trường hợp:

- khi có những thông điệp sai
- khi có những thông điệp bị mất

thì hệ thống thiết bị được đưa vào tình trạng an toàn.



Hình 1: Cấu trúc của an toàn giao diện AS

Màn hình giám sát an toàn này chịu trách nhiệm cho đến những cấp bảo vệ được định trước. Những thành phần AS-i tiêu chuẩn và AS-i an toàn có thể vận hành trên cùng một phân đoạn.

12.8 PROFIBUS

Tùy theo lĩnh vực sử dụng, PROFIBUS cung ứng 3 prôfin giao tiếp khác nhau:

- PROFIBUS-FMS
- PROFIBUS-DP
- PROFIBUS-PA

PROFIBUS-FMS là prôfin phổ thông cho những nhiệm vụ phức tạp và là bước phát triển đầu tiên của PROFIBUS. FMS, viết tắt của **F**ieldbus **M**essage **S**pecification, cung ứng nhiều chức năng có hiệu suất cao trong việc trao đổi dữ liệu giữa những thiết bị thông minh với nhau. Qua quá trình phát triển kỹ thuật, PROFIBUS-FMS càng ngày càng mất dần ý nghĩa. Ngày nay PROFIBUS-FMS hoàn toàn không còn đóng vai trò nào nữa và được thay thế bởi Profinet dựa trên Ethernet.

https://tieulun.hopto.org

PROFIBUS-DP, DP viết tắt của **D**ezentrale **P**eripherie (*bộ ngoại vi phân tán*), là prôfin truyền thông được tối ưu hóa cho việc trao đổi dữ liệu cao tốc. Đây là prôfin liên lạc thường dùng nhất hiện nay.

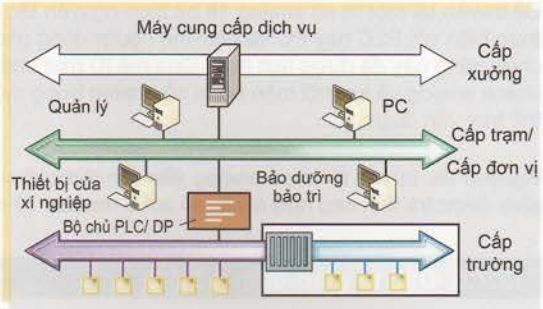
PROFIBUS-PA được phát triển đặc biệt để dùng cho tự động hóa quá trình (PA = **P**rocess **A**utomation). Gần đây bus này cũng được gọi là PROFIBUS-MBP. MBP là viết tắt của **M**anchester **B**us **P**owered và liên quan đến vật lý truyền thông ứng dụng. Bus này được chuẩn hóa trong tiêu chuẩn IEC-61158-2 và cho phép truyền tải dữ liệu và năng lượng trên cùng một đường dây (Bus Powered). Tín hiệu dữ liệu được mã hóa theo quy định của trường đại học Manchester. Tính vật lý này có tính tự an toàn và như vậy có thể dùng trong khu vực có nguy cơ nổ.

Hình 1 cho thấy những lĩnh vực ứng dụng của PROFIBUS.

Những dữ liệu cổng vào và ra của những cảm biến analog và của cơ cấu chấp hành có thể truyền tải qua PROFIBUS-DP. Bộ chủ PROFIBUS thường được tích hợp trong một PLC. Ta còn có thể nối giao diện AS với PROFIBUS qua một gateway.

Hiện nay không có bộ chủ PROFIBUS-PA. Một phân đoạn PROFIBUS-PA được khai mở qua một bộ gọi là bộ cập nối phân đoạn. Những nhiệm vụ và quan hệ của nó sẽ được giải thích sau.

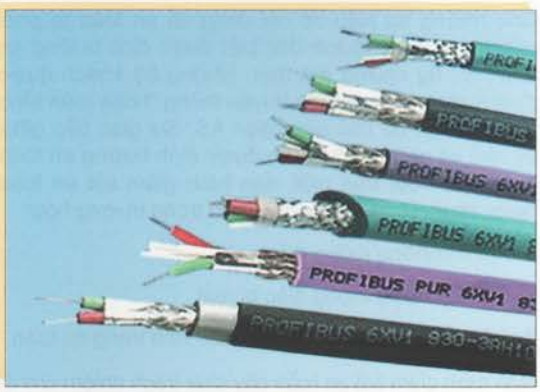
Ngoài ra ta còn có thể nối PROFIBUS-DP và cả những hệ truyền thông khác với nhau qua ProfiNet. Việc này có thể thực hiện qua PLC, PC hay một hệ thống điều khiển quá trình (PLS), chúng sở hữu PROFIBUS-DP và cả giao diện ProfiNet nữa.



Hình 1: Những lĩnh vực ứng dụng của PROFIBUS

Bảng 1: Độ dài đường dây phân nhánh trong PRO FIBUS-DP

Vận tốc truyền tải [kbit/s]	< 93,75	93,75	187,5
Tổng số độ dài của đường dây phân nhánh [m]	500	100	50
Vận tốc truyền tải [kbit/s]	500	1500	> 1500
Tổng số độ dài của đường dây phân nhánh [m]	20	6,67	0



Hình 2: Dây cáp PROFIBUS

12.8.1 PROFIBUS-DP

PROFIBUS-DP dùng giao diện RS485 để truyền tải dữ liệu. Mối quan hệ giữa độ dài đường dây và vận tốc truyền tải được chỉ rõ trong **Bảng 1, trang 578**. PROFIBUS-DP cũng cho phép gắn đường dây phân nhánh. **Bảng 1** cho thấy quan hệ giữa vận tốc truyền tải và tổng số tối đa của độ dài những dây phân nhánh.

Ở hai đầu của đường dây chính được gắn điện trở đầu cuối. Điện trở đầu cuối này thường được gắn vào trong ổ cắm được dùng để nối những thành viên PROFIBUS với đường dây truyền tải. Điện trở này có thể nối mạch bằng một công tắc ở vỏ hộp.

Trong nhiều trường hợp, cáp PROFIBUS phải được chế tạo theo kiểu có sẵn có nghĩa là ta chỉ cần tự lắp ráp vào ổ cắm.

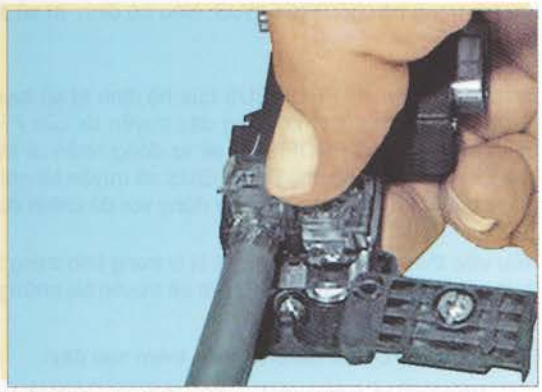
Hình 3: Dụng cụ bóc lớp cách điện

https://tieulun.hopto.org

Một hệ thống dùng rất thoải mái gọi là Fast Connect (nối nhanh) được cung cấp để làm việc này.

Muốn cắt theo kiểu có sẵn cho một dây cáp như vậy, kích thước của đoạn phải bóc vỏ cách điện cần thật chính xác.

Để đảm bảo điều này, trước hết cần một dụng cụ chuyên dụng để đo độ dài của đoạn phải bóc vỏ cách điện. Sau đó dây cáp được kẹp vào trong dụng cụ này và ta xoay dụng cụ này 4 vòng quanh dây cáp. Khi lấy dụng cụ ra, dây cáp được bóc đi đoạn vỏ bọc với đúng kích thước cần thiết **(Hình 1)**.



Hình 1: Cắt theo kiểu có sẵn cho ổ cắm

Điều kiện tiên quyết để bóc vỏ cáp được hoàn hảo là dây cáp phải hoàn toàn tròn. Có riêng một loại dây cáp đặc biệt để áp dụng kỹ thuật này.

Cáp quang cũng có thể dùng được. Cần có những bộ chuyển từ RS 485 tới cáp quang, gọi là những mô đun nối quang. Những mô đun này làm việc như những repeater (bộ khuếch đại) nhưng ngoài việc sắp đặt tín hiệu còn chuyển tính vật lý của tín hiệu. Lưu ý sao cho chỗ giao tiếp quang của bộ biến đổi với cáp quang.

Những thành viên PROFIBUS có thể rất khác nhau.

Số lượng tin tức tối thiểu có thể truyền tải là 1 byte, số lượng tin tức tối đa gồm 244 byte dữ liệu cổng vào và 244 byte dữ liệu cổng ra cho mỗi bộ khách.

Thêm vào đó, PROFIBUS hỗ trợ nhiều chức năng. Bộ chủ PROFIBUS phải được thông báo trước khi cài đặt cấu hình là số lượng dữ liệu được truyền tải cho mỗi bộ khách lớn bao nhiêu, những chức năng nào cần dùng cũng như được hỗ trợ và những chức năng nào không.

Những dữ kiện trên được lưu trữ trong tập tin gọi là **tập tin GSD**. Trước đây từ viết tắt này dùng cho tập tin **G**eräte-**S**tamm-**D**aten tiếng Đức, hay General Station Description (tiếng Anh). Mỗi nhà cung cấp bộ khách PROFIBUS đều phải cung cấp cả tập tin **GSD** này. Tập tin GSD chứa tất cả những chức năng riêng và những đặc tính của một bộ khách. Đây chính là một loại bảng mô tả kỹ thuật điện tử.

Khi một bộ khách PROFIBUS được dùng lần đầu tiên, tập tin GSD phải được tích hợp vào dụng cụ cấu hình. Ta dùng phần mềm để tạo chức năng này. Sau khi tập tin GSD được tích hợp, phần mềm "nhận ra" bộ khách mới, không phân biệt phần mềm hay bộ khách từ nhà sản xuất nào.

Nhìn dưới góc nhìn truyền thông, việc đưa vào vận hành một hệ PROFISBUS phải có những bước như sau:

- Đặt địa chỉ PROFIBUS cho tất cả bộ chủ và tất cả bộ khách. Việc này được thực hiện qua những công tắc DIP (***D**ual **I**n-line **P**ackage*), công tắc xoay, nút bấm hay những bộ phận tương tự. Địa chỉ bộ chủ thường được thiết lập bằng phần mềm cấu hình.
- Dùng phần mềm cấu hình để xác định mỗi bộ khách PROFIBUS truyền tải bao nhiêu dữ liệu vào và dữ liệu ra. Ngoài ra cũng dùng phần mềm cấu hình để xác định những thông số riêng cần thiết cho bộ khách PROFIBUS làm việc.

Thí dụ sau đây sẽ làm rõ những việc trên. Một bộ định (bộ phát) trị số tuyệt đối được hiệu chỉnh với những thông số sau: Bao nhiêu vị trí khác nhau trong mỗi vòng quay phải được đo, những số đo này có tăng lên không nếu trục quay chạy theo chiều kim đồng hồ hay nếu trục quay chạy ngược chiều kim đồng hồ v.v...

Những trị số của các thông số này được gọi là **thông số người dùng**. Độ chỉnh cơ bản được phần mềm cấu hình lấy từ tập tin GSD. Khi những độ chỉnh cơ bản bị thay đổi thì những trị số của thông số người dùng được

https://tieulun.hopto.org

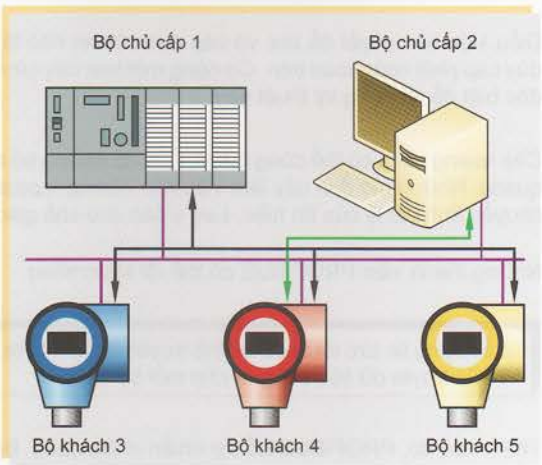
lưu trữ trong bộ chủ PROFIBUS. Nếu bộ định trị số tuyệt đối hỏng và phải được thay thế thì việc sau đây xảy ra:

Trước nhất, địa chỉ PROFIBUS của bộ định trị số tuyệt đối bị hỏng được ghi vào bộ định mới. Sau đó nó mới được lắp vào và nối với đường dây truyền tải của PROFIBUS. Nếu thay thế bộ định trị số trong lúc đang vận hành máy, bộ chủ PROFIBUS sẽ tự động nhận ra thành viên "mới". Nó kiểm chứng lại xem có đúng bộ này không. Nếu đúng, bộ chủ PROFIBUS sẽ truyền tải những thông số người dùng tới bộ khách. Qua đó, bộ khách được bảo đảm luôn vận hành tự động với độ chỉnh đúng.

Nếu việc thay thế xảy ra khi thiết bị ở trong tình trạng tĩnh, bộ chủ PROFIBUS sẽ nhận ra bộ khách mới sau khi thiết bị bắt đầu vận hành trở lại và sẽ truyền tải những thông số người dùng.

Ở PROFIBUS-DP có hai phát triển thêm sau đây:

1. PROFIBUS-DPV1: Điểm chính trong sự mở rộng chức năng này là việc truyền thông không theo chu kỳ qua PROFIBUS-DP. PROFIBUS-DP là một hệ bus chỉ hỗ trợ sự truyền thông theo chu kỳ. Rất nhiều thiết bị thỉnh thoảng phải được thay đổi thông số trong lúc máy đang vận hành. Việc truyền tải trị số của thông số chỉ hữu ích khi cần thiết (nghĩa là không tuần hoàn, không có một chu kỳ nhất định), trong khi đó dữ liệu của quy trình được truyền tải liên tục, tức tuần hoàn (xem trang 563). Để có thể thực hiện được việc truyền thông không tuần hoàn này, ta phải có hoặc bộ chủ cấp 1, hoặc một bộ chủ cấp 2 và bộ khách cũng phải hỗ trợ chức năng này **(Hình 1)**.
2. PROFIBUS-DPV2: Một số ứng dụng trong công nghệ truyền động cần nhiều động cơ chạy đồng bộ với nhau. Những ứng dụng đó có thể gặp vấn đề khi chạy với PROFIBUS vì ngay hệ chủ/khách cũng đã tạo ra sự chậm trễ giữa hai động cơ. Trong quá khứ vấn đề này được giải quyết bằng một chế độ vận hành PROFIBUS đặc biệt gọi là chế độ Sync (đồng bộ). Tuy vậy, chế độ này có điểm bất lợi là việc đồng bộ hóa cần nhiều chu kỳ ở PROFIBUS và như vậy thì quá chậm cho nhiều ứng dụng.



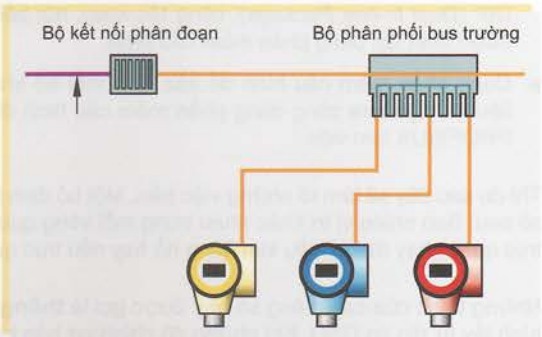
Hình 1: Sự truyền thông không theo chu kỳ của PROFIBUS-DP

Vấn đề này được giải quyết bằng sự mở rộng chức năng qua PROFIBUS-DPV2. Với PROFIBUS-DPV2 nhiều động cơ có thể được dễ dàng đồng bộ hóa. Điều kiện tiên quyết ở đây là chức năng này cũng phải được hỗ trợ bởi tất cả những thành viên PROFIBUS cần thiết.

12.8.2 PROFIBUS-PA

Hình 2 cho thấy một cấu trúc của PROFIBUS-PA:

Thông thường những thành viên PROFIBUS-PA được gắn với bộ phân phối bus trường qua những dây phân nhánh. Bộ phân phối bus trường được nối với bộ kết nối phân đoạn qua đường dây chính. Về mặt chức năng, những bộ phân phối này có thể so sánh với những mô đun AS-i. Chúng hạn chế tình trạng ngắn mạch cho bên thiết bị trường. Việc này tránh cho cả phân đoạn bị ngưng hoạt động trong trường hợp ngắn mạch xảy ra giữa bộ phân phối bus trường và thiết bị trường.



Hình 2: Cấu trúc của PROFIBUS-PA

https://tieulun.hopto.org

PROFIBUS-PA hỗ trợ đường dây dài tối đa 1900 m.

> Độ dài tổng cộng của đường dây là độ dài của đường dây chính cộng với tổng số độ dài của tất cả các dây phân nhánh.

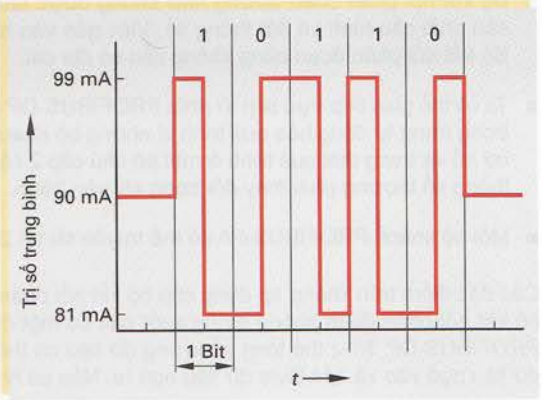
Sự tương quan giữa độ dài tối đa cho phép của dây phân nhánh và số thành viên tham gia giao tiếp được biểu diễn trong **Bảng 1**.

Bảng 1: Độ dài tối đa cho phép của dây phân nhánh

Thành viên giao tiếp	Độ dài tối đa của đường dây phân nhánh
1–12	120 m
13–14	90 m
15–18	60 m
19–24	30 m
nhiều hơn 24	1 m

> Khi xác định độ dài tối đa của dây phân nhánh, bộ kết nối phân đoạn được coi như một thành viên giao tiếp.

Hầu hết những ứng dụng dùng PROFUBUS-PA chỉ chạy chung với PROFIBUS-DP. Bộ chủ PROFIBUS-DP cũng chính là bộ chủ cho những thiết bị trường PROFIBUS-PA. Giao diện giữa PROFIBUS-DP và PROFIBUS-PA được tạo bởi **bộ kết nối (ghép nối) phân đoạn**.



Hình 1: Tính vật lý của truyền tải theo IEC 61158-2

Trong chức năng này, bộ kết nối phân đoạn đảm nhiệm những nhiệm vụ được giải thích sau đây:

- Thích nghi tính vật lý về truyền tải. Các bộ kết nối phân đoạn hiện nay phải có giao diện RS485 ở phía PROFIBUS-DP. PROFIBUS-PA sử dụng tính vật lý theo IEC 61158-2.
- Thich nghi vận tốc truyền tải. Những bộ cập nối phân đoạn tân tiến cho phép tất cả những vận tốc truyền tải từ 9,6 kBit/s tới 12 Mbit/s ở phía PROFIBUS-DP. Ở phía PROFIBUS-PA, vận tốc truyền tải 31,25 kBit/s đã được quy định sẵn.
- Thích nghi truyền tải bất đồng bộ của PROFIBUS-DP với truyền tải đồng bộ của PROFIBUS-PA.
- Nối điện áp cung cấp vào đường dây truyền tải PROFIBUS-PA.

PROFIBUS-PA dùng tính vật lý truyền tải đặc biệt theo IEC 61158-2 tức là dựa vào cách lập mã Manchester. Có nghĩa là trạng thái lôgíc "0" hay "1" được biểu hiệu bằng sườn ở giữa bit. Một sườn âm có nghĩa là lôgíc "1", sườn dương là lôgíc "0".

Nếu hai trạng thái lôgíc giống nhau được truyền tải tiếp theo nhau thì trước bit thứ hai và trước mỗi bit theo sau nó và ở đằng trước những Bit này, ta phải gửi đi một sườn dương nếu muốn có "1" lôgíc và gửi một sườn âm nếu muốn gửi nhiều "0" lôgíc. Điều này được diễn tả trong **Hình 1**.

Nhờ thế ta đạt được một tín hiệu dữ liệu không chứa một chút phần điện một chiều nào cả. Mỗi bit đều chứa một phần biên độ dương và một phần biên độ âm và cả hai đều lớn bằng nhau. Sự vắng mặt của điện một chiều là điều kiện tiên quyết để truyền tải thêm năng lượng trên cùng một đường dây dẫn điện.

Trong **Hình 1** cường độ trung bình của dòng điện cung cấp là 90 mA. Bộ kết nối phân đoạn cung cấp một dòng điện nguồn tối đa là 1 A và một điện áp nguồn là 31 V.

https://tieulun.hopto.org

Tiêu chuẩn tốc độ cơ bản cho tính vật lý này là 31,25 kBd. Để thực hiện việc truyền tải dữ liệu nhanh hơn người ta dùng cách truyền tải dữ liệu đồng bộ. Nguyên tắc này đã được giải thích ở mục 12.4.

Có 2 loại bộ kết nối phân đoạn:

1. Bộ kết nối phân đoạn trong suốt
2. Bộ kết nối phân đoạn không trong suốt

Với bộ cập nối phân đoạn trong suốt, những thông điệp được bộ kết nối phân đoạn truyền "xuyên" qua mà không thay đổi nội dung. Nhờ thế có cảm giác bộ chủ PROFIBUS-DP đang truyền thông với một bộ khách PROFIBUS-DP. Sự truyền trong suốt có những ưu điểm sau:

- Bộ kết nối phân đoạn dường như không được nhìn thấy từ phía bộ chủ PROFIBUS-DP và như thế không cần phải cấu hình và đặt thông số. Việc gắn vào hoàn toàn theo nguyên tắc "gắn và chạy - Plug and Play". Bộ kết nối phân đoạn cũng không cần có địa chỉ.
- Ta có thể giao tiếp trực tiếp từ phía PROFIBUS-DP đến một bộ khách PROFIBUS-PA. Điều này đặc biệt quan trọng trong tự động hóa quá trình vì những bộ khách PROFIBUS-PA rất thường được đặt trong vùng có nguy cơ nổ và trạng thái quá trình ở một bộ chủ cấp 2 cần phải được hiển thị hay được đặt ngay tại nơi mà những thông số thường phải thay đổi trong khi vận hành.
- Mỗi bộ khách PROFIBUS-PA có thể truyền tải tới 244 Byte dữ liệu ngõ vào và 244 Byte dữ liệu ngõ ra.

Các đặc điểm trên không áp dụng cho bộ kết nối phân đoạn không thông suốt. Điểm khác nhau lớn nhất là một bộ kết nối phân đoạn không thông suốt cần có một địa chỉ PROFIBUS-DP và được đối xử như một bộ khách PROFIBUS-DP. Như thế tổng số lượng dữ liệu có thể truyền tải từ một PROFIBUS-PA bị giới hạn ở 244 Byte dữ liệu ngõ vào và 244 Byte dữ liệu ngõ ra. Nếu có nhiều dữ liệu hơn, ta phải gắn thêm bộ kết nối phân đoạn.

Vì bộ kết nối phân đoạn không thông suốt có một địa chỉ PROFIBUS-DP nên nó được nhìn thấy, cần phải được cấu hình và đặt thông số. Tuy nhiên, đây cũng là một lợi điểm vì chỉ qua một địa chỉ PROFIBUS-DP ta có thể truyền tải được dữ liệu của nhiều bộ khách PROFIBUS-DP. Điểm này còn là lợi thế đặc biệt nếu nhiều bộ khách PROFIBUS-DP chỉ chạy với những dữ liệu rất nhỏ thí dụ 1, 2, hay 4 Byte.

Việc định kích thước cho phân đoạn PROFIBUS-PA phải được quan tâm đặc biệt. Bộ cập nối phân đoạn có thể hạn chế dòng điện cung cấp. Điểm này quan trọng vì khi phân đoạn PROFIBUS-PA trong tự động hóa quá trình được gắn trong vùng có nguy cơ nổ. Trong trường hợp này có thể xảy ra tình trạng bộ kết nối phân đoạn chỉ có 100 mA điện cung cấp.

Những thành viên PROFIBUS-PA thường được cung cấp điện từ đường dây truyền tải PROFIBUS-PA. Chỉ khi một thành viên cần quá nhiều điện từ dây Bus trường người ta mới gắn vào những máy gọi là thiết bị bốn dây. Hai dây dùng cho việc truyền thông và hai dây cho việc cung cấp năng lượng từ ngoài.

> Mỗi thành viên PROFIBUS-PA phải dùng tối thiểu 10 mA điện cung cấp từ dây truyền tải.

Những bộ khách PROFIBUS-PA rất thường dùng điện nhiều hơn 10 mA. Trong những ứng dụng ở ngoài vùng có nguy cơ nổ thì điều này thường không gây hậu quả xấu. Theo lý thuyết số thành viên tối đa được hạn chế là 32 bộ. Trên thực tế thường chỉ có từ 16 đến 23 thành viên trong một phân đoạn vận hành bởi nếu không độ dài dây phân nhánh cho phép để đáp ứng những yêu cầu của kỹ nghệ này trở nên quá ngắn.

Cho những ứng dụng ở vùng có nguy cơ nổ thì số các thành viên có thể được giảm thêm nữa.

https://tieulun.hopto.org

Lúc ban đầu, bộ kết nối phân đoạn cho những ứng dụng đó được trang bị bộ cung cấp điện tương thích **FISCO** (**F**ieldbus **I**ntrinsically **S**afe **Co**ncept. Intrinsically safe có nghĩa là tự an toàn). Tính tự an toàn là một phương thức bảo quản chống nổ bằng cách hạn chế công suất tối đa có thể xảy ra trong vùng có nguy cơ nổ xuống một mức độ mà ở đó nó không đủ sức gây cháy vùng không khí xung quanh. Việc này cũng có giá trị trong trường hợp có hai lỗi xảy ra cùng một lúc và những biện pháp thực hiện:

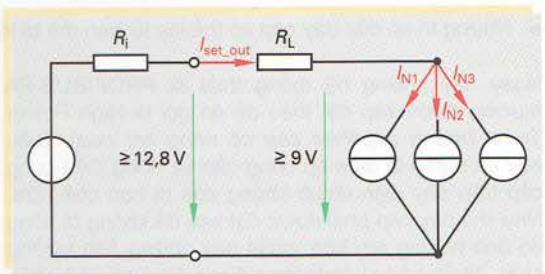
1. Hạn chế điện áp cung cấp và dòng điện cung cấp trong bộ cung cấp điện tương thích FISCO và
2. Hạn chế tích trữ năng lượng trong trường, có nghĩa là hạn chế những điện cảm và điện dung cổng vào của những thiết bị PROFIBUS-PA cũng như hạn chế những trị số điện cảm và trị số điện dung của đường dây truyền tải PROFIBUS-PA.

Những trị số tiêu biểu cho những bộ cung cấp điện tương thích FISCO là 12,8 V cho điện áp cung cấp và 10mA cho dòng điện cung cấp.

Nếu tất cả các bộ khách PROFIBUS-PA tiêu thụ đúng 10 mA dòng điện cung cấp thì 10 thành viên có thể chạy với bộ cung cấp điện đó. Nếu mỗi thành viên tiêu thụ 12,5 mA thì số thành viên giảm xuống còn 8.

Thêm vào đó ta phải để ý là thành viên PROFIBUS-PA cuối cùng phải có một điện áp cung cấp ít nhất là 9 V. Vấn đề ở đây là điện thế sẽ bị sụt trên đường dây truyền tải.

Thông thường, độ dài tổng cộng của đường dây cho các ứng dụng PROFIBUS-PA dùng bên ngoài vùng dễ nổ là 1.900 m. Khi trang bị bên trong vùng này và nếu lắp đặt theo mô hình FISCO thì độ dài này chỉ còn được 1.000 m. Chiều dài một dây phân nhánh chỉ được phép tối đa 60 m. Trong những điều kiện không thuận tiện, thí dụ như tất cả các thành viên PROFIBUS-PA đều được gắn tại chỗ cuối đường dây thì có thể không đạt được độ dài dây tối đa.



Hình 1: Xác định độ dài tối thiểu của đường dây

Thí dụ minh họa:

Một bộ kết nối phân đoạn với điện cung cấp 100 mA cho ra ít nhất là 12,8 V điện áp ở chấu kẹp. Điện áp này được biểu thị trong **Hình 1** như một điện áp nguồn. Một bộ khách PROFIBUS-PA tác động như một lỗ hút điện với mức thu hút điện cố định. Khi tất cả các thành viên được gắn ở cuối đường dây và mức thu hút điện tổng cộng là 100 mA, ta cần xác định độ dài tối đa của đường dây.

Một dây truyền tải PROFIBUS-PA sở hữu tiêu biểu một tính điện trở là 44 Ω/km. Trên dây truyền tải, điện áp tiêu hao được phép là 3,8 V. Với dòng điện 100 mA ta có điện trở đường dây là 38 Ω. Áp dụng quy tắc tam suất, ta có thể tính ra chiều dài tối đa của đường dây là 38/44 km = 0,863 km để đảm bảo điều kiện điện áp cuối đường dây là 9 V.

Nếu PROFIBUS-PA được dùng trong khu dễ nổ, cần phải có một chứng minh về tính tự an toàn. Nghĩa là phải chứng minh được số năng lượng tối đa bị thoát ra trong trường hợp xảy ra lỗi phải nhỏ hơn số năng lượng cần thiết để gây cháy lớp khí xung quanh.

Nguyên nhân chính để phát triển mô hình FISCO là làm sao đưa ra được bằng chứng trên một cách đơn giản nhất.

Mỗi thiết bị dùng trong vùng dễ nổ cần phải có một giấy chứng nhận kiểm tra bộ mẫu. Giấy này được nhà sản xuất trao cho người dùng. Giấy này có ghi điện áp tối đa chấp nhận được U_i, dòng điện vào tối đa chấp nhận được I_i và công suất vào tối đa chấp nhận được P_i.

https://tieulun.hopto.org

Cũng tương tự như vậy cho bộ kết nối phân đoạn. Ở đây, trong giấy chứng nhận kiểm tra bộ mẫu có ghi điện áp cổng ra tối đa U_o, dòng điện cổng ra tối đa I_o và công suất cổng tối đa P_o.

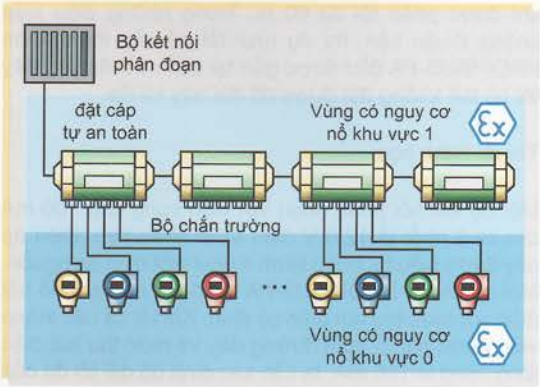
Những trị số trên phải do một viện độc lập, có giấy phép, thí dụ tổ chức liên bang vật lý kỹ thuật PTB, TÜV (*ND: Technischer Überwachungsverein = Ủy ban giám sát kỹ thuật*), v.v... đo và chứng nhận.

Mô hình FISCO định nghĩa những thông số an toàn kể trên sao cho bộ cung cấp điện tương thích FISCO luôn luôn gắn được với một thiết bị PROFIBUS-PA tương ứng.

Nếu gắn PROFIBUS-PA trong một vùng có nguy cơ nổ thì cần đáp ứng những điều kiện sau:

- Mỗi thành viên PROFIBUS-PA sử dụng trong khu dễ nổ phải được cấp giấy chứng nhận theo mô hình FISCO. Điều này được đề cập rõ ràng trong giấy chứng nhận kiểm tra máy mẫu.
- Bộ kết nối phân đoạn phải được cấp giấy chứng nhận theo mô hình FISCO. Điều này cũng được đề cập rõ ràng trong giấy chứng nhận kiểm tra máy mẫu.
- Dây cáp truyền tải dùng phải có những trị số đặc trưng như sau :
  - Tính điện trở dây R' : 15 .. 150 Ω/km
  - Tính điện cảm dây điện L' : 0,4 .. 1 mH/km
  - Tính điện dung dây điện C' : 40 .. 200 nF/km
- Điện trở đầu cuối phải được cấp giấy chứng nhận theo mô hình FISCO.
- Những trị số của dây cáp có thể lấy từ bản mô tả kỹ thuật tương ứng hay hỏi nhà sản xuất.

Ngày nay những hệ thống thiết bị PROFIBUS-PA thường được xếp đặt theo đề án gọi là High Power Trunk (*máng cáp/thân cáp có năng lực cao*). Điều này có nghĩa là điện áp cung cấp và dòng điện cung cấp trên dây điện chính không còn bị hạn chế nữa. Như thế dây cáp phải được đặt sao để không bị hỏng do ảnh hưởng cơ, hóa, nhiệt hay những ảnh hưởng khác. Những bộ chắn trường được dùng như bộ phân phối bus trường. Những bộ chắn trường này chuyển dây điện chính không tự an toàn thành một dây điện ra tự an toàn. Cổng ra của những bộ chắn trường này được chứng nhận theo mô hình FISCO, có nghĩa là đảm bảo tính tự an toàn.



Hình 1: Đề án High Power Trunk

Ưu điểm của đề án High Power Trunk là nhiều thiết bị trường có thể vận hành trong cùng một phân đoạn. Thường vận hành được tới 16 thiết bị trường, so với 10 thiết bị trong mô hình FISCO. Thêm vào đó, không có sự hạn chế về độ dài đường dây trong đề án High Power Trunk như trong mô hình FISCO.

Trong đề án High Power Trunk độ dài tổng cộng của đường dây là 1900 m. Một dây phân nhánh có thể dài tới 120 m.

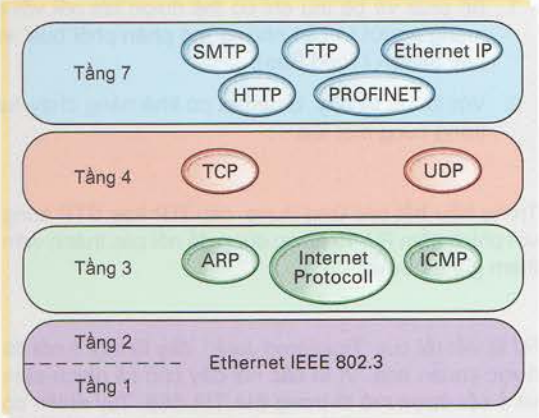
12.9 Ethernet

Ethernet được phát triển trong thập niên 70 tại trung tâm Xerox Palo Alto Research Center. Cơ bản của việc phát triển này là tất cả những thành viên đều bình đẳng. Vận tốc truyền tải thoạt tiên là 10 Mbit/s. Ethernet dùng CSMA/CA làm phương thức truy cập bus (xem chương 12.5.3). Với phương thức truy cập này, việc va chạm giữa những thông điệp có thể xảy ra. Như vậy Ethernet không có tính tất định.

https://tieulun.hopto.org

Ngày nay ta tránh được những sự va chạm như vậy nhờ kỹ thuật switching. Cách xác định ưu tiên cho những thông điệp Ethernet có thể được cấu hình tất định. Thêm vào đó, vận tốc truyền tải có thể lên đến 100 Mbit/s, 1.000 Mbit/s hay đến cả 10 Gbit/s.

Ethernet chỉ được định nghĩa ở tầng 1 và 2 của mô hình 7 tầng ISO/OSI **(Hình 1)**. Trong kỹ thuật tự động hóa ở công nghệ, cho tầng mạng cũng như tầng vận chuyển người ta dùng những giao thức đã được biết như Internet Protocol (IP), Address Resolution Protocol (ARP), Transmission Protocol (TP), User Data Protocol (UDP), v.v... Những giao thức này đã được dùng trong kỹ thuật thông tin văn phòng (xem chương 1.5.2).



Hình 1: Ethernet trong mô hình 7 tầng

Những Ethernet khác nhau đặt trên nền tảng ứng dụng như PROFInet, Ethernet IP, EtherCAT hay ngay cả Modbus TCP/IP là tầng ứng dụng nằm trên tầng vận chuyển. Cách vận hành cũng theo cùng một nguyên tắc như "Internet". Ở đó có vài điểm sau:

- Hypertext Transfer Protocol (HTTP) chủ yếu được dùng để tải dữ liệu từ World Wide Web (WWW) vào một trình duyệt (web browser).
- File Fransfer Protocol (FTP) để truyền tải lượng dữ liệu lớn qua Internet.
- Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) là một giao thức để truyền tải điện thư (e-Mails) trong các mạng máy tính.

Bảng 1: Các loại dây cáp Ethernet

Dây cáp đồng trục cho 10 Mbit/s	10base2 10base5	Cáp BNC mỏng Cáp mập (cáp vàng)
Các sợi được cuốn từng đôi cho 10 Mbit/s hay 100 Mbit/s	10baseT-UTP	dây 4 sợi không lớp chắn, được cuốn từng đôi
	10baseT/STP	dây 4 sợi có lớp chắn, được cuốn từng đôi
	100baseT-STP	dây 4 sợi có lớp chắn, được cuốn từng đôi
Cáp quang cho 10/100/1000 Mbit/s	10baseF 100baseF 1000baseF	Cáp quang cho 10 Mbit/s Cáp quang cho 100Mbit/s Cáp quang cho 1000 Mbit/s

Cáp đồng và cáp quang được dùng làm phương tiện truyền tải. Nhưng cả truyền tải vô tuyến cũng được dùng như ở WiFi (wireless) hoặc cũng dùng cả truyền tải hồng ngoại tuyến. Cáp đồng trục nhưng nay hầu như không còn mang ý nghĩa nào nữa trong lãnh vực tự động hóa trong công nghiệp. Cáp đồng cũng có thể là dây 4 sợi quấn từng đôi.

Bảng 2: Độ dài dây Ethernet/Tôpô học

	10base5	10base2	ITP	STP	TP-Cord
Phương tiện truyền tải	Cáp đồng trục	Cáp đồng trục			
Tính linh động	Xấu	Trung bình	Xấu	Trung bình	Tốt
Lớp chắn	Hai lớp	Một lớp	Hai lớp	Một lớp	Một lớp
Tôpô học	Đường tuyến	Đường tuyến	Hình sao	Hình sao	Điểm tới điểm
Độ dài tối đa của phân đoạn	500 m	185 m	100 m	100 m	10 m
Khoảng cách tối thiểu giữa hai thành viên	2,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m

Bảng 1 trình bày tổng quát về các loại cáp. Số đứng đầu cho biết vận tốc truyền tải tối đa của cáp. Sau đó là chữ chỉ định "base" (phương pháp truyền tải). Nếu sau ký hiệu này là một số thì đó là cáp đồng trục; nếu là một chữ thì đó dây đồng cuốn từng đôi (T = Twisted) hoặc cáp quang (F = fiber optic).

Ngay trong Ethernet cũng quy định độ dài tối đa cho một phân đoạn. Mỗi loại cáp có thêm quy định về khoảng cách tối thiểu giữa hai thành viên. **Bảng 2** chứa những dữ kiện này.

Trong trường hợp những dây 10baseT cũng như 100baseT, lý do dùng dây 4 sợi là đường phát và đường thu được dùng riêng. Điểm này dẫn đến hai hậu quả:

https://tieulun.hopto.org

1. Bộ phát và bộ thu chỉ có thể được kết nối với nhau qua cách kết nối điểm-tới-điểm. Để có thể tạo một mạng người ta cần những "bộ phân phối bus" và tùy theo chức năng mà những bộ này được gọi là Hub hay Switch (Tôpô Sao).
2. Với lối bố trí này, Ethernet có khả năng chạy hai chiều (vollduxplex), một thành viên có thể gửi và nhận trong cùng một lúc.

Trong hầu hết các ứng dụng, cáp ITP hay STP cùng với phích cắm RJ-45 được dùng để nối các thành viên tham gia Ethernet.

RJ là viết tắt của "Rgistered Jack", đây là một ổ nối đã được chuẩn hóa. Vị trí các nối dây cho cả phích cắm và ổ nối được mô tả trong EIA/TIA-568. Tuy nhiên có hai cách chọn lựa nối dây định nghĩa: EIA/TIA-568A và B. Cả hai được phân biệt qua những đôi dây 2 và 3 có thể đổi chỗ với nhau **(Hình 1)**. Nếu ta dùng cáp được cắt kiểu sẵn và cáp có hai bộ cắm giống nhau thì ta gọi là cáp "nối thẳng" (straight through). Đây có nghĩa là dây phát của một thành viên được kết nối với dây phát của một thành viên khác.

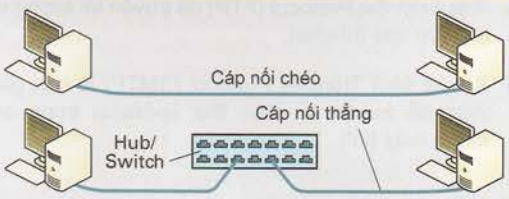
chấu	EIA/TIA 568A			EIA/TIA 568B		
	Tín hiệu	Đôi	Màu	Tín hiệu	Đôi	Màu
1	TX+	3	Trắng/Vằn xanh lục	Rx+	2	Trắng/Vằn cam
2	TX-	3	Xanh lục	Rx-	2	Cam
3	Rx+	2	Trắng/Vằn cam	Tx+	3	Trắng/Vằn xanh lục
4		1	Xanh dương		1	Xanh dương
5		1	Trắng/Vằn xanh dương		1	Trắng/Vằn xanh dương
6	TX-	2	Cam	TX-	3	Xanh lục
7		4	Trắng/Vằn nâu		4	Trắng/Vằn nâu
8		4	Nâu		4	Nâu

Phích cắm RJ45 nhìn từ trước (chỗ khóa ở trên)

Hình 1: Vị trí chấu ở phích cắm RJ45

Nếu bộ cắm ở một đầu cuối dây gắn theo EIA/TIA-568A và bộ cắm ở đầu kia của dây gắn theo EIA/TIA-568B thì ta có cáp "nối chéo" ("cross over"). Dây phát của một thành viên được nối với dây thu của thành viên khác.

Hình 2 cho thấy những lĩnh vực ứng dụng tiêu biểu của cáp nối chéo và nối thẳng. Vì bề ngoài một cáp nối thẳng rất khó phân biệt với cáp nối chéo nên những thành phần cấu tạo Ethernet tân tiến hỗ trợ chức năng gọi là chức năng nối chéo tự động (Auto-MDI(X)). Thành viên tự nhận dây phát và dây thu và tự động làm việc với chúng.



Hình 2: Áp dụng của cáp nối chéo và nối thẳng

Cho những thành phần hỗ trợ tính nối chéo tự động ta có thể dùng cáp nối thẳng hay nối chéo.

Cáp đồng với sợi cuốn xoắn từng đôi có nhiều chất lượng khác nhau. Để phân biệt, người ta định ra 7 hạng, theo đó chất lượng truyền tải tăng lên theo độ tăng của số hạng. Sự phân chia này hoàn toàn dựa vào cung cách truyền tải, không phân biệt giữa cáp có vỏ bọc và cáp trần.

Bảng 1 cho thấy mối quan hệ giữa hạng, tần số truyền tải tối đa và lãnh vực ứng dụng của Ethernet. Những cáp đó cũng được gọi tắt là cáp Cat-x ; Cat (tiếng Anh) = Category và x là ký hiệu của hạng.

Nếu dùng cáp ITP hay STP thì những thành viên của mạng được nối với nhau qua hub hay switch.

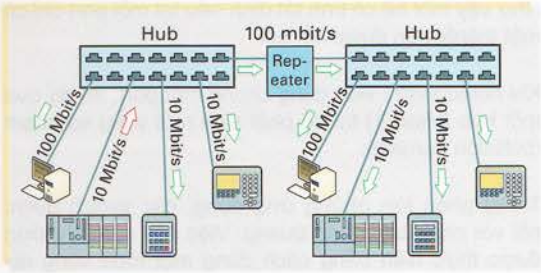
Bảng 1: Quan hệ cấp hạng/vận tốc truyền tải

Hạng	Tần số truyền tải tối đa	Lãnh vực ứng dụng của Ethernet
3	16	10Base-T, 100Base-T2, 1000Base-T4
4	20	
5	100	100Base-TX, 1000Base-T (Hạn chế)
5e	100	
6	250	
6e	500	10GBase-T (Hạn chế)
6a	625	10GBase-T
7	600	

https://tieulun.hopto.org

Như ta thấy trong **Bảng 2, trang 585**, độ dài của dây truyền tải giữa một hub/switch và một thành viên có thể tới 100 m. Dây chế tạo sẵn phải dài tối thiểu là 0,5 m để đáp ứng yêu cầu về khoảng cách tối thiểu giữa hai thành viên theo đúng như bảng này.

Hub và switch cung ứng một số lượng những giao diện để dùng gọi là port (cổng, ngõ).



Hình 1: Cách vận hành của một Hub

Một **hub (Hình 1)** gửi một thông điệp đã nhận được tại bất cứ một port nào tới tất cả những port khác hiện có mặt.Với cách này ta có một môi trường gọi là "phương tiện chia sẻ" (Shared Medium). Nhiều thành viên chia sẻ một phương tiện truyền tải chung. Vì Ethernet dùng CSMA/CD phương thức truy cập bus nên sự va chạm có thể xảy ra trong mạng này. Trong quan hệ này người ta cũng gọi đây là một Collision Domain (miền va chạm) .

> Miền va chạm (collision domain) là một mạng hay một phần mạng trong đó sự va chạm có thể xảy ra.

Vì lý do này những mạng hoạt động với hub không có tính tất định. Mục 12.5.3 đã giải thích vì sao va chạm có thể xảy ra. Cho Ethernet, một "cửa sổ va chạm" được định nghĩa dựa trên cơ bản của vận tốc truyền tải 10 Mbit/s. Cửa sổ va chạm là khoảng thời gian trong đó một va chạm có thể xảy ra và được quy định là 51,2 µs.

Cửa sổ va chạm được tạo ra do thời gian truyền tải tín hiệu trên dây dẫn. Để chắc chắn nhận ra một va chạm, một tín hiệu phải được truyền từ thành viên thứ nhất đến thành viên cuối cùng và truyền ngược trở lại. Có nghĩa là thời gian truyền tín hiệu tối đa trên dây là 25,6 µs. Xử lý với vận tốc lan truyền tiêu biểu là 2/3 vận tốc ánh sáng (khoảng 200.000 km/s) ta có được độ mở rộng tối đa của mạng là vào khoảng 5000 m.

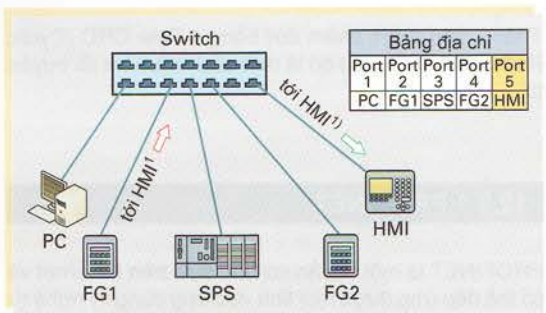
Để nhận ra sự va chạm, thông điệp Ethernet phải kéo dài tối thiểu là 51,2 µs. Nếu vận tốc truyền tải 10 Mbit/s ta có thời gian truyền bit là 0,1 µs. Như vậy ta phải truyền ít nhất là 512 bit để có thể nhận ra sự va chạm với độ chắc chắn 100 %. Khi dùng phương pháp truyền tải dữ liệu đồng bộ thì điều trên có nghĩa là 512/8 = 64 byte. Trên thực tế, độ dài tối thiểu của thông điệp lớn hơn.

