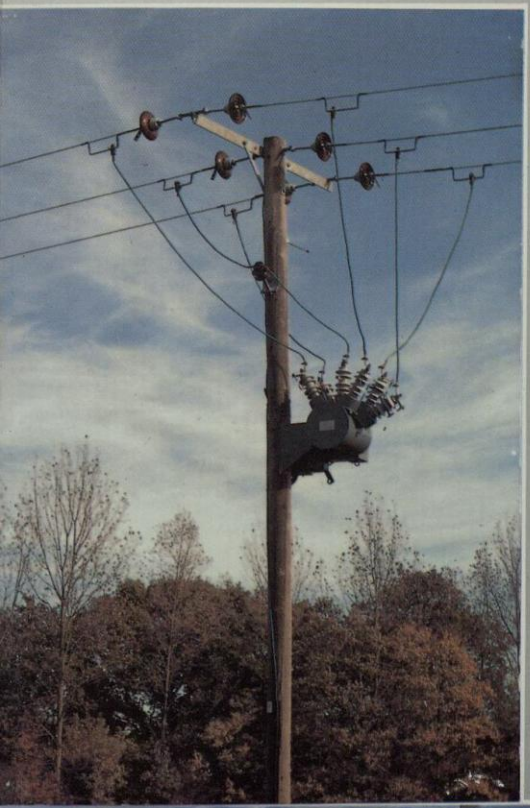
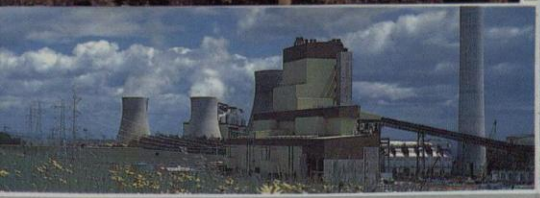
NGUYỄN XUÂN PHÚ - NGUYỄN CÔNG HIỀN - NGUYỄN BỘI KHUÊ
Chủ biên : **NGUYỄN XUÂN PHÚ**



CUNG CẤP ĐIỆN

TOÀN TẬP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

NGUYỄN XUÂN PHÚ - NGUYỄN CÔNG HIỀN - NGUYỄN BỘI KHUÊ
Chủ biên: NGUYỄN XUÂN PHÚ

CUNG CẤP ĐIỆN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
2012

LỜI NÓI ĐẦU

Công nghiệp điện lực giữ vai trò rất quan trọng trong công cuộc xây dựng đất nước. Yêu cầu về sử dụng điện và thiết bị điện ngày càng tăng. Việc trang bị những kiến thức về hệ thống cung cấp điện nhằm phục vụ cho nhu cầu sinh hoạt của con người, cung cấp điện năng cho các thiết bị của khu vực kinh tế, các khu chế xuất, các xí nghiệp là rất cần thiết. Cuốn sách này nhằm đáp ứng phần nào yêu cầu đó. Nó cung cấp cho bạn đọc những kiến thức cơ bản về công tác thiết kế và vận hành hệ thống cung cấp điện.

Hệ thống cung cấp điện là hệ thống gồm các khâu sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng.

Hiện nay điện tử công suất đã phát triển và dần đi đến càng hoàn chỉnh; các ứng dụng của môn điện tử công suất ngày càng đa dạng và thiết thực.

Ngoài các ứng dụng truyền thống trong điều khiển máy điện, các nguồn công suất, dự trữ năng lượng.v.v,... ngày nay các hệ thống điện tử công suất còn được nghiên cứu, sử dụng rộng rãi trong truyền tải dòng điện một chiều ở điện áp cao (HVDC - High Voltage Direct Current), hệ thống truyền tải dòng xoay chiều linh hoạt (FACTS - Flexible AC transmission systems), trong bù tĩnh của hệ thống phân phối (DSTATCOM - distribution static - compensator), trong việc điều chỉnh công suất giữa các pha (RPI - Regulator power interphase) hoặc trong USP (Uninterruptible power supply) - cung cấp công suất không bị gián đoạn.v.v... nhằm nâng cao chất lượng trong khai thác, truyền tải và phân phối của hệ thống năng lượng.

Toàn bộ giáo trình chia làm ba phần như sau:

Phần một:

- Chương 1 và chương 2: Nêu khái quát về hệ thống cung cấp điện và những phương pháp tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật trong thiết kế cung cấp điện.

- Chương 3: Các phương pháp xác định phụ tải tính toán và bài toán ví dụ nhằm minh họa cụ thể cho các phương pháp nêu trên.

- Chương 4: Nội dung chọn phương án cung cấp điện. Nêu cách chọn điện áp định mức của mạng điện, chọn nguồn điện, chọn sơ đồ mạng điện áp cao, sơ đồ mạng điện áp thấp và kết cấu của mạng điện.

- Chương 5: Trạm biến áp. Sau khi nêu khái quát về trạm và phân loại, chương này trình bày cách chọn vị trí, số lượng và công suất của trạm, các sơ đồ nối dây đồng thời nêu thứ tự thao tác vận hành trạm biến áp với một số nhiệm vụ cụ thể thường hay gặp. Cuối cùng có bài toán ví dụ về chọn công suất của máy biến áp.

- Chương 6: Nội dung tính toán về điện. Chương này cho ta cách xác định các tổn thất khi chuyên tải điện năng và sử dụng đại số ma trận để xác định thông số trạng thái làm việc đối với mạng hở khu vực và mạng điện kín. Chương 5 và 6 là những chương trọng tâm của phần này nên tác giả nêu rất nhiều ví dụ cụ thể và có tính chất điển hình nhằm tạo cho người đọc nắm vững vấn đề có thể áp dụng được trong thực tế đa dạng.

Do đồng chí Nguyễn Xuân Phú - Giảng dạy ở Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật biên soạn.

Phần hai:

Chương 7: Tính toán ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện

Chương 8: Lựa chọn các phân tử trong hệ thống cung cấp điện

Chương 9: Bảo vệ rơle và tự động hóa trong hệ thống cung cấp điện

Chương 10: Nối đất và chống sét

Chương 11: Nâng cao chất lượng điện năng trong hệ thống cung cấp điện và chất lượng điện năng đối với hộ tiêu thụ

Chương 12: Tiết kiệm điện năng và nâng cao hệ số công suất cosφ

Chương 13: Kỹ thuật chiếu sáng

Đồng chí Nguyễn Xuân Phú, biên soạn các chương 7, 8, 9, 10 và 13 (phần kỹ thuật chiếu sáng).

Đồng chí Nguyễn Công Hiền - giảng dạy ở Trường Đại học Bách khoa Hà Nội biên soạn các chương 11, 12 và phần chiếu sáng công nghiệp ở chương 13.

Đồng chí Nguyễn Bội Khuê - giảng dạy ở Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh tham gia biên soạn chương 11 (phần chất lượng điện năng đối với hộ tiêu thụ).

Phần ba: *Phần nâng cao và cập nhật các kiến thức mới trong truyền tải và phân phối ở hệ thống cung cấp điện, gồm hai chương:*

Chương 14: Truyền tải năng lượng ở dòng điện một chiều

Chương 15: Kiểm soát tình lưới điện

Do đồng chí Nguyễn Xuân Phú biên soạn.

Trong phần này tác giả đã đề cập đến yêu cầu cần thiết phải đặt vấn đề truyền tải ở dòng điện một chiều và các vấn đề kỹ thuật chủ yếu của việc truyền tải này. Đây là vấn đề mới này sinh gần đây ở các nước có nền công nghiệp phát triển, đặc biệt lại có khu vực yêu cầu truyền tải đi xa, rộng lớn. Đồng thời lại có yêu cầu đặt ra để kinh tế trong xây dựng, vận hành và tối ưu trong kỹ thuật.

Về kiểm soát lưới điện trong truyền tải và phân phối, tác giả đã nêu các yêu cầu đặt ra, các vấn đề kỹ thuật cần quan tâm, các nguyên tắc là việc của các thiết bị cập nhật gần đây nhất như SVC, TCSC, STATCOM, DSTATCOM, UPFC, FACTS, RPI, hay UPS.v.v...

Phần phụ lục:

Để thiết kế môn học và ví dụ tính toán.

Một số số liệu tra cứu - do đ/c Nguyễn Công Hiền biên soạn.

Các phụ lục còn lại: do đ/c Nguyễn Xuân Phú biên soạn.

Chủ biên toàn bộ cuốn sách: đ/c Nguyễn Xuân Phú

Nội dung của cuốn sách được xem như giáo trình chính của môn học:

Cung cấp điện thuộc ngành Điện khí hóa và Cung cấp điện của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật.

Nhân dịp này, tác giả chủ biên cuốn sách xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp đã cung cấp tài liệu mới, và xin đặc biệt cảm ơn Nhà giáo TS. Bùi Văn Kim, ông Phạm Doãn Đương và ông Herbert-Burk, Viện DSE - CHLB Đức, GS. Bortolussi - Trường Đại học ENS - Cachan Paris, GS.TS. L. Bretonnet, Trường Đại học Metz - CH Pháp, GS.TS. Hasan Pirkul - Trưởng Khoa Trường Đại học Texas - ở Dallas (USA), đã giúp đỡ nhiều cho việc hoàn thiện cuốn sách này trong những ngày tác giả làm việc tại Đức, Pháp và HCQ Hoa Kỳ.

Trong phạm vi quyển sách nhỏ, với khả năng và tài liệu thông tin có hạn, thời gian biên soạn không nhiều, chắc chắn còn nhiều thiếu sót, tác giả chân thành mong đồng nghiệp và độc giả góp ý kiến xây dựng.

Năm 2012

Các tác giả

Chương 1

KHÁI QUÁT VỀ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

1.1. Nguồn năng lượng tự nhiên và đặc điểm của năng lượng điện.

Ngày nay, nhân dân thế giới đã tạo ra ngày càng nhiều của cải vật chất cho xã hội. Trong số của cải vật chất ấy có nhiều dạng năng lượng được tạo ra.

Năng lượng cơ bắp của người và vật cũng là một nguồn năng lượng đã có từ xa xưa của xã hội loài người. Sự phát triển mạnh mẽ và liên tục những hoạt động của con người trên quả đất đòi hỏi ngày nhiều năng lượng lấy từ các nguồn trong thiên nhiên.

Thiên nhiên xung quanh ta rất giàu, nguồn năng lượng điện cũng rất dồi dào. Than đá, dầu khí, nguồn nước của các dòng sông và biển cả, nguồn phát nhiệt lượng vô cùng phong phú của mặt trời và ở trong lòng đất, các nguồn dòng khí chuyển động, gió v.v... đã là những nguồn năng lượng rất tốt và quí giá đối với con người.

Năng lượng điện hay còn được gọi là điện năng, hiện nay đã là một dạng năng lượng rất phổ biến, sản lượng hàng năm trên thế giới ngày càng tăng và chiếm hàng nghìn tỉ kWh. Sở dĩ điện năng được thông dụng như vậy vì nó có nhiều ưu điểm như : dễ dàng chuyển thành các dạng năng lượng khác (cơ, hóa, nhiệt v.v...) dễ chuyển tải đi xa, hiệu suất lại cao.

Trong quá trình sản xuất và phân phối, điện năng có một số đặc điểm chính như sau :

a) Điện năng sản xuất ra nói chung không tích trữ được (trừ một vài trường hợp cá biệt với công suất nhỏ người ta dùng pin và ắcquy làm bộ phận tích trữ). Tại mọi lúc, ta phải đảm bảo cân bằng giữa điện năng được sản xuất ra với điện năng tiêu thụ kể cả những tổn thất do truyền tải điện.

b) Quá trình về điện xảy ra rất nhanh. Ví dụ sóng điện từ lan truyền trong dây dẫn với tốc độ rất lớn xấp xỉ tốc độ ánh sáng, quá trình sóng sét lan truyền, quá trình quá độ, ngắn mạch xảy ra rất nhanh.

Do đó đòi hỏi phải sử dụng thiết bị tự động trong vận hành, trong điều độ, trong điều khiển v.v...

c) Đặc điểm thứ ba là công nghiệp điện lực có liên quan chặt chẽ đến hầu hết các ngành kinh tế quốc dân. Đó là một trong những động lực tăng năng suất lao động, tạo nên sự phát triển nhịp nhàng trong cấu trúc kinh tế.

Các nhà máy điện hay các trạm điện sản xuất ra điện năng, chúng được phân theo loại lượng được sử dụng để sản xuất ra điện : ví dụ như nhiệt năng, năng lượng hạt nhân, hay thủy năng v.v... Do vậy, chúng ta có nhà máy nhiệt điện, thủy điện, nhà máy điện nguyên tử; nhà máy phát điện – diêsen, các trạm sử dụng năng lượng điện của gió và mặt trời, trạm lôcô v.v...

Hệ thống điện bao gồm các khâu sản xuất, truyền tải, phân phối, cung cấp tới các hộ tiêu thụ và sử dụng điện năng.

1.2. Các dạng nguồn điện :

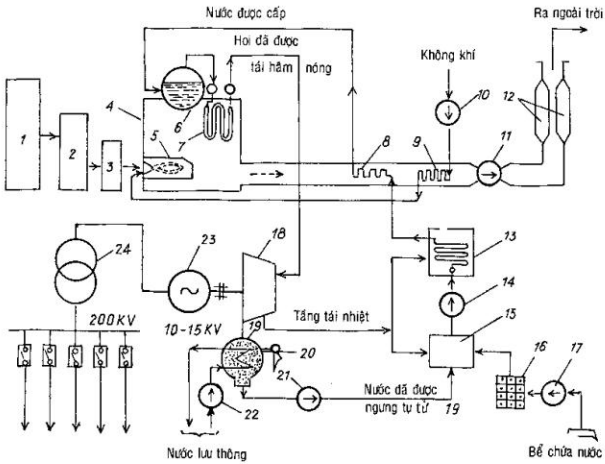
Hiện nay, nhà máy nhiệt điện và thủy điện vẫn là những nguồn điện chính sản xuất ra điện trên thế giới dù cho sự phát triển của nhà máy điện nguyên tử ngày càng tăng.

1.2.1. Nhà máy nhiệt điện.

Hiện nay nhà máy nhiệt điện, chiếm một tỉ lệ rất quan trọng trong công suất chung. Đây là một dạng nguồn điện kinh điển.

Riêng đối với nhà máy nhiệt điện còn phân thành hai loại : nhiệt điện rút hơi và nhiệt điện ngưng hơi.

Sau đây xin giới thiệu quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy nhiệt điện.



Hình 1.1.

Hình 1.1. Giới thiệu nhà máy nhiệt điện thực hiện từ lúc nhiên liệu than còn ở dạng thô được đưa đến nhà máy. Than ở dạng cục và thô sẽ được hệ thống vận chuyển đưa từ kho 1 đến hệ thống nghiền nát 2. Tại đây than sẽ được nghiền nát thành than cám và sau đó đưa đến buồng số 3. Than sau khi trở thành than cám sẽ được kéo ra khỏi hệ thống nghiền nhờ quạt hút để đưa đến hệ thống vòi phun ở buồng đốt 5 của hệ thống nồi hơi 4. Trên đường từ hệ thống nghiền nát đến hệ thống vòi phun than cám, người ta bố trí thêm một máy phân ly để sao cho những hạt than còn kích thước lớn sẽ được giữ lại và đưa trở về hệ thống nghiền nát.

Nhiên liệu được đưa đến buồng đốt thông qua các vòi phun sẽ có một áp suất nhất định do bố trí thêm một quạt không khí 10 rất mạnh. Không khí do quạt 10 cung cấp cho các vòi phun sẽ giúp cho than cám được phun mạnh vào trong buồng đốt. Trước đó, không khí được hâm nóng ở bộ phận hâm nóng không khí 9. Bộ phận này đặt ngay trên đường đi của khói nóng thoát ra ngoài nhờ quạt lùa 11. Điều này cần thiết để tránh cho buồng đốt bị lạnh, và để tiết kiệm được nhiệt, giảm tiêu thụ nguyên liệu cho buồng đốt. Khói nóng cũng được dùng để hâm nước ở bộ phận hâm nước 8 trước khi đưa vào bao hơi 6.

Nước trong bao hơi được đun nóng sẽ chuyển thành hơi nước và được đưa đến bộ phận tái hâm nóng hơi nước 7. Ở đây hơi có thông số cao (áp suất P = 130 ÷ 240 KG/cm^2, nhiệt độ t = 540 ÷ 565^{o}C) rồi từ đây hơi nước sẽ được đưa đến tuốc-bin 18. Chú ý rằng để có thể tiết kiệm thêm thì khói nóng sẽ cho qua bộ phận tái hâm nóng 7.

Sau khi đi ra khỏi tuốc bin, hơi nước có thông số thấp (áp suất P = 0,3 ÷ 0,04 KG/cm^2, nhiệt độ t = 40^{o}C sẽ đến bình ngưng tụ 19. Ở đây, hơi nước sẽ trở thành nước nhờ sự trao đổi nhiệt. Nước lạnh sẽ đưa vào hệ thống dàn ống nhờ bơm 17. Dàn ống này đặt ở bình ngưng tụ để trao đổi nhiệt với hơi nước từ tuốc-bin thoát ra.

Bơm 21 sẽ bơm nước được ngưng tụ đến bộ phận khử khí 15. Từ đây, nước ngưng tụ lại được đưa đến bộ phận hâm nước 13 rồi đưa đến bộ phận hâm nước tiết kiệm 8 và đưa về bao hơi 6. Như vậy là nước đã thực hiện một chu trình kín. Tuy nhiên, do tổn thất nên luôn luôn phải bổ sung vào bao hơi một lượng nước đã được xử lý.

Nước cung cấp cho bao hơi đã được hâm nóng ở bộ phận hâm nóng nước 13 và ở bộ phận 15 nhờ hơi nóng lấy từ tầng tái nhiệt của tuốc bin. Sở dĩ người ta thực hiện như vậy là để có thể nâng cao được hiệu suất của nhà máy nhiệt điện.

Nhà máy nhiệt điện có thể cung cấp hơi nóng cho vùng lân cận. Khi đó hơi nóng được lấy từ tầng tái nhiệt của tuốc-bin. Hơi nóng này sẽ đưa ngay đến các hộ tiêu thụ hay đến các nhà tắm nóng công cộng, hay đưa đến buồng hâm nước nóng cung cấp cho hệ thống nước nóng.

Những nhà máy nhiệt điện lớn thường được xây dựng tại các khu khai thác mỏ và sẽ truyền tải điện năng tới các trung tâm phụ tải.

Nhà máy nhiệt điện ngưng hơi có những đặc điểm sau :

+ Thường xây dựng gần nguồn nhiên liệu

+ Tính linh hoạt trong vận hành kém. Việc khởi động và tăng phụ tải chậm.

+ Hiệu suấtthấp $\eta = 30 \div 40\%$

+ Khối lượng tiêu thụ nhiên liệu lớn. Việc vận chuyển nhiên liệu khá tốn kém và khói thải làm ô nhiễm môi trường.

Nhà máy nhiệt điện rút hơi đồng thời sản xuất điện năng và nhiệt năng. Về nguyên lý hoạt động giống như nhà máy nhiệt điện ngưng hơi, song ở đây lượng hơi rút ra đáng kể từ một số tầng của tuốc bin để cấp cho các phụ tải nhiệt công nghiệp và sinh hoạt. Do đó hiệu suất chung của nhà máy tăng lên.

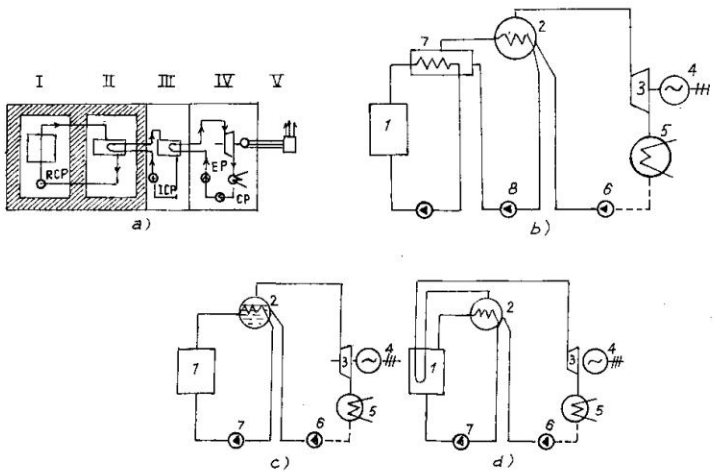
Do yêu cầu rút nhiệt phục vụ cho công nghiệp nên nhà máy này có hai đặc điểm chính sau :

+ Thường được xây dựng gần phụ tải nhiệt

+ Hiệu suất cao hơn nhà máy nhiệt điện ngưng hơi

1.2.2. Nhà máy điện nguyên tử

Nhà máy điện nguyên tử cũng tương tự như nhà máy nhiệt điện về phương diện biến đổi năng lượng : tức là nhiệt năng do phân hủy hạt nhân sẽ biến thành cơ năng và từ cơ năng sẽ biến thành điện năng. Ở nhà máy điện nguyên tử, nhiệt năng thu được từ quá trình phản ứng hạt nhân. Vật chất phân hạch được dùng trong lò phản ứng thường là Urani – 235 hay Plutoni – 239. Sơ đồ nguyên lý công nghệ của nhà máy điện nguyên tử gồm hai vòng kín hay 3 chu trình nhiệt. Hình 1.2a, b trình bày sơ đồ nguyên lý của nhà máy điện nguyên tử gồm hai vòng kín. Vòng kín thứ nhất gồm bộ phận phóng xạ. Nhiệt lượng sinh ra do phản ứng hạt nhân được truyền cho vật chất lỏng.



Hình 1.2a, b, c, d

Ví dụ : nước thường, dioxit các-bon, hêli).

Hình 1.2c. Sơ đồ nguyên lý nhà máy điện nguyên tử hai chu trình nhiệt – loại lò nước – nước.

Hình 1.2d. loại lò nước – than chì có hai chu trình nhiệt.

Ở hình 1.2a. Nhờ bơm RCP nên chất lỏng này sẽ được lưu thông và đưa qua một bộ phận trao đổi nhiệt đặc biệt ở buồng II. Nhiệt lượng sinh ra từ vòng kín thứ nhất được truyền đến bộ phận trao đổi nhiệt. Máy phát hơi ở buồng III sẽ cung cấp hơi và đưa hơi vào để nhận nhiệt ở bộ phận trao đổi nhiệt đặc biệt nằm ở buồng II. Việc này tiến hành được nhờ bơm ICP. Nước từ buồng IV đưa sang sẽ được đun nóng tại buồng III và chuyển thành hơi nước. Hơi nước này đưa đến tuốc-bin đặt ở buồng IV. Công suất điện do máy phát điện (được mắc nối trục với tuốc-bin) phát ra sẽ đưa lên mạng điện.

Cả hai bộ phận : lò phản ứng hạt nhân và chất lỏng làm nguội phản ứng là những nguồn phóng xạ rất nguy hiểm cho cuộc sống. Vì vậy nên nhiệt lượng được truyền từ lò phản ứng đến máy phát hơi phải thực hiện qua bộ phận trao đổi nhiệt trung gian, và phải xây tường bêtông có chiều dày 1,5 đến 2m để bao xung quanh lò phản ứng, đồng thời phải sử dụng các trang bị để bảo vệ tránh cho người tiếp xúc với phóng xạ. Hiện nay, hiệu quả của nhà máy điện nguyên tử chưa thật cao. Tất cả các quá trình ở trong nhà máy điện nguyên tử chưa thật cao. Tất cả các quá trình ở trong nhà máy điện nguyên tử đều được tự động hóa hoàn toàn. Các nhà máy điện nguyên tử đã dần dần được xây dựng rộng rãi ở nhiều nước. Một trong những ưu điểm quan trọng của nhà máy điện nguyên tử để được xây dựng rộng rãi là ở chỗ : chỉ cần một số lượng khá bé vật chất

phóng xạ đã có thể đáp ứng được yêu cầu của nhà máy. Một nhà máy có công suất 100MW, mỗi ngày thường tiêu thụ không nhiều hơn 1 kg chất phóng xạ.

Công suất một số tổ máy phát điện – tuốc-bin của nhà máy điện nguyên tử sẽ đạt đến 500, 800, 1200 và thậm chí đến 1500MW.

1.2.3. Nhà máy thủy điện.

Nguyên lý của nhà máy thủy điện là sử dụng năng lượng dòng nước để làm quay trục tuốc-bin thủy lực để chạy máy phát điện. Ở đây, quá trình biến đổi năng lượng là thủy năng → cơ năng → điện năng.

Công suất của mỗi nhà máy thủy điện phụ thuộc vào hai yếu tố chính là lưu lượng dòng nước Q qua các tuốc-bin và chiều cao cột nước, đó là :

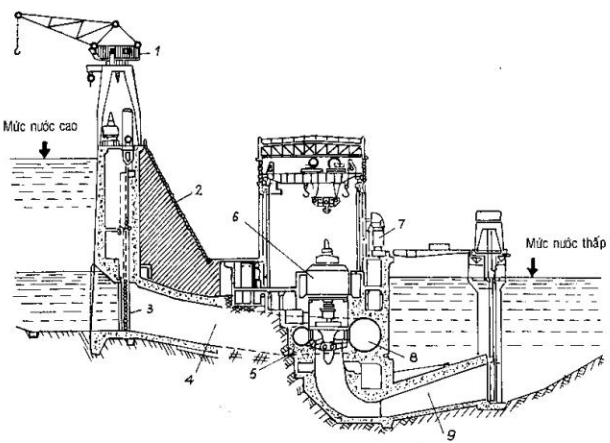
$$P \approx 9{,}81\ QH\eta$$

Ở đây – Q là lưu lượng nước, tính [m^3/sec]

H – chiều cao cột nước, [m]

η – hiệu suất tuốc-bin.

Phần chủ yếu của nhà máy thủy điện là máy phát điện và tuốc-bin thủy lực. Máy phát điện có dạng trục nằm thẳng đứng như hình 1.3.



Hình 1.3.

Đại đa số các nhà máy thủy điện có hồ chứa. Nước ở bờ trên của đập 2 sẽ chảy qua cống 4 để đến hộp kín có dạng tròn 8.

Từ đây nước sẽ chảy mạnh và đập vào các cánh động của tuốc-bin thủy lực 5. Nước từ các cánh động của tuốc-bin đi ra sẽ theo đường ống tháo nước 9 để ra ngoài. Một tấm chắn 3 dùng để khống chế lượng nước cung cấp cho tuốc-bin thủy lực.

So với nhà máy nhiệt điện cùng công suất thì nhà máy thủy điện đòi hỏi vốn đầu tư nhiều hơn và chủ yếu là đầu tư vào các công trình đập chắn, hồ chứa. Thời gian xây dựng lâu hơn. Nhưng, nhà máy thủy điện lại có những ưu điểm chính sau đây :

- Giá thành điện năng rẻ hơn nhiều so với nhiệt điện.

- Mức độ tự động hóa ở thủy điện dễ thực hiện hơn.

- Mở máy nhanh hơn so với nhiệt điện, nên đáp ứng kịp thời yêu cầu của hệ thống.

- Ít xảy sự cố như ở nhà máy nhiệt điện.

- Không có động tác bảo quản, xử lý nhiên liệu, xử lý lò v.v.. như ở nhiệt điện nên vận hành nhà máy đơn giản hơn.

- Thoáng mát, sạch sẽ hơn nhà máy nhiệt điện.

- Hiệu suất của nhà máy thủy điện cao có thể đạt đến trên 80%.

Ngoài ra, việc xây dựng nhà máy thủy điện lớn thường nhằm mục đích kết hợp với phục vụ thủy lợi, cải thiện môi trường và tiện lợi cho giao thông đường thủy v.v...

Ngoài các dạng nguồn điện kể trên, chúng ta còn có các dạng nguồn điện sau : phong điện, điện mặt trời, điện thủy triều, trạm phát điện lôcô, trạm phát điện diêsen v.v... Trong số các nguồn năng lượng kể trên, chúng ta có thể kể thêm nguồn nhiệt năng từ tầng ở sâu trong vỏ cứng của quả đất và được gọi là nguồn địa nhiệt, nước địa nhiệt chảy ở tầng rất sâu có nhiệt độ từ trên 100^{0}C. Nó có thể phun lên đến bề mặt khi khoan giếng sâu. Chẳng hạn như trạm điện địa tầng có công suất 5000KW ở bán đảo Kam-chat-ka. Một trạm điện địa tầng có công suất lớn hơn được xây dựng ở vùng Stavrôpôn thuộc Liên Xô cũ (phía bắc dãy núi Cô-ca-dơ).

1.2.4. Nhà máy điện dùng sức gió (động cơ gió phát điện)

Người ta lợi dụng sức gió để quay hệ thống cánh quạt đặt đối diện với chiều gió. Hệ thống cánh quạt được truyền qua bộ biến đổi tốc độ để làm quay máy phát điện, sản xuất ra điện năng. Điện năng sản xuất ra được tích trữ nhờ các bình ắc qui.

Động cơ gió phát điện gặp khó khăn trong điều chỉnh tần số do vì vận tốc gió luôn luôn thay đổi. Động cơ gió phát điện thường có hiệu suất thấp, công suất đặt nhỏ do đó chỉ dùng ở những vùng hải đảo, những nơi xa xôi không có lưới điện đưa đến hoặc ở những nơi thật cần thiết như ở các đèn hải đăng.

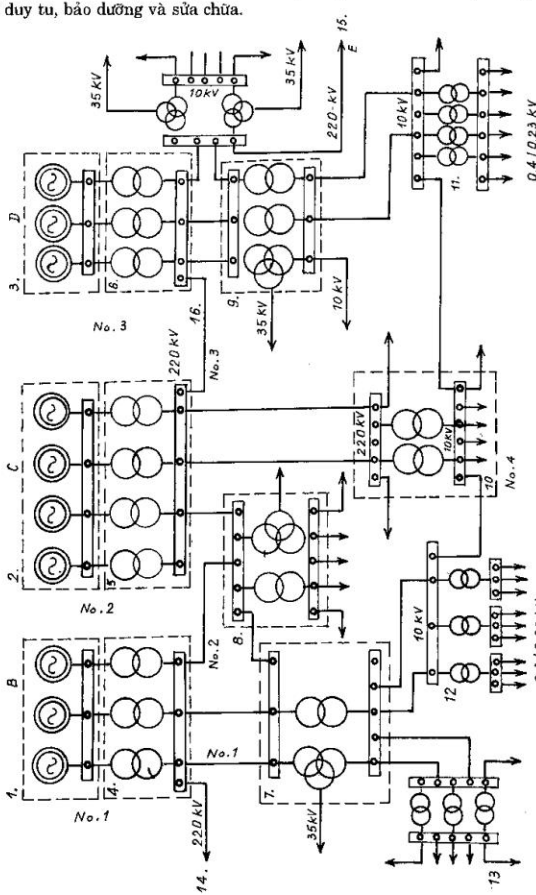
1.2.5. Nhà máy điện dùng năng lượng bức xạ mặt trời

Thường có dạng như nhà máy nhiệt điện, ở đây lò hơi được thay bằng hệ thống kính hội tụ để thu nhận nhiệt lượng bức xạ mặt trời để tạo hơi nước quay tuốc bin.

1.3 Mạng lưới điện.

Điện năng sau khi được sản xuất tại nhà máy điện sẽ được truyền tải, phân phối đến các hộ tiêu thụ nhờ mạng lưới điện. Hệ thống điện gồm có các khâu : phát điện, truyền tải, phân phối và sử dụng. Hình 1.4 cho ta thấy các nhà máy điện đã liên hệ với nhau và liên hệ đến các hộ tiêu thụ như thế nào để tạo thành hệ thống điện. Ở đây chúng ta thấy, các nhà máy A, B, C, D, và E đã liên kết nhau qua đường dây 220KV. Công suất điện được truyền tải và được phân phối ở điện áp cao 220; 110, 35 và 10KV, trong khi các hộ tiêu thụ sử dụng với điện áp 0,4 và 0,23 KV. Ở hệ thốngcung cấp còn có đường dây liên hệ qua lại dùng làm đường dây dự trữ cho nhau ở tất cả các cấp điện áp

nhằm tạo cho hệ thống được linh hoạt và đảm bảo được sự liên tục cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ, để phòng được sự cố có thể xảy ra trên lưới điện và trong các trạm điện có thể làm ảnh hưởng đến tính liên tục cung cấp điện cho hộ tiêu thụ; hoặc đảm bảo được việc cung cấp điện khi một số trạm và lưới điện được tách ra khỏi hệ thống để thực hiện công tác duy tu, bảo dưỡng và sửa chữa.



Hình 1-4 : 1- Nhà máy B; 2- Nhà máy C; 3- Nhà máy O; 4- Trạm tăng áp số 1; 5- Trạm tăng áp số 2; 6- Trạm tăng áp số 3; 7- Trạm hạ áp số 1; 8- Trạm hạ áp số 2; 9- Trạm hạ áp số 3; 10- Trạm hạ áp số 4; 11-12-13- Các Trạm hạ áp nhà máy; 14- Đường dây truyền tải đến nhà máy A; 15. Đường dây truyền tải đến nhà máy E; 16- Đường dây truyền tải công suất.

Năng lượng điện được nhà máy điện phát ra thông thường ở điện áp 6 hay 10,5 KV sẽ đưa đến thanh cái chính của nhà máy. Sau đó điện áp được nâng cao nhờ trạm tăng áp. Trạm tăng áp gồm có các máy biến áp hai hay ba cuộn dây để nâng điện áp đến 35, 66, 110 và 220 KV hoặc hơn nữa. Đường dây cao áp truyền tải điện năng đi xa và sẽ đưa đến các trạm hạ áp. Các đường dây truyền tải từ các nhà máy điện lân cận cũng sẽ được đưa đến các thanh cái của trạm hạ áp này.

Các trạm hạ áp sẽ hạ điện áp truyền tải xuống đến 10, 15 hay 6 KV; công suất điện này sẽ cung cấp cho các trạm phân phối trung tâm và cho các trạm hạ áp nơi tiêu thụ. Điện áp ở phía hạ áp của các trạm nơi tiêu thụ thông thường là 0,4/0,23 KV.

Cấp điện áp định mức của đường dây thường được chọn càng cao khi công suất truyền tải và độ dài càng lớn với mục đích giảm chi phí về kim loại làm dây dẫn và giảm tổn thất điện năng. Song nếu cấp điện áp càng cao lại càng đòi hỏi những biện pháp chặt chẽ về an toàn cho người và thiết bị.

Người ta chia ra mạng điện khu vực, mạng điện địa phương, mạng điện đô thị, mạng điện nông thôn hoặc mạng điện xí nghiệp. Nếu theo hình dạng kết cấu, ta có thể chia thành mạng hở, mạng kín, mạng hình tia hoặc rẽ nhánh v.v... Tùy theo điện áp có thể chia thành : mạng hạ thế (dưới 1000 V), mạng trung thế (11 KV đến 22 KV), mạng cao thế từ 35 KV đến 220 V, và mạng siêu cao thế (trên 220 KV). Ngoài ra cũng có thể phân thành mạng đường dây trên không, mạng cáp, mạng xoay chiều, mạng một chiều v.v...

1.4 Hộ tiêu thụ – Phân loại :

Ở đây, chúng ta chỉ xét đến hộ tiêu thụ điện xí nghiệp. Tùy theo tầm quan trọng trong nền kinh tế và xã hội, hộ tiêu thụ được cung cấp điện với mức độ tin cậy khác nhau (thể hiện ở mức độ yêu cầu liên tục cung cấp điện khác nhau) và phân thành 3 loại :

Hộ loại 1 : là những hộ tiêu thụ mà khi sự cố ngừng cung cấp điện có thể gây nên những hậu quả nguy hiểm đến tính mạng con người, làm thiệt hại lớn về kinh tế, dẫn đến hư hỏng thiết bị, gây rối loạn các quá trình công nghệ phức tạp, hoặc làm hỏng hàng loạt sản phẩm; hoặc có ảnh hưởng không tốt về phương diện chính trị.

Trong hộ loại một cũng cần phân biệt và tách ra nhóm hộ tiêu thụ đặc biệt mà việc ngừng cung cấp điện đột ngột có thể đe dọa đến tính mạng con người, gây nổ và phá hoại các thiết bị sản xuất chính, tức là các thiết bị có yêu cầu thật đặc biệt phải nâng cao tính liên tục cung cấp điện đến tối đa.

Đối với hộ loại 1 phải được cung cấp điện với độ tin cậy cao, thường dùng hai nguồn đi đến, đường dây 2 lộ đến, có nguồn dự phòng v.v.. nhằm hạn chế đến mức thấp nhất việc mất điện. Thời gian mất điện thường được coi bằng thời gian tự động đóng nguồn dự trữ.

Hộ loại 2 : là những hộ tiêu thụ mà nếu ngừng cung cấp điện chỉ liên quan đến hàng loạt sản phẩm không sản xuất được, tức là dẫn đến thiệt hại về kinh tế do ngừng trệ sản xuất, hư hỏng sản phẩm và lãng phí sức lao động, tạo nên thời gian chết của nhân viên v.v... Các phân xưởng cơ khí, xí nghiệp công nghiệp nhẹ thường là hộ loại 2.

Để cung cấp cho hộ loại 2, ta có thể dùng phương án có hoặc không có nguồn dự phòng, đường dây một lộ hay đường dây kép. Việc chọn phương án cần dựa vào kết quả so sánh giữa vốn đầu tư phải tăng thêm và giá trị thiệt hại kinh tế do ngừng cung cấp điện. Ở hộ loại 2, cho phép ngừng cung cấp điện trong thời gian đóng nguồn dự trữ bằng tay.

Hộ loại 3 : là tất cả những hộ tiêu thụ còn lại ngoài hộ loại 1 và loại 2, tức là những hộ cho phép cung cấp điện với mức độ tin cậy thấp, cho phép mất điện trong thời gian sửa chữa, thay thế thiết bị sự cố, nhưng thường không cho phép quá một ngày đêm (24

giờ). Những hộ này thường là các khu nhà ở, các nhà kho, các trường học, hoặc mạng lưới cung cấp điện cho nông nghiệp.

Để cung cấp điện cho hộ loại ba, ta có thể dùng một nguồn điện, hoặc đường dây một lộ.

Phân loại một cách đúng đắn hộ tiêu thụ điện năng theo yêu cầu đảm bảo cung cấp điện là một trong những chỉ tiêu cơ bản để lựa chọn hợp lý sơ đồ cung cấp điện. Khi xác định phụ tải tính toán ta nên tiến hành phân loại phụ tải theo hộ tiêu thụ để có cách nhìn đúng đắn về phụ tải và có những ưu tiên cần thiết. Để xác định loại hộ tiêu thụ điện năng của các ngành sản xuất khác nhau, ta cần nghiên cứu và các đặc điểm yêu cầu và những hướng dẫn cần thiết của ngành đó.

Ngoài ra, các hộ tiêu thụ điện xí nghiệp cũng được phân loại theo chế độ làm việc như sau :

1. Loại hộ tiêu thụ có chế độ làm việc dài hạn, khi đó phụ tải không thay đổi hay thay đổi rất ít. Các thiết bị có thể làm việc lâu dài mà nhiệt độ không vượt quá giá trị cho phép.

2. Loại hộ tiêu thụ có chế độ phụ tải ngắn hạn : thời gian làm việc không đủ dài để nhiệt độ của thiết bị đạt đến giá trị qui định cho phép.

3. Loại hộ tiêu thụ có chế độ phụ tải ngắn hạn – lập lại, thiết bị làm việc ngắn hạn xen kẽ với thời kỳ nghỉ ngắn hạn :

1.5. Những yêu cầu và nội dung chủ yếu khi thiết kế hệ thống cung cấp điện.

Mục tiêu chính của thiết kế cung cấp điện là đảm bảo cho hộ tiêu thụ luôn luôn đủ điện năng với chất lượng nằm trong phạm vi cho phép.

Một phương án cung cấp điện xí nghiệp được xem là hợp lý khi thỏa mãn những yêu cầu sau :

– Vốn đầu tư nhỏ, chú ý đến tiết kiệm được ngoại tệ quý và vật tư hiếm.

– Đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện cao tùy theo tính chất hộ tiêu thụ.

– Chi phí vận hành hàng năm thấp.

– Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị.

– Thuận tiện cho vận hành, sửa chữa v.v...

– Đảm bảo chất lượng điện năng, chủ yếu là đảm bảo độ lệch và độ dao động điện áp bé nhất và nằm trong phạm vi giá trị cho phép so với định mức.

Những yêu cầu trên đây thường mâu thuẫn nhau nên người thiết kế phải biết cân nhắc và kết hợp hài hòa tùy thuộc vào hoàn cảnh cụ thể.

Ngoài ra, khi thiết kế cung cấp điện cũng phải chú ý đến những yêu cầu khác như : có điều kiện thuận lợi nếu có yêu cầu cần phát triển phụ tải sau này, rút ngắn thời gian xây dựng v.v...

Hiện nay khi thiết kế người ta thường dùng phương pháp so sánh kinh tế – kỹ thuật các phương án. Cụ thể như sau : người thiết kế vạch ra tất cả các phương án có thể có rồi tiến hành so sánh các phương án về phương tiện kỹ thuật để loại trừ các phương án không thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật. Kế đó ta tiến hành tính toán kinh tế – kỹ thuật và so sánh. Nếu gặp trường hợp các phương án có chi phí tính toán xấp xỉ bằng nhau (hoặc sai khác nhau một lượng nằm trong giới hạn cho phép của sai số phương pháp tính) thì sẽ được xem là các phương pháp giống nhau về kinh tế. Lúc đó, để có thể chọn phương án hợp lý nhất ta cần xem thêm một số chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật khác như : vốn đầu tư, tổn thất điện năng, khối lượng kim loại màu, khả năng thuận tiện khi vận hành, sửa chữa và phát triển mạng điện v.v...

Sau đây là một số bước chính để thực hiện bản thiết kế kỹ thuật đối với phương án cung cấp điện xí nghiệp:

1. Xác định phụ tải tính toán của từng phân xưởng và của toàn xí nghiệp để đánh giá nhu cầu và chọn phương thức cung cấp điện.
2. Xác định phương án về nguồn điện.
3. Xác định cấu trúc mạng.
4. Chọn thiết bị.
5. Tính toán chống sét, nối đất chống sét và nối đất an toàn cho người vận hành và thiết bị
6. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật cụ thể đối với mạng lưới điện sẽ thiết kế (các tổn thất, hệ số cosφ, dung lượng bù v.v...).

Tiếp theo thiết kế kỹ thuật là bước thiết kế thủ công gồm các bản vẽ lắp đặt, những nguyên vật liệu cần thiết v.v... và sơ đồ tổ chức thực hiện công việc lắp đặt các thiết bị điện. Cuối cùng là công tác kiểm tra điều chỉnh và thử nghiệm các trang thiết bị, đưa vào vận hành thử và bàn giao nhà máy.

1.6. Một vài nét về tình hình phát triển điện năng

Theo thống kê gần đây nhất thì sản xuất và tiêu thụ điện năng trên thế giới chiếm khoảng 10.000TWh (tera oát giờ). Hầu như tất cả các nước đều sản xuất ra điện năng. Sự tiêu thụ điện năng cho một đầu người hàng năm đối với mỗi nước có khác nhau thể hiện sức sản xuất của cải vật chất cho xã hộivà mức sống sử dụng điện trung bình của người dân nước đó.

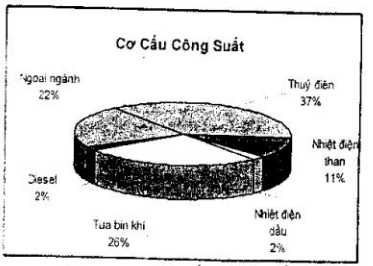
Việc sử dụng các dạng năng lượng khác để biến thành điện năng của mỗi nước là tùy tình hình tài nguyên và đường lối phát triển năng lượng của mỗi nước.