> Một thông điệp Ethernet phải dài tối thiểu là 72 byte. Những bytes không cần thiết phải được nhồi thêm bằng byte nhồi, gọi là padding bytes.

Vì lý do tương thích người ta không đổi độ dài thông điệp tối thiểu này, thí dụ khi dùng mạng 100 Mbit/s. Như thế tính với vận tốc truyền tải nhanh gấp 10 lần ta có cửa sổ va chạm chỉ còn 5,12 µs và độ mở rộng của mạng chỉ còn 500 m.

Những thành viên vận hành với vận tốc truyền tải khác nhau có thể được kết nối với hub và với cả những mạng LWL (*cáp quang, từ tiếng Đức* ***Lichtwellenleiter***) hoặc mạng dây đồng.

Trái với hub, **switch (Hình 2)** truyền tiếp gói dữ liệu đến bộ nhận đã định mục tiêu trước. Switch quản lý một bảng địa chỉ, trong đó có địa chỉ của các thành viên gắn vào các port của switch. Switch tự học bảng địa chỉ này bằng cách phân tích (dùng ARP, tức giao thức Address Resolution Protocol; xem chương 1.5.2). Switch có khả năng xử lý song song nhiều dòng dữ liệu. Các thành viên thông thường vận hành với cách truyền hai chiều toàn vẹn và qua đó hoàn toàn tránh được va chạm.



Hình 2: Cách vận hành của một switch

[1)] HMI = Human Machine Interface - Giao diện giữa người và máy

https://tieulun.hopto.org

Như vậy một hệ có tính tất định nếu tại mỗi port chỉ có một thành viên được kết nối.

Khi nhiều thành viên dùng chung một port, thí dụ qua một hub **(Hình 1)** thì sẽ phát sinh một vùng va chạm (collision domain).

Trong phần lớn những ứng dụng, các switch được nối với nhau bằng cáp quang. Việc này cũng thường được thực hiện bằng cách dùng một tôpô vòng dư **(Hình 2)**. Việc truyền dữ liệu cục bộ, thí dụ trong nội bộ vùng va chạm hay giữa những port của một switch với nhau vẫn giữ tính cục bộ và không là gánh nặng cho các mạng kết nối kế tiếp.

Nếu nhiều thành viên cùng phát dữ liệu đến chỉ một bộ nhận, ta có thể dùng cách đặt cấp ưu tiên để đảm bảo tính tất định cho những tin tức nhất định. Nếu không, thì được giải quyết theo quy tắc "FIFO"; First in First out (cái gì vào trước thì ra trước).

Hình 3 cho thấy cấu trúc của một thông điệp Ethernet, được gọi là frame cơ bản (khung cơ bản). Bên cạnh frame cơ bản này còn có frame Q-tagged (khung gắn nhãn hiệu Q) và frame envelope (khung phong bì) mà ta không bàn đến ở đây.

Thông điệp bắt đầu với một phần mở đầu gồm 7 byte dùng để đồng bộ hóa các thành viên. Theo sau là dấu hiệu bắt đầu và sau đó là địa chỉ của đích và nguồn. Đây chính là mã số nhận diện MAC ID (xem mục 1.5.2) của bộ nhận và bộ phát. Tiếp theo là thông tin về độ dài của thông điệp hay loại của thông điệp.

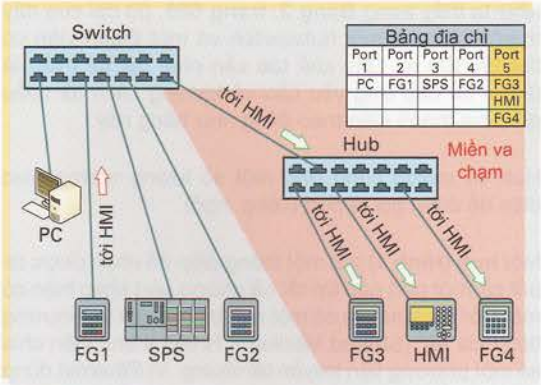
Nếu trị số được ghi ở đây nhỏ hơn hay bằng 1500_{dec} hay $0DC_{hex}$ (*ND: từ tắt viết thấp là cơ số*) thì có nghĩa đây là độ dài của thông điệp, nếu trị số lớn hơn hay bằng 1536_{dec} hay 0600_{hex} thì đây là loại thông điệp. Thí dụ 0800_{hex} cho giao thức IPv4, 0806_{hex} cho Address Resolution Protocol hay 8892_{hex} cho PROFINET.

Một trường dữ liệu phải có tối thiểu 46 byte và có thể dài tối đa 1500 byte. Nếu muốn truyền nhiều hơn 1500 byte dữ liệu thì ta phải chia chúng ra trong nhiều thông điệp. Giao thức bậc cao hơn cũng phải làm sao để dữ liệu tại bộ nhận được xếp lại đúng thứ tự đã chia.

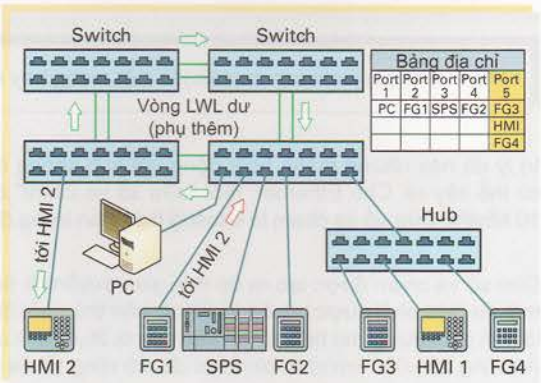
Thông điệp được chấm dứt bằng 4 Byte CRC (Cyclic Redundancy Check) đó là một cách kiểm tra lỗi truyền tải.

12.9.1 PROFINET

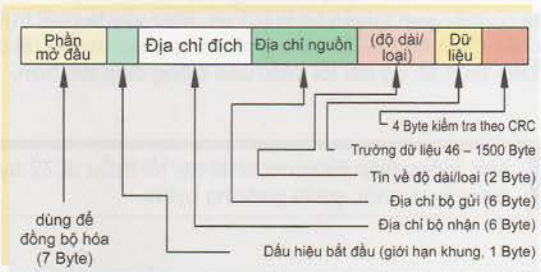
PROFINET là một chuẩn cơ bản dựa trên Ethernet và có thể đáp ứng được mọi lĩnh vực ứng dụng kỹ nghệ từ tự động hóa sản xuất đến tự động hóa quá trình. Băng



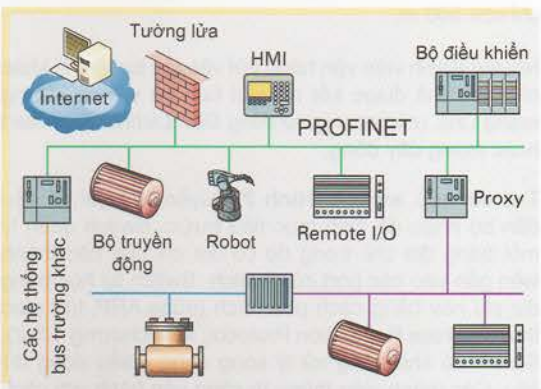
Hình 1: Miền va chạm (collision domain)



Hình 2: Vòng Ethernet



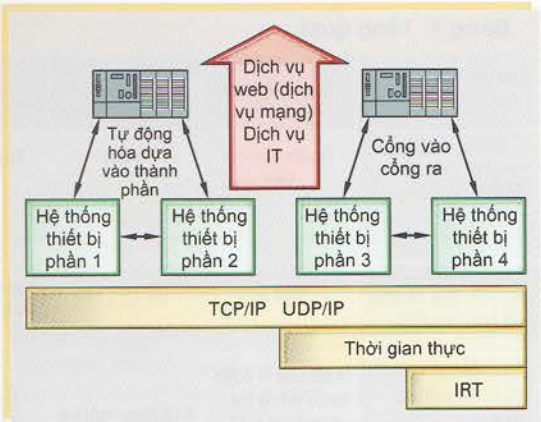
Hình 3: Thông điệp Ethernet



Hình 4: Các lĩnh vực ứng dụng PROFINET

https://tieuluan.hopto.org

phổ ứng dụng trải dài từ truyền tải tín hiệu chuyển mạch theo kỹ thuật số cho đến đồng bộ hóa các bộ truyền động **(Hình 4, trang 588)**. PROFINET được thiết kế theo phương thức gọi là "Switched Ethernet". Điều này có nghĩa là các thành viên PROFINET được kết nối mạng chỉ qua switch. Những switch này phải biết hỗ trợ "Auto Cross Over", "Auto negotiation" tức là tự động thương lượng về các thông số truyền cũng như truyền tải toàn vẹn cả hai chiều. Vận tốc truyền tải được quy định là 100 Mbit/s. Các dữ liệu có thể truyền tải qua cáp đồng cũng như qua cáp quang. Ngay cả những kỹ thuật không dây như Wi-Fi và Bluetooth cũng có thể thiết kế vào mạng PROFINET được.



Hình 1: Các giao thức PROFINET

PROFINET phân biệt giữa truyền thông dựa trên thành phần (PROFINET CBA, component based automation) và truyền thông qua trao đổi dữ liệu vào và ra (PROFINET IO). Các thành phần ở đây là những bộ phận của máy hay của thiết bị cần phải nối mạng với nhau. **Hình 1** biểu diễn một cái nhìn tổng quát về PROFINET.

PROFINET IO dùng để kết nối những thiết bị ngoại vi có tính phân tán (không tập trung).

Lĩnh vực ứng dụng này có thể so sánh với lĩnh vực ứng dụng của PROFIBUS-DP.

PROFINET dùng các giao thức khác nhau cho các ứng dụng khác nhau:

- TCP/IP cho PROFINET-CBA. TCP là một giao thức tất định. Qua đó, bộ phát biết các dữ liệu đã được gởi đến đúng bộ nhận.
- UDP/IP cho PROFINET IO. UDP là giao thức không tất định.
- Giao thức RT thời gian thực (RT, Real Time Protocol). Truyền thông RT đặt nền tảng cho sự trao đổi dữ liệu ở PROFINET IO. Thời gian thực (real-time) trong PROFINET đặt cơ sở trên việc sau: Trong một chu trình bus, tất cả thời gian chỉ hoàn toàn dành cho việc truyền thông RT mà thôi. Các thông điệp RT được ưu tiên hơn các thông điệp TCP hay UDP. Chính việc này ngăn cản mọi sự chậm trễ trong các switch. Thời gian chu trình ở đây kéo dài trong phạm vi từ 1 ms đến 10 ms.
- Giao thức IRT thời gian thực với tính đẳng thời (IRT, Isochronous Real Time Protocol: dùng thời gian bằng nhau). Giao thức này được đặc biệt tạo ra để các bộ truyền động đồng bộ hóa các với nhau. Các thông điệp này được truyền tải ngay lúc đầu của chu kỳ bus và có thể lệch 1µs. Để đồng bộ hóa người ta còn dùng thêm một giao thức nữa là đó là giao thức thời gian chính xác (Precision Time Protocol PTP).

12.10 Tóm tắt

Những hệ thống bus trường được mô tả trong các mục từ 12.7 đến 12.9 chỉ là một phần nhỏ những hệ thống được cung cấp trên thị trường. Những hệ thống đã được mô tả này hầu như hoàn toàn được dùng trong tự động hóa sản xuất hay trong tự động hóa quá trình.

12

Một hệ bus trường quan trọng không được mô tả ở đây là thí dụ **C**ontroller **A**rea **N**etwork (CAN). Bus CAN nguyên thủy đi từ kỹ nghệ ô tô thường được dùng trong những hệ thống thiết bị với không gian mở rộng nhỏ, thí dụ như những máy công cụ. Bus CAN có nhiều loại có đặc trưng khác nhau, thí dụ CANopen, CANrho, CANKingdom. Ngay cả các hệ bus trường như DeviceNet cũng dựa vào bus CAN. Trong khuôn khổ sách này không mô tả những loại bus này.

Nếu cần tìm hiểu thêm về các hệ này, xem thêm những tài liệu chuyên ngành tương ứng. Bảng sau đây so sánh một vài đại lượng đặc trưng của những hệ bus trường, ngay cả khi chúng không được đề cập trong các chương trước.

https://tieulun.hopto.org

Bảng 1: Tổng quát

	Giao diện AS	InterBus	CAN	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-PA	FOUNDATION Bus trường Bus H1
TôPô	Tuyến đường/ Cây	Vòng	Tuyến đường	Tuyến đường	Tuyến đường với dây phân nhánh	Tuyến đường với dây phân nhánh
Độ dài dây không có khuếch đại	100 m	tới 12,8 km	1 km với 50kBd; 40 m với 1 MBd	1,2 km (93,75 kBd) 400 m (500 kBd) 200 m (1,5 MBd) 100 m (12 MBd)	1900m cũng như 1000m cho ứng dụng ở ngoài	1900m cũng như 1000m cho ứng dụng ở ngoài
Khối lượng dữ liệu	4 Bit vào + 4 Bit ra (3 Bit ra theo quy cách 2.11) mỗi bộ khách	512 Byte mỗi hệ	8 Byte mỗi Thông điệp	244 Byte vào + 244 Byte ra mỗi bộ khách	244 Byte vào + 244 Byte ra mỗi bộ khách	Tối đa 276 Byte mỗi thành viên
Số thành viên tối đa	62	512	Không giới hạn	126	126	240
Vận tốc truyền tải	167 kBd	500 kBd, 2MBd	50 kBd tới 1 MBd	9,6 kBd tới 12 MBd	31,25 kBd	31,25 kBd
Phương thức truyền tải	Đồng bộ	Đồng bộ	Đồng bộ	Bất đồng bộ	Đồng bộ	Đồng bộ
Phương thức truy cập bus	Master/slave (chủ/khách)	Thanh ghi dịch phân phối	CSMA/CA	Phương thức truy cập lại	Phương thức truy cập lại	Trọng tài/ Phân xử Bus
Lớp vật lý tính	30 VDC, 8 A (Nguồn cung cấp); 3 V_{ss} tới 8 V_{ss} (tín hiệu dữ liệu)	RS422 (Bus xa); TTL (Bus ngoại biên)	RS485 (được sửa đổi)	RS485	IEC 61158-2	IEC 61158-2

Bài tập:

1. Hãy cho biết thời gian phản ứng điện tử bao gồm những thời gian nào và được tính ra sao?
2. Phương thức truy cập lại là gì và được dùng trong các hệ bus trường nào?
3. Hãy giải thích thuật ngữ "Khoảng cách Hamming"!
4. Giao diện AS-i 2.11 cho phép 62 thành viên chạy trên giao diện. Hãy giải thích các bộ khách AS-i được lập địa chỉ ra sao và có những ảnh hưởng nào nếu các bộ khách AS-i "cũ" theo đặc tả 2.10 hay cũ hơn kết nối chung với các bộ khách AS-i "mới" theo đặc tả 2.11 hay cao hơn và hoạt động cùng với một bộ chủ?
5. "Lập trình địa chỉ tự động" nghĩa là gì và khi nào thì được sử dụng?
6. PROFIBUS-DP hỗ trợ vận tốc truyền tải nào và độ dài dây tối đa là bao nhiêu cho mỗi phân đoạn với từng vận tốc truyền tải?
7. "Tập tin GSD" là gì và được dùng để làm gì?
8. Hãy giải thích ngắn gọn sự khác biệt quan trọng giữa PROFIBUS-DP và PROFIBUS-PA!
9. Phương thức truy cập bus nào được dùng cho Ethernet?
10. Hãy giải thích thuật ngữ "Collision Domain".
11. "Auto Cross Over" nghĩa là gì?
12. Cáp cat 5 có thể dùng cho một ứng dụng Gigabit-Ethernet được không? Hãy giải thích lý do.
13. Ethernet được định nghĩa trên những tầng nào của mô hình tham chiếu ISO/OSI (mô hình 7 tầng) và việc này gây ra những ảnh hưởng gì?
14. Tại sao những dữ liệu của một thông điệp Ethernet phải có tối thiểu là 46 byte?

https://tieulun.hopto.org

13 Hệ thống cơ điện tử

Hệ thống cơ điện tử phức tạp thường là sự kết hợp điều khiển từ nhiều hệ thống cơ điện tử thành phần (hệ thống con). Đặc điểm chủ yếu của chúng là kết nối nhiều kỹ thuật thiết bị với nhau. Vì thế, hệ thống cơ điện tử phức tạp thường xuất hiện một số vấn đề trong khi tương tác phối hợp giữa các kỹ thuật khác nhau. Do vậy, kỹ thuật viên cơ điện tử cần phải hiểu biết tường tận từng kỹ thuật thiết bị riêng lẻ cũng như sự kết nối giữa chúng. Thí dụ máy ép thí nghiệm (**Hình 1**) dùng để chế tạo các bộ phận ép bằng chất dẻo, cao su,... với số lượng nhỏ. Quy trình ép có thể là ép nóng hay lạnh.

13.1 Các hệ thống thành phần của hệ thống cơ điện tử

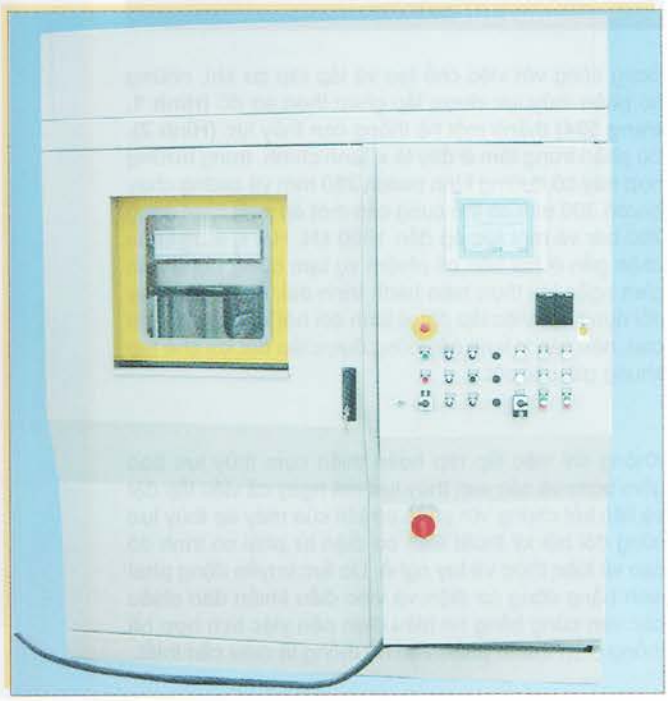
Máy ép thí nghiệm bao gồm một **hệ thống cơ khí thành phần hay hệ thống con cơ khí** cứng vững, được chế tạo qua nhiều công đoạn (đúc, cắt gọt, gắn kết,...). Chỉ một phần các công đoạn đó được thực hiện bởi kỹ thuật viên cơ điện tử, nhiều công đoạn khác nhất là đúc và cắt gọt được thực hiện bởi các "nhà cung cấp" từ các công ty khác hoặc các bộ phận khác. Kỹ thuật viên cơ điện tử lắp ráp các chi tiết cơ khí hoặc các cụm cơ khí với nhau và kiểm tra khả năng hoạt động của chúng. Quá trình đó, đặc biệt là phương pháp gắn kết (xem chương 7) cần được xử lý một cách chuyên nghiệp.

Nhiệm vụ của hệ thống cơ chủ yếu là gắn giữ các hệ thống thành phần khác cũng như tiếp nhận các lực phát sinh và chuyển tiếp đến những vị trí tác động cần thiết.

Các lực này được tạo ra bởi **hệ thống thủy lực thành phần hay hệ thống con thủy lực**. Hệ thống thành phần này không những đảm nhận chức năng biến đổi năng lượng điện sang động năng mà còn chuyển vận năng lượng thông qua hệ thống thủy lực. Trong khuôn khổ điều khiển các chu trình hoạt động, việc chuyển đổi và truyền tải tin tức cũng được hoàn tất. Đặc biệt ở đây yêu cầu kỹ thuật viên cơ điện tử phải thực hiện đúng các kết nối và đầu nối như yêu cầu trong sơ đồ thủy lực. Như đã nhiều lần đề cập, điều này đòi hỏi khả năng đọc và giải thích được các sơ đồ mạch thủy lực.

Nhiệm vụ của **hệ thống điện - khí nén thành phần hay hệ thống con điện - khí nén** của máy ép thủy lực là cung cấp các biện pháp an toàn cần thiết để ngăn ngừa sự vận hành không đúng quy trình, thí dụ tấm chắn an toàn điều khiển bằng khí nén, cũng như tự động cung cấp các tấm làm nguội. Tương tự như vậy trong hệ thống thủy lực thành phần, việc hiểu rõ các tài liệu văn bản là vô cùng quan trọng. Các bộ phận điều khiển bằng khí nén phải được lắp ráp cẩn thận, kết nối với điện, khí nén và được hiệu chỉnh sau đó.

Hệ thống điện thành phần chủ yếu đảm nhận chức năng biến đổi, liên kết, chuyển tải và lưu trữ tín hiệu và năng lượng. Nó bao gồm các bộ phận cấp công suất và cấp tín hiệu. Vì thế rất cần kiến thức trong các lĩnh vực kỹ thuật điện cũng như kỹ thuật điều khiển logic lập trình PLC.



Hình 1: Máy ép thí nghiệm

https://tieulun.hopto.org

13.2 Các thành phần của hệ thống cơ điện tử

Có thể nhận biết các thành phần riêng lẻ của một hệ thống cơ điện tử và tác động tổng hợp của chúng tốt nhất qua mô tả quá trình hình thành. Như đã đề cập, các sơ đồ và bản vẽ đầy đủ là cơ sở cho quá trình lắp ráp của kỹ thuật viên cơ điện tử.

13.2.1 Hệ thống con vận hành bằng cơ

Bộ phận chủ chốt của máy ép thủy lực là tấm ép trên và dưới dùng để lắp ráp khuôn ép trước khi sử dụng. Tùy thuộc vào mục đích sử dụng sau này, khuôn ép có thể là kiểu được gia nhiệt hoặc làm lạnh theo yêu cầu, hoặc không bị ảnh hưởng bởi tác dụng nhiệt. Các tấm ép được giữ chặt và chuyển động theo phương thẳng đứng nhờ bốn trụ dẫn hướng lắp chặt trên bàn máy (**Hình 1**). Chúng cũng được kết nối với các bộ phận truyền lực và vận hành thủy lực. Kỹ thuật viên cơ điện tử được cung cấp tất cả các bộ phận vừa kể dưới dạng chi tiết riêng lẻ hay cụm lắp ráp hoàn thiện. Như thế trong trường hợp này trách nhiệm của kỹ thuật viên cơ điện tử là **lắp ráp theo đúng (quy cách)** bản vẽ (**Hình 1, trang 593**).

Hình 1: Trụ dẫn hướng với xi lanh chính

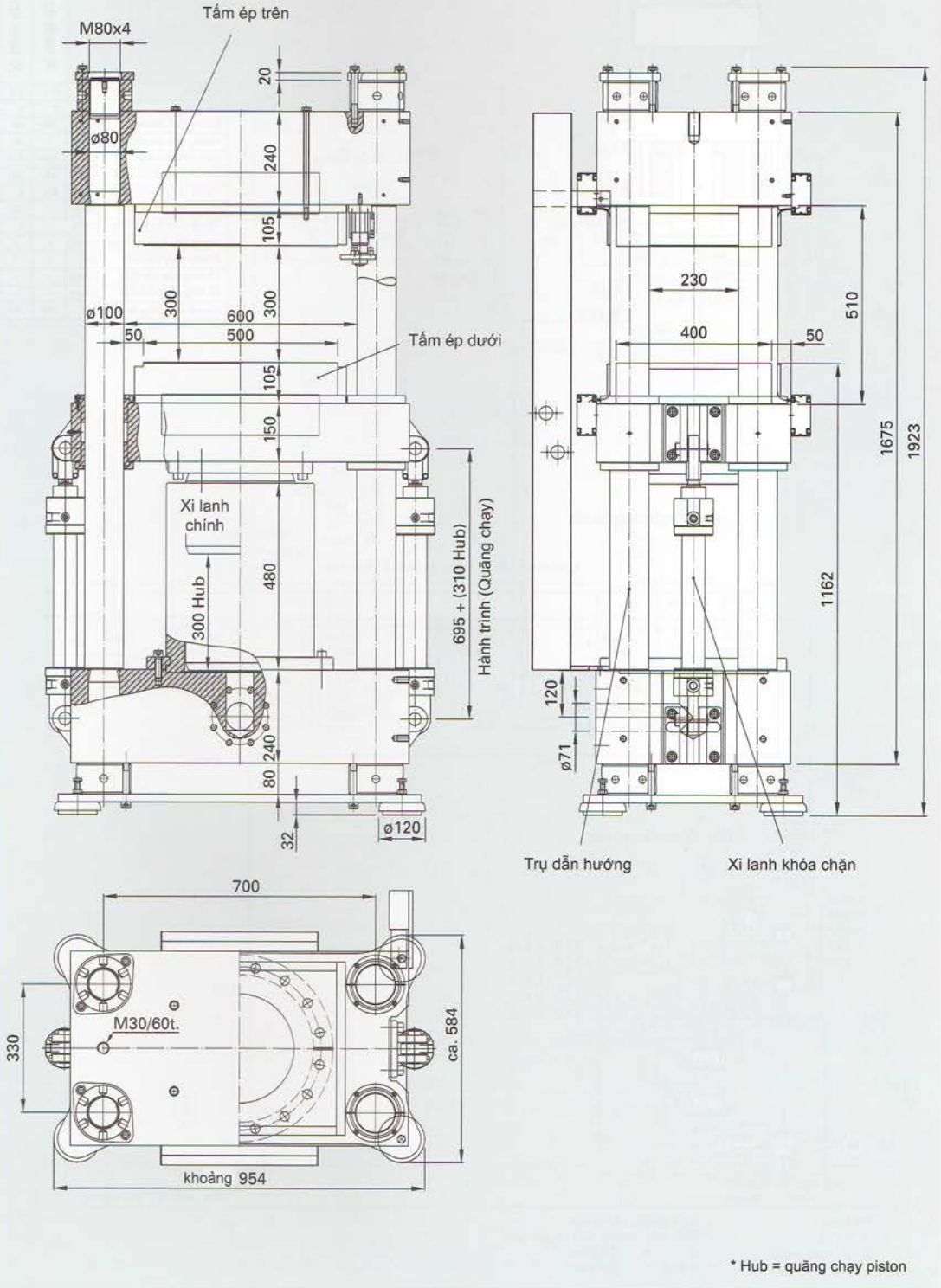
13.2.2 Hệ thống con vận hành bằng thủy lực

Song song với việc chế tạo và lắp ráp cơ khí, những bộ phận thủy lực được lắp ghép theo sơ đồ **(Hình 1, trang 594)** thành một hệ thống con thủy lực **(Hình 2)**. Bộ phận trung tâm ở đây là xi lanh chính, trong trường hợp này có đường kính piston 280 mm và quãng chạy piston 300 mm có thể cung cấp một áp suất hoạt động 260 bar và một lực ép đến 1600 kN. Hai xi lanh khóa chặn gắn ở hai bên có nhiệm vụ tạm dừng trong thời gian ngắn khi thực hiện hành trình dài, thí dụ lúc thay đổi dụng cụ. Việc lắp đặt xi lanh đòi hỏi kỹ năng cơ khí cao, nên các xi lanh này cũng được lắp đặt khi chế tạo khung giữ các cột.

Không chỉ việc lắp ráp hoàn thiện cụm thủy lực bao gồm bơm và các van thủy lực mà ngay cả việc lắp đặt và liên kết chúng với phần cơ khí của máy ép thủy lực cũng đòi hỏi kỹ thuật viên cơ điện tử phải có trình độ cao về kiến thức và tay nghề. Do lực truyền động phát sinh bằng động cơ điện và việc điều khiển đảo chiều các van cũng bằng tín hiệu điện nên việc tích hợp hệ thống điện thành phần vào hệ thống là điều cần thiết.

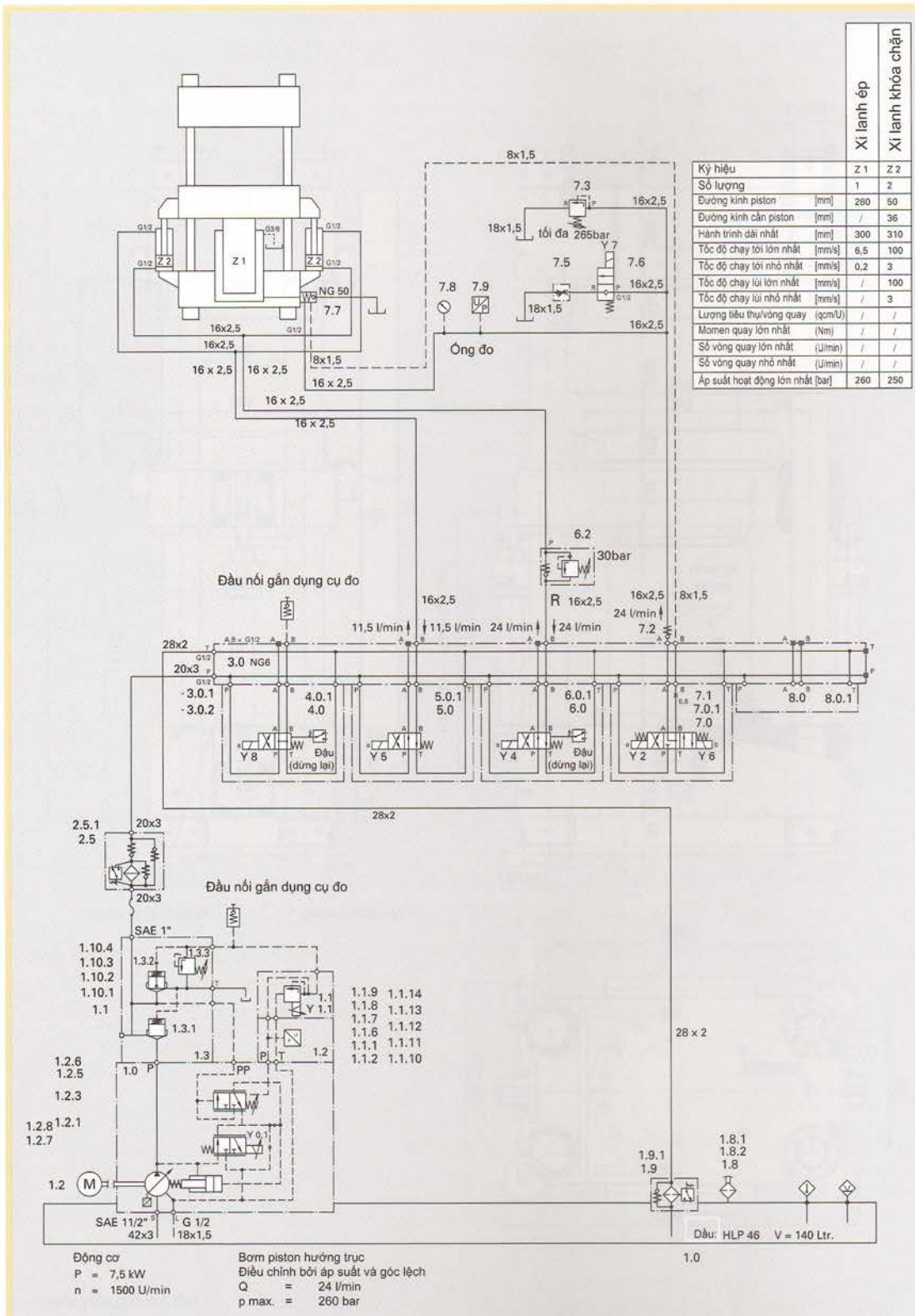
Hình 2: Thiết bị thủy lực

https://tieulun.hopto.org



Hình 1: Kết cấu cơ khí của giá giữ các cột (trích đoạn)

https://tieulun.hopto.org

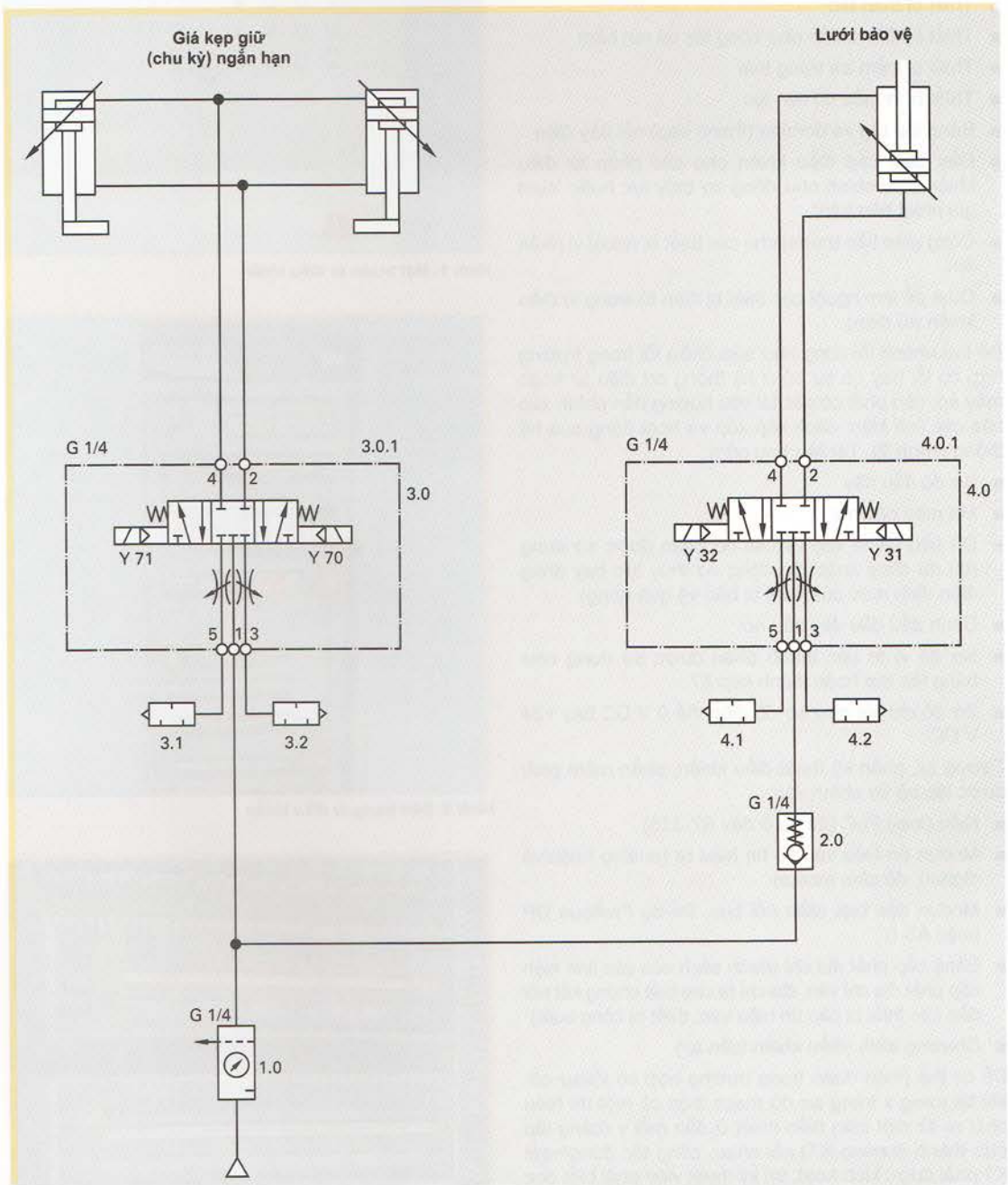


Hình 1: Sơ đồ mạch thủy lực của máy ép (trích đoạn)

https://tieulun.hopto.org

13.2.3 Hệ thống con vận hành bằng khí nén

Nhiệm vụ của hệ thống khí nén thành phần trong trường hợp hiện tại được giới hạn trong việc mở và đóng tấm chắn lưới bảo vệ cũng như chuyển động của bộ hỗ trợ kẹp giữ ngắn hạn. Các bộ phận khí nén phải được lắp ráp đúng theo sơ đồ mạch khí nén **(Hình 1)** và được nối tới các ống dẫn khí nén. Ở đây các ký hiệu đấu nối phải được tuân thủ chính xác. Vì chuyển động của xi lanh chỉ được thực hiện bởi nút ấn cơ điện, nên việc tích hợp vào hệ thống điện thành phần là bắt buộc.



Hình 1: Trích từ sơ đồ mạch khí nén

https://tieulun.hopto.org

13.2.4 Hệ thống con về điện

Xử lý thông tin trong hệ thống cơ điện tử được quyết định bởi việc xử lý các dữ liệu đo lường (gắn chặt với các quá trình hoạt động) và việc tạo ra các tín hiệu can thiệp (thí dụ DỪNG KHẨN CẤP). Tủ điều khiển **(Hình 1)** là bộ phận chủ yếu trong việc xử lý thông tin của máy ép.

Trong tủ điều khiển lắp đặt có các bộ phận sau:

- Thiết bị thao tác
- Thiết bị điều khiển như công tắc và nút bấm
- Thiết bị kiểm tra trạng thái
- Thiết bị in biểu đồ liên tục
- Bảng lắp ráp và domino (thanh kẹp) nối dây điện
- Đầu cắm cáp điều khiển cho các phần tử điều khiển điều chỉnh như động cơ thủy lực hoặc "cụm gia nhiệt bên trên"
- Cổng giao tiếp (ports) cho các thiết bị ngoại vi phân tán
- Quạt để làm nguội các thiết bị điện tử trong tủ điều khiển (tủ điện)

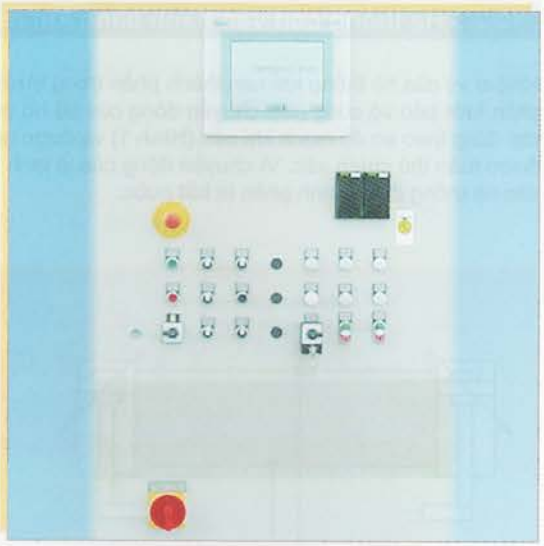
Để tìm nhanh lỗi cũng như sửa chữa lỗi trong trường hợp có lỗi hay có sự cố ở hệ thống cơ điện tử hoặc máy ép, cần phải có các tài liệu hướng dẫn chính xác của các linh kiện, cách sắp xếp và hoạt động của hệ thống **(Hình 2)**. Tài liệu bao gồm:

- Sơ đồ đấu dây
- Mã màu dây nối
- Dữ liệu chính xác về các bộ phận được sử dụng (thí dụ công suất của động cơ thủy lực hay dòng điện định mức của thiết bị bảo vệ quá dòng).
- Đánh dấu đầu dây đấu nối
- Sơ đồ vị trí các thành phần được sử dụng như bảng lắp ráp hoặc thanh kẹp X7
- Sơ đồ chi tiết như sơ đồ điện thế 0 V DC hay +24 V DC

Tương tự, phần kỹ thuật điều khiển, phần mềm phải được lập hồ sơ chính xác:

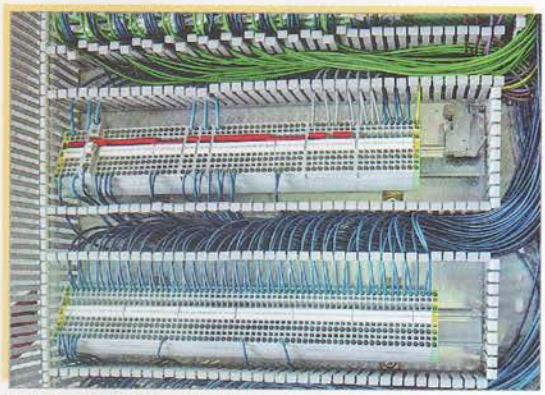
- Kiểu (loại) PLC (thí dụ ở đây S7-315)
- Modun tín hiệu vào và tín hiệu ra (analog hoặc/và digital), đế cắm modun
- Modun đặc biệt (đầu nối bus, thí dụ Profibus DP hoặc AS-i)
- Bảng cấp phát địa chỉ (danh sách của các linh kiện cấp phát địa chỉ vào, địa chỉ ra cho biết chúng kết nối đến các thiết bị cấp tín hiệu vào, thiết bị công suất)
- Chương trình (điều khiển tuần tự)

Để có thể phán đoán trong trường hợp có lỗi/sự cố: khi tại trang x trong sơ đồ mạch điện có một tín hiệu phát ra từ một cảm biến nhiệt ở đầu mối y (bảng lắp ráp, thanh domino X7) nối nhau, công tắc đóng/ngắt K1 phải được kích hoạt, thì kỹ thuật viên phải biết đọc các tài liệu có liên quan, có thể hiểu và giải thích được các mối quan hệ kỹ thuật này **(Hình 3)**.



Hình 1: Mặt trước tủ điều khiển

Hình 2: Bên trong tủ điều khiển



Hình 3: Chi tiết bảng lắp ráp

https://tieulun.hopto.org

Dựa vào các sơ đồ gốc, ta có thể nhìn được bên trong phần kỹ thuật điện của hệ thống cơ điện tử.

Để không bị mất phương hướng khi có quá nhiều dây điện được lắp đặt trong tủ điều khiển, các màu khác nhau được sử dụng để đấu nối trên các thanh kẹp **(Hình 3, trang 596 và Bảng 1)**.

Bảng 1: Màu của dây nối

Màu	Ứng dụng
Đen	Mạch điện chính 400 V
Xanh	Dây trung tính
Đỏ	Điện áp điều khiển 230 V
Xanh	Điện áp điều khiển +24 V
Xám	Cấp điện cho thiết bị
Tím / Nâu	Ngõ ra tương tự
Xanh lá cây	Ngõ vào tương tự
Cam	Dây dẫn điện ra bên ngoài

Tủ điều khiển được chia thành nhiều tầng **(Bảng 2)**. Tủ (Ss) cũng như các thanh kẹp (Kk) của thiết bị ngoại vi phân tán được bố trí như sau **(Hình 1)**:

Thanh đấu nối dây điện (thanh kẹp):

- X0 = Đấu nối điện 400 V AC (Ss)
- X1 = Đấu nối điện 230 V AC (Ss)
- X2 = Đấu nối điện +24 V DC (Ss)
- X7 = Đấu nối các thiết bị ngoại vi phân tán (Kk)
- X8 = Đấu nối thiết bị bảo vệ (Kk)
- X9 = Nắp che bảo vệ các tiếp điểm (Kk)

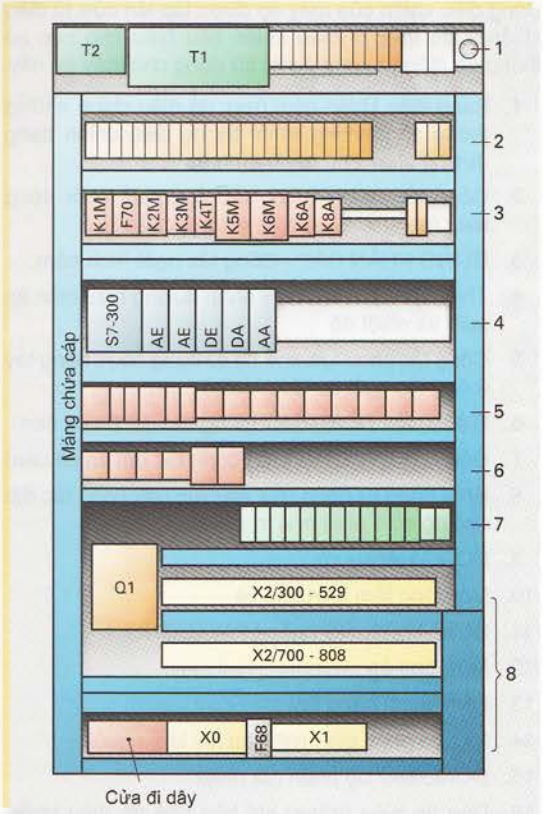
Đầu cắm cáp điều khiển trong tủ điều khiển:

- SX1 = Động cơ
- SX2/SX3 = Gia nhiệt trên
- SX4/SX5 = Gia nhiệt dưới
- SX7 = Thủy lực; các van giám sát
- SX8 = Thiết bị bảo vệ
- SX9 = Công tắc vị trí cuối của máy ép
- SX10 = Dây bus

Thanh kẹp nối dây điện **(Hình 2)** dành cho thiết bị ngoại vi phân tán được gắn ngay trên động cơ máy ép. Trong đó có chứa bộ phận điều khiển thiết bị bảo vệ an toàn cho máy ép cũng như modun kết nối (Profibus) đến PLC.

Ưu điểm của sự phân tán (không tập trung):

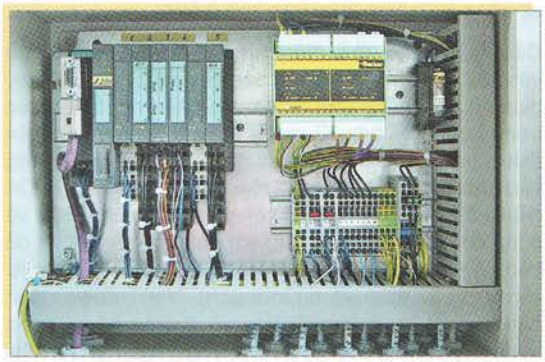
- Sử dụng rất ít bộ phận và vật liệu như dây cáp và các máng chứa cáp; có thể sử dụng những dây chuẩn bị sẵn.
- Tính linh hoạt cao trong việc tương thích và mở rộng hệ thống.
- Không mất thời gian tìm lỗi lúc lắp ráp, vận hành hay khi bảo hành bằng nhiều chức năng chẩn đoán khác nhau.



Hình 1: Tủ điều khiển với bảng lắp ráp

Bảng 2: Các tầng của tủ điều khiển

Tầng	Linh kiện / cấu kiện
1	Máy biến thế điều khiển T1, T2
1/2	Thiết bị bảo vệ dòng điện cực đại (quá dòng)
3	Thiết bị chống quá tải động cơ
4	Lắp đặt PLC
5/6	Những bộ công tắc bảo vệ / Rơle
7	Thiết bị chuyển đổi nhiệt độ sang điện áp Giám sát nhiệt độ
8	Thanh kẹp nối dây điện (thanh domino)

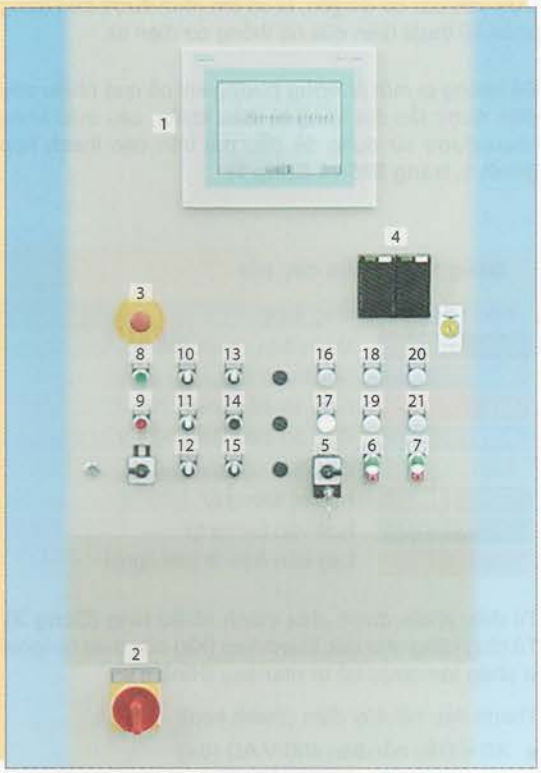


Hình 2: Thanh kẹp nối dây điện cho thiết bị ngoại vi phân tán

https://tieulun.hopto.org

Bảng điều khiển của máy ép được lắp lên cửa tủ điều khiển. Các thiết bị điều khiển tiêu biểu cho các hệ thống cơ điện tử cũng được sử dụng cho máy ép này.

1. Bảng điều khiển cảm ứng; để điều chỉnh những thông số chương trình, thí dụ điều chỉnh dạng đường chạy cho hành trình ép
2. Công tắc chính (công tắc ngắt) để khởi động máy ép
3. DỪNG KHẨN CẤP - Công tắc ngắt hình nấm
4. Thiết bị vẽ đồ thị để ghi nhận đường biểu diễn áp suất và nhiệt độ
5. Công tắc chọn lựa chế độ tự động hoặc bằng tay (công tắc ngắt có chìa khóa)
6. Điều khiển ĐÓNG/MỞ (công tắc nút ấn có đèn)
7. Động cơ ép ĐÓNG/MỞ (công tắc nút ấn có đèn)
8. Khởi động tự động (nút ấn); lúc này công tắc đặt chế độ số 5 phải ở vị trí chế độ tự động
9. ĐÓNG/Hết sự cố
10. Mở/đóng tấm lưới bảo vệ
11. Bộ hỗ trợ chu kỳ ngắn LÊN/XUỐNG
12. Mở/đóng ép
13. Làm nguội bằng tay
14. MỞ bộ phận gia nhiệt sau khi làm nguội
15. ĐÓNG/MỞ bộ phận gia nhiệt
16. Đèn tín hiệu (trắng) chỉ báo chế độ điều khiển bằng tay
17. Đèn tín hiệu chỉ báo đang thiết lập
18. Đèn tín hiệu chỉ báo chế độ tự động
19. Đèn tín hiệu chỉ báo thoát hơi
20. Gia nhiệt
21. Làm nguội



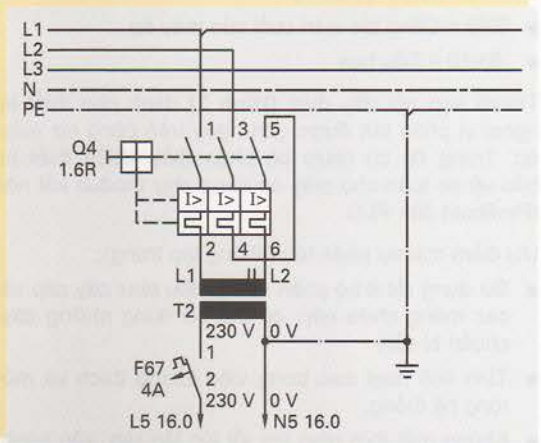
Hình 1: Bảng điều khiển của máy ép

Các thành phần của tủ điều khiển

Tầng 1 **(Bảng 2, trang 597)** được lắp ráp các máy biến thế T1 và T2. Máy biến thế T1 có bộ chỉnh lưu cung cấp dòng điện một chiều 24 V (DC). Máy biến thế T2 **(Hình 2)** cung cấp dòng điện điều khiển từ mạch thứ cấp. T2 được sử dụng vì bộ truyền động thủy lực có công suất định mức cao hơn 3 kW.

Hình 2: Máy biến thế điều khiển T1

Các máy biến thế điều khiển thường được đấu vào hai dây điện từ ngoài vào (L1 và L2). Điều này giúp chúng không phụ thuộc vào các ứng dụng khác trong hệ thống điện. Ở mạch thứ cấp, các mạch điện điều khiển có thể được nối đất hoặc không (nhưng nếu không thì vấn đề cách điện phải được chú ý). Q4 **(Hình 3)** trình bày một bộ công tắc đóng/ngắt bảo vệ động cơ (trình bày hai cực) với phần tử cảm nhiệt để bảo vệ cuộn dây động cơ (tránh quá tải) và phần tử cảm ứng từ (bảo vệ ngắn mạch). "F67" được đánh dấu là thiết bị đóng/ngắt bảo vệ đường dây. Chúng là những thiết bị bảo vệ có thể được vận hành trở lại sau khi kích hoạt. Máy biến thế được nối đất một bên.



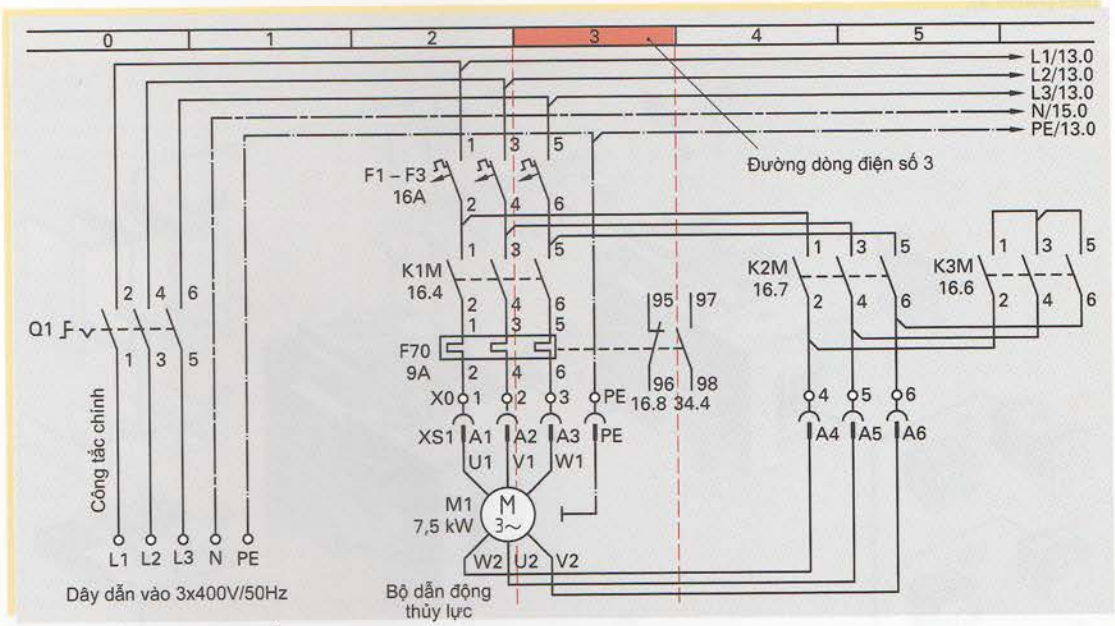
Hình 3: Máy biến thế điều khiển T1 với bảo vệ quá dòng

https://tieulun.hopto.org

Tiêu chí chọn lựa cơ chế bảo vệ quá dòng cho mạch điện điều khiển:

- **Dòng điện định mức** cần được xác định phù hợp với tải của các bộ chuyển mạch phụ, để phòng ngừa các tiếp điểm công tắc bị hàn dính vào nhau (chú ý thông số của nhà sản xuất).
- Thời gian đóng/mở trong trường hợp ngắn mạch phải nhỏ hơn 1 giây, nếu không tình trạng điều khiển ngoài dự kiến có thể xảy ra.
- Việc lựa chọn phải được thực hiện sao cho mạch sơ cấp của máy biến thế T2 được bảo vệ bởi Q4 và mạch thứ cấp bởi F67. Cơ chế bảo vệ quá dòng này phải được lựa chọn riêng biệt với nhau, qua đó chỉ có mạch điện điều khiển gặp lỗi bị ngắt mà thôi.

Bộ truyền động thủy lực được bảo vệ bởi các công tắc chống quá tải và được kích hoạt hoạt động qua mạch khởi động nối sao - tam giác (**Hình 1**; K1M, K2M, K3M). Các công tắc chống quá tải là các công tắc điện từ có thể bằng lực phục hồi và giúp đóng hoặc mở các mạch điện công suất đa cực bằng một năng lượng kích thích nhỏ. Về nguyên tắc, các công tắc bảo vệ (khí cụ bảo vệ, công tắc tơ) được chia ra hai loại chính và phụ.



Hình 1: Sơ đồ mạch điện bộ dẫn động thủy lực

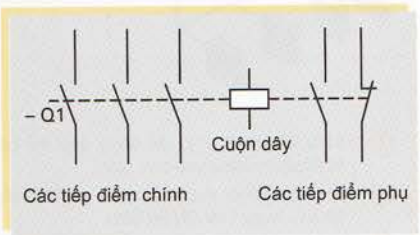
Bộ công tắc bảo vệ chính (ký hiệu Q), là những công tắc bảo vệ quá tải dùng để đóng, mở và chuyển mạch (khởi động đổi nối sao - tam giác) cho mạch điện công suất (động cơ M1 **Hình 1**). Chúng bao gồm các tiếp điểm chính đóng/mở cho dòng điện công suất, và cùng một số tiếp điểm phụ đóng/mở cho các kết nối logic và lưu trữ (tự duy trì).

Ký hiệu đấu nối của các bộ công tắc bảo vệ

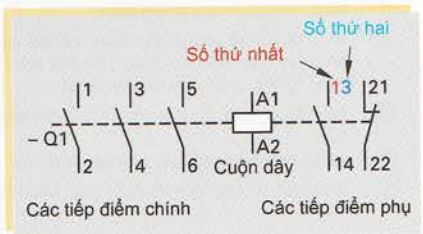
Cuộn dây của công tắc tơ mang ký hiệu A1, A2; các tiếp điểm chính có ký hiệu 1-2; 3-4; 5-6. Các tiếp điểm phụ được đánh số như sau:

- Số thứ nhất chỉ vị trí 1, 2, 3,...
- Số thứ hai chỉ tính chất của tiếp điểm như 1-2 có nghĩa là tiếp điểm thường đóng hoặc 3-4 là cho tiếp điểm thường mở. Như vậy thí dụ ký hiệu 21-22: có nghĩa là tiếp điểm phụ ở vị trí **2** và là tiếp điểm thường đóng **(Hình 3).**

Bộ công tắc bảo vệ phụ giúp hình thành nên các kết nối logic. Chúng không phù hợp cho việc đóng/mở các dòng điện công suất (tải). Vì thế chúng không có các tiếp điểm chính, nhưng lại có nhiều tiếp điểm phụ.



Hình 2: Công tắc tơ chính



Hình 3: Ký hiệu tiếp điểm của công tắc tơ chính

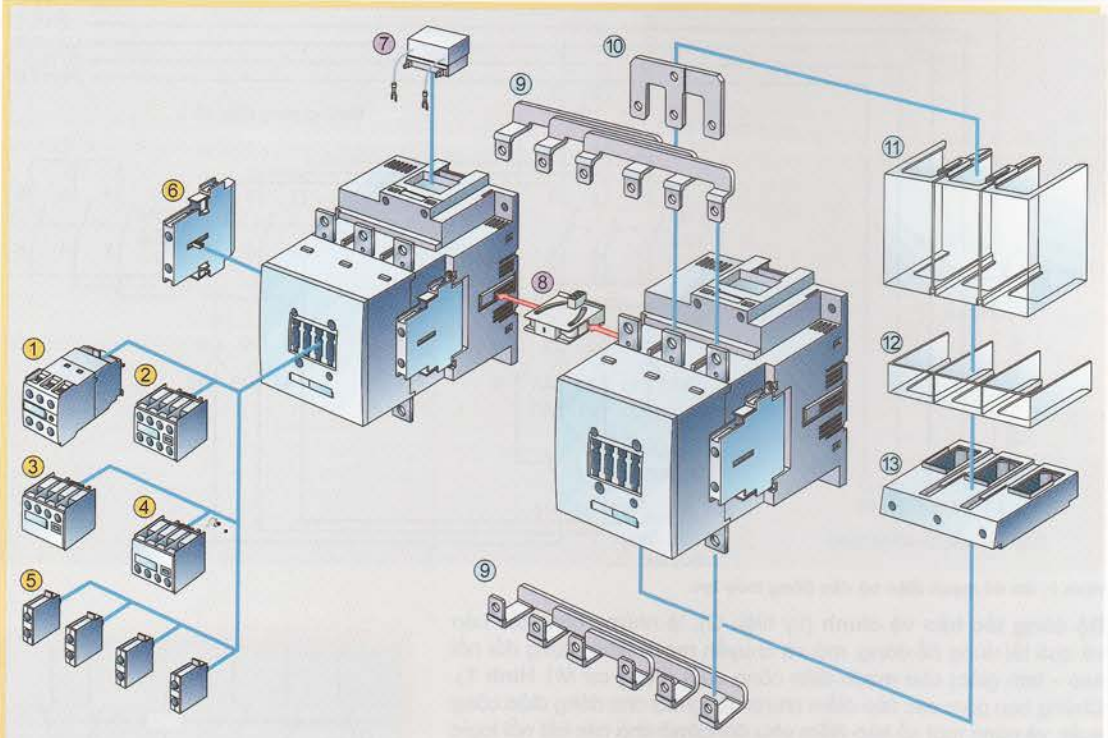
https://tieulun.hopto.org

Đối với các công tắc tơ để đóng/mở động cơ **(Hình 1)** thường có hai loại dẫn động từ tính:

- Dẫn động cổ điển; ở đây cuộn dây từ được đóng hay ngắt trực tiếp với điện áp điều khiển thông qua các đầu nối A1/A2.
- Dẫn động điện tử; thông qua một bộ phận điều khiển điện tử, cuộn dây từ được cung cấp công suất theo yêu cầu cần có để đóng/mở hoặc giữ vững một cách an toàn.

Các công tắc bảo vệ không những có thể được điều khiển bởi dòng điện xoay chiều (40 đến 60 Hz) mà còn với điện một chiều. Chúng được nhà sản xuất cung cấp cùng với các phụ kiện khác nhau **(Hình 2)**.

Hình 1: Bộ công tắc bảo vệ 3 tiếp điểm



1. Khối đóng/mở phụ, tác động điện trễ (đóng hoặc trả về trễ hoặc chức năng sao-tam giác)
2. Khối đóng/mở phụ 4 tiếp điểm (ký hiệu tiếp điểm theo DIN EN 50 012 hoặc DIN EN 50 005)
3. Khối đóng/mở phụ 2 tiếp điểm, dẫn cáp từ trên
4. Khối đóng/mở phụ 2 tiếp điểm, dẫn cáp từ dưới
5. Khối đóng/mở phụ 1 tiếp điểm
6. Khối đóng/mở phụ 2 tiếp điểm, có thể gắn vào bên trái hoặc phải (ký hiệu đầu nối theo DIN EN 50 012 hoặc DIN EN 50 005) (giống nhau cho S0 đến S12)
7. Bộ bảo vệ quá áp (cơ cấu RC) cuộn dây rời có thể gắn bên trên
8. Khóa chốt bằng cơ khí, gắn vào mặt bên
9. Bộ phận nối dây trên và dưới (vận hành đảo chiều)
10. Bộ nối song song (cầu nối sao), 3 đầu nối, có lỗ luồn dây, kích cỡ khác nhau cho S6 và S10/S12
11. Mũ chụp đầu nối ở chỗ nối các đầu cuối cáp và đầu thanh ray, kích cỡ khác nhau cho S6 và S10/S12
12. Mũ chụp đầu kẹp cho khung kẹp, kích cỡ khác nhau cho S6 và S10/S12
13. Khối khung kẹp, kích cỡ khác nhau cho S6 và S10/S12

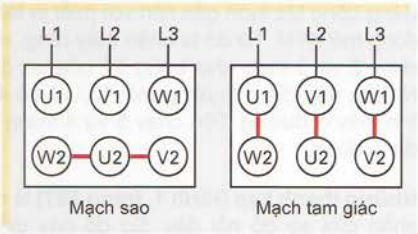
- Phụ kiện giống nhau cho các kích cỡ S0 đến S12
- Phụ kiện giống nhau cho các kích cỡ S6 đến S12
- Phụ kiện khác nhau tùy theo kích cỡ

Hình 2: Bộ bảo vệ động cơ với phụ kiện (thí dụ)

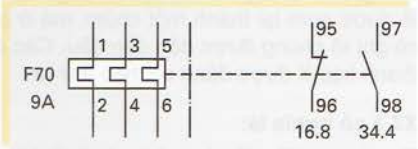
https://tieulun.hopto.org

Phương pháp khởi động đổi nối sao – tam giác của bộ dẫn động thủy lực

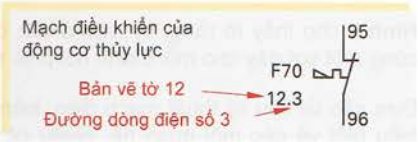
Vì bộ dẫn động thủy lực có dòng điện khởi động IA ≤ 60 A, động cơ có thể được khởi động qua cách đổi nối sao – tam giác. Vì lý do đó, cuộn dây động cơ M1 bao gồm ba cuộn dây độc lập nhau, chúng có thể được kết nối với nhau bằng mạch sao hoặc tam giác **(Hình 1)**. Trong **mạch sao, dòng điện tiêu thụ** của động cơ chỉ bằng 1/3 trong mạch tam giác. Qua đó ta cũng chấp nhận rằng momen quay của mạch sao chỉ bằng 1/3 momen quay trong mạch tam giác. Vì thế công suất động cơ trong mạch sao cũng giảm xuống còn 1/3 công suất của mạch tam giác. Cho nên trước khi áp dụng phương pháp đổi nối sao – tam giác, ta phải kiểm tra xem momen tải nếu xuống thấp như thế có đủ để vận hành máy làm việc và bộ dẫn động thủy lực hay không.



Hình 1: Mạch điện sao – tam giác



Hình 2: Rơle bảo vệ động cơ



Hình 3: Tiếp điểm thường mở của rơle bảo vệ động cơ

Quá trình khởi động

Trước hết các cuộn dây stato W2, U2 và V2 của động cơ được đóng dạng sao **(Hình 1)**. Trong **Hình 1, trang 599** bộ bảo vệ đóng/ngắt K3M bị kích hoạt. Từ đó bộ bảo vệ K1M cũng được kích hoạt và động cơ đi vào giai đoạn khởi động. Khi bộ bảo vệ mạch sao đóng lại, thời gian trì hoãn bắt đầu (Rơle thời gian K4T **Hình 4**). Khi thời gian trì hoãn chấm dứt, bộ bảo vệ mạch sao được mở ra và bộ bảo vệ mạch tam giác được đóng lại. Trong **Hình 1, trang 599** bộ bảo vệ K2M đóng lại. Động cơ cung cấp đủ công suất định mức.

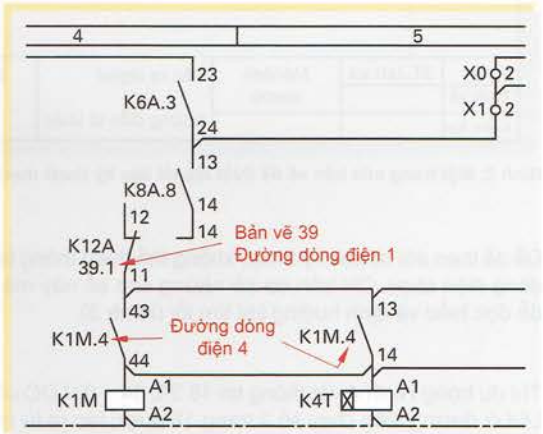
Rơle bảo vệ động cơ F 70 **(Hình 2 và Hình 1, trang 599)** có thiết bị kích hoạt bằng nhiệt. Cách hoạt động của rơle chống quá tải này tương ứng với công tắc bảo vệ động cơ và được chỉnh theo dòng điện định mức của động cơ cần bảo vệ. Công tắc bảo vệ đường dây F1 đến F3 **(Hình 1, trang 599)** giữ vai trò bảo vệ ngắn mạch. Khi rơle bảo vệ động cơ bị kích hoạt, mạch điện của các bộ bảo vệ (K1M – K3M) dùng để vận hành bộ dẫn động thủy lực bị ngắt **(Hình 3)**. Các bộ bảo vệ (K1M và K2M) mở ra và động cơ mất điện.

Đối với phương pháp khởi động sao – tam giác cho động cơ xoay chiều:

- trong mạch sao, dòng điện khởi động, momen quay và công suất bị giảm xuống còn 1/3 so với mạch tam giác
- không bao giờ tác động đóng mạch sao và tam giác cùng một lúc; hậu quả sẽ là ngắn mạch 3 pha. Bộ bảo vệ mạch sao và bộ bảo vệ mạch tam giác cần phải khóa tách biệt nhau
- phải luôn luôn thiết kế sao cho có được điện áp cung cấp cho mạch tam giác phù hợp. Trị số điện áp thấp nhất trên biến công suất định mức của động cơ phải tương ứng với điện áp cung cấp
- chỉnh dòng điện bảo vệ động cơ đến trị số 0,578 lần I_N (cường độ định mức)

Đường dòng điện và bảng công tắc

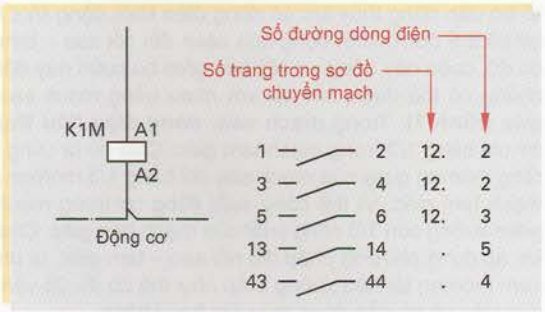
Tài liệu về kỹ thuật mạch điện của máy ép được phân theo các đường điện chạy **(Hình 3, trang 602)**. Thí dụ trong **Hình 1, trang 599** chỉ có tiếp điểm bộ bảo vệ K1M được chỉ ra, không có cuộn dây. Thông thường, cuộn dây và tiếp điểm của một bộ bảo vệ được biểu diễn riêng biệt trong sơ đồ mạch. Chúng được đặt vào các đường dòng điện, nơi chúng có tác dụng. Vì thế bộ bảo vệ cũng như các tiếp điểm đóng/mở của chúng có cùng một ký hiệu. Với tính chất đó có thể dễ dàng tìm được các tiếp điểm đóng/mở ở trong mạch điện, thí dụ như chúng thuộc bộ bảo vệ nào. Từng đường kết nối điện được đánh số, từ đó có thể có được một cái nhìn tổng quát rõ ràng từ tài liệu kỹ thuật mạch điện.



Hình 4: Tiếp điểm thường đóng của K1M điều khiển K4T

https://tieulun.hopto.org

Bảng công tắc luôn gắn liền với thiết bị làm việc liên quan. **Hình 1** trình bày bảng công tắc của bộ bảo vệ mạch đóng mở K1M. Từ đó ta nhận thấy rằng, những tiếp điểm chính của mạch đóng mở K1M nằm trong đường điện chạy 2 và 3 theo như trang 12 của sơ đồ đóng mở. Những tiếp điểm thường mở 13, 14 và 43, 44 được tìm thấy ở đường điện chạy 5 và 4 trong trang sơ đồ đang dùng.



Hình 1: Bảng công tắc của K1M

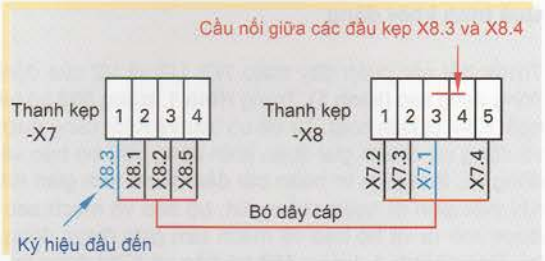
Những thanh kẹp (Hình 1, trang 597) là những thành phần của sơ đồ nối dây. Sơ đồ này diễn tả những đường dây nối giữa các thiết bị làm việc trong một hệ thống, như ở đây là máy ép. Những đường dây riêng lẻ được gom lại thành một chùm, mà ở cuối mỗi dây có ghi rõ chúng được dẫn đến đâu. Các đầu kẹp của thanh kẹp X được đánh số theo thứ tự.

X7.3 có nghĩa là:

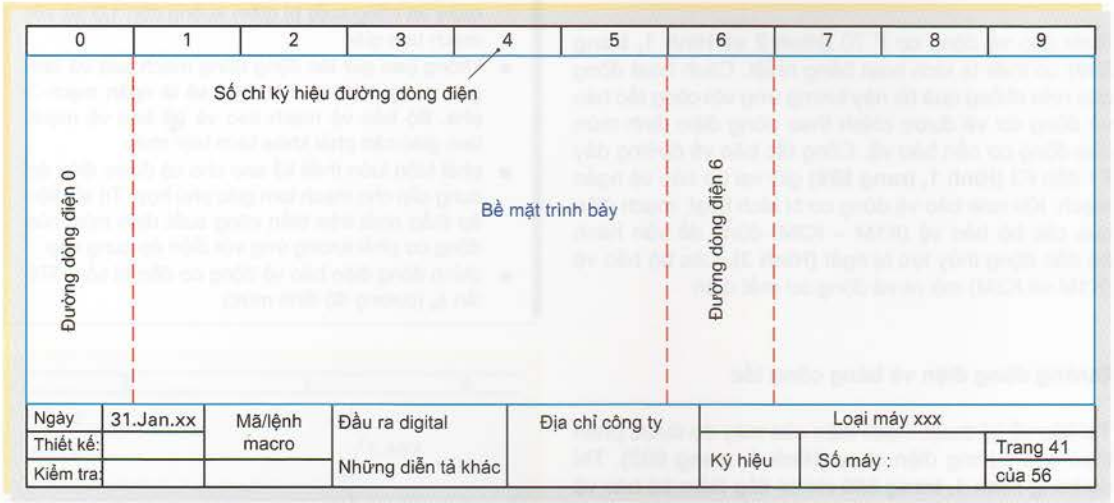
Thanh kẹp X7 - đầu kẹp 3 thuộc thiết bị ngoại vi phân tán

Hình 2 cho thấy rõ rằng, ký hiệu ở các đầu kẹp của cùng một sợi dây cho mỗi thanh nối phải rõ ràng.

Dựa vào tài liệu kỹ thuật mạch điện, kiến thức và sự hiểu biết về các mối quan hệ, nhiều công đoạn lắp ráp có thể được tiến hành song song trong sản xuất. Trong lúc một kỹ thuật viên gắn bảng lắp ráp, một người khác lắp đặt các cụm dây, một người thứ ba thì làm việc khác thí dụ với hộp kẹp dây của thiết bị ngoại vi phân tán.



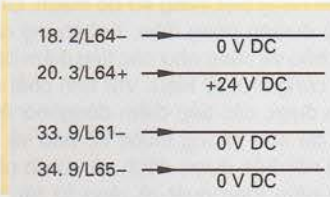
Hình 2: Thanh kẹp



Hình 3: Một trang của bản vẽ để thiết lập tài liệu kỹ thuật mạch điện

Để dễ theo dõi tài liệu kỹ thuật, không thể thiếu thông tin về số trang và số dòng điện chạy. Chỉ trên cơ sở những con số này mà tài liệu mạch điện dễ đọc hiểu và định hướng khi tìm lỗi **(Hình 3)**.

Thí dụ trong **Hình 4** với thông tin 18.2/L 64 – 0 V DC có nghĩa là, điện thế L64 ở đường điện chạy số 2 trang 18 được tạo ra từ một máy biến áp và tương ứng với điện thế 0 V DC.

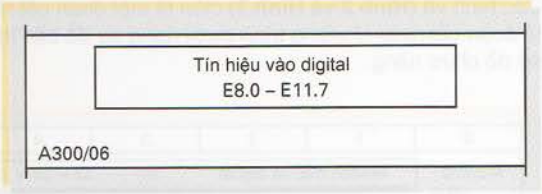


Hình 4: Bảng vẽ số của đường dòng điện và số trang

https://tieuluan.hopto.org

Như đã thấy ở **Hình 1, trang 596**, bộ PLC (loại S7-300) nằm ở tầng thứ 4 của tủ chuyển mạch.

Vị trí chính xác của modun CPU cũng như các modun tín hiệu ra và tín hiệu vào không thể thiếu trong tài liệu kỹ thuật mạch điện. **Hình 2** diễn tả vị trí các modun tín hiệu vào và tín hiệu ra cũng như số thứ tự các rãnh cắm, nơi lắp đặt các modun. Điều này một mặt vô cùng quan trọng cho việc nối dây, mặt khác như trong hình cho thấy là cách định địa chỉ các nhóm thiết bị. **Hình 1** cho thấy đầu vào E8.0 – E11.7.



Hình 1: Vị trí sắp đặt cắm modun 6/S7-300

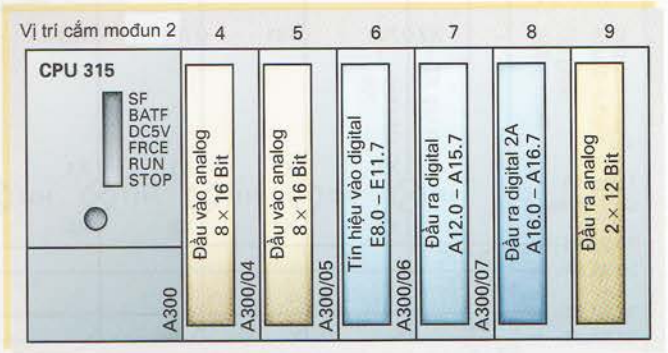
Giải thích:

- E có nghĩa là đầu vào
- Con số thứ nhất chỉ số thứ tự của Byte, thí dụ ở đây là Byte thứ 8
- Con số thứ hai chỉ số thứ tự của Bit, thí dụ ở đây là 0

Do đó, modun tín hiệu digital vào được gắn ở đây có sẵn 32 đầu vào với địa chỉ như sau:

- E8.0 đến E8.7 E9.0 đến E9.7
- E10.0 đến E10.7 E11.0 đến E11.7

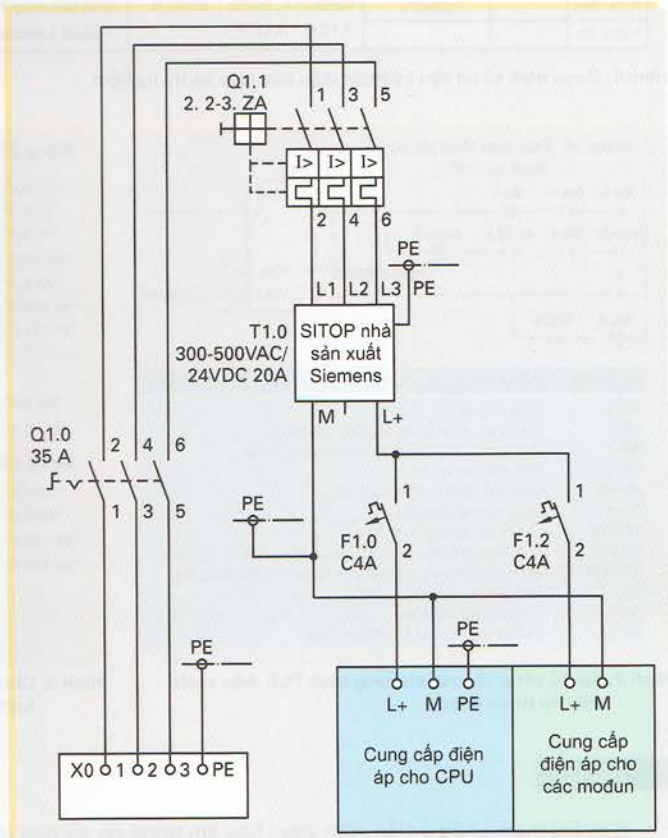
Cách gọi như vậy cũng được áp dụng tương ứng cho những modun khác được sử dụng ở đây.



Hình 2: Cấu trúc PLC; các vị trí cắm modun

Hình 3 diễn tả một cách nối (điển hình) của một PLC đến lưới điện 400 V.

- Đầu kẹp X0 → gắn vào lưới điện
- Q1.0/35A → Công tắc chính (ĐÓNG/MỞ) chịu được 35 A.
- Q1.1 → Công tắc tơ có bộ kích hoạt bằng nhiệt (bảo hộ quá tải) và từ (bảo vệ ngắn mạch). Đặc tính của nó (đường đặc trưng dòng điện/thời gian) phải được chỉnh cho phù hợp với bộ cấp lưới điện T1.0
- T1.0 → Bộ cung cấp điện (SITOP) 360 – 500 V AC → 24 V DC/20 A (Biến đổi điện xoay chiều thành điện một chiều)
- F1.0 và F1.2 → Công tắc bảo vệ đường dây 4A Loại C
- L+ M (Masse: nối đất) → Cung cấp điện áp
- PE → Đất (dây vàng/xanh lá cây)



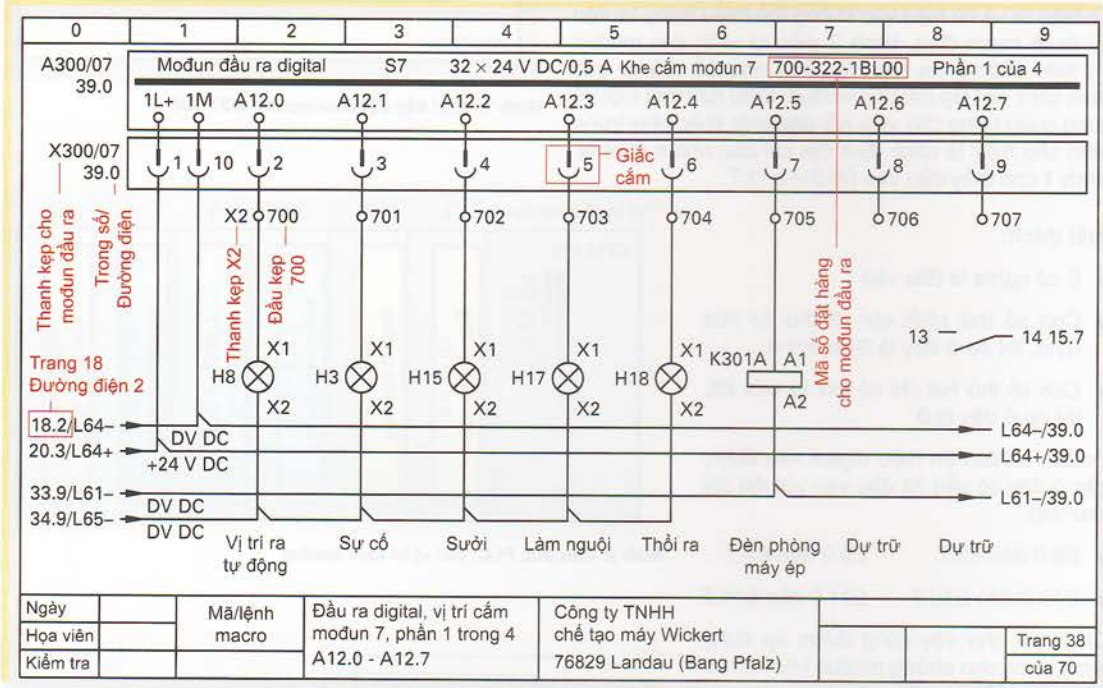
Hình 3: Cung cấp điện áp cho PLC

Ghi chú :

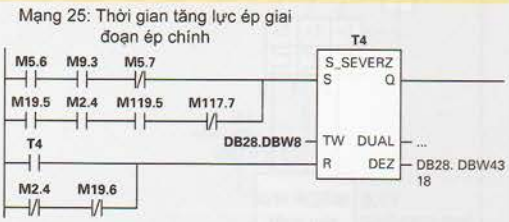
Theo tài liệu nhà sản xuất của SITOP, phía đầu vào thay vì là một công tắc bảo vệ cũng có thể là một công tắc tơ đường dây.

https://tieulun.hopto.org

Các hình vẽ **(Hình 2 và Hình 3)** diễn tả một đoạn cắt ra từ chương trình SPS để điều khiển máy ép. **Hình 2** diễn tả đoạn cắt ra từ chương trình dưới dạng sơ đồ bậc thang; **Hình 3** diễn tả sự biến đổi từ sơ đồ bậc thang sang sơ đồ chức năng.

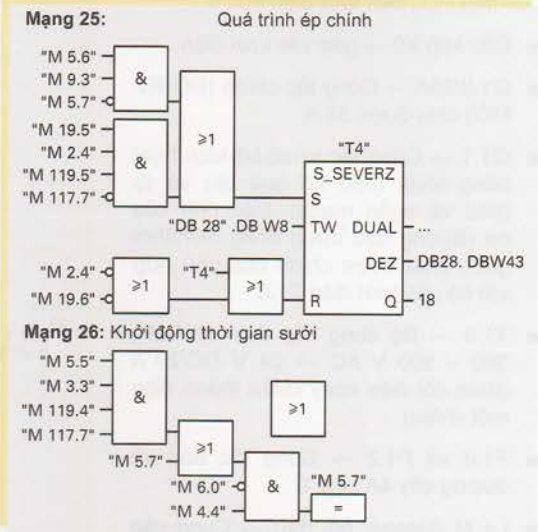


Hình 1: Đoạn trích từ tài liệu kỹ thuật điện của máy ép thí nghiệm



Cờ hiệu	Diễn tả
M5.6	Đóng máy ép
M9.3	Tốc độ tạo áp suất/ Áp suất đến cao áp
M5.7	Thời gian khởi động khi áp suất khoảng 30 bar
T4	Thời gian tạo lực ép
M19.5	Chọn chế độ hoạt động bằng tay
M2.4	Đóng máy ép bằng tay
M119.5	Tốc độ tạo áp suất hoạt động
M117.7	Áp suất ép đã đạt cao áp hoặc bộ tăng áp đóng (1.-5. VPS)
DB28.DBW8	T4 Trị số định mức của thời gian tạo lực ép tính bằng giây
T4	Thời gian tạo lực ép
M2.4	Đóng máy ép bằng tay
M19.6	Chế độ vận hành tự động được chọn

Hình 2: Sơ đồ công tắc của chương trình PLC điều khiển máy ép (trích đoạn)



Hình 3: Chuyển đổi từ sơ đồ thang sang sơ đồ chức năng tương ứng

Bài tập:

Sau khi tham khảo ý kiến giáo viên, hãy tìm trong cơ sở đào tạo mình đang học tất cả tài liệu kỹ thuật của một hệ thống cơ điện tử và khảo sát chúng. Hãy xây dựng kế hoạch làm việc để lắp ráp hệ thống đó.

https://tieulun.hopto.org

14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử

Lắp ráp được hiểu là tất cả các công việc cần thiết để có được những hệ thống có khả năng hoạt động từ những chi tiết rời và những cụm lắp ráp đã làm sẵn.

Trong lĩnh vực cơ điện tử, công việc này có thể bao gồm những thao tác khác nhau, tùy thuộc vào điều kiện thực tế của mỗi một xí nghiệp. Do đó, bên cạnh những công việc kết nối thuần túy cơ khí, những công việc phải làm với khí nén, thủy lực và điện cũng được coi là hoạt động lắp ráp.

Những nhiệm vụ chính của lắp ráp trong lĩnh vực cơ điện tử là:

- Kết nối các chi tiết
- Kiểm tra và hiệu chỉnh

14.1 Các công việc lắp ráp qua kết nối

Qua việc kết nối, các chi tiết hay các cụm lắp ráp được gắn với nhau tại "vị trí kết nối". Ở đây về cơ bản, người ta phân biệt tùy theo cách tác động (xem chương 7.6):

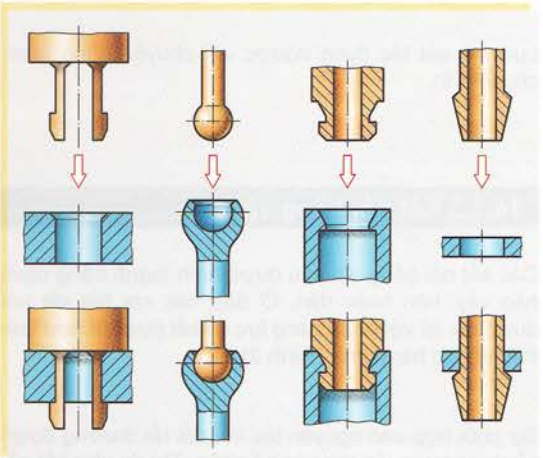
- Kết nối theo hình dạng
- Kết nối bằng lực
- Kết nối bằng vật liệu

14.1.1 Kết nối theo hình dạng

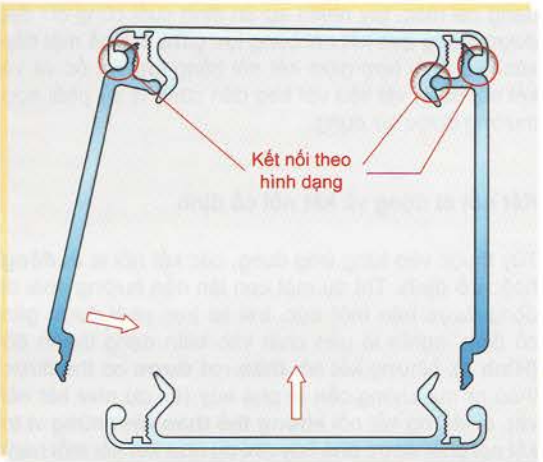
Kết nối theo hình dạng xảy ra ở bất kỳ chỗ nào, khi hai chi tiết được kết nối có ít nhất một phần đường viền giống nhau để có thể truyền lực thông qua chỗ kết nối theo hình dạng. Ví dụ những kết nối bằng then dẫn và trục then hoa như thường được sử dụng để gắn bánh xe răng vào trục, khớp vấu **(Hình 1)**, kết nối chốt và bu lông để truyền mô-men quay hoặc kết nối bu lông lắp sít. hay kết nối đinh tán thường được sử dụng cho những bề mặt bằng phẳng.

Ngoài các đơn vị chức năng kể trên cho việc kết nối theo hình dạng, **khóa sập (chập) nhanh** cũng áp dụng nguyên tắc này **(Hình 2)**. Tận dụng tính đàn hồi của vật liệu, những bộ phận dạng cầu hay dạng móc được bám vào khuôn có dạng tương xứng và được móc vào nhau ở vị trí mong muốn **(Hình 3)**.

Hình 1 : Khớp vấu kiểu kết nối theo hình dạng



Hình 2 : Các khóa sập nhanh



Hình 3 : Ứng dụng của những khóa sập nhanh

https://tieulun.hopto.org

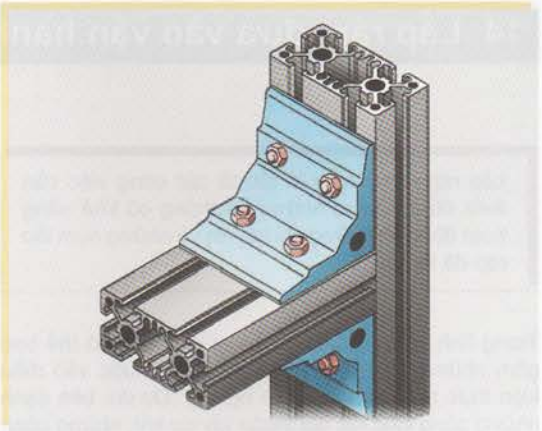
14.1.2 Kết nối bằng lực

Khi ép chặt các chi tiết vào nhau sẽ gây ra lực ma sát. Lực ma sát này được tận dụng để truyền lực và mô-men ở những kết nối bằng lực, chẳng hạn như trong lắp ráp theo biên dạng **(Hình 1)**.

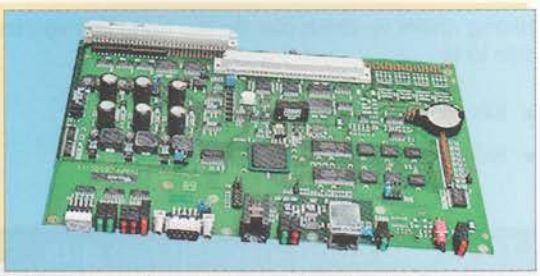
Đối với các vật thể rắn, trị số của lực ma sát F_R phụ thuộc vào lực thẳng góc F_N và hệ số ma sát μ. Lực thẳng góc được hiểu là thành phần lực thẳng góc với bề mặt tiếp xúc. Hệ số ma sát μ (xem sách Cẩm nang dữ liệu kỹ thuật) là một trị số thực nghiệm phụ thuộc vào sự phối hợp của vật liệu, trạng thái bề mặt, tình trạng bôi trơn và loại ma sát. Các loại ma sát được chia thành ma sát tĩnh, ví dụ như ở các kết nối cố định **(Hình 1)**, ma sát trượt, thí dụ như ở quỹ đạo dẫn hướng, và ma sát lăn, chẳng hạn như ở trục vít me bi quay vòng.

Lực ma sát = Hệ số ma sát x Lực thẳng góc

Lực ma sát tác dụng ngược với chuyển động (xem chương 6).



Hình 1 : Kết nối bằng lực

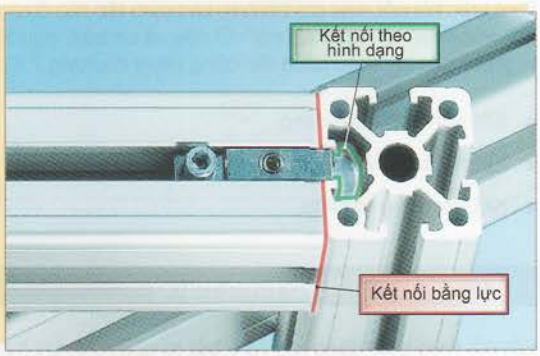


Hình 2 : Kết nối bằng vật liệu qua hàn vảy mềm

14.1.3 Kết nối bằng vật liệu

Các kết nối bằng vật liệu được hình thành bằng cách hàn vảy, hàn hoặc dán. Ở đây, các chi tiết kết nối được nối lại với nhau bằng lực cố kết (lực kết hợp tinh thể) và lực bám dính **(Hình 2)**.

Sự phối hợp các nguyên tắc kết nối rất thường được sử dụng trong lắp ráp các bộ phận. Thí dụ như kết nối theo biên dạng được minh họa trong **Hình 3** là một kết nối theo hình dạng thông qua thành phần kết nối có dạng cái móc, tuy nhiên sự ổn định cuối cùng chỉ đạt được thông qua kết nối bằng lực giữa các bề mặt tiếp xúc. Sự phối hợp giữa kết nối bằng lực với ốc vít và kết nối bằng vật liệu với keo dán cũng là sự phối hợp thường được sử dụng.



Hình 3 : Kết nối theo hình dạng và kết nối bằng lực

Kết nối di động và kết nối cố định

Tùy thuộc vào từng ứng dụng, các kết nối là **di động** hoặc **cố định**. Thí dụ một con lăn dẫn hướng phải di động được trên một trục, trái lại trục phải được gắn cố định, nghĩa là gắn chặt vào biên dạng thanh đỡ **(Hình 4)**. Những kết nối **tháo rời được** có thể được tháo ra mà không cần bị phá hủy (thí dụ như kết nối vít), ở những kết nối **không thể tháo rời** những vị trí kết nối phải được phá hủy (thí dụ như kết nối mối hàn) (xem chương 6).

Hình 4 : Kết nối di động

https://tieulun.hopto.org

14.2 Hoạt động lắp ráp kiểm tra và hiệu chỉnh

Tương ứng với nhiều khả năng kết nối và những trường hợp ứng dụng kết nối khác nhau trong lĩnh vực cơ điện tử, các yêu cầu cho hoạt động lắp ráp kiểm tra và hiệu chỉnh có thể rất khác biệt. Trong lĩnh vực thuần cơ khí, đó là những kiểm tra chức năng như sự chuyển động dễ dàng, sự ổn định v.v... Trong lĩnh vực thủy lực và khí nén, đó là những hoạt động và kiểm tra độ kín của ống dẫn, sự hiện diện của chất lỏng thủy lực, áp suất vận hành cần thiết và việc hiệu chỉnh xi lanh và công tắc vị trí cuối. Trong lĩnh vực điện tử, đó là những nhiệm vụ kiểm tra và hiệu chỉnh biên độ và loại điện áp cung cấp cho các mạch điện chính và mạch điều khiển, việc lắp ráp chính xác các cầu chì, việc đặt các đường dây điện, việc định thông số cho các cảm biến v. v...