Nhà máy nhiệt điện là một dạng nguồn điện kinh điển sử dụng nhiên liệu: than, dầu, khí đốt, chiếm tỉ lệ khá cao.

Khoảng 79,5% tổng sản lượng điện năng là do nhiệt điện sản xuất ra, khoảng 6,7% tổng sản lượng do nhà máy thủy điện sản xuất ra; phần còn lại trong tổng số này tuyệt đại đa số là do nhà máy điện nguyên tử sản xuất ra. Các dạng nguồn điện như phong điện, năng lượng mặt trời chiếm tỉ lệ khá nhỏ không đáng kể trong tổng sản lượng này.

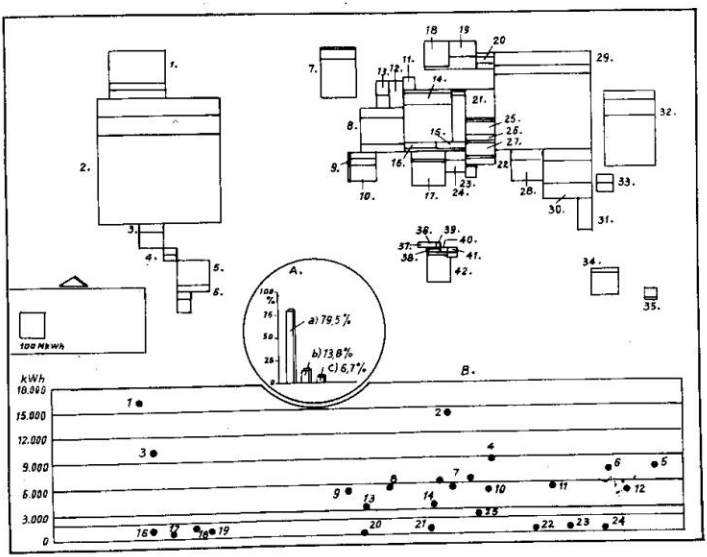
Tình hình sản xuất điện năng trên thế giới được thể hiện trên hình 1.5.

Ở Việt Nam do hậu quả chiến tranh kéo dài nên cơ sở vật chất kỹ thuật trong ngành điện rất non yếu. Trong giai đoạn 2001-2004, tổng công suất ngành điện đã tăng từ 6192MW lên đến 11.249MW, tức là tăng gấp 1,8 lần, đạt tốc độ tăng trưởng bình quân là 13% năm; năm 2002 tốc độ đạt cao nhất trong cả giai đoạn, đạt 15,9%. Cơ cấu công suất như hình 1.5b. Đến tháng 6.2005, hệ thống điện có tổng công suất đặt nguồn điện là 11.286MW khả dụng khoảng 11.060MW, trong đó nguồn thuộc EVN là 8.847MW (chiếm 78,4%) và các nguồn ngoài EVN là 2.439 MW (21,6%). Các nhà máy nhiệt điện của EVN bao gồm các nhà máy: Phả lại 1.040MW, Uông bí 105MW, Ninh bình 100MW, Thủ đức 291MW, Cần thơ 185MW, Bà rịa 389MW, Phú mỹ 2.386MW. Các nhà máy thủy điện tổng cộng đến cuối năm 2004 là 4.147MW bao gồm Thác bà (3x36MW), Hòa bình (8x240MW), Đa nhim (4x40MW), Trị an (4x100), Thác mơ (2x75MW), Vĩnh sơn (2x33MW), Sông hinh (2x35MW), Yali (4x180MW), Hàm thuận - Đami (475MW), Cần đơn (78MW) sản lượng trung bình hàng năm cho các thành phố lớn đạt khoảng (600KWh/1người.năm), vùng nông thôn và tỉnh lẻ khoảng (100KWh/1người.năm).



***Hình 1.5b** Cơ cấu công suất đặt của Việt Nam . ăm 2004*

Chúng ta đang cố gắng phát triển nguồn năng lượng mới năng lượng sạch xanh và tái tạo như: năng lượng gió, mặt trời, sinh khối, địa nhiệt v.v...



Hình 1-5 : Tình hình sản xuất điện năng trên toàn thế giới.
Bảng A - Tỉ lệ các nguồn điện để sản xuất điện năng trên toàn thế giới;
Bảng B - Sản xuất điện năng hàng năm đối với đầu người.
a) Nhà máy nhiệt điện; b) Nhà máy điện nguyên tử; c) Nhà máy thủy điện.

1. Canada
2. Hoa kỳ
3. Mê-hi-cô
4. Colombia
5. Braxin
6. Ác hentina
7. Anh
8. Pháp
9. Bồ đào nha
10. Tây ban nha
11. Đan mạch
12. Hà lan
13. Bỉ
14. Cộng hòa Liên bang Đức
15. Áo
16. Thụy sĩ
17. Italia
18. Na uy
19. Thụy điển
20. Phần lan
21. Balan
22. Bungari
23. Hy lạp
24. Nam tư (Boxna-croatia-Khroxegovina
25. Tiệp khắc (Sec-Slovakia)
26. Hunggari
27. Rumani
28. Ấn độ
29. Liên xô cũ
30. Trung quốc
31. Việt nam
32. Nhật bản
33. Đài loan
34. Ôxtrâylia
35. Niu-di-lân
36. An-giê-ri
37. Marốc
38. Ni-giêria
39. Tuy-ni-gi
40. Libi
41. Ai cập
42. Nam phi

Ở bảng B : 1. Canada; 2. Thụy điển; 3. Hoa kỳ; 4. Phần lan; 5. Niudilơn; 6. Ôxtrâylia; 7. Cộng hòa Liên bang Đức; 8. Pháp; 9. Anh quốc; 10. Bungari; 11. Liên xô cũ; 12. Nhật bản; 13. Tây ban nha; 14. Italia; 15. Hy lạp; 16. Mê-hi-cô; 17. Colombia; 18. Ác hentina; 19. Braxin; 20. Các nước chậm phát triển; 21. Thụy sĩ; 22. Ấn độ; 23. Trung quốc; 24. Việt nam.

Chương 2

TÍNH TOÁN KINH TẾ – KỸ THUẬT TRONG THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN XÍ NGHIỆP

2.1. Đặt vấn đề :

Khi thiết kế hệ thống cung cấp điện xí nghiệp cần giải quyết những vấn đề quan trọng sau :

1. Dựa trên quan điểm kinh tế – kỹ thuật, lựa chọn sơ đồ cung cấp điện hợp lý nhất.

2. Trên cơ sở những lập luận chặt chẽ và chính xác về kinh tế – kỹ thuật ta chọn số lượng và dung lượng máy biến áp cho trạm hạ áp và trạm biến áp phân xưởng của xí nghiệp.

3. Chọn cấp điện áp hợp lý tối ưu cho lưới điện, việc này có ảnh hưởng đến vốn đầu tư, khối lượng kim loại màu, tổn thất điện năng và chi phí vận hành.

4. Chọn các thiết bị và khí cụ điện, sứ cách điện và các phần tử dẫn điện khác theo yêu cầu kinh tế – kỹ thuật hợp lý.

5. Chọn tiết diện dây dẫn, thanh cái, cáp theo những yêu cầu về kỹ thuật và kinh tế.

Thật ra có nhiều biện pháp kỹ thuật để giải bài toán về cung cấp điện xí nghiệp. Do đó, đối với cung cấp điện xí nghiệp sẽ có nhiều phương án cần phải tính toán kinh tế kỹ thuật, từ đó tiến hành so sánh để chọn phương án tốt nhất.

Điều kiện đầu tiên để các phương án được liệt vào danh sách những phương án đem so sánh là chúng phải đảm bảo những yêu cầu kỹ thuật cơ bản. Một phương án cung cấp điện tuy rẻ tiền nhưng không đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật cơ bản về chất lượng điện, về độ tin cậy cung cấp điện, về an toàn v.v... thì phương án cần phải loại ra ngay từ đầu.

Trong số các phương án đã đảm bảo những yêu cầu kỹ thuật cơ bản thì tính hợp lý về kinh tế là chỉ tiêu duy nhất để chọn.

Khi tính toán kinh tế – kỹ thuật, yêu cầu tiến hành một số lớn các bài toán phức tạp do đó cần sử dụng máy vi tính.

Các chỉ tiêu kỹ thuật bao gồm : chất lượng điện, độ tin cậy, sự thuận tiện trong vận hành, độ bền vững của công trình, khối lượng sửa chữa định kỳ và đại tu, mức độ tự động hóa, vấn đề an toàn v.v...

Các chỉ tiêu kinh tế cơ bản là : vốn đầu tư ban đầu và chi phí vận hành hàng năm.

Tuy vậy, cần chú ý : khi tiến hành tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật của các phương án, ta chỉ có thể đề cập đến một số yếu tố cơ bản chứ không thể xét toàn bộ các yếu tố ảnh hưởng đến việc chọn các phương án. Do vậy kết quả tính toán mới chỉ là căn cứ quan trọng chứ chưa phải là quyết định cuối cùng để lựa chọn phương án. Vì lúc quyết định phương án ta còn phải xem xét thêm về các mặt khác như : đường lối phát triển kinh tế nói chung và phát triển công nghiệp; tốc độ và quy mô phát triển, tổng số vốn mà nhà nước có thể đầu tư, tình hình cung cấp vật tư và thiết bị, trình độ thi công và

vận hành v.v... và những yêu cầu đặc biệt khác về chính trị và quốc phòng v.v... Công việc này đòi hỏi người thiết kế phải hiểu biết tình hình thực tế, phải có kinh nghiệm đã tích lũy và phải vận dụng được những điều hiểu biết về đường lối chính trị kinh tế vào việc so sánh và lựa chọn này.

2.2. Phương pháp tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật :

2.2.1. Phương pháp thời hạn thu hồi vốn đầu tư :

Phương pháp này có thể viết dưới dạng (2.1)

$$T = \frac{V_A - V_B}{C_B - C_A} \qquad (2.1)$$

Trong đó V_A, V_B – là vốn đầu tư của phương án A và B, đơn vị 10^3 đồng.

C_A, C_B – chi phí vận hành hàng năm của phương án A và B, đơn vị [10^3 đồng]/năm.

Hoặc viết dưới dạng : chi phí tính toán C_{tt} như sau :

$$C_{tt} = k_{đm} \cdot V + C_{v.h} \qquad (2.2)$$

Ở đây : $k_{đm}$ – hệ số hiệu quả định mức; $C_{v.h}$ – chi phí vận hành hàng năm.

a) Trường hợp có hai phương án :

Trường hợp này sử dụng phương pháp thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ :

Phương pháp này cho ta biết phương án nào là tối ưu : phương án A có vốn đầu tư lớn nhưng chi phí vận hành hàng năm nhỏ ($V_A > V_B$; $C_A < C_B$), hoặc phương án B có vốn đầu tư bé, nhưng chi phí vận hành hàng năm lại lớn. Muốn có được giải đáp ta cần xác định thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ theo công thức (2.1). Ở đây, T là thời gian cần thiết để thu lại số vốn đầu tư nhiều hơn (vốn đầu tư phụ) do chi phí vận hành hàng năm của phương án A bé hơn nên tiết kiệm được.

Đại lượng nghịch đảo của T là : $\frac{1}{T} = k$ được gọi là hệ số hiệu quả kinh tế, nó nói lên mức độ sử dụng hiệu quả vốn đầu tư phụ. Do vậy $\frac{1}{k} = T$ lại chính là thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ. Thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ T thay đổi tùy theo tính chất của công trình và tình hình kinh tế của mỗi nước. Nhìn chung, ở những nước phát triển, tiềm năng kinh tế lớn thì người ta quy định thời gian thu hồi vốn đầu tư dài, còn ở những nước đang phát triển cần quay vòng vốn nhanh để xây dựng thì người ta quy định thời gian thu hồi vốn đầu tư tương đối ngắn. Ở nước Nga, hệ số hiệu quả kinh tế định mức ký hiệu là $k_{đm}$ lấy bằng 0,12, tức là $T_{đm} = 8,33$ năm, còn ở nước ta quy định $k_{đm} = 0,2$ và $T_{đm} = 5$ năm.

Khi so sánh hai phương án, không nhất thiết lúc nào cũng phải dùng phương pháp thời hạn thu hồi vốn. Ví dụ, một trong hai phương án có vốn đầu tư và chi phí vận hành hàng năm đều nhỏ ($V_A < V_B$; $C_A < C_B$) thì rõ ràng ta chọn phương án A. Hoặc, khi hai phương án có vốn đầu tư ngang nhau nhưng chi phí vận hành hàng năm khác nhau hay ngược lại, tức là : $V_A = V_B$; $C_A > C_B$ hay $C_A = C_B$; $V_A > V_B$ thì cũng không cần tính thời hạn thu hồi vốn theo công thức (2.1).

Nhược điểm của phương pháp này là :

1. Khối lượng tính toán khá lớn khi có nhiều phương án khác nhau vì ta phải tổ hợp từng cặp phương án.

2. Khi vốn đầu tư ban đầu hoặc chi phí vận hành hàng năm của hai phương án chênh lệch nhau không nhiều.

Ví dụ, khi có $V_A = 30 . 10^3$ đồng, $V_B = 29,5 . 10^3$ đồng; $C_A = 3,0 . 10^3$ đồng/năm, $C_B = 3,01 . 10^3$ đồng/năm thì :

$$T = \frac{V_A - V_B}{C_B - C_A} = \frac{30 - 29,5}{3,01 - 3,0} = 50 \text{ năm}$$

tức là nếu dùng phương án A thì sau 50 năm mới chuộc lại được sự chênh lệch về vốn đầu tư đó, do đó tính kinh tế của phương án A xấu hơn nhiều so với phương án B. Thực ra, từ những số liệu so sánh của hai phương án ta thấy rằng chúng tương đương nhau và nằm trong giới hạn sai số cho phép. Do vậy, nếu dùng công thức (2.2) ta thấy rõ điều này :

$$C_{tt_1} = k_{đm} . V_1 + C_v . h_1 = 0,20 . 30 + 3,0 = 9 . 10^3 \text{ đồng}$$

$$C_{tt_2} = k_{đm} . V_2 + C_v . h_2 = 0,20 . 29,5 + 3,01 = 8,91 . 10^3 \text{ đồng}$$

Kết quả cho thấy hai phương án tương đương nhau về phương diện kinh tế.

Chi phí vận hành hàng năm trong hệ thống cung cấp điện xí nghiệp bao gồm :

$$C_{vh} = C_{\Delta A} + C_{cn} + C_{bq} + C_{kh} + C_{mđ} + C_{phụ}$$

1. Tổn thất điện năng $C_{\Delta A} = \Delta A \beta$ với ΔA – tổn thất điện năng hàng năm, [KWh]

β – giá 1, KWh, đơn vị [đồng].

2. Chi phí về lương của cán bộ và công nhân vận hành hệ thống cung cấp điện : C_{cn}.

3. Chi phí về tu sửa bảo quản : C_{bq}.

4. Chi phí về khấu hao : C_{kh}.

5. Chi phí tổn thất kinh tế do mất điện $C_{mđ}$, chi phí này được kể đến khi so sánh giữa các phương án có tính đến độ tin cậy cung cấp điện.

6. Chi phí phụ khác như làm mát, sưởi ấm v.v...

Thông thường chi phí C_{cn} và $C_{phụ}$ giữa phương án không khác nhau mấy nên khi so sánh phương án thường bỏ qua.

Khấu hao hàng năm bao gồm : khấu hao để phục hồi vốn cơ bản C_r, và để đại tu C_{dt} :

$$C_{kh} = C_r + C_{dt}$$

Do vậy, chi phí vận hành hàng năm để so sánh các phương án chỉ gồm :

$$C_{vh} = C_{\Delta A} + C_{kh} \qquad (2.3)$$

Nếu khi xét, ta chú ý đến biểu thức (2-3), thì biểu thức (2.1) sẽ là :

$$T = \frac{V_A - V_B}{C_B - C_A} = \frac{V_A - V_B}{C_{\Delta A_B} + C_{kh_B} - C_{\Delta A_A} - C_{kh_A}}$$

hay

$$T = \frac{V_A - V_B}{C_{\Delta AB} - C_{\Delta A_A} - (C_{kh_A} - C_{kh_B})} \qquad (2.4)$$

Nếu gọi φ – tỉ lệ khấu hao tính theo đơn vị tương đối :

$$\varphi = \frac{\varphi\%}{100}$$

V - vốn đầu tư, tính 10^3 đồng.

C_{kh} khấu hao hàng năm 10^3 đồng/năm :

ta sẽ có : $C_{kh} = \varphi.V$.

Do vậy, công thức (2.4) sẽ trở thành :

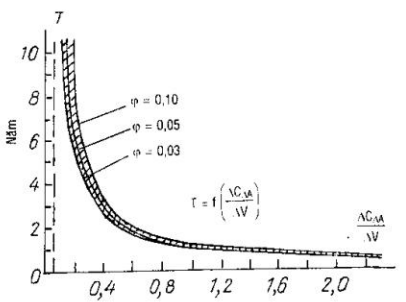
$$T = \frac{V_A - V_B}{C_\Delta A_B - C_\Lambda A_A - \varphi(V_A - V_B)} = \frac{\Delta V}{\Delta C_\Lambda A - \varphi \Delta V}$$

hay :
$$T = \frac{1}{\frac{\Delta C_{\Delta A}}{\Delta V} - \varphi} \qquad (2.5)$$

Biểu thức (2.5) được thể hiện bằng đường cong hình (2.1). Các đường cong xây dựng với những tỉ lệ khấu hao tương đối khác nhau đối với từng loại thiết bị trong hệ thống cung cấp điện và nằm trong giới ạn từ :

φ = 0,03 – đối với đường dây cáp

φ = 0,10 – đối với thiết bị trong trạm điện



Hình 2.1

Từ những đường cong trên hình (2.1), ta thấy : khi giới hạn thu hồi vốn đầu tư phụ tăng quá 8 năm thì lượng chi phí vận hành hàng năm của mỗi một đồng giảm rất ít. Do đó, thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ khi so sánh phương án trong hệ thống điện ở Nga thường lấy là 8 năm.

b) Trường hợp có ba hoặc nhiều phương án :

Nếu ta sử dụng công thức (2.1) để tính thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ của từng cặp trong số phương án sẽ gặp nhiều khó khăn. Trường hợp đơn giản nhất, khi đầu tư cơ bản

cùng một lúc (nếu thời gian xây dựng ít hơn một năm) và chi phí vận hành hàng năm là cố định thì việc so sánh phương án nên chuyển sang xét tổng chi phí tính toán hàng năm theo công thức (2.2) :

$$C_{tt} = k_{đm} . V + C_{vh} = min$$

Khi thời gian xây dựng lớn hơn một năm và chi phí vận hành hàng năm là cố định ta vẫn sử dụng công thức (2-2) nhưng vốn đầu tư tính toán V_{tt} tính theo công thức phức tạp hơn :

$$V_{tt} = \sum_{t=1}^{T_x} V_t(1 + k_{đm})^{T_x - t}$$

trong đó : T_x – thời gian xây dựng xong công trình

V_t – vốn đầu tư ở năm thứ t đang xây dựng.

* Tổng số vốn đầu tư V :

Tổng số vốn đầu tư V được tính theo biểu thức sau :

$$V = V_{tb} + V_{xd}$$

V_{tb} – vốn đầu tư về thiết bị kể cả đầu tư để lắp ráp chúng.

V_{xd} – vốn đầu tư về các công trình xây dựng trạm biến áp, trạm phân phối, trạm điều khiển v.v...

Vốn đầu tư về thiết bị V_{tb} chủ yếu kể tới đầu tư về trạm biến áp và phân phối như tiền mua máy biến áp, thiết bị phân phối, thiết bị đóng cắt, bảo vệ v.v... và đầu tư về đường dây như tiền mua dây dẫn cột, xà, sứ; nếu là đường dây thì phải kể đến tiền đào rãnh, xây hầm cáp v.v... Nếu có phương án do yêu cầu nâng cao chất lượng điện và hệ số công suất cosφ mà phải đặt thêm thiết bị bù thì ta phải tính thêm vốn đầu tư cho các thiết bị bù đó ($V_{bù}$). Đối với phương án dùng phương pháp "dẫn sâu", đưa đường dây điện áp cao vào sâu trong xí nghiệp, do vậy đường dây chiếm một dải đất mà trên đó không xây dựng được các công trình sản xuất khác, thì chúng ta phải tính thêm vốn đầu tư về dải đất đó ($V_{đất}$).

Tóm lại, theo phương pháp thời hạn thu hồi vốn đầu tư, ta tiến hành các bước sau :

1. Phân tích và loại phương án không thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật. Lựa chọn các phương án đạt yêu cầu kỹ thuật ngang nhau để đem ra so sánh.

2. Tính chi phí tính toán C_{tt} cho từng phương án. Chú ý, để giảm khối lượng tính, cho phép chỉ tính toán đối với những phần khác nhau giữa các phương án.

3. Nói chung, chọn phương án có $C_{tt} = min$.

Đó là phương án tối ưu về mặt kinh tế. Trên thực tế, có khả năng C_{tt} của các phương án không chênh lệch nhau nhiều (bé hơn 10%) tức là nằm trong giới hạn độ chính xác của các phép tính, thì có thể coi tính kinh tế của các phương án là ngang nhau và chúng ta nên chọn phương án có vốn đầu tư nhỏ hơn hoặc có những ưu điểm nổi bật về mặt kỹ thuật.

2.2.2. Tính tổn thất kinh tế do ngừng cung cấp điện :

Nếu kể đến độ tin cậy cung cấp điện, thì khi tính toán kinh tế kỹ thuật của các phương án nghiên cứu, ta phải quan tâm đến thiệt hại sản xuất do việc gián đoạn cung cấp điện gây nên. Khi đó, chi phí vận hành hàng năm phải tính đến tổn thất kinh tế do mất điện, tức là :

$$C_{tt} = k_{đm} . V + C_{vh} + C_{mđ} = min$$

Ở đây chúng ta không xét đến những thiệt hại do điện năng được cung cấp kém chất lượng (điện áp và tần số lệch quá trị số cho phép) mà chỉ chú ý đến việc mất điện do các nguồn cung cấp kém tin cậy gây ra.

Thiệt hại cho nền kinh tế quốc dân thường do những nguyên nhân sau đây :

– Không sản xuất đủ sản phẩm.

– Hư hỏng sản phẩm (một phần hay toàn bộ) trong thời gian xí nghiệp bị cắt điện.

– Hư hỏng thiết bị.

– Rối loạn quá trình công nghệ có thể kéo dài một thời gian sau khi cung cấp điện trở lại.

– Trả lương cho công nhân không có việc làm trong thời gian mất điện; trả lương hưu cho những người mất sức lao động do tai nạn khi mất điện và tiền trợ cấp cho những người bị mất sức lao động tạm thời.

Ngày nay, một số công trình nghiên cứu đã đưa ra những công thức để tính thiệt hại thực tế khi tính toán kinh tế trong lĩnh vực năng lượng. Ví dụ, thiệt hại kinh tế do việc ngừng cung cấp điện đối với xí nghiệp có thể xác định theo biểu thức :

$$C_{md} = N\overline{P}, \overline{T}C$$

Với N – số lần mất điện trong 1 năm.

$\overline{T}$ – kỳ vọng toán của thời gian phục hồi cung cấp điện, đơn vị : giờ.

$\overline{P}$ – Kỳ vọng toán của phụ tải [kw].

C – tổn thất kinh tế khi ngừng cung cấp một kwh điện.

Số lần mất điện trong một năm N là một đại lượng ngẫu nhiên phụ thuộc vào các yếu tố như : sơ đồ đấu dây, chất lượng của các thiết bị điện và trình độ vận hành của nhân viên, số liệu này do kinh nghiệm vận hành thống kê lại mà có.

T – là thời gian trung bình cần cho một lần phục hội cung cấp diện. Vì nguyên nhân mất điện rất nhiều và rất ngẫu nhiên nên thời gian phục hồi cung cấp điện cũng rất khác nhau, do vậy ta chỉ tính được trị số trung bình theo xác xuất của nó mà thôi.

$\overline{P}$ – được tính như sau :

$$\overline{P} = \frac{T_{max} \cdot P_{max}}{8760}$$

Trongđó,T_{max} - thời gian sử dụng công suất lớn nhất P_{max}, tính bằng giờ [h].

Tuy vậy, cho đến nay vẫn chưa có phương pháp đáng tin cậy để đánh giá trị số C_{md}. Do đó ta chỉ tính tới nó trong trường hợp thật cần thiết. Tổn thất kinh tế do ngừng cung cấp điện chủ yếu được dùng để đánh giá kinh tế đối với phụ tải loại II, còn đối với phụ tải loại I và loại III rõ ràng không sử dụng chỉ tiêu này.

2.2.3. Một số phương pháp toán học được dùng trong tính toán kinh tế kỹ thuật :

Ngày nay, người ta sử dụng nhiều phương pháp toán học khác nhau để tính toán kinh tế kỹ thuật.

Khi tính toán kinh tế trong việc chọn điện áp hợp lý cho hệ thống cung cấp điện xí nghiệp hoặc khi tính tiết diện kinh tế của đường dây, ta thường sử dụng những phương pháp phân tích kinh điển (như phương pháp xấp xỉ, phương pháp nội suy).

Khi tính toán kinh tế kỹ thuật nhằm tối ưu hóa cho công trình thiết kế mới, hoặc cải tạo hệ thống cung cấp điện xí nghiệp để nâng cao khả năng truyền tải của đường dây, ta phải sử dụng những phương pháp toán học phức tạp hơn : qui hoạch tuyến tính, phi tuyến hoặc qui hoạch động.

Trong vận hành và thiết kế cung cấp điện xí nghiệp, ta sử dụng máy vi tính để giải các bài toán cơ bản về kinh tế kỹ thuật, vì việc này không những có lợi trong trường hợp phép toán cồng kềnh và phức tạp mà ngay cả với khi phép tính đơn giản nhưng phải tính nhiều lần. Điều này rất hay gặp trong thực tế.

2.2.4. Khái niệm về sử dụng máy vi tính để giải các bài toán kinh tế kỹ thuật trong cung cấp điện.

Máy vi tính cho phép ta giải được nhiều phép toán phức tạp có xét đến nhiều yếu tố đặc trưng cho bài toán. Với sự xuất hiện của máy vi tính, phương pháp tính đã trở thành phương pháp cơ bản để giải bài toán trong đó có bài toán về năng lượng.

* *Trình tự giải bài toán trên máy vi tính :* Khi giải bất kỳ bài toán nào trên máy vi tính cũng phải qua các giai đoạn sau :

1. Diễn tả toán học của vấn đề
2. Chọn phương pháp tính
3. Xây dựng thuật toán
4. Lập chương trình giải bài toán trên máy cụ thể
5. Hiệu chỉnh chương trình
6. Giải bài toán trên máy vi tính.

2-3 Yêu cầu so sánh hai phương án để xây dựng cùng một công trình, được thực hiện ở những thời hạn khác nhau với vốn đầu tư theo thứ tự cũng khác nhau.

Đối với phương án thứ nhất, người ta tiến hành xây dựng với thời hạn xây dựng xong công trình là $T_x = 4$ năm. Dự toán đầu tư cho việc xây dựng là 20 triệu đồng. Thứ tự đầu tư là mỗi năm 5 năm triệu đồng.

Đối với phương án thứ hai, người ta sẽ tiến hành xây dựng công trình bắt đầu sau một năm (so với phương án 1) và thời hạn xây dựng xong công trình là $T'_x = 3$ năm. Dự toán đầu tư cho việc xây dựng là 21 triệu đồng. Thứ tự đầu tư hàng năm tương ứng với số tiền sau 4,7 và 10 triệu đồng.

Hệ số hiệu quả kinh tế định mức là $k_{đm} = 12,5\%$ thời hạn thu hồi vốn đầu tư là 8 năm).

Vốn đầu tư tính toán đến lúc bắt đầu khai thác công trình sẽ được xác định theo công thức (2.6) là :

$$V_{tt} = \sum_{t=1}^{Tx} V_t(1 + k_{đm})^{Tx-t}$$

Đối với phương án I :

$$V_{tt} = V_1 (1 + k_{đm})^{Tx-1} + V_2 (1 + k_{đm})^{Tx-2} + V3 (1 + k_{đm})^{Tx-3} + V_4$$

$$V_{tt} = 5 (1 + 0,125)^3 + 5 (1 + 0,125)^2 + 5 (1 + 0,125)^1 + 5 = 24,07 \text{ triệu đồng.}$$

Đối với phương án II :

$$V'_{tt} = V'_1 (1 + k_{đm})^{T_x \cdot 1} + V'_2 (1+k_{đm})^{T_x \cdot 2} + V_3$$

$$V'_{tt} = 4 (1 + 0,125)^2 + 7 (1 + 0,125) + 10 = 22,94 \text{ triệu đồng.}$$

Ta thấy rõ ràng về phương diện tiết kiệm vốn đầu tư, chúng ta quan tâm đến phương án 2 dù rằng giá trị dự toán trội hơn một triệu đồng.

Ví dụ 2.2. Hãy so sánh tính kinh tế của hai phương án thực hiện cho một công trình. Hai phương án này khác nhau về vốn đầu tư và chi phí vận hành.

Vốn đầu tư đối với phương án I (tính đến lúc bắt đầu khai thác) là 10 triệu đồng; còn chi phí vận hành hàng năm là một triệu đồng/năm.

Vốn đầu tư đối với phương án II là 5 triệu đồng, còn chi phí vận hành hàng năm là 2 triệu đồng/năm.

Thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ theo định mức là 8 năm, (hệ số hiệu quả kinh tế định mức là 12,5%).

Theo công thức 2-1, ta xác định được thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ

$$T = \frac{V_A - V_B}{C_B - C_A} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = 5 \text{năm}$$

Như vậy, so sánh thời gian thu hồi định mức cho là 8 năm thì ta thấy rõ tính kinh tế của phương án đầu tiên.

Ta cũng sẽ nhận được kết luận trên nếu sử dụng công thức (2.2). Thật vậy, Chi phí tính toán của phương án đầu tiên A là :

$$C_{ttA} = k_{đm} V_A + C_{VhA} = 0,125 \cdot 10 + 1 = 2,25 \text{ triệu đồng}$$

Chi phí tính toán của phương án II (B) là :

$$C_{ttB} = k_{đm} V_B + C_{VhB} = 0,125 \cdot 5 + 2 = 2,625 \text{ triệu đồng}$$

Ví dụ 2.3.

Hãy so sánh tính kinh tế của bốn phương án thực hiện cho cùng một công trình, vốn đầu tư và chi phí vận hành hàng năm của chúng là :

$V_1 = 2,0$ triệu đồng $\quad C_1 = 1,8$ triệu đồng

$V_2 = 3,0$ triệu đồng $\quad C_2 = 1,2$ triệu đồng

$V_3 = 5,0$ triệu đồng $\quad C_3 = 0,8$ triệu đồng

$V_4 = 7,5$ triệu đồng $\quad C_4 = 0,6$ triệu đồng

Thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ định mức là T = 8 năm (tức là $k_{đm} = 0,125$)

Vì ở đây số phương án nhiều, nên ta sẽ sử dụng công thức (2-2) :

$$C_{tt} = k_{đm} V + C_{Vh} = \min$$

Đối với phương án 1 :

$$C_{tt1} = k_{đm} \cdot V_1 + C_{Vh1} = 0,125 \cdot 2,0 + 1,8 = 2,05 \text{ triệu đồng}$$

Đối với phương án 2 :

$$C_{tt2} = k_{đm} \cdot V_2 + C_{Vh2} = 0,125 \cdot 3 + 1,2 = 1,57 \text{ triệu đồng}$$

Đối với phương án 3 :

$C_{tt3} = k_{dm} V_3 + C_{Vh3} = 0,125 . 5 + 0,8 = 1,42$ triệu đồng

Đối với phương án 4 :

$C_{tt4} = k_{dm} V_4 + C_{Vh4} = 0,125.7,5 + 0,6 = 1,54$ triệu đồng

Rõ ràng, kinh tế nhất là dùng phương án 3.

Nếu ta dùng công thức (2.1) thì việc tính toán sẽ phức tạp. Các phương án chỉ có thể so sánh theo từng cặp một, khi đó ;

- So sánh phương án 1 và 2 :

$$T_{1-2} = \frac{V_2 - V_1}{C_1 - C_2} = \frac{3 - 2}{1,8 - 1,2} = 1,66 \text{ năm} \quad < T_{định\ mức} = 8 \text{ năm}).$$

Rõ ràng phương án 2 kinh tế hơn

- So sánh phương án 2 và 3 ta có :

$$T_{2-3} = \frac{V_3 - V_2}{C_2 - C_3} = \frac{5 - 3}{1,2 - 0,8} = 5 \text{ năm} \quad < 8 \text{ năm}$$

Ở đây phương án 3 kinh tế hơn

- So sánh phương án 3 và phương án 4

$$T_{3-4} = \frac{V_4 - V_3}{C_3 - C_4} = \frac{7,5 - 5}{0,8 - 0,6} = 12,5 \text{ năm} > 8 \text{ năm}$$

Rõ ràng, cuối cùng phương án 3 là kinh tế hơn cả. Như vậy ta thấy nếu tính theo công thức (2.2) thuận tiện hơn nhiều.

Ví dụ 2.4 : Một mạng cáp có phụ tải lớn nhất là 3000KVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$. Thời gian sử dụng công suất lớn nhất $T_{max} = 3000$ h/năm. Mạng có đường dây dự phòng. Thời gian trung bình để phục hồi cung cấp điện là $\overline{T}_1 = 1,5$h; số lần ngừng cung cấp điện $N = 0,08$ (tức là 12,5 xảy ra một lần). Khi mạng không có dự phòng thì $\overline{T}_2 = 24$h. Hãy tính số điện năng không được cung cấp trong 1 năm.

• Trường hợp mạng có dự phòng :

$$A_1 = \overline{P}\,\overline{T}_1 N = \frac{T_{max} . S_{max}\cos\varphi}{8760} . \overline{T}_1 . N =$$

$$= \frac{3000 . 3000 . 0,85}{8760} . 1,5 . 0,08 = 105 \text{KWh/năm}$$

• Trường hợp mạng không có dự phòng :

$$A_2 = \overline{P}\,\overline{T}_2 N = \frac{T_{max} . S_{max}\cos\varphi}{8760} . \overline{T}_2 . N =$$

$$= \frac{3000 . 3000 . 0,85}{8760} . 24 . 0,08 = 1680 \text{KWh/năm}$$

Chương 3

XÁC ĐỊNH NHU CẦU ĐIỆN

3.1. Đặt vấn đề :

Khi thiết kế cung cấp điện cho một công trình thì nhiệm vụ đầu tiên là phải xác định được nhu cầu điện của công trình đó. Tùy theo qui mô của công trình mà nhu cầu điện xác định theo phụ tải thực tế hoặc phải tính đến sự phát triển về sau này. Do đó xác định nhu cầu điện là giải bài toán dự báo phụ tải ngắn hạn hoặc dài hạn. Nội dung của chương này là trình bày những phương pháp dự báo phụ tải ngắn hạn.

Dự báo phụ tải ngắn hạn là xác định phụ tải của công trình ngay sau khi đưa công trình vào khai thác, vận hành. Phụ tải này thường được gọi là phụ tải tính toán. Như vậy phụ tải tính toán là một số liệu quan trọng để thiết kế cung cấp điện.

Phụ tải điện phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, do vậy xác định chính xác phụ tải tính toán là một việc rất khó khăn và cũng rất quan trọng. Vì nếu phụ tải tính toán được xác định nhỏ hơn phụ tải thực tế thì sẽ giảm tuổi thọ của các thiết bị, có khi đưa đến nổ cháy và nguy hiểm. Nếu phụ tải tính toán lớn hơn phụ tải thực tế nhiều thì các thiết bị được chọn sẽ quá lớn và sẽ gây lãng phí.

Do tính chất quan trọng nên đã có nhiều công trình nghiên cứu và có nhiều phương pháp tính toán phụ tải điện. Thông dụng nhất là phương pháp sắp xếp biểu đồ phụ tải của giáo sư tiến sỹ G.M Kayalốp. Cần lưu ý : vì phụ tải điện phụ thuộc vào nhiều yếu tố và biến động theo thời gian nên cho đến nay vẫn chưa có phương pháp nào hoàn toàn chính xác và tiện lợi.

Do vậy trong thực tế thiết kế, khi đơn giản công thức để xác định phụ tải điện thì cho phép sai số ± 10%.

Các phương pháp xác định phụ tải tính toán được chia làm 2 nhóm chính :

– Nhóm thứ nhất : Là nhóm dựa vào kinh nghiệm thiết kế và vận hành để tổng kết và đưa ra các hệ số tính toán. Đặc điểm của phương pháp là thuận tiện nhưng chỉ cho kết quả gần đúng.

– Nhóm thứ hai : Là nhóm các phương pháp dựa trên cơ sở của lý thuyết xác xuất và thống kê. Đặc điểm của phương pháp này là có kể đến ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Do vậy nên kết quả tính toán có chính xác hơn song việc tính toán khá phức tạp.

Trong thực tế, tùy yêu cầu cụ thể mà chọn phương pháp tính toán phụ tải điện thích hợp.

3.2. Đồ thị phụ tải điện.

Phụ tải điện là một hàm theo thời gian, nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đặc điểm của quá trình công nghệ, chế độ vận hành v.v... Đường biểu diễn sự thay đổi của phụ tải tác dụng P phụ tải phản kháng Q hoặc dòng điện I theo thời gian gọi là đồ thị phụ tải tác dụng, phản kháng và đồ thị phụ tải theo dòng điện. Đối với mỗi loại hộ tiêu thụ của một ngành công nghiệp đều có thể đưa ra một dạng đồ thị phụ tải điển hình.

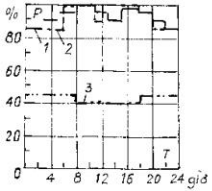
Khi thiết kế, nếu biết đồ thị phụ tải điển hình, ta sẽ có căn cứ để chọn thiết bị điện và tính điện năng tiêu thụ. Lúc vận hành, nếu biết đồ thị phụ tải điển hình thì có thể định phương thức vận hành các thiết bị sao cho kinh tế và hợp lý nhất.

1. Đồ thị phụ tải hàng ngày :

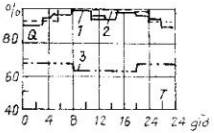
Là đồ thị phụ tải trong một ngày đêm 24 giờ. Trong thực tế vận hành có thể dùng dụng cụ cho điện tự ghi để vẽ đồ thị phụ tải, hay do nhân viên vận hành ghi lại giá trị của phụ tải sau từng khoảng thời gian nhất định. Để thuận lợi khi tính toán, đồ thị phụ tải được vẽ theo hình bậc thang (hình 3-1a, b).

Ở đây : Hình 3-1a - Phụ tải tác dụng; hình 3-1b - Phụ tải phản kháng.

1. Phụ tải thực tế; 2. Phụ tải tương lai trong 5 năm gần nhất.
3. Phụ tải ngày nghỉ.



Hình 3-1a



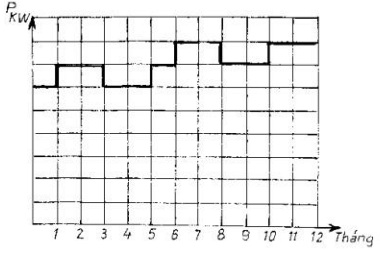
Hình H3-1b

2. Đồ thị phụ tải hàng tháng được xây dựng theo phụ tải trung bình hàng tháng. Nghiên cứu đồ thị này, ta có thể biết được nhịp độ làm việc của hộ tiêu thụ và từ đây có thể định ra lịch vận hành sửa chữa thiết bị điện hợp lý, đáp ứng được yêu cầu sản xuất (hình 3-2a).

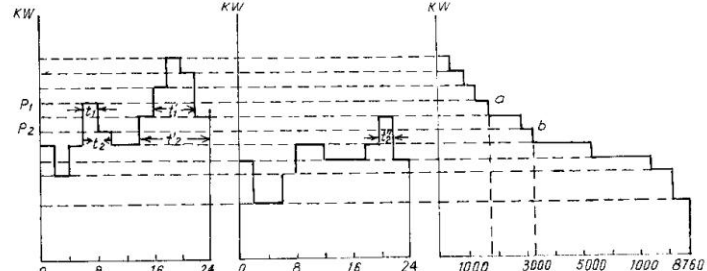
3. Đồ thị phụ tải hàng năm :

Căn cứ vào đồ thị phụ tải điển hình của một ngày hoặc căn cứ vào đồ thị điển hình của một ngày của mỗi mùa mà ta có thể vẽ được đồ thị phụ tải hàng năm (hình 3-2b). Nghiên cứu đồ thị phụ tải hàng năm, ta biết được điện năng tiêu thu hàng năm và thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{max}.

Những số liệu này được dùng để chọn dung lượng máy biến áp, chọn thiết bị điện và đánh giá mức độ sử dụng điện và tiêu hao điện năng.



Hình 3-2a



Hình 3-2b

3.3. Những định nghĩa cơ bản và các ký hiệu.

* Thiết bị dùng điện hay còn gọi là thiết bị tiêu thụ là những thiết bị tiêu thụ điện năng như : động cơ điện, lò điện, đèn điện v.v...

* Hộ tiêu thụ là tập hợp các thiết bị điện của phân xưởng hay của xí nghiệp hoặc của khu vực.

* Phụ tải điện là một đại lượng đặc trưng cho công suất tiêu thụ của các thiết bị hoặc các hộ tiêu thụ điện năng.

1. Công suất định mức $P_{đm}$ của một thiết bị tiêu thụ điện là công suất ghi trên nhãn hiệu máy hoặc ghi trong lý lịch máy. Đối với động cơ, công suất định mức ghi trên nhãn hiệu máy chính là công suất cơ trên trục cơ.

Công suất đầu vào của động cơ gọi là công suất đặt. Vậy công suất đặt của động cơ là

$P_đ = \frac{P_{đm}}{\eta_{đc}}$ – với $\eta_{đc}$ là hiệu suất định mức của động cơ.

Vì $\eta_{đc} = 0,8 - 0,95$ khá cao, nên để tính toán đơn giản, cho phép lấy $P_đ \approx P_{đm}$.

2. Công suất đặt $P_đ$:

a) Đối với thiết bị chiếu sáng, công suất đặt là công suất tương ứng với số ghi trên đế hay ở bầu đèn, công suất này bằng với công suất được tiêu thụ bởi đèn khi điện áp mạng điện là định mức.

b) Đối với động cơ điện : làm việc ở chế độ ngắn hạn lập lại như cần trục, công suất định mức được tính toán phải quy đổi về công suất định mức ở chế độ làm việc dài hạn, tức là qui đổi về chế độ làm việc có hệ số tiếp điện ε% = 100%. Công thức quy đổi như sau :

$$P_{đặt} \approx P'_{đm} = P_{đm}\sqrt{\varepsilon_{đm}} \qquad (3\text{-}1)$$

Ở đây – $P'_{đm}$: công suất định mức đã quy về chế độ làm việc dài hạn, $P_{đm}$. $\varepsilon_{đm}$ – các tham số định mức cho trong lý lịch máy.

c) Đối với máy biến áp của lò điện, công suất đặt là :

$$P_đ = S_{đm}\cos\varphi_{đm} \qquad (3\text{-}2)$$

$S_{đm}$ – công suất biểu kiến định mức của máy biến áp ghi trong lý lịch máy.