Về nguyên tắc, hoạt động kiểm tra và hiệu chỉnh có thể xảy ra **trước, trong** và **sau** quá trình lắp ráp.

14.2.1 Hoạt động kiểm tra trước quá trình lắp ráp

Trước khi lắp ráp phải kiểm tra các cấu kiện cần lắp ráp về:

- Sự đầy đủ số lượng: theo hướng dẫn của bảng liệt kê cấu kiện hay hướng dẫn lắp ráp.
- Sự hoàn chỉnh và khả năng hoạt động: các cụm lắp ráp như bộ ly hợp, bộ truyền động, khối van v.v. phải được kiểm tra về chức năng không sai sót.
- Tình trạng và độ sạch: Các thành phần được sử dụng không được bẩn, lão hóa (dây đai (curoa), đệm kín, v.v...), mòn, rỉ, bị hỏng hoặc bị hư hại.
- Sự đồng nhất: Sự đồng nhất của các chi tiết lắp ráp phải được thiết lập rõ ràng. Phải có sự thống nhất với bảng kê chi tiết lắp ráp, biên bản giao hàng hoặc văn bản tương tự.
- Đúng hình dạng và đúng kích thước: Kiểm tra kích thước và hình dạng rất quan trọng, đặc biệt ở các vị trí tiếp xúc.
- Dụng cụ: chúng cần phải được kiểm tra về tính thích ứng và khả năng hoạt động.
- Vật tư hỗ trợ và các chất phụ gia: các chất kết dính, chất bịt kín, chất bôi trơn, v.v. phải được kiểm tra về độ phù hợp (chất lượng) và mức độ lão hóa.

14.2.2 Hoạt động kiểm tra trong khi lắp ráp

Trong khi lắp ráp phải kiểm tra xem các chi tiết và các cụm lắp ráp mới được lắp ráp có đáp ứng đầy đủ được chức năng dự kiến và đáp ứng cho chức năng tổng thể không. Chủ yếu phải xem xét:

- Sự chuyển động dễ dàng của các chi tiết di động, chẳng hạn như trục, con quay và bàn trượt.
- Mặt tựa của kết nối chịu tải phải được kiểm tra về khả năng chịu tải.
- Kích thước và vị trí của các chi tiết và các cụm lắp ráp được tạo ra bởi quá trình lắp ráp phải chính xác.
- Vị trí nối dây điện, ống mềm và ống cứng cần được kiểm tra khả năng tiếp xúc và độ kín.

14.2.3 Hoạt động kiểm tra sau khi lắp ráp

Sau khi lắp ráp phải kiểm tra xem lắp ráp thành công hay chưa. Cụ thể là kiểm tra:

- Việc sử dụng toàn bộ từng chi tiết rời và từng cụm lắp ráp.
- Việc thực hiện đúng từng nối kết riêng lẻ.
- Việc nạp vật tư vận hành (dầu thủy lực, chất bôi trơn và những chất khác) theo số lượng đòi hỏi khi cần thiết.
- Độ kín của vỏ hộp, chỗ nối ống cứng và ống mềm.
- Sự an toàn của việc lắp ráp điện.
- Việc cài đặt phần mềm.

https://tieulun.hopto.org

Trước khi xây dựng và lắp đặt những hệ thống cơ điện tử và máy móc phải kiểm tra địa điểm hệ thống sẽ vận hành:

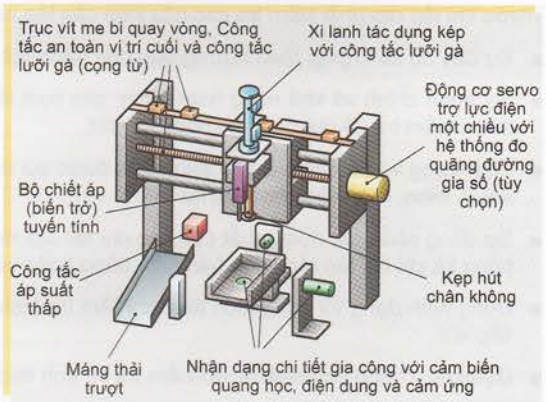
- Tất cả các biện pháp an toàn cần thiết có khả thi không?
- Có sự phát tán nào xuất phát từ nhà máy (như tiếng ồn, khói) ở vị trí dự kiến mà không được phép không?
- Khoảng cách tối thiểu đến các máy khác và các lối thoát hiểm có được giữ đúng không?
- Các điều kiện tại địa điểm xây dựng như bụi phát sinh, độ chấn động, nhiệt độ, độ ẩm v.v. có phù hợp cho hoạt động của nhà máy với tất cả các thành phần và vật liệu được sử dụng?
- Tính bền và sức chịu tải của nền đất, các tường, các cột (trụ đỡ) và các dầm có được bảo đảm không?
- Nguồn cung cấp năng lượng (điện áp, cung cấp khí nén, v.v...) có sẵn không?

Bài tập:

Trạm kiểm soát minh họa trong sơ đồ công nghệ bên cạnh **(Hình 1)** đang được sử dụng để nhận dạng các vật liệu khác nhau. Các phôi hình khối sẽ được một kẹp hút mang đến vị trí xác định trước và được đặt xuống để nhận dạng. Sau khi được nhận dạng, khối lập phương, tùy theo vật liệu, sẽ được vận chuyển đến máng thải trượt.

Bạn hãy tạo ra một phương án để có thể thực hiện việc kiểm tra và hiệu chỉnh về cơ khí, khí nén và điện sau khi lắp ráp trước trong cơ xưởng.

Bạn hãy xây dựng bảng danh mục kiểm tra phương án trên.



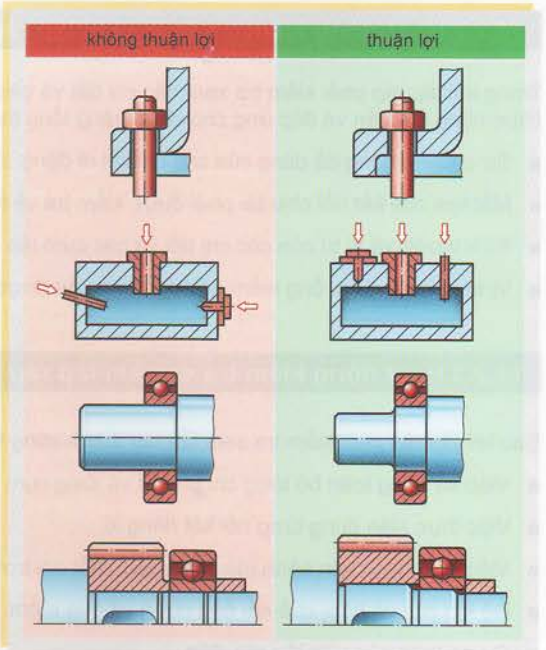
Hình 1 : Trạm kiểm soát

14.3 Kế hoạch lắp ráp

Một kế hoạch lắp ráp có hiệu quả bắt đầu từ việc thiết kế sản phẩm. Việc thiết kế từng chi tiết riêng lẻ nên thực hiện sao cho lắp ráp cũng như tháo rời một cách đơn giản, an toàn và nhanh chóng **(Hình 2)**. Những mục tiêu chính của việc lắp ráp theo định hướng là:

- Giảm số lượng các chi tiết
- Tiết giảm chiều nối kết
- Tránh các bộ phận dễ uốn (ví dụ như dây cáp) đặc biệt là trong sản xuất tự động
- Hạn chế chọn lựa sản phẩm lúc lắp ráp.
- Thêm vào các phương tiện hỗ trợ cho việc định vị và hiệu chỉnh (thí dụ vát lã cạnh và cữ chặn)

Trong thiết kế mới cho sản xuất hàng loạt số lượng lớn, ngoài việc thiết kế cần để sản xuất và tái chế dễ dàng, việc thiết kế để lắp ráp và tháo rời cũng được phổ biến rộng rãi. Tuy nhiên, khi phác thảo hệ thống riêng lẻ, phương pháp thiết kế này chưa được lưu tâm đúng mức.



Hình 2 : Các biện pháp thiết kế cần thuận tiện cho việc lắp ráp

https://tieulun.hopto.org

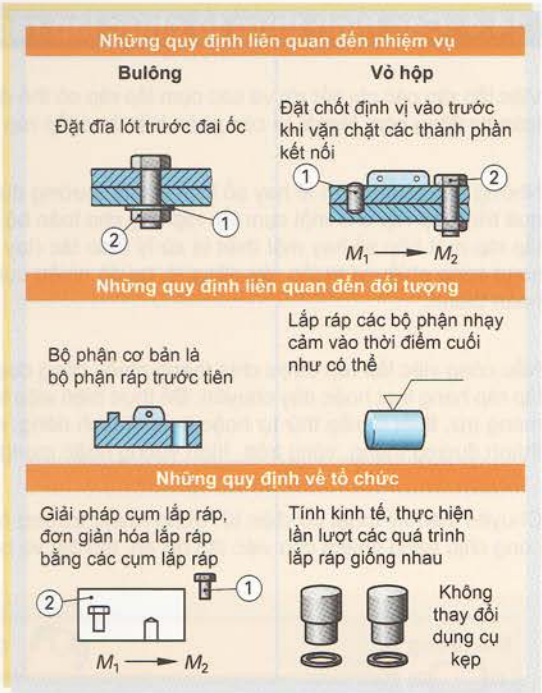
14.3.1 Sơ đồ lắp ráp

Sơ đồ lắp ráp bao gồm tất cả các bản vẽ và các chỉ dẫn cần thiết để thực hiện việc lắp ráp.

Cơ sở cho việc lập kế hoạch lắp ráp là kiến thức về cấu trúc của hệ thống được lắp ráp. Kiến thức này có trong các bản vẽ lắp ráp chung, bản vẽ phối cảnh hoặc bản vẽ rời với các chi tiết. Từ đó, ta xác định ra các vị trí kết nối và các chức năng phụ, dựa trên các quy tắc khác nhau, ta cũng xác định được trình tự hợp lý của việc lắp ráp **(Hình 1)**.

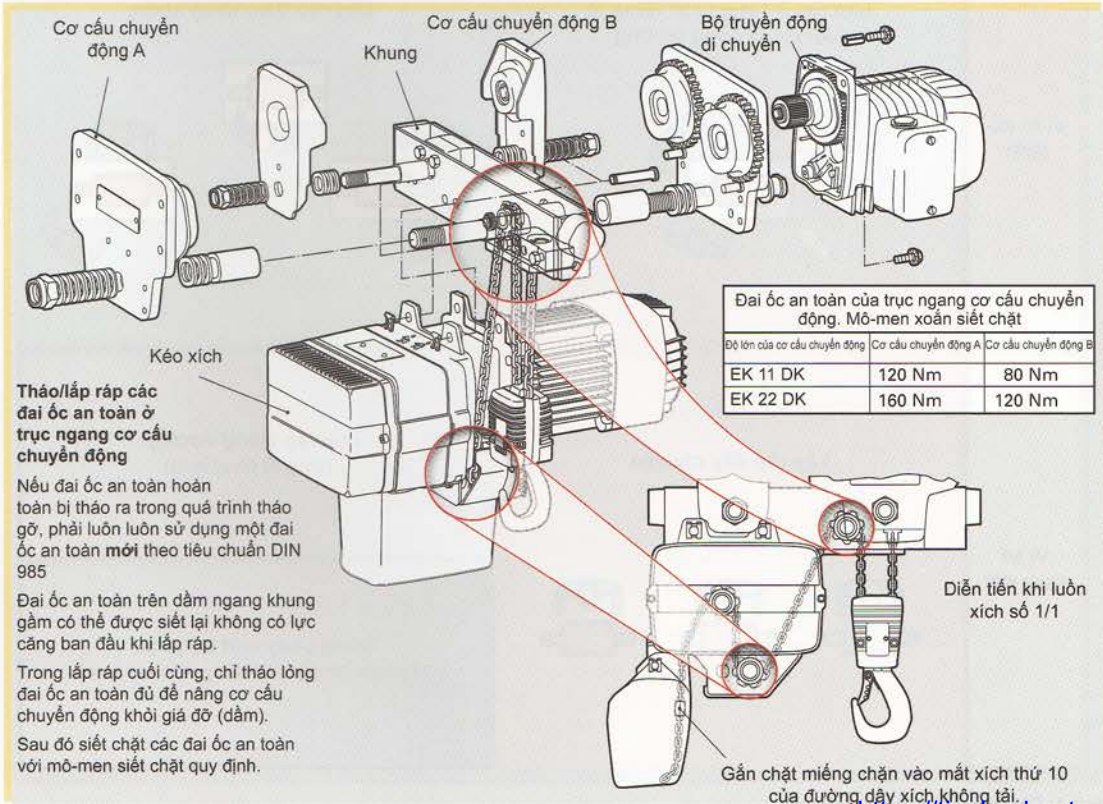
Trong việc xác định trình tự lắp ráp cần làm rõ các bộ phận được kết nối với nhau như thế nào và với những dụng cụ hay phương tiện trợ giúp gì. Ngoài ra, trong sơ đồ lắp ráp cũng phải xác định việc kiểm tra chức năng và kiểm tra vị trí mà người lắp ráp phải thực hiện.

Các sơ đồ lắp ráp có thể được diễn tả bằng văn bản, thông thường được thiết lập ở dạng bảng, hoặc ở dạng hình ảnh hoặc dạng bản vẽ với chú thích.



Hình 1: Các thí dụ cho những quy định lắp ráp

14.3.2 Thí dụ một sơ đồ lắp ráp



https://tieulun.hopto.org

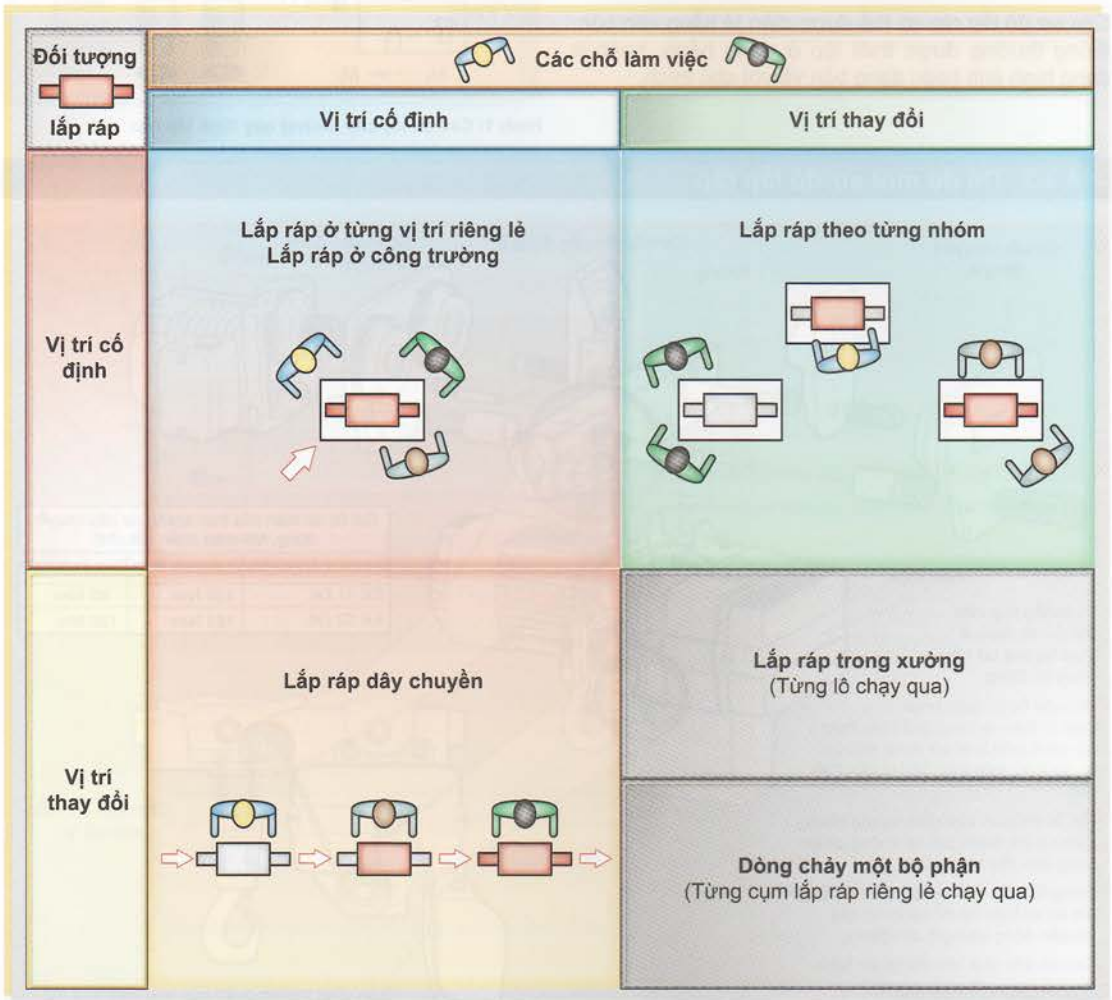
14.4 Các hình thức tổ chức lắp ráp

Việc lắp ráp các chi tiết rời và các cụm lắp ráp có thể được thực hiện bằng tay, cơ khí hóa, một phần hoặc hoàn toàn tự động hóa. Ngoài ra còn phân biệt theo lắp ráp đơn lẻ và hàng loạt hoặc dây chuyền.

Những sản phẩm đơn lẻ hay số lượng nhỏ thường được lắp ráp riêng lẻ. Việc lắp ráp riêng lẻ xảy ra khi tất cả quá trình lắp ráp cho một cụm lắp ráp hay cho toàn bộ một hệ thống được thực hiện tại một nơi, chẳng hạn như lắp ráp một hộp số hay một thiết bị xử lý thao tác (tay máy). Trong trường hợp này hoàn toàn có thể thực hiện song song nhiều vị trí lắp ráp riêng lẻ, tại đó nhiều cụm lắp ráp hay hệ thống giống nhau hay khác nhau được hoàn thành.

Nếu công việc lắp ráp được chia thành nhiều công đoạn xảy ra phụ thuộc về thời gian, thì người ta gọi đó là sự lắp ráp hàng loạt hoặc dây chuyền. Để thực hiện việc tổ chức lắp ráp này, robot, thiết bị xử lý thao tác (tay máy), máng trữ, thiết bị xếp thứ tự hoặc thiết bị tách riêng, máy ép v.v với hỗ trợ của các băng chuyền được kết nối thành đường thẳng, vòng tròn, hình vuông hoặc mạng lưới liên kết **(Hình 1)**.

Chuyên viên kỹ thuật cơ điện tử, trong nhiều trường hợp, là người sử dụng các thiết bị này, nhưng thường họ cũng chịu trách nhiệm cho việc lập dự án, lắp đặt và bảo trì các hệ thống như vậy.



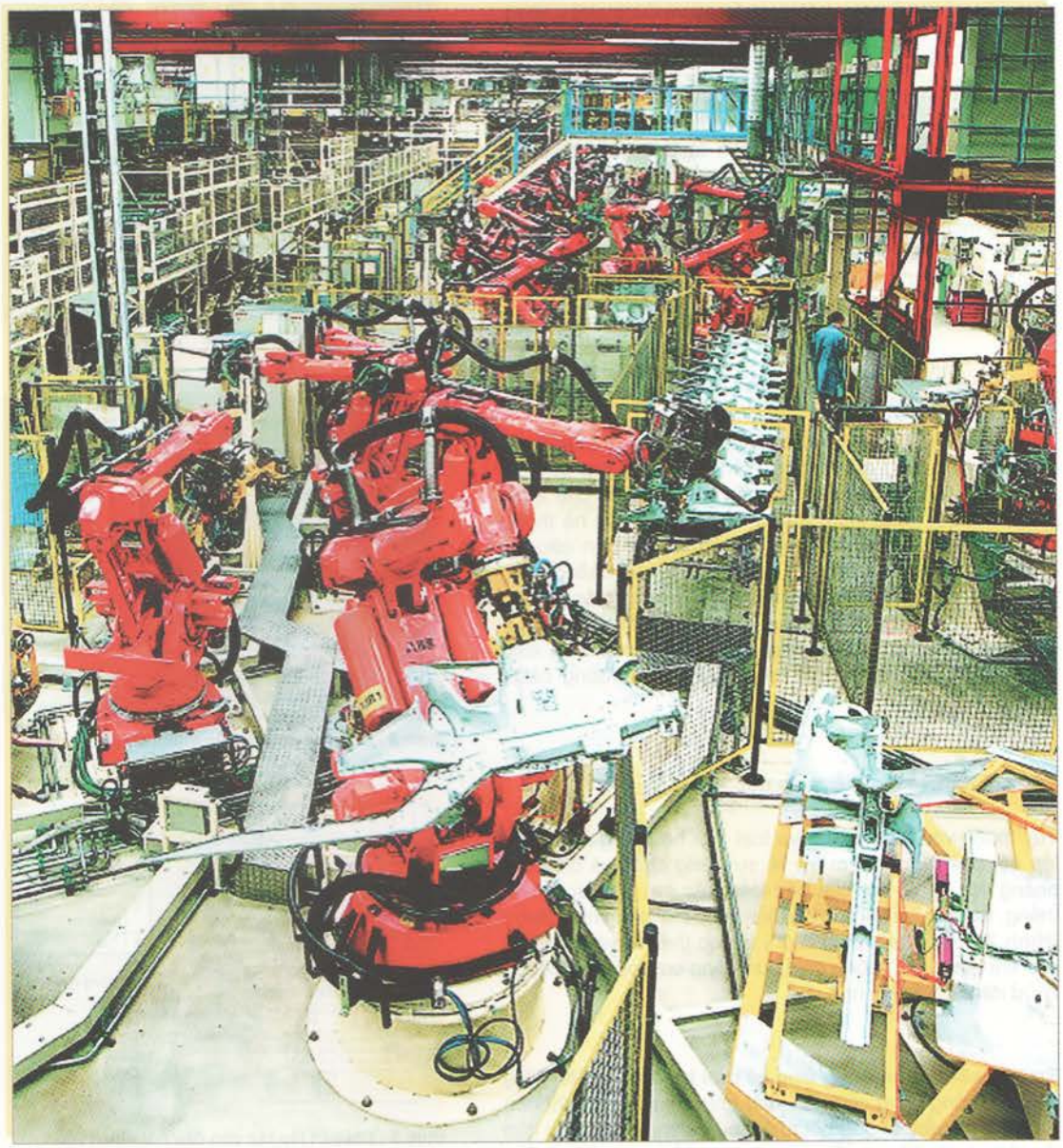
Hình 1: Các hình thức tổ chức lắp ráp

https://tieulun.hopto.org

Hình thức linh hoạt nhất của sự tự động hóa là mạng lưới liên kết. Tại đây có thể lắp ráp các sản phẩm khác nhau với trình tự thay đổi và số lượng khác nhau mà không cần tái trang bị tốn kém.

Các chi tiết gia công thường được đặt trong ngăn (hộc) trên một giá đỡ chi tiết, giá đỡ này được các băng truyền vận chuyển đến từng trạm riêng lẻ. Điều cần thiết ở đây là những dữ liệu sản phẩm về chi tiết gia công được di chuyển, dữ liệu về các bước lắp ráp đã được thực hiện, và dữ liệu kiểm tra hoặc đo lường phải được thu thập và lưu trữ. Nguồn cung ứng vật liệu được sắp xếp hoặc trong thùng hay trong máng dự trữ, hoặc được cung cấp theo yêu cầu tùy thuộc vào mỗi hệ thống được lắp ráp.

Một ví dụ về cách lắp ráp linh hoạt, tự động hóa cao là hệ thống lắp ráp ô tô cá nhân hoặc ô tô tải. Ở hệ thống này bên cạnh việc tổ chức thuần túy trình tự lắp ráp, trước hết cần có kế hoạch hậu cần có tổ chức và phối hợp tối ưu (thí dụ dự kiến bổ sung vật tư cho những hộp số, động cơ hay bộ phận thân (vỏ) máy).



Hình 1 : Quang cảnh hệ thống lắp ráp

https://tieulun.hopto.org

14.5 Các thí dụ lắp ráp

Như đã đề cập nhiều lần, chuyên viên kỹ thuật cơ điện tử phải xử lý rất nhiều sản phẩm đa dạng. Từ những hệ thống cơ điện nhỏ, thí dụ như một máy thao tác bằng tay trong cơ khí chính xác đến những dây chuyền lắp ráp lớn trong ngành công nghiệp ô tô. Hướng dẫn lắp ráp cho những hệ thống hay những phần hệ thống cũng rất khác nhau.

Tuy nhiên điểm chung là các hướng dẫn phải được tuân thủ tuyệt đối để hạn chế thiệt hại cho con người (thợ lắp ráp và người sử dụng) cũng như cho các hệ thống và để đảm bảo sản phẩm hoạt động suôn sẻ và đúng chức năng.

Chỉ dẫn chung trong hướng dẫn lắp ráp

Việc lắp ráp các hệ thống cơ điện tử hoặc các phần hệ thống chỉ có thể được thực hiện bởi **các cá nhân đã được huấn luyện** qua trường lớp. Điều này đòi hỏi kiến thức có chuyên môn liên quan đến cơ khí, khí nén, điện và thủy lực và khả năng cũng như sự sẵn sàng để nghiên cứu chính xác các tài liệu lắp ráp và để tuân thủ các biện pháp an toàn theo quy định.

Các chỉ dẫn về sự chuyên chở

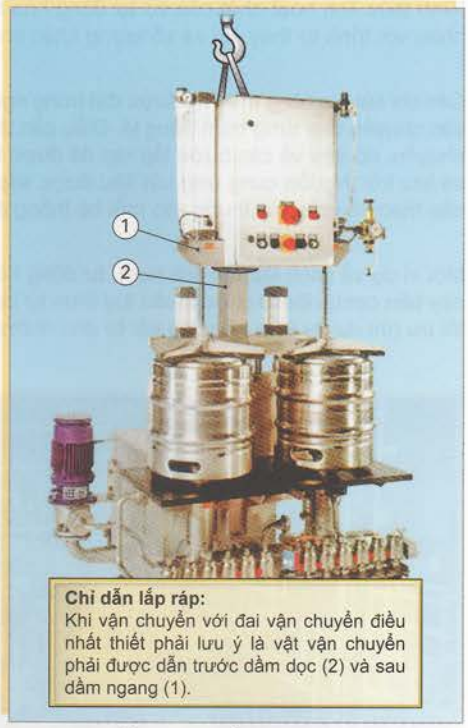
Trước khi dựng lên hay lắp ráp, đóng gói, bao bì phải được kiểm tra cho đúng chức năng. Các hư hại do bao bì bị lỗi phải được thông báo ngay cho các hãng chuyên chở hoặc nhà sản xuất. Phải kiểm tra sự đầy đủ của các hệ thống được giao. Đối với hệ thống lớn phải để ý đến các ghi chú về vận chuyển **(Hình 1)**, vì vận chuyển và chằng buộc không đúng cách thì đến nơi máy nâng lắp ráp không đúng, thậm chí gây ra thiệt hại nặng. Ở đây phải đặc biệt chú ý đến khả năng tải của các máy nâng. Các nhà sản xuất thường chỉ dẫn chính xác cách chằng buộc đúng cách. **(Hình 1)**.

Các chỉ dẫn về địa điểm lắp đặt

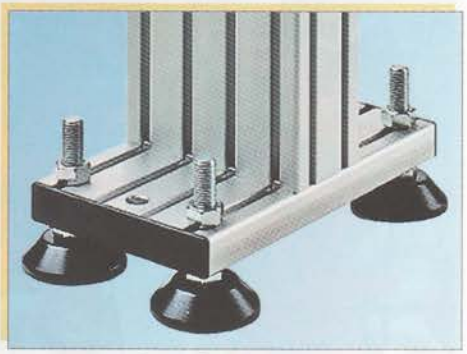
Tùy thuộc vào kích thước và loại của hệ thống, địa điểm lắp đặt phải được kiểm tra về sự vững chắc và độ bằng phẳng với sự hỗ trợ của các kiến trúc sư. Cho sự chỉnh thẳng, thường sử dụng chân định vị có thể hiệu chỉnh được **(Hình 2)**. Nhất thiết phải chú ý là các thiết bị và hệ thống sau khi dựng lên không chịu sức căng cơ học, nếu không chức năng có thể bị hạn chế.

Sự liên kết nguồn cung ứng và môi trường (nhiên liệu)

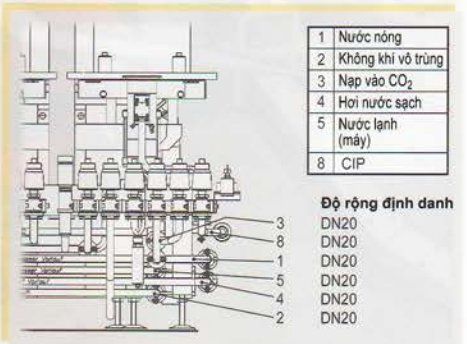
Các hệ thống cung cấp cần thiết như điện, nước, khí nén v.v. phải có sẵn. Ở đầu nối phải chú ý đến các hướng dẫn lắp ráp và các tiêu chuẩn, quy định có liên quan **(Hình 3)**.



Hình 1 : Chỉ dẫn vận chuyển



Hình 2 : Chân đế có thể điều chỉnh được



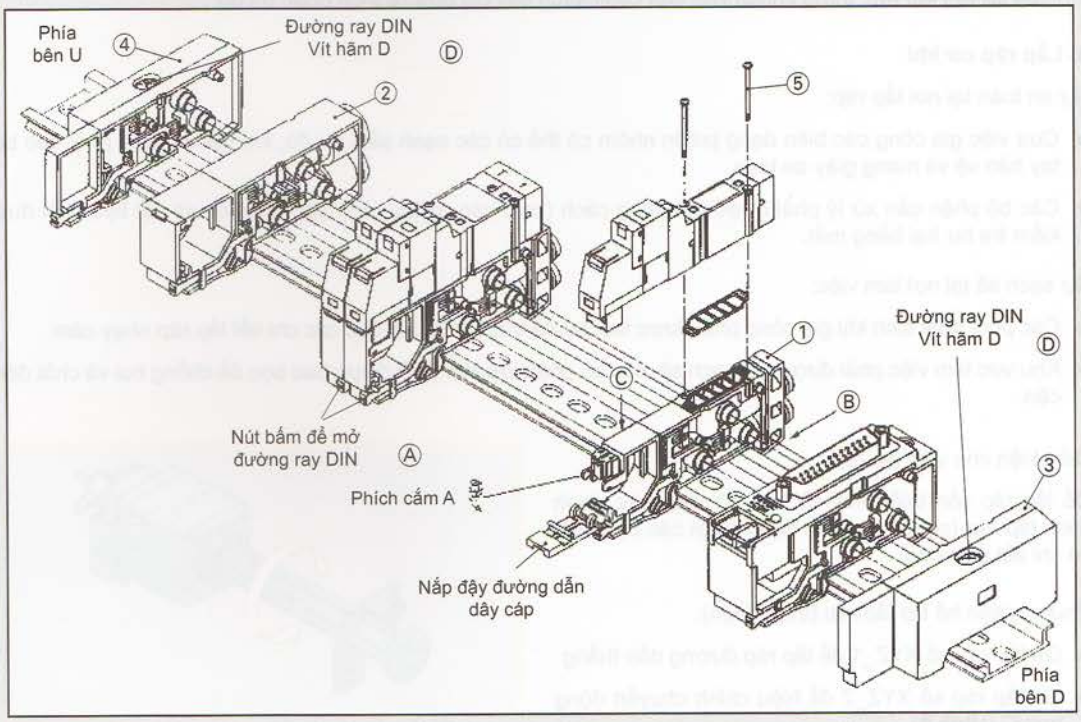
Hình 3 : Chỉ dẫn lắp ráp cho đầu nối nhiên liệu

https://tieulun.hopto.org

14.5.1 Thí dụ về sơ đồ lắp ráp một khối van điện - khí nén trên đường ray chuẩn DIN

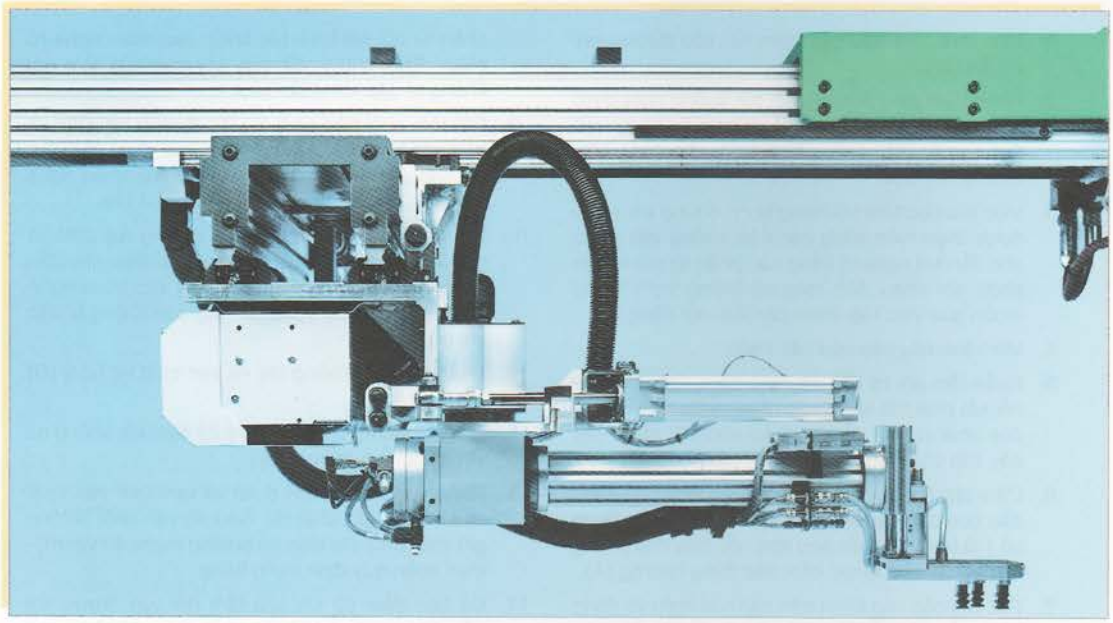
1. Móc mũi phía sau của trạm (B) vào đường ray chuẩn DIN.
2. Nhấn trạm theo hướng mũi tên xuống phía dưới (C) cho đến khi nghe rõ tiếng trạm ăn khớp vào đường ray DIN. Điều chỉnh trạm cho đúng trên đường ray DIN.
3. Việc ráp các tấm nối riêng lẻ (1) chung với nhau được thực hiện bằng cách ép chúng vào nhau cho đến khi nghe rõ tiếng các phần tử nối kết ăn khớp với nhau. Mở rộng số lượng trạm mong muốn qua việc ráp thêm các tấm nối riêng lẻ.
4. Mở kênh dây cáp của các trạm.
5. Nhấn tấm nối có sẵn dây vào trạm. Các phần tử nối kết phải bắt khớp vào nhau nghe rõ tiếng. Ở đây phải chú ý, để khi nhấn vào với nhau các dây cáp của tấm nối không bị dập (gấp nếp).
6. Cắm phích cắm của tấm nối đúng theo chỗ đánh dấu của dây cáp (A) vào trạm tương ứng. Trạm số 1 là trạm đầu tiên sau tấm nối. Hãy chú ý rằng các phích cắm được cắm vào đúng hướng (A).
7. Đặt dây cáp vào kênh dẫn cáp của trạm và đóng kênh dẫn cáp. Ở đây phải chú ý, để các dây cáp không bị dập khi đặt vào hoặc đóng lại.
8. Gắn trạm cung ứng (2) vào đường ray DIN bằng cách nhấn vào nhau ở phía bên U hay bên D cho phiên bản không cần ổ cắm phụ D. Các phần tử nối kết phải bắt khớp vào nhau nghe rõ tiếng. Phải chú ý, để các dây cáp của tấm nối không bị dập khi nhấn vào.
9. Đặt tấm cuối bên phải (3) lên đường ray DIN và gắn vào trạm bằng cách nhấn vào nhau cho đến khi các phần tử nối kết bắt khớp vào nhau nghe rõ tiếng. Vặn chặt vít hãm (D) với 1,4 Nm.
10. Đặt tấm cuối bên trái (4) lên đường ray DIN và gắn vào trạm bằng cách nhấn vào nhau cho đến khi các phần tử nối kết bắt khớp vào nhau nghe rõ tiếng. Phải chú ý, để các dây cáp không bị dập khi nhấn vào.
11. Nhấn trạm vào bằng tay và vặn chặt vít hãm (D) với 1,4 Nm.
12. Đặt van lên trạm. Phải chú ý để đệm kín không có vật lạ và nằm đúng vị trí .
13. Nhấn van xuống bên dưới và tạm thời vặn chặt các bulông giữ chặt (5). Sau đó vặn chặt bulông giữ chặt phía đối diện và bulông trước đó với mô-men xoắn quy định trong bảng.
14. Để bảo đảm độ kín của tấm nối van, trước khi nối với cung ứng khí nén phải chú ý để không có khoảng cách (hở) giữa các trạm.

Các bước làm việc 4, 5, 6 và 7 có thể bỏ qua trong phiên bản tấm nối cuối không có ổ cắm phụ D.



https://tieulun.hopto.org

14.5.2 Đoạn trích từ sơ đồ lắp ráp của một thiết bị thao tác để thực hiện các giải pháp thao tác ở máy đúc phun



Thiết bị thao tác hiển thị được dùng để lấy ra các sản phẩm từ máy đúc ép phun. Nó thể hiện một thiết bị cơ điện tử, bao gồm các hệ thống con cơ khí, điện-khí nén và điện. Các thiết bị được các chuyên viên kỹ thuật cơ điện tử lắp ráp trong một phân xưởng lắp ráp và trải qua một thử nghiệm chức năng đa dạng. Các quá trình lắp ráp riêng lẻ được ghi tài liệu chính xác và phải được thi hành nghiêm chỉnh và phải được xác nhận. Do phạm vi rộng lớn của tài liệu lắp ráp, trong khuôn khổ của cuốn sách này chỉ đưa ra trích đoạn thí dụ:

a) Lắp ráp cơ khí

Sự an toàn tại nơi lắp ráp:

- Qua việc gia công các biên dạng prôfin nhôm có thể có các cạnh sắc, do đó, khi vận chuyển phải đeo bao tay bảo vệ và mang giày an toàn.
- Các bộ phận cần xử lý phải được ráp đúng cách (xem các gá lắp ráp), các công cụ và vật liệu phải được kiểm tra hư hại bằng mắt.

Sự sạch sẽ tại nơi làm việc:

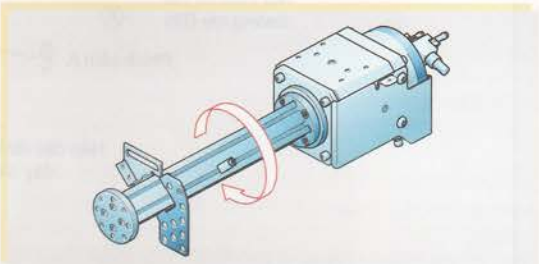
- Các phoi phát sinh khi gia công phải được loại bỏ để tránh thiệt hại cho các chi tiết lắp ráp nhạy cảm.
- Khu vực làm việc phải được giữ sạch sẽ, các bộ phận lưu kho phải được bao bọc để chống bụi và chất đóng cặn.

Điều kiện cho việc lắp ráp:

Để lắp ráp cần thiết phải có bản dữ liệu máy, danh sách lắp ráp (cơ khí) và các bản vẽ với các bảng liệt kê chi tiết gia công.

Phương tiện hỗ trợ lắp ráp (trích đoạn):

- Gá lắp ráp số XYZ_1 để lắp ráp đường dẫn thẳng
- Gá lắp ráp số XYZ_2 để hiệu chỉnh chuyển động trục C **(Hình 1)**.



Hình 1: Gá lắp ráp cho trục C

https://tieulun.hopto.org

Vật liệu dùng khi lắp ráp (trích đoạn)

- Để bôi trơn bàn trượt **(Hình 1)** người ta sử dụng mỡ lắp ráp (Hãng ZYX)
- Các bộ tiết lưu **(Hình 2)** được xử lý bằng dầu có chứa silicone.

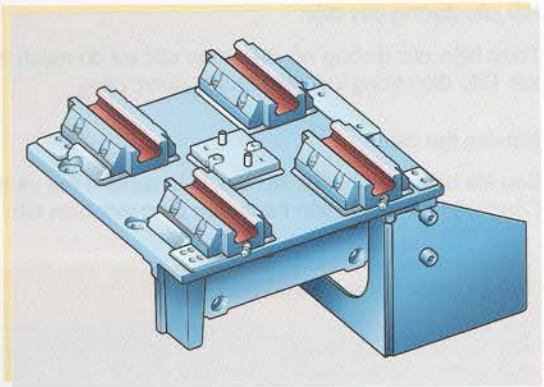
Lắp ráp trục Z

Khi gắn chặt giá đỡ **(Hình 3 và 4)** vào prôfin nhôm phải tuân thủ thứ tự siết chặt các bu lông, để tránh bị đặt nghiêng. Mô-men siết chặt thống nhất là 43 Nm.

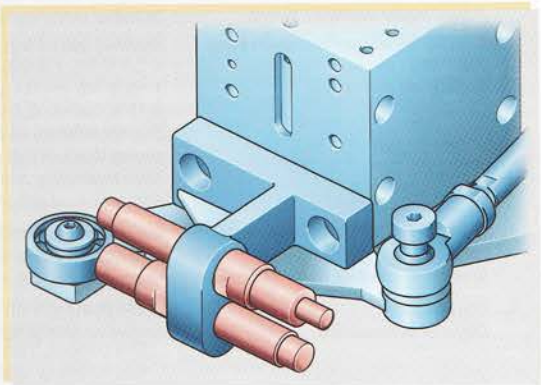
18	19	20	13
16	17	10	14
12	1	2	3
4	5	6	7
8	9		

Để gắn chặt các đường ray dẫn, đường ray đầu tiên được siết chặt bằng gá kẹp, đường ray thứ hai với đồng hồ đo (±5 %) được ráp vào đường ray đầu tiên.

Việc lắp ráp tất cả cụm lắp ráp và các chi tiết rời được mô tả theo kiểu cách này. Các dụng cụ và vật liệu phụ cần sử dụng được, vị trí lắp ráp được mô tả hoặc được lấy ra từ trong bản vẽ.



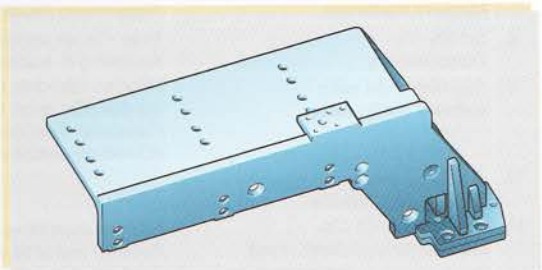
Hình 1 : Điểm bôi trơn bàn trượt



Hình 2 : Điểm bôi trơn bộ tiết lưu

b) Lắp ráp điện

Nhiệm vụ lắp ráp điện trong trường hợp này chủ yếu là hiệu chỉnh các linh kiện điện hay điện-khí nén đã được lắp ráp cơ khí và nối điện với tủ chuyển mạch điện. Vì tất cả dây cáp nối đã được sản xuất trước, chuyên viên cơ điện tử phải tiến hành việc nối điện như trong sơ đồ dự kiến. Người này cũng có trách nhiệm kiểm tra chức năng hệ thống. Ví dụ trích đoạn về các tài liệu lắp ráp và các quy định lắp ráp có thể dùng được:

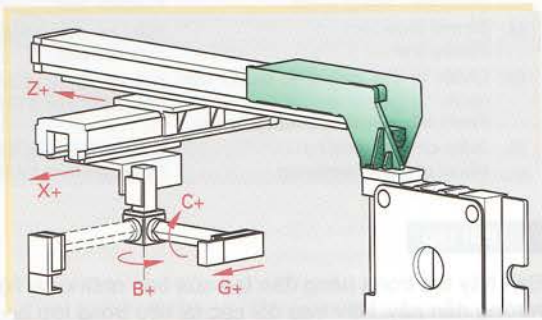


Hình 3 : Gắn chặt giá đỡ

Điều chỉnh các chốt cử chặn vị trí cuối và cảm biến

Mỗi bộ cảm biến phải được chuyển mạch một cách an toàn. Để có thể có được khoảng chạy lớn nhất có thể, các chốt chặn này phải được gắn thật sát sao. Điều phải chú ý là các xi lanh luôn luôn được hãm lại khi đến vị trí cuối cùng. Không bao giờ được sử dụng cử chặn cơ khí của xi lanh, vì điều này sẽ ảnh hưởng xấu đến tuổi thọ.

Để kiểm tra chức năng, áp suất khí nén phải được hiệu chỉnh ở 6 bar (xem hiển thị số trong tủ chuyển mạch). Các chốt chặn vị trí cuối, các công tắc vị trí cuối và các bộ tiết lưu sau khi thiết lập và hiệu chỉnh phải được niêm phong.



Hình 4 : Các trục chuyển động của cần đẩy đa phương

https://tieulun.hopto.org

Nối các đường dây điện

Thực hiện các đường nối điện theo các sơ đồ mạch XYZ_2. Đặc biệt chú ý không để dây cáp và dây điện xây xát. Dây điện trong xích kéo không được căng.

Nghiệm thu điện

Sau khi hoàn thành việc lắp ráp, việc nghiệm thu và thử nghiệm chức năng của cầu nâng-hạ được thực hiện. Công việc này được tiến hành dựa theo một biên bản nghiệm thu **(Bảng 1)**.

Bảng 1 : Biên bản nghiệm thu (trích đoạn)

STT *no*	Chức năng *Function*	Chú thích, quy trình *Remarks, procedure*	Kiểm tra chức năng hoặc hiệu chỉnh trị số *Function tested resp. value adjusted* ☑ Không áp dụng *not applicable*	☑ Đã thực hiện *done*
1.	Quạt gió *Fans*	Kiểm tra hướng quay *Test direction of rotation*		☐
2.	Hiệu chỉnh công tắc bảo vệ động cơ *Adjust motor overload switch*	Dòng điện danh định của động cơ, dung sai + 10% *Nominal motor current, tol. + 10%*		☐
3.	Điện áp tại bộ nguồn (nguồn cung cấp điện) *Voltage on power unit*	Phương tiện hỗ trợ: SN 121.681 *Aux. devices PN 121.681* + 5,1 V Tol. + 0,025 V / – 0,01 V + 15 V Tol. +/– 0,1 V = 15 V Tol. +/– 0,1 V Sau khi kiểm tra và cân bằng điện áp, gắn nắp bít và niêm phong tấm kim loại phía trước kể cả ốc vít. *After inspecting and calibrating the voltages, mount plugs and seal front panel incl. screws.*		☐ ☐ ☐ ☐
4.	Điện áp tại bộ phân phối nước làm mát *Voltage on cooling water distributor*	Máy kiểm tra: SN 522.150 *Test device PN 522.150* *U*quy định = 5,1 V Tol. + 0,1 V / – 0,05 V *U*nom = 5,1 V Tol. + 0,1 V / – 0,05 V		☐
5.	Đĩa phụ kiện *Diskette accessories*	2 đĩa chương trình sử dụng đã định dạng *formatted user program diskettes* ☐ Đĩa chương trình (khởi động) *program diskette* ☐ Đĩa hệ thống *system diskette*		☐
6.	Khởi động điều khiển *Boot controller*	Đọc đĩa chương trình/đĩa hệ thống *Read in program system diskette(s)*		☐
7.	Thiết bị máy *Machine equipment*	Theo RKAB (các thành phần điện) *According to RKAB (electric components)*		☐
8.	Sự đầy đủ *Completeness*	Theo bản dữ liệu máy (các thành phần điện) *According to machine sheet (electric components)*		☐
9.	Cấu hình phần mềm *software configuration*	Hằng số, các chức năng cố định, các giao diện, cạc I/O và mô đun điều chỉnh theo bản dữ liệu máy *Constants, fixed functions, interfaces, I/O and regulation cards according to machine sheet*		☐
10.	Cài đĩa hệ thống *Write system diskette*			☐
11.	Mạch ngắt khẩn cấp *Emergency shut-down circuit*	Kiểm tra chức năng của tất cả các công tắc ngắt khẩn cấp *Function test of all emergency shut-down switches*		☐
12.	Khoảng cách an toàn *Safety circuit*	Kiểm tra chức năng của tất cả các thiết bị bảo vệ *Function test of all overload devices*		☐
13.	Nắp trượt có đục lỗ *Perforated sliding cover*	Kiểm tra chức năng *Function test*		☐
14.	Bề mặt phân cách *Parting line*	Kiểm tra chức năng *Function test*		☐
15.	Chuẩn bị cho máy thao tác từ bên ngoài *Preparation for ext. handling device*	Kiểm tra S132 và S131 A / B *Test S132 and S131 A/B*		☐
16.	Giám sát vị trí công cụ *Mould position monitoring*	Tác động công tắc S141 *Actuate switch S141* Phích cắm kiểm tra SN 519.237 *Test connector PN 519.237*		☐

Bài tập:

Bạn hãy tìm trong hãng đào tạo của bạn những tài liệu hướng dẫn lắp ráp và hãy làm việc theo tất cả những hướng dẫn này. Hãy trao đổi các tài liệu trong lớp học với nhau. Lưu ý các điều khoản bảo mật trong công ty của bạn. Trong trường hợp không chắc chắn, hãy xin phép.

https://tieulun.hopto.org

14.6 An toàn lao động trong quá trình lắp ráp

Rất nhiều nguy hiểm bắt nguồn từ máy móc và hệ thống thiết bị **(Hình 1)**. Với những biện pháp phòng ngừa lao động thích hợp người ta có thể ngăn ngừa những tai nạn lao động, bệnh nghề nghiệp và những mối nguy hiểm cho sức khỏe.

Những mối nguy hiểm thường do:

- Chỗ vấp, các bộ phận bị hư, giàn giáo, kệ bục và thang không thích hợp
- Dụng cụ nâng tải và phương tiện nâng (đai, cáp, xích...) quá yếu hoặc bị lỗi
- Ráng quá sức khi nâng, giữ và mang vật tải
- Làm việc trong tư thế bắt buộc
- Thiếu các rào chắn (cản)
- Tác dụng vật lý, hóa học và sinh học (ví dụ như tiếng ồn, hơi khói)
- Không đủ kiến thức chuyên môn trong việc xử lý các chất độc hại
- Căng thẳng tinh thần do áp lực thời gian, mô tả công việc không rõ ràng, trách nhiệm lớn, thiếu kinh nghiệm, rối loạn bất ngờ, thiếu truyền thông, v.v.

Những người bị nguy hiểm là:

- Thợ khi lắp ráp máy móc
- Chuyên viên vận hành khi chạy thử máy
- Thợ khi làm việc và sản xuất
- Người lo việc bảo trì khi bảo dưỡng máy móc

Hình 1: Nguy cơ tai nạn trong xí nghiệp

14.6.1 Những biện pháp an toàn phòng ngừa khi làm việc với máy móc, thiết bị và các hệ thống cơ điện tử

Mỗi nhân viên trong xí nghiệp, bằng cách cư xử của mình, có thể đóng góp rất nhiều để tăng cường an toàn lao động **(Hình 2)**.

Phòng ngừa chống các mối nguy hiểm:

- Tuân thủ các quy định an toàn qua việc chú ý các dấu hiệu cấm và cảnh báo **(Hình 2 và hình 1, trang 618)**
- Áp dụng các biện pháp an toàn như mặc quần áo bảo hộ, thiết lập giàn giáo v.v...
- Giữ gìn trật tự và sạch sẽ
- Tách riêng các dụng cụ và phương tiện hư hỏng
- Hành động có kỷ luật và thận trọng
- Quan sát trước và có ý thức về sự nguy hiểm
- Phân tích chính xác hợp đồng công việc
- Hoạch định chính xác trình tự công việc
- Truyền thông tích cực
- Thỏa thuận có ràng buộc

Các quy định phòng ngừa tai nạn (APR = accident prevention regulations) được các tổ chức bảo hiểm tai nạn trong mọi lĩnh vực nghề nghiệp, chẳng hạn như hiệp hội bảo hiểm nghề nghiệp soạn thảo và được Bộ liên bang có thẩm quyền chấp thuận.

Hình 2 : Chỉ dẫn an toàn trong xí nghiệp

https://tieulun.hopto.org

Trong các quy định phòng ngừa tai nạn (APR), có các yêu cầu sau đây :

- Trang thiết bị của xí nghiệp
- Bộ phận tổ chức bảo vệ an toàn lao động trong xí nghiệp
- Người ứng dụng các phương pháp làm việc
- Nhiệm vụ và cách cư xử của nhân viên

Các yêu cầu này phải được giữ đúng và công khai cho mọi nhân viên. Những hành vi vi phạm có thể bị phạt tiền nặng.

Những người tiếp xúc với thiết bị điện có thêm những yêu cầu đặc biệt. Theo tiêu chuẩn DIN 0105 T1, họ được chia thành ba nhóm:

- Chuyên viên điện
- Chuyên viên cho các công việc đã xác định trước
- Những người đã được đào tạo về kỹ thuật điện.

Kỹ thuật viên cơ điện tử là những chuyên viên điện. Họ chịu trách nhiệm về các quyết định và các biện pháp an toàn cho người, trang thiết bị và chịu trách nhiệm hướng dẫn những người không có chuyên môn và những nhân viên đã được đào tạo.

14.6.2 Các biện pháp khi có tai nạn lao động

Mặc dù đã tuân thủ tất cả các quy định an toàn và các biện pháp phòng ngừa tai nạn nhưng nếu vẫn xảy ra tai nạn, thì những điểm sau đây phải được tuân thủ:

- Giữ bình tĩnh
- Tìm hiểu những gì đã xảy ra và những thương tích có thể có
- Ước tính xem có những nguy cơ kế tiếp đe dọa không (ví dụ: nguy cơ bùng nổ) và những biện pháp nào phải được thực hiện
- Thận trọng và hành động dứt khoát khi tắt máy, bảo vệ hiện trường tai nạn, giải cứu những người bị thương, kêu gọi giúp đỡ qua đường dây khẩn cấp, thực hiện cấp cứu, v.v

Nếu có nhiều người trợ giúp tại hiện trường tai nạn, phải chia nhỏ nhiệm vụ. Mỗi người nên nhận nhiệm vụ tương ứng với khả năng của mình. Những việc đầu tiên luôn luôn là:

- Gọi số hỗ trợ khẩn cấp và cho biết các chi tiết chính xác về nơi xảy ra tai nạn (ở đâu), sự kiện xảy ra (cái gì), số người bị thương (bao nhiêu) và loại thương tích (như thế nào).

Hình 1: Dấu hiệu chỉ dẫn các mối nguy hiểm và các quy tắc ứng xử trong khi nguy hiểm (trích đoạn)

https://tieulun.hopto.org

- Chăm sóc các nạn nhân bằng cách:
  - Di chuyển ra khỏi vùng nguy hiểm trực tiếp (Ví dụ khi có nguy hiểm hoả hoạn)
  - Kiểm soát hơi thở và làm hô hấp nhân tạo
  - Quay sang tư thế nằm nghiêng ổn định nếu còn thở
  - Đè chặt (băng bó chặt) nếu xuất huyết nhiều
  - Tạo tư thế sốc (nâng cao hai chân) khi bị sốc **(Bảng 1).**

Bảng 1 : Các biện pháp cấp cứu

Triệu chứng	Biện pháp
Hô hấp/ tuần hoàn máu đứng yên	Hô hấp nhân tạo/ Xoa bóp ép tim
Bất tỉnh	Tư thế nằm nghiêng ổn định
Tuần hoàn máu yếu/Bị sốc	Nâng cao hai chân, làm êm dịu, trấn an
Xuất huyết nhiều	Băng bó chặt (để cầm máu)
Bị bỏng	Dập tắt lửa với nắp đậy, hoặc tương tự - nước

14.6.3 Phòng cháy chữa cháy và các biện pháp trong trường hợp hỏa hoạn

Lửa gây nguy hiểm đặc biệt, vì lửa có thể nhanh chóng lây lan sang những khu vực xung quanh, và do đó gây nguy cơ lớn hơn cho sinh mạng và vật chất. Nguy cơ có một đám cháy xảy ra trong khi lắp ráp và tu sửa là tương đối lớn. Do đó cần đặc biệt chú ý để phòng ngừa hỏa hoạn.

Ba điều kiện cho một đám cháy là:

- Ôxy trong không khí
- Nhiệt, tia lửa hoặc mồi lửa
- Nhiên liệu

Nếu một trong 3 điều kiện này mất đi hoặc không có sẵn ở vị trí cháy, thì đám cháy sẽ tắt đi hoặc không xảy ra.

Nguyên nhân hỏa hoạn tại nơi làm việc có thể là:

- Ổ trục quá nóng
- Ổ trục quá tải
- Thiếu cẩn trọng khi làm việc với các chất dễ cháy, chẳng hạn như trong khi hàn
- Ứng xử cẩu thả trong khi làm việc hoặc trong lúc giải lao, chẳng hạn như khi vứt bỏ thuốc lá đang cháy

Phòng cháy là cố gắng ngăn chặn sự phát sinh của lửa hoặc hạn chế một đám cháy đang bùng nổ.

Các biện pháp phòng cháy là:

- Thành lập các trạm cứu hỏa trong các công việc có nguy cơ xảy ra cháy như hàn, hàn vảy, cắt, v.v
- Chuẩn bị sẵn sàng và thường xuyên bảo trì các bình chữa cháy
- Cài đặt các bộ báo khói
- Kiểm soát các cửa chống lửa và nắp ngăn khói
- Các tuyến đường thoát hiểm được đánh dấu và luôn mở được

Ứng xử trong trường hợp cháy:

- Khi phát hiện một đám cháy đang manh nha, nên cố gắng dập ngay
- Khi không thể dập tắt đám cháy, phải rời khỏi vùng cháy. Đóng cửa nhưng không khóa
- Gọi khẩn cấp đội cứu hỏa (thông báo ai, ở đâu, cái gì, bao nhiêu)
- Thông tin cho những người đang ở trong hoặc xung quanh tòa nhà và tiếp tục tổ chức việc di tản khỏi đám cháy.

https://tieulun.hopto.org

14.6.4 Tiếp xúc với các chất độc hại

Trong khi lắp ráp, thử nghiệm đưa vào vận hành và bảo dưỡng hệ thống thiết bị và máy móc trong một số trường hợp, việc tiếp xúc với các chất độc hại không thể tránh khỏi. Theo **quy định về chất độc hại** và **quy định GHS**[1] tất cả các chất được cho là độc hại có ít nhất một trong các tính chất sau:

- Nguy cơ gây nổ (ví dụ như thuốc nổ)
- Dễ gây cháy (ví dụ như oxy để hàn)
- Rất dễ cháy hay dễ cháy (ví dụ như dung môi)
- Độc hại (ví dụ như sơn, hóa chất)
- Ăn mòn hoặc gây kích thích (ví dụ như axit và kiềm))

Ảnh hưởng chức năng sinh sản hoặc gây thay đổi gen (ví dụ như thuốc bảo vệ thực vật, thuốc trừ sâu))

- Gây ung thư (ví dụ như benzen, bụi gỗ))
- Gây nguy hiểm cho môi trường ((ví dụ như chì, cadmium, dầu cũ))
- Có hại cho sức khỏe (ví dụ như dung môi trong chất keo dính))
- Gây nhạy cảm, dị ứng ((ví dụ như formaldehyde, nikem))

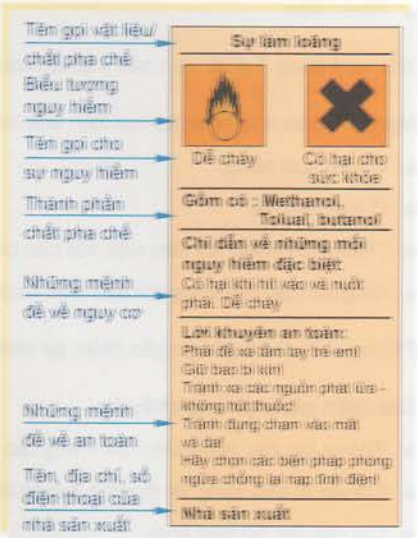
Bảng 2: Các biểu tượng nguy hiểm theo tiêu chuẩn vật liệu và quy định GHS

Tiêu chuẩn vật liệu và chất pha chế			Quy định GHS		
Ký hiệu nguy hiểm	Mẫu tự nhận dạng	Biểu tượng	Tên gọi	Mã hóa	Hình ký hiệu
Có nguy cơ phát nổ	E		Bom nổ	GHS01	
Rất dễ cháy	F+		Ngọn lửa	GHS02	
Dễ cháy	F				
Gây cháy	O		Ngọn lửa trên một vòng tròn	GHS03	
Không có sự tương ứng			Bình ga	GHS04	
Ăn mòn	C		Tác dụng ăn mòn	GHS05	
Rất độc	T+		Hộp sọ với xương bắt chéo	GHS06	
Độc	T				
Có hại cho sức khỏe	Xn		Không có sự tương ứng		
Gây kích thích	Xi				

Chất độc hại phải được đóng gói đúng cách. Bao bì phải có thông tin chính xác về nội dung và nhà sản xuất cũng như những chỉ dẫn về sự nguy hiểm và lời khuyên về an toàn (**Hình 1 và bảng 2**). Bên cạnh những ký hiệu cũng phải kèm theo với mỗi chất độc hại bảng dữ liệu an toàn, đây là một nguồn thông tin quan trọng.

Bảng 1: Sự nguy hiểm do các vật liệu làm việc (tuyển chọn)

Loại	Chất chứa đựng	Độ nguy hiểm
Vôi, sơn	Dung môi, Toluol, Xylon	Khó thở, nhức đầu, dị ứng
Dầu thủy lực	Polybutylcuprysil,Benzol, Nitrosamine	Gây ung thư, dị ứng
Vật liệu cách nhiệt	Sợi amian	Gây ung thư
Chất keo dán	Dung môi	Khó thở, nhức đầu, dị ứng
Dung môi	PER perchlorethylene	Gây hại gan và thận
Dầu cắt	Oleemode	Dị ứng



Hình 1: Ký hiệu nhận dạng các chất độc hại

14.6.5 Những tiêu chuẩn an toàn máy móc

Từ 01/01/1995 tại Cộng đồng châu Âu các qui định thống nhất về an toàn được áp dụng cho việc xây dựng và hoạt động của máy móc. Các nhà sản xuất các bộ phận, máy móc và hệ thống thiết bị xác nhận với dấu hiệu CE rằng, máy này đáp ứng các yêu cầu an toàn và sức khỏe theo **tiêu chuẩn máy móc của cộng đồng châu Âu**.

Mục đích của quy định:

- Để ý sự an toàn của máy móc và hệ thống ngay trong thời kỳ phát triển
- Bảo vệ những chỗ nguy hiểm bằng các thiết bị an toàn
- Các mối nguy hiểm được nhấn mạnh trong sách hướng dẫn sử dụng.

[1] GHS = Globally Harmonized System (Hệ thống hài hòa toàn cầu)

https://tieulun.hopto.org

14.7 Đưa vào vận hành

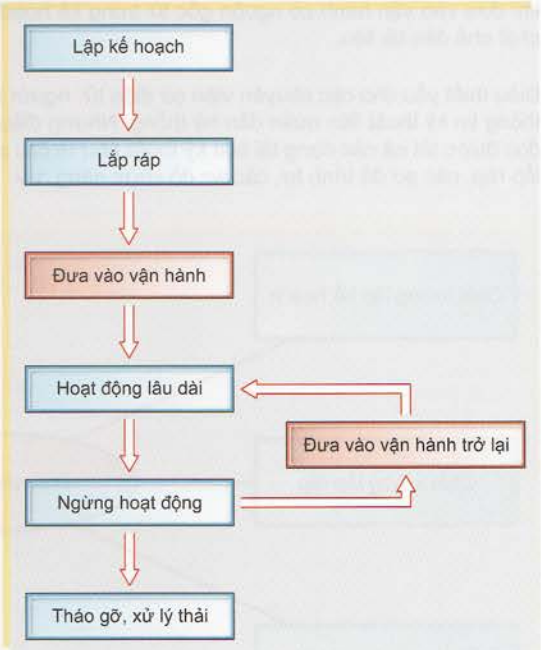
Nói chung, việc đưa vào vận hành các thiết bị, máy móc, hệ thống thiết bị là giai đoạn cuối cùng trong chu trình hình thành một sản phẩm **(Hình 1)**.

> Người ta hiểu việc đưa vào vận hành là chuyển giao một hệ thống thiết bị từ tình trạng đứng yên sang trạng thái hoạt động.
>
> Việc đưa vào vận hành bao gồm tất cả các hoạt động cần thiết cho việc khởi đầu hoạt động của các hệ thống được lắp ráp trước đó.

Ở đây, về cơ bản ta phân biệt, xem đây là vận hành lần đầu tiên hay vận hành trở lại.

Khi đưa vào **vận hành lần đầu**, người ta giả định rằng toàn bộ hệ thống với tất cả các hệ thống con của nó lần đầu tiên được đưa vào hoạt động. Trong trường hợp này, không loại trừ việc những hệ thống phụ riêng lẻ như các cụm thiết bị thủy lực, động cơ v.v. đã được thử nghiệm đưa vào vận hành từng phần.

Việc đưa hệ thống từ tình trạng đứng yên sang trạng thái hoạt động trở lại được thực hiện bởi **thử nghiệm đưa vào vận hành trở lại**. Đưa vào vận hành trở lại là cần thiết nếu hệ thống không thể hoạt động được do nhiều rối loạn (lỗi, nhiễu) lớn và đã được tu sửa (sửa chữa) để có thể hoạt động trở lại. Như vậy, thí dụ, khởi động một máy công cụ trước đó bị tắt đi không được gọi là thử nghiệm đưa vào vận hành trở lại. Ở các thiết bị kỹ thuật qui trình công nghệ như được sử dụng trong ngành công nghiệp hóa chất, thì trái lại hành động này cũng được gọi là thử nghiệm đưa vào vận hành trở lại, vì nó gây phí tổn cao hơn.



Hình 1: Chu kỳ sống của các máy móc và hệ thống thiết bị

14.7.1 Các đặc điểm của việc đưa vào vận hành

Nếu không kể tới việc ngừng hoạt động và việc tháo gỡ các hệ thống ra, thì việc đưa vào vận hành là sự kết thúc, tức là giai đoạn cuối cùng của một dự án. Việc thử nghiệm đưa vào vận hành đến với tất cả mọi người tham gia như là một "giờ phút của sự thật", có nghĩa đó là bằng chứng cho thấy các công việc đã được thực hiện trong giai đoạn trước đó có thành công không. Do đó, nó cũng có các đặc điểm nhất định **(Tổng quan 1)**.

Tổng quan 1 : Các đặc điểm của việc đưa vào vận hành

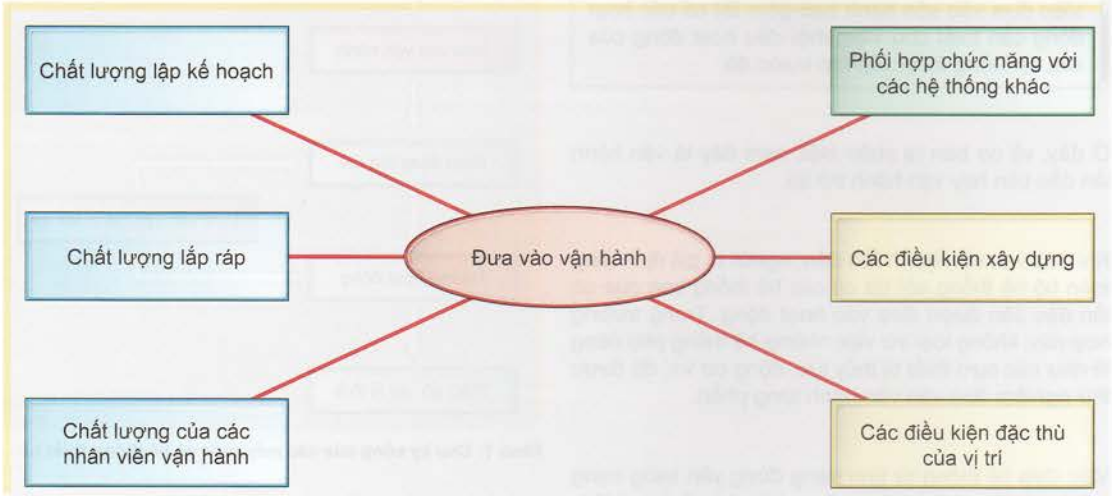
- Hệ thống cơ điện tử được lắp ráp hoàn tất cho đến một vài điểm còn sót lại
- Đưa vào vận hành là giai đoạn chuyển giao giữa người giao dự án và người nhận dự án
- Tùy thuộc vào hệ thống, việc đưa vào vận hành cũng có thể là điều mới đối với chuyên viên cơ điện tử.
- Thông thường khi đưa vào vận hành, lần đầu tiên tất cả các thành phần tham gia được kiểm tra khả năng hoạt động trong sự tương tác với nhau.
- Đưa vào vận hành bị quá tải ở mức độ cao do sự cố không lường trước được, chẳng hạn như sự hư hại một phần của các máy móc, phương tiện truyền thông bị hư hay người sử dụng không có khả năng.
- Khi đưa vào vận hành, việc điều khiển hệ thống được giao cho nhân viên lạ, những người này phải được đào tạo cách xử lý.

Các chuyên viên cơ điện tử khác với thợ cơ khí công nghiệp hoặc người lắp ráp hệ thống điện, vì họ phải đưa vào vận hành toàn bộ thiết bị bao gồm tất cả các thành phần cơ khí, điện, khí nén, thủy lực và điện tử, cho nên đòi hỏi họ phải có kiến thức bao trùm của tất cả các ngành có liên quan.

https://tieulun.hopto.org

Đưa vào vận hành phụ thuộc vào một vài số yếu tố **(Hình 1)**. Ở đây, việc lập kế hoạch và phát triển đóng một vai trò quan trọng. Nghiên cứu sâu rộng trong việc xây dựng hệ thống thiết bị đã cho thấy, hơn 60% vấn đề trong khi đưa vào vận hành có nguồn gốc từ trong kế hoạch và phát triển hệ thống. Các vấn đề này cũng liên quan chặt chẽ đến tài liệu.

Điều thiết yếu cho các chuyên viên cơ điện tử, người thực hiện việc đưa vào vận hành, là họ phải có tất cả các thông tin kỹ thuật liên quan đến hệ thống. Nhưng điều đó cũng có nghĩa là những người này phải có khả năng đọc được tất cả các dạng tài liệu kỹ thuật như là các phác thảo về nguyên tắc, các bản vẽ kỹ thuật, các bản vẽ lắp ráp, các sơ đồ trình tự, các sơ đồ chức năng, v.v.



Hình 1: Các yếu tố ảnh hưởng đến việc thử nghiệm đưa vào vận hành

Như đã thể hiện trong **Hình 1**, các giai đoạn của chu trình phát triển sản phẩm xảy ra trước giai đoạn đưa vào vận hành, vì các giai đoạn của chu trình phát triển này ảnh hưởng đáng kể đến việc thử nghiệm đưa vào vận hành. Do đó, tương tự như trong việc lắp ráp, các biện pháp thiết kế thích hợp đã có trong giai đoạn lập kế hoạch cũng có thể ảnh hưởng đến việc đưa vào vận hành suôn sẻ. Điều này chủ yếu bao gồm:

- tránh các nguồn lỗi ví dụ do lựa chọn sai lầm các cảm biến hoặc tương tự.
- tiếp cận tự do được tiếp cận tất cả các khả năng hiệu chỉnh, điều chỉnh và đo lường
- tránh các nguồn gây tai nạn chẳng hạn như chỗ có cạnh sắc, chỗ cắt, v.v...

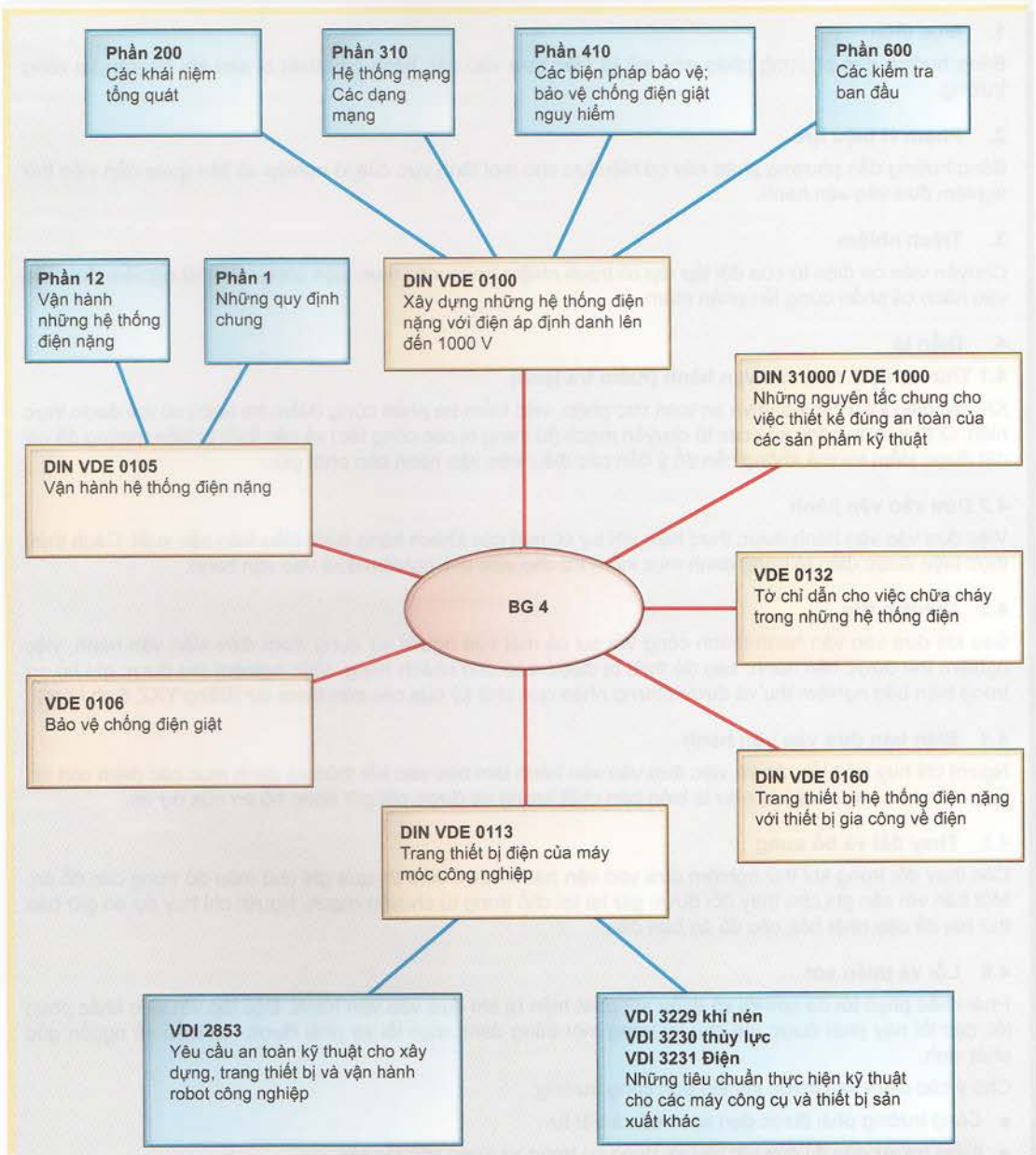
Trong tất cả các hoạt động có liên quan đến việc đưa vào vận hành, người thực hiện phải triệt để tuân thủ các quy định có hiệu lực về công tác phòng chống tai nạn. Tuân thủ các quy định tương ứng của VDE (Hiệp hội điện tử) và APR (Quy định phòng ngừa tai nạn), từ năm 1995 các nhà sản xuất hệ thống phải xác nhận các máy móc của mình bằng dấu hiệu CE. Với dấu hiệu này họ đã chứng minh bằng tư liệu là qui định có hiệu lực về máy móc đã được tuân thủ. Điều này dĩ nhiên cũng áp dụng cho tất cả các nhà cung cấp các máy móc và các hệ thống con. Việc chấp hành các quy định này phải được chuyên viên cơ điện tử kiểm tra trong quá trình thử nghiệm đưa vào vận hành. Các hệ thống con được cung cấp không mang dấu hiệu CE thì không cho lắp ráp.

Hình 2: An toàn đã được kiểm tra

Nói chung, việc đưa vào vận hành được hướng dẫn bởi một loạt các qui định theo DIN và quy định của VDE và VDI (Hiệp hội kỹ sư Đức). Trang kế liệt kê những điểm quan trọng nhất trong các quy định này.

https://tieulun.hopto.org

Bên cạnh việc thực hiện chức năng chính của thiết bị, các nhà sản xuất cũng phải dự tính trước các biện pháp thích hợp để ngăn ngừa tai nạn, mặt khác, những người điều hành cũng phải giám sát tình trạng hoạt động và an toàn của các hệ thống điện cơ và cơ điện tử bằng các biện pháp phù hợp. Những nhận thức này dẫn đến việc thiết lập lần đầu tiên các biện pháp phòng ngừa tai nạn vào năm 1943, và cuối cùng đã là cơ sở cho "Nội quy và quy định của các hiệp hội nghề nghiệp" (VBG 4). Bên cạnh những điều khác, dựa theo các nguyên tắc này thì "... người quản lý xí nghiệp phải lo liệu sao cho những hệ thống thiết bị điện và nguồn vật liệu chỉ được xây dựng, sửa đổi và bảo trì theo những luật lệ về kỹ thuật điện tương ứng bởi một chuyên viên điện (chuyên viên cơ điện tử cũng là chuyên viên điện) hoặc dưới sự chỉ đạo và giám sát của một chuyên viên điện" (§ 3 đoạn 1). Kết hợp giữa VDE, VDI và DIN, một bộ luật rộng rãi đã được hình thành theo thời gian, nếu tuân thủ nghiêm ngặt sẽ bảo đảm sự an toàn ở mức độ cao **(Hình 1)**.



Hình 1: Các quy định quan trọng cần phải tuân theo khi thử nghiệm đưa vào vận hành

https://tieulun.hopto.org

14.7.2 Những điều cơ bản về phương pháp đưa vào vận hành

Điều kiện cần thiết cho việc thử nghiệm đưa vào vận hành không bị trở ngại là việc thử nghiệm này được thực hiện một cách hệ thống và tuân thủ theo đúng qui định. Tùy theo từng hệ thống người ta có thể sử dụng các phương pháp khác nhau. Thông thường các hãng sử dụng phương tiện là bảng danh mục kiểm tra hay biểu đồ tiến trình trong việc thử nghiệm. Các phương tiện này được chuyên viên cơ điện tử dùng như là nguyên tắc cơ bản. Chúng bảo đảm một tiến trình những việc làm đầy đủ và hợp lý, đồng thời được sử dụng làm tài liệu hỗ trợ khi có vấn đề và chỗ yếu xuất hiện.

Sau đây là ví dụ về cách tiến hành và danh mục kiểm tra cho việc đưa vào vận hành một hệ thống thiết bị qui trình công nghệ.

1. Mục đích

Bảng hướng dẫn phương pháp này mô tả việc đưa vào vận hành các thiết bị sau khi lắp ráp tại công trường.

2. Phạm vi hiệu lực

Bảng hướng dẫn phương pháp này có hiệu lực cho mọi lãnh vực của xí nghiệp có liên quan đến việc thử nghiệm đưa vào vận hành.

3. Trách nhiệm

Chuyên viên cơ điện tử của đội lắp ráp có trách nhiệm trong việc thực hiện công việc thử nghiệm đưa vào vận hành cả phần cứng lẫn phần mềm

4. Diễn tả

4.1 Thử nghiệm đưa vào vận hành (Kiểm tra lạnh)

Khi các điều kiện vận hành và an toàn cho phép, việc kiểm tra phần cứng (kiểm tra lạnh) có thể được thực hiện. Ở đây chức năng của các tủ chuyển mạch (tủ trang bị các công tắc) và các thiết bị hiện trường đã cài đặt được kiểm tra mà không cần để ý đến các điều kiện vận hành cần phải giữ.

4.2 Đưa vào vận hành

Việc đưa vào vận hành được thực hiện với sự có mặt của khách hàng dưới điều kiện sản xuất. Cách thức thực hiện được diễn tả trong danh mục kiểm tra cho việc thử nghiệm đưa vào vận hành.

4.3 Nghiệm thu

Sau khi đưa vào vận hành thành công với sự có mặt của người sử dụng dưới điều kiện vận hành, việc nghiệm thu được tiến hành, sau đó thiết bị được trao cho khách hàng. Việc nghiệm thu được ghi hồ sơ trong biên bản nghiệm thu và được chứng nhận qua chữ ký của các bên tham dự (Bảng YXZ đính kèm)

4.4 Biên bản đưa vào vận hành

Người chỉ huy việc lắp ráp và việc đưa vào vận hành làm báo cáo kết thúc và danh mục các điểm còn lại. Các biên bản này có giá trị như là biên bản chất lượng và được cất giữ trong hồ sơ của dự án.

4.5 Thay đổi và bổ sung

Các thay đổi trong khi thử nghiệm đưa vào vận hành được biểu thị qua ghi chú màu đỏ trong các đồ án. Một bản với các ghi chú thay đổi được giữ lại tại chỗ trong tủ chuyển mạch. Người chỉ huy dự án giữ bản thứ hai để cập nhật hóa các đồ án ban đầu.

4.6 Lỗi và thiếu sót

Phải khắc phục tối đa các lỗi và thiếu sót phát hiện ra khi đưa vào vận hành. Độc lập với việc khắc phục lỗi, các lỗi này phải được ghi chú lại trong một bảng danh mục lỗi và phải được tìm hiểu về nguồn gốc phát sinh.

Chú ý các điểm sau trước khi thu dọn công trường:

- Công trường phải được dọn sạch sẽ và trật tự
- Kiểm tra sự đầy đủ của vật liệu và dụng cụ trong xe dùng cho lắp ráp

https://tieulun.hopto.org

Ví dụ về một danh mục kiểm tra cho việc đưa vào vận hành một hệ thống thiết bị qui trình công nghệ

Khách hàng: Ngày tháng:

Các điều kiện trước tiên:

- Tắt tất cả cầu chì và bộ ngắt điện tự động trước khi đưa vào vận hành
- Kiểm tra xem tất cả dây điện hiện trường đã được cắm hết chưa (không có đoạn cuối nào của dây không được bảo đảm)
- Kiểm tra điện áp đầu vào ở các kẹp cung cấp điện áp

01	Đã kiểm tra từ trường quay ở các kẹp cung cấp điện áp chưa? (từ trường luôn luôn quay phải)	☐ Có	☐ Không
02	Đã kiểm tra riêng lẻ từng mạch điện cho các máy móc theo sơ đồ mạch điện chưa?	☐ Có	☐ Không
03	Đã kiểm tra riêng lẻ các mạch điện cho đèn và ổ cắm theo sơ đồ mạch điện chưa?	☐ Có	☐ Không
04	Đã kiểm tra các mạch điện cho ổ cắm công suất theo sơ đồ mạch điện chưa? (từ trường luôn luôn quay phải)	☐ Có	☐ Không
05	Đã thử nghiệm đưa vào vận hành bộ cung cấp điện áp 24 V DC và đã hiệu chỉnh điện áp nạp ở máy nạp (sạc) điện đến trị số điện áp danh định cho ắc qui chưa?	☐ Có	☐ Không
06	Đã kiểm tra chức năng tín hiệu mạch điện đo và tín hiệu đo theo sơ đồ mạch điện chưa?	☐ Có	☐ Không
07	Đã cài đặt cân bằng hiệu thế đúng chuyên môn chưa? (tiết diện; chỗ nối dây dẫn điện)	☐ Có	☐ Không
08	Đã kiểm tra các ghi chú cho cân bằng hiệu thế chưa? (băng ghi chú; ghi chú cho ray cân bằng hiệu thế PAS 01; ghi chú cho bộ nạp điện riêng lẻ với dải băng keo Scotch)	☐ Có	☐ Không
09	Đã ghi chú rõ ràng các máy trong tủ chuyển mạch và hệ thống thiết bị theo sơ đồ mạch chưa?	☐ Có	☐ Không
10	Đường dẫn dây cáp và các đường dẫn vào các thiết bị điện và các tủ chuyển mạch có chính xác không?	☐ Có	☐ Không
11	Đã ghi dấu màu xanh lam trên các dây cáp đi ra và các kênh chưa?	☐ Có	☐ Không
12	Đã ghi chú dây cáp rõ ràng theo danh mục các dây cáp chưa?	☐ Có	☐ Không
13	Đã thực hiện các việc lắp đặt không rò khí nén đúng kỹ thuật chưa?	☐ Có	☐ Không
14	Có nắp đậy cho các bộ cung cấp và các cực bình điện không?	☐ Có	☐ Không
15	Đã kiểm tra các mạch đo và các tín hiệu chưa? (thùng đo áp suất, máy mô phỏng PT100, bộ phát xung)	☐ Có	☐ Không
16	Đã kiểm tra lần cuối theo VDE 0100, phần 610 chưa?	☐ Có	☐ Không
17	Có tài liệu mới nhất trong tủ chuyển mạch không?	☐ Có	☐ Không
18	Có bản thứ hai của tài liệu mới nhất cho người trách nhiệm chuyên môn không?	☐ Có	☐ Không
19	Đã làm sạch tủ chuyển mạch và thiết bị chưa?	☐ Có	☐ Không
20	Đã chụp ảnh tủ và thiết bị chưa?	☐ Có	☐ Không
21	Đã giao hệ thống thiết bị cho khách hàng chưa?	☐ Có	☐ Không
22	Đã thử hệ thống thiết bị dưới điều kiện vận hành chưa?	☐ Có	☐ Không
23	Đã lập biên bản nghiệm thu chưa?	☐ Có	☐ Không
24	Đã ghi hết danh mục các việc còn lại chưa?	☐ Có	☐ Không

https://tieulun.hopto.org

14.7.3 Đưa vào vận hành các hệ thống thiết bị khí nén và điện-khí nén

Trong khi thử nghiệm đưa vào vận hành các hệ thống thiết bị khí nén, nguy hiểm đáng kể nhất là các xi lanh dịch chuyển không đúng, gây ra rủi ro tai nạn cho người sử dụng. Vì vậy nên theo cách tiến hành chung sau đây:

Trước khi sử dụng:

- Kiểm tra các dữ liệu kỹ thuật của hệ thống thiết bị như điện áp của mạch điện điều khiển, điện áp của các mạch điện công suất, áp suất khí nén.
- Kiểm tra sự lắp ráp các thiết bị.
- Kiểm tra các đường ống và các chỗ nối đường ống.

Thực hiện việc thử nghiệm đưa vào vận hành:

- Khởi động hệ thống thiết bị khi không có áp suất.
- Kiểm tra vị trí cơ bản của các thành phần công tác theo sơ đồ.
- Kiểm tra vị trí của các van xung và điều chỉnh bằng tay khi cần.
- Đóng các van tiết lưu điều khiển vận tốc piston.
- Đưa từ từ hệ thống thiết bị lên áp suất công tác dự kiến.
- Ở các hệ thống thiết bị hoàn toàn dùng khí nén, kiểm tra quá trình diễn biến theo từng bước (không phôi)
- Nếu cần thiết, chỉnh lại các công tắc vị trí cuối.
- Ở các hệ thống thiết bị điện-khí nén, trước hết quá trình diễn biến có thể được thực hiện không có phần điện bằng sự điều chỉnh với thao tác bằng tay.
- Chuẩn bị sẵn sàng các điện áp
- Kiểm tra các trình tự chính xác, toàn bộ, không có chi tiết gia công.
- Chạy thử với chi tiết.
- Giao thiết bị cho người sử dụng nếu cần.

> Trong khi thử nghiệm đưa vào vận hành, không được đưa tay vào phạm vi dịch chuyển của các xi lanh, vì ngay cả xi lanh nhỏ cũng có thể gây ra thương tích. Nếu các công tắc vị trí cuối phải được khởi động để thử, phải sử dụng dụng cụ thích hợp.

Cách tiến hành này được dự kiến cho trường hợp bình thường. Trong trường hợp đặc thù có thể có những qui định khác, riêng cho hệ thống được sử dụng trong việc thử nghiệm đưa vào vận hành. Các qui định này bắt buộc phải được tuân thủ triệt để.

14.7.4 Đưa vào vận hành các hệ thống thiết bị thủy lực và điện-thủy lực

Vì rủi ro tai nạn ở các hệ thống thiết bị thủy lực do lực lớn và áp suất cao còn lớn hơn ở các hệ thống thiết bị khí nén, nên việc thử nghiệm và đưa vào vận hành cũng phải tiến hành có hệ thống.

Trước khi sử dụng:

- Kiểm tra các dữ liệu kỹ thuật của hệ thống thiết bị như điện áp của mạch điện điều khiển, điện áp của mạch điện công suất, áp suất.
- Kiểm tra sự lắp ráp các máy móc.
- Kiểm tra các chỗ nối
- Kiểm tra vị trí các đường ống dựa theo sơ đồ.
- Kiểm tra sự không có điện áp, các chỗ giữ chặt và bán kính uốn của các ống, nhất là ở các đường ống dẫn mềm.

https://tieulun.hopto.org

- Kiểm tra các đường dẫn rò rỉ
- Kiểm tra sự bảo vệ của các bộ phận dịch chuyển theo UVV
- Kiểm tra chất dơ tại các bình chứa dầu, các bộ lọc và các ống hút
- Kiểm tra hướng vận chuyển của các bơm

Nạp nhiên liệu lỏng (dầu thủy lực, xăng...) vào hệ thống thiết bị:

- Trước khi nạp nhiên liệu lỏng vào hệ thống thiết bị các van phải được mở hay đóng tương ứng với chức năng của chúng.
- Khi nạp vào, phải để ý đến sự sạch sẽ của các thùng chứa. Phải ngăn không để cho nước chảy vào thiết bị.
- Van lưu lượng và van tiết lưu nên được mở ra để cho việc nạp nhiên liệu lỏng được dễ dàng.
- Chỉ được nạp bằng dầu thủy lực do hãng sản xuất đòi hỏi với độ nhớt đã ấn định.

Thử nghiệm đưa vào sản xuất:

- Trước khi khởi động động cơ các van ở đường hút phải đứng ở vị trí vận hành.
- Các bơm piston dọc trục cần một buồng nạp đầy dầu bên trong để vận hành đúng qui định. Vì vậy bơm phải được nạp dầu khi thử nghiệm đưa vào vận hành đầu tiên.
- Trước khi chịu tải tối đa, hệ thống thiết bị nên được vận hành không tải trong khoảng từ 1 đến 4 giờ. Trong lúc vận hành không tải phải kiểm tra áp suất, mức dầu, nhiệt độ bơm, nhiệt độ động cơ, nhiệt độ chất lỏng và các chỗ rò rỉ.
- Việc hiệu chỉnh áp suất ở van an toàn phải tuân theo qui định của hãng sản xuất và nên niêm phong bằng chì nếu có thể.
- Hệ thống thủy lực phải được xả không khí sau khi bơm bắt đầu chạy. Sau khi đạt đến nhiệt độ vận hành, phải xả không khí một lần nữa.
- Sau khi đạt đến tình trạng vận hành, tiến hành kiểm tra chức năng của hệ thống thiết bị. Cách tiến hành ở đây giống như cách tiến hành đã được trình bày trong mục thử nghiệm đưa vào vận hành các thiết bị khí nén (xem trang 626).
- Trong khi kiểm tra chức năng, phải kiểm tra chỗ rò rỉ ở toàn thể hệ thống thiết bị.
- Các lỗi về chức năng và các chỗ rò rỉ phải được ghi tài liệu chính xác.

14.7.5 Đưa vào vận hành các máy điện

Các máy điện trong lãnh vực cơ điện tử luôn luôn là các hệ thống phụ trong toàn bộ hệ thống thiết bị. Vì vậy thông thường chúng đã qua quy trình kiểm tra toàn bộ từ hãng sản xuất trước khi lắp ráp. Trong những kiểm tra này các máy điện phải chứng tỏ là đã đáp ứng tất cả những công suất đòi hỏi.

Vì vậy trong trường hợp bình thường khi thử nghiệm đưa vào vận hành các bước sau đây phải được thực hiện:

- Kiểm tra các mạng lưới điện cho mạch điện chính và mạch điện điều khiển
- Kiểm tra hệ thống dây cáp
- Kiểm tra và gắn các cầu chì
- Nối mạch với điện áp
- Kiểm tra điện áp hiện hữu
- Kiểm tra chiều từ trường quay
- Kiểm tra các biện pháp bảo vệ

https://tieulun.hopto.org

- Kiểm tra bằng mắt các chổi than và các giá giữ chổi
- Kiểm tra các hệ thống làm mát
- Kiểm tra xem tất cả các qui tắc đã ấn định có được tuân thủ không

14.7.6 Đưa vào vận hành bộ điều khiển lôgic lập trình được PLC

Bộ điều khiển lôgic lập trình được PLC chỉ có thể kiểm tra chung cuộc trong tình trạng vận hành của thiết bị. Mặc dù trình tự cơ bản có thể đã được thử nghiệm bằng các chương trình mô phỏng nhưng cũng không bảo đảm trăm phần trăm cho khả năng hoạt động dưới điều kiện làm việc. Tuy nhiên phí tổn thử nghiệm đưa vào vận hành giảm thiểu đáng kể qua việc mô phỏng trước đó (xem thêm chương 10.8).

Trước khi gắn điện áp vào bộ điều khiển PLC phải giải thích các câu hỏi sau đây:

- Điện áp cho máy và điện áp của lưới điện có đồng nhất không?
- Chỗ nối cung cấp điện có đúng không?
- Đường dây bảo vệ có được lắp đúng không?
- Không có các đường nối dẫn điện giữa mạch điện chính và mạch điện điều khiển?

14.7.7 Lỗi khi thử nghiệm đưa vào vận hành các hệ thống cơ điện tử

> Việc không đáp ứng một đòi hỏi tối thiểu ở hệ điều khiển được xem là lỗi. Lỗi là nguyên nhân làm trục trặc hay ngưng hoạt động của một hệ thống cơ điện tử.

Vì các hệ thống cơ điện tử thường luôn luôn là các phối hợp của những kỹ thuật máy móc khác nhau nên các lỗi xuất hiện có thể rất khác biệt. Cách thức tiến hành khi xảy ra lỗi trong thử nghiệm đưa vào vận hành như sau:

1. Nhận ra lỗi → 2. Giới hạn lỗi (phân tích) → 3. Khắc phục lỗi

Việc **nhận ra lỗi** trong đa số trường hợp còn rất đơn giản vì như đã trình bày ở trên, lỗi là khi tối thiểu một đòi hỏi không được đáp ứng.