$\cos\varphi_{dm}$ – hệ số công suất ở lò điện khi phụ tải của nó đạt đến công suất định mức – hệ số này ghi trong lý lịch máy.

d) Đối với máy biến áp hàn, thì công suất đặt được tính toán quy đổi về hệ số tiếp điện ε_{dm} như sau :

$$P_d = S_{dm} \cos\varphi_{dm} \sqrt{\varepsilon_{dm}} \qquad (3\text{-}3)$$

Các tham số định mức trên đã cho trong lý lịch máy.

3. Phụ tải trung bình (công suất, dòng điện) ..

Phụ tải trung bình là một đặc trưng tĩnh của phụ tải trong một khoảng thời gian nào đó. Phụ tải trung bình của các nhóm hộ tiêu thụ điện năng cho ta căn cứ để đánh giá gần đúng giới hạn dưới của phụ tải tính toán. Nói chung, phụ tải trung bình sau một khoảng thời gian t bất kỳ được xác định từ biểu thức sau :

$$P_{tb} = \frac{\int_0^t P \,.\, dt}{t}; \qquad Q_{tb} = \frac{\int_0^t Q.dt}{t} \qquad (3\text{-}4)$$

Phụ tải trung bình trên thực tế được tính theo công thức sau :

- Đối với một thiết bị : $p_{tb} = \frac{A_P}{t}$; $q_{tb} = \frac{A_Q}{t}$ (3-5)

Với A_P, A_Q – điện năng tiêu thụ trong khoảng thời gian khảo sát, KWh, KVAh;

t – là thời gian khảo sát, [h].

- Đối với nhóm thiết bị, thì tính như sau :

$$P_{tb} = \sum_{i=1}^{n} p_i \quad , Q_{tb} = \sum_{i=1}^{n} q_i \qquad (3\text{-}6)$$

Phụ tải trung bình sau một ca tải lớn nhất hay sau một năm được ký hiệu như trên nhưng thêm chỉ số phụ :

$P_{tb\ max}$; $Q_{tb\ max}$; hay $P_{tb\ năm}$; $Q_{tb\ năm}$

Ca tiêu thụ điện năng lớn nhất của các nhóm hộ tiêu thụ của phân xưởng hay xí nghiệp nói chung trong một ngày đêm điển hình thì gọi là ca tải lớn nhất.

Trị số hệ số lớn nhất của phụ tải này phải được lập lại ít nhất không được bé hơn 5 lần trong một năm.

Phụ tải trung bình là một số liệu quan trọng để xác định phụ tải tính toán và tính tổn hao điện năng.

** Phụ tải trung bình tính theo dòng điện*

Đối với lưới điện 3 pha, ta tìm bằng biểu thức :

$$I_{tb} = \frac{\sqrt{P_{tb}^2 + Q_{tb}^2}}{\sqrt{3}\ U_{dm}}$$

Trong đó U_{dm} – áp dây định mức của mạng điện.

4. Phụ tải trung bình bình phương :

Công suất trung bình bình phương P_{tbbp} là công suất sau khoảng thời gian bất kỳ được xác định theo biểu thức sau :

$$P_{tbbp} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T P^2 dt}\ ; \qquad Q_{tbbp} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T Q^2 dt} \tag{3-8}$$

hay

$$P_{tbbp} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \ldots P_n^2 t_n}{\sum_{i=1}^{n} t_i}}\ ; \qquad Q_{tbbp} = \sqrt{\frac{Q_1^2 t_1 + Q_2^2 t_2 + \ldots + Q_n^2 t_n}{\sum_{i=1}^{n} t_i}} \tag{3-9}$$

Dòng điện trung bình bình phương I_{tbbp} được xác định bằng biểu thức sau :

$$I_{tbbp} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \ldots + I_n^2 t_n}{\sum_{i=1}^{n} t_i}} \tag{3-10}$$

hoặc $$I_{tbbp} = \frac{P_{tbbp}}{\sqrt{3}\, U_{dm} \cos\varphi} \tag{3-11}$$

5. Phụ tải cực đại P_{max}

Phụ tải cực đại chia làm hai nhóm :

- a) Phụ tải cực đại P_{max} : phụ tải trung bình lớn nhất được tính trong khoảng thời gian tương đối ngắn. Để tính toán lưới điện và máy biến áp theo phát nóng, ta thường lấy bằng phụ tải trung bình lớn nhất trong thời gian 5, 10 phút, 30 phút hay 60 phút (hình 3-3) (thông thường nhất lấy trong thời gian 30 phút, lúc ấy ký hiệu P_{30}, Q_{30}, S_{30}, I_{30}). Đôi khi người ta dùng phụ tải cực đại được xác định như trên để làm phụ tải tính toán.

Phụ tải cực đại để tính tổn thất công suất lớn nhất và để chọn các thiết bị điện, chọn dây dẫn và dây cáp theo mật độ dòng điện kinh tế.

- b) Phụ tải đỉnh nhọn – $P_{đnh}$ – là phụ tải cực đại xuất hiện trong khoảng thời gian rất ngắn 1 ÷ 2gy. Do vậy có tài liệu gọi là phụ tải cực đại tức thời. Phụ tải này được dùng để kiểm tra độ dao động điện áp, kiểm tra điều kiện tự khởi động của động cơ, chọn dây chảy cầu chì và tính dòng điện khởi động của rơle bảo vệ.

Ngoài việc quan tâm đến trị số phụ tải đỉnh nhọn, chúng ta còn quan tâm đến số lần xuất hiện của phụ tải này vì nếu tần số xuất hiện của nó càng tăng thì càng ảnh hưởng tới sự làm việc bình thường của các thiết bị dùng điện khác ở trong cùng một mạng điện.

6. Phụ tải tính toán P_{tt}

Phụ tải tính toán theo điều kiện phát nóng cho phép được gọi tắt là phụ tải tính toán; đó là phụ tải giả thiết không đổi lâu dài của các phần tử trong hệ thống cung cấp điện (máy biến áp, đường dây v.v...), tương đương với phụ tải thực tế biến đổi theo điều kiện tác dụng nhiệt nặng nề nhất. Nói cách khác, phụ tải tính toán cũng làm nóng dây dẫn lên tới nhiệt độ bằng nhiệt độ lớn nhất do phụ tải thực tế gây ra. Do vậy, về phương diện phát nóng, nếu ta chọn các thiết bị điện theo phụ tải tính toán thì có thể đảm bảo an toàn cho các thiết bị đó trong mọi trạng thái vận hành.

Trong thực tế thiết kế, người ta thường sử dụng khái niệm phụ tải tính toán theo công suất tác dụng P, mặc dù dây dẫn bị đốt nóng là do dòng điện phụ tải của nó. Sở dĩ vì khi vận hành, các đồ thị P (t) được xác định đơn giản hơn và được sử dụng thuận tiện hơn.

Quan hệ giữa phụ tải tính toán và các phụ tải khác được thể hiện ở bất đẳng thức sau đây :

$$P_{tb} \leq P_{tt} \leq P_{max}$$

Những số liệu về hằng số thời gian đốt nóng T_0 của dây dẫn và dây cáp trong điều kiện đặt dây khác nhau cho ở các cẩm nang về điện. Phụ tải tính toán P_{tt} được lấy bằng phụ tải trung bình cực đại xuất hiện trong khoảng thời gian gần bằng 3 T_0 vì sau khoảng thời gian đó trị số phát nóng đạt đến 95% trị số xác lập (1). Do vậy, đối với dây dẫn tiết diện bé và trung bình thường áp dụng phụ tải trung bình cực đại nửa giờ P_{30} (vì T_0 đối với dây dẫn loại này dao động trong phạm vi 10 phút).

7. Hệ số sử dụng k_{sd}

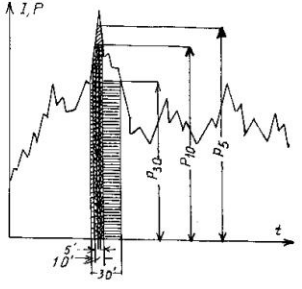
Hệ số sử dụng k_{sd} là tỉ số giữa phụ tải tác dụng trung bình với công suất đặt (hay công suất định mức của thiết bị với cách hiểu như định nghĩa ở mục 3.3.), trong một khoảng thời gian xem xét (giờ, ca, hoặc ngày đêm v.v...). Thời gian xem xét này được gọi là một chu kỳ xem xét t_{ck}.

– Đối với một thiết bị :

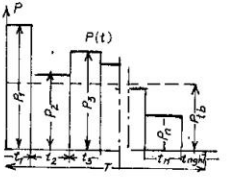
$$k_{sd} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}} \qquad (3\text{-}12)$$

– Đối với một nhóm thiết bị :

$$k_{sd} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}} = \sum_{i=1}^{n} P_{tbi} \Big/ \sum_{i=1}^{n} P_{dmi} \qquad (3\text{-}13)$$



Hình 3-3.



Hình 3-4

Nếu có đồ thị phụ tải như hình 3-4 thì hệ số sử dụng có thể tính như sau :

$$k_{sd} = \frac{P_1t_1 + P_2t_2 + \ldots P_nt_n}{P_{dm}(t_1 + t_2 + \ldots t_n)} \qquad (3\text{-}14)$$

1. Theo tài liệu chỉ dẫn về xác định phụ tải điện trong bố trí công nghiệp.

Hệ số sử dụng nói lên mức sử dụng, mức độ khai thác công suất của thiết bị trong khoảng thời gian xem xét.

8. Hệ số đóng điện cho hộ tiêu thụ $k_{đóng}$

Là tỉ số giữa thời gian đóng điện cho hộ tiêu thụ $t_{đóng}$ với thời gian cả chu kỳ xem xét t_{ck}. Thời gian đóng diện cho hộ tiêu thụ $t_{đóng}$ trong một chu kỳ xem xét là tổng thời gian làm việc t_{lv} với thời gian chạy không tải t_{kt}.

$$k_{đóng} = \frac{t_{đóng}}{t_{ck}} = \frac{t_{lv} + t_{kt}}{t_{ck}} \qquad (3\text{-}15)$$

Hệ số đóng điện của nhóm hộ tiêu thụ được xác định như sau :

$$k_{đóng\ nhóm} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_{đi} \cdot p_{đmi}}{\sum_{i=1}^{n} p_{đmi}} \qquad (3\text{-}16)$$

trong đó

$p_{đmi}$ – công suất định mức hộ tiêu thụ thứ i

$k_{đi}$ – hệ số đóng điện ứng với hộ thứ i.

Trong vận hành, giá trị gần đúng : $k_{đóng}$ xác định nhờ công tơ điện đơn giản theo thời gian. Giá trị $k_{đóng}$ phụ thuộc vào đặc tính của quá trình công nghệ.

9. Hệ số phụ tải k_{pt}

Hệ số phụ tải còn gọi là hệ số mang tải, là tỉ số giữa công suất thực tế tiêu thụ (tức là phụ tải trung bình trong thời gian đóng điện tiêu thụ $P_{tb\ đóng}$) với công suất định mức. Ta thường xét hệ số phụ tải trong chu kỳ xem xét t_{ck}.

$$k_{pt} = \frac{P_{thực\ tế}}{P_{đm}} = \frac{P_{tb\ đóng}}{P_{đm}} = \frac{P_{tb}}{P_{đm}} \cdot \frac{t_{ck}}{t_d} = \frac{k_{sd}}{k_d} \qquad (3\text{-}17).$$

Do đó, từ (3-17) ta được :

$$k_{sd} = k_{pt} \cdot k_{đóng}$$

10. Hệ số cực đại $k_{max} \geq 1$

Hệ số cực đại k_{max} là tỉ số giữa phụ tải tính toán và phụ tải trung bình trong khoảng thời gian xem xét.

$$k_{max} = \frac{P_{tt}}{P_{tb}}$$

Hệ số cực đại thường được tính với ca làm việc có phụ tải lớn nhất.

Hệ số cực đại k_{max} phụ thuộc vào số thiết bị hiệu quả n_{hq}, vào hệ số sử dụng k_{sd} và hàng loạt các yếu tố đặc trưng cho chế độ làm việc của các thiết bị điện trong nhóm.

Hệ số cực đại k_{max} là một hàm số rất phức tạp :

$$k_{max} = \left(1 + \frac{\sqrt{3}\ \sqrt{k_{đ}^2 sd - 1}}{\sqrt{n_{hq}}}\right)(A k_{hd} - B) \qquad (3\text{-}18)$$

trong đó : k_{hdsd} – là hệ số hình dáng của biểu đồ sắp xếp của các hệ số sử dụng riêng biệt theo công suất tác dụng

k_{hd} – hệ số hình dáng đồ thị phụ tải nhóm

A, B là các hệ số tính toán

$A = 4,1$ và $B = 3,1$ khi $k_{hd} \leq 1,1$

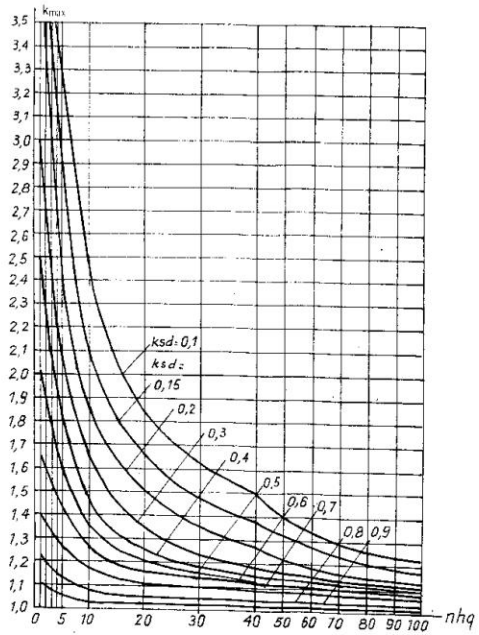
$A = 2,8$ và $B = 1,67$ khi $1,1 < k_{hd} \leq 1,5$

Thực tế, người ta tính k_{max} theo đường cong $k_{max} = f(k_{sd}, n_{hq})$ như ở hình 3-5 hoặc có thể sử dụng bảng ở trong cẩm nang điện.

11. Hệ số nhu cầu $k_{nc} \leq 1$

Hệ số nhu cầu k_{nc} là chỉ số giữa công suất tính toán (trong điều kiện thiết kế) hoặc công suất tiêu thụ (trong điều kiện vận hành) với công suất đặt (công suất định mức) của nhóm hộ tiêu thụ :

$$k_{nc} = \frac{P_{tt}}{P_{dm}} = \frac{P_{tt}}{P_{dm}} \cdot \frac{P_{tb}}{P_{tb}} = k_{max} \cdot k_{sd} \qquad (3\text{-}19).$$



Hình 3-5

Cũng giống như hệ số cực đại, hệ số nhu cầu thường tính cho phụ tải tác dụng. Đối với chiếu sáng, $k_{nc} = 0,8$.

Theo tài liệu nước ngoài thì hệ số nhu cầu được tính bằng tỉ số phụ tải tác dụng cực đại trong thời gian 30 phút (P_{30}) với công suất đặt.

$$k_{nc} = \frac{P_{30}}{P_{đặt}},$$

12. Hệ số hình dáng k_{hd}

Hệ số hình dáng k_{hd} là tỉ số công suất trung bình bình phương của một hộ tiêu thụ hoặc của một nhóm hộ tiêu thụ với giá trị trung bình của nó trong thời gian khảo sát. Ví dụ hệ số hình dáng công suất tác dụng :

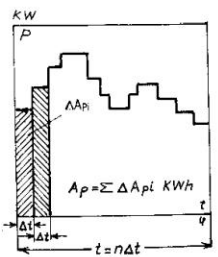
$$k_{hdp} = \frac{P_{tb.bp}}{P_{tb}}, \qquad (3\text{-}20)$$

hệ số hình dáng của dòng điện :

$$k_{hdI} = \frac{I_{tbp}}{I_{tb}} \text{ ở đây } I_{tbbp} = \sqrt{\frac{1}{t}\int_0^t i^2 dt} \qquad (3\text{-}21)$$

Xác định giá trị P_{tbbp} và I_{tbbp} như biểu thức (3-9) và (3-10)

Ví dụ : Có đồ thị phụ tải tác dụng như hình (3-6) :



Hình 3-6

$$k_{hdP} = \frac{P_{tbbp}}{P_{tb}} = \sqrt{n} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\Delta A\, pi)^2}}{A_p} \qquad (3\text{-}22)$$

Ở đây : – ΔA_{pi} – điện năng ứng với công suất tác dụng sau thời gian $\Delta t = \frac{t}{n}$, đơn vị kwh

– n – số lượng các khoảng Δt mà đồ thị đã được chia nhỏ ra.

– t – thời gian ứng với đồ thị, đơn vị giây [s] hay giờ [h]

– A_p. Điện năng toàn bộ sau thời gian t, đơn vị kwh (theo chỉ số của công tơ).

Hệ số hình dáng đặc trưng sự không đồng đều của đồ thị phụ tải theo thời gian.

13. Hệ số điền kín đồ thị phụ tải : $k_{đk}$

Hệ số điền kín đồ thị phụ tải $k_{đk}$ là tỉ số giữa công suất tác dụng trung bình với công suất cực đại trong thời gian khảo sát :

$$k_{đk} = \frac{P_{tb}}{P_{max}} \qquad (3\text{-}23)$$

Thời gian khảo sát lấy bằng thời gian của ca phụ tải lớn nhất Nếu ta coi $P_{max} = P_{tt}$ thì hệ số điền kín của phụ tải là :

$$k_{đk} = \frac{P_{tb}}{P_{max}} = \frac{P_{tb}}{P_{tt}} = \frac{1}{k_{max}} \qquad (3\text{-}24)$$

Hệ số điền kín của phụ tải k_{dk} đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá đồ thị phụ tải ngày đêm và đồ thị phụ tải năm.

14. Hệ số đồng thời : là tỉ số giữa công suất tác dụng tính toán cực đại tại nút khảo sát của hệ thống cung cấp điện với tổng các công suất tác dụng tính toán cực đại của các nhóm hộ tiêu thụ riêng biệt nối vào nút đó, tức là :

$$k_{đt} = \frac{P_{tt}}{\sum_{n=1}^{n} p_{tti}}$$

hoặc có thể định nghĩa như sau : Hệ số đồng thời là tỉ số giữa phụ tải cực đại nửa giờ tính tổng tại nút khảo sát của phân xưởng hay nhà máy với tổng các phụ tải cực đại nửa giờ của các nhóm hộ tiêu thụ riêng biệt hay phân xưởng riêng biệt.

Đối với phân xưởng : $k_{đt} = \dfrac{P_{30\ \text{phân xưởng}}}{\sum_{i=1}^{n} p_{30\ \text{nhóm hộ tiêu thụ i}}}$

Đối với nhà máy : $k_{đt} = \dfrac{P_{30\ \text{nhà máy}}}{\sum_{i=1}^{n} p_{30\ \text{phân xưởng thứ i}}}$

Ở đây – $\sum_{i=1}^{n} p_{30\ \text{nhóm hộ tiêu thụ thứ i}}$ – là tổng các phụ tải cực đại nửa giờ của các nhóm hộ tiêu thụ riêng biệt của phân xưởng.

– P 30 phân xưởng – phụ tải cực đại nửa giờ của phân xưởng, tính tại nút của phân xưởng.

– $\sum_{i=1}^{n} p_{30\ \text{phân xưởng thứ i}}$ – là tổng các phụ tải cực đại nửa giờ của các phân xưởng riêng biệt của nhà máy.

– P 30 nhà máy – Phụ tải cực đại nửa giờ của toàn nhà máy. Rõ ràng hệ số này đặc trưng cho sự xê dịch cực đại của phụ tải của các nhóm hộ tiêu thụ riêng biệt đối với phụ tải cực đại chung của phân xưởng hoặc sự xê dịch cực đại của phụ tải các phân xưởng riêng biệt đối với phụ tải cực đại chung của nhà máy. Hệ số đồng thời này theo tài liệu nước ngoài có giá trị sau :

– Đối với đường dây cao áp của hệ thống cung cấp điện trong xí nghiệp lấy gần đúng $k_{đt} = 0,85 \div 1,0$

– Đối với thanh cái của trạm hạ áp của xí nghiệp, và các đường dây tải điện (của hệ thống cung cấp điện bên ngoài)

thì : $k_{đt} = 0,9 \div 1,0$

Nhưng cần chú ý là : sau khi tính với $k_{đt}$, thì phụ tải tính toán tổng ở nút xét của hệ thống cung cấp điện không được nhỏ hơn phụ tải trung bình tại nơi đó.

15. Số thiết bị tiêu thụ điện năng hiệu quả : n_{hq}

Giả thiết có một nhóm gồm n thiết bị có công suất định mức và chế độ làm việc khác nhau. Ta gọi n_{hq} là số thiết bị tiêu thụ điện năng hiệu quả của nhóm đó, đó là một số quy đổi gồm có n_{hq} thiết bị có công suất định mức và chế độ làm việc như nhau và tạo

nên phụ tải tính toán bằng phụ tải tiêu thụ thực bởi n thiết bị tiêu thụ trên. Số thiết bị tiêu thụ điện năng hiệu quả được xác định một cách tương đối chính xác như sau :

$$n_{hq} = \left(\sum_{i=1}^{n} p_{dmi}\right)^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n} (p_{dmi})^2 \qquad (3\text{-}25)$$

– Nếu tất cả các thiết bị tiêu thụ của nhóm đều có công suất định mức như nhau P_{dm} thì :

$$n_{hq} = (np_{dmi})^2/np^2_{dmi} = n \qquad (3\text{-}26a)$$

– Nếu các hộ tiêu thụ của nhóm có công suất định mức khác nhau thì $n_{hq} < n$

Công thức (3-25) dùng để tính n_{hq} khi số thiết bị dùng điện trong nhóm đến $n \leq 5$.

Khi $n > 5$ thì việc tính n_{hq} như (3-25) rất phiền phức, do vậy, ta sẽ dùng phương pháp đơn giản hóa để tính n_{hq} với sai số cho phép trong phạm vi ± 10%.

Phương pháp tiện lợi nhất trong số các phương pháp đơn giản là ta tìm n_{hq} theo bảng hoặc theo đường cong cho trước. Trình tự tính như sau :

– Chọn những thiết bị có công suất lớn mà công suất định mức của mỗi thiết bị này bằng hoặc lớn hơn một nửa công suất của thiết bị có công suất lớn nhất trong nhóm.

– Xác định số n_1 – là số thiết bị có công suất không nhỏ hơn một nửa công suất của thiết bị có công suất lớn nhất, và ứng với n_1 này xác định tổng công suất định mức : Σp_{dm1}

– Xác định số n và tổng công suất định mức ứng với n : Σp_{dmn}

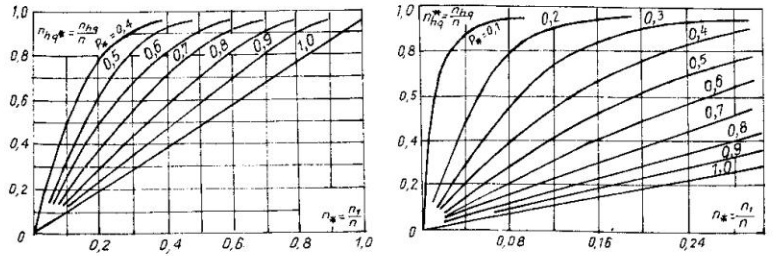
– Tìm giá trị $n_* = \dfrac{n_1}{n}$ và $P_* = \dfrac{\Sigma p_{dm1}}{\Sigma p_{dmn}}$ (3-26b)

– Dựa vào đường cong hình 3-7 hoặc bảng (3-1), ứng với giá trị vừa tìm được n_*, P_* ta xác định giá trị n_{hq*}. Sau đó từ $n_{hq*} = \dfrac{n_{hq}}{n}$ ta tìm được $n_{hq} = n_{hq*} n$.

Ví dụ : 3-1 : Xác định trị số n_{hq} đối với nhóm thiết bị bao gồm : 3 động cơ điện công suất mỗi động cơ 120kW, 4 động cơ điện mỗi động cơ 90 kW, 3 động cơ 50kW,6 động cơ 20kW và 12 động cơ mỗi chiếc 10kW.

Giải : n = 3 + 4 + 3 + 6 + 12 = 28 động cơ

$$n_1 = 3 + 4 = 7 \text{ và } n_* = \frac{n_1}{n} = \frac{7}{28} = 0{,}25$$



Hình 3-7

$\Sigma p_{đmn1} = 3 \times 120 + 4 \times 90 = 720kW$

$\Sigma p_{đmn} = 3 \times 120 + 4 \times 90 + 3 \times 50 + 6 \times 20 + 12 \times 10 = 1110kW$

$$P_* = \frac{\Sigma p_{mn1}}{\Sigma p_{đmn}} = \frac{720}{1110} \approx 0,65$$

Tra bảng đối với $P_* = 0,65$ và $n_* = 0,25$, ta được $n_{hq*} = 0,51$ và khi đó.

$n_{hq} = n_{hq*} . n = 0,51 \times 28 \approx 14$

Bảng tính $n_{hq*} = \frac{n_{hq}}{n}$ **theo** $n_* = \frac{n_1}{n}$ **và** $P_* = \frac{\Sigma p_{đmn1}}{\Sigma p_{đmn}}$ *Bảng 3-1*

$n_* = \frac{n_1}{n}$	P*																			
	1,0	0,95	0,9	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,007	0,009	0,010	0,011	0,013	0,016	0,019	0,024	0,030	0,039	0,051	0,073	0,11	0,18	0,34
0,01	0,009	0,011	0,012	0,013	0,015	0,017	0,019	0,023	0,026	0,031	0,037	0,047	0,059	0,076	0,10	0,14	0,20	0,32	0,52
0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14	0,19	0,26	0,36	0,51	0,71
0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16	0,21	0,27	0,36	0,48	0,64	0,81
0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18	0,22	0,27	0,34	0,44	0,57	0,72	0,86
0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22	0,26	0,33	0,41	0,51	0,64	0,79	0,90
0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,21	0,26	0,31	0,38	0,47	0,58	0,70	0,83	0,92
0,08	0,08	0,08	0,09	0,11	0,12	0,03	0,15	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,40	0,48	0,57	0,68	0,79	0,89	0,94
0,10	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,25	0,29	0,34	0,40	0,47	0,56	0,66	0,76	0,85	0,92	0,95
0,15	0,14	0,16	0,17	0,20	0,23	0,25	0,28	0,32	0,37	0,42	0,48	0,56	0,57	0,72	0,80	0,88	0,93	0,95	
0,20	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,33	0,37	0,42	0,47	0,54	0,64	0,69	0,76	0,83	0,89	0,93	0,95		
0,25	0,24	0,26	0,29	0,32	0,36	0,41	0,45	0,51	0,57	0,64	0,71	0,78	0,85	0,90	0,93	0,95			
0,30	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,48	0,53	0,60	0,66	0,75	0,80	0,86	0,90	0,94	0,95				
0,35	0,33	0,37	0,41	0,45	0,50	0,56	0,62	0,68	0,74	0,81	0,86	0,91	0,94	0,95					
0,40	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,86	0,91	0,93	0,95						
0,45	0,43	0,44	0,52	0,58	0,64	0,70	0,76	0,81	0,87	0,91	0,93	0,95							
0,50	0,48	0,47	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,89	0,91	0,94	0,95								
0,55	0,52	0,57	0,63	0,69	0,75	0,82	0,87	0,91	0,94	0,95									
0,60	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,87	0,91	0,94	0,95										
0,65	0,62	0,68	0,74	0,81	0,86	0,91	0,94	0,95											
0,70	0,66	0,73	0,80	0,86	0,90	0,94	0,95												
0,75	0,70	0,78	0,85	0,90	0,93	0,95													
0,80	0,70	0,83	0,89	0,94	0,95														
0,85	0,80	0,88	0,93	0,95															
0,90	0,85	0,92	0,95																
1,00	0,95																		

3.4. Xác định phụ tải tính toán

Hiện nay có nhiều phương pháp để tính phụ tải tính toán. Thông thường những phương pháp đơn giản, tính toán thuận tiện lại cho kết quả không thật chính xác; còn nếu muốn độ chính xác cao thì phương pháp tính toán lại phức tạp. Do vậy tùy theo giai đoạn thiết kế và yêu cầu cụ thể mà chọn phương pháp tính cho thích hợp.

Thiết kế cung cấp điện cho các xí nghiệp bao gồm hai giai đoạn : Giai đoạn làm nhiệm vụ thiết kế và giai đoạn bản vẽ thi công. Trong giai đoạn làm nhiệm vụ thiết kế (hoặc thiết kế kỹ thuật), ta tính sơ bộ gần đúng phụ tải điện dựa trên cơ sở tổng công suất đã biết của các hộ tiêu thụ (bộ phận, phân xưởng hay khu nhà v.v...). Ở giai đoạn thiết kế thi công, ta tiến hành xác định chính xác phụ tải điện dựa vào các số liệu cụ thể về các hộ tiêu thụ của các bộ phận, phân xưởng v.v...

Khi có một hệ thống điện cụ thể, thì yêu cầu xác định một cách chính xác phụ tải điện ở các cấp của hệ thống. Do vậy, ngoài việc xác định phụ tải tính toán chúng ta còn phải tính đến tổn thất công suất ở các cấp trong hệ thống diện.

Trong hệ thống cung cấp điện, tổn thất công suất xảy ra chủ yếu là trên dây dẫn và trong máy biến áp.

Nguyên tắc chung để tính phụ tải của hệ thống điện là tính từ thiết bị dùng điện ngược trở về nguồn, tức là được tiến hành từ bậc thấp đến bậc cao của hệ thống cung cấp điện. Trên hình 3-8 biểu diễn sơ đồ cung cấp điện xí nghiệp với các điểm nút đặc trưng nhất, tại đó ta tiến hành xác định các phụ tải điện.

Mục đích của việc tính toán phụ tải điện các điểm nút nhằm :

– Chọn tiết diện dây dẫn của lưới cung cấp và phân phối điện áp từ dưới 1000 V trở lên.

– Chọn số lượng và công suất máy biến áp của trạm biến áp.

– Chọn tiết diện thanh dẫn của thiết bị phân phối.

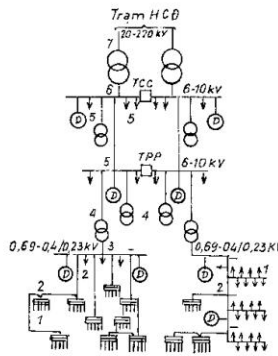
– Chọn các thiết bị chuyển mạch và bảo vệ.

Sau đây là một vài hướng dẫn về cách chọn phương pháp tính :

1. Để xác định phụ tải tính toán của các hộ tiêu thụ riêng biệt ở các điểm nút điện áp dưới 1000V trong lưới điện phân xưởng (hình 3-8 vị trí 1,2) nên dùng phương pháp số thiết bị hiệu quả n_{hq} bởi vì phương pháp này có kết quả tương đối chính xác, hoặc theo phương pháp thống kê.

2. Để xác định phụ tải ở các cấp cao của hệ thống cung cấp điện, tức là tính từ thanh cái các phân xưởng hoặc thanh cái trạm biến áp đến đường dây cung cấp cho xí nghiệp (vị trí 3 đến 7 ở hình 3-8) ta nên áp dụng phương pháp dựa trên cơ sở giá trị trung bình và các hệ số k_{max}, k_{hd}. Trong nhiều trường hợp, giá trị k_{max} và k_{hd} lấy trong giới hạn 1,05 đến 1,2.

3. Khi tính sơ bộ ở giai đoạn làm nhiệm vụ thiết kế với các cấp cao của hệ thống cung cấp điện (hình



Hình 3-8

3-8 ở cấp cao từ 3 đến 7) có thể sử dụng phương pháp tính toán theo công suất đặt và hệ số nhu cầu k_{nc}. Trong một số trường hợp cá biệt thì có thể tính theo phương pháp suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm hoặc phương pháp suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất.

Sau đây trình bày chi tiết của các phương pháp tính đã nêu trên.

3.4.1. Xác định phụ tải tính toán theo suất tiêu hao điện năng trên đơn vị sản phẩm

Đối với các hộ tiêu thụ có đồ thị phụ tải không đổi hoặc thay đổi ít, phụ tải tính toán lấy bằng giá trị trung bình của ca phụ tải lớn nhất đó. Hệ số đóng điện của các hộ tiêu thụ này lấy bằng 1, còn hệ số phụ tải thay đổi rất ít.

Đối với các hộ tiêu thụ có đồ thị phụ tải thực tế không thay đổi, phụ tải tính toán bằng phụ tải trung bình và được xác định theo suất tiêu hao điện năng trên một đơn vị sản phẩm khi cho trước tổng sản phẩm sản xuất trong một khoảng thời gian.

$$P_{tt} = P_{ca} = \frac{M_{ca} \cdot W_0}{T_{ca}} \qquad (2\text{-}27)$$

Trong đó : M_{ca} - số lượng sản phẩm sản xuất trong 1 ca

T_{ca} – thời gian của ca phụ tải lớn nhất, [h]

W_0 – suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm:kWh/một đơn vị sản phẩm.

Khi biết W_0 và tổng sản phẩm sản xuất trong cả năm M của phân xưởng hay xí nghiệp, phụ tải tính toán sẽ là :

$$P_{tt} = \frac{M \cdot W_0}{T_{max}} \qquad (3\text{-}28)$$

T_{max} – thời gian sử dụng công suất lớn nhất, giờ [h]. Suất tiêu hao điện năng của từng dạng sản phẩm cho trong các tài liệu cẩm nang tra cứu.

3.4.2. Xác định phụ tải tính toán theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất.

Công thức tính : $P_{tt} = p_0 \cdot F$ (3-29)

Ở đây F – diện tích bố trí nhóm hộ tiêu thụ, [m^2]

p_0 – suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất là 1 m^2, đơn vị [kW/m^2].

Suất phụ tải tính toán trên một đơn vị sản xuất phụ thuộc vào dạng sản xuất và được phân tích theo số liệu thống kê.

Phương pháp này chỉ cho kết quả gần đúng. Nó được dùng để tính phụ tải các phân xưởng có mật độ máy móc sản xuất phân bố tương đối đều (ví dụ : phân xưởng dệt, sản xuất vòng bi, gia công cơ khí v.v...).

3.4.3. Xác định phụ tải tính toán theo công suất đặt và hệ số nhu cầu k_{nc}.

Phụ tải tính toán của nhóm thiết bị có cùng chế độ làm việc được tính theo biểu thức :

$$\left.\begin{aligned} P_{tt} &= k_{nc} \cdot \sum_{i=1}^{n} p_{đi} \\ Q_{tt} &= P_{tt} \cdot tg\,\varphi \\ S_{tt} &= \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = \frac{P_{tt}}{\cos\varphi} \end{aligned}\right\} \qquad (3\text{-}30)$$

Ở đây, ta lấy $P_d = P_{đm}$ thì ta được :

$$P_{tt} = k_{nc} \cdot \sum_{i=1}^{n} p_{đmi} \qquad (3\text{-}31)$$

Trong đó, k_{nc} – hệ số nhu cầu của nhóm thiết bị tiêu thụ đặc trưng, tra ở các cẩm nang tra cứu.

tgφ – ứng với cos φ, đặc trưng cho nhóm thiết bị trong các tài liệu tra cứu ở cẩm nang. Nếu hệ số cos φ của các thiết bị trong nhóm không giống nhau thì phải tính hệ số công suất trung bình theo cong thức :

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{P_1\cos\varphi_1 + P_2\cos\varphi_2 + P_3\cos\varphi_3 + \ldots + P_n\cos\varphi_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_n}$$

Phụ tải tính toán ở điểm nút của hệ thống cung cấp điện (phân xưởng, tòa nhà, xí nghiệp) được xác định bằng tổng phụ tải tính toán của các nhóm thiết bị nối đến nút này có kể đến hệ số đồng thời, tức là ta tính như sau :

$$S_{tt} = k_{đồng\ thời} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} P_{tti}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n} Q_{tti}\right)^2} \qquad (3\text{-}32)$$

Ở đây $\sum_{i=1}^{n} P_{tti}$ – tổng phụ tải tác dụng tính toán của các nhóm thiết bị xác định theo công thức (3–30).

$\sum_{i=1}^{n} Q_{tti}$ – tổng phụ tải phản kháng tính toán của các nhóm thiết bị xác định theo công thức (3–30).

$k_{đồng\ thời}$ – hệ số đồng thời, nó nằm trong giới hạn 0,85 ÷ 1.

Phương pháp tính phụ tải tính toán theo hệ số nhu cầu có ưu điểm là đơn giản, tính toán thuận tiện, nên nó là phương pháp thường dùng. Nhược điểm của phương pháp này là kém chính xác vì k_{nc} tra ở sổ tay ; thực tế là một số liệu phụ thuộc vào chế độ vận hành và số thiết bị trong nhóm này (mà ở sổ tay thường không tính đến các yếu tố đó). Thật vậy ta có thể thấy rõ điều này qua biểu thức (3–19) :

$$k_{nc} = k_{max} \cdot k_{sd}$$

mà k_{max} phụ thuộc vào hàng loạt các yếu tố đặc trưng cho chế độ làm việc của các thiết bị điện trong nhóm. Do vậy k_{nc} cũng phụ thuộc vào các yếu tố như đối với k_{max}.

3.4.4. Xác định phụ tải tính toán theo hệ số cực đại k_{max} và công suất trung bình Ptb (còn gọi là phương pháp số thiết bị hiệu quả n_{hq} hay phương pháp sắp xếp biểu đồ)

Khi cần nâng cao độ chính xác của phụ tải tính toán hoặc khi không có các số liệu cần thiết để áp dụng các phương pháp tương đối đơn giản đã nêu ở trên thì ta dùng phương pháp này.

Công thức tính như sau :

$$P_{tt} = k_{max} \cdot P_{ca} = k_{max} \cdot k_{sd} \cdot P_{đm}$$

$$\text{hay } P_{tt} = k_{nc} \cdot P_{đm} \qquad (3\text{-}33)$$

Cơ sở để xác định phụ tải tính toán là sử dụng phụ tải trung bình cực đại trong thời gian T gần bằng 3 T_o ($T \approx 3T_0$; với $T_0 \approx 10$ phút do đó $T \approx 30$ phút). Trên cơ sở đó, người ta đã đưa ra công thức tính toán gần đúng (3–18) và xây dựng đường cong $k_{max} = f(k_{sd}, n_{hq})$ để xác định k_{max}.

Vậy, một cách chính xác, có thể viết như sau :

$$P_{tt\,(30)} = k_{max\,(30)} \cdot P_{ca} \qquad (3.34)$$

Ở đây $P_{tt\,(30)}$ – phụ tải tác dụng tính toán của nhóm thiết bị trong thời gian 30 phút hay còn gọi là phụ tải cực đại nửa giờ.

P_{ca} – công suất tác dụng trung bình của nhóm thiết bị ở ca phụ tải lớn nhất.

$k_{max\,(30)}$ – hệ số cực đại của công suất tác dụng ứng với thời gian trung bình 30 phút được xác định theo đường cong :

$$k_{max} = f(n_{hq}, k_{sd})$$

Khi hằng số thời gian đốt nóng dây dẫn T_o lớn hơn 10 phút nhiều thì phải tính lại k_{max} với thời gian lớn hơn, khi đó :

$$k_{max,T>30ph} = 1 + \frac{k_{max} - 1}{\sqrt{2T}} \qquad (3–35)$$

Ở đây k_{max} – hệ số cực đại khi T = 30 phút

Công thức (3-34) khi đó sẽ là

$$P_{tt,T>30phút} = k_{max,T>30phút} \cdot P_{ca} \qquad (3–36)$$

Ta chỉ có thể xác định phụ tải tính toán theo công thức (3–34) và (3–36) khi số các thiết bị hiệu quả của nhóm lớn hơn hoặc bằng 4 ($n_{hq} \geq 4$).

Phương pháp này cho kết quả tương đối chính xác vì khi xác định số thiết bị hiệu quả n_{hq} chúng ta đã xét tới hàng loạt các yếu tố quan trọng như ảnh hưởng của số lượng thiết bị trong nhóm, số thiết bị có công suất lớn nhất cũng như sự khác nhau về chế độ làm việc của chúng.

Trong một số trường hợp cụ thể, ta có thể dùng các phương pháp đơn giản sau đây để xác định phụ tải tính toán :

1. Khi $n \leq 3$ và $n_{hq} < 4$, ta tính theo công thức sau :

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^{n} P_{đmi} \qquad (3–37)$$

$$Q_{tt} = \sum_{i=1}^{n} Q_{đmi} = \sum_{i=1}^{n} P_{đmi} \cdot tg\varphi_{đmi} \qquad (3–38)$$

Ở đây n – số thiết bị thực tế trong nhóm ($n \leq 3$)

$tg\varphi_{đmi}$ – ứng với hệ số công suất định mức của thiết bị thứ i. Khi không có các số liệu về trị số $cos\varphi_{đmi}$ thì ta lấy $cos\varphi$ bằng 0,8. Đối với thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lập lại thì :

$$S_{tt} = \frac{S_{đm} \cdot \sqrt{\varepsilon_{đm}}}{0,875}$$

2. Trường hợp số thiết bị thực tế trong nhóm n > 3 và $n_{hq} < 4$ ta tính theo công thức sau :

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^{n} P_{đmi} \cdot k_{pti} \qquad (3.39)$$

trong đó k_{pti} – hệ số phụ tải của thiết bị thứ i.

– Khi không có số liệu chính xác về k_{pt} và $\cos\varphi_{đm}$, ta có thể lấy giá trị trung bình của chúng như sau :

+ đối với thiết bị làm việc ở chế độ dài hạn : $k_{pt} = 0,9$ và $\cos\varphi_{đm} = 0,8$.

+ đối với thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lập lại :

$$k_{pt} = 0,75 \text{ và } \cos\varphi_{đm} = 0,7$$

3. Nếu $n_{hq} > 300$ và $k_{sd} < 0,5$ thì hệ số cực đại k_{max} sẽ lấy ứng với $n_{hq} = 300$. Còn khi $n_{hq} > 300$ và $k_{sk} \geq 0,5$ thì

$$P_{tt} = 1,05\ k_{sd} \cdot P_{đm} \qquad (3–40)$$

(sở dĩ vì bảng chỉ cho giá trị n_{hq} đến 300).

4. Đối với nhóm thiết bị có chế độ làm việc lâu dài với đồ thị phụ tải bằng phẳng (các bơm, quạt, máy nén khí v.v...) thì hệ số cực đại có thể lấy bằng 1 và do đó phụ tải tính toán của nhóm thiết bị lấy bằng giá trị trung bình của ca mang tải lớn nhất tức là :

$$P_{tt} = P_{ca} = P_{tb} = k_{sd} \cdot P_{đm} \qquad (3.41)$$

3.5. Phương pháp tính một số phụ tải đặc biệt :

3.5.1. Tính phụ tải tính toán cho thiết bị điện một pha :

Nếu trong mạng có các thiết bị điện một pha thì ta phải phân phối các thiết bị đó lên ba pha của mạng sao cho mức độ không cân bằng giữa các pha là ít nhất. Khi đó :

a) Nếu tại điểm cung cấp (tủ phân phối, đường dây chính v.v...) phần công suất không cân bằng bé hơn 15% tổng công suất tại điểm đó thì các thiết bị một pha được coi như thiết bị ba pha có công suất tương đương, tức là : nếu :

$$\sum P_{\text{không cân bằng}} \leq 0,15 \sum P_{\text{cân bằng}}$$

thì phụ tải không cân bằng được tính toán như phụ tải cân bằng.

b) Nếu phần công suất không cân bằng lớn hơn 15% tổng công suất các thiết bị ở điểm xét, thì phụ tải tính toán quy đổi về ba pha $P_{tt\ (3\ pha)}$ của các thiết bị một pha được tính như sau :

+ Trường hợp thiết bị một pha nối vào điện áp pha của mạng điện thì :

$$P_{tt\ (3\ pha)} = 3P_{1\ pha\ (max)} \qquad (3\text{-}42).$$

Với $P_{1\ pha\ (max)}$ – tổng công suất các thiết bị một pha của pha có phụ tải lớn nhất.