Việc **giới hạn lỗi** ngược lại thường rất khó. Các nguồn gốc gây lỗi có thể nằm ở từng máy riêng lẻ hay từng cụm lắp ráp (ví dụ các van dẫn hướng không hoạt động hay hư hỏng tại các bộ phận cơ khí), ở việc lắp ráp không đúng (ví dụ hướng chạy sai ở van chặn (*van một chiều*)), ở việc nối kết sai các thành phần riêng lẻ, ở việc nối dây điện (ví dụ đứt dây), ở việc chỉnh sai các cảm biến v.v...

Về cơ bản, các lỗi có thể do 3 nguyên nhân:

- Lỗi bộ phận
- Lỗi lắp ráp
- Lỗi thử nghiệm đưa vào vận hành

Khi giới hạn lỗi phải tiến hành có hệ thống. Nếu các lỗi này lộ rõ, chúng có thể nhận biết được qua các giác quan. Ví dụ một ổ trục có tiếng rít có thể được định vị qua thính giác, các chỗ nóng chảy ở dây điện phải ngửi thấy được hay khói bốc lên phải thấy được và các chỗ dầu rò rỉ hay các chỗ nối khí nén không bịt kín phải thấy hay nghe được.

Ở tất cả những nơi mà nguồn gốc lỗi không cảm nhận được bằng giác quan, việc sử dụng tất cả các tài liệu kỹ thuật có sẵn để hỗ trợ là cần thiết; các sơ đồ trình tự của các chương trình, các sơ đồ chức năng, các biểu đồ chức năng và các sơ đồ mạch điện có thể hỗ trợ hiệu quả trong việc giới hạn lỗi. Ví dụ nhờ vào biểu đồ chức năng người ta có thể quan sát rất rõ tiến trình tín hiệu trong một quá trình điều khiển.

Lỗi luôn là nguy cơ phát sinh phí tổn và gây nguy hiểm cho thiết bị và con người nên phải được phòng tránh hết mức. Tuy nhiên mặc dù rất cẩn thận, lỗi cũng vẫn luôn luôn xuất hiện trong khi thử nghiệm đưa vào vận hành.

https://tieulun.hopto.org

Thí dụ: Biểu đồ chức năng cho thiết bị nhận dạng chi tiết gia công được diễn tả trong **Hình 1**. Thiết bị làm việc không lỗi cho đến bước thứ 7. Sự theo dõi tiến trình tín hiệu cho thấy nguồn gốc lỗi nằm ở bước thứ 7. Vì xi lanh hút đã thực hiện xong chuyển động chạy ra và vào không lỗi ở các bước 2 ... 4, nên lỗi cơ khí không thể nằm ở xi lanh hay bộ phận điều khiển tương ứng. Nguyên do cho việc không chạy ra nằm ở công tắc đo áp suất thấp S0.12 hay vùng chung quanh công tắc.

Ví dụ này cho thấy, định vị được lỗi bằng các sơ đồ thích hợp. Việc định vị nguồn gốc lỗi như vậy có thể thực hiện được, nhưng nguyên nhân chính xác của biểu hiện lỗi trước tiên còn phải được xác định. Trong việc này, kỹ thuật đo lường là một phương tiện hỗ trợ quan trọng. Người ta đo nhiệt độ và lực trong các hệ thống cơ khí, đo áp suất hoặc sai biệt áp suất trong các hệ thống thủy lực và khí nén và đo điện áp và dòng điện trong các hệ thống điện và điện tử để giới hạn vùng lỗi.

Chẩn đoán lỗi bằng kỹ thuật đo lường

Việc sử dụng các máy kỹ thuật đo lường giúp vào việc chẩn đoán và xác định vị trí lỗi. Người ta sử dụng các máy đo khác nhau cho những kỹ thuật thiết bị khác nhau.

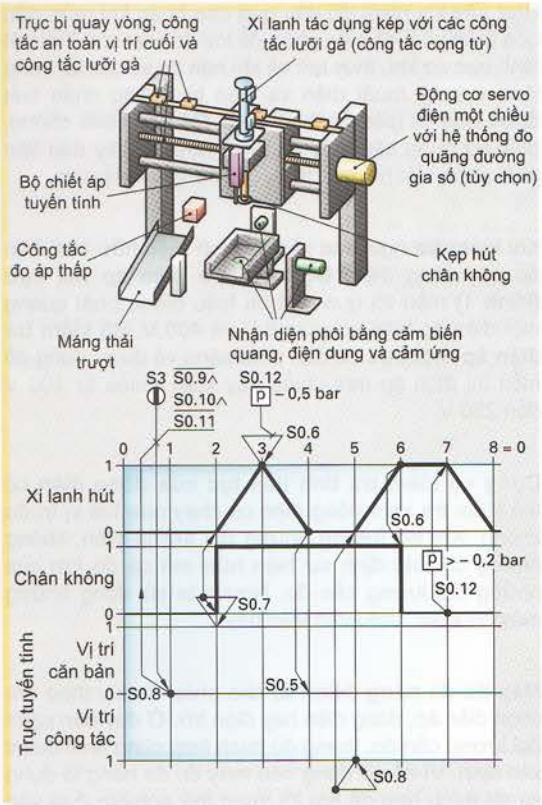
Trong lãnh vực **khí nén**, chủ yếu áp kế (**Hình 2**) và công tắc áp suất (**Hình 3**) là thích hợp cho việc tìm lỗi.

Áp kế hiển thị trị số áp suất. Với áp kế người ta có thể xác định tương đối đơn giản là áp suất có hiện hữu không và độ cao của áp suất có đủ để hoàn thành chức năng không. Việc lắp đặt các máy đo áp suất rất đơn giản vì các đường ống dẫn thường dễ uốn ở các thiết bị khí nén.

Qua **công tắc áp suất** áp suất khí nén được chuyển thành tín hiệu điện. Trong việc tìm lỗi người ta có thể quan sát sự tăng lên hay hạ xuống của áp suất qua công tắc áp suất và theo dõi những ảnh hưởng đến tiến trình điều khiển.

Công tắc áp suất và áp kế cũng được dùng trong các **thiết bị thủy lực** để tìm lỗi. Việc lắp ráp sử dụng ở đây không đơn giản vì đa số thiết bị có đường ống cứng. Vì vậy ở những vị trí nhạy của thiết bị thủy lực, người thiết kế đã định trước sẵn các chỗ nối cho việc đo lường (so sánh với đề mục thiết kế thích hợp cho việc thử nghiệm đưa vào vận hành).

Bên cạnh công tắc áp suất và áp kế, người ta chủ yếu sử dụng trong lãnh vực thủy lực các máy đo hiển thị mức đầy và nhiệt độ để tìm lỗi và nhất là để tránh lỗi.



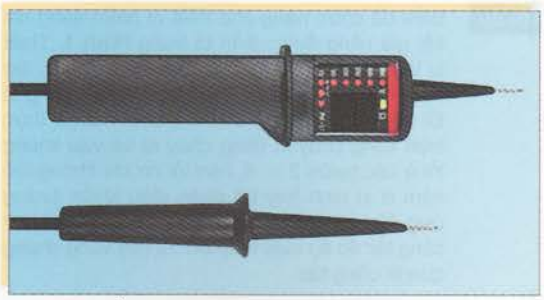
Hình 1: Sơ đồ kỹ thuật và biểu đồ chức năng

Hình 2: Áp kế

Hình 3: Công tắc áp suất (khí nén)

https://tieulun.hopto.org

Như vậy khi nhiệt độ dầu quá cao hoặc khi mức dầu quá thấp phải có biện pháp để loại trừ sai sót. Trái với lãnh vực cơ khí, thủy lực và khí nén đa số các lỗi trong lãnh vực kỹ thuật điện và điện tử không nhận biết được qua thị giác và thính giác. Để nhận biết chúng, phải sử dụng các máy đo thích hợp. Ở đây đầu tiên phải phân biệt hai quá trình đo lường và kiểm tra.



Hình 1: Bộ kiểm tra điện áp hai cực

Khi **kiểm tra** người ta xác định sự hiện hữu của điện áp hay dòng điện. **Bộ kiểm tra điện áp hai cực (Hình 1)** hiển thị qua một tín hiệu diode phát quang một điện áp hiện có giữa 6 V và 400 V. **Bộ kiểm tra điện áp một cực** có đèn phát sáng và được dùng để hiển thị điện áp một chiều hay xoay chiều từ 100 V đến 250 V.

Dụng cụ kiểm tra tính liên tục của dòng điện có thể kiểm tra xem dòng điện có chạy qua hai vị trí đo không. Khi **đo lường** những đại lượng điện, không những chỉ xác định sự hiện hữu mà cả độ lớn của những đại lượng cần đo. Người ta sử dụng những máy đo khác nhau vào việc này.

Hình 2: Máy đo đa năng

Máy đo đa năng (Hình 2) cho phép đo tùy theo lựa chọn điện áp, dòng điện hay điện trở. Ở đây bên cạnh đại lượng cần đo, thang đo thích hợp cũng phải được xác định. Vì dễ sử dụng nên máy đo đa năng là dụng cụ rất thích hợp để tìm lỗi trong thử nghiệm đưa vào vận hành các hệ thống cơ điện tử.

Khi tìm lỗi trong các hệ thống điện tử người ta sử dụng chủ yếu **dao động ký** (***máy hiện sóng***) **(Hình 3)**. Với máy này các đường biểu diễn điện áp và dòng điện lập lại theo chu kỳ có thể được hiển thị. Với dao động ký 2 kênh, 2 đường biểu diễn có thể được hiển thị chồng lên nhau. Dao động ký lưu trữ tín hiệu bằng kỹ thuật số cho phép lưu trữ các đường biểu diễn.

Hình 3: Dao động ký

Bên cạnh các phương pháp và phương tiện đã được trình bày để tìm lỗi trong khi thử nghiệm đưa vào vận hành, còn có rất nhiều khả năng khác để tìm lỗi và dẫn đường đến việc khắc phục lỗi. Tuy nhiên vì những khả năng này cũng giữ vai trò chủ yếu trong việc tu sửa nên chúng sẽ được giải thích ở phần tu sửa (xem chương 14.8.5).

Bài tập:

1. Hãy giải thích khái niệm đưa vào vận hành
2. Việc đưa vào vận hành các hệ thống cơ điện tử được ảnh hưởng bởi các yếu tố nào?
3. Hãy diễn tả tiến trình căn bản của việc đưa vào vận hành các hệ thống cơ điện tử
4. Hãy lập một "danh mục kiểm tra" cho việc đưa vào vận hành một bộ điều khiển hai xi lanh điện-khí nén.
5. Hãy kể những điểm chủ yếu của việc đưa vào vận hành các hệ thống khí nén, thủy lực, điện và bộ điều khiển logic lập trình được PLC.
6. Lỗi nào có thể xuất hiện khi đưa vào vận hành?

https://tieulun.hopto.org

14.8 Bảo trì các hệ thống cơ điện tử

Tất cả các hệ thống cơ điện tử giống như các máy móc và hệ thống thiết bị đều chịu một sự hao mòn nhất định do lão hóa, độ mỏi, rỉ sét v.v... trong thời gian hoạt động. Nếu điều này không được để ý đầy đủ, những hiện tượng này có thể dẫn đến trục trặc và hư hỏng. Trong trường hợp thông thường việc này dẫn đến những phí tổn đáng kể. Vì vậy để tránh trục trặc và ngưng hoạt động, người ta tìm cách "bảo trì" hệ thống bằng những biện pháp thích hợp.

Người ta hiểu bảo trì là tất cả các biện pháp để duy trì và thiết lập lại tình trạng mong muốn cũng như để xác định và đánh giá tình trạng hiện tại của các phương tiện kỹ thuật của một hệ thống (so sánh với DIN 31051).

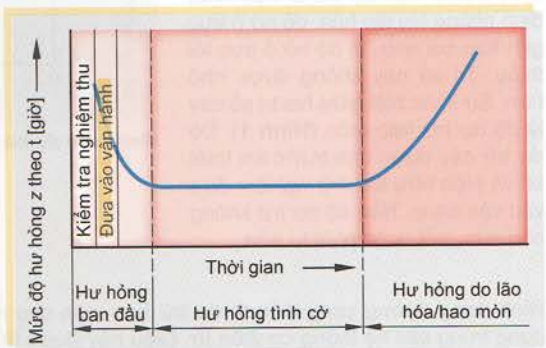
Các biện pháp để bảo trì này bao gồm chủ yếu 3 lãnh vực con: bảo dưỡng, kiểm tra và tu sửa:

14.8.1 Tiến trình của mức độ hư hỏng của hệ thống

Khi quan sát những hệ thống cơ điện tử trong một khoảng thời gian dài, người ta nhận thấy là các hư hỏng luôn luôn xuất hiện lại. Điều này thường có những nguyên nhân sau:

- Vật liệu hay sản xuất có lỗi
- Lỗi sử dụng hay lỗi vận hành
- Sự hao mòn của các thành phần cấu tạo hay các nhóm thành phần

Cho đến nay chỉ trong một ít trường hợp người ta có thể tăng sự đáng tin cậy của hệ thống và các nhóm thành phần của hệ thống đến mức chúng có thể xem như không có hư hỏng. Trong kỹ thuật du hành vũ trụ và trong ngành chế tạo máy bay, các tiến bộ liên quan đến hạn chế hư hỏng là lớn nhất.



Hình 1: Đường cong dạng bồn tắm

Biểu hiện về hư hỏng của các hệ thống cơ điện tử không thể diễn tả chung cho mọi hệ thống. Tuy nhiên giống như ở các máy móc và hệ thống thiết bị khác, ở đây người ta cũng quan sát thấy một đường cong với đặc tính bồn tắm (**Hình 1**). Trên đường cong này, 3 giai đoạn được nhận ra:

- Giai đoạn hư hỏng ban đầu
- Giai đoạn hư hỏng tình cờ
- Giai đoạn hư hỏng do lão hóa và hao mòn

Giai đoạn hư hỏng ban đầu thường có liên quan đến các thành phần cấu tạo (*linh kiện*) hay hệ thống, ở đó những hư hỏng gọi là "bệnh trẻ con" xuất hiện. Những hư hỏng ban đầu có thể được gây ra do lắp ráp không đúng cách, lỗi do chọn lựa vật liệu hay những lỗi khác. Trong giai đoạn này, bình thường người ta ghi nhận một sự giảm mức độ hư hỏng và qua đó một sự gia tăng sự đáng tin cậy. Ở các thành phần cấu tạo có đòi hỏi cao về kỹ thuật vật liệu như chất bán dẫn thường để ngăn cản hư hỏng ban đầu người ta làm thử nghiệm "thử nóng" (Burn-in), trong thử nghiệm này các linh kiện phải chịu tải cao hơn.

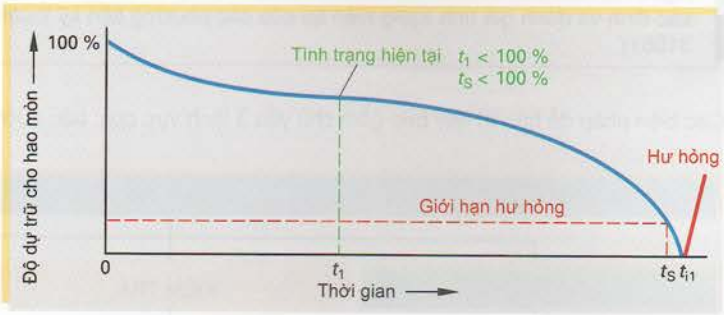
https://tieulun.hopto.org

Giai đoạn hư hỏng ngẫu nhiên được biểu hiện qua một mức độ hư hỏng gần như không đổi. Thời điểm và nguyên nhân của hư hỏng ở đây tuyệt đối tình cờ. Giai đoạn này chiếm phần chính trong phạm vi tuổi thọ của một hệ thống và thông thường không thể bị ảnh hưởng.

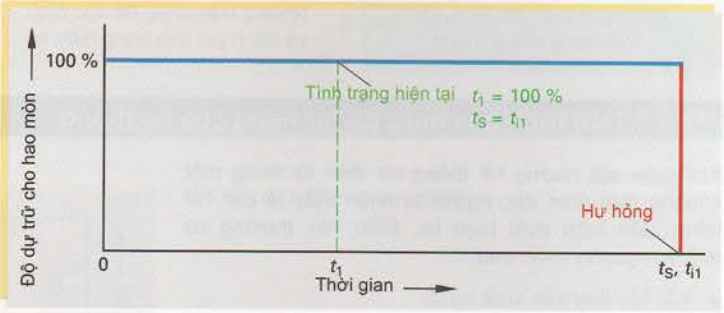
Các hư hỏng do hao mòn tăng theo tuổi thọ. Như tên gọi, sự hao mòn của từng bộ phận là nguyên nhân của hư hỏng. Các hư hỏng do hao mòn có thể được ảnh hưởng tốt nhất bằng các biện pháp bảo dưỡng và bảo trì đều đặn. Theo thống kê, khoảng cách thời gian cho bảo dưỡng phải ngắn hơn khi tuổi thọ tăng.

Độ dự trữ cho hao mòn của các bộ phận

Sự hao mòn của các bộ phận có thể diễn tả bằng đồ họa. Từ đó "độ dự trữ cho hao mòn", trị số rất quan trọng cho việc bảo trì, có thể được dẫn ra và cũng có thể được trình bày bằng đồ họa. Trong việc này người ta giả định rằng ở thời điểm đưa vào vận hành, bộ phận có đầy đủ chức năng và đã được chuẩn bị trước cho một sự hao mòn không tránh được qua việc ghép thêm sẵn một dự trữ nhất định cho những khả năng bị hao mòn. Nhờ đó có thể bảo đảm được khả năng hoạt động của thiết bị ngay cả khi lệch ra khỏi tình trạng mong muốn lý tưởng. Ví dụ một ổ bạc trượt: khi thử nghiệm đưa vào vận hành người ta đã qui định trước một độ hở ổ trục nhất định phòng khi lão hóa. độ hở ổ trục giới hạn coi như là độ hở ổ trục tối thiểu. Trị số này không được nhỏ hơn. Sự khác biệt giữa hai trị số này là độ dự trữ hao mòn (**Hình 1**). Độ dự trữ này được tính trước khi thiết kế và hiện hữu khi thử nghiệm đưa vào vận hành. Nếu độ dự trữ không còn nữa, bắt buộc phải tu sửa.



Hình 1: Độ dự trữ hao mòn cho ổ trượt



Hình 2: Độ dự trữ hao mòn cho linh kiện điện tử

Hình dạng đường cong diễn tả dự trữ hao mòn cho những bộ phận khác nhau cũng rất khác nhau được sử dụng trong các hệ thống cơ điện tử. Điều này được thấy rõ ở đường cong của ổ trượt (**Hình 1**) và của một bộ phận điện (**Hình 2**). Ở những bộ phận cơ khí người ta thường thấy đường cong dự trữ có dạng như **Hình 1** và ở những linh kiện điện tử sự hư hỏng toàn bộ đột ngột thường gặp hơn.

14.8.2 Chiến lược bảo trì

Các biện pháp bảo trì trong xí nghiệp nhằm mục đích kinh tế giống như mọi lãnh vực khác. Về cơ bản, tính kinh tế có thể phụ thuộc vào bản thân hệ thống hay máy móc, vào chất lượng của đội ngũ nhân viên và vào chiến lược (cách tiến hành) trong việc bảo trì. Khi bảo trì, người ta phân biệt 4 cách tiến hành:

- Bảo trì để phòng ngừa hư hỏng
- Bảo trì do hư hỏng
- Bảo trì tùy theo tình trạng
- Bảo trì để bảo đảm chất lượng

https://tieulun.hopto.org

Trong việc **bảo trì để phòng ngừa hư hỏng**, biện pháp bảo trì được thực hiện sau một thời gian hoạt động nhất định hoặc vào một thời điểm nhất định không phụ thuộc vào tình trạng hiện tại của thiết bị. Điều này có ưu điểm là các biện pháp có thể dự tính trước tốt và số lượng hư hỏng không lường trước có thể giảm đi. Nhược điểm là thu được rất ít dữ kiện về mức độ hư hỏng, tuổi thọ của các bộ phận khác nhau không được sử dụng và qua đó có thể tạo ra phí tổn tương đối cao.

Các **biện pháp bảo trì do hư hỏng** chỉ được thực hiện khi một hệ thống hay các phần của hệ thống hư hỏng. Tối ưu là sử dụng trọn tuổi thọ các bộ phận. Bất lợi là ảnh hưởng của các hư hỏng đột ngột và không thấy trước, có thể gây ra các phí tổn hư hỏng rất cao và đòi hỏi sự sẵn sàng của những nhân viên chuyên môn phù hợp ví dụ như chuyên viên cơ điện tử.

Các quá trình kiểm tra đều đặn là cơ sở cho sự **bảo trì tùy theo tình trạng**. Tùy theo tình trạng hiện thời được xác định bởi kiểm tra, người ta lập kế hoạch và thực hiện các biện pháp bảo trì tiếp theo. Qua đó tuổi thọ của các bộ phận và hệ thống cũng được sử dụng tốt và sự sẵn sàng để sử dụng của thiết bị được bảo đảm. Phí tổn cho việc kiểm tra và nhu cầu về chuyên viên để chẩn đoán kỹ thuật tạo ra yếu điểm trong sự đánh giá chung.

14.8.3 Bảo dưỡng như là biện pháp bảo trì để phòng ngừa hư hỏng

Việc bảo dưỡng các hệ thống cơ điện tử được dùng để phòng ngừa lỗi và qua đó ngăn cản các hư hỏng.

Chủ yếu là các phần cơ khí của hệ thống, các phần này bị mài mòn nhiều và chịu tải lớn và vì vậy phải được bảo dưỡng. Các công việc cần thiết được thực hiện định kỳ dựa vào các kế hoạch bảo dưỡng. Đây là các công việc để chăm sóc hệ thống và thay thế các bộ phận hao mòn, chất bôi trơn, vật tư vận hành v.v... Những công việc bảo dưỡng phải được ghi chép vào các danh mục bảo dưỡng bởi nhân viên thực hiện. Những công việc này có thể tùy thuộc vào một thời gian chu trình, vào thời gian vận hành hay vào số các công đoạn đã thực hiện.

Kế hoạch bảo dưỡng cho bộ truyền động xích của tổ lắp ráp XYZ

Ngày tháng: *24.09.02* Người làm kế hoạch: *Obermeier*

Các công việc phải thực hiện	Người có trách nhiệm	Tốt	Không Tốt	Chu kỳ	Ngày tháng Dấu tay
Kiểm tra tình trạng bên ngoài	Trưởng nhóm	☒	☐	3 tháng	
Kiểm tra tình trạng bôi trơn	Trưởng nhóm	☒	☐	3 tháng	
Kiểm tra tình trạng dây xích về sự hao mòn	Trưởng nhóm	☒	☐	3 tháng	
Kiểm tra chiều dài dây xích	Trưởng nhóm	☒	☐	6 tháng	
Kiểm tra độ căng dây xích	Trưởng nhóm	☐	☒	6 tháng	
Tình trạng các bánh răng xích	Trưởng nhóm	☒	☐	6 tháng	
Vị trí các bánh răng xích với nhau	Trưởng nhóm	☒	☐	6 tháng	
Tình trạng của thiết bị bảo vệ	Người chịu trách nhiệm về an toàn	☒	☐	Mỗi tháng	

Ghi chú:

1. Chỉnh lại độ căng dây xích vào kỳ kiểm tra tới
2.
3.

Hình 1: Trích từ một danh mục bảo dưỡng

Việc bảo dưỡng có thể chia ra các biện pháp sau đây:

- Làm sạch — Loại trừ các tạp chất, chất dơ và vật liệu phụ bằng cách hút, cọ chùi, sử dụng các chất dung môi v.v...
- Bảo quản — Những biện pháp bảo vệ chống ảnh hưởng bên ngoài như rỉ sét, chất dơ ví dụ do bôi mỡ, sơn, phủ màng
- Bôi trơn — Giữ khả năng trượt bằng cách cho chất bôi trơn vào các vị trí bôi trơn
- Bổ sung — Nạp các vật liệu phụ ví dụ như nạp dầu hộp số
- Thay thế — Thay thế các chi tiết nhỏ và vật liệu phụ ví dụ như thay vòng đệm kín, thay nhớt, thay bộ lọc v.v...
- Chỉnh lại — Chỉnh lại các chi tiết có thể chỉnh được với mục đích loại trừ chênh lệch

https://tieulun.hopto.org

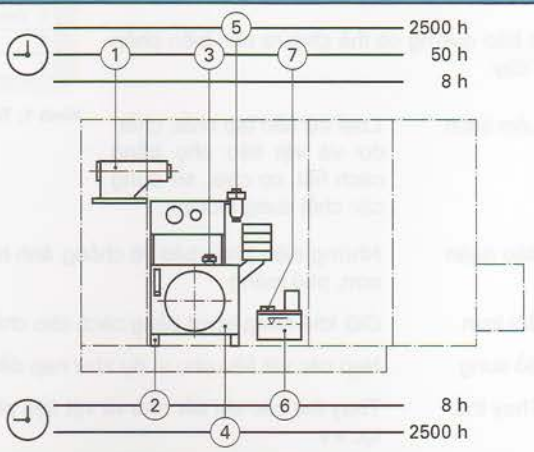
Những thiết bị nhỏ hay thiết bị tiêu chuẩn như máy nén khí, máy công cụ v.v... có thể được bảo trì bởi nhân viên sử dụng theo một kế hoạch nhất định. Những hệ thống cơ điện tử phức tạp thường được bảo dưỡng bởi những chuyên viên đã được huấn luyện. Trong việc bảo dưỡng, phải tuân thủ những kế hoạch bảo dưỡng của toàn bộ thiết bị do hãng sản xuất thiết bị đưa ra cũng như những kế hoạch bảo dưỡng của các hãng cung cấp các hệ thống phụ. **Hình 1** trình bày những trích đoạn từ một kế hoạch bảo dưỡng cho một máy tiện CNC.

Kế hoạch bảo dưỡng máy tiện CNC

2j j h v m w t	Bộ phận cơ khí	Phải kiểm tra
	Bộ truyền động	
	Động cơ, bộ truyền động chính	Độ chạy êm, tiếng ồn, nhiệt độ (bằng bàn tay)
	Bánh đai truyền	Đế tựa, Độ đồng tâm, Mặt cắt
	Dây đai liền hình V	Tình trạng, độ căng
	Hộp số đổi số vòng quay (2 bậc)	Độ chạy êm, nhiệt độ
	Đầu máy tiện (U trước)	
	Trục quay (trục chính)	Độ chạy êm, độ lệch mặt đầu, nhiệt độ, độ hở hướng tâm trước và sau, độ hở (rơ) hướng trục, tình trạng của chỗ nhận vật liệu cung cấp
	Khung sườn máy	
	Bệ máy	Chỉnh
	Các đường dẫn	Độ mài mòn, độ hở, làm sạch, bôi trơn
	Vỏ che đường dẫn	Tình trạng, làm sạch, bôi trơn
	Bàn trượt hình chữ thập	
	Đường dẫn	Độ hao mòn, độ hở, làm sạch, bôi trơn
	Lưỡi gạt	Độ hao mòn, làm sạch, thay thế
	Trục quay với đai ốc cho dẫn động dọc trục và dẫn động phẳng	Tình trạng, sự sạch sẽ, độ hở, bôi trơn
	Dây đai răng	Tình trạng, độ căng
	Đĩa răng	Độ hao mòn (gãy cạnh)
	Ổ dao xoay (Đài dụng cụ revolve)	
	Ổ dao xoay (Đài dụng cụ revolve)	Tình trạng, làm sạch, độ bít kín
	Bộ dụng cụ kẹp thay thế nhanh	Làm sạch, bôi mỡ

Kế hoạch bôi trơn

	1	2	3	4	5	6	7
	3 - 4x						
	8	8	50	2500	2500	8	50
DIN	CG68	HLP 32			—	CG68	
ISO	G68	HM32			—	G68	
V(dm³)	—	60			—	3	



Hình 1: Kế hoạch bảo dưỡng cho một máy tiện CNC

https://tieulun.hopto.org

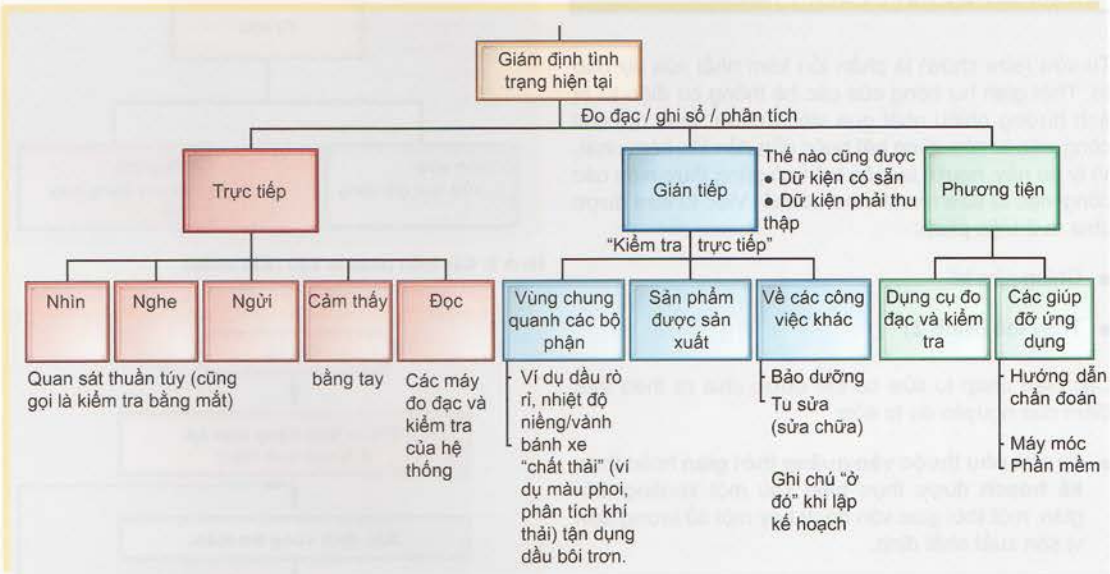
14.8.4 Kiểm tra như là biện pháp để phòng ngừa hư hỏng

Mục đích của kiểm tra là nhận biết kịp thời sự hao mòn.

Việc kiểm tra ở các hệ thống cơ điện tử thường được thực hiện tương tự như ở ô tô cá nhân theo định kỳ. Các công việc cần thực hiện phải được lấy từ các kế hoạch kiểm tra và danh mục kiểm tra thích ứng và phải được ghi hồ sơ sau khi thực hiện xong.

Các kiểm tra đáp ứng về cơ bản hai nhiệm vụ. Qua kiểm tra, tình trạng hiện tại được: 1. giám định và 2. đánh giá (**Hình 1**).

Hình 1: Các nhiệm vụ của kiểm tra



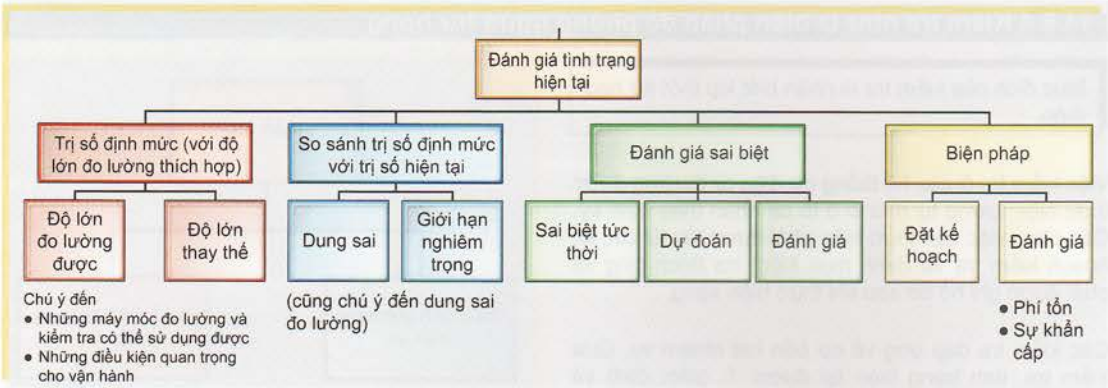
Hình 2: Giám định tình trạng hiện tại

Việc giám định có thể được thực hiện bằng nhiều cách (**Hình 2**). Người ta gọi tất cả các phương pháp là **trực tiếp**, khi đối tượng được giám định trực tiếp chủ quan bằng các giác quan; hoặc giám định trực tiếp khách quan bằng cách đánh giá các quá trình đo đạc. Sự phân tích những tiếng kêu ồ trục hay mùi khét hoặc sự giám sát điện áp hay áp suất là những thí dụ cho loại giám định này.

Sự đánh giá chất lượng sản phẩm chế tạo hay sự quan sát những chỗ rò rỉ là những thí dụ cho sự giám định **gián tiếp** hệ thống. Ở hình thức giám định này, không phải chính hệ thống mà những bộ phận của hệ thống hoặc những chi tiết được sản xuất trên đó được giám định, những bộ phận này có thể "gián tiếp" cho biết sự trục trặc.

Tình trạng hiện tại được tìm thấy qua các quan sát chủ quan hay đo đạc khách quan phải được đánh giá sau đó bởi người phụ trách bảo trì (**Hình 1, trang 636**). Trong việc đánh giá, chủ yếu để ý xem có các sự bất bình thường ví dụ như dao động, sai biệt áp suất, giảm điện áp v.v... có xảy ra không, các dung sai cho phép hay các giới hạn nghiêm trọng có bị vượt quá không. Trong khi đánh giá cũng phải quyết định xem các bất bình thường này có nguyên nhân tình cờ hay hệ thống. Kết quả của sự đánh giá các kết quả giám định thông thường là một báo cáo về kết quả thẩm định thiết bị, trong đó có ghi các biện pháp để khắc phục các trục trặc.

https://tieulun.hopto.org

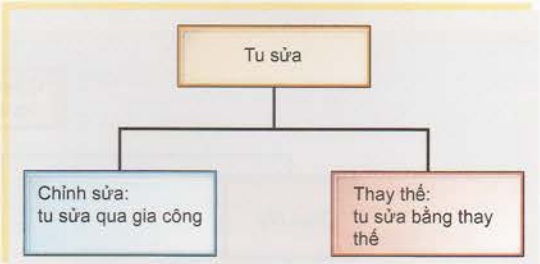


Hình 1: Đánh giá tình trạng hiện tại

14.8.5 Tu sửa (sửa chữa)

Tu sửa (sửa chữa) là phần tốn kém nhất của sự bảo trì. Thời gian hư hỏng của các hệ thống cơ điện tử bị ảnh hưởng nhiều nhất qua việc tu sửa. Qua đó, các công việc tu sửa cũng bắt buộc dẫn đến tốn kém nhất. Vì lý do này, người ta luôn luôn cố gắng thực hiện các công việc tu sửa nhanh như có thể. Việc tu sửa được chia ra 2 biện pháp:

- Chỉnh sửa lại
- Thay thế (**Hình 2**)



Hình 2: Các biện pháp tu sửa (sửa chữa)

Các biện pháp tu sửa có thể được chia ra theo thời điểm của nguyên do tu sửa:

- Tu sửa **phụ thuộc vào quãng thời gian** hoặc **theo kế hoạch** được thực hiện sau một khoảng thời gian, một thời gian vận hành hay một số lượng đơn vị sản xuất nhất định.
- Tu sửa **phụ thuộc vào tình trạng**, phụ thuộc vào sự đánh giá tình trạng hiện tại
- Tu sửa **do hư hỏng**, cần thiết khi hệ thống hay những thành phần của hệ thống bị hư hỏng
- Tu sửa **đã chuẩn bị** là những tu sửa đã được dự định về cách thức và phạm vi nhưng chưa thực hiện

14.8.6 Tìm lỗi như là căn bản của việc tu sửa

Sự thành công của một biện pháp tu sửa phụ thuộc vào sự dò xét và chẩn đoán có hệ thống các nguồn gốc lỗi. Điều này có thể được thực hiện với sự giúp đỡ của các sơ đồ trình tự (**Hình 3**), các chương trình tìm lỗi dùng máy tính hay việc phân tích lỗi theo mô hình cây lỗi (tìm lỗi theo trình tự). Độc lập với phương tiện hay phương pháp được sử dụng, ở đây cần kiến

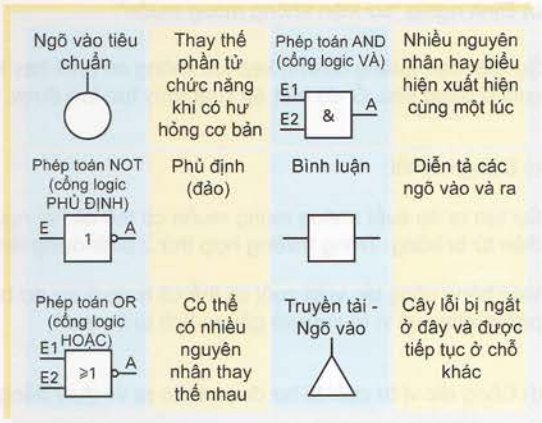
Hình 3: Tìm lỗi có cấu trúc

https://tieulun.hopto.org

thức của người lo việc bảo trì, tức là chuyên viên cơ điện tử về tất cả các phương tiện truyền thông và lập hồ sơ thông thường.

Dựng lên một cây lỗi (Phân tích lỗi theo mô hình dạng cây)

Việc dựng lên một mô hình lỗi theo dạng cây là một phương tiện hữu ích để tìm ra một cách hệ thống nguồn gốc lỗi. Trong việc này hệ thống cơ điện tử được chuyển sang một mô hình sát thực tế như có thể. Qui tắc cho việc thiết lập mô hình được định chuẩn trong DIN 25424 phần 1. Những ký hiệu hình được sử dụng trong mô hình tương ứng phần lớn với các biểu tượng được sử dụng trong kỹ thuật số (xem chương 10.2) (**Hình 1**).



Hình 1: Ký hiệu hình ảnh cho cây lỗi (lựa chọn)

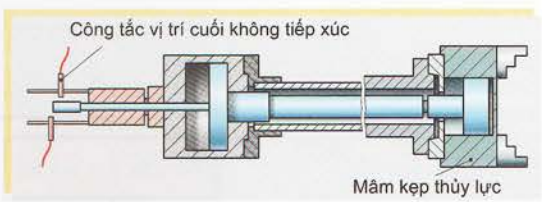
Các bước phân tích:

a) Sự khảo sát chi tiết nhờ một phân tích hệ thống. Trong phân tích này, các chức năng hệ thống, các điều kiện chung quanh, các nguồn trợ giúp, các thành phần của hệ thống và tác dụng tổng hợp được khảo sát. Như đã được trình bày trong khi bàn luận về đề tài "những hệ thống kỹ thuật" (chương 6.1), chỉ cần "phương pháp hộp đen" là đủ.

b) Định nghĩa "sự kiện không mong muốn" (lỗi) và ghi vào những suy nghĩ về loại hư hỏng của hệ thống hay thành phần của hệ thống.

c) Dựng cây lỗi, bắt đầu từ sự kiện không mong muốn. Các hư hỏng có thể xảy ra được ghi trong góc bình luận và được liên kết hợp lý (lôgic). Mỗi loại hư hỏng có thể xảy ra đều kèm một phân tích.

d) Các kết quả từ cây lỗi được đánh giá và cho lời giải.



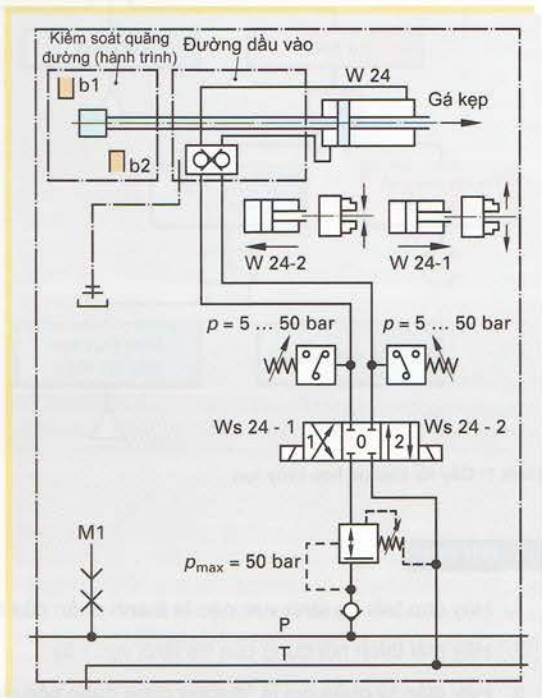
Hình 2: Sơ đồ về nguyên tắc cho gá kẹp

Dựng một cây lỗi ở ví dụ một mâm kẹp thủy lực tại một máy tiện CNC

a) Phân tích hệ thống:

Hệ thống kẹp phôi (**Hình 2**) làm việc theo hai nguyên tắc:

1. Khi phôi đã được lắp vào, các vấu kẹp chuyển động bằng thủy lực chạy về hướng phôi. Qua đó một áp suất kẹp cao điều chỉnh được được tạo nên bằng máy bơm thủy lực. Nhờ các van điều áp, áp suất này được giữ ở độ cao cần thiết.



Hình 3: Sơ đồ thủy lực (trích đoạn)

2. Nếu không có chi tiết gia công hay nếu có một chi tiết quá nhỏ được lắp vào, quãng đường của má kẹp trên đoạn đường chạy của piston kẹp phải được giới hạn (**Hình 3**). Quãng đường này được xác nhận (truy vấn) bởi 2 công tắc vị trí cuối làm việc không tiếp xúc (cảm biến điện dung).

https://tieulun.hopto.org

b) Định nghĩa "sự kiện không mong muốn":

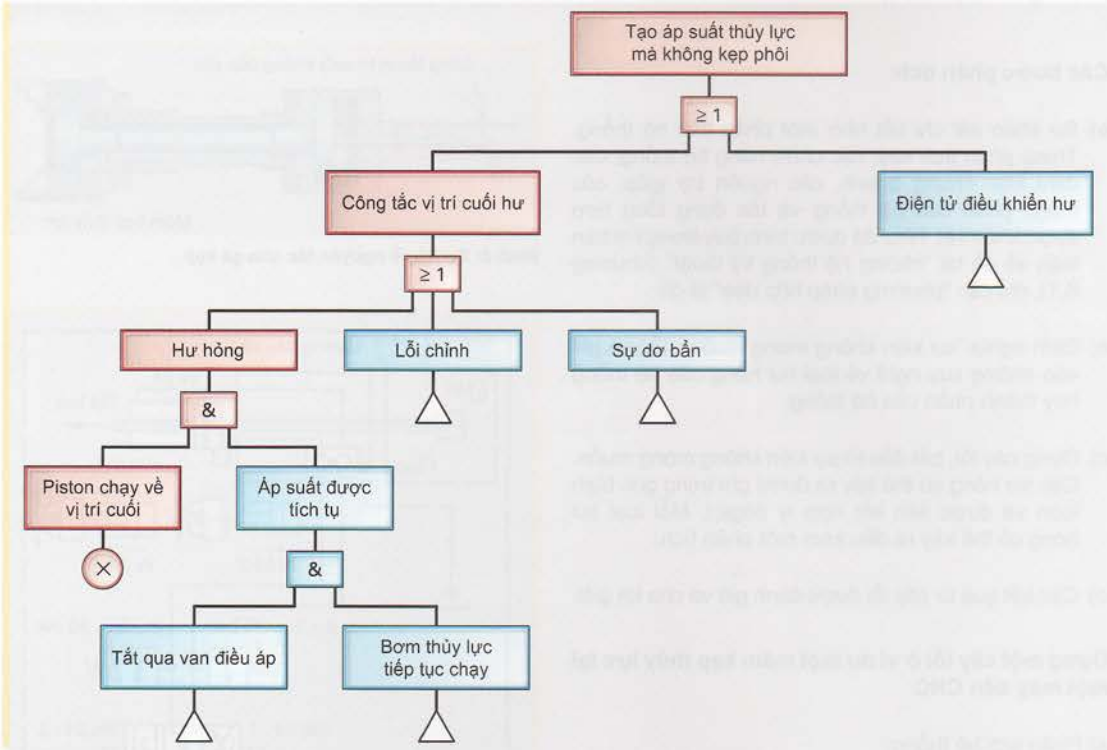
Sự giới hạn quãng đường kẹp khi không có phôi hay khi phôi quá nhỏ không xảy ra. Xi lanh kẹp chạy đến vị trí cuối ở đằng sau. Ở đó một áp suất thủy lực lớn được tạo ra mà không thể được dùng cho mục đích kẹp.

c) Dựng cây lỗi:

Sự tạo ra áp suất không mong muốn có thể có hai nguyên nhân: 1. Công tắc vị trí cuối bị hỏng hay 2. Bộ phận điện tử bị hỏng. Trong trường hợp thứ 2 phải dựng lên một cây lỗi riêng.

Việc hỏng công tắc vị trí cuối có thể có lý do ở sự dơ bẩn, lỗi chỉnh hay một chi tiết bị hư. Điều này dẫn đến việc piston chạy về vị trí cuối và gây ra tích tụ áp suất

d) Công tắc vị trí cuối bị hư được tháo ra và thay bằng công tắc mới.