+ Trường hợp thiết bị một pha nối vào điện áp dây của mạng thì :

$$P_{tt\ (3\ pha)} = \sqrt{3} \cdot P_{1\ pha} \qquad (3–43)$$

+ Trường hợp trong mạng vừa có thiết bị một pha nối vào điện áp pha, lại vừa có thiết bị một pha nối vào điện áp dây, thì ta phải quy đổi các thiết bị nối vào điện áp dây thành thiết bị nối vào điện áp pha.

Phụ tải tính toán một pha bằng tổng phụ tải của thiết bị một pha nối vào điện áp pha và phụ tải quy đổi của thiết bị một pha nối vào điện áp dây. Sau đó, ta sẽ tính phụ tải ba pha bằng 3 lần phụ tải của pha có phụ tải lớn nhất (công thức 3.42).

Bảng 3-2. Cho các hệ số quy đổi.

Bảng 3-2

Hệ số quy đổi phụ tải một pha nối vào điện áp dây thành phụ tải một pha nối vào điện áp pha của mạng.

Hệ số quy đổi	Hệ số công suất của phụ tải							
	0,4	0,5	0.6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0
p(ab)a, p(bc)b, p(ac)c	1,17	1	0,89	0,84	0,80	0,72	0,64	0,5
p(ab)b, p(bc)c, p(ac)a	– 0,17	0	0,11	0,16	0,20	0,28	0,36	0,5
q(ab)a, q(bc)b, q(ac)c	0,86	0,58	0,38	0,30	0,22	0,09	– 0,05	– 0,29
q(ab)b, q(bc)c, q(ac)a	1,44	1,16	0,96	0,88	0,80	0,67	0,53	0,29

Ví dụ 3.2. Một mạng có thiết bị một pha nối vào điện áp dây U_{ab}, U_{ac} và điện áp pha U_{ao}. Hãy quy đổi về phụ tải pha A.

Giải : Phụ tải tác dụng của pha a :

$$P_{pha\ a} = P_{ab} \cdot p_{(ab)a} + P_{ac} p_{(ac)a} + P_{ao}$$

Phụ tải phản kháng của pha a :

$$Q_{pha\ a} = Q_{ab} \cdot q_{(ab)a} + Q_{ac} q_{(ac)a} + Q_{ao}$$

Trong đó : – P_{ab}, P_{ac}, Q_{ab}, Q_{ac} – tổng công suất tác dụng và phản kháng của các thiết bị một pha nối vào điện áp dây U_{ab} và U_{ac};

– P_{ao}, Q_{ao} – tổng công suất tác dụng và phản kháng của các thiết bị một pha nối vào điện áp pha U_{ao};

Các $p_{(ab)a}$; $p_{(ac)a}$; $q_{(ab)a}$ và $q_{(ac)a}$ – là các hệ số quy đổi tra ở bảng 3-2.

3.5.2. Tính phụ tải đỉnh nhọn :

Phụ tải cực đại kéo dài trong thời gian từ 1 ÷ 2 giây thì gọi là phụ tải đỉnh nhọn. Phụ tải đỉnh nhọn thường được tính dưới dạng dòng điện đỉnh nhọn I_{dn}. Dòng điện này dùng để kiểm tra bộ lệch điện áp, chọn các thiết bị bảo vệ, tính toán tự khởi động của động cơ v.v...

Ngoài việc quan tâm đến giá trị I_{dn}, ta cần phải quan tâm đến tần số xuất hiện của nó. Dòng điện đỉnh nhọn xuất hiện khi động cơ khởi động, lò hồ quang hay máy hàn làm việc...

Đối với một máy, dòng điện đỉnh nhọn chính là dòng điện mở máy.

$$I_{dn} = I_{mm} = k_{mm} \cdot I_{đm} \qquad (3\text{–}44)$$

Trong đó k_{mm} – bội số mở máy của động cơ.

Khi không có số liệu chính xác thì bội số mở máy có thể lấy như sau :

– đối với động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc :

$$k_{mm} = 5 \div 7$$

– đối với động cơ điện một chiều hoặc động cơ không đồng bộ rôto dây quấn : $k_{mm} = 2,5$.

Đối với máy biến áp và lò điện hồ quang $k_{mm} \geq 3$ (theo lý lịch máy tức là không quy đổi về $\varepsilon\% = 100\%$).

Đối với một nhóm máy, dòng điện đỉnh nhọn xuất hiện khi máy có dòng điện mở máy lớn nhất trong nhóm mở máy, còn các máy khác làm việc bình thường. Do đó công thức tính như sau :

$$I_{đn} = I_{mm(max)} + (I_{tt} - k_{sd}\, I_{dm(max)}), \qquad (3\text{–}45)$$

Ở đây = $I_{mm(max)}$ dòng điện mở máy lớn nhất trong các dòng điện mở máy của các động cơ trong nhóm.

I_{tt} – dòng điện tính toán của nhóm máy.

k_{sd} – hệ số sử dụng của động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất.

$I_{dm(max)}$ – dòng điện định mức của động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất đã quy đổi về chế độ làm việc dài hạn .

Trong một số trường hợp đặc biệt như : hộ tiêu thụ có phụ tải xung kích (ví dụ : lò hồ quang mạnh, các bộ truyền động biến đổi chỉnh không có bánh đà của máy cán thép liên hợp) thì dòng điện đỉnh nhọn sẽ được tính toán theo phương pháp đặc biệt.

Ví dụ 3.3 : Tính dòng điện đỉnh nhọn của đường dây cung cấp cho phụ tải số liệu sau :

Bảng 3–3

Động cơ	$P_{đm}$ [KW]	$\varepsilon\%$	Cosφ	$I_{đm}$ [A]	k_{mm}
Nâng hàng	12	15	0,66	27,5	5,5
Xe con	4	15	0,72	8,45	2,5
Xe lớn	8	15	0,75	16,30	2,5

Điện áp U = 380/220V, hệ số sử dụng $k_{sd} = 0,1$

Giải : Nhìn bảng 3–3 ta thấy động cơ nâng hàng có dòng điện mở máy lớn nhất.

$$I_{mm(max)} = k_{mm}\, I_{đm} = 5,5 \cdot 27,5 = 151A$$

Phụ tải tính toán của nhóm động cơ quy đổi về chế độ làm việc dài hạn ($\varepsilon\% = 100\%$).

$$P_{tt} = P_{đặt} \approx P'_{đm} = \sum_{i=1}^{3} P_{đmi} \sqrt{\varepsilon_{đmi}} \text{ công thức (3–1)}$$

$$P_{tt} = (12 + 4 + 8)\sqrt{0,15} = 9,3 \text{ kW}$$

$$Q_{tt} = \sum_{i=1}^{3} (P_{đmi} \cdot \sqrt{\varepsilon_{đmi}} \cdot tg\varphi_i) =$$

$$Q_{tt} = 12\sqrt{0,15} \cdot 1,13 + 4\sqrt{0,15} \cdot 0,964 + 8\sqrt{0,15} \cdot 0,88$$

$$= 5,15 + 1,46 + 2,68 = 9,27 \text{ KVAR}$$

$$S_{tt} = \sqrt{9,3^2 + 9,27^2} \approx 13,2\text{KVA}$$

Dòng điện tính toán của nhóm máy :

$$I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3}\ U_{dm}} = \frac{13,2}{\sqrt{3}\ .\ 0,38} = 20,1A$$

Dòng điện định mức của động cơ nâng hàng (quy đổi về $\varepsilon\% = 100\%$).

$$I_{dm(max)} = 27,5\ \sqrt{0,15} = 10,6A$$

Dòng điện đỉnh nhọn của đường dây cung cấp là : công thức (3-45)

$$I_{đn} = I_{mm(max)} + (I_{tt} - k_{sd}\ .\ I_{dm(max)})$$

$$I_{đn} = 151 + (20,1 - 0,1\ .\ 10,6) \approx 170\ A$$

3.6. Một vài nét về dự báo phụ tải điện.

Thực tế cho thấy : phụ tải điện của xí nghiệp tăng lên không ngừng thường do các nguyên nhân như : tăng dung lượng do phát triển, hợp lý hóa việc tiêu thụ điện năng, hoặc cần hoàn thiện và xây lắp thêm các thiết bị công nghệ v.v... do vậy cần tính đến sự phát triển của phụ tải về sau này.

Thật ra, việc nghiên cứu sự phát triển của phụ tải điện trong tương lai là một nhiệm vụ rất quan trọng của người lập quy hoạch và thiết kế cung cấp điện.

Đây là khoa học nghiên cứu về dự báo phụ tải điện. Nếu chúng ta dự báo không chính xác, sai lệch quá nhiều về khả năng cung cấp hoặc về nhu cầu năng lượng thì sẽ dẫn đến hậu quả không tốt cho nền kinh tế. Ví dụ : nếu dự báo phụ tải quá thừa thì sẽ dẫn đến hậu quả là huy động nguồn vốn phải lớn, tăng vốn đầu tư, có thể gây nên tổn thất năng lượng tăng lên; ngược lại, nếu dự báo phụ tải quá thấp so với nhu cầu thì sẽ không đủ năng lượng cung cấp cho các hộ tiêu thụ trong tương lai gần và do đó dẫn đến phải cắt bỏ một số phụ tải, gây thiệt hại cho nền kinh tế.

Thông thường có ba loại dự báo chủ yếu :

- dự báo tầm ngắn : khoảng 1 đến 2 năm
- dự báo tầm vừa : khoảng 3 đến 10 năm
- dự báo tầm xa hay dài hạn : khoảng 15 đến 20 năm và dài hơn.

Tầm dự báo càng ngắn thì độ chính xác đòi hỏi càng cao.

Các dự báo tầm ngắn sai số cho phép khoảng 5 ÷ 10%, tầm vừa và dài sai số cho phép khoảng 10 ÷ 20%. Đối với một số dự báo tầm xa có tính chất chiến lược thì chỉ nêu lên những phương hướng phát triển chủ yếu mà không yêu cầu xác định các chỉ tiêu cụ thể.

Ngoài các loại dự báo ngắn hạn và dài hạn nêu trên, ta còn gặp dự báo điều độ, tầm dự báo khoảng vài giờ, vài ngày, vài tuần lễ phục vụ cho công tác vận hành của các xí nghiệp, các hệ thống điện, sai số cho phép khoảng 3 ÷ 5%.

Ngày nay có nhiều phương pháp dự báo nhu cầu điện năng như :

3.6.1. Phương pháp tính hệ số vượt trước. Phương pháp này giúp ta thấy được khuynh hướng phát triển của nhu cầu và sơ bộ cân đối nhu cầu này với nhịp độ phát triển của nền kinh tế quốc dân. Ví dụ : trong 5 năm từ 1950 – 1955 sản lượng công nghiệp của Liên Xô tăng từ 100% lên 185% còn sản lượng điện năng cũng trong thời gian ấy tăng 186,5%.

Do đó hệ số vượt trước là :

$$K = \frac{186,5}{185} \approx 1,01$$

Như vậy, phương pháp này chỉ nói lên một xu thế phát triển với một mức độ chính xác nào đó và trong tương lai, xu thế này còn chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như tiến bộ kỹ thuật, điện năng được sử dụng ngày càng nhiều hoặc cơ cấu kinh tế không ngừng thay đổi v.v... do đó hệ số vượt trước có thể khác 1 và tăng hay giảm nhiều.

3.6.2. Phương pháp tính trực tiếp

Nội dung của phương pháp này là xác định nhu cầu điện năng của năm dự báo, dựa trên tổng sản lượng kinh tế của các ngành của năm đó và suất tiêu hao điện năng của từng loại sản phẩm. Phương pháp này cho ta kết quả chính xác với điều kiện nền kinh tế phát triển có kế hoạch và ổn định. Phương pháp này thường dùng cho các dự báo ngắn hạn.

3.6.3. Phương pháp ngoại suy theo thời gian.

Nội dung của phương pháp là : nghiên cứu sự diễn biến của nhu cầu điện năng trong thời gian quá khứ tương đối ổn định để tìm ra quy luật nào đó, rồi dùng nó để dự đoán tương lai.

Ví dụ 1 : Khi nghiên cứu các xí nghiệp thuộc các ngành công nghiệp khác nhau, dùng lý thuyết về xác xuất và thống kê cho thấy rằng : hầu hết các trường hợp, sự phát triển phụ tải cực đại có thể mô tả tương đối chính xác theo luật tuyến tính sau :

$$S_{(t)} = S_{tt0} (1 + \alpha_1 t)$$

Ở đây S_{tt0} – công suất tính toán của xí nghiệp ở thời điểm gốc ban đầu.

$S_{(t)}$ – công suất tính toán sau $t_{năm}$

α_1 – hệ số phát triển hàng năm của phụ tải cực đại (tính toán)

Hệ số phát triển α_1 đối với các nước thường dao động trong khoảng từ 0,03 đến 0,1.

Ví dụ 2 : Nhu cầu điện năng diễn biến theo quy luật hàm số mũ sau :

$$A_{(t)} = A_0 (1 + \alpha_2)^t$$

Trong đó $A_{(t)}$ – điện năng dự báo ở năm thứ t

A_0 – là điện năng ở năm chọn làm gốc

α_2 – là tốc độ phát triển bình quân hàng năm

t – thời gian dự báo

Ưu điểm của phương pháp này là kết quả sẽ khá chính xác nếu tương lai không bị nhiễu.

3.6.4. Phương pháp tương quan.

Nội dung của phương pháp là nghiên cứu mối tương quan giữa điện năng tiêu thụ với các chỉ tiêu kinh tế khác như tổng giá trị sản lượng công nghiệp (đồng/năm) tổng giá trị sản lượng kinh tế quốc dân (đồng/năm)) v.v... Dựa trên các mối tương quan đã được xác định và dự báo về phát triển kinh tế mà chúng ta xác định được dự báo về nhu cầu điện năng. Nhược điểm của phương pháp này là muốn lập dự báo nhu cầu điện thì yêu cầu phải lập các dự báo về sự phát triển của các thành phần trong nền kinh tế quốc dân.

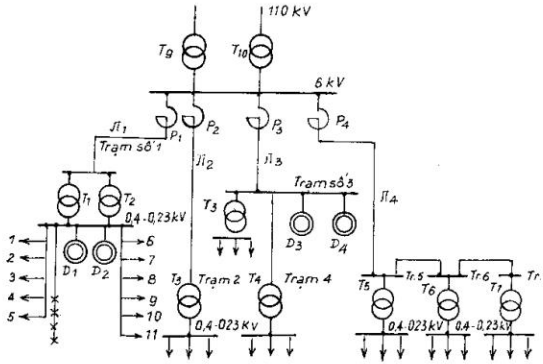
3.6.5. Phương pháp đối chiếu.

Nội dung là so sánh đối chiếu nhu cầu phát triển điện năng của các nước có hoàn cảnh tương tự. Phương pháp này tính toán đơn giản cho kết quả tương đối chính xác nên được dùng trong các dự báo tầm ngắn và trung bình.

3.6.6. Phương pháp chuyên gia.

Nội dung chính là dựa trên sự hiểu biết sâu sắc của các chuyên gia giỏi. Các chuyên gia sẽ đưa ra các dự báo của mình : Phương pháp này hiện nay được áp dụng rộng rãi để xây dựng các dự báo tầm trung bình và tầm xa.

3.7. Bài toán ví dụ về xác định phụ tải tính toán. Hình 3.9 trình bày sơ đồ cung cấp điện của xí nghiệp chế tạo máy.



Hình 3-9

1. Xác định phụ tải tính toán ở thanh cái điện áp thấp của trạm điện 1.

Để cung cấp năng lượng điện cho thiết bị của phân xưởng ta có hai máy biến áp T_1 và T_2.

a) Phụ tải 0,4/0,23 KV ở bên trái :

Tuyến này cung cấp cho máy cắt kim loại (thiết bị 1 đến 5). Công suất đặt của các động cơ tương ứng là :

$$P_{đặt\ 1} = 8\ KW;\ P_{đặt\ 2} = 12\ KW;\ P_{đặt\ 3} = 10\ KW;$$

$$P_{đặt\ 4} = 16\ KW;\ P_{đặt\ 5} = 14\ KW.$$

Công suất tác dụng tính toán của tuyến bên trái này xác định theo công thức : (3-30)

$$P_{tt} = k_{nc} \sum_{i=1}^{n} P_{đi}$$

Tra bảng chỉ tiêu phụ tải của các hộ tiêu thụ điện trong công nghiệp cho trong cẩm nang đối với sản xuất dây chuyền.

ta có $k_{nc} = 0,2$; $\cos\varphi = 0,65$

Vậy công suất tác dụng tính toán của các thiết bị được nối đến tuyến phía bên trái (với $k_{nc} = 0,2$ chung cho các thiết bị nối ở tuyến này) là :

$$P_{tt\Sigma 1} = k_{nc} (P_{đi} + P_{đ2} + P_{đ3} + P_{đ4} + P_{đ5})$$

$$P_{tt\Sigma 1} = 0,2 (8 + 12 + 10 + 16 + 14) = 0,2 . 60 = 12 \text{ KW}.$$

Công suất biểu kiến tính toán sẽ là :

$$S_{tt\Sigma 1} = \frac{P_{tt\Sigma 1}}{\cos\varphi} = \frac{12}{0,65} \approx 18,4\text{KVA}$$

Công suất phản kháng tính toán là $Q_{tt\Sigma 1} = \sqrt{S^2_{tt\Sigma 1} - P^2_{tt\Sigma 1}}$

$$Q_{tt\Sigma 1} = \sqrt{18,4^2 - 12^2}\ 13,8 \text{ KVAP}$$

b) Phụ tải 0,4/023kV ở bên phải :

Tuyến này cung cấp cho nhóm tổ động cơ – máy phát hàn mà mỗi máy có công suất 24KW. Do vậy, công suất đặt của động cơ nối đến tuyến này là 6×24 kw = 144 KW.

Tra cẩm nang, ở bảng chỉ tiêu phụ tải của các hộ tiêu thụ điện trong công nghiệp (bảng 4-10 quyển Cẩm nang năng lượng T_1), ta được : $k_{nc} = 0,35$ và $\cos\varphi = 0,6$.

Công suất tác dụng tính toán của thiết bị nối đến tuyến bên phải là :

$$P_{tt\Sigma 2} = k_{nc} \sum_{i=1}^{n} P_{đi} = 0,35.144 = 50,4 \text{ KW}$$

Công suất phản kháng tính toán

$$Q_{tt\Sigma 2} = P_{tt\Sigma 2} . \text{tg}\,\varphi = 50,4 . 1,33 \approx 66 \text{ KVAR}$$

c) Phụ tải động lực khác : ở 0,4/0,23 KV :

Công suất đặt của động cơ D_1 và D_2 làm quay máy nén khí :

$$P_{đặt\ 1} = 80 \text{ KW}; P_{đặt\ 2} = 120 \text{ KW}$$

Tra cẩm nang, ở bảng chỉ tiêu phụ tải điện (bảng 4-8, bảng 1-3. Cẩm nang năng lượng T_1) ta được đối với máy nén là : $k_{nc} = 0,8$; $\cos\varphi = 0,85$.

Công suất tác dụng tính toán là :

$$P_{tt\Sigma 3} = k_{nc} \sum_{i=1}^{n} P_{đi} = 0,8 (80 + 120) = 160 \text{ KW}$$

Công suất phản kháng tính toán là :

$$Q_{tt\Sigma 3} = P_{tt\Sigma 3} . \text{tg}\,\varphi = 160 . 0,75 = 120 \text{ KVA}.$$

d) Phụ tải ánh sáng ở 0,4/0,23 KV.

Công suất tính toán của phụ tải ánh sáng xác định theo công thức

$$P_{tt\Sigma c} = F . p . k_{nc} \qquad (3\text{-}46)$$

Chú ý rằng ở công thức này, ta lấy k_{nc} = 0,8 đối với các thiết bị chiếu sáng và ta lấy thống nhất trong mọi trường hợp.

Ở đây. F – diện tích mặt bằng phân xưởng được cung cấp điện từ trạm 1 là 3000 m^2

p – suất phụ tải là đèn chiếu sáng loại dây tóc tính trên một đơn vị sản xuất. Ta tra ở cẩm nang (bảng 1-7 quyển Cẩm nang năng lượng Tập 1) ta được p = 0,012 KW/m^2.

Do đó công suất tính toán đối với hệ thống chiếu sáng sẽ là :

$$P_{tt\Sigma cs} = 3000 . 0,012 . 0,8 = 28,8 \text{ KW}.$$

e) Phụ tải chung trên thanh cái điện áp thấp của trạm điện 1 :

Thành phần tác dụng :

$$P_{tt\Sigma xưởng} = P_{tt\Sigma 1} + P_{tt\Sigma 2} + P_{tt\Sigma 3} + P_{tt\Sigma cs} =$$

$$P_{tt\Sigma xưởng} = 12 + 50,4 + 160 + 28,8 = 251,2 \text{ KW}.$$

Khi hệ số đồng thời $k_{đt}$ = 0,95, thì công suất tác dụng tính toán tổng của phân xưởng sẽ là :

$$P'_{tt\Sigma xưởng} = k_{đt} . P_{tt\Sigma xưởng} = 0,95 . 251,2 \approx 240 \text{ KW}.$$

Thành phần phản kháng : $Q_{tt\Sigma xưởng} = Q_{tt\Sigma 1} + Q_{tt\Sigma 2} + Q_{tt\Sigma 3}$

$$Q_{tt\Sigma xưởng} = 13,8 + 66 + 120 \approx 200 \text{ KVAR}.$$

Khi tính đến hệ số đồng thời ta được :

$$Q'_{tt\Sigma xưởng} = k_{đt} . Q_{tt\Sigma xưởng} = 0,95 . 200 = 190 \text{ KVAR}.$$

f) Công suất đến thanh cái 6KV của trạm hạ áp chính.

Khi tính toán gần đúng và sơ bộ thì ta có thể lấy :

Tổn thất công suất tác dụng của máy biến áp là 2% và tổn thất công suất phản kháng là 10% (xem chương 6). Do vậy, công suất tính toán của phân xưởng là :

$$Q''_{tt\Sigma xưởng} = Q'_{tt\Sigma xưởng} . 1,1 = 190 . 1,1 = 210 \text{ KVAR}$$

$$P''_{tt\Sigma xưởng} = P'_{tt\Sigma xưởng} . 1,02 = 240 . 1,02 = 245 \text{ KW}.$$

Phụ tải toàn phần của phân xưởng khi tính tổn thất trong máy biến áp sẽ là :

$$S_{tt\Sigma xưởng} = \sqrt{(P''_{tt\Sigma xưởng})^2 + (Q_{tt\Sigma xưởng})^2} \approx$$

$$S_{tt\Sigma xưởng} = \sqrt{245^2 + 210^2} \approx 340 \text{ KVA}$$

Tra ở sổ tay tra cứu, đối với đường dây điện áp 6KV, nếu dùng dây nhôm A3 × 16 mm^2 thì ta được : tổn thất công suất khi phụ tải 1000 KVA là 71 kw đối với một km chiều dài.

Do vậy với chiều dài là L_1 = 0,8 km và phụ tải $S_{tt\Sigma xưởng} \approx 340$ KVA thì tổn thất trên đường dây L_1 là :

$$\Delta P_{l1} = \Delta P_{l1đm} \left(\frac{S_{pt}}{1000}\right)^2 . L_1 = 71 . \left(\frac{340}{1000}\right)^2 . 0,8 \approx 5\text{kw}.$$

Giả thiết rằng trên đường dây L_1 ta đặt cái kháng điện loại : PbA 6-150-4 công suất 3 pha định mức là : 1560 KVA, có tổn thất công suất tác dụng ở ba pha là : 4,3 KW và tổn thất công suất phản kháng là 62 KVAR. Do đó, tổn thất công suất tác dụng ở kháng điện sẽ là :

$$\Delta P_{tt\ kháng\ điện} = \Delta P_{ttđm}\left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}}\right)^2 = 4.3\left(\frac{340}{1560}\right)^2 \approx 4,3\ .\ 0,04 \approx\ 0,2\ KW$$

Tổn thất công suất phản kháng sẽ là :

$$\Delta Q_{tt\ kháng\ điện} = \Delta Q_{ttđm}\left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}}\right)^2 = 62\ .\ \left(\frac{340}{1560}\right)^2 \approx 2,5KVAR$$

Như vậy, công suất tính toán của trạm điện được khảo sát ở thanh cái 6 KV của nguồn điện : (sau điện kháng nối đến thanh cái 6 KV tính từ phụ tải) là :

$$P_{tt\Sigma} = P''_{tt\Sigma\ xưởng} + \Delta P_{l1} + \Delta P_{tt\ kháng\ điện}$$

$$P_{tt\Sigma} = 245 + 5 + 0,2 \approx 250\ KW$$

tương ứng, ta tính được

$$Q_{tt\Sigma} = Q''_{tt\Sigma\ xưởng} + \Delta Q_{l1} + \Delta Q_{tt\ kháng\ điện}$$

2. Xác định phụ tải tính toán trên thanh cái của trạm hạ áp 2 (máy biến áp T_3).

Cho biết : suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất của phân xưởng là p_0 = 0,35kw/m^2. Diện tích của toàn phân xưởng 2 là 2000m^2.

Do vậy phụ tải tính toán toàn bộ của phân xưởng 2 là : (một cách gần đúng)

$$P_{tt} = p_0F = 0,35\ .\ 2000 = 700KW$$

Thành phần công suất phản kháng cũng được xác định tương tự...

Sau đó ta tiếp tục tính công suất đến thanh cái 6KV của trạm hạ áp chính.

3. Xác định phụ tải tính toán trên thanh cái về phía điện áp thứ cấp của trạm hạ áp chính.

Công suất tác dụng của các phân xưởng :

$$P_\Sigma = (P'_{tt\Sigma\ xưởng\ 1} + \Sigma\ \Delta P_{1\Sigma}) + (P'_{tt\Sigma\ xưởng2} + \Sigma\ \Delta P_{2_2\Sigma}) + \ldots. +$$

$$+ (P'_{tt\Sigma\ xưởng\ n} + \Sigma\ \Delta P_n\ \Sigma)$$

tương tự, công suất phản kháng tính toán :

$$Q_\Sigma = (Q'_{tt\Sigma\ xưởng\ 1} + \Sigma\ \Delta Q_{1\Sigma}) + (Q'_{tt\Sigma\ xưởng\ 2} + \Sigma\ \Delta Q_{2_2\Sigma}) + \ldots. +$$

$$+ (Q'_{tt\Sigma\ xưởng\ n} + \Sigma\ \Delta Q_{n\Sigma})$$

Phụ tải tác dụng trên thanh cái 6KV sẽ tìm được bằng cách tính đến hệ số đồng thời. Đối với thanh cái về phía điện áp thức cấp của trạm hạ áp chính ta lấy $k'_{đồng\ thời}$ = 0,95 ÷ 1,0. Như vậy, công suất tác dụng tính toán ở thanh cái 6KV là :

$$P'_\Sigma = P_\Sigma\ .\ k'_{đt}$$

Tương tự, thành phần phản kháng là : $Q'_\Sigma = Q_\Sigma\ .\ k'_{đt}$. Nếu với những trị số nhận được trên đây (P_Σ và Q'_Σ) ta cộng thêm tổn thất công suất ở các máy biến áp điện lực của trạm hạ áp chính thì chúng ta sẽ xác định được phụ tải cần thiết đối với đường dây cung cấp của hệ thống năng lượng điện từ bên ngoài đưa đến trạm hạ áp chính của xí nghiệp.

Chương 4

CHỌN PHƯƠNG ÁN CUNG CẤP ĐIỆN

4.I. Khái quát.

Việc chọn phương án cung cấp điện bao gồm : chọn cấp điện áp, nguồn điện, sơ đồ nối dây, phương thức vận hành v.v... Các vấn đề này có ảnh hưởng trực tiếp đến vận hành, khai thác và phát huy hiệu quả của hệ thống cung cấp điện.

Muốn thực hiện được đúng đắn và hợp lý nhất, ta phải thu thập và phân tích đầy đủ các số liệu ban đầu, trong đó số liệu về nhu cầu điện là số liệu quan trọng nhất; đồng thời sau đó phải tiến hành so sánh giữa các phương án đã được đề ra về phương diện kinh tế và kỹ thuật. Ngoài ra còn phải biết kết hợp các yêu cầu về phát triển kinh tế chung và riêng của địa phương, vận dụng tốt các chủ trương của nhà nước.

Phương án điện được chọn sẽ được xem là hợp lý nếu thỏa mãn những yêu cầu sau :

1. Đảm bảo chất lượng điện, tức là bảo đảm tần số và điện áp nằm trong phạm vi cho phép.

2. Đảm bảo độ tin cậy, tính liên tục cung cấp điện phù hợp với yêu cầu của phụ tải.

3. Thuận tiện trong vận hành, lắp ráp và sửa chữa.

4. Có các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật hợp lý.

Ngoài ra, khi thiết kế công trình cụ thể ta phải xét thêm các yếu tố sau : đặc điểm của quá trình công nghệ, yêu cầu cung cấp điện của phụ tải, khả năng cấp vốn và thiết bị, trình độ kỹ thuật chung của công nhân.

4.2. Chọn điện áp định mức của mạng điện.

Lựa chọn hợp lý cấp điện áp định mức là một trong những nhiệm vụ rất quan trọng khi thiết kế cung cấp điện; bởi vì trị số điện áp ảnh hưởng trực tiếp đến các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật như vốn đầu tư, tổn thất điện năng, phí tổn kim loại loại màu, chi phí vận hành v.v... Xuất phát từ trị số phụ tải đã cho, và điện áp được chọn, ta sẽ tiến hành lựa chọn tất cả các thiết bị của hệ thống cung cấp điện. Trị số điện áp định mức nếu lựa chọn lớn sẽ nâng cao khả năng tải của đường dây, làm giảm tổn thất điện áp và điện năng, giảm phí tổn kim loại màu, song lại làm tăng giá thành công trình đường dây và các thiết bị khác.

Trị số điện áp định mức được xem là hợp lý nhất đó là trị số làm cho mạng điện có chi phí tính toán bé nhất.

Trong thực tế, để sơ bộ xác định trị số điện áp người ta thường sử dụng một số công thức kinh nghiệm. Các công thức này cho thấy rằng; trị số điện áp chủ yếu phụ thuộc vào chiều dài l và công suất S cần truyền tải qua chiều dài l này. Chúng ta có thể tham khảo các công thức sau :

– Công thức của Still (Mỹ) : $U = 4{,}34\sqrt{l + 16P}$, [KV] (4.1)

trong đó, P – Công suất cần truyền tải, [KM]

l - khoảng cách truyền tải, [km].

Công thức này cho kết quả khá tin cậy ứng với $l \leq 250$ km và $S \leq 60$ MVA).

Khi những khoảng cách lớn hơn và công suất truyền tải lớn hơn ta nên dùng công thức Zalesski (Nga) :

$$U = \sqrt{P(0,1 + 0,015\sqrt{l})}, [KV]; \quad (4.2)$$

Ở đây, P tính bằng KW.

Ngoài ra, ta có thể dùng công thức của Vaykert (Đức)

$$U = 3\sqrt{S} + 0,5l \text{ ; } [KV] \quad (4.3)$$

Ở đây S tính bằng [MVA] và l tính bằng [Km]

Thực tế, điện áp phụ thuộc rất nhiều yếu tố khác ngoài S và l., do vậy trị số điện áp được tính theo các công thức trên chỉ là gần đúng.

Khi tính toán sơ bộ, ta có thể tham khảo các khoảng chia kinh tế của điện áp theo S và l cho bằng đồ thị hình 4.1 hay bằng bảng 4.1.

Cách áp dụng đồ thị như sau :

Để chọn điện áp theo đồ thị, ta cần biết sơ đồ cung cấp điện, chi phí điện năng, công suất truyền tải, cấu trúc đường dây (đồ thị này chỉ cho các số liệu đối với đường dây trên không và khoảng cách giữa nguồn cấp điện với hộ tiêu thụ không lớn hơn 100 KM). Giả sử :

1. Đường dây trên không cung cấp điện cho nhà máy cách nguồn là 10Km,công suất truyền tải là S = 10.000 KVA, chi phí cho một đơn vị điện năng là 0,011 đồng/KWh. Từ đồ thị hình 4.1, ứng với l = 10Km, S = 10.000 KVA, ta tìm được điện áp hợp lý là 35 KV. nếu cũng trong điều kiện đó, nhưng l = 30Km thì điện áp hợp lý tìm được trên đồ thị sẽ là 110 KV.

2. Đường dây trên không, cung cấp điện cho xí nghiệp loại 1 (có hai đường dây cung cấp) cách nguồn là l = 5 Km cung cấp điện ở bên trong nhà máy đòi hỏi có điện áp 6 KV (50% phụ tải của nhà máy gồm có các động cơ 6 KV). Từ đồ thị hình 4.1 ta tìm được điện áp hợp lý của đường dây cung cấp cho xí nghiệp này là 35 KV.

Thật ra, nếu chính xác nhất thì việc chọn điện áp phải tiến hành phân tích như thứ tự sau :

1. Với những số liệu : S truyền tải, l chiều dài, Co – chi phí cho một đơn vị điện năng, sơ đồ cung cấp điện, cấu trúc của đường dây, v.v... thì đầu tiên từ hình 4.1 ta xác định được điện áp định mức sơ bộ là U_2.

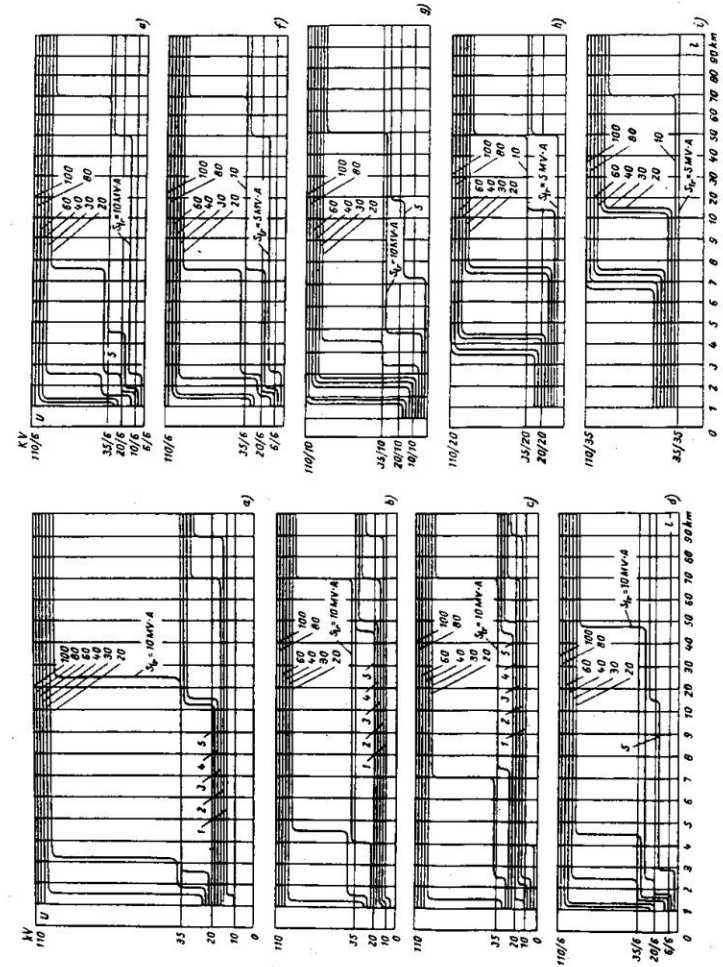
2. Ta tìm các điện áp định mức U_1 và U_3, một điện áp dưới điện áp U_2 ví dụ : U_1 = 6KV, một điện áp trên điện áp U_2 ví dụ U_3 = 20 KV hay U_3 = 35 KV.

3. Áp dụng những chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật như đã nêu ở chương trước, chúng ta xác định những giá trị về vốn đầu tư và chi phí vận hành hàng năm tương ứng với các cấp điện áp U_1, U_2 và U_3.

4. Xác định các điện áp hợp lý theo công thức sau :

$$U_{\text{hợp lý vốn}} = \frac{U_1 + U_2}{2} - \frac{\Delta' U_1}{2\alpha}$$

$$U_{\text{hợp lý c}} = \frac{U_1 + U_2}{2} - \frac{\Delta' U_1}{2\beta}$$



Hình 4-1 : Toán đồ để xác định gần đúng điện áp hợp lý để cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp theo công suất truyền tải S_{tr}, chiều dài đường dây *l*, sơ đồ cung cấp điện, kết cấu đường dây và giá thành điện năng. *a, d, g, h, i* - C_o = 1,1/KWh; *b, c* - C_o = 0,8/KWh; *c, f* - C_o = 0,4d/KWh; *a, b, c*) để chọn điện áp không có biến áp ở cuối đường dây; *d, e, f)* có biến áp 6KV; *g)* có biến áp 10 KV; *h)* có biến áp 20 KV; *i)* có biến áp 35 KV.

với $\alpha = \frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} \cdot \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} - 1$; $\beta = \frac{\Delta C_2}{\Delta C_1} \cdot \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} - 1$

và với $\Delta U_1 = U_2 - U_1$, KV

$\Delta U_2 = U_3 - U_2$, KV

$\Delta' U_1 = U_3 - U_1$, KV

$\Delta V_1 = V_2 - V_1$, [nghìn đồng];

$\Delta V_2 = V_3 - V_2$, [nghìn đồng]

$\Delta C_1 = C_2 - C_1$ [nghìn đồng/năm]

$\Delta C_2 = C_3 - C_2$ [nghìn đồng/năm]

Các trị số V_1, V_2, V_3 và C_1, C_2, C_3 tương ứng với các điện áp U_1, U_2 và U_3.

Bài toán : 4.1. Các số liệu cho : S truyền tải : 3 MVA; chiều dài l = 1 km chi phí cho một đơn vị điện năng là C_o = 0,011 đồng/KWh; đường dây trên không cung cấp cho xí nghiệp loại 1 (có hai đường dây đưa đến hộ tiêu thụ) được mắc trên các cột điện bằng gỗ, dây truyền tải bằng nhôm.

Bài giải : – Tra theo đồ thị hình 4.1 ta xác định được giá trị U_2 = 20 KV. Chúng ta tìm vốn đầu tư V và tính toán chi phí vận hành hàng năm như đã nêu ở Chương 2, ta được.

U_1 = 10KV; V_1 = 16,5 nghìn đồng; C_1 = 2,23 nghìn đồng/năm

U_2 = 20 KV; V_2 = 18,9 nghìn đồng; C_2 = 2,05 nghìn đồng/năm

U_3 = 35kV; V_3 = 42,8 nghìn đồng; C_3 = 3,29 nghìn đồng/năm

Vậy :

$\Delta U_1 = U_2 - U_1 = 20 - 10 = 10$kV

$\Delta U_2 = U_3 - U_2 = 35 - 20 = 15$kV

$\Delta' U_1 = U_3 - U_1 = 35 - 10 = 25$kV

– Chọn điện áp theo vốn đầu tư bé nhất :

$\Delta V_1 = V_2 - V_1 = 18,9 - 16,5 = 2,4$ nghìn đồng

$\Delta V_2 = V_3 - V_2 = 42,8 - 18,9 = 23,9$ nghìn đồng

$$U_{\text{hợp lý về vốn V}} = \frac{U_1 + U_2}{2} - \frac{\Delta' U_1}{2\alpha}$$

$$U \text{ hợp lý } V = \frac{10 + 20}{2} - \frac{25}{2\left(\frac{23,9}{2,4} \cdot \frac{10}{15} - 1\right)} = 15 - 2,2 = 12,8\text{kV}$$

– Chọn điện áp theo chi phí vận hành bé nhất

$\Delta C_1 = C_2 - C_1 = 2,05 - 2,23 = -0,18$ nghìn đồng/năm

$\Delta C_2 = C_3 - C_2 = 3,29 - 2,05 = +1,24$ nghìn đồng/năm

$$U_{hợp\ lý}\ C = \frac{U_1 + U_2}{2} - \frac{\Delta U_1'}{2\beta}$$

$$U_{hợp\ lý}\ C = \frac{10+20}{2} - \frac{25}{2\left(\frac{1,24}{-0,18} \cdot \frac{10}{15} - 1\right)} = 15 + 1,6 = 16,6kV$$

Nếu, trong sơ đồ cụ thể đã cho, chúng ta chỉ có các điện áp 110, 35 và 10 kV mà không có cấp điện áp 20 kV thì buộc chúng ta chọn điện áp 10 KV. Chúng ta cũng có thể chọn điện áp bằng cách sử dụng biểu thức tổng chi phí tính toán hàng năm như sau :

$$C_{tt} = k_{đm} \cdot V + C_{vh} = min$$

Nếu $k_{đm} = 0,125$ thì ta sẽ có

$$C_{tt} = 0,125\ V + C_{vh} = min$$

Khi đó, ta xác định tương đối chính xác trị số của điện áp hợp lý theo công thức sau :

$$U_{hợp\ lý\ theo} C_{tt} = \frac{U_1 + U_2}{2} - \frac{\Delta' U_1}{2\gamma}$$

Ở đây $\gamma = \frac{\Delta C_{tt2}}{\Delta C_{tt1}} \cdot \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} - 1.$

Với C_{tt1}, C_{tt2} và C_{tt3} tương ứng với các điện áp U_1, U_2, U_3.

Các giá trị ΔU_1, ΔU_2 và $\Delta' U1$ xác định như trên.

Các giá trị

$$\Delta C_{tt1} = C_{tt2} - C_{tt1}$$

$$\Delta C_{tt2} = C_{tt3} - C_{tt2}$$

Bảng 4.1. Giá trị gần đúng giữa U với công suất truyền tải S và chiều dài l

Cấp điện áp của mạng U, [KV]	Loại đường dây	Công suất truyền tải [KW]	Khoảng cách *l* [km]
0,22	– Trên không	< 50	< 0,15
	– Cáp	< 100	< 0,20
0,38	– Trên không	< 100	< 0,25
	– Cáp	< 175	< 0,35
6	– Trên không	< 2000	5 ÷ 10
	– Cáp	< 3000	< 8
10	– Trên không	< 3000	< 8 ÷ 15
	– Cáp	< 5000	< 10
35	– Trên không	2000 ÷ 10.000	20 ÷ 50
110	– Trên không	10.000 ÷ 50.000	50 ÷ 150
220	– Trên không	100.000 ÷ 150.000	200 ÷ 300

Do đặc điểm lịch sử của đất nước, nên ở Việt Nam chủ yếu dùng cấp điện áp như của Nga và Đông Âu, ở miền Nam vẫn còn tồn tại cấp điện áp 15kV, 66 kV. Trên một mạng điện thường dùng nhiều cấp điện áp.

– Nga có các cấp điện áp sau : 3 – 6 – 10 – 35 – 110 – 154 – 220 – 380 – 500 kV

– Mỹ có các cấp điện áp sau : 2,4 – 7,2 – 12 – 14,4 – 23 – 34,5 – 46 – 69 – 115 – 161 – 220 KV v.v...

– Anh có các cấp điện áp sau : 3,3 – 6,6 – 11 – 22 – 33 – 66 – 110 – 220 KV v.v...

– Pháp " : 3,2 – 5,5 – 10 – 15 – 20 – 30 – 45 – 60 – 90 – 110 – 161 – 220 KV ... v.v.

Trong thực tế chọn cấp điện áp cần lưu ý một số điểm sau đây :

– Cấp điện áp sẵn có của hệ thống hoặc của những hộ tiêu thụ ở gần, chọn sao cho ta dễ tìm được nguồn dự phòng.

– Trong một khu vực không nên dùng nhiều cấp điện áp vì sẽ làm sơ đồ phức tạp.

– Điện áp của mạng cần chọn phù hợp với điện áp của thiết bị sẵn có trong nước hoặc có thể dễ dàng mua ở nước ngoài.

– Trong điều kiện có thể được, sử dụng cấp điện áp càng cao càng có lợi.

4.3. Chọn nguồn điện

Trong hệ thống cung cấp điện, nguồn điện nói chung có quan hệ mật thiết với : phụ tải, cấp điện áp, sơ đồ cung cấp điện, bảo vệ, tự động hóa và chế độ vận hành. Do vậy, phải xem xét toàn diện khi xác định nguồn điện. Khi có nhiều phương án thì việc chọn nguồn điện phải dựa trên cơ sở tính toán và so sánh kinh tế – kỹ thuật.

Tùy theo quy mô của hệ thống cung cấp điện mà nguồn điện có thể là : nhà máy nhiệt điện, thủy điện, trạm phát diezen, trạm biến áp khu vực, trạm biến áp trung gian hoặc các trạm phân phối, và trạm biến áp phân xưởng.

4.4. Sơ đồ mạng điện áp cao.

Việc cung cấp điện năng ở điện áp cao của các xí nghiệp công nghiệp thực hiện qua hai bộ phận sau :

– bộ phận được nối đến nguồn cung cấp

– bộ phận phân phối điện năng đến các trạm tiêu thụ ở trên mảnh đất của xí nghiệp.

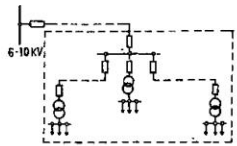
4.4.1. Bộ phận nối nguồn cung cấp.

a) Nếu nguồn cung cấp là hệ thống năng lượng

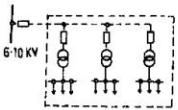
Việc này có thể thực hiện ở điện áp 6 ÷ 110 KV :

+ Ở điện áp 6 ÷ 10 KV : sự cung cấp điện từ hệ thống năng lượng đưa đến chỉ có thể thực hiện khi khoảng cách từ xí nghiệp đến trạm điện của hệ thống không quá 5 ÷ 8 km.

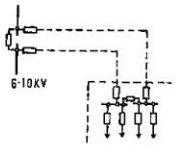
Đối với trường hợp không có tổ máy phát điện riêng, ta có sơ đồ hình 4.2.



Hình 4-2a



Hình 4-2b

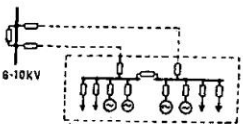


Hình 4-2c

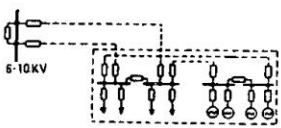
Hình 4-2. Sơ đồ nối dây của trạm điện xí nghiệp với hệ thống năng lượng điện khi điện áp 6 ÷ 10 KV.
a) Với một đường dây cung cấp và xí nghiệp có trạm phân phối chính.
b) Với một đường dây cung cấp và xí nghiệp không có trạm phân phối chính.
c) Với hai đường dây cung cấp đưa đến xí nghiệp.

Khi cung cấp cho một số hộ tiêu thụ ít quan trọng (hộ loại 3) ta chỉ cần một lộ đến (hình 4-2a và b), còn khi cung cấp cho hộ quan trọng (loại 1) thì cần phải có hai lộ đưa đến (hình 4-2c).

Nếu xí nghiệp cần đặt các tổ máy phát điện riêng thì có thể đặt các tổ này ở gần trung tâm phụ tải (hình 4-3), hoặc đặt ở xa trung tâm phụ tải (hình 4-4.).

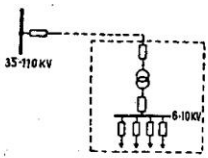


Hình 4-3.

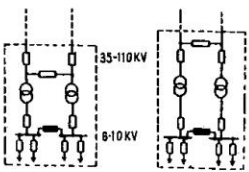


Hình 4-4.

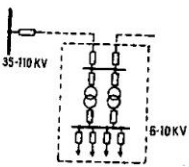
+ Ở điện áp 35 ÷ 110 KV, khi không có tổ máy phát điện riêng, có thể có những giải pháp sau đây :



Hình 4-5



Hình 4-6



Hình 4-7

– nếu hộ tiêu thụ không quan trọng, hộ loại 3, sơ đồ có hình như hình 4-2.b.

– nếu hộ tiêu thụ ít quan trọng, hộ loại 2 và một phần loại 3, sơ đồ hình 4-5.

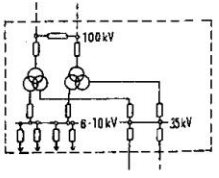
– nếu hộ tiêu thụ quan trọng – hộ loại 1 và một phần hộ loại 2 – ta dùng sơ đồ hình H (hình 4-6).

Ở phương án b mà ta thường gặp, có ưu điểm là khi chế độ vận hành với phụ tải thay đổi ta có thể đóng và mở thường xuyên máy biến áp được.

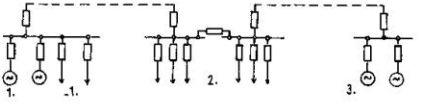
– Nếu cần thiết, trạm hạ áp của xí nghiệp có thể làm nhiệm vụ cho quá cảnh để các xí nghiệp khác có thể sử dụng điện năng của hệ thống qua thanh cái cao áp của mình (hình 4-7); hoặc có thể dùng sơ đồ máy biến áp ba cuộn dây khi các xí nghiệp khác có điện áp khác với điện áp của hệ thống năng lượng (hình 4-8 : ở đây, xí nghiệp được quá giang có điện áp 35 KV khác với điện áp của hệ thống 110 KV);

b) Nối đến tổ máy phát điện riêng :

Nếu xí nghiệp được cung cấp từ một nhóm tổ máy phát điện riêng hoặc từ nhiều nhóm tổ máy phát điện riêng, điều này có thể xảy ra ở một số giai đoạn phát triển của xí nghiệp khi mà hệ thống điện ở khu vực đó không có, thì lúc ấy sẽ hình thành một trạm phân phối chính có điện áp bằng điện áp của các tổ máy phát điện. Sơ đồ có thể như hình 4-9.



Hình 4.8



Hình 4.9

1. Nhà máy A; 2. Trạm phân phối; 3. Nhà máy B

4.4.2. Bộ phận phân phối điện năng đến các thiết bị của xí nghiệp (còn được gọi tắt là hệ thống phân phối của xí nghiệp).

Hệ thống phân phối điện áp cao của xí nghiệp công nghiệp thông thường làm việc ở điện áp 6KV (hiếm có trường hợp 10KV).

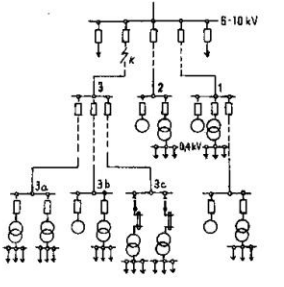
Nếu nhìn về sơ đồ phân phối điện áp cao, ta thường gặp hai dạng sau :

– dạng hình tia (còn gọi là dạng cây)

– dạng phân nhánh (còn gọi là dạng trục chính)

a) Sơ đồ phân phối dạng hình tia (hay còn gọi là dạng cây)

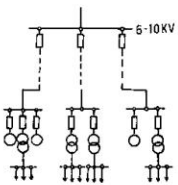
– Dạng cổ điển của sơ đồ hình tia có hình như 4-10. Nhược điểm của sơ đồ hình 4-10 là : khi sự cố đường dây ở vùng K, thì nó sẽ cắt điện ở trạm 3, đồng thời các trạm hộ tiêu thụ



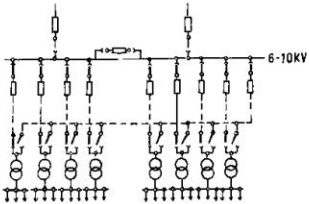
Hình 4-10

3a, 3b và 3c cũng bị cắt vì các hộ tiêu thụ này đều lấy điện từ đường dây 3. Do đó, hiện người ta rất ít dùng sơ đồ này và sơ đồ này chỉ dành cho các hộ tiêu thụ loại 3 và một phần hộ loại 2. Trong một số trường hợp nhất định, người ta thích dùng sơ đồ hình 4-11 là sơ đồ có cải tiến một ít. (Người ta gọi sơ đồ này có dạng cây loại hình tia).

– Đối với các hộ tiêu thụ loại 2 mà nó cho phép ngừng cung cấp điện đến 15 ÷ 30 phút thì người ta sử dụng sơ đồ dạng cây loại tia có cải tiến theo phương án có đường dây dự trữ (hình 4-12).



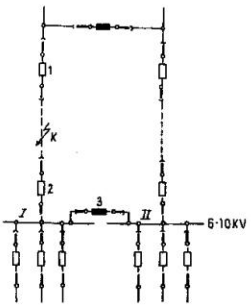
Hình 4-11



Hình 4-12

- Đối với hộ tiêu thụ loại 1, dạng hình tia (hình 4-13) có thể được sử dụng. Nếu xuất hiện sự cố ở một trong những đường dây cung cấp (ví dụ điểm K) thì dưới sự hoạt động của bảo vệ bằng rơle, máy cắt điện 1 sẽ được cắt. Khi mất điện áp trên thanh cái của phân đoạn I thì máy cắt điện 2 sẽ được cắt và do có bố trí tự đóng dự trữ TĐDT nên máy cắt điện 3 sẽ đóng vào và do vậy nên việc cung cấp cho phân đoạn I vẫn tiếp tục được duy trì (qua máy cắt điện 3).

Kết quả là việc ngắt nguồn cung cấp cho phân đoạn I không vượt quá từ 2 ÷ 3 giây nên các động cơ quan trọng có thể làm việc ở chế độ tự khởi động.



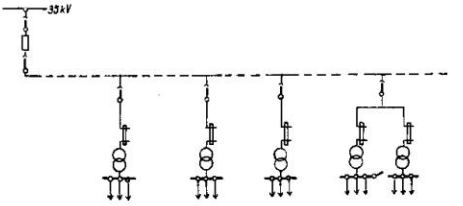
Hình 4-13

Sơ đồ hình tia nói chung có ưu điểm là nối dây rõ ràng, mỗi hộ dùng điện được cung cấp từ một đường dây do đó chúng ít ảnh hưởng lẫn nhau, độ tin cậy cung cấp điện tương đối cao, dễ thực hiện các biện pháp bảo vệ, tự động hóa, dễ vận hành và bảo quản. Nhược điểm của nó là vốn đầu tư lớn. Do vậy nó được dùng để cung cấp điện cho hộ loại 1 và loại 2.

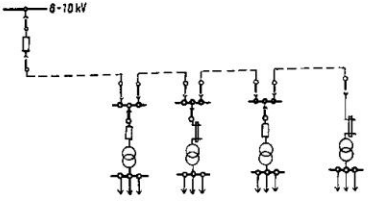
b) Sơ đồ phân phối dạng phân nhánh (hay còn gọi là dạng trục chính) sơ đồ này tạo bởi một lộ phân phối chính (còn gọi đường trục chính). Từ trục chính này sẽ có các nhánh rẽ đến các trạm điện của phân xưởng. Nếu có một sự cố nào đó ở bất kỳ trạm phân xưởng nào thì các thiết bị ngắt của phân xưởng đó sẽ ngắt trạm ra khỏi đường trục chính, do đó không hề ảnh hưởng đến các trạm phân xưởng bên cạnh, song nếu có sự cố trên bất kỳ đoạn nào đó của đường trục chính thì sẽ sinh ra cắt điện trên toàn bộ các trạm phân xưởng.

Khuynh hướng hiện nay là cố gắng đưa đường trục rất gần các trung tâm tiêu thụ điện năng và đưa điện áp của đường dây này lên đến 35 kV.

Dạng đơn giản được trình bày ở hình 4-14 và 4-15. Cần lưu ý trong bất kỳ trường hợp nào cũng cố gắng tránh không nối quá nhiều trạm phân xưởng đến trục chính, thông thường giới hạn tối đa là 5 ÷ 6 trạm và chỉ dùng sơ đồ này để cung cấp cho hộ tiêu thụ loại 3.



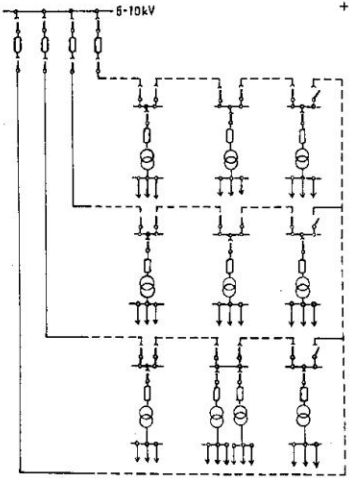
Hình 4-14



Hình 4-15

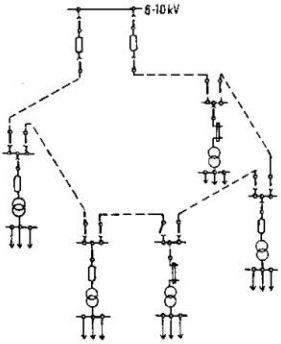
Để tăng cường độ tin cậy, người ta dùng hai lộ cung cấp chính. Hai lộ này đều xuất phát từ một nguồn hay từ hai nguồn khác nhau. Một trong những phương án này như sau :

+ Với đường dây dự trữ (còn gọi là đường dự phòng) hình 4-16. Thông thường đường dây này chỉ nối đến thanh cái của trạm cung cấp điện và không có điện áp. Để có thể cung cấp điện nhanh chóng (khi sự cố một phần hay toàn bộ) cho phụ tải của tuyến đường dây chính bị sự cố, thì thời gian ngừng cung cấp chỉ phụ thuộc vào thời gian cần thiết để ngắt đoạn đường bị sự cố. Thông thường thời gian này nằm trong phạm vi 30 ÷ 40 phút, tức là thích hợp cho một số hộ tiêu thụ loại 2.



Hình 4-16

+ Với cách phân phối hình vòng : (hình 4-17) :

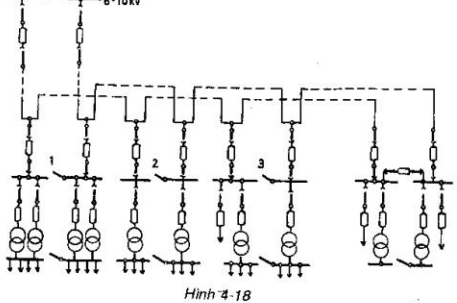


Hình 4.17

Trong chế độ vận hành bình thường thì vòng sẽ được hở ra tại một trạm nào đó (phía cao áp), một cách tốt nhất là vòng sẽ hở ở trạm có điểm điện thế thấp nhất. Việc vận hành với yêu cầu vòng hở trong điều kiện bình thường (khi không có sự cố) là nhằm đảm bảo điều kiện an toàn cung cấp điện cho hộ tiêu thụ; thật vậy, nếu vòng được khép kín khi vận hành bình thường thì nếu có sự cố đột nhiên xảy ra trên đường dây trục chính thì sẽ tạo nên động tác mở máy cắt điện ở cả hai đầu của vòng kín này và do đó tất cả các hộ tiêu thụ sẽ không được cung cấp điện, thay vì nếu vòng hở thì chỉ cắt một máy cắt điện ở một đầu, còn máy cắt điện kia vẫn tiếp tục cung cấp cho phần nhánh mà nó đảm nhận.

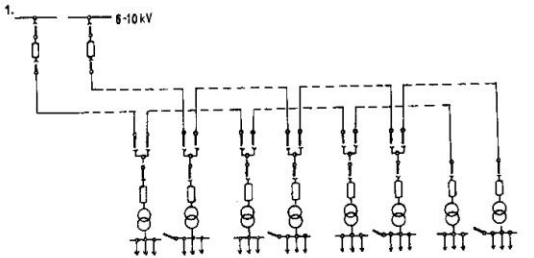
Sơ đồ này có thể dùng để cung cấp cho hộ tiêu thụ loại 3 và một phần loại 2. Nó cho phép ngừng cung cấp điện khoảng thời gian 0,5 giờ đến 1 giờ.

+ Với đường dây kép (hình 4-18a) : Mỗi trạm được trang bị tối thiểu hai máy biến áp và thanh cái phân đoạn ở cả hai cấp điện áp, đồng thời được cung cấp từ hai đường dây chính.



Hình 4-18

Ở chế độ làm việc bình thường, các phân đoạn làm việc riêng lẻ, như vậy sẽ tăng tính an toàn cho việc cung cấp điện và khi trang bị máy cũng sẽ tiết kiệm được vì ta giảm được dòng điện ngắn mạch. Khi một trong những đường dây trục chính bị sự cố không làm việc được, thì sự cung cấp điện cho phân đoạn của trạm được phục hồi trở lại tương đối nhanh (trong khoảng 10 phút) . Sơ đồ này cũng có thể được sử dụng đối với các trạm biến áp phân xưởng không có thanh cái ở phần điện áp cao khi đó ta có hình 4-19.

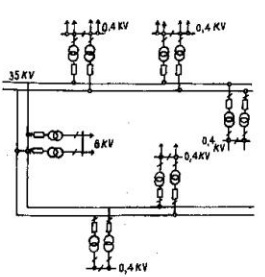


Hình 4-19
1. Trạm phân phối chính

Nhằm mục đích giảm vốn đầu tư xây dựng lưới phân phối, chúng ta sẽ tìm cách giới hạn công suất ngắn mạch, thông thường công suất này dưới 100 MVA đối với điện áp 6 ÷ 10 kV. Trong một số trường hợp, công suất này có thể lấy dưới 200 MVA. Giải pháp tốt nhất là phải so sánh kinh tế - kỹ thuật. Muốn giảm được công suất ngắn mạch, ta dùng một trong các biện pháp sau : - chọn cuộn kháng điện trên đường dây hay thanh cái, hoặc ngắt phân đoạn thanh cái riêng lẻ khi vận hành v.v...

c) Sơ đồ dẫn sâu :

Trong những năm sau này, do chế tạo được những thiết bị điện có chất lượng tốt, nên trong nhiều trường hợp ta có thể đưa điện áp cao 35kV vào sâu trong xí nghiệp, đến tận các trạm biến áp phân xưởng. Sơ đồ cung cấp điện này thường được gọi là sơ đồ dẫn sâu (hình 4-20). Sơ đồ này có ưu khuyết điểm sau :



Hình 4-20

Ưu điểm : - Do trực tiếp đưa điện áp cao vào trạm biến áp phân xưởng nên giảm bớt được trạm phân phối điện, giảm được thiết bị và sơ đồ nối dây sẽ rất đơn giản.

- Do đưa điện áp cao vào gần phụ tải nên giảm được tổn thất điện áp, nâng cao năng lực truyền tải điện năng của mạng.

Khuyết điểm :

- Vì một đường dây dẫn sâu rẽ vào nhiều trạm biến áp nên độ tin cậy cung cấp điện của sơ đồ không cao. Để khắc phục khuyết điểm này, người ta thường dùng hai đường dây dẫn sâu song song và quy định mỗi đường dây dẫn sâu không nên mang quá 5 trạm biến áp và dung lượng của một đường dây không nên quá 5000 KVA.

- Khi đường dây có cấp điện áp 110 ÷ 220 kV thì diện tích đất của xí nghiệp bị đường dây chiếm sẽ rất lớn vì vậy không thể đưa đường dây vào gần trung tâm phụ tải được.

Hiện phương pháp dẫn sâu được dùng ở cấp điện áp 15 và 35 kV để cung cấp cho phụ tải loại 2 và 3.

Như vậy, về thực chất, sơ đồ dẫn sâu là sơ đồ có dạng phân nhánh hay dạng trục chính.

4.5. Sơ đồ mạng điện áp thấp.

4.5.1 Những vấn đề chung về lưới điện ở hộ tiêu thụ

Trang thiết bị điện ở hộ tiêu thụ gồm có :

- Thiết bị tiêu thụ điện

- Lưới điện

Về lưới điện có hai loại :

- Lưới cung cấp là lưới điện từ nguồn đưa đến điểm phân phối

- Lưới điện phân phối là lưới điện nối từ điểm phân phối cuối cùng đến hộ tiêu thụ điện.

Những điểm phân phối ở điện áp dưới 1000V là những bảng phân phối (hoặc là tủ phân phối).

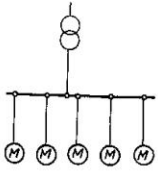
4.5.2. Các sơ đồ chính

Lưới điện đưa đến hộ tiêu thụ thực hiện theo hai sơ đồ nối dây chính như sau :

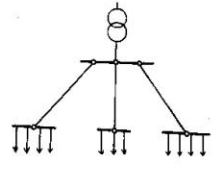
- Sơ đồ hình tia (hay còn gọi là sơ đồ có dạng cây).

- Sơ đồ dạng phân nhánh (hay còn gọi là sơ đồ dạng trục chính). Những sơ đồ này được dùng vừa cho lưới đến 1000V và vừa cho lưới điện có điện áp cao hơn. Từ hai sơ đồ chính trên nó sẽ biến dạng thành nhiều loại sơ đồ khác nhau phục vụ cho các hộ tiêu thụ có những đặc điểm khác nhau.

- Đối với sơ đồ hình tia, mỗi một hộ tiêu thụ (hình 4-21) hay một điểm phân phối (hình 4-21 và 4-22), được cung cấp bằng một lộ riêng biệt đi từ một điểm chung.

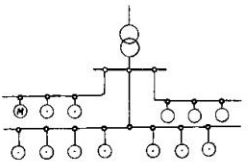


Hình 4-21

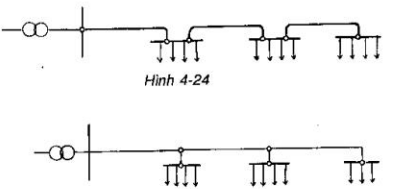


Hình 4-22

Đối với sơ đồ dạng phân nhánh, thì có nhiều hộ tiêu thụ hay nhiều điểm phân phối được cung cấp từ các vị trí khác nhau trên trục chính này (hình 4-23 và 4-24)



Hình 4-23

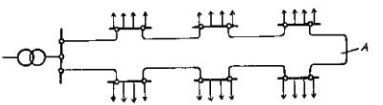


Hình 4-24

Hình 4-25

- Hình 4-25 trình bày một sơ đồ hỗn hợp, gồm có hàng loạt các điểm phân phối được cung cấp từ một đường trục chính (hay từ một nhánh chính) và từ các điểm phân phối này sẽ cung cấp theo dạng hình tia cho các hộ tiêu thụ.

Đường trục chính có thể có dạng một vòng (hình 4-26)

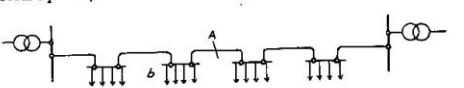


Hình 4-26

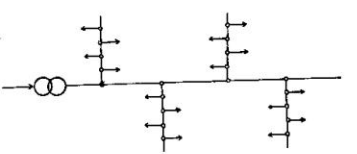
hoặc đường trục chính có thể được cung cấp từ hai điểm (hình 4-27)

Trong cả hai trường hợp, các vòng có thể làm việc theo dạng vòng hở bằng cách ngắt bởi thiết bị ở điểm A (hình 4-26 và 4-27).

Khi máy biến áp chỉ cung cấp cho một trục chính (hình 4-28), thì người ta thực hiện sơ đồ khối : máy biến áp - trục chính.



Hình 4-27



Hình 4-28

Sơ đồ hình tia thường dùng trong trường hợp các hộ tiêu thụ thành các nhóm ở xung quanh điểm phân phối (theo nhiều hướng khác nhau) sơ đồ dạng phân nhánh điện áp thấp thường dùng trong những phòng khá dài, có các hộ tiêu thụ rải dọc cạnh nhau. Những hộ tiêu thụ quan trọng có thể được cung cấp trực tiếp từ bảng phân phối chính của trạm biến áp hoặc trực tiếp ở điện áp cao của trạm hạ áp.

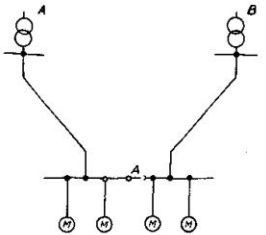
4.5.3. Sơ đồ được sử dụng đối với các loại hộ tiêu thụ khác nhau

a) Sơ đồ cung cấp cho hộ tiêu thụ loại 1. Hộ này yêu cầu phải thường xuyên liên tục cung cấp cho chiếu sáng và động lực, sơ đồ này có thể thực hiện như sau :

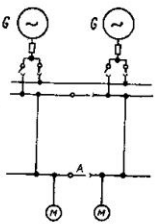
- Đảm bảo cung cấp điện từ hai nguồn, theo hai đường khác nhau.

- Hoặc thiết bị dự trữ cho việc cung cấp tùy theo sự cần thiết, tùy theo mức độ quan trọng của hộ tiêu thụ loại 1 và tùy theo thời gian cho phép tối đa được ngắt sự làm việc của hộ tiêu thụ này mà ta có thể áp dụng một trong 2 cách trên, hoặc áp dụng cả hai. Hình 4.29 và 4.30 trình bày hai sơ đồ cung cấp cho hộ tiêu thụ loại 1 qua hai đường trục chính từ hai nguồn khác nhau.

Hình 4-30 cho thấy sự cung cấp điện có thể thực hiện từ cùng một nhà máy điện, song có thể được xem như từ hai nguồn khác nhau đưa đến vì nhà máy điện có một hệ thống thanh cái kép.



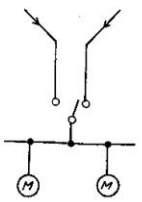
Hình 4-29



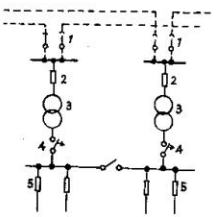
Hình 4-30

Hình 4-31 – trình bày một sơ đồ cung cấp đơn giản của một bảng phân phối có hai đường dây cung cấp; từ hai trạm biến áp khác nhau. Sơ đồ này tương tự như sơ đồ 4-29, nhưng ở đây không có dao cách ly ở phân đoạn; việc chuyển từ một nguồn này sang nguồn kia thực hiện bằng một cầu dao chuyển đổi.

Hình 4-32 trình bày sơ đồ cung cấp kép, qua hai đường dây trục chính, mỗi một máy biến áp được lấp điện từ một trục chính.



Hình 4-31



hình 4-32

Để bảo đảm liên tục cung cấp điện, thì bảng điện áp thấp chính có hai phân đoạn, mỗi một phân đoạn lấy điện từ một máy biến áp của một lộ điện áp cao; ta có thể thực

hiện phân đoạn ở thanh cái hoặc bằng một cầu dao đóng tay hoặc bằng áp tômát, trong trường hợp này có thể thực hiện sơ đồ đóng áp tômát dự trữ.

β) *Sơ đồ cung cấp của xí nghiệp công nghiệp.*

Do công suất tiêu thụ của xí nghiệp khá lớn nên các xí nghiệp thường lấy điện từ lưới điện áp trên 1000V.

Theo tiêu chuẩn về "đặt các thiết bị đến 1000 V", thì các đường dây điện của các xí nghiệp công nghiệp hay những khu nhà lớn, khu cư xá có công suất yêu cầu từ trên 50 KVA phải nối đến lưới điện áp cao thông qua trạm hạ áp đặt ngay tại xí nghiệp, hay tại khu cư xá. Trong một số trường hợp, trạm hạ áp này có thể cung cấp cho một số hộ tiêu thụ của lưới ánh sáng công cộng.

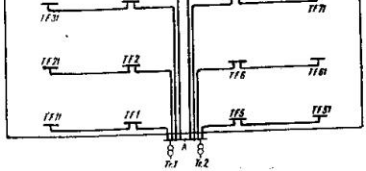
Sơ đồ nối dây chính của lưới điện công nghiệp phụ thuộc vào số lượng nguồn điện cung cấp, vào giá trị dòng điện cần thiết và vào hộ tiêu thụ loại nào.

Hệ thống thiết bị phân phối điện của một xí nghiệp công nghiệp thường gồm có các phần tử sau đây :

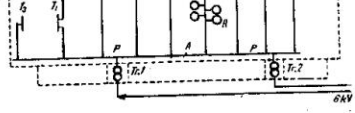
- trạm hạ áp.
- bảng phân phối tổng, các bảng điện chính và phụ.
- lưới điện.

Lưới cung cấp và phân phối điện xoay chiều ba pha có thể có điện áp trên 1000V (3, 6, 10, 15 và đôi khi đến 35KV), và điện áp thấp dưới 1000V (127, 220; 380 và 500V...). Về cấu trúc của lưới điện áp cao thì ta đã nghiên cứu ở mục 4-4.

Lưới điện áp thấp (dưới 1000V) của xí nghiệp công nghiệp thông thường là loại hình tia (hình 4.33), đôi khi loại hình trục chính (hình 4.34). Từ sơ đồ hình 4.34, chúng ta thấy có đường trục chính P; từ đây có các đường rẽ nhánh phụ. Các hộ tiêu thụ sẽ nối đến các đường rẽ nhánh này thông qua cầu chì an toàn. Tại một số điểm trên vài đường rẽ nhánh này, các hộ tiêu thụ được lấy điện tại bảng hay tủ phân phối TPP_1, TPP_2 TPP_3 và được cung cấp theo kiểu hình tia.



Hình 4-33



Hình 4-34

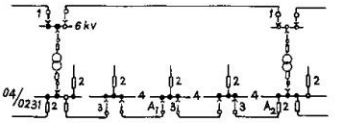
A - điểm đặt áp tô mát phân đoạn
P - đường dây phân phối chính
R - Hộ tiêu thụ; T - tủ phân phối
Tr - Máy biếp áp, S - đường dây

γ) *Sơ đồ cung cấp điện cho các công trình công cộng.*

Các công trình công cộng, hoặc các khu nhà quan trọng, có các hộ tiêu thụ loại 1 (như các khu vực thí nghiệm, khu y tế, khu hội trường v.v.) thì cần thiết phải đảm bảo

liên tục cung cấp điện. Do đó, người ta tiến hành cung cấp từ hai trạm biến áp hoặc từ hai nguồn khác nhau như hình 4-29, 4-30 và 4-31.

Khi có rất nhiều khu nhà quan trọng đặt cạnh nhau, chú ý đến yêu cầu liên tục cung cấp điện nên ta có thể dùng sơ đồ cung cấp kép như hình 4-32 hoặc sơ đồ cung cấp điện áp thấp lấy từ hai phía như hình 4-35.



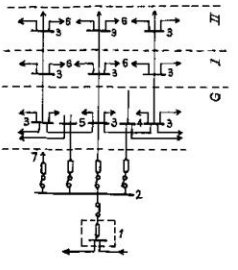
Hình 4-35

1. Dao cách ly cao áp, 2. cầu chì điện áp thấp
3. Cầu dao hay cầu dao tự động (áp tô mát) điện áp thấp
4. Tủ phân phối tổng của tòa nhà

Hình 4-35 Trình bày sơ đồ đường trục chính ở điện áp cao cung cấp điện cho hai máy biến áp có đường trục chính ở phía điện áp thấp. Các đường dây trục chính ở điện áp thấp cung cấp cho các bảng hay tủ phân phối tổng 4 của các tòa nhà. Khi làm việc bình thường đường dây trục chính của điện áp thấp sẽ được ngắt ra ví dụ ngắt tại điểm A_1 (ở tại một trong các tòa nhà này) hoặc ngắt tại A_2 (ở bảng phân phối tổng của trạm biến áp). Nếu có sự cố tại một đoạn nào đó của đường dây trục chính điện áp thấp hay sự cố tại một trong các biến áp thì ta phải thao tác các cầu dao 3 để sao cho đảm bảo cung cấp điện cho tất cả các tòa nhà.

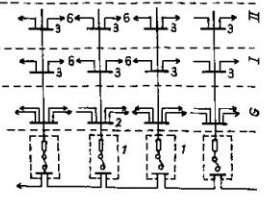
σ) *Sơ đồ cung cấp điện cho các khu nhà ở.*

Khu nhà ở của các gia đình được cung cấp từ các nhánh riêng biệt. Ví dụ khu nhà có nhiều tầng, được phân chia thành các phần và được cung cấp hoặc chỉ một nhánh cho toàn bộ khu nhà (hình 4-36) hoặc nhiều nhánh và mỗi nhánh cho một phần của khu nhà.



Hình 4-36

1. Tủ phân phối tổng 2. Bảng phân phối chính
3. Bảng phân phối ở các tầng; 4-5 bảng phân phối ánh sáng và động lực công cộng, 6. đến các hộ tiêu thụ; 7. Bảng chiếu sáng bên ngoài tòa nhà.



Hình 4-37

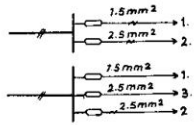
Thông thường, ở những khu vực cư xá có các hộ gia đình, sơ đồ cung cấp điện có nhiều nhánh xuất phát cùng tại một bảng phân phối tổng đi đến các dạng tiêu thụ khác nhau như : nhánh đến các căn hộ gia đình, nhánh đi đến lưới ánh sáng công cộng chung của khu nhà và nhánh đi đến các thiết bị chung khác của khu nhà (cầu tháng máy bình đun nước nóng chung cho toàn khu nhà, máy bơm nước v.v.) Ở đây trên mỗi nhánh người ta đặt một cầu dao. (hình 4-37)

Nhánh để cung cấp điện cho căn hộ gia đình thì sẽ đưa đến các phòng sử dụng chung của khu nhà (có thể cả khu nhà có một phòng sử dụng chung, có thể mỗi tầng có một phòng sử dụng chung cho các hộ thuộc tầng đó) và ở phòng chung này có bảng điện chính để từ bảng này sẽ cung cấp điện cho các căn hộ gia đình thuộc tầng đó. (Nếu không có phòng sử dụng chung của tầng thì có thể đặt bảng điện chính ngay cầu thang của tầng đó). Các điện kế của từng hộ có thể đặt tập trung tại phòng chung của tầng hoặc đặt trước từng căn hộ, tùy điều kiện cụ thể của từng nơi. Những căn hộ này thường được đặt các điện kế một pha, dòng điện định mức là 5 ÷ 10A. Mỗi căn hộ cũng có một hay nhiều bảng điện song nhất thiết đường dây từ điện kế của căn hộ cần đi đến ngay một bảng điện chung của căn hộ (ở đây có bố trí một cầu dao chung cho căn hộ).

Đối với khu nhà ở có công suất nhỏ hơn 1,2 KW, để tiết kiệm, người ta cho phép sử dụng một đường dây trung tính (trung hòa) chung cho mạch điện ánh sáng và mạch lỗ cắm. Tiết diện bé nhất cho phép đối với dây đồng đặt trong các khu nhà được ghi trên sơ đồ hình 4-38.

a) Sơ đồ nối dây đối với chiếu sáng bảo vệ an toàn.

Trong một số trường hợp, ánh sáng để bảo vệ an toàn cần phải được cung cấp từ một nguồn riêng biệt hay từ một lưới cung cấp riêng biệt hình 4-39 và 4-40. Nguồn này có thể là tổ máy phát riêng, cũng có thể là hệ thống bình ắc quy v.v... Sở dĩ phải có ánh sáng bảo vệ để có thể tiếp tục được công việc giải quyết sự cố, cũng như trong trường hợp nguy hiểm để cho người ta có thể thấy đường ra khỏi khu vực này.

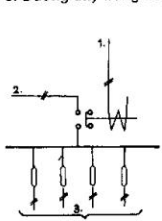


Hình 4-38

1. đường dây đến đèn; 2. Đường dây đến lỗ cắm; 3. Đường dây trung hòa (trung tính).

* *Chú ý :* - Lưới điện ánh sáng bảo vệ an toàn, không được phép nối với bất kỳ một hộ tiêu thụ nào khác ngoài việc đảm bảo ánh sáng bảo vệ.

– Lưới điện ánh sáng bảo vệ thường có cấp điện áp như ở lưới điện ánh sáng bình thường; chỉ trừ trường hợp đặc biệt, và sự tiêu thụ của lưới điện ánh sáng bảo vệ bé thì người ta dùng hệ thống bình ắcquy có điện áp 24 V.



Hình 4-39

1. Từ bảng chiếu sáng làm việc; 2. Từ hệ thống bình acquy; 3. Hệ thống chiếu sáng an toàn bảo vệ.

b) Sơ đồ nối dây của hệ thống chiếu sáng cục bộ.

Ánh sáng cục bộ như đã nêu ở phần trước, đó là ánh sáng được dùng cho những băng thử nghiệm, cho việc gia công các chi tiết trên các máy công cụ, hoặc cho một số nơi cần thiết khác, v.v...

Điện áp cung cấp cho hệ thống ánh sáng cục bộ ở các băng thử nghiệm hoặc ở máy công cụ thường là 36 V hay 24 V.

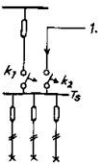
Những đèn di động cầm tay thường dùng các cấp điện áp sau :

– Ở những gian phòng không nguy hiểm (theo quan điểm điện áp tiếp xúc nguy hiểm) thì cấp điện áp dùng thường là 120 V.

– Ở những gian phòng nguy hiểm : 36 V và 24 V, còn trong trường hợp rất nguy hiểm là 12 V hay 6 V.

– Ở những nơi gần nồi sút de, những khu vực nhiều vật liệu kim loại dẫn điện, trong các hầm thì dùng điện áp 12 V.

Điện áp này thường lấy ra từ phía thứ cấp của máy biến áp một pha công suất đến 500 VA hay từ máy biến áp 3 pha công suất đến 5KVA (ví dụ máy biến áp 380/36 V).

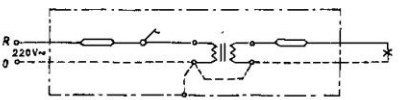


Hình 4-40

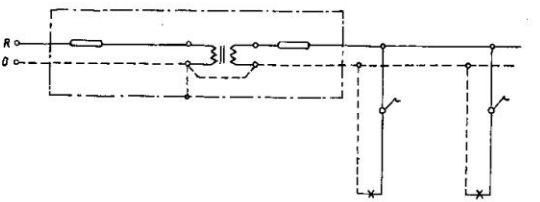
1. Từ nguồn độc lập đưa đến

Hình 4-41 - sơ đồ cung cấp ánh sáng cục bộ cho máy công cụ.

Hình 4-42 - sơ đồ cung cấp ánh sáng cục bộ cho các băng thử nghiệm.



Hình 4-41



Hình 4-42

4.5.4. Sự phân phối phụ tải đối với hệ thống động lực ở lưới điện áp thấp.

Xí nghiệp công nghiệp thường có các hộ tiêu thụ có đặc tính khác nhau như sau :

– hộ tiêu thụ ba pha biểu thị phụ tải được cân bằng trên các pha (động cơ điện ba pha, tổ động cơ - máy phát hàn điện 1 chiều, lò điện 3 ha v.v...)

– hộ tiêu thụ một pha

Trong quá trình vận hành nếu dùng các động cơ bé, có chế độ làm việc giống nhau thì người ta có thể bố trí tối đa 5 động cơ trên cùng một nhánh cung cấp với điều kiện là công suất tiêu thụ của chúng nhiều nhất là 10 KW.

Việc khởi động trực tiếp động cơ điện không đồng bộ cỡ lớn với rôto ngắn mạch sẽ sinh ra dòng điện xung kích, do đó điện áp ở lưới điện sẽ giảm và ảnh hưởng đến các hộ tiêu thụ khác. Do vậy công suất lớn nhất cho phép đối với động cơ không đồng bộ với rôto ngắn mạch khởi động trực tiếp sẽ được xác định tùy theo công suất của nguồn cung cấp điện. Thông thường, người ta cho phép điện áp giảm tối đa là 10% khi khởi động thường xuyên và 15% khi khởi động không thường xuyên.

Khi tính toán gần đúng, nếu nguồn điện là một tổ máy phát điện có công suất đặt đến 150KVA thì công suất lớn nhất cho phép này của chỉ một động cơ sẽ nằm trong khoảng 0,1 ÷ 0,12 KW đối với mỗi KVA của công suất máy phát. Nếu nguồn là một trạm biến áp thì công suất lớn nhất của động cơ có thể được nối trực tiếp đến lưới điện của trạm này là bằng :

– 30% công suất của một máy biến áp, khi động cơ ít khởi động

– 20% công suất của một máy biến áp, khi động cơ khởi động tương đối thường xuyên.

Nếu như thiết bị động lực được nối đến lưới điện sử dụng công cộng thì cần chú ý những điểm sau đây :

a) động cơ không đồng bộ với rôto ngắn mạch ở điện áp định mức 220V, thì công suất của động cơ tối đa chỉ đến 2,8 KW, còn khi điện áp định mức 380V thì công suất của động cơ tối đa chỉ nên đến 4,5 KW.

b) Đối với động cơ điện có công suất từ 2,8 đến 7 KW ở điện áp định mức 220 V và những động cơ điện có công suất từ 4,5 đến 10 KW ở điện áp định mức 380 V, thì ta phải thực hiện cầu dao chuyển đổi sao – tam giác hay những phương pháp khác để giảm dòng điện khởi động.

c) Đối với những động cơ điện có công suất lớn hơn 7 KW và tương ứng lớn hơn 10 KW (đối với lưới $U_{đm}$ = 380 V) thì cần phải thực hiện các phương pháp khởi động với các thiết bị cần thiết để giới hạn dòng điện khởi động và giới hạn điện áp bị giảm quá trị số cho phép như đã nêu trên khi khởi động.

4.6. Kết cấu của mạng điện.

4.6.1. Đường dây trên không.

Đường dây trên không được dùng rộng rãi hơn nhiều so với đường dây cáp do vì vốn đầu tư ít hơn, dễ thi công, dễ phát hiện và sửa chữa.

Tùy theo điện áp định mức và phạm vi sử dụng, người ta phân đường dây trên không làm 3 cấp :

Cấp 1 : đường dây có $U_{đm} \geq 35KV$.

Cấp 2 : đường dây có $U_{đm} < 35KV$.

Cấp 3 : đường dây có $U_{đm} \leq 1KV$.

Những bộ phận chính của đường dây trên không là : dây dẫn, cột, sứ cách điện; ngoài ra còn các linh kiện phụ như : kẹp, dây néo, quả tạ chống rung.

1. Dây dẫn : Yêu cầu đối với dây dẫn là dẫn điện tốt và bền. Dây dẫn điện thường có các loại : dây đồng, nhôm, nhôm lõi thép và thép. Đồng dẫn điện tốt nhất nhưng đồng đắt tiền, hiếm và là kim loại ưu tiên cho quân sự, nên chỉ dùng đồng ở môi trường có chất ăn mòn kim loại. Phổ biến nhất là dùng dây nhôm vì độ dẫn điện của nhôm chỉ bằng khoảng 2/3 độ dẫn điện của đồng nhưng nhôm rẻ tiền và nhẹ hơn đồng.

Để tăng cường độ bền người ta thường dùng loại dây nhôm lõi thép. Phần thép ở lõi dùng để tăng độ bền cho dây dẫn.

Dây thép dẫn điện kém nhất, song vì bền và rẻ tiền nên hay dùng ở mạng điện nông thôn hay ở nơi không quan trọng.

Một số ký hiệu loại dây nhập từ Nga thường được dùng ở đất nước ta.

M – Dây đồng gồm một hay nhiều sợi đồng cùng đường kính vặn thành dây xoắn.

A – Dây dẫn nhôm gồm bảy sợi hay nhiều hơn vặn thành dây xoắn. AKπ - Dẫn dẫn nhôm, có khoảng không gian giữa các sợi dây, trừ mặt ngoài, được bôi mỡ trung tính chịu nhiệt.

AC – Dây dẫn nhôm mà lõi là các sợi dây thép trang kẽm.