Hình 1: Cây lỗi cho gá kẹp thủy lực

Bài tập:

1. Hãy cho biết ba lãnh vực nào là thành phần của bảo trì?
2. Hãy giải thích nội dung của ba lãnh vực này
3. Hãy diễn tả phần gọi là "đường cong dạng bồn tắm" được biết trong lãnh vực bảo trì
4. Bạn hãy tìm hiểu trong xưởng đào tạo của bạn những ví dụ về các giai đoạn hư hỏng ban đầu, hư hỏng tình cờ và hư hỏng do hao mòn.
5. Hãy diễn tả các chiến lược bảo trì khác nhau
6. Bạn hãy tìm trong xưởng của bạn một kế hoạch bảo dưỡng và phân tích, giải thích kế hoạch này.

https://tieulun.hopto.org

Danh sách nguồn gốc hình ảnh

ADIRO Automatisierungstechnik GmbH, Limburgstraße 40, 73734 Esslingen/Berkheim
ARBURG GmbH + Co, Arthur-Hehl-Straße, 72290 Loßburg
AS-International Association, Zum Taubengraben 52, 63571 Gelnhausen
Bahco Druckluft-Hydraulikwerkzeuge, Martener Hellweg 60, 44379 Dortmund
BAUER Profiltechnik GmbH, Ländelstraße 45, 74382 Neckarwestheim
Baumer electric, Hummelstrasse 17, CH 8500 Frauenfeld (Schweiz)
Boge Kompressoren, Lechtermannshaof 26, 33739 Bielefeld
Bosch Rexroth AG, Marie-Theresien-Straße, 97816 Lohr am Main
Carl Mahr Holding GmbH, Brauweg 38, 37073 Göttingen
Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Carl-Zeiss-Straße 22, 73447 Oberkochen
CEROBEAR GmbH, Kaiserstraße 100, 52134 Herzogenrath
Deckel Maho Gildemeister Vertriebs und Service GmbH, Gildemeisterstraße 60, 33689 Bielefeld
Demag Cranes & Components GmbH, Postfach 67, 58286 Wetter
Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5, 83301 Traunreut
Eckhart GmbH, Gewerbegebiet Wallroth, 36381 Schlüchtern
EFS-GmbH, Landturmstraße 15, 74226 Nordheim
FAG Kugelfischer Schäfer AG, Georg-Schäfer-Straße 30, 97421 Schweinfurt
Felastec GmbH, Brüggliweg 18, CH 3073 Gümlingen/Bern
Festo AG & Co, Ruiter Straße 82, 73734 Esslingen
FlexLink Systems GmbH, Schumannstraße 155, 63069 Offenbach
Ford Werk AG, Henry-Ford-Straße 1, 50725 Köln
Gebhard Balluff GmbH & Co, Gartenstraße 21–25, 73765 Neuhausen 7 Filder
Grünenwald Präzisionsmechanik und Apparatebau AG, Fochenmattweg 12, CH-8624 Grüt-Gossau ZH
Hans-Hermann Bosch GmbH, Industriestraße 11, 73347 Mühlhausen
Hänchen Hydraulik GmbH, Brunnwiesenstraße 3, 73760 Ostfildern
Harmonic Drive AG, Hoenbergstraße 14, 65555 Limburg an der Lahn
Heckert Werkzeugmaschinen GmbH, Otto-Schmerbach-Straße 15/17, 09117 Chemnitz
HEPCO Linearsysteme, Postfach 11 30, 90531 Feucht
Hüller Hille GmbH, Steige 61, 74821 Mosbach
Ifm electronic gmbh, Teichstraße 4, 45127 Essen
INA-Schaeffler KG, Industriestraße 1–3, 91074 Herzogenaurach (Germany)
Index Werke GmbH & Co. KG, Plochinger Straße 92, 73730 Esslingen
item Industrietechnik und Maschinenbau GmbH, Friedenstraße 107–109, 42699 Solingen
Johannes Huebner, Siemensstraße 7, 35394 Gießen
Kelch GmbH + Co., Wiesenstraße 64, 73614 Schorndorf
KHS Till GmbH, Kapellenstraße 47–49, 65830 Kriftel
KUKA Roboter GmbH, Blücherstraße 144, 86165 Augsburg
Liebherr Verzahntechnik GmbH, Kaufbeurer Straße 141, 87437 Kempten
LVD GmbH, Europastraße 3, 77933 Lahr
Mannesmann DEMAG, Weissacher Straße 1, 70499 Stuttgart
MPV Microlab GmbH, Römerring 1, 74821 Mosbach
Museé d'art et d'histoire, Esplanade Léopold-Robert 1, CH 2001 Neuchâtel
Partzsch Elektromotoren, Oswald-Greiner-Straße 3, 04720 Döbeln
Pepperl + Fuchs GmbH, Lilienthalstraße 200, 68307 Mannheim
Phoenix Contact GmbH & Co, Flachsmarktstraße 8–28, 32825 Blomberg
PROFIBUS International, Haid-und-Neu-Straße 7, 76131 Karlsruhe
R. & S. Keller GmbH, Vorm Eichholz 2, 42119 Wuppertal
Renishaw GmbH, Karl-Benz-Straße 12, 72124 Pliezhausen
SCHÜCO Internatiol KG, In der Lake 2, 33829 Borgholzhausen
SCHUNK GmbH & Co. KG, Bahnhofstraße 106–134, 74348 Lauffen am Neckar
SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, Ernst-Blickle-Straße 41, 76646 Bruchsal
Sibos AG, Riedstraße 18, CH-6343 Rotkreuz
Sick AG, Sebastian-Kneipp-Straße 1, 70183 Waldkirch
Siemens AG Automation and Drives, Vogelweiherstraße 1–15, 90441 Nürnberg
Siemens Aktiengesellschaft, Postfach 3240, 91050 Erlangen
Sitec Aerospace GmbH, Brunnenweg 38, 83666 Waakirchen
SMC Pneumatik GmbH, Boschring 13–15, 63329 Egelsbach
Sommer-automatic GmbH & Co. KG, Humboldtstraße 32–36, 75334 Straubenhardt
Spinner Werkzeugmaschinenfabrik GmbH, Postfach 1220, 82051 Sauerlach
THK GmbH, Huber-Wollenberg-Straße, 40878 Ratingen
Thyssen Henschel Industrietechnik GmbH, Henschelplatz 1, 34127 Kassel
Traub Drehmaschinen GmbH, Hauffstraße 4, 73262 Reichenbach
Turck GmbH & Co. KG, 45466 Mühlheim an der Ruhr
Tyco Valves and Controls Distribution (UK) Ltd., Wellheads Terrace, Dyce, Aberdeen, AB 21 7G, Scotland
Weihbrecht Lasertechnik GmbH, Frankenstraße 1, 74549 Wolpertshausen
Wickert Maschinenbau GmbH, Wollmesheimer Höhe 2, 76829 Landau

https://tieulun.hopto.org

Bảng thuật ngữ Việt - Đức - Anh

Việt	Đức	Anh	Trang
A			
Ảnh hưởng của tốc độ	Geschwindigkeitsbeeinflussung	speed adjustment of cylinders	440
Ăn mòn	Korrosion	corrosion	123
Ăn mòn bằng dây	Drahterodieren	wire spark eroding	261
Ăn mòn đều bề mặt	Korrosion, Flächenkorrosion	corrosion, uniform corrosion	124
Ăn mòn tiếp giáp	Korrosion, Kontaktkorrosion	corrosion, contact	124
Ăn mòn hạt tinh thể	Korrosion, kristalline	corrosion, crystalline	124
Ăn mòn điện hóa	Korrosion, elektrochemische	corrosion, electrochemical	123
Ăn mòn hóa học	Korrosion, chemische	corrosion, chemical	123
Ăn xói mòn khuôn chìm	Senkerodieren	spark-erosive countersinking	261
API Giao diện lập trình ứng dụng	API Application-Programming-Interface	API Application-Programming-Interface	27
B			
Bài tường trình	Referat	review	86
Bán kính uốn tối thiểu	Mindestbiegeradius	minimum bending radius	167
Bàn ren	Gewindeschneideisen	threading die	190
Biên bản kiểm tra	Prüfprotokoll	inspection sheet	389
Bản vẽ nhóm lắp ráp	Gruppenzeichnungen	subassembly drawings	82
Bảng biến	Tabellen	tables	43, 83
Bảng chức năng	Funktionstabelle	functional table	398 ff., 400 ff.
Bảng điều chỉnh chất lượng, biểu đồ chất lượng	Qualitätsregelkarten	quality control cards	106
Bảng làm việc	Arbeitsmappe	work folder	42
Bảng mạch điện CPU (bộ xử lý trung tâm)	Baugruppe CPU (Mikroprozessor)	modul CPU (central processing unit)	515
Bảng phân phối, sổ tay làm việc	Mappe	workbook	42
Bảng sự thật, bảng chân lý	Wahrheitstabelle	truth table	397
Bảng tính, tính toán bằng bảng	Tabellenkalkulation	spreadsheets	42
Bảng trị số, bảng giá trị	Wertetabelle	value table	441 ff.
Bảng, cột	Tabellen, Spalte	spreadsheet columns	43
Bảng, hàng	Tabellen, Zeile	spreadsheet rows	43
Bảng, ô	Tabellen, Zelle	spreadsheet fields	43
Bảo trì để bảo đảm chất lượng	Instandhaltung, qualitätsichernde	maintenance for quality assurance	632
Bảo trì để phòng ngừa hư hỏng	Instandhaltung, vorbeugende	maintenance, preventive maintenance	632, 633
Bảo trì do hư hỏng	Instandhaltung, ausfallbedingte	maintenance in case of failure	632, 633
Bảo trì tùy theo tình trạng	Instandhaltung, zustandsabhängige	maintenance, condition-based maintenance	632, 633
Bảo vệ cách điện	Schutzisolierung	protective insulation	374, 388
Bảo vệ cách ly	Schutztrennung	protective separation	389
Bảo vệ chống tích tụ tĩnh điện ESD	ESD (elektrostatische Entladungen)	electrostatic discharge	392
Bảo vệ môi trường	Umweltschutz	environmental protection	130
Bảo vệ truyền động điện	Schutz elektrischer Antriebe	protective equipment for electrical drive systems	361 ff.
Bậc định hướng	Orientierungsgrad	degree of orientation	263
Bậc trật tự, bậc thứ tự	Ordnungszustand	degree of alignment	263
Bậc tự do	Freiheitsgrad	degree of freedom	263
Bậc tự do của cơ cấu truyền động (hộp số)	Getriebefreiheitsgrad	mechanism's freedom	273
Bậc vị trí, bậc định vị	Positionsgrad	degree of positioning	263
Biên bản	Protokoll	log	85
Biên bản nghiệm thu	Abnahmeprotokoll	acceptance record	616
Biến áp an toàn	Sicherheitstransformatoren	safety isolating transformers	340
Biến áp loại nhỏ	Kleintransformator	low voltage transformer	340
Biến áp một pha	Einphasentransformator	single-phase transformer	334
Biến áp tự ngẫu, biến áp tiết kiệm	Spartransformatoren	autotransformer	340, 341
Biến số	Variable	variable	64
Biển công suất	Leistungsschild	rating plate	344
Biển công suất động cơ	Motorleistungsschild	motor rating plate	344
Biến dạng	Umformen	forming	166
Biên dạng gần đúng (chuỗi đoạn thẳng nối lại thành đường bao)	Konturzug	contour definition	250
Biến điệu (điều biến) độ rộng xung (PWM)	Pulsweitenmodulation	pulse width modulation	357
Biện pháp bảo vệ	Schutzmaßnahmen	precaution	371
Biện pháp bảo vệ hệ thống IT	IT-System-Schutzmaßnahmen	IT protective scheme	387
Biện pháp bảo vệ tính tương thích điện từ EMC	Elektromagnetische Verträglichkeit, Schutzmaßnahmen	protective measures against electromagnetic emissions	369
Biện pháp chống ăn mòn	Korrosionsschutzmaßnahmen	corrosion-preventive measures	124
Biểu đồ chức năng (khí nén)	Funktionsdiagramm (pneumatisch)	functional diagram (pneumatic)	420

https://tieulun.hopto.org

Biểu đồ trạng thái	Zustandsdiagramm	state diagram	420
Biểu đồ Gantt	Gantt-Diagramm	Gantt chart	61
Biểu đồ KV (Karnaugh Veitch)	KV-Diagramm	KV diagram (Karnaugh Veitch diagram)	402
Biểu đồ trụ, biểu đồ mặt bằng	Flächendiagramme	area diagrams	83
Biểu đồ xung, sơ đồ xung	Impulsdiagramm	pulse timing diagram	397
Biểu tượng chức năng	Funktionssymbol	function symbols	398 ff.
Biểu tượng logic (ký hiệu hình logic)	Logiksymbol	logical symbol	397
Biểu tượng và ký hiệu chuyển mạch của các thành phần điều khiển khí nén và thủy lực	Pneumatische und hydraulische Bild- und Schaltzeichen	pneumatic and hydraulic pictographs and circuit symbols	417
Bộ bảo vệ dòng điện rò (RCD)	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	residual current protective device (RCD)	380
Bộ chỉnh lưu, bộ biến đổi dòng điện, bộ chỉnh dòng (nguyên tắc)	Stromrichterprinzip	working principle of power converters	355
Bộ biến đổi mã số	Codewandler	code converter	415
Bộ biến đổi nối tiếp - song song	Parallel-Seriell-Wandler	parallel-serial converter	412
Bộ biến đổi song song - nối tiếp	Seriell-Parallel-Wandler	serial-parallel converter	412
Bộ biến đổi tín hiệu, bộ chuyển đổi tín hiệu	Signalumsetzer	signal converter	415
Bộ biến tần	Frequenzumrichter	frequency converter	355 ff.
Bộ chỉnh điện áp U	U-Umrichter	voltage-source frequency converter	355
Bộ chỉnh dòng điện I	I-Umrichter	current-source frequency converter	355
Bộ chỉnh lưu xoay chiều (DC-AC)	Wechselrichter	DC/AC converter	356
Bộ chỉnh lưu xoay chiều với ba nửa cầu	Wechselrichter mit drei Halbbrücken	converters with three half bridges	356
Bộ dẫn động xoay, bộ truyền động xoay	Schwenkantrieb	rotary actuator	430
Bộ đảo dòng điện	Stromwender	commutator	350
Bộ đếm	Zähler	numerator	408
Bộ đếm đồng bộ	Zähler, synchrone	counters, parallel	409
Bộ đếm không đồng bộ	Zähler, asynchrone	counters, asynchronous	408
Bộ đếm nhiều tầng	Zähler, mehrstufige	counters, cascade	410
Bộ điều chỉnh PD	PD-Regler	proportional-plus-derivative controllers	547
Bộ điều chỉnh PI	PI-Regler	proportional integral automatic controller	547
Bộ điều chỉnh PID	PID-Regler	proportional integral-differential automatic controller	547
Bộ điều phối (dispacher)	Dispatcher	dispatcher	28
Bộ đo số vòng quay gia số	Drehgeber, inkremental	rotary encoder, incremental	510
Bộ đo số vòng quay tuyệt đối	Drehgeber, absolut	rotary encoder, absolute	511
Bộ đo số vòng quay, bộ đo góc xoay	Drehgeber	rotatory encoder	510
Bộ giám sát cách điện	Isolationsüberwachungs-einrichtung	insulation monitoring device	387
Bộ kết nối phân đoạn	Segmentkoppler	segment coupler	581
Bộ khởi tạo, bộ khởi đầu	Initiator	proximity switch	490
Bộ ký tự	Zeichenvorrat	character set	21
Bộ liên kết, bộ nhớ trung gian	Konnektor	connector	522, 526
Bộ lọc khí nén	Druckluftfilter	compressed air cleaner	426
Bộ ly hợp, khớp nối trục	Kupplungen	couplings	140
Bộ nhớ dữ liệu dụng cụ	Werkzeugspeicher	tool storage	240
Bộ thu nhận trị số đo	Messwertaufnehmer	measuring device	490
Bợ trục (ổ trục)	Lager	bearing	153
Bộ truyền động vô cấp	Getriebe, stufenlos einstellbare	gears, stepplessly adjustable	145
Bộ truyền động bằng băng kéo	Bandgetriebe	band drive	148
Bộ truyền động gián đoạn, hộp số sang tay	Getriebe, schaltbare	change-speed gear trains	145
Bộ truyền động không ngắt được	Getriebe, nichtschaltbare	permanent gear trains	145
Bộ truyền động qua dạng khớp (ly hợp vấu)	Getriebe, formschlüssige	gears, form-fitting	142
Bộ truyền động qua lực ma sát	Getriebe, kraftschlüssige	gears, solidly tightened	142
Bơm thủy lực	Hydraulikpumpen	hydraulic pumps	469
Bước chia gai giũa	Hiebteilung	file-cut pitch	176
Bước răng (bước chia răng)	Zahnteilung	tooth pitch	174

C

Cách tạo nên điện áp xoay chiều	Erzeugung von Wechselspannungen	production of alternating current	308
Cách thức vận hành của động cơ điện một chiều	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	operating principle of DC motors	350 ff.
Cách vận hành động cơ điện một chiều	Gleichstrommotoren, Wirkungsweise	DC motors, mode of operation	350
Cải tiến chất lượng, nâng cao chất lượng	Qualitätsverbesserung	quality improvement	103
Cảm biến	Sensoren	sensor	489
Cảm biến cảm ứng	Sensoren, induktive	sensors, inductive	493
Cảm biến cơ học	Sensoren, mechanische	sensors, mechanical	492
Cảm biến điện dung	Sensoren, kapazitive	sensors, capacitive	496
Cảm biến đo vòng quay	Sensoren, Drehgeber	sensor, rotary encoder	592 ff.
Cảm biến nhị phân	Sensoren, binäre	sensor, binary	491
Cảm biến quang	Sensoren, optische	sensors, optical	501
Cảm biến siêu âm	Sensoren, Ultraschallsensoren	sensors, ultrasonic sensor	498
Cảm ứng điện từ	Elektromagnetische Induktion	electromagnetic induction	300

https://tieulun.hopto.org

Cảm ứng do chuyển động	Induktion der Bewegung	motional electromotive force	301
Cảm ứng tĩnh	Induktion der Ruhe	transformer electromotive force	301
Cắm và chạy (Plug and Play)	Plug and Play	plug and play	29
Cân bằng điện tích	Ladungsausgleich	charge balancing	287
Cân điện áp	Spannungswaage	absolute electrometer	383
Cáp quang	Lichtwellenleiter	fibre optic cable	505
Cắt bằng tia nước	Wasserstrahlschneiden	water-jet cutting	261
Cắt ren	Gewindeschneiden	threading	187
Cấu tạo của vật liệu kim loại	Aufbau von Metallen	structure of metals	112
Cấu trúc cơ bản về thuật toán	Algorithmische Grundstrukturen	algorithmic frameworks	66
Cấu trúc nguyên tử	Atomaufbau	atomic structure	284
Cấu trúc tinh thể (vật liệu mài)	Schleifmittelgefüge	structure of abrasive products	203
Cấu trúc tụ điện	Kondensatoranordnung	capacitor arrangement	293
Cầu truyền động	Variabler Antrieb, Fahrwerk	variable-speed drive system, travelling gear	364
Cây lỗi tìm lỗi theo trình tự	Fehlerbaum	fault tree	637
Cây ven răng (tarô)	Gewindebohrer	screw-tap	187
CENELEC (tiêu chuẩn Âu châu về ngành điện)	CENELEC	CENELEC	374
Chạm dây điện	Leiterschluss	conductor-to-conductor short circuit	371
Chạm đất	Erdschluss	earth fault	377
Chạm điện gián tiếp	Indirektes Berühren	indirect contact	373
Chạm điện trực tiếp	Direktes Berühren	direct contact	373
Chạm vỏ	Körperschluss	body contact	373
Chẩn đoán lỗi	Fehlerdiagnose	fault diagnosis	629
Chất dẻo, nhựa	Kunststoffe	plastics	125 ff.
Chất độc hại	Gefahrstoffe	hazardous substances	617
Chất kết dính, keo dán	Klebstoffe	glue	226
Chất liệu cắt	Schneidstoffe	cutting materials	193
Chất lỏng thủy lực	Hydraulikflüssigkeit	hydraulic fluid	464
Chất lượng khí nén	Druckluftqualität	quality of compressed-air	426
Chất phụ gia, chất phụ liệu	Hilfsstoffe	process materials	129
Chất trợ dung hàn, chất phụ gia nung chảy	Flussmittel	fluxing agents	221
Chế độ Boost (nâng lên, trợ lực)	Boost	boosting	358
Chế độ vận hành	Betriebsarten	operating modes	534
Chế độ vận hành nửa bước	Halbschritt-Betrieb	half-stepping of stepper motors	361
Chế độ vận hành toàn bước	Vollschritt-Betrieb	full-stepping of stepper motors	361
Chiến lược bảo trì	Instandhaltungstrategien	maintenance strategies	632
Chiều cao nhấp nhô	Rautiefe	roughness depth	94
Chiều dài cắt	Zuschnittlängen	cut length	170
Chiều dài sóng, bước sóng	Wellenlänge	wave-length	310
Chiều dài trung bình của đường sức từ	Mittlere Feldlinienlänge	mean length of magnetic lines of force	297
Chiều quay	Drehsinn	direction of rotation	246, 296
Chiều quay động cơ không đồng bộ	Drehsinn des Asynchronmotors	direction of rotation of asynchronous motors	346
Chỉnh sửa dụng cụ, hiệu chỉnh dụng cụ	Werkzeugkorrektur	tool offset compensation	240
Chỉnh sửa quỹ đạo	Bahnkorrektur	path correction	246
Chu trình	Zyklus	cycle	244, 248
Chu trình cắt gọt (tạo phoi)	Zyklen, Abspanzyklus	cycles, cutting cycle	248
Chu trình gia công	Bearbeitungszyklus	machining cycle	248
Chu trình khoan lỗ sâu	Zyklen, Tiefloch-Bohrzyklus	cycles, deep-hole drilling cycle	248
Chu trình phay hốc hình chữ nhật (phay bọng)	Zyklen, Rechteck-Taschenfräszyklus	cycles, rectangular pocket milling cycle	248
Chu trình tiện ren (ven răng)	Zyklen, Gewindedrehzyklus	cycles, thread-cutting cycle	248
Chuẩn bị (làm tinh khiết) khí nén	Druckluftaufbereitung	compressed air conditioning	425
Chuẩn CENELEC	CENELEC-Normen	CENELEC standards	368
Chức năng đếm	Zählfunktionen	counter functions	527
Chức năng định thời	Zeitfunktionen	timing function	526
Chức năng G (lệnh dịch chuyển, điều kiện dịch chuyển)	G-Funktion	G-function	244
Chức năng M (lệnh chuyển mạch cho chức năng máy)	M-Funktion	machine functions	244
Chức năng so sánh	Vergleichsfunktionen	relational operators	528
Chức năng xử lý thao tác	Handhabungsfunktionen	handling functions	264
Chuỗi điều khiển, vòng điều khiển mở	Steuerkette	open control loop	394
Chuỗi trình tự	Ablaufkette	sequence chain	529, 532
Chương trình con	Unterprogramm	subroutine	244, 249
Chương trình chuyển tin phụ cục bộ (LPC)	Local-Procedure-Call	local procedure call (LPC)	28
Chương trình dịch vụ	Dienstprogramme	utilities	22
Chương trình điều vận, chương trình điều khiển phần cứng trong máy tính	Treiber	driver	29
Chương trình tiện ích	Utility	utility	22
Chuyên chở hạt mang điện tích	Ladungsträgertransport	charge transfer	287

https://tieulun.hopto.org

Chuyển đổi tác vụ	Task switch	task switch	24
Chuyển động cắt	Schnittbewegung	cutting motion	177
Chuyển động dẫn tiến	Vorschubbewegung	feed motion	178
Chuyển động bước tiến ngang	Zustellbewegung	feed motion	178
Cơ bản máy điện	Elektrische Maschinen, Grundlagen	electrical machines, fundamentals	343 ff.
Cơ cấu nhận/phát tín hiệu (bộ, phần tử)	Signalglied	signal element	394
Cơ cấu dẫn hướng	Führungen	guiding mechanisms	150
Cơ cấu điều khiển	Steuerglied	control element	394
Cơ cấu tác động, cơ cấu tác chỉnh	Stellglied	final control element	394
Cơ cấu thực hiện cuối cùng, cơ cấu tác động cuối	Endeffektor	end effector	269
Cơ cấu vận hành, cơ cấu (phần tử) làm việc	Arbeitsglied	actuator	394
Cờ hiệu, bit nhớ	Merker	flags	518
Cơ quan vận hành mạng phân phối điện	Verteilungsnetzbetreiber	power network provider	374
Công cơ học	Mechanische Arbeit	mechanical work	134
Chương trình công cụ	Tool	tool	22
Công của điện	Elektrische Arbeit	electric work	291
Cổng nối (gateway)	Gateway	gateway	555
Công suất cơ	Mechanische Leistung	mechanical power	135
Công suất của dòng điện xoay chiều ba pha	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	power rating with three-phase current	321
Công suất điện	Elektrische Leistung	electrical power	291
Công suất điện ba pha với tải cân đối	Drehstromleistung bei symmetrischer Last	power rating with balanced load	321
Công suất điện xoay chiều	Wechselstromleistung	electrical power in AC ciruits	311
Công suất động cơ	Motorleistung	motor output rating	344
Công suất mạch tam giác và mạch sao	Leistung bei Dreieck- und Sternschaltung	power rating with delta and star connection	321
Công tắc bảo vệ RCD chống rò điện	FI-Schutzschalter	RCD (residual current protective devices)	383
Công tắc tiệm cận, công tắc đến gần	Näherungsschalter	proximity switches	490, 493
Công tắc định giới hạn cơ học	mechanischer Grenztaster	mechanical limit switches	492
Công tắc reed (rơ le lưỡi gà, rơ le cọng từ)	Reedkontakt	reed contact	428, 452
Cú pháp	Syntax	syntax	21
Cưa	Sägen	sawing	174
Cụm lắp ráp	Baugruppen	subassemblies	137
Cụm xi lanh ghép nối tiếp	Mehrfachzylinder	multiple cylinders	429
Cuộn dây	Spule	coil	313
Cường độ dòng điện ngắt	Abschaltstrom	breaking current	383
Cường độ kháng từ, lực từ trễ	Koerzitivfeldstärke	coercive field strength	299
Cường độ từ trường	Magnetische Feldstärke	magnetic force	297

D

Dán	Kleben	bonding	226
Dàn trang, trình bày trang	Seitenlayout	page layout	37
Dạng bulông (dạng vít)	Schraubenformen	screw types	211
Dạng chuẩn theo phép giao (dạng chuẩn CNF - logic AND)	Konjunktive Normalform	conjunctive normal form	401
Dạng chuẩn theo phép hợp (dạng chuẩn DNF - logic OR)	Disjunktive Normalform	disjunctive normal form	401
Dạng giũa	Feilenformen	filing form	176
Dạng thiết kế máy điện	Bauformen elektrischer Maschinen	construction types of electrical devices	363
Dạng của tín hiệu	Signalformen	types of signals	397
Danh mục bảo dưỡng	Wartungsliste	maintenance plan	633
Danh mục kiểm tra cho việc đưa vào vận hành	Inbetriebnahme-Checkliste	commissioning checklist	625
Danh sách câu lệnh	Anweisungsliste	statement list	397
Dẫn hướng phẳng	Führungen, Flachführungen	guiding mechanisms, flat bearings	151
Dẫn hướng tròn	Führungen, Rundführungen	guiding mechanisms, cylindrical guides	151
Dẫn hướng trượt	Führungen, Gleitführungen	guiding mechanisms, slideway guides	151
Dẫn hướng hình thang (đuôi én)	Führungen, Schwalbenschwanzführungen	guiding mechanisms, dovetail guides	151
Dẫn hướng hình V	Führungen, V-Führungen	guiding mechanisms, vee guides	151
Dẫn hướng lăn	Führungen, Wälzführungen	guiding mechanisms, anti-friction guideways	152
Dấu kiểm tra điện tử VDE	VDE-Elektronik-Prüfzeichen	VDE marks of conformity by the Association of German Electrical Engineers	374
Dấu tách từ (để chia chữ ra thành nhiều âm tiết)	Silbentrennung	hyphenation	39
Dây đất bảo vệ	Schutzleiter	protective conductor	381
Dây PEN	PEN-Leiter	earthed neutral conductor	373
Dây trung tính	Neutralleiter	neutral conductor	315
Diac	Diac	diac	327
DLL (thư viện liên kết động)	DLL (dynamic link library)	DLL (dynamic link library)	27
Doa	Reiben	reaming	186
Domino (thanh kẹp)	Klemmleisten	terminal blocks	596ff.
Dòng điện	Elektrischer Strom	electric current	287

https://tieulun.hopto.org

Dòng điện ba pha	Drehstrom	three-phase current	315
Dòng điện khi bật điện (khi đóng mạch)	Einschaltstrom	inrush current	338
Dòng điện ngắn mạch	Kurzschlussstrom	short circuit current	338
Dòng điện ngắn mạch liên tục	Dauerkurzschlussstrom	sustained short-circuit current	338
Dòng điện dây (L1, L2, L3)	Leiterstrom	line current	315, 317
Dòng điện pha (ở mạch cung cấp hay tiêu thụ)	Strangstrom	phase current	315, 317
Dòng điện xoay chiều ba pha	Dreiphasenwechselstrom	three-phase alternating current	315
Dòng rò	Fehlerstrom	fault current	373
Dung kháng	kapazitiver Blindwiderstand	capacitor reactance	312
Dung sai	Toleranzen	tolerance	96
Dung sai hình dạng và dung sai vị trí	Form- und Lagetoleranz	geometrical tolerances	100
Dung sai kích thước	Maßtoleranzen	dimensional tolerances	96
Dụng cụ dập nhiều đầu	Multi-Tool-Werkzeug	Multitool punching apparatus	259
Dụng cụ doa	Reibwerkzeuge	reaming tools	186
Dụng cụ được truyền động	angetriebene Werkzeuge	driven tools	258
Dụng cụ mài	Schleifwerkzeuge	grinding tools	202
Dụng cụ phay, dao phay	Fräswerkzeuge	milling tools	197
Dụng cụ tiện, dao tiện	Drehwerkzeug	turning tool	192
Dữ liệu số (digital)	Datenverarbeitung, digitale Daten	data processing, digital data	21
Dữ liệu tương tự (analog)	analoge Daten	data processing, analog data	21
Dữ liệu về diễn biến tải	Variabler Antrieb, Lastspieldaten	variable-speed drive system, load characteristics	364
Dưỡng kiểm, cữ chuẩn, căn mẫu	Lehren	gauges	92

Đ

Đa tác vụ (chế độ xử lý nhiều tác vụ cùng lúc của nhiều người cùng sử dụng)	Multitasking	multitasking	24
Đánh giá sườn tín hiệu	Flankenauswertung	edge evaluation	526
Đai ốc	Schraubenmuttern	screw nuts	212
Đại lượng áp suất	Druckgrößen	pressure quantities	422
Đại lượng chuẩn (biến chuẩn), đại lượng định trước, đại lượng cài đặt	Führungsgröße	reference magnitude	541
Đại lượng đặc trưng của bộ truyền động (hộp số)	Getriebe, Kenngrößen	gears, characteristics	146
Đại lượng điều chỉnh	Regelgröße	regulating variable	541
Đại lượng gây nhiễu	Störgröße	disturbance	541
Đại lượng tác động, đại lượng tách chỉnh	Stellgröße	manipulated quantity	541
Đáp ứng bước nhảy, đáp ứng bậc thang	Sprungantwort	step (function) response	542, 543
Đặc tính UART	UART Character	UART character	561
Đặc tuyến theo tần số	Frequenzkennlinie	frequency response characteristic	550
Đầu khoan ba chấu	Dreibackenbohrfutter	three-jaw chuck	183
Địa chỉ ô	Zelladresse	cell address	43
Điểm chuẩn giá mang dụng cụ	Werkzeugträgerbezugspunkt	tool-carrier reference point	239
Điểm gốc máy (điểm 0)	Maschinennullpunkt	machine origin	239
Điểm hoạt động trung tâm của dụng cụ, tâm điểm dụng cụ	Tool-Center-Point	tool center point	277
Điểm nóng chảy	Schmelzpunkt	melting point	108
Điểm tham chiếu, điểm chuẩn, điểm quy chiếu	Referenzpunkt	reference point	239
PELV Điện áp chức năng cực thấp, cách ly an toàn	PELV (Protective Extra Low Voltage)	PELV (protective extra low voltage)	379
FELV Điện áp chức năng cực thấp, không cách ly an toàn	FELV (Functional Extra Low Voltage)	FELV (functional extra low voltage)	379
Điện áp cung cấp xoay chiều một pha	Einphasen-Wechselspannung	single-phase AC power supply	348
Điện áp hỗn hợp	Mischspannung	universal voltage	286
Điện áp không tải	Leerlaufspannung	open-circuit voltage	334
Điện áp một chiều	Gleichspannung	direct voltage oder dc voltage	286
Điện áp ngắn mạch	Kurzschlussspannung	short cicuit voltage	337
Điện áp pha (ở mạch cung cấp, hay tiêu thụ)	Strangspannung	phase voltage	315, 317
Điện áp dây (L1, L2, L3)	Leiterspannung	line voltage	315, 317
Điện áp rò	Fehlerspannung	fault voltage	377
Điện áp thấp	Kleinspannung	low voltage	379
SELV Điện áp thấp ly an toàn	SELV (Safety Extra Low Voltage)	SELV (safety extra low voltage)	379
Điện áp tiếp xúc	Berührungsspannung	contact voltage	386 ff.
Điện áp xoay chiều	Wechselspannung	alternating voltage (VAC)	286
Điện giật	Stromschlag	electric shock	372
Điện kế kim chỉ thị	Zeigermesswerk	pointer-type measuring instrument	329
Điện kế khung quay	Drehspulmesswerk	moving-coil instrument	329
Điện não đồ EEG	EEG (Elektro-Enzephalogramm)	electroencephalogram	371
Điện tâm đồ EKG	EKG (Elektrokardiogramm)	electrocardiogram	371
Điện tích	Elektrische Ladung	electric charge	283

https://tieulun.hopto.org

Điện trở	Elektrischer Widerstand	electric resistance	289
Điện trở cơ thể	Körperwiderstand	human body resistance	372
Điện trở shunt	Shuntwiderstand	shunt resistor	332
Điện trở tiếp xúc	Übergangswiderstände	contact resistance	372
Điện trở trong	Innenwiderstand	internal resistance	329
Điện trường	Elektrisches Feld	electric field	293
Điều chỉnh	Regelung	control system	396
Điều chỉnh chất lượng	Qualitätslenkung	quality control steering	103
Điều khiển	Steuern	open-loop control	393
Điều khiển bán phần	Halbgesteuerte Brücken	half-controlled bridge circuits	353
Điều khiển CNC	CNC-Steuerung	computer numerical control	235
Điều khiển điểm	Punktsteuerung	point-to-point positioning	241
Điều khiển động cơ điện một chiều kích thích từ độc lập	Steuerung des Gleichstrommotors, fremderregt	control of separately excited DC motors	352
Điều khiển gián tiếp	indirekte Ansteuerung	indirect triggering	438
Điều khiển lôgic lập trình được PLC	SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)	programmable logic control (PLC)	514
Điều khiển NC, điều khiển kỹ thuật số	NC-Steuerung	NC units	235
Điều khiển robot	Roboter-Steuerung	robot control	268
Điều khiển theo quỹ đạo, điều khiển theo biên dạng, điều khiển theo contua	Bahnsteuerung	path control	241
Điều khiển toàn phần	Vollgesteuerte Brücken	fully-controlled bridge circuits	353
Điều khiển trình tự (tuần tự)	Ablaufsteuerung	sequential control	395, 528
Điều khiển trực tiếp	Direkte Ansteuerung	direct triggering	438
Điều kiện chuyển tiếp (transion)	Transition	transition	530
Định cỡ dây điện cho động cơ không đồng bộ	Asynchronmotoren, Strombemessung	asynchronous motors, power rating	363
Định dạng ký tự	Zeichenformatierung	character formatting	37
Định dạng một đoạn văn bản	Absatzformatierung	paragraph formatting	37
Định dạng văn bản	Textformatierung	text formatting	37
Định hướng	Orientierung	orientation	239, 263
Định kỳ kiểm tra	Prüffristen	inspection terms	390
Định luật Boyle-Mariotte về khí	Gasgesetze, Boyle-Mariotte	gas laws, Boyle's or Mariotte's law	423
Định luật cảm ứng	Induktionsgesetz	law of induction	301
Định luật Gay-Lussac về khí	Gasgesetze, Gay-Lussac	gas laws, Gay-Lussac's law	423
Định luật Kirchhoff	Kirchhoff'sche Gesetze	Kirchhoff's laws	306
Định luật Ohm	Ohm'sches Gesetz	Ohm's law	290
Định luật về khí	Gasgesetze	gas laws	423
Định vị phỏng chừng	Verschleifen	approximate positioning	279
Điôt	Diode	diode	323
Điôt Zener	Zener-Diode	Zener diode	324
Đo đạc tương thích điện từ EMC	Elektromagnetische Verträglichkeit, Messungen	monitoring for electromagnetic compatibility	369
Đo dụng cụ	Werkzeugvermessung	measuring of a working tool	240
Đo điện áp	Spannungsmessung	voltage metering	304, 329
Đo điện trở cách điện	Isolationswiderstandsmessung	insulation resistance measuring	391
Đo điện trở đất	Messen des Erdungswiderstandes	measurement of earth resistance	388
Đo điện trở vòng đất	Erder-Schleifenwiderstandsmessung	earth-loop impedance measuring	388
Đo dòng điện	Strommessung	current measurement	304, 329
Đo kháng trở vòng	Messen der Schleifenimpedanz	loop impedance measuring	390
Độ bền của bulông (vít)	Schraubenfestigkeitsklassen	property classes of screws	212
Đồ họa ảnh điểm (pixel)	Pixelgrafik	bitmap image	57
Đồ họa vectơ	Vektorgrafik	vector graphics	57
Độ bền, sức bền	Festigkeit	strength	109
Độ bền xoắn	Torsionsfestigkeit	torsional strength	110
Độ bền kéo	Festigkeit, Zugfestigkeit	strength, tensile	110
Độ bền nén	Festigkeit, Druckfestigkeit	strength, compression	110
Độ bền bẻ cong	Festigkeit, Biegefestigkeit	strength, bending	110
Độ bóng bề mặt, phẩm chất bề mặt	Oberflächengüte	surface-finish	95
Độ dự trữ cho hao mòn	Abnutzungsvorrat	wear margin	632
Độ đậm của nét vẽ	Linienbreite	lines in technical drawings, line thickness	74
Độ lớn đặc trưng của một robot	Kenngrößen eines Roboters	robot, characteristics	271
Độ (điểm) nóng chảy	Schmelzpunkt	melting point	108
Độ sai lệch trung bình	Mittenrauwert	arithmetical average roughness	94
Độ nhớt (độ nhờn)	Viskosität	viscosity	465
Độ sâu nhẵn	Glättungstiefe	maximum profile peak height	94
Độ sụt áp suất	Druckabfall	pressure drop	433
Đồng	Kupfer	copper	119
Động cơ điện ba pha	Drehstrommotor	three-phase motor	343 ff.
Động cơ bước	Schrittmotoren	stepper motors	361 ff.
Động cơ kiểu lá	Lamellenmotor	rotating piston air engine	432
Động cơ điện một chiều	Gleichstrommotoren	DC motors	349 ff.
Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp	Gleichstromreihenschlussmotor	series wound DC motor	351
Động cơ điện một chiều kích từ song song	Gleichstromnebenschlussmotor	shunt wound DC motor	351

https://tieulun.hopto.org

Động cơ điện một chiều kích thích từ độc lập (từ bên ngoài)	Gleichstrommotoren, fremderregt	DC motors, separately excited	351
Động cơ điện xoay chiều một pha	Einphasen-Wechselstrommotoren	single-phase ac motors	348 ff.
Động cơ khí nén	Druckluftmotor	compressed-air engine	432
Động cơ không đồng bộ	Asynchronmotoren	asynchronous motors	345
Động cơ không đồng bộ ba pha	Drehstromasynchronmotor	three-phase induction motor	345
Động cơ không đồng bộ được bảo vệ	Asynchronmotoren, Schutz von	asynchronous motors, protection	347
Động cơ không đồng bộ khi điều khiển tần số	Asynchronmotoren mit Frequenzsteuerung	asynchronous motors with frequency control	357
Động cơ rotor lồng sóc	Kurzschlussläufermotor	squirrel-cage motor	345
Động cơ tụ điện	Kondensatormotor	condenser motor	349
Đồng hồ đo	Messuhr	metering clockwork	89
Động học của robot	Kinematik des Roboters	robot, kinematics	271
Đốt cháy	Verbrennungen	burn	372
Đơn tác vụ (xử lý từng tác vụ một)	Singletasking	singletasking	24
Đơn vị chức năng	Funktionseinheiten	functional units	137
Đơn vị chức năng đỡ và mang	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	functional units of bearing and support	149
Đơn vị chức năng dẫn động	Funktionseinheiten zum Antreiben	functional drive units	138
Đơn vị chức năng để làm việc (vận hành)	Funktionseinheiten zum Arbeiten	functional work units	149
Đơn vị chức năng truyền năng lượng	Funktionseinheiten zum Energieübertragen	functional power transmission units	138
Đơn vị chuyển động xoay tuyến tính	Schwenk-Linear-Einheit	semi-rotary linear cylinder	430
Đưa vào vận hành	Inbetriebnahme	commissioning	621
Đưa vào vận hành lần đầu	Inbetriebnahme, Erstinbetriebnahme	initial system commissioning	621
Đúc	Gießen	casting	164
Đường biên hệ thống	Systemgrenzen	system limits	132
Đường biểu diễn của chuyển động	Variabler Antrieb, Fahrkurven	variable-speed driving characteristics	364
Đường biểu diễn cường độ từ trường	Feldstärkenverlauf	field strength distribution	295
Đường cách đều	Äquidistante	equidistant path	247

E

electron	Elektronen	electrons	284
Ép (crimpen)	Crimpen	crimp connexions	229
Ethernet	Ethernet	ethernet	584
Extender bộ nối dài bus , bộ mở rộng Bus	Extender	bus extender	572

G

Gai nhám	Rändel	knurl	81
Ghép nối	Fügen	jointing	205
Giản đồ, biểu đồ, sơ đồ	Diagramm	diagram	51, 83
Giao diện AS	AS-Interface	AS-Interface	566 ff.
Giao diện hệ thống	System-Schnittstellen	system interfaces	132
Giao thức UDP gói dữ liệu người dùng	UDP-Protokoll	UDP (User Datagram Protocol)	70
Giao thức TCP (kiểm soát truyền dữ liệu)	TCP-Protokoll	TCP (Transmission Control Protocol)	69
Giao thức truyền thông (dữ liệu)	Kommunikationsprotokolle	data communication protocols	69
Giới hạn lỗi	Fehlereingrenzung	locating faults	628
Giũa	Feilen	filing	176
Góc đỉnh khoan (góc nhọn)	Spitzenwinkel	point angles	181
Góc nêm (góc mũi dao)	Keilwinkel	tool-orthogonal wedge angle	172
Góc tạo phoi	Spanwinkel	chipping angle	172
Góc thoát	Freiwinkel	clearance angle	172
Gói chương trình ứng dụng cho văn phòng	Office-Paket	office package	33
GRAFCET (mô tả kỹ thuật điều khiển bằng đồ họa)	GRAFCET	GRAFCET (operational sequence description language)	419