ACKC – Dây dẫn mã hiệu AC, nhưng ở khoảng không gian giữa các sợi dây và lõi thép, kể cả mặt ngoài, được bôi mỡ trung tính chịu nhiệt cao.

ACK – Dây dẫn mã hiệu AC, nhưng lõi thép được cách điện bằng 2 dải poliêtilen mỏng. Lõi thép nhiều sợi, dưới dải poliêtilen được bôi mỡ trung tính chịu nhiệt cao.

Ngoài ra còn có loại :

ACY : – Dây nhôm lõi thép, có cấu tạo tăng cường

ACO – Dây nhôm lõi thép loại có cấu tạo giảm nhẹ.

Để đảm bảo an toàn, người ta qui định tiết diện dây nhỏ nhất cho phép tùy theo loại dây và cấp đường dây như bảng 4-2.

2. Cột điện :

Tùy theo mục đích sử dụng, cột đường dây có thể phân thành những loại sau : cột trung gian, cột néo, cột góc, cột cuối, cột chuyển và cột chuyên dùng. Theo đặc tính làm việc, cột đường dây trên không chia làm hai loại : cột néo và cột trung gian.

Cột néo dùng để kẹp chặt dây dẫn ở một số điểm trên đường đi của đường dây trên không và phải chịu toàn bộ lực kéo của dây dẫn và dây chống sét giữa các cột néo. Các loại cột này yêu cầu phải cứng và bền. Cột néo có thể có cấu trúc bình thường hoặc cấu trúc đặc biệt.

Cột trung gian dùng để giữ dây dẫn ở độ cao cho trước và không chịu lực kéo của dây dẫn và dây chống sét, hoặc chỉ chịu một phần lực kéo đó.

Cột thông dụng có cấu trúc thông thường gọi là cột bình thường. Cột có cấu trúc đặc biệt dùng trong các trường hợp riêng biệt gọi là cột chuyên dùng.

Về phương diện vật liệu làm cột có ba loại chính :

Cột gỗ, tre - cột bê tông cốt sắt - cột sắt thép.

a) Cột gỗ, tre : Cột gỗ, tre có ưu điểm là cách điện tốt, có nhược điểm là chóng mục, độ bền kém. Gỗ, tre làm cột điện phải được xử lý, sơn tẩm chất chống mối mục. Cột tre thường được dùng ở nông thôn. Cột gỗ dùng ở mạng điện áp thấp, nếu gỗ được xử lý tốt có thể dùng ở cấp điện áp 35 kV.

b) Cột bê tông cốt sắt : Loại này chịu lực tốt, bền, tuổi thọ cao và rẻ tiền. Nhược điểm là nặng, khó vận chuyển đi xa. Cột này được dùng ở mạng điện áp cao và thấp.

c) Cột sắt : Loại này có thể có chiều cao khá lớn, chịu lực tốt, thường dùng để làm cột vượt sông, vượt cầu, vượt đường sắt, làm cột góc v.v... Khuyết điểm của loại này là giá thành cao, chi phí bảo quản lớn và phải sơn chống rỉ định kỳ.

Đường kính và tiết diện cho phép nhỏ nhất của các loại dây dẫn

Bảng 4-2

Đặc điểm vị trí đường dây trên không đi qua	Vật liệu của dây dẫn trần							
	Dây dẫn một sợi				Dây dẫn nhiều sợi			
	Đồng mm^2	Thép, đường kính mm	Kim loại kép, đường kính mm	Nhôm và hợp kim mm^2	Đồng mm^2	Thép mm^2	Nhôm và hợp kim nhôm mm^2	Nhôm lõi thép mm^2
1. Vị trí không dân cư đi qua								
Dây dẫn cấp 1	Không cho phép				25	25	35	25
Dây dẫn cấp 2	10	3,5	không dùng	không dùng	10	10	25	16
Dây dẫn cấp 3	6	3	3	-	6	-	16	-
2. Vị trí có dân cư và đất của các xí nghiệp công nghiệp								
Dây dẫn cấp 1 và cấp 2	không cho phép				25	25	35	Cấp I : 25
Dây dẫn cấp 3	6	3	3	không dùng	6	-	16	Cấp II : 16 -
Đường dây nhánh cấp 3 dẫn đến các tòa nhà khi khoảng cách là :								
Đến 10m	2,5	3	3	6	2,5	-	6	-
từ 10m đến 25 m	4	3	3	10	4	-	10	-

3. Sứ cách điện : Là bộ phận quan trọng để cách điện giữa dây dẫn và bộ phận không dẫn điện : xà ngang, cột.

Sứ phải có tính năng cách điện cao, chịu được điện áp của đường dây lúc làm việc bình thường cũng như khi bị sét đánh (có hiện tượng quá điện áp).

Sứ phải bền, chịu lực kéo và chịu sự biến đổi của điều kiện khí hậu : mưa nắng, nhiệt độ thay đổi không nứt nẻ.

Thông thường có 2 loại sứ : sứ đứng và sứ bát (treo thành chuỗi thường dùng trong trường hợp đường dây $U_{dm} \geq 35$ kV).

Khoảng cách giữa các dây dẫn bố trí trên cột qui định như sau :

Nếu : $U_{dm} \leq 1$ kV thì $D = 0,4 \div 0,6$ m

$U_{dm} = 6 \div 10$ kV $D = 0,8 \div 1,2$ m

$U_{dm} = 35$ kV $D = 1 \div 4$ m

$U_{dm} = 110 \div 220$ kV $D = 4 \div 6$ m

4.6.2. Đường dây cáp.

Đặc điểm của cáp là cách điện tốt; cáp được đặt dưới đất và trong những hầm riêng nên tránh được các va đập cơ khí và ảnh hưởng trực tiếp của khí hậu như nóng, lạnh, mưa gió. Điện kháng của cáp rất bé so với đường dây trên không cùng tiết diện nên giảm được tổn thất công suất và tổn thất điện áp (x_o của cáp trung bình là 0,08 Ω/km, còn x_o của đường dây trên không trung bình là 0,4 Ω/km). Cáp được chôn dưới đất nên ít ảnh hưởng đến giao thông và đảm bảo được mỹ quan. Khuyết điểm chính của cáp là giá thành đắt, nên được dùng ở những nơi tương đối quan trọng.

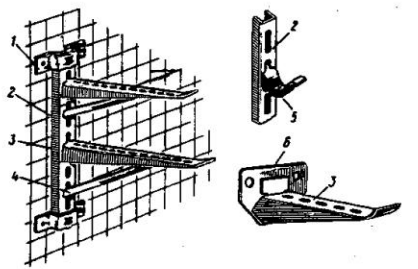
Trong quá trình thi công đặt cáp thì việc thực hiện rẽ cáp gặp nhiều khó khăn đòi hỏi phải có thợ điện cáp bậc cao.

Cáp được bọc kín và đặt trong hầm hay chôn ngầm dưới đất nên nếu xảy ra hư hỏng thì khó phát hiện chính xác nơi xảy ra sự cố. Việc sửa chữa tốn kém và đòi hỏi nhiều thời gian.

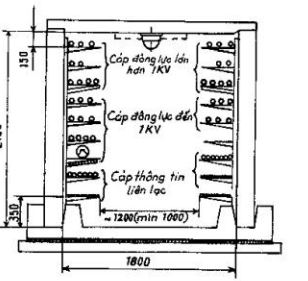
Hiện có nhiều loại cáp dùng vào nhiều mục đích khác nhau. Cáp có điện áp U ≤ 1 kV thông thường là cáp cách điện bằng cao su hoặc bằng dầu.

Cáp có điện áp U > 1 kV thường là loại cáp 3 pha cách điện bằng dầu :

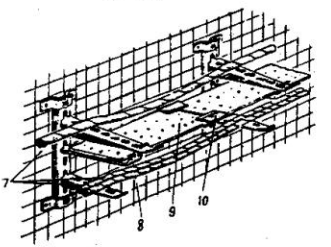
Sau đây là cách đặt cáp trong một số trường hợp hay dùng :
H 4-43; H. 4-44;H. 4-45; H.4-46.



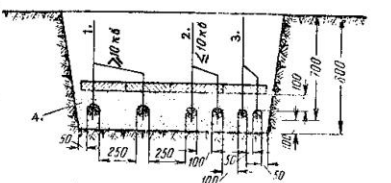
Hình 4.43



Hình 4.44



Hình 4.45



1. Cáp điện lực ≥ 10KV
2. Cáp điện lực ≤ 10KV
3. Cáp kiểm tra
4. Cát nhuyễn.

Hình 4.46

Chương 5

TRẠM BIẾN ÁP

5.1. Khái quát và phân loại.

Trạm biến áp dùng để biến đổi điện năng từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác. Nó đóng vai trò rất quan trọng trong hệ thống cung cấp điện. Theo nhiệm vụ, người ta phân trạm biến áp thành 2 loại :

1. Trạm biến áp trung gian hay còn gọi là trạm biến áp chính :

Trạm này nhận điện từ hệ thống điện có điện áp 35 ÷ 220KV biến đổi thành cấp điện áp 10KV hay 6KV. Cá biệt có khi xuống 0,4KV.

2. Trạm biến áp phân xưởng :

Trạm này nhận điện từ trạm biến áp trung gian biến đổi thành các cấp điện áp thích hợp phục vụ cho phụ tải phân xưởng. Phía sơ cấp thường là 10KV, 6KV, hoặc 15KV hoặc 35KV, còn phía thứ cấp có các loại điện áp 220/127V, 380/220V hoặc 660V.

Về phương diện cấu trúc, người ta chia ra trạm ngoài trời và trạm trong nhà.

1. Trạm biến áp ngoài trời : Ở trạm này, các thiết bị phía điện áp cao đều đặt ngoài trời, còn phần phân phối điện áp thấp thì đặt trong nhà hoặc đặt trong các tủ sắt chế tạo sẵn chuyên dùng để phân phối phần hạ thế. Xây dựng trạm ngoài trời sẽ tiết kiệm được kinh phí xây dựng hơn so với xây dựng trạm trong nhà.

2. Trạm biến áp trong nhà : Ở trạm này, tất cả các thiết bị điện đều đặt trong nhà.

Ngoài ra vì điều kiện chiến tranh, người ta còn xây dựng những trạm biến áp ngầm. Loại này kinh phí xây dựng khá tốn kém.

5.2. Chọn vị trí, số lượng và công suất của trạm.

- Khi chọn vị trí, số lượng trạm biến áp trong xí nghiệp ta cần phải so sánh kinh tế - kỹ thuật.

Nhìn chung, vị trí của trạm biến áp phải thỏa mãn các yêu cầu chính sau đây :

- Gần trung tâm phụ tải, thuận tiện cho nguồn cung cấp điện đưa đến.

- An toàn, liên tục cung cấp điện.

- Thao tác vận hành và quản lý dễ dàng.

- Tiết kiệm vốn đầu tư và chi phí vận hành hàng năm bé nhất.

- Ngoài ra nếu có yêu cầu đặc biệt như có khí ăn mòn, bụi bặm nhiều, môi trường dễ cháy v.v... cũng cần lưu ý.

Vị trí của trạm biến áp phân xưởng có thể ở độc lập bên ngoài, liền kề với phân xưởng, hoặc đặt bên trong phân xưởng.

Khi xác định số lượng trạm của xí nghiệp, số lượng và công suất máy biến áp trong một trạm chúng ta cần chú ý đến mức độ tập trung hay phân tán của phụ tải trong xí nghiệp và tính chất quan trọng của phụ tải về phương diện cung cấp điện. Chúng ta phải

tiến hành so sánh kinh tế - kỹ thuật ngay khi xác định các phương án cung cấp điện. Muốn vậy, chúng ta phải nghiên cứu :

- đồ thị phụ tải hàng ngày, xác định cho một ngày làm việc bình thường và xác định cho một ngày nghỉ, ở mùa nắng và mùa mưa, hoặc mùa hè và mùa đông.

- đồ thị phụ tải hàng năm : ví dụ hình 5-1 cho đồ thị phụ tải hàng năm của xí nghiệp theo 12 tháng (hình 5.1).

- đồ thị phụ tải hàng năm của xí nghiệp tính theo tổng số lượng giờ trong một năm (hình 5-2).

Số lượng và công suất của máy biến áp được xác định theo các tiêu chuẩn kinh tế kỹ thuật sau đây :

- an toàn, liên tục cung cấp điện.

- vốn đầu tư bé nhất.

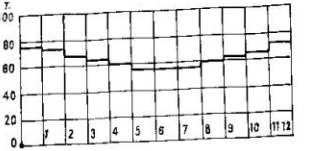
- chi phí vận hành hàng năm bé nhất.

Ngoài ra cần lưu ý đến việc :

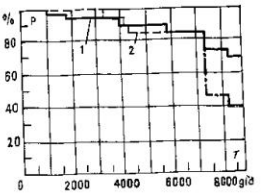
- tiêu tốn kim loại màu ít nhất.

- các thiết bị và khí cụ điện phải nhập được dễ dàng v.v...

- Dung lượng của máy biến áp trong một xí nghiệp nên đồng nhất, ít chủng loại để giảm số lượng và dung lượng máy biến áp dự phòng.



Hình 5-1



Hình 5-2
1. Phụ tải trong thời gian 5 năm
2. Phụ tải sau 5 năm đã phát triển

- Sơ đồ nối dây của trạm nên đơn giản, chú ý đến sự phát triển của phụ tải sau này.

Sau đây chúng ta lần lượt xét đến các tiêu chuẩn nêu trên.

a) Đảm bảo liên tục an toàn cung cấp điện.

Muốn thực hiện được yêu cầu này, ta có thể dự kiến thêm một đường dây phụ nối từ thanh cái điện áp thấp của một trạm điện khác của xí nghiệp nếu xí nghiệp có từ hai trạm trở lên. Hoặc về số lượng máy biến áp trong một trạm, chúng ta có thể bố trí thêm một máy dự trữ, trong trường hợp sự cố, máy này sẽ vận hành. Về phương diện công suất, trạm biến áp cung cấp điện cho phụ tải loại 1 nên dùng hai máy. Khi phụ tải loại 1 bé hơn 50% tổng công suất của phân xưởng đó thì ít nhất mỗi một máy phải có dung lượng bằng 50% công suất của phân xưởng đó. Khi phụ tải loại 1 lớn hơn 50% tổng công suất thì mỗi một máy biến áp phải có dung lượng bằng 100% công suất của phân xưởng đó. Ở chế độ bình thường, cả hai máy biến áp làm việc, còn trong trường hợp sự cố một máy thì ta sẽ chuyển toàn bộ phụ tải về máy không sự cố; khi đó ta phải sử dụng khả năng quá tải của máy biến áp hoặc ta sẽ ngắt các hộ tiêu thụ không quan trọng.

Nếu chỉ có hộ tiêu thụ loại 3 hoặc ít hộ loại 2 thì ta có thể trang bị chỉ một máy biến áp cho trạm và sử dụng đường dây phụ nối hạ áp lấy từ một trạm điện khác của xí nghiệp, nếu thấy cần thiết.

b) Vốn đầu tư bé nhất : Để thực hiện chỉ tiêu vốn đầu tư bé nhất thì số lượng máy đặt trong trạm biến áp phải ít nhất. Bên cạnh đó cần xem xét thêm về giá đầu tư cho một KVA, lúc ấy trong điều kiện kỹ thuật tương đương nhau thì nên chọn loại máy có giá đầu tư cho một KVA (đồng/KVA) là bé nhất. Kết quả của việc giảm số lượng máy trong trạm sẽ đưa đến đơn giản hóa sơ đồ điện, tiết kiệm được thiết bị đóng cắt, dụng cụ đo lường và thiết bị bảo vệ rơle, đồng thời từ đó nâng cao được độ tin cậy cung cấp điện.

Việc sử dụng hợp lý dung lượng quá tải của máy biến áp cho phép ta giảm được công suất đặt và do đó thực hiện được tiết kiệm vốn đầu tư.

Các nhà chế tạo thường đảm bảo thời gian phục vụ lâu dài của máy (tuổi thọ) khoảng 20 năm với điều kiện làm việc định mức như sau :

- khi vận hành lâu dài liên tục thì phụ tải không được quá phụ tải định mức ghi trên nhãn của máy biến áp.

- máy biến áp cần vận hành ở điều kiện môi trường xung quanh định mức, tức là đối với các máy được chế tạo ở châu Âu, ở Nga (không nhiệt đới hóa) thì nếu máy được đặt ở môi trường không khí tự do, nhiệt độ không khí làm mát có giá trị trung bình là + 5°C và không được vượt quá giá trị cực đại 35°C.

Trong trường hợp nhiệt đội của môi trường làm mát khác với giá trị định mức nêu trên, thì giá trị của công suất định mức của máy biến áp cần phải hiệu chỉnh. Tất cả các máy biến áp làm việc ở những nơi có nhiệt độ trung bình hàng năm lớn hơn 5°C đều phải hiệu đính theo biểu thức sau :

$$S' = S_{dm}\left(1 - \frac{\theta_{tb} - 5}{100}\right) \qquad (5.1)$$

Ở đây : S'- dung lượng đã hiệu đính theo nhiệt độ trung bình, KVA.

S_{dm} - dung lượng định mức ghi trên biển máy, KVA.

θ_{tb} - nhiệt độ trung bình hàng năm của môi trường đặt máy °C.

Khi môi trường đặt máy có nhiệt độ cực đại lớn hơn 35°C thì ta phải hiệu đính thêm một lần nữa, khi đó ta được dung lượng đã hiệu đính hai lần là :

$$S''=S_{dm}\left(1 - \frac{\theta_{tb} - 5}{100}\right)\left(1 - \frac{\theta_{cd} - 35}{100}\right) \qquad (5.2)$$

Ở đây : θ_{cd} - nhiệt độ cực đại của môi trường đặt máy [°C], và :

$$35^oC < \theta_{cd} < 45^oC$$

Những công thức nêu trên : (5.1) và (5.2) có giá trị đối với các máy biến áp có cuộn dây được làm mát tự nhiên trong dầu hoặc làm mát tự nhiên trong dầu có thêm thông gió cưỡng bức.

Thực tế, phụ tải của các mùa khác nhau khá xa (đặc biệt là giữa hai mùa : mùa đông và mùa hè) và máy lại có khả năng quá tải nhất định nên Bộ năng lượng điện Nga đã đưa ra ba trường hợp quá tải cho phép sau đây :

1. Quá tải cho phép trên cơ sở thay đổi phụ tải hàng ngày : Khi đường cong đồ thị phụ tải hàng ngày của máy biến áp có hệ số điền kín bé hơn 100%

$\left(k_{dk} = \frac{S_{tb}}{S_{max}} = \frac{1}{T}\int_0^T Sdt/S_{max} < 100\%\right)$, thì cứ mỗi sự giảm 10% của hệ số điền kín sẽ cho phép quá tải 3% so với công suất định mức của máy biến áp. Qui tắc này chỉ áp dụng khi nhiệt độ không khí xung quanh không quá 35°C.

$$\alpha_{3\%} = 3\frac{100 - k_{dk}\%}{10}; [\%] \qquad (5.3)$$

Qui tắc này còn được gọi là qui tắc quá tải 3%.

2. Quá tải cho phép trên cơ sở non tải trong thời gian mùa hè.

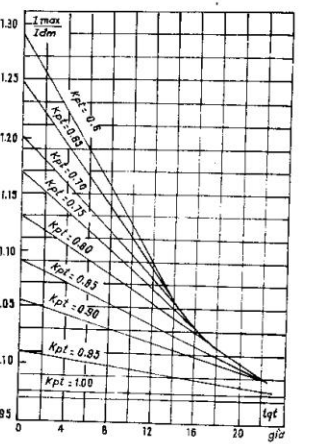
Nếu phụ tải trung bình cực đại hàng ngày trong các tháng 6, 7, 8 của mùa hè mà nhỏ hơn công suất định mức của máy biến áp, thì khi cần thiết trong những ngày mùa đông có thể cho phép quá tải $\alpha_1 = 1\%$ đối với mỗi phần trăm non tải của mùa hè. Nhưng mức quá tải tối đa không được quá 15%. Qui tắc này được gọi là qui tắc quá tải 1%.

$$\alpha_{1\%} = 100\frac{P_{dm} - P_{max\ hè}}{P_{dm}}, [\%] \qquad (5.4)$$

Kết hợp cả hai qui tắc này, giá trị tổng $\alpha = \alpha_{1\%} + \alpha_{3\%}$ không được phép vượt quá 30% đối với các máy biến áp được đặt ngoài trời và 20% đối với các máy biến áp đặt trong nhà.

Hình 5-3 trình bày quan hệ giữa bội số quá tải $m = \frac{I_{max}}{I_{dm}}$ và thời gian quá tải cho phép tqt.
Mức độ quá tải và thời gian quá tải nói trên là ứng với trạng thái làm việc bình thường của máy biến áp.

Trong trạng thái sự cố của mạng điện, máy biến áp cho phép quá tải lớn hơn. Bảng 5-1 cho khả năng quá tải lúc sự cố của máy biến áp dầu. làm mát tự nhiên hoặc bằng quạt.



Hình 5-3

Bảng 5-1

Bội số quá tải $m = \frac{I_{max}}{I_{dm}}$	1,3	1,6	1,75	2,0	2,4	3,0
Thời gian cho phép (tính bằng phút) quá tải t_{qt}, nếu đặt ngoài trời...	120	30	15	7,5	3,5	1,5
... nếu đặt trong nhà :	60	15	8	4	2	1

3. Quá tải cho phép trong trường hợp phụ tải không đối xứng.

Ở các xí nghiệp có phụ tải một pha, máy biến áp của xí nghiệp đó có khả năng làm việc với phụ tải không cân bằng giữa các pha. Trường hợp này chúng ta không chọn dung lượng máy biến áp theo pha có phụ tải lớn nhất mà chọn theo một phụ tải tính toán nhỏ hơn để máy biến áp được vận hành quá tải trong phạm vi cho phép. Khi đó : tỉ số giữa dòng điện pha A có phụ tải lớn nhất cho phép và dòng điện pha định mức của máy biến áp là :

$$\frac{I_A}{I_{dmT}} = \frac{1,525}{\sqrt{1 + 0,45\left[1 + \left(\frac{I_B}{I_A}\right)^2 + \left(\frac{I_C}{I_A}\right)^2\right]}} \qquad (5\text{-}5)$$

Ở đây I_B, I_c là dòng điện pha B và pha C của máy biến áp ở chế độ không đối xứng.

Ví dụ 5-1 : Cho máy biến áp 3 pha, cuộn dây nối γ/Δ, phụ tải không đối xứng ở phía cuộn dây nối tam giác. Ở chế độ làm việc này, dòng điện ở phía điện áp thấp là $I_b = I_c = 0,5I_a$. Do vậy, dòng điện chấp nhận được đối với pha phụ tải nhiều nhất của máy biến áp là :

$$I_A = I_{dmT}\frac{1,525}{\sqrt{1 + 0,45\,[1 + (0,5)^2 + (0,5)^2]}} = 1,18I_{dmT}$$

Rõ ràng, dòng điện ở phía hình sao là :

$$I_A = 1,18I_{dmT};\ I_B = I_C = 0,5I_A$$

Ví dụ 5-2 : Máy biến áp ba pha, cuộn dây nối ⅄γ, phụ tải ở

điện áp thấp nối giữa các pha a và b. Ở phía điện áp cao :

$$I_C = 0;\ I_A = I_B$$

Do vậy, dòng điện chấp nhận được đối với pha phụ tải nhiều nhất của máy biến áp là :

$$I_B = I_A = I_{dmT}\frac{1,525}{\sqrt{1 + 0,45\,(1 + 1^2 + 0^2)}} = 1,11I_{dmT}$$

γ) *Chi phí vận hành hàng năm bé nhất.*

Như ở chương 2, ta thấy : trong thành phần của chi phí vận hành hàng năm thì chi phí về tổn thất điện năng chiếm một vị trí rất quan trọng trong chi phí chung. Tổn thất nảy sinh ra ở trong máy biến áp cũng như ở trên đường dây trong thời gian vận hành máy biến áp.

+ Tổn thất công suất trong máy biến áp sẽ là :

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + \Delta P_k\left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}}\right)^2$$

ΔP_0 – là tổn thất công suất tác dụng không tải, đơn vị KW (trong tính toán gần đúng ta lấy bằng tổn thất ở lõi thép máy biến áp $\Delta P_0 = \Delta P_{sắt}$).

$\Delta P_{cuộn\ dây} = \Delta P_k\left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}}\right)^2$ – là tổn thất cuộn dây máy biến áp, đơn vị KW.

ΔP_k tổn thất khi ngắn mạch (trong tính toán, một cách gần đúng ta lấy tổn thất này bằng với tổn thất đồng của máy biến áp).

$$\Delta P_K = \Delta P_{đồng}$$

$S_{đm}$ – phụ tải định mức của máy biến áp, đơn vị KVA.

+ Tổn thất công suất tác dụng trên đường dây điện cần thiết để vận chuyển công suất phản kháng ΔQ là :

$$k_{kt} . \Delta Q = k_{kt} (\Delta Q_0 + \Delta Q_{cuộn\ dây}) \qquad (5\text{-}7)$$

Ở đây : $\Delta Q_0 = S_{đm} \frac{i_0\%}{100}$ là công suất phản kháng để từ hóa máy biến áp ở điện áp không đổi.

$\Delta Q_{cuộn\ dây} = \Delta Q_k \left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}}\right)^2$ – công suất phản kháng của cuộn dây máy biến áp.

i% – dòng điện không tải của máy biến áp, tính %.

$$\Delta Q_k = S_{đm} \frac{U_k\%}{100}$$

U_k % – điện áp ngắn mạch của máy biến áp, tính %.

$S_{đm}$ – công suất định mức của máy biến áp; tính [KVA].

k_{kt} – đương lượng kinh tế của công suất phản kháng, tức là công suất tác dụng mất trong mạng điện để vận chuyển công suất phản kháng, đơn vị KW/KVAR. Giá trị của k_{kt} phụ thuộc vào vị trí đặt máy biến áp so với nguồn công suất phản kháng. Ở cẩm nang sẽ cho các giá trị của k_{kt}; nhìn chung giá trị k_{kt} nằm trong phạm vi từ 0,02 đến 0,15; có thể lấy giá trị trung bình 0,05.

Tổn thất toàn bộ sẽ là :

$$\Delta P'_T = \Pi = \Delta P_T + k_{kt} . \Delta Q =$$

$$= \Delta P_0 + k_{kt}\Delta Q_0 + (\Delta P_k + \Delta Q_k . k_{kt}) \left(\frac{S_{Pt}}{S_{đm}}\right)^2$$

Ta đặt : $\Delta P_0 + k_{kt}\Delta Q_0 = \Delta P'_0$

$\Delta P_k + \Delta Q_k . k_{kt} = \Delta P'_k$

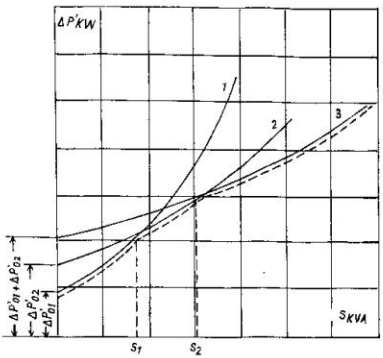
Ta sẽ được tổn thất toàn bộ là :

$$\Delta P'_T = \Pi = \Delta P'_0 + \Delta P'_k \left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}}\right)^2 = a + bS^2_{pt} \qquad (5\text{-}8)$$

với $a = \Delta P'_0$; $b = \frac{\Delta P'_k}{S_{đm}{}^2}$

Phương trình (5-8) được biểu diễn bằng một đường parabôn. Theo quan điểm về tổn thất tổng, thì sự làm việc tối ưu nhất của một máy biến áp sẽ tương ứng với tổn thất tổng là bé nhất; khi đó, tương ứng với phụ tải tối ưu.

Khi phụ tải của trạm biến áp yêu cầu thay đổi nhiều, để có được một chế độ làm việc thích hợp nhất theo quan điểm tổn thất tổng thì người ta sẽ đặt nhiều máy biến áp.



Hình 5-4

1. Đường cong tổn thất công suất của máy biến áp *1*;
2. Đường cong tổn thất công suất của máy biến áp *2*;
3. Đường cong tổn thất công suất khi máy biến áp *1* và *2* vận hành song song.

Chúng ta có thể thiết lập đồ thị phụ tải tùy theo tình hình cụ thể mà ta sẽ vận hành với số lượng máy biến áp thay đổi.

Chúng ta sẽ vạch đường parabôn đối với mỗi máy biến áp là $\Pi_i = a_i + b_i S_{pt}^2$ và các đường parabôn đối với tổ hợp 2, 3... n máy biến áp vận hành song song. Điểm giao nhau của các đường cong này có vị trí gần nhất đối với trục hoành (trục phụ tải) sẽ tương ứng với phụ tải tối ưu để chúng ta đưa thêm máy biến áp vào hoặc tương ứng cắt bớt máy biến áp v.v... Nhưng cũng cần lưu ý là không nên cắt một máy biến áp nào đó để rồi trong một thời gian rất ngắn lại đưa chính máy biến áp đó vào vận hành song song. Thường không nên thao tác như vậy nếu khoảng thời gian này dưới 3 giờ.

Hình 5-4 giới thiệu đồ thị tổn thất công suất theo phụ tải đối với một trạm biến áp có hai máy. Chúng ta hãy nghiên cứu hai trường hợp thường xảy ra sau đây :

1. Trường hợp một trạm chỉ có 2 máy biến áp có các đặc tính và tổn thất công suất được thể hiện qua các biểu thức sau :

$$\Pi_1 = a_1 + b_1 S_{pt}^2$$

$$\Pi_2 = a_2 + b_2 S_{pt}^2$$

và tổ hợp :

$$\Pi_{12} = a_{12} + b_{12} S_{pt}^2$$

Ở đây Π_1, Π_2, Π_{12} tương ứng với những tổn thất tổng của máy biến áp 1, máy biến áp 2 và của cả hai máy cùng làm việc song song. Việc vận hành song song các máy biến áp sẽ có lợi bắt đầu từ lúc phụ tải mà ở đấy các đường biểu diễn gặp nhau (tức là từ lúc các tổn thất bằng nhau).

2. Trường hợp tổng quát : trạm có n máy biến áp có công suất và tham số các máy như nhau đang làm việc song song bây giờ ta đóng thêm một máy có cùng công suất và tham số vào làm việc song song, (tức là sau khi đóng thêm 1 máy ta có (n + 1) máy làm việc song song) thì việc đóng máy sẽ tối ưu kể từ phụ tải xác định bởi giao điểm của hai đường cong tổn thất công suất ứng với hai trường hợp : n và (n + 1) máy làm việc song song :

$$na + \frac{1}{n} b S_{pt}^2 = (n + 1)a + \frac{1}{(n + 1)} b S_{pt}^2$$

Giải ra, ta được : $\frac{1}{n} b S_{pt}^2 - \frac{1}{(n + 1)} b S_{pt}^2 = (n + 1) a - na$

$$b S_{pt}^2 \left(\frac{n + 1 - n}{n (n + 1)} \right) = a$$

Do đó :

$$S_{pt} = \sqrt{\frac{a}{b}\, n(n+1)}$$

$$S_{pt} = \frac{\sqrt{n\,(n+1)\,\Delta P'_o}}{\frac{\Delta P'_k}{S_{dm2}}} = S_{dm}\sqrt{n\,(n+1)\,\frac{\Delta P'_o}{\Delta P'_k}} \qquad (5\text{-}9)$$

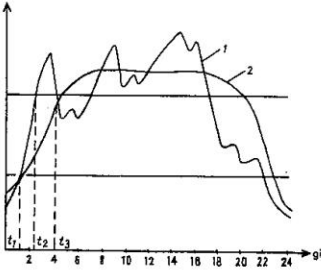
Nếu n = 1 ta sẽ có $S_{pt} = S_{dm}\sqrt{2\frac{\Delta P'_o}{\Delta P'_k}}$ Chú ý là : trong thực tế phụ tải có thể luôn luôn biến đổi (hình 5.5). Nếu muốn vận hành kinh tế máy biến áp theo cách trình bày trên thì :

từ 0 đến t_1 cho máy 1 vận hành

từ t_1 đến t_2 cho máy 2 vận hành

từ t_2 đến t_3 cho hai máy vận hành song song

Phương thức vận hành như vậy sẽ không nên vì việc đóng cắt luôn máy biến áp sẽ ảnh hưởng đến tuổi thọ của thiết bị điện và gây nên căng thẳng trong việc thực hiện. Do vậy, sau khi xếp lịch vận hành của các thiết bị để có đồ thị phụ tải tương đối bằng phẳng thì ta sẽ căn cứ vào trị số tương đối bằng phẳng này để sắp xếp các máy biến áp vận hành phù hợp với điều kiện kinh tế.



Hình 5-5 : Đồ thị phụ tải hàng ngày
1. Trước khi điều chỉnh phụ tải
2. Sau khi điều chỉnh phụ tải

Ví dụ 5.3. Một trạm biến áp của một xí nghiệp công nghiệp được đặt hai máy biến áp 560 KVA – 6/0,4 KV. Ở tại thời điểm nào đó chỉ có 1 máy biến áp đang làm việc. Yêu cầu xác định lúc bắt đầu từ một giá trị phụ tải tối ưu theo quan điểm tổn thất thì ta đóng máy biến áp thứ hai.

Bài giải : Tra sổ tay tra cứu : đối với máy biến áp 560 KVA – 6/0,4 KV.

Có : $\Delta P_0 = 2{,}5KW$, $\Delta P_k = 9{,}4KW$, $i_{0\%} = 9\%$ và $U_{k\%} = 5{,}5\%$

Từ các tham số trên của máy biến áp, ta tính được :

$$\Delta Q_0 = \frac{i_{0\%}}{100} \cdot S_{dm} = \frac{6}{100} \cdot 560 = 33{,}6KVAR$$

$$\Delta Q_k = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot S_{dm} = 560\,\frac{5{,}5}{100} = 30{,}8KVAR$$

Ta lấy đương lượng kinh tế là $k_{kt} = 0{,}1$ KW/KVAR

Do vậy $S_{pt} = S_{dm}\sqrt{2\frac{\Delta P'_o}{\Delta P'_k}} = S_{dm}\sqrt{2\frac{\Delta P_0 + k_{kt} \cdot \Delta Q_0}{\Delta P_k + k_{kt}\Delta Q_k}}$

$$S_{pt} = 560\sqrt{2\,\frac{2{,}5 + 0{,}1.33{,}6}{9{,}4 + 0{,}1\,.\,30{,}8}} = 512KVA$$

Nếu không kể tổn thất công suất tác dụng trên đường dây cần thiết để vận chuyển công suất phản kháng (khi $k_{kt} = 0$), thì ta có :

$$S_{pt} = 560 \sqrt{2} \cdot \frac{2,5}{9,4} = 408KVA$$

Nhờ đường cong phụ tải năm tính theo giờ và chương trình đóng các máy biến áp vào lưới theo cách xác định nêu trên, chúng ta có thể tính được tổn thất điện năng của các máy biến áp trong một trạm như sau :

$$\Sigma\Pi = [\Sigma a_i + S_1^2 \Sigma b_i]T_1 + [\Sigma a_{i+1} + S_2^2 \Sigma b_{i+1}]T_2 + \ldots + [\Sigma a_{i+p} + S_{p+1}^2 \Sigma b_{i+p}] T_{p+1}$$

Ở đây : $T_0 + T_1 + T_2 + \ldots + T_{p+1} = 8760$ giờ

Với T_0 – thời gian mà toàn bộ các máy biến áp được cắt khỏi mạng lưới.

Σa_i, Σa_{i+1}, ... Σa_{i+p} – là các tổn thất không tải của các máy biến áp được song song ứng với $T_1, T_2, .. T_{p+1}$ giờ.

Σb_i, Σb_{i+1}, ..., Σb_{i+p} : tổn thất ngắn mạch so với bình phương của phụ tải định mức của các máy biến áp được nối song song ứng với $T_1, T_2, \ldots ; T_{p+1}$ giờ.

$S_1, S_2, \ldots , S_{p+1}$ là phụ tải trên đồ thị phụ tải hàng năm ứng với khoảng thời gian $T_1, T_2, \ldots . T_{p+1}$

Ví dụ 5.4. Các hộ tiêu thụ bao gồm loại 1 là 500 KVA và loại 2 được lấy điện từ thanh cái hạ áp (0,4 KV) của một trạm biến áp. Đường đồ thị phụ tải hàng năm theo giờ tóm tắt như sau :

760 h – 500 KVA

500 h – 800 KVA

500 h – 1000 KVA

7000 h – 1500 KVA

Để đảm bảo phục vụ cho hộ tiêu thụ, chúng ta hãy xem xét hai phương án sau :

– phương án hai máy biến áp 750KVA – 6/0,4KV

– phương án hai máy biến áp 1000KVA – 6/0,4KV

Đặc tính của hai loại máy biến áp như sau :

	750kVA	1000kVA
i_o%	5,5	5
U_k%	5,5	5,5
ΔP_o, [KW]	3,2	4
ΔP_k, [KW]	12,0	15
ΔQ_o, [KVAR]	41,2	50
ΔQ_k, [KVAR]	41,2	55
Giá tiền	5400đ	6500đ

Đương lượng kinh tế của công suất phản kháng là :

$$k_{kt} = 0,12 \frac{KW}{KVAR}$$

Phụ tải tối ưu để đóng máy biến áp thứ hai ở hai trường hợp là :

$S_{tối\ ưu\ 750} = 735$ KVA

$S_{tối\ ưu\ 1000} = 960$ KVA

Tổn thất cho trong bảng sau :

Sự chênh lệch về tổn thất là : 390.500 – 349.000 = 41.500 KWh nếu giá là 0,02 đồng/kwh khi đó chi phí vận hành (tính riêng về tổn thất) sẽ tiết kiệm là :

0,02 × 41.500 = 830 đồng/năm. Sự chênh lệch vốn đầu tư là :

2 × (6.500 – 5.400) = 2200 đồng.

Thời gian cần thiết để thu hồi vốn đầu tư phụ là :

$$\frac{2200}{830} \approx 2 \text{ năm } 8 \text{ tháng}$$

Phụ tải KVA	Thời gian, h	Tổn thất kwh	
		2 × 750 KVA	2 × 1000K VA
500	760	11.900	11.700
800	500	12.950	11.900
1000	500	15.650	15.400
1500	7000	350.000	310.000
Tổng		390.500	349.000

Chú ý rằng những kết quả đạt được của các phép tính ở trên chỉ có tính chất sơ bộ, cho ta những suy nghĩ về việc lựa chọn phương án; vì thật ra từ các số liệu thống kê để ta chọn k_{kt} chỉ là trị số trung bình, và còn nhiều yếu tố khác ảnh hưởng đến việc chọn phương án.

** Xác định dung lượng tối ưu của máy biến áp phân xưởng :*

Chúng ta biết : tổn thất điện năng trong máy biến áp được tính theo công thức :

$$\Delta A_T = \Delta P'_0 t + \Delta P'_K \left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}}\right)^2 \tau$$

Trong đó : $\Delta P'_0$ – tổn thất công suất tác dụng không tải kể cả phần do công suất phản kháng gây ra, [kw].

$\Delta P'_K$ - tổn thất công suất tác dụng ngắn mạch kể cả phần do công suất phản kháng gây ra, [kw].

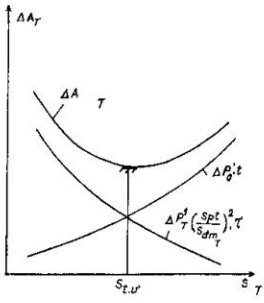
t – thời gian vận hành máy biến áp (thường lấy bằng 8760 giờ)

τ – thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất, [giờ]

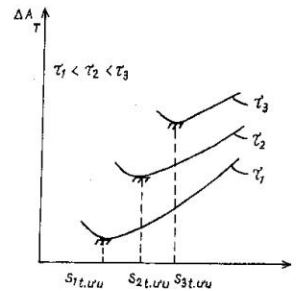
S_{pt}, $S_{đm}$ – phụ tải và dung lượng định mức của máy biến áp [KVA]. Rõ ràng, tổn thất điện năng trong máy biến áp không những phụ thuộc vào tham số của máy biến áp ($S_{đm}$,$\Delta P'_0$,$\Delta P'_K$) mà còn phụ thuộc vào chế độ vận hành của nó (t, τ).

Hình 5-6 trình bày quan hệ $\Delta A_T = f(S_{đmT})$ khi S_{pt} = const và τ = const; t = 8760 giờ. Ta thấy, đường cong ΔA_T có một cực tiểu, từ đây ta tìm được dung lượng tối ưu của máy biến áp ứng với điểm cực tiểu của đường cong $\Delta A_T = f(S_{đmT})$.

Hình 5.7, trình bày quan hệ giữa tổn thất điện năng của máy biến áp với chế độ vận hành của máy biến áp thể hiện ở thời gian τ. Thời gian τ là thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất phụ thuộc vào thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{max} và cosφ (xem Chương 6). Hình 5.7 cho thấy : máy biến áp càng vận hành đầy tải, tức là τ càng tăng, thì dung lượng tối ưu của máy biến áp càng tăng. Dung lượng tối ưu của máy biến áp là dung lượng thỏa mãn điều kiện phát nóng và điều kiện tổn thất điện năng trong máy biến áp là nhỏ nhất.



Hình 5-6



Hình 5-7

5) Tiêu tốn kim loại màu bé nhất : Việc tiêu tốn kim loại màu trong lưới cung cấp cho hộ tiêu thụ liên quan trực tiếp với vị trí đặt và công suất của trạm biến áp. Khi trạm biến áp càng gần trọng tâm phụ tải của hộ tiêu thụ thì công suất đặt sẽ giảm và việc giảm công suất đặt trong trạm sẽ thực hiện tiết kiệm đáng kể kim loại màu và đồng thời cũng làm giảm được tổn thất.

Tóm lại : khi chọn số lượng và công suất của máy biến áp trong trạm biến áp phân xưởng, ta phải thực hiện như sau :

– Xác định số lượng máy biến áp (một hay hai), tùy thuộc vào mức độ đảm bảo yêu cầu của hộ tiêu thụ.

– Xác định công suất điện áp theo điều kiện vận hành tối ưu (chi phí vận hành bé nhất), đồng thời cũng cần lưu ý đến việc hạn chế số chủng loại máy biến áp.

– Kiểm tra công suất của máy biến áp được chọn, theo quan điểm khả năng quá tải của máy biến áp còn lại trong trường hợp sự cố một máy biến áp của trạm.

– Kiểm tra khả năng đảm nhận khi phụ tải tăng lên theo yêu cầu phát triển trong tương lai.

– Kiểm tra xem trị số dòng điện ngắn mạch ở phần điện áp thấp có thích ứng với những đặc điểm của khí cụ điện được bố trí hay không.

5.3. Sơ đồ nối dây của trạm biến áp.

Sơ đồ nối dây của trạm phải thỏa mãn các điều kiện sau :

– Đảm bảo liên tục cung cấp điện theo yêu cầu của phụ tải.

– Sơ đồ nối dây rõ ràng, thuận tiện trong vận hành và xử lý lúc sự cố.

– An toàn lúc vận hành và lúc sửa chữa.

– Hợp lý về kinh tế, trên cơ sở đảm bảo các yêu cầu về kỹ thuật. Trong thực tế khó mà đảm bảo được toàn bộ các yêu cầu trên, nếu gặp mâu thuẫn ta cần so sánh toàn diện trên quan điểm lợi ích lâu dài và lợi ích chung của cả nền kinh tế.