H

Hàm số trong sử dụng bảng tính, chức năng	Funktionen	functions	45
Hàn	Schweißen	welding	222
Hàn gió đá, hàn hơi	Gasschmelzschweißen	gas welding	224
Hàn hồ quang	Lichtbogen-Schmelzschweißen	fusion arc welding	224
Hàn hồ quang trong môi trường khí trơ (khí bảo vệ)	Schutzgasschweißen	inert gas arc welding	225
Hàn vảy	Löten	soldering	219
Hàn vảy cứng	Hartlote	brazing solders	221
Hàn vảy mềm	Weichlote	soft solders	221
Hệ điều hành nhiều người sử dụng	Multi-User-Betrieb	multi-user system	25
Hệ điều hành một người sử dụng	Single-User-Betrieb	single-user system	25
Hệ thống cơ sở dữ liệu, quan hệ	Datenbanksystem, relational	relational database system	62
Hệ điều chỉnh vận tốc (tốc độ)	Geschwindigkeitsregelkreis	speed control loop	237
Hệ điều chỉnh vị trí	Lageregelkreis	position control loop	237

https://tieulun.hopto.org

Hệ điều hành	Betriebssystem	operating system (OS)	22
Hệ điều hành khách - chủ	Client-Server-Betriebssystem	client-server operating system	27
Hệ điều hành thời gian thực	Echtzeitbetriebssystem	real-time processing systems	26
Hệ lập trình WOP (Werkstatt-Orientiertes-Programmieren), lập trình định hướng theo xưởng máy	WOP (Workshop-Oriented Programming)	WOP (workshop-oriented programming)	256
Hệ quản lý bộ nhớ ảo VMW	VMM (Virtual Memory Manager)	VMM (virtual memory manager)	28
Hệ quản lý đối tượng	Objekt-Manager	object manager	28
Hệ quản lý tập tin FAT (theo bảng phân bố tập tin File Allocation Table)	FAT-Dateisystem	FAT file system	30
Hệ quản lý thiết bị	Gerätemanager	device manager	29
Hệ quản lý xuất/nhập, chương trình quản lý cổng vào/ra	I/O-Manager	input-output manager	29
Hệ số hiệu chỉnh	Korrekturfaktor	correction factor	493, 508
Hệ số kết chuỗi	Verkettungsfaktor	interlinking factor	316
Hệ số khuếch đại	Verstärkungsfaktor	amplification factor	542
Hệ số vi phân, hệ số sai biệt	Differenzierbeiwert	derivative action factor	545
Hệ số tải	Lastfaktor	load factor	400
Hệ số tắt dần, giảm chấn	Dämpfung	damping	544
Hệ số tích phân	Integrationsbeiwert	integral-action factor	544
Hệ số tỷ lệ	Proportionalitätsfaktor	proportionality factor	544
Hệ thay đổi dụng cụ	Werkzeugwechselsystem	automatic tool changers	237
Hệ thống cơ	Mechanische Systeme	mechanical systems	131
Hệ thống cơ điện tử	Mechatronische Systeme	mechatronic systems	591
Hệ thống đo hành trình analog	Wegmesssystem, analog	position measuring systems, analogue	238
Hệ thống đo hành trình digital	Wegmesssystem, digital	position measuring systems, digital	238
Hệ thống đo hành trình giả tuyệt đối	Wegmesssystem, pseudoabsolut	position measuring systems, pseudo absolute	238
Hệ thống đo hành trình gián tiếp	Wegmesssystem, indirekt	position measuring systems, indirect	238
Hệ thống đo hành trình theo gia số	Wegmesssystem, inkremental	position measuring systems, incremental	238
Hệ thống đo hành trình trực tiếp	Wegmesssystem, direkt	position measuring systems, direct	238
Hệ thống đo hành trình tuyệt đối	Wegmesssystem, absolut	position measuring systems, absolute	238
Hệ thống đo hành trình, hệ thống đo quãng đường	Wegmesssystem	displacement encoder	238, 270
Hệ thống kỹ thuật	Technische Systeme	technical systems	131, 393
Hệ thống lắp ghép	Passungssysteme	systems of fits	98
Hệ thống lập trình	Programmiersystem	programming system	256, 282
Hệ thống sản xuất linh hoạt (kết hợp nhiều đơn vị sản xuất với nhau)	Flexible Fertigungssysteme (FFS)	flexible manufacturing systems	234
Hệ thống servo	Servosystem	servomotor systems	359
Hệ thống số	Zahlensysteme	numbering systems	413
Hệ số nhị phân	Zahlensysteme, Dualsystem	numbering systems, binary number system	413
Hệ số thập phân	Zahlensysteme, Dezimalsystem	numbering systems, decimal system	413
Hệ thống quản lý tập tin	Datei-Systeme	file systems	30
Hệ thống quản lý tập tin	File System	file system	30
Hệ thập lục phân, hệ mười sáu	Zahlensysteme, Hexadezimalsystem	numbering systems, hexadecimal number system	413
Hệ tọa độ Descartes	Koordinatensystem	coordinate system	277
Hệ tọa độ cơ bản	Koordinatensystem, Basis-Koordinaten	system of basic coordinates	277
Hệ tọa độ cực	Polarkoordinatensystem	polar coordinate system	83
Hệ tọa độ trục toàn cầu	Koordinatensystem, Welt-Koordinaten	system of world coordinates	277
Hệ tọa độ vuông góc, hệ tọa độ Descartes	Kartesisches Koordinatensystem	cartesian coordinate system	83
Hệ truyền động servo	Servoantrieb, Nutzbremsung	servomotors, regenerative braking	359
Hệ truyền động thay đổi được	Variabler Antrieb	variable-speed drive system	364 ff.
Hiện tượng đặc biệt hiếm có, tính độc nhất	Singularität	singularity	278
Hiện tượng ngộ độc	Vergiftungserscheinungen	symptoms of intoxiation	372
Hiệu suất	Wirkungsgrad	efficiency	135, 292
Hiệu suất biến áp	Wirkungsgrad von Transformatoren	efficiency of transformers	339
Hiệu suất động cơ	Motorwirkungsgrad	motor efficiency	344
Hình dạng của đĩa mài	Schleifkörperformen	form of abrasive products	203
Hình Lissajour	Lissajous-Figuren	Lissajous' figures	332
Hình véc tơ, sơ đồ véc tơ	Zeigerbilder	phasor diagram	316
Họ mạch vi điện tử	Schaltkreisfamilien	logical families	400
Hộp điều khiển cầm tay chỉ dẫn thao tác	Teachbox	hand-held teach-in unit	268
Hợp kim đồng-kẽm	Kupfer-Zink-Legierung	copper-zinc alloy	119
Hợp kim đồng-thiếc	Kupfer-Zinn-Legierung	copper-tin alloy	120
Hợp kim nhôm	Aluminiumlegierung	aluminium alloy	120
Hộp số, bộ truyền động	Getriebe	gear	142
Hộp số truyền động bánh răng điều hòa	Harmonic-Drive-Getriebe	harmonic drive gear	270
Huấn luyện, dạy, hướng dẫn, chỉ dẫn	Teachen	teach-in	279, 281
Hướng dẫn lắp ráp	Montageanleitung	assembly instruction	421, 612
Hướng dòng điện	Stromrichtung	current direction	288

https://tieulun.hopto.org

K

Kế hoạch bảo dưỡng	Wartungsplan	maintenance schedule	634
Kế hoạch lắp ráp	Montageplanung	installation/assembly planning	608
Kết cấu một hệ truyền động có tốc độ quay thay đổi	Aufbau eines drehzahlvarianten Antriebs	structure of a variable-speed drive system	342
Kết nối	Verbindungen	joints	605
Kết nối bulông (vít)	Bolzenverbindungen	pin joints	215
Kết nối bằng lực	Verbindungen, kraftschlüssige	joints, non-positive, force locking connection	605, 606
Kết nối bằng vật liệu	Verbindungen, stoffschlüssige	joints, self-substance, adhesive joints	605, 606
Kết nối bulông	Schraubverbindung	screwed connection	206
Kết nối cắm	Steckverbindung	plug connection	229
Kết nối chốt	Stiftverbindungen	pin connections	215
Kết nối dán (mối gắn bằng keo)	Klebeverbindung	bonded joint	226
Kết nối ép	Pressverbindung	press-fit joints	228
Kết nối ghép	Fügeverbindungen	joints	205
Kết nối kẹp chặt	Klemmverbindung	clamping joints	229
Kết nối logic AND (và) khí nén	Pneumatisches UND	pneumatic AND	441
Kết nối logic cơ bản	Logische Grundverknüpfungen	basic logical operations	397
Kết nối logic cơ bản tín hiệu khí nén	pneumatische Grundverknüpfungen	basic logical operations in pneumatics	441
Kết nối logic cơ bản, các chức năng hợp thành	Logische Grundverknüpfungen, zusammengesetzte Funktionen	basic logical operations, compound logical operators	397
Kết nối logic AND (và)	Logische Verknüpfungen, UND-Funktion	logical operations, logical AND operator	397
Kết nối logic NOT (phủ định)	Logische Verknüpfungen, NICHT-Funktion	logical operations, logical NOT operator	398
Kết nối logic OR (hoặc)	Logische Verknüpfungen, ODER-Funktion	logical operations, logical OR operator	398
Kết nối logic IDENTITY (đồng nhất) của khí nén	pneumatische IDENTITÄT	pneumatic IDENTITY	441
Kết nối logic NOT (phủ định) khí nén	Pneumatische NEGATION	pneumatic NOT	444
Kết nối logic OR (hoặc) khí nén	Pneumatisches ODER	pneumatic OR	442
Kết nối logic tín hiệu	Signalverknüpfung	signal linking	456
Kết nối nêm	Keilverbindungen	keyed joints	217
Kết nối then (kết nối cla vết)	Federverbindungen	parallel key connections	218
Kết nối theo hình dạng	Verbindungen, formschlüssige	joints, positive form fit connection	605
Kết nối uốn nếp, kết nối gấp nếp	Quetschverbindung	crimp connection	229
Khả năng lặp lại	Reproduzierbarkeit	reproducibility	492, 496, 508
Khắc phục lỗi	Fehlerbehebung	error remediation	628
Khóa chặt bulông	Schraubensicherungen	screw lockings	213
Khoan	Bohren	drilling	180
Khoảng cách Hamming	Hamming-Distanz	Hamming distance	565
Khoảng cách tầm tay	Handbereich	normal arm's reach	380
Khoảng chuyển mạch	Schaltabstand	switching distance	493, 496
Khoét (lã)	Senken	countersinking	185
Khởi động trực tiếp (động cơ không đồng bộ)	Asynchronmotoren, Einschalten von	asynchronous motors, switching on	347
Khởi động sao - tam giác (động cơ không đồng bộ)	Asynchronmotoren mit Stern-Dreieck-Anlauf	asynchronous motors with star-delta starting	347
Khối lượng riêng, mật độ	Dichte	density	108
Khung đỡ	Gestelle	supports	149
Kích cỡ , mẫu định sẵn	Formatvorlage	style sheet	38
Kích cở hạt	Korngröße	grain size	202
Kiểm tra	Inspektion	inspections	631
Kiểm tra bề mặt	Oberflächenprüfung	surface testing	93
Kiểm tra các biện pháp bảo vệ	Prüfen der Schutzmaßnahmen	inspection of protective measures for safety	389
Kiểm tra chất lượng	Qualitätskontrolle	quality control	106
Kiểm tra chất lượng	Qualitätsprüfung	quality inspection	103
Kiểm tra chính tả	Rechtschreibprüfung	spell check	39
Kiểm tra độ dài	Längenprüfung	dimensional metrology	87
Kiểm tra góc	Winkelprüfung	checking of angles	87
Kiểu lưỡi khoan xoắn	Spiralbohrertypen	types of twist drills	181
Kim loại phi sắt (không phải sắt)	Nichteisenmetall	non-ferrous metal	119
Ký hiệu nhận dạng của các cấp bảo vệ	Schutzklassenkennzeichnung	identification of protection classes	374
Ký hiệu điện trở	Widerstandskennzeichnung	resistors, colour coding	304
Ký hiệu kiểm tra CEE	CEE-Prüfzeichen	CEE marks of conformity	374
Ký hiệu màu	Farbkennzeichnung	colour coding	537, 539
Kỹ thuật điều khiển bằng điện - khí nén	Elektropneumatik	electropneumatics	451
Kỹ thuật điều khiển bằng thủy lực	Hydraulische Steuerungen	hydraulic controls	461
Kỹ thuật ghép nối	Fügetechniken	joining technologies	205
Kỹ thuật gia công, kỹ thuật sản xuất	Fertigungstechnik	production engineering	161
Kỹ thuật in litô nổi	Stereo-Lithographie	stereolithography	260
Kỹ thuật kiểm tra, kỹ thuật thử nghiệm	Prüftechnik	testing technology	87
Kỹ thuật robot	Robotertechnik	robotics	263

https://tieulun.hopto.org

Kỹ thuật số	Digitaltechnik	digital technology	397
Kỹ thuật vật liệu	Werkstofftechnik	materials science	107
Kỹ thuật xử lý thao tác	Handhabungstechnik	material handling techniques	263
L			
Làm rời rạc trị số (lượng hóa)	Wertdiskretisierung	discretization of quantities	549
Làm yếu từ trường	Feldschwächung	field-weakening ranges	351, 353
Lắp ghép	Passungen	fits	96
Lắp ghép chặt, lắp ghép với độ dôi	Übermaßpassung	negative allowance fit	98
Lắp ghép lỏng	Spielpassung	loose fits	98
Lắp ghép trung gian	Übergangspassung	transition fit	98
Lắp ráp ổ lăn	Wälzerlager, Montage	roller bearing, assembly	157
Lắp ráp	Montage	assembly	605
Lập kế hoạch về chất lượng	Qualitätsplanung	quality planning	102
Lập trình	Programmierung	programming	63
Lập trình địa chỉ tự động	Automatische Adressprogrammierung	automatic address programming	571
Lập trình định hướng theo xưởng, lập trình theo xưởng	Werkstattorientiertes Programmieren	workshop-oriented programming	256
Lập trình qua cách lặp lại quá trình gia công đã được thực hiện bằng tay trước đó	Play-Back-Verfahren	manual leadthrough programming	281
Lập trình theo gia số (theo địa chỉ tương đối)	inkrementales Programmieren	incremental programming	245
Lập trình tuyệt đối (theo địa chỉ tuyệt đối)	absolutes Programmieren	absolute programming	245
Laser	Laser	laser	260
LED đèn phát sáng	Leuchtdiode	light-emitting diode (LED)	324
Lệnh chuyển mạch, chức năng M (lệnh đóng - mở)	Schaltbefehl	control command	244
Lệnh dịch chuyển (điều kiện dịch chuyển) (chức năng G)	Wegbedingung	preparatory functions	244
Liên kết đối tượng	Object Linking	object linking	36
Linh kiện	Bauelemente	components	137
Linh kiện kết nối logic	Logikbaustein	logical element	400
Linh kiện nhạy cảm với tĩnh điện EGB	EGB (elektrostatisch gefährdete Bauelemente oder Baugruppen)	electrostatic-sensitive components	392
LINUX (hệ điều hành)	LINUX	LINUX	23
Loại bảo vệ IP	IP-Schutzarten	IP codes	375
Loại dao phay	Fräserarten	milling cutter, types	199
Loại (dạng) dữ liệu	Datentypen	data types	64
Loại trừ tín hiệu	Signalunterdrückung	signal suppression	448
Loại dao tiện	Drehmeißelarten	lathe tools, types	193
Loại đường nét, loại vạch	Linienarten	lines in technical drawings, types	74
Loại khoét (lã)	Senkerarten	types of countersinking	185
Loại mũi khoan	Bohrerarten	drills, types	182
Loại phoi	Spanarten	chip types	173
Lõi hệ điều hành	Betriebssystemkern	operating system kernel	27
Lỗ cơ bản	Einheitsbohrung	basic hole	99
Lỗ tâm	Zentrierbohrung	center bore	81
Lỗi hệ thống	Systematische Fehler	systematic error	105
Lỗi khi thử nghiệm đưa vào vận hành	Inbetriebnahmefehler	commissioning error	628
Lỗi ngẫu nhiên	Zufällige Fehler	random errors	105
Luật an toàn thiết bị	Gerätesicherheitsgesetz	equipment safety law (German)	374
Lực bám, lực dính	Adhäsion	adhesion	219
Lực Lorentz	Lorentzkraft	Lorentz force	301
Lưỡi cắt ngang (me cắt ngang)	Querschneide	chisel edge	181
Lượng dư gia công tinh (gia công hoàn thiện)	Schlichtaufmaß	finishing allowance	247
Lượng khí tiêu thụ	Luftverbrauch	air consumption	432
Lưu lượng theo thể tích	Volumenstrom	volume flow	423, 471
Ly hợp có thể ngắt được	Kupplungen, schaltbare	clutches	140
Ly hợp không ngắt được	Kupplungen, nicht schaltbare	coupling, fixed	140
M			
Mã màu dây nối	Verdrahtungsfarben	wiring colours	596 ff.
Mã bằng chữ số	Codes, Zifferncodes	codes, cipher codes	414
Mã thể hiện bằng chữ và số	Codes, alphanumerische	codes, alphanumeric	414
Mã bằng số	Codes, numerische	codes, numerical	414
Macrô (dãy lệnh tạo ra để sử dụng thường xuyên)	Makro	macro	33
Ma sát	Reibung	friction	150
Mã số	Codes	codes	414
Mã số ASCII (theo tiêu chuẩn chuyển đổi thông tin của Hoa Kỳ)	Codes, ASCII	codes, ASCII	415
Mã từ (word)	Codes, Wortcodes	codes, data word codes	414

https://tieulun.hopto.org

Mạch cơ bản khí nén	pneumatische Grundschaltungen	basic pneumatic circuits	438
Mạch điện điều khiển	Steuerstromkreis	control circuit	599
Mạch lật D (D-Flipflop)	D-Flipflop	D-type flip-flop	407
Mạch lật đơn ổn định	Monostabile Kippglieder	monostable multivibrators	413
Mạch lật JK (JK-Flipflop)	JK-Flipflop	JK flip-flop	407
Mạch lật JK- chủ tớ (JK-MS-Flipflop)	JK-Master-Slave-Flipflop	JK master-slave flip-flop	407
Mạch lật khởi động (Schmitt-Trigger)	Schmitt-Trigger	Schmitt trigger	413
Mạch lật lưỡng ổn (mạch Flipflop)	Bistabile Kippstufen	flip-flop elements	406
Mạch lật RS (RS-Flipflop)	RS-Flipflop	RS-Flipflop elements	406
Mạch nối tiếp điện trở	Reihenschaltung von Widerständen	series connection of resistors	305
Mạch sai số điện áp	Spannungsfehlerschaltung	voltage error circuit	331
Mạch sai số dòng điện	Stromfehlerschaltung	current error circuit	331
Mạch sao	Sternschaltung	star connection	315, 317
Mạch song song điện trở	Parallelschaltung von Widerständen	parallel connection of resistors	306
Mạch tam giác	Dreieckschaltung	delta connection	315, 319
Mạch thay thế	Ersatzschaltbild	equivalent circuit diagram	305
Mạch vi điện tử loại TTL, tích hợp (IC)	TTL-Schaltung	TTL circuits	400
Mạch từ	Magnetischer Kreis	magnetic circuit	296
Mạch tự giữ (tự duy trì)	Selbsthaltung	self-holding	460
Mạch tuần hoàn thủy lực	Hydraulikkreislauf	hydraulic circuit	462
Mài	Schleifen	grinding	202
Màn hình giám sát an toàn	Sicherheitsmonitor	safeguarding monitor	540
Mạng tinh thể	Kristallgitter	crystal lattice	112
Mạng tinh thể lục giác (hexagonal)	Kristallgitter, hexagonale	crystal lattice, hexagonal	112
Mạng tinh thể lập phương tâm mặt (tâm diện)	Kristallgitter, kubisch-flächenzentrierte	crystal lattice, cubic face centered	112
Mạng tinh thể lập phương tâm khối (tâm thể)	Kristallgitter, kubisch-raumzentrierte	crystal lattice, cubic body centered	112
Máy biến áp	Transformatoren	transformers	302, 334
Máy biến thế điều khiển	Steuertransformator	control transformer	598
Máy cắt răng	Verzahnmaschine	gear manufacturing machines	259
Máy chủ (server)	Server	server	27
Máy chủ quản lý các tập tin	Server, File-Server	server, file server	27
Máy chủ quản lý chương trình Internet	Server, Internet-Server	server, internet server	27
Máy chủ quản lý chương trình phương tiện truyền thông	Server, Media-Server	server, multimedia server	27
Máy chủ quản lý chương trình ứng dụng	Server, Applikation-Server	server, application server	27
Máy chủ quản lý cơ sở dữ liệu	Server, Datenbank-Server	server, database server	27
Máy công cụ (với servo)	Werkzeugmaschine mit Servo	machine tools with servomotor	359
Máy điện	Elektrische Maschinen	electrical machines	333
Máy đo 3D	Messmaschine 3D	measuring machine 3D	262
Máy đo đa năng digital	Digitalmultimeter	digital multimeter	329
Máy đồng bộ	Synchronmaschine	synchronous machine	391
Máy hiện sóng, dao động ký	Oszilloskop	oscilloscope	360
Máy nén khí	Verdichter, Kompressoren	compressor	424
Máy nén khí động	dynamische Verdichter	dynamic compressors	424
Máy nén khí kiểu cánh gạt	Lamellenkompressor	sliding-vane compressor	425
Máy nén khí kiểu màng	Membrankompressor	diaphragm compressor	424
Máy nén khí kiểu pít tông chìm	Tauchkolbenkompressor	trunk-piston compressor	424
Máy nén khí kiểu trục vít	Schraubenkompressor	rotary-screw compressor	425
Máy nén kiểu pít tông (chạy tịnh tiến)	Hubkolbenkompressor	piston compressor	424
Máy phát điện hàn	Schweißstromerzeuger	source of welding current	200
Máy phay	Fräsmaschinen	milling machines	224
Máy tiện	Drehmaschinen	lathes	195
Máy tính điều khiển quy trình sản xuất	Prozessrechner	in-process computer	26
Mật độ dòng điện	Stromdichte	current density	289
Mật độ từ thông	Flussdichte	particle flux density	297
Mẫu cho văn bản	Dokumentvorlage	templates	47
Mẫu ghi dữ liệu, dòng chứa dữ liệu	Datensatz	data record	34
Mô đun chức năng FB	Funktionsbausteine	function blocks	521
Mô đun dữ liệu DB	Datenbaustein	data building block	521
Mô đun tổ chức OB	Organisationsbaustein	organization element	521
Mô hình 7 tầng	7-Schichten-Modell	seven-layer model	555
Mô hình FISCO (tính tự an toàn tại cho bus trường)	FISCO-Modell	fieldbus intrinsically safe concept	583
Mô hình nguyên tử	Atommodell	atomic model	283, 284
Mô hình nguyên tử Bohr	Bohr'sches Atommodell	Bohr model	284
Mô hình nguyên tử natri	Natriumatommodell	model of the sodium atom	285
Mô hình tham chiếu tiêu chuẩn ISO/OSI	ISO/OSI-Referenzmodell	ISO/OSI reference model	556
Mô phỏng	Simulation	simulation	255
Mômen lật	Kippmoment	breakdown torque	346
Mômen lật động cơ không đồng bộ	Kippmoment des Asychronmotors	breakdown torque of asynchronous motors	360

https://tieulun.hopto.org

Mômen quay của động cơ	Motordrehmoment	engine torque	344
Mômen quay của động cơ không đồng bộ	Drehmoment des Asynchronmotors	torque-speed characteristic of asynchronous motors	346
Mômen quay, ngẫu lực quay	Drehmoment	torque	344
Mômen thiết kế	Bemessungsmoment	rated torque	347, 364, 346
Mômen yên ngựa	Sattelmoment	pull-up torque	346
Mức độ hư hỏng của hệ thống	Systemausfallrate	system failure rate	
NAMUR (Hiệp hội tiêu chuẩn về kỹ thuật đo đạc và điều chỉnh của công nghiệp hóa học)	NAMUR (Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- und Regelungstechnik der chemischen Industrie)	NAMUR Standards Committee of Measurement and Control of the Chemical Industry	497, 508

N

Nêm cắt (mũi dao)	Schneidkeil	cutting tool wedge	172
Neutron	Neutronen	neutrons	284
Ngắn mạch	Kurzschluss	short circuit	377
Ngắt tín hiệu	Signalabschaltung	switching off signals	449
Nghịch từ	Diamagnetisch	diamagnetic	298
Ngõ ra có ba trạng thái	Tri-State-Ausgang	tristate gate	400
Ngôn ngữ assembly (hợp ngữ)	Assembler	assembler	63
Nguy hiểm: dòng điện	Gefahren: elektrischer Strom	dangers: electric current	371
Nguyên tắc DNC (Direct Numerical Control: Điều khiển kỹ thuật số trực tiếp)	DNC-Prinzip	DNC principle	236
Nguyên tắc động cơ điện	Motorprinzip	working of electrical motors	343
Nguyên tắc NXX: Nhập, Xử lý và Xuất dữ liệu	EVA-Prinzip	EVA control principle (German)	21
Nguyên tắc máy phát điện	Generator-Prinzip	working of generators	343
Nguyên tắc thẻ (mã thông báo)	Token-Prinzip	token principle	562, 563
Nhãn hiệu an toàn, dấu hiệu an toàn	Sicherheitszeichen	safety signs and symbols	374
Nhãn kiểm tra	Prüfplakette	inspection sticker	390
Nhận ra lỗi	Fehlererkennung	fault detection	628
Nhiệt độ hàn vảy	Löttemperatur	soldering temperature	220
Nhiều tầng nối tiếp nhau	Kaskaden	cascade arrangement	410
Nhóm gia công sản xuất chính	Fertigungshauptgruppen	main manufacturing groups	161
Nhôm	Aluminium	aluminium	120
Nhựa đàn hồi, chất dẻo elastome	Kunststoffe, Elastomere	plastics, elastomers	126, 128
Nhựa nhiệt rắn, chất dẻo cứng	Kunststoffe, Duroplaste	plastics, thermosetting plastics	126
Nhựa nhiệt dẻo, chất dẻo nhiệt	Kunststoffe, Thermoplaste	plastics, thermoplastics	126
Nhúng đối tượng	Object Embedding	object embedding	126 ff.
Nhúng và liên kết đối tượng OLE	Object Linking and Embedding	object linking and embedding	35
Nội suy đường tròn	Kreisinterpolation	circular interpolation	36
Nội suy tuyến tính	Linearinterpolation	linear interpolation	242, 246
Nội suy đường thẳng	Geradeninterpolation	linear interpolation	242, 246

O - Ô - Ơ

OLE (nhúng và liên kết đối tượng)	OLE (Object Linking and Embedding)	OLE (object linking and embedding)	36
Ô tham chiếu	Zellbezug	cell references	44
Ô tham chiếu, tương đối	Zellbezug, relativ	cell references, relative	44
Ô tham chiếu, tuyệt đối	Zellbezug, absolut	cell references, absolute	44
Ô dữ liệu, trường dữ liệu	Datenfeld	data field	56
Ổ trục cố định	Lager, Festlager	bearing, fixed bearing	155
Ổ trục di động	Lager, Loslager	bearing, movable bearing	155
Ổ trượt	Lager, Gleitlager	bearing, plain bearing	153
Ổ đỡ (ổ trục hướng tâm)	Lager, radiallager	bearing, thrust bearing	153
Ổ lăn	Lager, Wälzlager	bearing, roller bearing	154
Ổ chặn (ổ trục hướng kính)	Lager, Axiallager	bearing, thrust bearing	153

P

Palăng (cần cẩu, máy cân bằng)	Balancer	balancers	266
Phanh bằng dòng điện xoáy (Foucauld)	Wirbelstrombremse	eddy current brake	302
Phân bố chuẩn Gauss	Gauß'sche Normalverteilung	Gaussian distribution	105
Phân loại ren	Einteilung der Gewindearten	screw thread types	208
Phân mảnh, chia rời (tập tin, bộ nhớ)	Fragmentierung	fragmentation	30
Phần cứng	Hardware	hardware	21
Phần mềm	Software	software	21
Phần mềm trình bày (bài thuyết trình)	Präsentationssoftware	presentation software	47
Phần mềm chức năng	Software, Funktionssoftware	software, function software	22
Phần mềm chuyên dụng (đặc biệt)	Software, Spezialsoftware	software, specialized software	22
Phần mềm chuyên ngành	Software, Branchensoftware	software, vertical market software	22
Phần mềm ứng dụng	Software, Anwendungssoftware	software, application software	22
Phần tín hiệu	Signalteil	signal part	394
Phần tử cảm biến	Sensorelement	sensor element	490
Phần tử mạch điều chỉnh	Regelkreiselement	closed loop element	542

https://tieulun.hopto.org

Phát triển chương trình (phần mềm)	Programmentwicklung	program development	65
Phay	Fräsen	milling	197
Phép chiếu trục đo vuông góc đều (isometric)	Isometrische Projektion	isometric projection	72
Phép chiếu trục đo xiên đứng cân (dimetric)	Dimetrische Projektion	dimetric projection	72
Phép chiếu trục đo xiên góc cân (cabinet)	Kabinett-Projektion	cabinet projection	72
Phép chiếu trục đo xiên góc đều (cavalier)	Kavalier-Projektion	cavalier projection	72
Phép đo tam giác	Triangulation	triangulation	504
Phép nội suy spline (chia đường cong bất kỳ thành những đoạn thẳng ngắn nhờ những điểm tựa - nút)	Spline-Interpolation	spline interpolation	280
Phép tính kích thước xi lanh	Zylinderberechnung	caclculation of cylinder dimensions	431
Phoi (cắt gọt có phoi)	Spanen	machining	172
Phòng ngừa chữa cháy	Brandschutz	fire protection	619
Phương pháp cắt tìm dò	Tastschnittverfahren	tracing stylus analysis	94
Phương pháp hàn ép	Pressschweißverfahren	pressure welding methods	222
Phương pháp hàn nóng chảy	Schmelzschweißverfahren	fusion welding techniques	223
Phương pháp hàn vảy	Lötverfahren	soldering techniques	221
Phương pháp lập trình, cách lập trình	Programmierverfahren	programming methods	255
Phương pháp phay	Fräsverfahren	milling techniques	198
Phương pháp tiện	Drehverfahren	turning techniques	191
Phương thức chủ-Khách (Master/ Slave)	Master/Slave-Verfahren	master slave system	562
Phương thức CSMA	CSMA	CSMA	564
Phương thức CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	565
Phương thức CSMA/CD	CSMA/CD	CSMA/CD	564
Phương thức truy nhập Bus	Buszugriff	bus access methods	562 ff.
Phương thức truy nhập hybrid (lai)	Hybrides Zugriffsverfahren	hybrid bus access procedure	562
Phương tiện mài (vật liệu mài)	Schleifmittel	grinding agents	202
Phương tiện lưu trữ (đĩa, bộ nhớ)	Speichermedium	storage medium	30
Phương trình chính cho biến áp	Transformatorenhaupt-gleichung	transformer universal emf equation	334
Phương trình chức năng, phương trình hàm	Funktionsgleichung	function equation	397
Phương trình chung (tổng quát) cho chất khí	allgemeine Gasgleichung	ideal-gas law	423
Phương trình liên tục	Kontinuitätsgleichung	continuity equation	467
Pin	Primärelemente	primary cells	286
PROFIBUS	PROFIBUS	PROFIBUS	577 ff.
PROFINET	PROFINET	PROFINET	588 ff.
Proton	Protonen	nprotons	284

Q

Quá trình hàn vảy	Lötvorgang	soldering process	219
Quản lý bộ nhớ	Speichermanagement	memory management	23
Quản lý chất lượng	Qualitätsmanagement	quality management	101
Quản lý chất lượng bằng thống kê	Statistisches Qualitätsmanagement	statistical quality management	105
Quản lý dự án, quản lý đề án	Projektmanagement	project management	60
Quản lý nguồn tài nguyên	Ressourcenverwaltung	resource management	23
Quy định ghi kích thước	Bemaßungsregeln	dimensioning rules	79
Quy định lắp ráp	Montageregeln	installation/assembly rules	609
Quy tắc an toàn	Sicherheitsregeln	safety rules	376
Quy tắc an toàn hệ thống dùng điện áp thấp	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	safety regulations for low voltage systems	374
Quy tắc bàn tay phải	Rechte-Hand-Regel	right-hand rule	301
Quy tắc nút (định luật Kirchhoff thứ 1)	Knotenpunktregel	Kirchhoff's nodal rule	307
Quy tắc Lenz	Lenz'sche Regel	Lenz's law	301
Quy tắc mạng (định luật Kirchhoff thứ 2)	Maschensatz	Kirchhoff's voltage law	306
Quy trình con có thể thực hiện (thread)	Thread	thread	27

R

Rãnh thoát	Freistiche	relief grooves	81
Rào ánh sáng phản chiếu	Reflexionslichttaster	diffuse sensor	503
Rào chắn ánh sáng một chiều	Lichtschranke	light barrier	502
Ren di chuyển, ren chuyển động thẳng, ren dịch chuyển	Bewegungsgewinde	motion-transmitting screw threads	207
Ren siết chặt (ren bắt chặt, ren ghép chặt)	Befestigungsgewinde	fastening screw threads	206
Repeater (bộ lặp lại, bộ khuếch đại)	Repeater	repeater	558, 559
Robot	Roboter	robots	268
Robot công nghiệp (RBCN)	Industrieroboter	industrial robots	268
Robot dạng cổng	Portal-Roboter	robotic palletizer	275
Robot tay gập	Knickarm-Roboter	articulated robots	275
Robot tay thẳng (tịnh tiến)	Lineararm-Roboter	linear arm robot	275
Robot tay xoay (SCARA)	Schwenkarmroboter	SCARA robot	271

https://tieulun.hopto.org

Robot, động học	Roboter, Kinematik	robots, kinematics	272
Rotor (phần quay)	Läufer	rotor	345
Rotor dồn dòng	Stromverdrängungsläufer	double squirrel-cage motor	346
Rotor thanh tròn	Rundstabläufer	round-bar rotor motor	346
Rotor lồng sóc	Käfigläufer	squirrel-cage rotor	345
Rotor ngắn mạch	Kurzschlussläufer	short-circuit rotor	345
Rờ le	Relais	relays	452
S			
Sai biệt điều chỉnh, độ lệch điều chỉnh	Regeldifferenz	error variable	541
Sai số đo	Messfehler	measuring error	330
Sản xuất hàng loạt theo dây chuyền lắp ráp	Fließbandfertigung	assembly line production	231
Sắp xếp gai giữa	Hiebanordnung	file cut	176
Sắt từ	Ferromagnetisch	ferromagnetic	298
Sâu máy tính (chương trình phá hoại máy tính)	Würmer	worms	68
Sơ đồ bậc thang, sơ đồ công tắc	Kontaktplan	ladder plan	397
Sơ đồ Bode	Bode-Diagramm	Bode diagram	550
Sơ đồ chuyển mạch (khí nén)	Schaltplan (pneumatisch)	circuit diagram (pneumatic)	421
Sơ đồ đấu dây (nối dây)	Verdrahtungsplan	wiring diagram	596
Sơ đồ điện thế	Potenzialplan	voltage plan	596
Sơ đồ lắp ráp	Montageplan	installation drawing installation/assembly plan	609, 613
Sơ đồ khối của bộ truyền động servo	Servoantrieb, Blockschaltbild	servo, modular mimic display	358
Sơ đồ mạng lưới	Netzplan	network plan	61
Sơ đồ nối dây của truyền động với tốc độ thay đổi	Variabler Antrieb, Anschlusspläne	variable-speed drive system, circuit diagrams	365
Sơ đồ vị trí	Lageplan	layout	421
Số đôi cực	Polpaarzahl	number of pole pairs	343
Số mối ren	Gewindegangzahl	number of thread starts	209
Stator	Stator, Ständer	stator	343
Sự bảo dưỡng	Wartung	maintenance	631
Sự bảo trì	Instandhaltung	maintenance	631
Sự giãn dài do nhiệt	Längenausdehnung	linear thermal expansion	108
Sự ghép từ	Magnetische Kopplung	magnetic coupling	302
Sự kết dính	Bindung	bond	203
Sự lệch pha	Phasenverschiebung	phase shift	313, 332
Sự hình thành momen quay	Drehfeld, Entstehung	rotating field, formation	344
Sự phân tán	Dezentralisierung	decentralisation	597
Sự rung tâm thất	Herzkammerflimmern	ventricular fibrillation	371
Sự suy giảm, độ tắt dần	Bedämpfung	damping of sensors	493
T			
Tác động mao dẫn	Kapillarwirkung	capillary action	220
Tác dụng lực trong từ trường	Kraftwirkung im Magnetfeld	action of magnetic force	301
Tách	Trennen	cutting	171
Tách ly điện tích	Ladungstrennung	charge separation	285, 288
Tải không cân đối	Unsymmetrische Belastung	unbalanced load	318
Tài liệu chính (trung ương)	Zentraldokument	main document	39
Tài liệu PDF	PDF-Dokument	PDF document	59
Tài liệu phụ (ở chi nhánh)	Filialdokument	subdocument	39
Tai nạn lao động	Arbeitsunfall	industrial accident	618
Tạo bọt	Kavitation	cavitation	469
Tạo dạng nguyên mẫu (đúc)	Urformen	primary processing	164
Tay máy	Manipulator	manipulator	267
Tay máy mềm dẻo tùy ý để lắp ráp	SCARA-Roboter	SCARA robot	274
slide (chiếu khi trình bày, folie, tấm phim)	Folien	slides	47
Tần phổ điện từ trường	Elektromagnetische Verträglichkeit, Frequenzspektrum von Feldern	frequency spectrum of electromagnetic fields	370
Tần số	Frequenz	frequency	309
Tần số góc	Kreisfrequenz	angular frequency	309
Tập tin GSD (Tập tin chứa dữ liệu gốc của thiết bị)	GSD-Datei (Geräte-Stamm-Daten-Datei)	gsd file	581
Tế bào sản xuất (đơn vị sản xuất độc lập)	Fertigungszelle	manufacturing cells	233
Tên gọi của thép	Stahl, Bezeichnungen	steel, identification	114
Thân máy	Gehäuse	housing	149
Thanh ghi	Register	register	411
Thanh ghi dịch chuyển	Schieberegister	shift register	411
Thay đổi tốc độ từ trường quay ở động cơ không đồng bộ	Asynchronmotoren, Änderung der Drehfelddrehzahl	asynchronous motors, rotational frequency control	354
Thế từ động, sức từ động	Magnetische Durchflutung	magnetic ampere turns	296
Then bán nguyệt (lò xo đĩa, lò xo lá)	Scheibenfeder	woodruff key	218
Then bằng	Passfeder	fitting key	218

https://tieulun.hopto.org

Thép	Stahl	steel	114
Thép hợp kim cao	Stahl, hochlegierter	high alloy steels	115
Thép hợp kim thấp	Stahl, niedriglegierter	low alloy steels	115
Thép không hợp kim	Stahl, unlegierter	steel, plain carbon	115
Thị sai (lỗi đọc)	Parallaxenfehler	parallax	329
Thiết bị cắt ren răng	Gewindeschneidkluppe	die holder stock	190
Thiết bị chống rò điện	RCD (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung)	RCD (residual current protective device)	384
Thiết bị dẫn động thẳng (tuyến tính)	Linearantriebe	linear drives	148
Thiết bị điều chỉnh	Regeleinrichtung	controlling equipment	541
Thiết bị điều khiển điện áp (nguyên tắc)	Spannungsstellung, Prinzip	voltage control device, principle	353
Thiết bị đo bằng điện	Elektrische Messgeräte	electrical measuring instruments	91
Thiết bị đo bằng điện tử	Elektronische Messgeräte	electronic measuring devices	92
Thiết bị đo bằng khí nén	Pneumatische Messgeräte	pneumatic measuring devices	91
Thiết bị đo sự cách điện	Isolationsmessgeräte	insulation resistance meter (megger)	391
Thiết bị được vận hành từ xa	Teleoperator	teleoperators	267
Thiết bị lập trình cầm tay	Programmierhandgerät	teach pendant	268
Thiết bị ngoại vi của máy tính	PC-Peripherie	PC peripherals	22
Thiết bị vận chuyển	Bewegungseinrichtungen	handling devices	265
Thiết bị xử lý thao tác	Handhabungseinrichtungen	handling equipment	265
Thiêu kết, nung kết	Sintern	sintering	165
Thời gian chu trình	Zykluszeit, Periodendauer	cycle time, period	309, 516, 552
Thời gian ngừng (thời gian chết)	Totzeit	dead time	546
Thời gian phản ứng	Reaktionszeit	reaction time	553
Thông lượng điện tích dịch chuyển, độ cảm ứng điện	Verschiebungsfluss	dielectric flux	295
Thông lượng rò	Streufluss	stray flux	336
Thông số của người dùng	User Parameter	user parameter	579
Thông số R (Thông số giữ chỗ trong chương trình con)	R-Parameter	R parameters	250
Thu thập dữ liệu máy (TTDLM)	Betriebsdatenerfassung (BDE)	production data acquisition	236
Thu thập dữ liệu máy (TTDLM)	Maschinendatenerfassung (MDE)	machine data acquisition MDA	236
Thu thập dữ liệu máy (TTDLM)	MDE (Maschinendatenerfassung)	machine data acquisition MDA	236
Thu thập dữ liệu vận hành (TTDLVH)	BDE (Betriebsdatenerfassung)	production data acquisition	236
Thuận từ	Paramagnetisch	paramagnetic	298
Thuật toán	Algorithmus	algorithm	63
Thư gửi hàng loạt	Serienbrief	mailmerge	41
Thử nghiệm đưa vào vận hành trở lại	Inbetriebnahme, Wiederinbetriebnahme	reoperation commissioning re-commissioning	621
Thừa electron	Elektronenüberschuss	excess of electrons	285
Thước cặp	Messschieber	calliper rule	88
Thước đo góc	Winkelmesser	goniometer	90
Thước Panme, vi kế	Messschraube	micrometer gauges	89
Thyristor	Thyristor	thyristor	327
Thyristor GTO, thyristor ngắt điện bằng cổng gate	GTO-Thyristor	gate turn-off thyristor GTO	328
Tỉ số biến đổi điện trở	Widerstandsübersetzung	resistance transformation ratio	335
Tỉ số biến đổi dòng điện	Stromübersetzung	current transformation ratio	335
Tích tụ tĩnh điện	Elektrische Aufladung	electrostatic charge	392
Tiện	Drehen	turning	191
Tiết diện ren	Gewindeprofil	screw thread profiles	209
Tiết lưu lúc nạp khí	Zuluftdrosselung	air supply control	440
Tiết lưu lúc xả khí	Abluftdrosselung	waste air throttling	440
Tiêu chuẩn về an toàn máy móc của cộng đồng châu Âu	Maschinensicherheitsrichtlinie	EC machinery directive Machinery Safety Directive	620
Tìm lỗi	Fehlersuche	trouble shooting	636
Tín hiệu analog	analoge Signale	analogue signals	397
Tín hiệu digital (số)	digitale Signale	digital signals	397
Tín hiệu nhị phân	binäre Signale	binary signals	397
Tính bền chống ăn mòn	Korrosionsbeständigkeit	corrosion resistance	109
Tính bền nhiệt độ cao	Hitzebeständigkeit	heat resistance	109
Tính đa nghĩa (không rõ ràng)	Mehrdeutigkeiten	ambiguity	278
Tính dẫn điện	elektrische Leitfähigkeit	electrical conductivity	108
Tính dẫn nhiệt	Wärmeleitfähigkeit	thermal conductivity	108
Tính dễ cắt gọt (có phoi)	Spanbarkeit	machinability	111
Tính hàn	Schweißbarkeit	weldability	111
Tính năng về công suất	Leistungsverhalten	power characteristics	433
Tính năng về mô men quay	Drehmomentverhalten	torque characteristics	433
Tính rèn	Schmiedbarkeit	malleability	111
Tính sai số đo	Messfehlerberechnung	measuring error calculation	331
Tính tôi, tính cứng	Härtbarkeit	hardenability	111
Tính từ hóa	Magnetisierbarkeit	magnetizability	108
Tính tương thích điện từ (EMC)	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	electromagnetic compatibility (EMC)	367 ff.

https://tieulun.hopto.org

Tính tương thích điện từ của sản phẩm	Elektromagnetische Verträglichkeit, beeinflussbare Produkte	electromagnetic compatibility (EMC) of products	367
Tổ chức lắp ráp	Montageorganisation	assembly management	610
Tọa độ cực	Polarkoordinaten	polar coordinates	245
Tọa độ các trục	Achskoordinaten	axes coordinates	277
Tọa độ của robot	Roboter-Koordinaten	system of robot coordinates	277
Tọa độ khớp nối	Gelenkkoordinaten	revolute coordinates	279
Tọa độ tay gắp (tay nắm, tay gắp, thiết bị kẹp)	Greiferkoordinaten	gripper coordinates	279
Tọa độ toàn cầu	Weltkoordinaten	world coordinates	279
Toán hạng	Operand	operand	45
Toán tử	Operator	operator	45
Tôpô, tô pô học, cấu trúc hình	Topologie	topology	557
Tốc độ quay của từ trường quay	Drehfeld, Drehzahl	rotational frequency of the rotating field	343
Transistor	Transistor	transistor	325
Transistor lưỡng cực có cổng gate ngắt điện IGBT	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	328
Trì hoãn việc chuyển mạch	Schaltverzögerung	switching response time	445, 458
Trị số hiệu dụng	Effektivwert	Root-mean-square value	310
Triac	Triac	triac	327
Triệt tiêu tín hiệu do phông phía sau	Hintergrundausblendung	faded out background	504
Trình bày hình cắt	Schnittdarstellung	sectional representation	78
Trình bày ren	Gewindedarstellung	graphical thread representation	80
Trình duyệt của Microsoft	Windows-Explorer	Windows-Explorer	23
Trình đơn ứng dụng cho văn phòng	Office-Menüstruktur	office applications menu	62
Trình lập thời biểu (người lập trình thời biểu)	Scheduler	scheduler	25
Trình tự lắp ráp	Montagefolge	erection sequence, assembly sequence	609
Trở kháng	Blindwiderstand	reactance	312, 313
Trở kháng vòng	Schleifenimpedanz	loop impedance	383
Trojan (vi rút máy tính)	Trojaner	trojan	68
Trục bàn tay	Handachsen	hand axis	274
Trục các đăng, trục khớp nối	Wellen, Gelenkwellen	shafts, universal joint shafts	139
Trục chính	Hauptachsen	principal axes	274
Trục chính xoay được	schwenkbare Spindelachse	swivelling spindle axis	257
Trục cơ bản	Einheitswelle	basic shaft	99
Trục cứng	Wellen, starre	shafts, rigid	139
Trục của robot	Roboterachsen	robot axes	272
Trục mềm	Wellen, biegsame	shafts, flexible	139
Trục phụ	Nebenachsen	secondary axes	274
Trục profin (định hình, then hoa)	Profilwelle	shaped shafts	218
Trục ren	Gewindespindeln	threaded spindles	148
Trục truyền	Wellen	shafts	139
Trục vít bi quay vòng, vít me bi quay vòng	Kugelumlaufspindel	ball screw	237
Trung tâm gia công	Bearbeitungszentrum	machining center	233
Trung tâm gia công tôn	Blechbearbeitungszentrum	sheet metal machining center	259
Trung tâm tiện - phay	Dreh-Fräs-Zentrum	turn-mill machining centre	258
Trường nhiễu do tương thích điện từ	Elektromagnetische Verträglichkeit, Störfelder	electromagnetic interference fields	367
Trùng tín hiệu (chồng chập tín hiệu)	Signalüberschneidung	signal overlapping	447
Truyền băng cơ bản	Basisbandübertragung	baseband transmission	561
Truyền băng rộng	Breitbandübertragung	broadband transmission	561
Truyền động bằng thanh răng	Zahnstangentrieb	rack-and-pinion drive	148
Truyền động điện	Elektrische Antriebe	electrical drive systems	342 ff.
Truyền động servo (trợ động)	Servoantrieb	servo	358 ff.
Truyền thông kỹ thuật	Technische Kommunikation	technical communication principles	71
Tu sửa (sửa chữa)	Instandsetzung	repair service, reinstatement	631, 636
Tụ điện	Kondensator	capacitor	311
Tự cảm	Selbstinduktion	self-induced electromotive force	302
Từ cứng	Hartmagnetisch	magnetically hard	299
Tự điển	Wörterbuch	dictionary	39
Tự động hóa	Automatisieren	automatize	393
Tự động hóa sản xuất	Fertigungsautomatisierung	automated manufacturing	231
Từ dư	Remanenz, Restmagnetismus	remanence, residual magnetism	299, 353
Từ mềm	Weichmagnetisch	magnetically soft	299
Từ thẩm	Permeabilität	permeability	297
Từ trường	Magnetisches Feld	magnetic field	295
Từ trường đồng nhất	Homogenes Feld	uniform field	295
Từ trường quay	Drehfeld	rotating field	343
Tường lửa, phần mềm ngăn chặn truy cập	Firewall	firewall	70
Tụ khởi động	Anlaufkondensator	capacitor-starting	348, 349
Tuyến điều chỉnh	Regelstrecke	process controlled system	541
Tỷ lệ biến áp	Spannungsübersetzung	voltage transformation ratio	329

https://tieulun.hopto.org

U - Ư

UNIX (Hệ điều hành)	UNIX®	UNIX®	23
Uốn	Biegen	bending	167
Uốn ống	Rohrbiegen	pipe bending	168
Ứng dụng cho văn phòng	Office-Anwendung	office application	33
Ứng dụng của truyền động với tốc độ thay đổi	Variabler Antrieb, Applikation	variable-speed drive application	364 f.

V

Van áp suất kép (van logic AND)	Zweidruckventil	dual-pressure valve	398, 418, 436
Van áp suất khí nén	Pneumatisches Druckventil	pneumatial delivery valve	437
Van chặn, van một chiều	Sperrventil	non-return valve	436
Van chuyển đổi (van logic OR)	Wechselventil	shuttle valve	436
Van dẫn hướng (khí nén)	Wegeventil (pneumatisch)	distributing valve (pneumatic)	434
Van điều áp, van điều chỉnh áp suất	Druckregelventil	pressure control valve	437
Van điều khiển do xung, van xung điện từ	Impulsventil	pulse valve	418 ff., 434
Van điều khiển trợ động (điều khiển trước)	Vorsteuerventil	pilot valve	418, 435
Van điều khiển trình tự	Zuschaltventil	adder valve	437
Van điều khiển trình tự, van tuần tự	Folgeventil	sequence valve	437
Van giới hạn áp suất, van an toàn	Druckbegrenzungsventil	pressure relief valve	437
Van lưu lượng	Stromventil	volume-control valve	436
Van một chiều (van chặn trở về)	Rückschlagventil	reflux valve	436
Van nâng (van có đế tựa)	Sitzventil	poppet valves	434
Van thủy lực	Hydraulikventile	hydraulic valves	480
Van tiết lưu một chiều	Drosselrückschlagventil	one-way flow control valve	436
Van trễ (van hãm, van làm trì hoãn)	Verzögerungsventil	retarding valve	436
Van trượt	Schieberventil	gate valve	434
Van từ	Magnetventile	solenoid valve	453
Van xả khí nhanh	Schnellentlüftungsventil	quick-action ventilating valve	436, 440
Vật liệu sắt và thép	Eisen- und Stahlwerkstoffe	iron and steel materials	113
Vật liệu thiêu kết	Sinterwerkstoffe	sintered materials	122
Vật liệu liên kết (vật liệu compozit)	Verbundstoffe	laminated packaging	128
Vật liệu từ	Magnetische Werkstoffe	magnetic materials	298
VBA (Chương trình ứng dụng bằng ngôn ngữ lập trình Visual Basic)	VBA (Visual Basic for Applications)	VBA (visual basic for applications)	35
Véc tơ diễn tả	Zeigerdarstellung	phasor representation	309
Vết (dấu hiệu) phóng điện	Strommarken	electric marks	372
VFAT (Virtual File Allocation Table) hệ mở rộng của FAT	VFAT-Dateisystem	VFAT file system	31
Vi rút máy tính	Viren	viruses	68
Vị trí	Position	position	238, 263
Vị trí ban đầu	Ausgangsstellung	normal position	418
Vị trí tĩnh hay vị trí 0	Ruhe- bzw. Nullstellung	idle position	418
Vị trí, địa điểm, lớp, tầng	Lage	position	239, 263
Vỏ sò (giao diện Shell)	Shell	shell	23
Vòng đệm (long đền)	Unterlegscheiben	plain washer	213
Vòng từ trễ	Hystereseschleife	hysteresis loop	299
Vùng, ô	Feld	field	55

W

WINDOWS (Hệ điều hành)	WINDOWS®	WINDOWS®	23

X

Xi lanh khí nén	Druckluftzylinder	pneumatic cylinders	428
Xi lanh chặn	Stopperzylinder	stopper cylinder	430
Xi lanh có ren vít vặn	Einschraubzylinder	screw-in cylinders	429
Xi lanh khí nén	Pneumatischer Zylinder	pneumatic cylinder	428
Xi lanh nhiều vị trí	Mehrstellungszylinder	multi-position cylinders	429
Xi lanh phẳng	Flachzylinder	flat cylinders	429
Xi lanh quay	Drehzylinder	rotary cylinder	430
Xi lanh tác dụng đơn	einfach wirkender Zylinder	single-acting cylinder	428
Xi lanh tác dụng kép	doppelt wirkender Zylinder	double-acting cylinder	428
Xi lanh thủy lực	Hydraulikzylinder	hydraulic cylinder	474
Xử lý dữ liệu	Datenverarbeitung	data processing	21
Xử lý hình ảnh	Bildbearbeitung	image editing	57
Xử lý/chỉnh văn bản	Textverarbeitung	word processing	37
Xung trigơ, xung kích	Triggerimpuls	trigger pulse	332

https://tieulun.hopto.org