5.3.1. Trạm hạ áp trung gian hay trạm hạ áp chính.

Sơ đồ nối dây phía sơ cấp phụ thuộc vào nhiều thông số : điện áp cung cấp đưa đến, công suất và số lượng máy biến áp, chế độ làm việc và mức độ đảm bảo yêu cầu của hộ tiêu thụ, có trạm phát điện riêng không, sơ đồ phân phối ở bên trong xí nghiệp, chương trình phát triển của xí nghiệp v.v... Do vậy có rất nhiều phương án để giải quyết và cũng rất khó để chọn được phương án thỏa mãn đầy đủ các yêu cầu nêu trên.

Thông thường, các trạm này được thực hiện theo dạng sau :

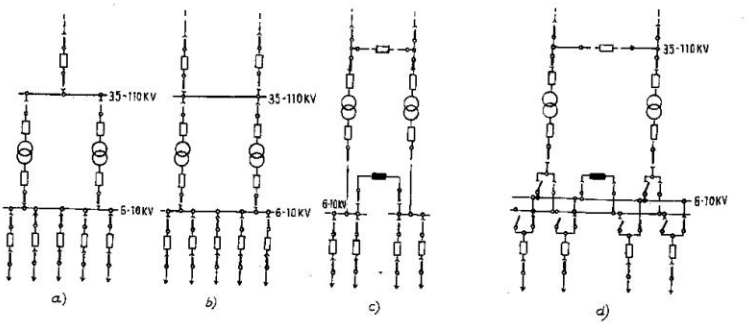
– Nối đến hệ thống năng lượng bằng một hay hai lộ, với điện áp định mức bao gồm giữa 15, 35 và 110KV.

– Phía điện áp từ hệ thống đưa đến, người ta dùng sơ đồ không có thanh cái (khối đơn hay hai khối, có hay không có đường dây nối ngang qua).

– Phía điện áp thứ cấp (phía điện áp phân phối) người ta dùng sơ đồ với thanh cái đơn hay thanh cái kép.

– Số lượng máy biến áp được biến thiên giữa một và ba và thông dụng nhất là trạm với hai máy biến áp.

* Đối với trạm có nhiều máy biến áp : hình 5-8 và 5-9.



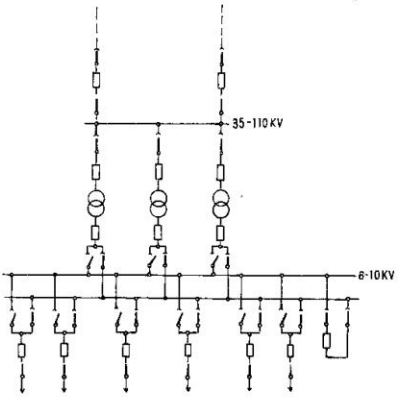
Hình 5-8

a) Chỉ có một lộ cung cấp đến
b) Hai lộ cung cấp đến với thanh cái đơn
c) d) Hai lộ cung cấp đến với cách nối hình H

Các trạm này tương ứng với những điều kiện đảm bảo yêu cầu tốt nhất của hộ tiêu thụ loại 1. Hay gặp nhất là trạm hạ áp với hai máy biến áp. Những trạm này được nối đến hệ thống năng lượng bằng hai lộ.

Trên phần điện áp phía sơ cấp, người ta dùng sơ đồ có một thanh cái. Khi trạm có hai máy biến áp và hai lộ đưa đến, người ta thích dùng sơ đồ hình H kinh tế hơn so với sơ đồ có thanh cái.

Trên phần điện áp phía thứ cấp, thông thường người ta dùng sơ đồ thanh cái đơn hay kép (có phân đoạn hay không phân đoạn tùy theo số lượng đường dây từ các hộ tiêu thụ được nối đến thanh cái hoặc tùy theo có cần thiết hạn chế dòng ngắn mạch hay không v.v...) vì rằng, trong nhiều trường hợp từ thanh cái này người ta tiến hành phân phối năng lượng điện đến các phân xưởng của xí nghiệp. Hình 5.8 giới thiệu sơ đồ của một số trạm hạ áp với hai máy biến áp.



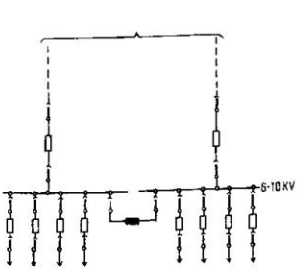
Hình 5-9

Hình 5-9 giới thiệu sơ đồ của một trạm biến áp với ba máy biến áp, có phía điện áp thứ cấp 6KV là hệ thống hai thanh cái.

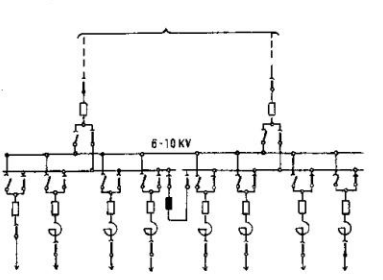
Phương án trạm biến áp với số lượng máy biến áp là 3 hay 4 rất ít gặp.

5.3.2. Trạm phân phối chính :

Bên cạnh những trường hợp gặp ở trên, ta còn gặp trạm phân phối điện năng chính nằm trên mảnh đất của xí nghiệp. Đối với trạm này, ta chấp hành sơ đồ thanh cái (có một hay hai hệ thống) có phân đoạn. Người ta vừa nối thanh cái của trạm phân phối chính với các trạm điện của hệ thống năng lượng và vừa nối với các nhà máy điện địa phương hoặc tổ máy phát riêng. Khi các nguồn điện nối đến thanh cái của trạm này lớn và nhiều nguồn thì ta phải tìm các phương án để giới hạn dòng điện ngắn mạch; nếu các nguồn này xét ra ảnh hưởng lớn đến tính ổn định động của các khí cụ và thiết bị phía sau thì chúng ta sẽ nối mỗi lộ qua một cuộn kháng điện. Hình 5.10 và 5.11 giới thiệu sơ đồ của hai trạm phân phối chính tương ứng với thanh cái đơn và thanh cái kép. Cả hai trường hợp đều được bố trí máy cắt điện phân đoạn.



Hình 5-10

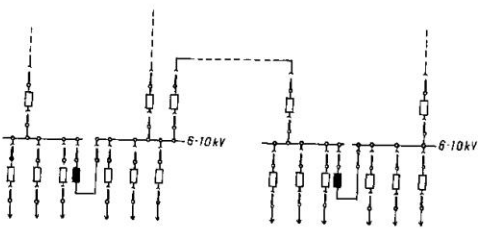


Hình 5-11

5.3.3. Trạm phân phối trung gian (còn được gọi là điểm phân phối).

Đối với các xí nghiệp công nghiệp có nhiều xưởng nằm rất rải rác và phân tán thì theo quan điểm kinh tế - kỹ thuật, có khi các trạm biến áp phân xưởng không được cung cấp trực tiếp từ trạm phân phối chính mà từ một trạm phân phối trung gian vì như vậy sẽ làm giảm tiêu tốn kim loại màu đối với dây dẫn và sẽ làm đơn giản hóa sơ đồ của trạm phân phối chính.

Việc nối giữa trạm phân phối trung gian với trạm phân phối chính sẽ được thực hiện qua trung gian của các đường dây chính đi từ trạm phân phối chính đến trạm phân phối trung gian. Hình 5-12 giới thiệu sơ đồ nối của hai trạm phân phối trung gian. Cả hai trạm này liên hệ nhau qua một lộ chính.



Hình 5-12

5.3.4. Trạm hạ áp phân xưởng :

Thông thường, sự cung cấp năng lượng điện cho trạm hạ áp phân xưởng thực hiện ở cấp điện áp 6 ÷ 15KV. Trạm này được trang bị với hai hay nhiều máy biến áp. (Trường hợp quá hai máy biến áp là trường hợp ít xảy ra). Ở phía sơ cấp, người ta dùng sơ đồ rất đơn giản là sơ đồ khối. Người ta chấp nhận sơ đồ có thanh cái chỉ khi số lượng máy biến áp lớn (ít nhất là ba máy).

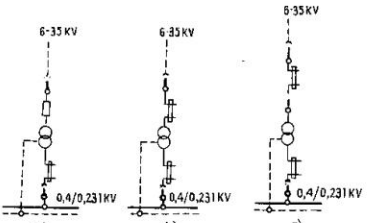
* *Trạm hạ áp với một máy biến áp :* thường trạm này phục vụ cho hộ tiêu thụ loại 2 hay loại 3. Trường hợp ngoại trừ là : nếu có đường dây dự trữ đưa từ lưới điện áp thấp lấy nơi khác đến và bố trí tự động đóng nguồn dự trữ này, thì trạm có thể phục vụ cho hộ tiêu thụ loại 1 với phụ tải không lớn.

Để giảm số lượng máy biến áp dự trữ cho trạm này, thì các trạm hạ áp phân xưởng nên dùng ít chủng loại máy biến áp.

Đặc điểm của sơ đồ trạm hạ áp phân xưởng với một máy biến áp là cách nối của máy biến áp đến đường dây cung cấp điện áp cao.

Theo quan điểm kỹ thuật, thì việc nối giữa máy biến áp với đường dây cung cấp thông qua dao cách ly và máy cắt điện có thể áp dụng trong tất cả các trường hợp. (Hình 5.13a). Song trên thực tế, máy cắt điện khá đắt tiền và khá phức tạp khi bố trí ở trạm, thêm vào đó khi sử dụng nó cần phải tính toán đến tính ổn định nhiệt và ổn định động trong trường hợp ngắn mạch. Vì vậy nên phạm vi sử dụng máy cắt điện được giới hạn trong những trường hợp mà người ta không thể áp dụng những biện pháp sau :

– Nối qua dao cách ly và cầu chì (hình 5.13b).



Hình 5-13

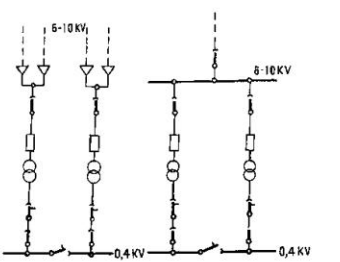
Sơ đồ này thích ứng với hộ tiêu thụ ít quan trọng (hộ loại 3), dòng điện không tải của máy biến áp có thể được cắt bằng dao cách ly. Nhược điểm của sơ đồ là :

+ Bảo vệ quá tải thực hiện bằng cầu chì điện áp cao không luôn luôn đảm bảo độ nhậy, việc thay thế cầu chì nóng chảy, cần thiết có một thời gian khá dài.

– Nối qua dao cách ly, cầu chì và máy cắt phụ tải (hình 5-13c), việc tổ hợp cầu chì và máy cắt phụ tải tạo nên tính đảm bảo cao giống như đối với máy cắt nhưng giảm được vốn đầu tư cho trạm. Vì bộ phận dập tắt hồ quang của máy cắt phụ tải có cấu tạo đơn giản nên máy cắt phụ tải chỉ đóng cắt được dòng điện phụ tải, còn việc cắt dòng điện ngắn mạch do cầu chì đảm nhiệm.

* *Trạm hạ áp với nhiều máy biến áp* phục vụ cho tất cả các loại hộ dùng điện. Sơ đồ nối của nó khác nhau tùy theo số lượng của máy biến áp, tùy mức độ an toàn yêu cầu và tùy theo việc có hay không có những hộ tiêu thụ ở phía điện áp sơ cấp được đưa đến.

Đối với trạm có hai máy biến áp phục vụ, về phía điện áp cao có các sơ đồ khối : đường dây - máy biến áp (hình 5.14a) ở trường hợp có hai lộ cung cấp đưa đến. Người ta dùng sơ đồ với thanh cái đơn giản trong trường hợp chỉ có một đường dây cung cấp (hình 5-14b) hoặc ở trường hợp cần có một số hộ tiêu thụ phía sơ cấp máy biến áp (hình 5-15).

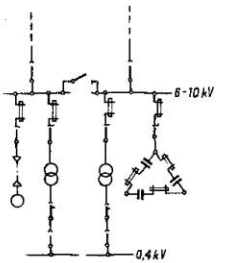


Hình 5-14

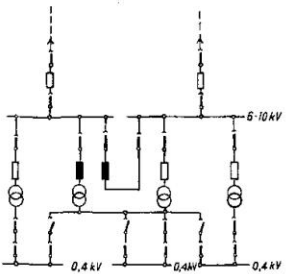
Khi có hộ tiêu thụ loại 1 thì bắt buộc phải thực hiện cung cấp điện từ hai nguồn điện khác nhau đưa đến; còn ở phía điện áp thấp cần có bộ phận đóng lập lại tự động áptômát để nối liền các phân đoạn cần liên hệ nhau của hai máy biến áp.

Đối với các thiết bị điện nối đến điện áp cao, người ta dùng các thiết bị vừa thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật đồng thời vốn đầu tư lại ít. Do vậy người ta chỉ dùng dao cách ly. Đối với sơ đồ máy biến áp và đường dây có các hộ tiêu thụ điện áp sơ cấp, người ta sẽ sử dụng cầu chì và máy cắt phụ tải. Đối với những nơi nào mà những phương án trang bị rẻ tiền phía sơ cấp như trên không đáp ứng được, chúng ta mới dùng phương án dao cách ly và máy cắt điện.

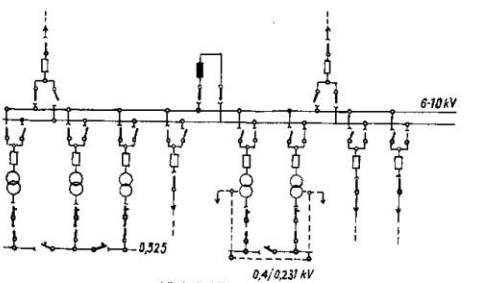
Đối với trạm hạ áp phân xưởng có số máy biến thế nhiều hơn 2, thì thông thường phía điện áp cao, người ta dùng sơ đồ có thanh cái đơn và có phân đoạn (hình 5.16). Việc sử dụng thanh cái kép rất hiếm (hình 5.17).



Hình 5-15

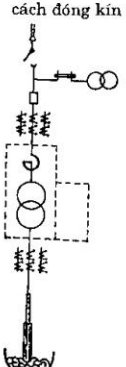


Hình 5-16

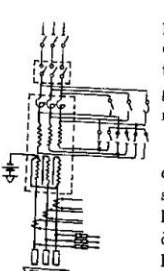


Hình 5-17

Trạm hạ áp phân xưởng sử dụng các tủ chế tạo sẵn, đóng kín. Sơ đồ nối dây cũng giống như sơ đồ ở trạm hạ áp kiểu hở. Tuy nhiên cũng có một ít thay đổi để phù hợp với cách đóng kín cho thuận tiện.



Hình 5-18



Hình 5-19

Trạm hạ áp phân xưởng để phục vụ cho lò điện : Trạm này có một số đặc điểm sau :

Ở mạch cung cấp điện từ nguồn đưa đến, trên phần cao áp đôi khi người ta đặt cuộn kháng điện để giới hạn trị số dòng điện ngắn mạch sinh ra trong thời gian nóng chảy kim loại (hình 5-18). Ở giai đoạn tinh luyện thì cuộn kháng điện sẽ được nối tắt để nâng cao hiệu suất và giảm tổn thất.

Cuộn dây điện áp cao của máy biến áp có những cực đưa ra ở cả hai đầu để có thể thực hiện chuyển đổi sao γ – tam giác Δ và thường bao gồm có hai dao cách ly. Việc thực hiện đổi nối γ – Δ rất cần thiết vì lò điện ở giai đoạn nóng chảy kim loại cần có công suất lớn hơn nhiều so với giai đoạn tinh luyện. Đối với lò điện lớn, máy biến áp được trang bị một bộ chuyển đổi có điều chỉnh điện áp dưới tải theo từng cấp.

Các máy biến dòng và các khí cụ đo lường được đặt trên cả ba pha vì trong quá trình làm việc cần phải quan sát và điều chỉnh dòng điện đối với từng pha (hình 5-19).

Bảo vệ trong trường hợp ngắn mạch có thể xuất hiện trong thời gian vận hành lò, thông thường được thực hiện bằng máy cắt điện đặt ở đầu đường dây cung cấp cho trạm hạ áp phân xưởng. Còn thiết bị đóng ngắt được bố trí ngay ở lò chỉ dùng để thao tác đóng mở, và thiết bị này có thể là máy cắt phụ tải.

Kinh nghiệm cho thấy máy cắt điện loại nhiều dầu hay ít dầu sẽ không cho kết quả mong muốn khi dùng để thao tác đóng mở đối với lò điện hồ quang. Thật vậy, khi mở nhiều lần thiết bị này, thì các tiếp điểm làm việc của nó sẽ chóng hỏng do bị quá đốt nóng, còn trang bị dập tắt hồ quang sẽ mau hỏng do cacbon hóa dầu nhanh chóng. Từ đây cho ta thấy đối với lò điện có thể sử dụng máy cắt điện với không khí nén.

5.4. Cấu trúc của trạm :

Nhìn chung, các trạm hạ áp chính và các trạm phân phối của các xí nghiệp công nghiệp không khác nhiều so với các trạm điện của hệ thống năng lượng.

Đối với trạm hạ áp phân xưởng, khi thiết kế luôn luôn phải có cách nhìn giới hạn đến tối thiểu các trang thiết bị điện và các vật liệu tiêu dùng trong việc lắp ráp và xây dựng vì làm như vậy sẽ giảm được vốn đầu tư đối với xây dựng trạm. Trong một số trường hợp, chúng ta cần phải đảm bảo khả năng phát triển các trang thiết bị phân phối về sau này. Tương tự, chúng ta phải tôn trọng tất cả những quy định, quy tắc quy phạm về cấu trúc trạm điện, phải am hiểu và tôn trọng quy phạm về vận hành, về an toàn và về hỏa hoạn v.v...

Để thỏa mãn được những điều kiện kỹ thuật nêu trên, thì ngoài việc thiết kế đúng, đạt được chất lượng xây dựng và lắp ráp trạm, thì còn phải :

– Lựa chọn đúng trang thiết bị điện tùy theo các tham số về điện mà ta biết, phải lắp ráp trạm đúng theo quy phạm và đúng với tất cả những yêu cầu vận hành thuận tiện.

– Phải tôn trọng khoảng cách giữa các pha và giữa các phần dẫn điện đến cấu trúc nối đất và xung quanh.

– Khả năng loại nhanh hỏa hoạn và các sự cố xảy ra ở trang bị điện.

– Thuận tiện trong thao tác và trong việc vận chuyển các trang thiết bị điện để lắp ráp và sửa chữa, tức là phải đảm bảo các kích thước cần thiết của các lối đi và các hành lang.

– Phải thực hiện nối đất bảo vệ.

– Phải sử dụng các tín hiệu cần thiết v.v...

Yêu cầu giảm vốn đầu tư xây dựng trạm điện sẽ chi phối đến toàn bộ việc chọn các loại cấu trúc hợp lý.

5.4.1. Trạm hạ áp phân xưởng loại ngoài trời.

Đối với các xí nghiệp công nghiệp bé, thông thường ở đây lưới điện của hệ thống cung cấp là đường dây trên không, do đó người ta hay dùng các trạm hạ áp loại ngoài trời kiểu ở trên cột điện.

Do vì trọng lượng của máy biến áp ba pha hay ba máy biến áp một pha (từ 25 ÷ 240 KVA) và của các thiết bị điện và khí cụ bảo vệ tương đối nhỏ (khoảng 300 ÷ 1800 kg) nên toàn bộ trang thiết bị của trạm biến áp sẽ được treo trên các giá đỡ mắc vào một, hai hay bốn cột bằng gỗ hay xi măng cốt thép. Các cột này có chiều cao tương đối để cho người "lạ" không dễ dàng leo lên được trong quá trình vận hành.

Đối với các máy biến áp lớn hơn 240 KVA sẽ không treo trên các cột vì trọng lượng của chúng quá lớn, hoặc đối với máy biến áp ba pha chế tạo cùng chung lõi thép có dung

lượng bé hơn 240 KVA cũng không treo trên một cột (vì khi treo sẽ không đảm bảo trọng lượng được cân xứng đều nhau trên cột)... Khi đó, người ta đặt máy biến áp ba pha trên nền gỗ hay trên nền xi măng cốt thép ở ngay dưới chân cột điện và được vây rào bảo vệ xung quanh với chiều cao 2m50 để ngăn cản người hay vật đến gần trạm.

Cột gỗ để treo máy được sử dụng phải sấy tẩm công nghiệp tốt, nhưng thực ra ít dùng, mà người ta hay dùng cột xi măng cốt thép đúc ly tâm. Các cột này có ưu điểm chính là sức bền cơ khí lớn, tuổi thọ cao, việc lắp ráp trạm dễ dàng và chi phí bảo quản bé.

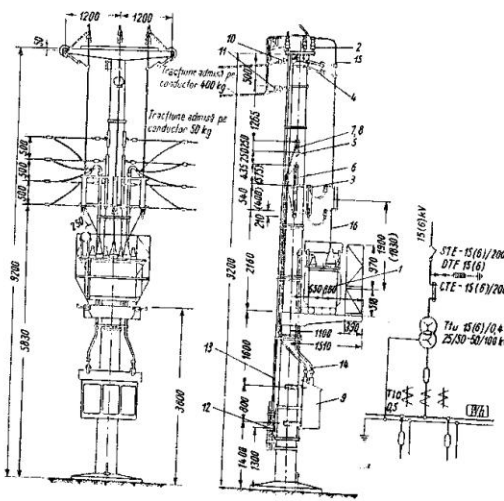
Sơ đồ điện của trạm hạ áp này rất đơn giản. Trên phần phía cao áp thường thực hiện theo sơ đồ khối (đường dây cung cấp – máy biến áp), cầu chì loại ống và dao cách ly điều khiển ở dưới đất.

Đôi khi, người ta xây dựng các trạm điện có công suất lớn hơn gồm hai máy biến áp đến 240 KVA và có hai hộ đưa đến. Ở phía hạ áp có thanh cái đơn và có các đường dây đi từ thanh cái này đến hộ tiêu thụ, có các thiết bị đóng cắt và bảo vệ như áp tô mát và cầu chì. Các biến áp được treo trên các cột cần phải đặt ở chiều cao ít nhất là 4m5 (từ mặt đất đến phần tử dẫn điện). (hình 5.20).

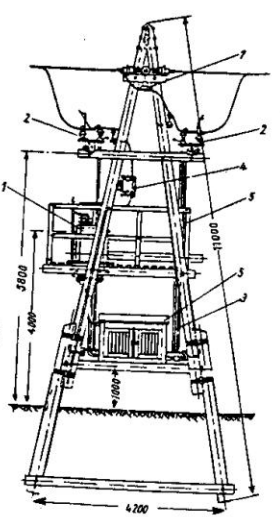
Các máy biến áp được đặt trên nền ở ngay chân cột cần phải rào bằng lưới mắt cáo có các mắt tương đối dầy (20 × 20 mm). Lưới rào phải đặt ở khoảng cách ít nhất là 2m đối với các phần có điện áp.

Bộ phận tay cầm truyền động để đóng mở dao cách ly thực hiện từ mặt đất phải được khóa lại hay được tháo rời; khi cần thiết sẽ lắp vào để thao tác.

Bảng điện áp thấp có các khí cụ bảo vệ (cầu chì và áp tômát) cần phải được đóng kín trong một hộp kim loại và được gọi là tủ phân phối điện áp thấp 5. (hình 5.21).



Hình 5-20

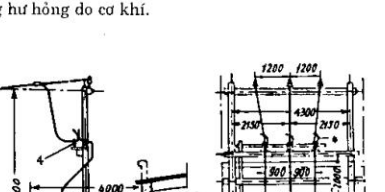


Hình 5-21

Đường dây nối giữa máy biến áp và bảng điện áp thấp, hay đường dây nối giữa bảng và đường dây trên không điện áp thấp cần phải dùng dây dẫn bọc cách điện (chịu được đối với điện áp từ 1000 V) để bảo vệ chống hư hỏng do cơ khí.

Hình 5-21 giới thiệu trạm hạ áp đơn giản dùng cho đường dây điện ở nông thôn, ở đây có máy biến áp 3 pha, mắc trên cột gỗ kiểu A dùng như cột đường dây trên không ở cấp điện áp 6, 10 hay 15 KV. Máy biến áp được nối đến dây dẫn chỉ thông qua cầu chì ống và được đặt trên nền lửng bố trí ở nửa phần trên của cột chữ A.

Hình 5-22 giới thiệu một trạm biến áp đặt ngay dưới chân cột có rào chắn xung quanh.



Hình 5-22

1. Máy biến áp 3 pha; 2. Buồng phân phối điện áp thấp; 3. Rãnh dẫu; 4. Dao cách ly; 5. Cầu chì.

5.4.2. Trạm hạ áp phân xưởng loại trong nhà

Đối với công suất lớn hơn (320 KVA hay nhiều hơn), cũng như trong trường hợp có yêu cầu thuận lợi trong vận hành hoặc trong điều kiện đặc biệt như : không khí độc hại của quá trình sản xuất, không gian bố trí trạm quá ít v.v... thì người ta xây dựng trạm hạ áp phân xưởng loại trong nhà; ở trạm này, các trang thiết bị điện được đặt trong nhà.

Trạm hạ áp phân xưởng loại này có sơ đồ nối dây đơn giản và thường dùng sơ đồ khối; người ta chỉ dùng sơ đồ có thanh cái khi có hai hay ba máy biến áp hay khi ở trạm có các hộ tiêu thụ ở điện áp cao.

Các khí cụ và thiết bị điện ở phần cao áp là cầu chì ống, máy cắt phụ tải với cầu chì, hay máy cắt điện có dầu hay không khí nén. Cầu chì và máy cắt phụ tải sẽ bảo vệ máy biến áp, ngoài ra máy cắt phụ tải còn dùng để đóng mở máy biến áp trong quá trình vận hành. Như có dịp đã nêu, việc sử dụng máy cắt điện rất hạn chế vì giá thành của trạm sẽ rất cao.

Theo cách nhìn bố trí bên trong, trạm có thể chỉ có một buồng hay nhiều buồng.

Khi sơ đồ chỉ có một máy biến áp nối đến đường dây cung cấp điện áp cao, không có máy cắt điện, tất cả các trang thiết bị và khí cụ điện có số lượng không nhiều thì có thể lắp cùng với máy biến áp trong một buồng. Đối với các sơ đồ khác có nhiều máy biến áp thì sẽ có nhiều buồng, cứ mỗi buồng riêng biệt dành cho một máy biến áp có dầu, ngoài ra có một buồng dành cho các thiết bị cao áp và một buồng khác dành cho các thiết bị phân phối điện áp thấp.

Đôi khi còn cần phải có thêm một buồng riêng biệt để đặt các tụ điện tĩnh để cải thiện và nâng cao hệ số công suất khi hộ tiêu thụ công nghiệp tiêu thụ công suất phản kháng lớn.

Để dễ dàng cho việc phục vụ, thì xung quanh trạm biến áp nên dự kiến một không gian cần thiết để đi lại. Khoảng cách tự do từ máy biến áp đến tường cần phải đảm bảo 0,3 ÷ 0,6 m, tùy theo công suất của máy biến áp; khoảng cách đến cửa phải ít nhất là 0,8 m.

Ở phía dưới mỗi máy biến áp dầu, không phụ thuộc vào công suất, hoặc ở dưới mỗi thiết bị điện có chứa một số lượng dầu từ 25 kg trở lên, thì phải dự kiến thêm một "hệ thống ống góp dầu" được tính toán sao cho có thể chứa được toàn bộ số lượng dầu này, nhằm giới hạn sự nguy hiểm do hỏa hoạn khi xảy ra sự cố thiết bị hay máy biến áp (ví dụ bị nổ đột xuất).

Đối với những trang thiết bị có chứa dầu nhiều (song với số lượng dầu ít hơn 600 kg đối với mỗi thiết bị) thì sẽ được đặt ở tầng trệt, ở đấy phải có những cửa thông trực tiếp với bên ngoài và phải dự kiến ở cạnh chỗ hệ thống ống góp dầu phải có một chỗ chứa vật liệu chống cháy đảm bảo để có thể dập tắt lửa khi hỏa hoạn.

Nhằm mục đích tỏa nhiệt tốt, buồng máy biến áp phải có hệ thống thông gió sao cho sự khác nhau giữa nhiệt độ không khí đi ra khỏi buồng và và không khí từ ngoài vào không vượt quá 15^{o}C, khi vận hành với công suất định mức của máy biến áp. Hệ thống thông gió có thể là thông gió tự do hay thông gió cưỡng bức. Hệ thống thông gió của buồng máy biến áp không nên liên hệ đến các hệ thống thông gió khác. Thông thường trạm biến áp phân xưởng được thực hiện thông gió tự nhiên. Do đó, ở phần phía dưới của cửa buồng và phần phía trên tường buồng máy biến áp người ta bố trí các lỗ thông gió.

Chiều cao của buồng được xác định bởi chiều cao của máy biến áp, vào khả năng đặt các phần dẫn điện, các trang thiết bị và khí cụ điện ở trong buồng, đồng thời vào chiều cao cần thiết để đảm bảo thông gió tốt.

Việc nối dây giữa máy biến áp và buồng phân phối điện áp cao (nếu có), cũng như việc nối đến bảng điện áp thấp có thể thực hiện bằng thanh dẫn điện hay cáp.

Thông thường người ta sử dụng máy cắt điện không có dầu hay dầu ít. Việc sử dụng máy cắt điện nhiều dầu chỉ cho phép trong các phòng kín và số lượng máy không quá hai, mỗi một máy cắt điện có số lượng dầu nhiều nhất khoảng 60kg (theo các tiêu chuẩn hiện nay).

Đối với trạm hạ áp, người ta tiến hành các biện pháp bảo vệ sau :

– Buồng điện áp cao cần phải ngăn cách với buồng điện áp thấp.

– Dây trần dẫn điện cần phải đặt ở chiều cao bé nhất là 2,5 m đối với nền nhà, cần phải ngăn cách các ngăn đặt thiết bị bằng dây thép đan thành ô. Các cửa phải mở ra phía ngoài và không được bố trí cửa sổ ở các ngăn này. Máy biến áp dầu có công suất từ 320 KVA trở lên cần phải bố trí thêm rơle hơi.

5.4.3. Trạm hạ áp phân xưởng loại được chế tạo sẵn thành tủ.

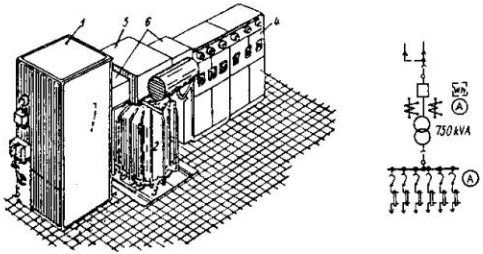
Loại này gồm có : một hay hai máy biến áp hạ áp (công suất tối đa 750 KVA cho mỗi máy), được đặt trong buồng con bằng kim loại hoặc để hở (nếu loại biến áp dầu), hệ thống phân phối điện áp cao (6 hay 10 KV) gồm một hay nhiều tủ con được gia công và lắp đặt sẵn theo một sơ đồ nối nào đó. Một hệ thống phân phối điện áp thấp 380/220 V hay 220/127 V cũng gồm các tủ cấu kiện gia công sẵn. Đường dây nối giữa các máy biến áp và trang thiết bị phân phối là các thanh trần đặt bên trong các khung bằng kim loại của các tủ gia công sẵn này.

Những trạm này được đặt trực tiếp trong các phân xưởng sản xuất của các xí nghiệp. Đại đa số các tủ được trang bị các máy cắt điện loại dầu ít hay loại không khí nén, thỉnh thoảng có tủ được trang bị máy cắt phụ tải và cầu chì ống. Các loại tủ gia công sẵn cũng có nhiều kiểu cấu trúc; có loại cấu trúc hở, cấu trúc kín và cấu trúc hỗn hợp.

Hình 5-23 trình bày sơ đồ toàn bộ của một trạm hạ áp phân xưởng loại được gia công sẵn với máy biến áp 750 KVA. Ở phía cao áp có một máy cắt điện. Đường nối từ

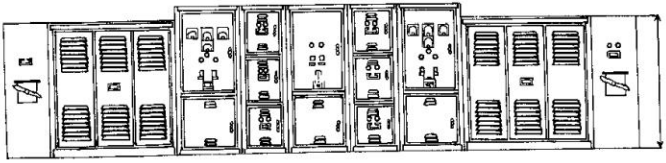
máy biến áp đến thanh cái hạ áp thực hiện bằng thanh dẫn được đặt trong tủ gia công sẵn. Phía dưới máy biến áp có một "hệ thống ống góp dầu".

Hình 5-24 trình bày phía trước của một trạm hạ áp loại các tủ gia công sẵn. Trạm này gồm có các phần tử sau :

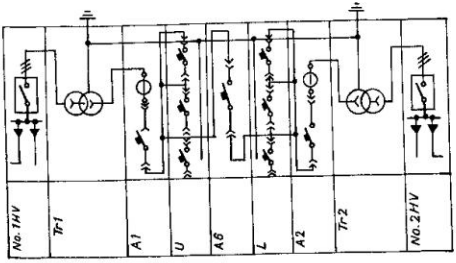


Hình 5-23

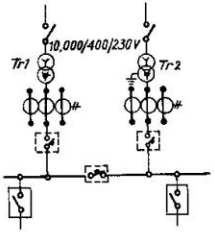
1. Tủ thiết bị cao áp; 2. Máy biến áp 750 KVA
3. Ống dầu máy biến áp (làm mát); 4. Các tủ thiết bị điện áp thấp; 5. Tủ các thiết bị bảo vệ; 6. Tủ các thanh cái.



Hình 5-24a. Nhìn tổng quát



Hình 5-24b. Sắp xếp thiết bị



Hình 5-24c. Sơ đồ điện

– Hai đường dây cáp cao áp đưa đến.

– Hai máy biến áp và các thiết bị phân phối hạ áp.

Các trang thiết bị điện đặt trong các tủ gia công sẵn riêng biệt với nhau.

Các tủ đường điện áp cao đưa đến gồm có một dao cách ly 3 pha loại bố trí thao tác bằng tay, nhóm dây cáp, đèn tín hiệu và các tiếp điểm phụ. Bộ phận cơ khí thực hiện thao tác dao cách ly và đèn tín hiệu đặt ở phía trên mặt trước tủ này. Máy biến áp kiểu khô có công suất 100 ÷ 750 KVA cũng được đặt trong buồng kim loại ngay cạnh tủ đường dây cao áp đưa đến. Ở phía trước buồng máy biến áp có các khe nhỏ. Các khí cụ đo lường lắp ở phía trước các tủ. Các khí cụ bảo vệ, công tơ và các giá con để nối mạch nhị thứ đặt phía trong tủ ở ngay mặt trước và mặt cạnh tủ. Phía dưới các tủ này có rãnh cáp để đưa cáp từ thanh cái hạ áp đến các hộ tiêu thụ.

5.5. Vận hành trạm biến áp.

Thiết kế và vận hành có quan hệ mật thiết với nhau. Người vận hành cần hiểu ý đồ thiết kế và cần chấp hành đầy đủ các qui trình dự định thiết kế để phát huy hết các ưu điểm của phương án thiết kế và tận dụng được hết khả năng của thiết bị.

5.5.1. Trình tự thao tác :

1. Thực hiện thao tác máy cắt điện và dao cách ly cần phải tôn trọng các thứ tự sau :

+ Đóng đường dây cung cấp điện :

– Đóng dao cách ly thanh cái

– Đóng dao cách ly đường dây

– Đóng máy cắt điện

+ Mở đường dây cung cấp điện :

– Mở máy cắt điện

– Mở dao cách ly đường dây

– Mở dao cách ly thanh cái

+ Đóng máy biến áp ba dây quấn

– Đóng dao cách ly thanh cái trên phần điện áp cao, phần điện áp trung và phần điện áp thấp (điện áp hạ).

– Đóng máy cắt điện ở phía cuộn dây cao, trung, hạ áp.

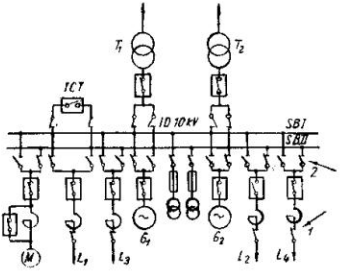
+ Mở máy biến áp ba dây quấn.

– Mở máy cắt điện trên phần điện áp hạ, điện áp trung và điện áp cao.

– Mở dao cách ly thanh cái trên phần điện áp hạ, trung và điện áp cao.

Nếu người vận hành thực hành thao tác sai, không đúng thứ tự nêu trên sẽ gây nên tai nạn cho người, làm hư hỏng thiết bị và sẽ làm gián đoạn việc cung cấp điện cho hộ tiêu thụ.

Ví dụ : Yêu cầu cần phải mở dao cách ly 2 của lộ phụ tải L_2, lộ này đã được mở máy cắt điện trước đó; song vì thao tác không đúng nên ta đã mở dao cách ly 1 của lộ phụ tải đang mang tải L_4 (hình 5.25). Điều này sẽ phát sinh hồ quang tại dao cách ly 1.



Hình 5-25

Hoặc mở không đúng dao cách ly thanh cái 2 của lộ L_4 đang có tải thay vì cần phải mở dao cách ly thanh cái của lộ L_2 là lộ mà ở đấy máy cắt điện đã được mở rồi. Do vậy hồ quang sẽ phát sinh tại dao cách ly 2 và sẽ tồn tại cho đến khi tất cả các nguồn cung cấp đang làm việc trên thanh cái II (như máy biến áp T_2, máy phát G_2 và động cơ đồng bộ M) sẽ được ngắt ra. Chính vì vậy nên sự hư hỏng trong trường hợp này khá trầm trọng.

Việc thao tác không đúng như trên sẽ đưa đến hậu quả là tạo nên sự cố thanh góp, có thể làm hỏng máy cắt điện đường dây L_2 và L_4 v.v... trong một thời gian khá dài cho đến khi khôi phục lại hoàn toàn sự làm việc của thanh góp bị sự cố.

Cũng cần lưu ý thêm rằng thời gian điều chỉnh của bảo vệ bằng rơle của lộ L_4 thì bé hơn rất nhiều so với thời gian điều chỉnh của bảo vệ của máy biến áp T_2, của máy phát điện G_2. Do vậy, khi mở không đúng dao cách ly 1 của đường L_4, thì thời gian tồn tại của hồ quang sẽ bé hơn trong trường hợp khi mở dao cách ly thanh cái 2 của hệ thống thanh cái II. Xuất phát từ đây, ta thấy rõ ràng khi cần mở để không cung cấp điện cho lộ L_4, ta phải mở máy cắt điện của lộ L_4 này, sau đó mở dao cách ly 1 của lộ L_4 và cuối cùng mới mở dao cách ly thanh góp 2.

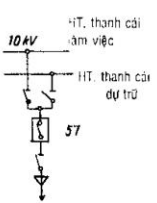
2. Trình tự thao tác để đưa máy cắt điện của đường dây cáp 6 KV (15 KV) ra khỏi lưới để sửa chữa.

Sau khi thông báo trước cho hộ tiêu thụ biết yêu cầu này, thì ta tiến hành trình tự thao tác như đã nêu ở phần mở đường dây cung cấp điện (mục 1), tức là :

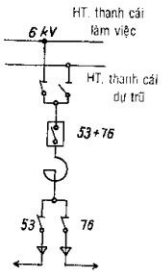
- Mở máy cắt điện
- Mở dao cách ly lộ phụ tải
- Mở dao cách ly thanh cái

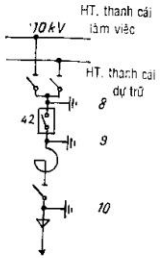
Cụ thể như sau :

- Yêu cầu hộ tiêu thụ cắt phụ tải tiêu thụ để sửa chữa cáp.
- Kiểm tra xem phụ tải đã cắt chưa bằng cách nhìn đồng hồ ampe kế.
- Cắt máy cắt điện
- Đặt 1 bảng con có ghi "Không được đóng điện - đang làm việc" vào tay cầm điều khiển máy cắt điện.
- Ngắt dòng điện tác động của cơ cấu tác động của máy cắt điện.
- Kiểm tra không còn điện áp ở dao cách ly của lộ phụ tải và tiến hành mở dao cách ly này.
- Mở dao cách ly thanh cái của hệ thống thanh cái đang làm việc và kiểm tra trạng thái mở của nó, đồng thời kiểm tra trạng thái mở của dao cách ly thanh cái của hệ thống thanh cái dự trữ (hình 5-26).



Hình 5-26





Hình 5-27

– Vây rào nếu cần thiết, và treo bảng thông báo.

– Kiểm tra không còn điện áp ở những đầu cực của máy cắt điện và nối hai tiếp đất di động, một ở cực của máy cắt điện về phía thanh cái, một ở cực kia của máy cắt điện về phía lộ phụ tải.

– Treo bảng : "làm việc tại đây".

– Mời tổ sửa chữa đến sửa chữa máy cắt điện.

3. Trình tự thao tác về đưa đường dây 6 KV hay 15 KV vào làm việc sau khi sửa chữa.

Ví dụ : Cần đưa đường dây 42 hình 5.27 sau khi đã sửa chữa vào vận hành. Người ta tiến hành như sau :

– Kiểm tra bao quát bên ngoài xem có thể đưa đường dây 42 sẵn sàng vận hành không.

– Tháo bộ phận nối đất di động 8 và 9 của máy cắt điện và tháo nối đất di động 10 của dao cách ly đường dây.

– Kiểm tra trạng thái mở của máy cắt điện (bằng cách xem xét vị trí hệ thống dẫn động cơ khí).

– Đóng dao cách ly của hệ thống "Thanh cái đang làm việc".

– Đóng dao cách ly đường dây.

– Đóng máy cắt điện.

– Thông báo cho hộ tiêu thụ biết là trên đường dây lộ phụ tải đã có điện áp.

4. Đưa máy biến áp đang làm việc song song ra khỏi lưới điện để sửa chữa.

Ví dụ : Yêu cầu thao tác để đưa máy biến áp T_1 đang vận hành song song (hình 5.28) ra khỏi lưới để sửa chữa. Ta tiến hành như sau :

– Xác định giá trị phụ tải của máy biến áp T_2 cần phải đảm nhận sau khi đưa máy T_1 ra khỏi lưới để sửa chữa. Nếu cần thiết có thể hỗ trợ thêm bằng phương án tăng cường làm mát máy biến áp T_2.

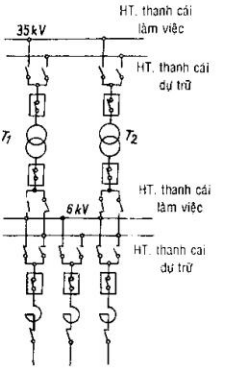
– Mở máy cắt điện của máy biến áp T_1 ở phần 6 KV và treo bảng "Không được đóng điện – đang làm việc !" ở ngay trên khóa điều khiển của máy cắt điện.

– Mở máy cắt điện của máy biến áp T_1 phía 35 KV và treo bảng "không được đóng điện – đang làm việc !" ở ngay trên khóa điều khiển máy cắt điện.

– Kiểm tra vị trí mở của máy cắt điện của T_1 ở phần 6 KV và cắt dòng điện tác động của cơ cấu tác động của máy cắt điện.

– Kiểm tra vị trí mở của máy cắt điện của T_1 ở phần 35 KV và cắt dòng điện tác động của cơ cấu tác động của máy cắt điện.

– Mở dao cách ly thanh cái của máy biến áp T_1 của hệ thống thanh cái đang làm việc của hệ thống phân phối 6KV và xem xét cụ thể vị trí này; sau đó kiểm tra vị trí mở của dao cách ly của "hệ thống thanh cái dự trữ và hãy khóa cơ cấu tác động của nó để tránh "người lạ" có thể đóng dao cách ly dự trữ này vào làm việc.



Hình 5-28

– Mở dao cách ly thanh cái của máy biến áp T_1 của hệ thống thanh cái đang làm việc ở phía 35 KV và hãy kiểm tra lại vị trí của nó sau khi mở, đồng thời kiểm tra vị trí mở của dao cách ly của hệ thống thanh cái dự trữ và hãy khóa nó để tránh "người lạ" có thể không biết sẽ đóng lại.

– Đặt rào và những bảng thông báo cần thiết.

– Kiểm tra không còn điện áp ở cả trên các cực của máy cắt điện của T_1 phía 6 KV; và hãy đặt tiếp đất di động ở những cực của máy cắt điện về phía máy biến áp.

– Kiểm tra không còn điện áp ở cả các cực của máy cắt điện của T_1 phía 35 KV; hãy đặt tiếp đất di động ở những cực của máy cắt điện về phía máy biến áp.

– Đặt bảng thông báo "Đang làm việc ở đây" trên máy biến áp này.

– Mời tổ sửa chữa đến để tiến hành sửa chữa.

5. Đưa hệ thống thanh cái đang làm việc ra khỏi lưới điện để sửa chữa.

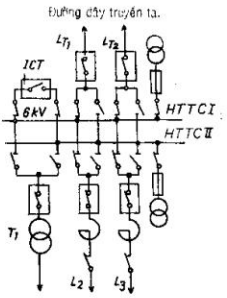
Yêu cầu phải đưa vào sửa chữa hệ thống thanh cái I có điện áp 6 KV hình 5-29. Ta tiến hành theo thứ tự sau :

– Kiểm tra xem xét bên ngoài xem hệ thống thanh cái II đã sẵn sàng để làm việc chưa.

– Đóng máy cắt điện phân đoạn ICT (sau khi đã đóng dao cách phân đoạn).

– Kiểm tra xem đã có điện áp trên hệ thống thanh cái II chưa.

– Đóng dao cách ly thanh cái của đường dây và của máy biến áp LT_1, LT_2, T_1, L_2 và L_3 vào hệ thống thanh cái II, và kiểm tra trạng thái đóng của nó.



Hình 5-29

– Mở dao cách ly thanh cái của đường dây và của máy biến áp

LT_1, LT_2, T_1, L_2, L_3 ở hệ thống thanh cái I và kiểm tra trạng thái mở của nó.

– Kiểm tra bằng cách theo dõi ampe kế xem còn phụ tải đi qua máy cắt điện phân đoạn ICT không ?

– Mở máy cắt phân đoạn ICT.

– Cắt dòng điện tác động cơ cấu tác động của máy cắt điện.

– Kiểm tra vị trí mở của ICT và mở dao cách ly của ICT của hệ thống thanh cái I và sau đó xem lại vị trí mở của nó có đúng không ?

– Mở dao cách ly thanh cái ở máy biến điện áp nối đến thanh cái I và xem lại thực tế vị trí mở của nó.

– Hãy khóa toàn bộ cơ cấu tác động của dao cách ly đã được mở ra ở các lộ ra của hệ thống thanh cái I.

– Đặt rào cần thiết và treo bảng thông báo.

– Kiểm tra không còn điện áp ở thanh cái I, sau đó đặt tiếp đất di động vào thanh cái I.

– Đặt bảng "Đang làm việc tại đây".

– Mời tổ sửa chữa đến làm việc.

6. Trình tự thao tác để đưa máy biến áp ba dây quấn vào vận hành sau khi sửa chữa.

Ví dụ : Cần thao tác để đưa máy biến áp ba dây quấn 110/35/10 KV vào làm việc song song sau khi đã sửa chữa và bảo dưỡng định kỳ (như hình 5-30).

Trình tự tiến hành như sau :

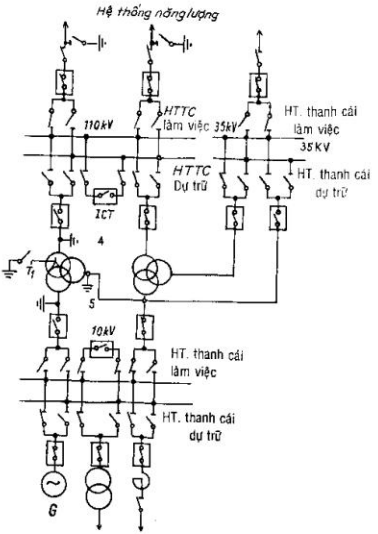
– Tháo tiếp đất di động 4, 5, 6 của máy biến áp T_1.

– Cắt lưới rào tạm thời để sửa chữa và tháo các bảng thông báo.

– Mở các khóa đã khóa các cơ cấu tác động của dao cách ly của T_1 ở phía 110 KV, 35 KV, và 10 KV.

– Đóng dao cách ly của điểm trung tính của máy biến áp T_1, nếu chế độ vận hành yêu cầu có điểm này.

– Kiểm tra vị trí mở máy cắt điện, và ta đóng dao cách ly của thanh cái của máy biến áp T_1 lên hệ thống thanh cái đang làm việc của hệ thống 110 KV. Sau đó, kiểm tra trạng thái đóng của nó xem thực tế đã đóng dao cách ly này chưa.



Hình 5-30

– Kiểm tra vị trí mở của máy cắt điện và ta đóng dao cách ly thanh cái của máy biến áp T_1 lên hệ thống thanh cái đang làm việc của hệ thống 35 KV. Sau đó, kiểm tra trạng thái đóng này bằng cách xem cụ thể thực tế.

– Kiểm tra vị trí mở của máy cắt điện và ta đóng dao cách ly thanh cái của máy biến áp T_1 lên hệ thống thanh cái đang làm việc của hệ thống 10 KV. Sau đó kiểm tra trạng thái đóng này bằng cách xem cụ thể thực tế.

– Nối dòng điện tác động của cơ cấu tác động của máy cắt điện của T_1 về phía 10,35 và 110 KV.

– Đưa thiết bị làm mát cho máy biến thế T_1 vào làm việc.

– Đóng máy cắt điện trên phần 110 KV của máy biến áp T_1.

– Đóng máy cắt điện trên phần 35 KV của máy biến áp T_1.

– Đóng máy cắt điện trên phần 10 KV của máy biến áp T_1.

Sau đó kiểm tra xem sự phân phối phụ tải giữa hai máy biến áp T_1 và T_2.

5.5.2. Phiếu thao tác :

Phiếu thao tác được sử dụng để tránh những thao tác không đúng có thể xảy ra.

Phiếu thao tác là phiếu mà tất cả các nhiệm vụ và thứ tự phải thực hiện sẽ được đưa vào trong phiếu này, và phải được tôn trọng một cách tuyệt đối. Mỗi phiếu thao tác phải được kiểm tra cẩn thận và phải ký tên ở dưới (người được cử thao tác và người kiểm tra phiếu này phải đồng thời ký tên ở phía dưới phiếu). Nội dung phiếu thao tác phải ghi ngắn gọn thứ tự từng động tác. Chỉ khi nào người thực hiện thao tác nắm vững công việc mới được tiến hành thao tác. Khi thao tác cần có hai người; người đọc từng động tác và kiểm tra, còn người thao tác cụ thể sẽ nhắc lại động tác đã được nghe và tiến hành thao tác cụ thể v.v...

Công việc này đòi hỏi tiến hành nghiêm túc và chặt chẽ.

5.5.3. Kiểm tra.

a) Kiểm tra thường xuyên : Đối với trạm có công nhân trực, cứ cách nhau nửa giờ hay một giờ phải đi kiểm tra phụ tải của máy biến áp và các đường dây. Phải ghi rõ giá trị phụ tải khi kiểm tra vào sổ trực.

b) Kiểm tra định kỳ : Đối với máy biến áp đang vận hành hay dự trữ và các thiết bị khác trong trạm đều phải có chế độ kiểm tra định kỳ. Nội dung kiểm tra tùy theo yêu cầu của từng thiết bị. Ví dụ đối với máy biến áp, cần kiểm tra định kỳ như sau : (để phát hiện kịp thời các hư hỏng).

– Kiểm tra mức dầu ở ống chỉ mức dầu của bình dầu phụ.

– Kiểm tra nhiệt độ dầu trong máy biến áp theo nhiệt kế đặt ở trên nắp máy biến áp hoặc theo các nhiệt ngẫu.

– Chất lượng dầu của máy biến áp theo sự biến màu của hạt hút ẩm.

– Kiểm tra xem dầu có bị gỉ chảy ở các gioăng siết dưới đáy máy, ở chân các sứ đầu vào, đầu ra, ở các cánh làm mát v.v...

– Kiểm tra các sứ của máy biến áp, kiểm tra hiện tượng sứ bị nứt, dấu vết phóng điện trên mặt sứ v.v...

– Nên lắng nghe tiếng kêu của máy biến áp xem có bình thường không. Nếu kêu khác lạ, hoặc kêu to thì cần phải lưu ý.

– Kiểm tra hệ thống thông gió.

– Trong thời gian máy biến áp mang tải tối đa phải kiểm tra mức đồng đều của việc phân bố phụ tải trên ba pha.

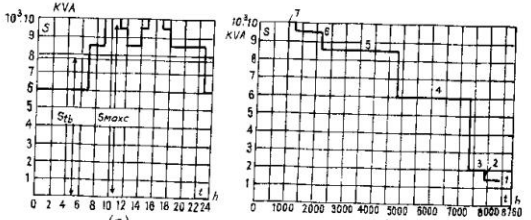
– Đối với máy biến áp đặt trong nhà, phải kiểm tra cửa ra vào, kiểm tra khóa, kiểm tra mái có bị dột không, tình trạng thông gió của máy v.v...

c) Kiểm nghiệm : Đối với máy biến áp, máy cắt điện đầu, các cáp điện phải có chế độ kiểm nghiệm định kỳ cách điện.

Các mạch và thiết bị đo lường, bảo vệ, tín hiệu điều khiển và tự động của mạng lưới điện phải do phòng thí nghiệm hoặc đội thí nghiệm quản lý và phải kiểm nghiệm định kỳ cũng như đột xuất.

5.6. Ví dụ. Chọn công suất của máy biến áp

Một liên hiệp công nghiệp nhẹ có đồ thị phụ tải như hình 5-31. Hình 5-31a là đồ thị phụ tải của ngày tiêu thụ điện nhiều nhất (tháng chạp) và hình 5-31b là đồ thị phụ tải hàng năm. Trạm cần phải phục vụ cho liên hiệp công nghiệp nhẹ và một phần phụ tải của thành phố. Ở phần phụ tải của liên hiệp có 1.000 KVA hộ tiêu thụ loại 1. Liên hiệp xí nghiệp có yêu cầu phát triển sau này.



Hình 5-31

Bài giải :

1. Về số lượng máy biến áp :

Vì liên hiệp có hộ tiêu thụ loại 1 nên số lượng của máy biến áp không được bé hơn 2. Ta hãy dùng hai máy biến áp.

2. Về công suất của máy biến áp :

Vì phụ tải tổng là 10.000 KVA nên có thể đặt hai máy, mỗi máy biến áp 5600 KVA hoặc hai máy, mỗi máy 7500 KVA. Khi làm việc bình thường hai máy này bảo đảm phụ tải của liên hiệp, Chúng ta hãy so sánh hai phương án theo quan điểm kinh tế, tức là phải so sánh chúng về phương diện chi phí vận hành hàng năm và vốn đầu tư.

a) So sánh hai phương án về chi phí vận hành hàng năm.

* tổn thất điện năng :

α) Khi đặt hai máy biến áp 2 × 5600 KVA; 35/6 KV; dương lượng kinh tế của công suất phản kháng

$$k_{kt} = 0{,}05^{KW}/_{KVAR} \text{ (hệ thống cho)}$$

Tra sổ tay tra cứu, ta lấy loại TM 5.600/35, máy biến áp hai cuộn dây có tổn thất công suất : $\Delta P_0 = 18,5$ KW

$\Delta P_k = 57$ KW

$i_0\% = 4,5$

$U_k\% = 7,5$

Giá tiền riêng máy biến áp là 6760 đồng, giá tiền xây dựng trạm 1120 đồng

Tổng cộng tiền mua 1 máy biến áp và xây dựng cho 1 máy là : 7880 đồng

Do vậy : $\Delta Q_0 = i_o\% \cdot \frac{S_{dm}}{100} = \frac{4,5}{100} \cdot 5600 = 250$KVAR

$$\Delta Q_K\% = \frac{U_K\%}{100} \cdot S_{dm} = \frac{7,5}{100} \cdot 5600 = 420\text{KVAR}$$

$$\Delta P'_0 = \Delta P_0 + k_{kt}\,\Delta Q_0 = 18,5 + 0,05.250 = 31,3 \text{ KW}$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + k_{kt}\,\Delta Q_K = 57,0 + 0,05 \cdot 420 = 78 \text{ KW}$$

Do vậy :

$$\Delta P'_T = \Pi = \Delta P'_0 + \Delta P'_K \left(\frac{S_{pt}}{S_{dm}}\right)^2 = 31,3 + 78 \left\{\frac{S_{pt}}{5600}\right\}^2 \qquad (5\text{-}8)$$

Dùng phương trình trên (5-8), ta vẽ được đường cong quan hệ $\Delta P_T = \Pi = f(S_{pt})$ của một máy biến áp 5600 KVA, từ lúc phụ tải $S_{pt} = 0$ đến trị số phụ tải mà từ đấy ta đóng máy thứ hai vào để vận hành kinh tế.

* Hãy tìm công suất S_{pt} mà từ đấy ta đóng máy thứ hai : Áp dụng công thức (5-9) ta tìm được phụ tải tối ưu đối với n = 1 và n + 1 = 2

$$S_{pt} = S_{dm} \sqrt{n(n+1)\frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_K}} = 5600 \cdot \sqrt{2\,\frac{31,3}{78}} = 4930\text{KVA}$$

Như vậy, từ khi phụ tải của liên hiệp đạt được S_{pt} tối ưu = 4930 KVA thì ta đóng máy biến áp thứ hai để hai máy vận hành song song để đảm nhận công suất lớn hơn giá trị 4930 KVA.

Khi đó, tổn thất công suất ở chế độ vận hành song song hai máy biến áp 2 × 5600 KVA là :

$$\Delta P'_{T,\,2 \text{ máy song song}} = 2\Delta P_{0'} + \frac{1}{2}\,\Delta P'_K \left(\frac{S_{pt}}{S_{dm}}\right)^2$$

$$= 2 \cdot 31,3 + + \frac{78}{2}\left(\frac{S_{pt}}{5600}\right)^2$$

Ta lập bảng sau :

Các bậc phụ tải theo hình	Phụ tải tính 10^3 KVA	Khoảng thời gian các bậc cho trên hình tính giờ [h]	Tổn thất trong máy biến áp	
			Công suất [KW]	*Điện năng* [KWh]
1	1,0	8760 – 8250 = 510	$31,3 + 78\left(\frac{1}{5,6}\right)^2 = 34$	34 . 510 = 17350
2	1,5	8250 – 7900 = 350	$31,3 + 78\left(\frac{1,5}{5,6}\right)^2 = 36$	36 . 350 = 12600
3	2,0	7900 – 7400 = 500	$31,3 + 78\left(\frac{2,0}{5,6}\right)^2 = 41$	41.500 = 20500
4	6,0	7400 – 4900 = 2500	$2.31,1 + \frac{78}{2}\left(\frac{6}{5,6}\right)^2 = 106$	106.2500 = 265000
5	8,5	4900 – 2200 = 2700	$2.31,3 + \frac{78}{2}\left(\frac{8,5}{5,6}\right)^2$ 152	152.2700 = 410000
6	9,5	2200 – 1250 = 950	$2.31,3 + \frac{78}{2}\left(\frac{9,5}{5,6}\right)^2 = 175$	175.950 = 166000
7	10,0	1250 – 0 = 1250	$2.31,3 + \frac{78}{2}\left(\frac{10}{5,6}\right)^2 = 187$	187.1250 = 234000
				$\Sigma\Delta A_T$ = 1.125.400 KWh

Ta cũng vẽ được đường cong tổn thất $\Delta P'_T$ khi vận hành 1 máy biến áp 5600 KVA và đường cong tổn thất $\Delta P'_{T,2\ máy}$ khi vận hành 2 máy biến áp 5600 KVA song song nhau (hình 5-32). Ta cũng gặp lại hai đường cong này gặp nhau tại S_{pt} tối ưu là 4930 KVA.

Trên đồ thị biểu diễn đường cong tổn thất ta sẽ có tọa độ các điểm A (10^3 ; 34) – B (1,5 . 10^3 ; 36) – C (2. 10^3 ; 41) – D (6.10^3 ; 106) – E (8,5 . 10^3 ; 152) – F (9,5.10^3 ; 175) – G (10.10^3 ; 187) – H (0 ; 62,6).

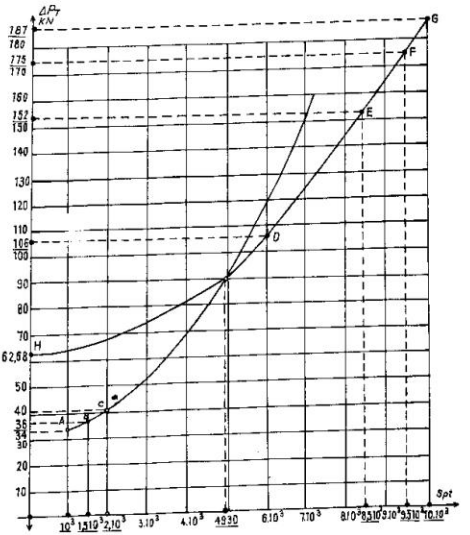
Hai đường cong gặp nhau tại điểm I có hoành độ S_{pt} tối ưu ≈ 4930 KVA. Tương tự, khi trạm có hai máy biến áp 2 × 7500 KVA, tra sổ tay tra cứu ta có loại máy TM 7500/35 với các tham số sau :

$$\Delta P_0 = 24\ KW\ ;\ \Delta P_K = 75\ KW\ ;\ i_0\% = 3,5\ ;\ U_K\% = 7,5\%$$

Giá tiền máy : 7960 đồng, tiền xây dựng trạm 1120 đồng. Tổng cộng tiền máy và xây dựng trạm là 9080 đồng.

Ta cũng tính được $\Delta Q_o = \frac{i_0\ \%}{100} S_{dm} = \frac{3,5}{100} 7500 = 262KVAR$

$$\Delta Q_K = \frac{U_K\ \%}{100} S_{dm} = \frac{7,5}{100} 7500 = 562KVAR$$



Hình 5-32. Đồ thị biểu diễn quan hệ $\Delta P_T = f(Spt)$ của trạm điện có 2 máy biến áp (2 × 5600 KVA) [Ví dụ chọn CS máy biến áp]

$$\Delta P_0' = 24 + 0{,}05 \,.\, 262 = 37{,}1 \text{ KW}$$

$$\Delta P_K' = 75 + 0{,}05 \,.\, 562 = 103{,}1 \text{ KW}$$

$$\Delta P_{T=7500}' = 37{,}1 + 103 \left(\frac{S_{pt}}{7500} \right)^2$$

Tương tự như đối với 2 máy biến áp 2 × 5600 KVA, ta tìm được tổn thất điện năng trong 1 năm của phương án 2 là : 1.045.700 KWh

Như vậy tổn thất điện năng của phương án 1 lớn hơn phương án 2 là :

$$\Delta A = \Delta A_1 - \Delta A_2 = 1.125.400 - 1.045.700 = 80.000 \text{ KWh/năm}$$

Giả sử giá tiền 1 KWh là 0,02 đồng, chúng ta sẽ tiết kiệm được trong 1 năm là :

$$80.000 \cdot 0,02 = 1600 \text{ đồng nếu dùng phương án 2.}$$

b) So sánh 2 phương án về vốn đầu tư :

Phương án 1 : $2 \times 7880 = 15.760$ đồng

Phương án 2 : $2 \times 9080 = 18.160$ đồng

Dùng phương án 2 ta phải đầu tư phụ thêm :

$$18.160 \text{ đ} - 15.760 \text{ đ} = 2400 \text{ đồng}$$

Do vậy thời gian để hoàn vốn đầu tư phụ là :

$$\frac{2400}{1600} = 1,5 \text{ năm} < 8 \text{ năm}$$

Rõ ràng về phương diện này phương án 2 có lợi hơn phương án 1

c) So sánh hai phương án về phương diện đảm bảo cung cấp điện trong giai đoạn nếu một máy biến áp bị sự cố :

– Từ đồ thị phụ tải hàng ngày (hình 5-31a) ta tìm được hệ số điền kín của phụ tải là :

$$k_{dk} = \frac{S_{tb}}{S_{max}} = \frac{7.700}{10.000} = 0,77$$

Tìm khả năng quá tải theo qui tắc 1% và 3%.

$$\alpha_3\% = 3\,\frac{100 - k_{dk}\%}{10} = 3\,\frac{100 - 77}{10} = 6,9\%$$

$\alpha_1\%$ = ta lấy mức cho phép tối đa là 15%

Do vậy $\alpha_1\% + \alpha_3\%$ là : $15\% + 6,9\% \approx 22\%$

Máy biến áp đặt ngoài trời cho phép quá tải 30%. Do vậy mức quá tải trên là đạt yêu cầu. Cụ thể phương án 1 đảm bảo nếu 1 máy sự cố là : $5600 \times 1,22 = 6900$ KVA; còn phương án sẽ đảm bảo $7500 \times 1,22 = 9200$ KVA

Rõ ràng về phương diện liên tục cung cấp điện thì phương án 2 có ưu điểm hơn vì khi một máy sự cố thì máy còn lại sẽ đảm bảo được 92% phụ tải lớn nhất.

Tóm lại ta dùng phương án 2×7500 KVA.

Chú ý để có thể phát triển về sau thì nền móng nên thiết kế máy với dung lượng là 2×10.000 KVA. Do đó, nếu sau này có yêu cầu phát triển nữa thì nền móng này vẫn đảm bảo được mà không cần sửa chữa lại.

Chương 6

TÍNH TOÁN VỀ ĐIỆN

6.1. Khái quát.

Tính toán về điện là xác định thông số chế độ của lưới điện.

Tính toán về điện bao gồm việc tính các loại tổn thất trong hệ thống cung cấp điện như tổn thất công suất, tổn thất điện năng tổn thất điện áp cũng như các tính toán về phân bố công suất trong mạng kín, lựa chọn tiết diện dây dẫn và cáp, tính toán các chế độ vận hành v.v... Do đó tính toán điện đóng vai trò quan trọng trong thiết kế và vận hành hệ thống cung cấp điện.

Để đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống cung cấp điện, để xác định tổng phụ tải, chọn các phần tử của mạng điện và thiết bị điện, xác định phương án bù công suất phản kháng, biện pháp điều chỉnh điện áp nhằm nâng cao chất lượng điện, chúng ta phải căn cứ vào các số liệu tính toán của phần này.

Tùy mục đích sử dụng mà việc tính toán về điện đòi hỏi độ chính xác khác nhau. Để tính toán được chính xác ta cần có và xử lý các dữ kiện ban đầu cho tốt, chú ý đến các yếu tố ảnh hưởng đến các dữ kiện.

Để khối lượng tính toán giảm bớt, ta có thể sử dụng các biểu đồ, bảng tính sẵn trong các sách tra cứu kỹ thuật. Khi sử dụng cần chú ý tìm hiểu kỹ xem chúng được xây dựng trên cơ sở nào để vận dụng cho thích hợp.

6.2. Sơ đồ thay thế của lưới điện :

Thành lập sơ đồ thay thế lưới điện là giai đoạn đầu tiên của công việc tính toán về điện. Thành lập sơ đồ thay thế của một lưới điện bất kỳ, gồm có : lựa chọn sơ đồ thay thế cho mỗi phần tử của lưới điện và tính toán các thông số của chúng, sau đó lắp các sơ đồ thay thế của từng phần tử theo đúng trình tự mà các phần tử được nối với nhau trong lưới và quy đổi tất cả các thông số của sơ đồ thay thế về cùng một cấp điện áp.

6.2.1. Điện dẫn và dung dẫn của đường dây :

Điện dẫn là thông số phản ánh hiện tượng tổn thất công suất tác dụng trong sứ và điện môi. Phần công suất tổn thất trong sứ của đường dây trên không ở mọi cấp điện áp đều rất nhỏ và thường không tính đến. Đối với đường dây 110 KV và lớn hơn, trong những điều kiện xác định có thể xuất hiện vầng quang điện. Sở dĩ có hiện tượng này là do cường độ điện trường trên bề mặt dây dẫn đủ lớn làm ion hóa mạnh lớp không khí bao quanh gây nên hiện tượng phóng điện ion.

Vầng quang điện tạo nên hậu quả sau :

– Tổn thất đáng kể điện năng, đặc biệt ở những vùng có khí hậu ẩm và làm oxy hóa mạnh bề mặt dây dẫn.

Điện dẫn đường dây được xác định theo tổn thất công suất tác dụng $G = \frac{\Delta P_{vầng\ quang}}{U^2}$. Ở đây $\Delta P_{vầng\ quang}$ là tổn thất vầng quang điện xác định theo công thức kinh nghiệm.

Đối với đường dây cáp, không cần xét đến điện dẫn.

Khi có dòng điện xoay chiều chạy qua dây dẫn thì giữa dây dẫn các pha với nhau và giữa chúng với đất sẽ xuất hiện trường tĩnh điện. Dưới tác dụng của trường tĩnh điện, ở trong chất điện môi bao quanh dây dẫn xuất hiện dòng điện chuyển dịch (còn được gọi là dòng điện nạp của đường dây) có tính chất điện dung, nó vượt trước 90^o so với điện áp pha. Trị số dòng điện chuyển dịch này tùy thuộc vào điện áp và dung dẫn của đường dây :

$$I_c = U_p\, b_0 l = U_p . B \qquad (6\text{-}1)$$

Ở đây U_p – điện áp pha của đường dây

l – chiều dài đường dây

b_0 – dung dẫn trên 1 km đường dây

B – dung dẫn đường dây

Trong tính toán kỹ thuật, b_0 xác định theo công thức sau :

$$b_0 = \frac{7{,}58}{\log_{10} . \frac{D_{tb}}{R}} . 10^{-6}, [1/\Omega km]. \qquad (6\text{-}2)$$

nếu là đường dây có dây dẫn phân nhỏ, thì trị số R trong công thức trên được thay bằng R_{dt}, với :

$$R_{dt} = \sqrt[n]{R . a_{tb}^{n-1}} \qquad (6\text{-}3)$$

R_{dt} – bán kính đẳng trị của các dây dẫn trong một pha

n – số dây dẫn trong một pha

a_{tb} – khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn trong một pha

R – bán kính thực của mỗi dây phân nhỏ.

Công suất phản kháng xuất hiện trên đường dây còn gọi là công suất phản kháng do đường dây sinh ra bằng :

$$Q_c = 3I_c\, U_p = 3U_p^2 b_0 l = U^2 b_0 l = U^2.B$$

Ở đây U là điện áp dây; U_p – điện áp pha.

Rõ ràng, Q_c phụ thuộc chủ yếu vào điện áp của đường dây :

Đối với đường dây ≤ 35 KV thì Q_c rất bé.

Đối với 100 km đường dây 110 KV có $Q_c \approx 3$ MVAR và với 100 km đường dây 220 KV thì $Q_c \approx 13$ MVAR.

Dòng điện điện dung của đường dây cáp lớn hơn đường dây trên không.

Do vậy nên khi dùng cáp điện áp từ 20 KV trở lên, ta phải xét đến dung dẫn trên sơ đồ thay thế.

6.2.2. Sơ đồ thay thế của đường dây

Các thông số của đường dây : điện trở, điện kháng, điện dẫn và dung dẫn hầu như phân bố đều dọc theo đường dây.

Trong tính toán thực tế với sai số cho phép, đối với những đường dây không dài lắm (đường dây trên không đến 300 km và đường dây cáp đến 50 km) có thể dùng các thông số tập trung. Tiện lợi nhất là dùng sơ đồ thay thế hình Π, gồm có tổng trở tập trung Z, (Z = R + jX) và tổng dẫn Y/2 đặt ở hai đầu $\left(\frac{Y}{2} = \frac{G}{2} + j\frac{B}{2}\right)$.

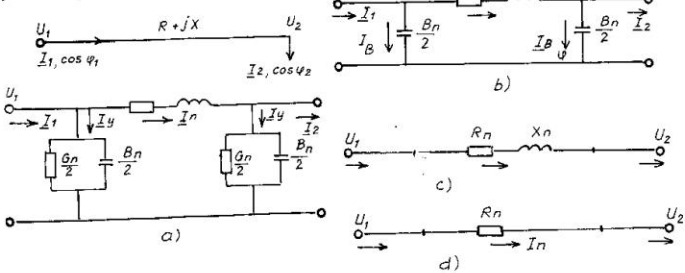
Tổng trở của sơ đồ thay thế Z thể hiện sự có mặt của điện trở R và điện cảm kháng X; tổng dẫn Y thể hiện sự có mặt của dòng điện thành phần tác dụng do tổn thất công suất rò qua sứ và tổn thất vầng quang điện (điện dẫn tác dụng G), đồng thời cũng thể hiện sự có mặt của dòng điện thành phần phản kháng do điện dung giữa dây dẫn các pha và đất sinh ra (dung dẫn B). Điện dẫn G trong sơ đồ thay thế có thể bỏ qua như hình 6-1b vì :

– Điện dẫy gây bởi tổn thất trong sứ cách điện và trong điện môi rất nhỏ.

– tổn thất công suất tác dụng do vầng quang thực tế chỉ xảy ra ở đường dây trên không điện áp > 220 KV.

Sơ đồ thay thế đường dây mạng điện địa phương có thể bỏ qua tổng dẫn như ở hình 6-1c.

Riêng đối với đường dây cáp 6 ÷ 10 KV và thấp hơn, vì trị số điện cảm kháng rất bé nên thường bỏ qua, sơ đồ thay thế rất đơn giản, chỉ là thuần trở (hình 6-1d). Đối với đường dây mạng điện một chiều, cần chú ý $x_0 = \omega L_0 = 0$ và $b_0 = \omega C_0 = 0$, do đó sơ đồ thay thế cũng thuần trở như hình 6-1d.



Hình 6-1

Vậy tham số của sơ đồ thay thế đường dây tải điện có chiều dài 300 km trở lại (đối với đường dây cáp 50 km trở lại) ta xác định theo biểu thức :

$$Z = R + jX = (r_0 + jx_0)l \qquad (6\text{-}4)$$

$$Y = G + jB = (g_0 + jb_0)l$$

Ở đây :

r_o và x_o – điện trở và điện cảm kháng của dây dẫn trên một đơn vị chiều dài (km)

g_o và b_o – điện dẫn và dung dẫn của dây dẫn trên một đơn vị chiều dài (km)

Điện trở r_0 có thể tra theo các bảng cho sẵn ứng với nhiệt độ + 20°C. Khi dùng ở nhiệt độ $\theta \neq 20°C$ thì cần xác định lại điện trở theo công thức

$$r_\theta = r_o [1 + \alpha (\theta - 20)] \qquad (6\text{-}5)$$

α – hệ số nhiệt độ của điện trở, với đồng, nhôm và nhôm lõi thép ta có $\alpha = 0,004$

Cũng có thể xác định trị số gần đúng của điện trở theo công thức :

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma . F}, \ \Omega/km \qquad (6\text{-}6)$$

Ở đây : ρ – điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn, $\Omega\ mm^2/km$

ρ đối với nhôm là $\rho_{Al} = 31,5\ \Omega mm^2/km$

ρ đối với đồng $\rho_{Cu} = 18,8\ \Omega mm^2/km$

γ – điện dẫn suất, $m/\Omega mm^2$

$\gamma_{Al} = 31,7 m/\Omega . mm^2$; $\gamma_{Cu} = 53\ m/\Omega\ mm^2$

F – tiết diện phần dẫn điện của dây dẫn, mm^2.

Khi tải dòng điện xoay chiều ba pha, xung quanh dây dẫn xuất hiện một từ trường. Lực điện động xuất hiện trong mỗi dây dẫn do từ trường tất cả các pha gây ra, phụ thuộc vào khoảng cách tương hỗ giữa các dây. Trên sơ đồ thay thế mạng điện, hiện tượng tản từ được thể hiện qua thông số điện cảm kháng. Điện cảm kháng phụ thuộc vào khoảng cách tương hỗ giữa các dây dẫn. Nếu dây dẫn đặt trên ba đỉnh của một tam giác đều thì điện cảm kháng của dây dẫn các pha bằng nhau; nếu chúng nằm trên mặt phẳng ngang thì điện cảm kháng các dây pha sẽ khác nhau, do vậy để chúng có trị số bằng nhau, ta cần hoán vị dây dẫn. Giá trị của điện cảm kháng trên 1 km của một pha đường dây tương ứng với khoảng cách trung bình hình học (D_{tb}) giữa các dây dẫn được tra bảng $x_0 = f(F, D_{tb})$ hay tính theo biểu thức sau :

$$x_0 = 0,1445 \log_{10} \frac{D_{tb}}{R} + 0,0157, \ \Omega/km \qquad (6\text{-}7)$$

Ở đây R – bán kính dây dẫn, [mm]

- D_{tb} - khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn được tính theo :

$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} D_{13} D_{23}}$, đơn vị mm

Nếu dây dẫn đặt trên 3 đỉnh tam giác đều, cạnh D thì :

$D_{12} = D_{13} = D_{23} = D = D_{tb}$

Nếu dây dẫn đặt nằm ngang thì :

$D_{12} = D_{23} = D$ và $D_{13} = 2D$; Do vậy $D_{tb} = \sqrt[3]{2D^3} = 1,26D$

Các công thức trên thành lập cho dây dẫn bằng đồng, nhôm và nhôm lõi thép là các loại dây dùng phổ biến trên đường dây tải điện. Nếu dùng dây dẫn bằng thép thì chú ý là điện trở và điện cảm kháng còn phụ thuộc vào dòng điện trong dây, do vậy nên r_0 và x_0 của dây thép được lấy theo trị số thực nghiệm của nhà máy cho ở bảng cho sẵn.

Đối với đường dây cao áp từ 330 KV trở lên, dây dẫn mỗi pha thường được phân nhỏ nhằm giảm điện kháng. Thông thường với đường dây 350 KV, dây dẫn pha được phân làm hai, với đường dây 500 KV được phân làm ba, và với đường dây 750 KV phân làm bốn.

Việc phân nhỏ dây dẫn làm tăng bán kính của nó và do đó làm giảm điện cảm kháng đường dây.

Khi đó :

$$X_0 = 0{,}1445 \log_{10} \frac{D_{tb}}{R_{dt}} + \frac{0{,}0157}{n} \qquad (6\text{-}8)$$

Ở đây n – số dây dẫn trong một pha

R_{dt} – bán kính đẳng trị của các dây dẫn trong 1 pha :

$$R_{dt} = \sqrt[n]{R \cdot a_{tb}^{n-1}}$$

a_{tb} – khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn trong một pha.

R – bán kính thực của mỗi dây dẫn phân nhỏ, thực tế cho ta thấy : khi mỗi pha phân làm 2 dây thì cảm kháng đường dây giảm xuống khoảng 15 ÷ 20%, khi phân làm ba dây thì giảm xuống 25 ÷ 30%.

6.2.3. Các thông số và sơ đồ thay thế máy biến áp hai cuộn dây.

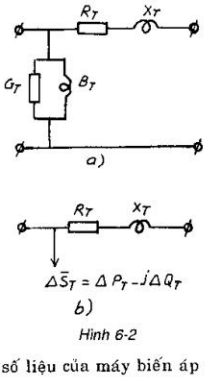
Máy biến áp ba pha hai cuộn dây quấn là loại dùng phổ biến trong hệ thống cung cấp điện. Khi tính toán nó, ta dùng sơ đồ thay thế hình Γ (hình 6-2) với bốn thông số đặc trưng cho quá trình tải điện qua nó : điện trở R_T, điện cảm kháng X_T, điện dẫn G_T và cảm dẫn B_T. Ở đây :

$$R_T = R_1 + R'_2$$

$$X_T + X_1 + X'_2$$

R'_2 và X'_2 là điện trở và điện cảm kháng của cuộn dây thứ cấp 2 đã quy đổi về cuộn dây sơ cấp 1.

Tổng trở của máy biến áp là $Z_T = R_T + jX_T$ phản ánh hiện tượng tổn thất công suất tác dụng do hiệu ứng Joule và hiện tượng tổn thất công suất phản kháng do tản từ trong hai cuộn dây. Tổng dẫn $Y_T = G_T + jB_T$ phản ảnh hiện tượng tổn thất công suất trong lõi thép máy biến áp : phát nóng do dòng Foucault và tổn hao gây từ. Tổn thất trong lõi thép hầu như không phụ thuộc vào tải của máy biến áp và bằng lúc không tải. Do vậy, trong tính toán người ta dùng sơ đồ hình 6-2b.



Hình 6-2

Các thông số của máy biến áp có thể tính theo các số liệu của máy biến áp sau : tổn thất ngắn mạch ΔP_k, tổn thất không tải ΔP_0, điện áp ngắn mạch $U_k\%$, dòng điện không tải $I^0\%$. Các số liệu này là kết quả của thí nghiệm ngắn mạch và thí nghiệm không tải.

** Tính điện trở và điện kháng của máy biến áp :*

– Ta có $\Delta P_k = 3I_{dm}^2 R_T = \frac{S_{dm}^2}{U_{dm}^2} \cdot R_T$

Do đó : $R_T = \frac{\Delta P_k \cdot U_{dm}^2}{S_{dm}^2}$

Tính với đơn vị thường dùng ta có :

$$R_T = \frac{\Delta P_k\ [KW] \cdot U_{dm}^2 [KV^2]}{S_{dm}^2 [KVA^2]}\ 10^3;\ [\Omega] \qquad (6\text{-}9)$$

– Đối với máy biến áp, ta có $R_T \ll X_T$, tức là có thể bỏ qua điện áp rơi trên R_T, do vậy :

$$U_k\ \% = \frac{I_{dm} \cdot X_T}{U_{dm}/\sqrt{3}} \cdot 100$$

$$\text{Do đó : } X_T = \frac{U_k\ \% \cdot U_{dm}^2\ [KV^2] \cdot 10}{S_{dm}\ [KVA]};\ [\Omega] \qquad (6\text{-}10)$$

Ở đây : $S_{đm}$ – dung lượng định mức của máy biến áp, [KVA]

$U_{đm}$ – điện áp định mức của máy biến áp, [KV]

ΔP_k – tổn thất ngắn mạch của máy biến áp, [KW]

U_k % – trị số tương đối của điện áp ngắn mạch của máy biến áp.

** Tính điện dẫn G_T và cảm dẫn B_T của máy biến áp :*

– Một cách gần đúng ta có : $\Delta P_0 \approx U_{dm}^2 \cdot G_T$

$$\Delta Q_0 \approx U_{dm}^2 \cdot B_T$$

$$\text{Do đó : } G_T = \frac{\Delta P_0}{U_{dm}^2} \text{ và } B_T = \frac{\Delta Q_0}{U_{dm}^2} \qquad (6\text{-}11)$$

Tổn thất không tải ΔP_0 cho ở lý lịch máy, do vậy ta hãy tìm ΔQ_0 để xác định G_T và B_T. Chú ý : $\Delta Q_0 \gg \Delta P_0$ nên :

$$S_0 = \sqrt{3}\ I_\rho\ U_{dm} \approx \Delta Q_0$$

Thí nghiệm cho ta :

$$I^0\% = \frac{I_0}{I_{dm}}\ 100 = \frac{\sqrt{3}.I_0 \cdot U_{dm}}{\sqrt{3}.I_{dm}\ U_{dm}}\ 100 = \frac{S_0}{S_{dm}}\ 100$$

$$I_0\% \approx \frac{\Delta Q_0}{S_{dm}}\ 100 :$$

Do đó :

$$\Delta Q_0 \approx \frac{I^0\% \cdot S_{dm}}{100} : [KVAR] \qquad (6\text{-}12)$$

6.2.4. Các thông số và sơ đồ thay thế máy biến áp ba cuộn dây và máy biến áp tự ngẫu.

Đối với máy biến áp ba cuộn dây và máy biến áp tự ngẫu, nhà chế tạo cho những số liệu sau :

$S_{đm}$ - công suất định mức của máy biến áp.

- $U_{Cđm}$ $U_{Tđm}$, $U_{Hđm}$, hay $U_{1\ đm}$, $U_{2\ đm}$, $U_{3\ đm}$: điện áp định mức của các cuộn cao, trung, hạ.

$I^0\%$ - dòng điện không tải tính theo phần trăm so với dòng điện định mức.

ΔP_{12}, ΔP_{13}, ΔP_{23} - tổn thất ngắn mạch tương ứng với ba trạng thái làm thí nghiệm ngắn mạch máy biến áp.

$U_{12}\%$, $U_{13}\%$, $U_{23}\%$ - điện áp ngắn mạch tương ứng với ba trạng thái làm thí nghiệm ngắn mạch :

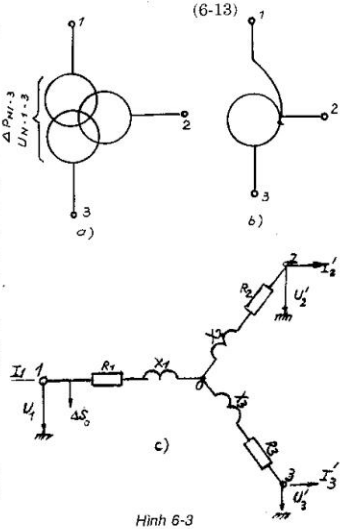
Nếu trong số liệu kỹ thuật máy biến áp, điện áp ngắn mạch hoặc tổn thất công suất tác dụng ở dạng ngắn mạch nào đó không qui đổi về công suất định mức của máy biến áp mà qui đổi về một công suất nào đó S_α khác với $S_{đm}$ thì trước hết ta phải qui đổi những đại lượng đó về $S_{đm}$ theo công thức sau :

$$\Delta P_k = \Delta P'_k \left(\frac{S_{đm}}{S_\alpha}\right)^2 \text{ và } U_k = U'_k \left(\frac{S_{đm}}{S_\alpha}\right) \qquad (6\text{-}13)$$

Ở đây : $\Delta P_k, U_k$ - ứng với khi qui đổi về công suất định mức

$\Delta P'_k, U'_k$ - ứng với khi qui đổi về công suất nào đó S_α.

Sơ đồ thay thế máy biến áp ba cuộn dây (6-3a) và máy biến áp tự ngẫu (hình 6-3b) có dạng hình sao và đặt thêm lượng tổn thất trong thép : $\Delta S_0 = \Delta S_{Fe} = \Delta P_{Fe} + j\Delta Q_{Fe}$. Tổn thất công suất tác dụng khi ngắn mạch và điện áp ngắn mạch của máy biến áp ba cuộn dây và biến áp tự ngẫu được tính theo các dạng ngắn mạch sau :



Hình 6-3

1. Khi cuộn 2 bị ngắn mạch, cuộn 3 hở mạch, cuộn 1 được đặt vào một điện áp sao cho trong cuộn 1 và 2 có dòng điện định mức. Người ta đo được ΔP_{12} và $U_{12}\%$:

$\Delta P_{12} = \Delta P_1 + \Delta P_2$ và

$U_{12} = U_1\% + U_2\%$

Trong đó ΔP_1 và ΔP_2 là tổn thất công suất tác dụng trong cuộn 1 và 2 khi dòng điện định mức chạy qua các cuộn 1 và 2 này.

2. Tiếp tục cho hở mạch cuộn 2, ngắn mạch cuộn 3 và đặt vào cuộn 1, điện áp sao cho trong cuộn 1 và 3 có dòng điện định mức, ta sẽ thu được ΔP_{13} và $U_{13}\%$:

$\Delta P_{13} = \Delta P_1 + \Delta P_3$ và $U_{13}\% = U_1\% + U_3\%$.

3. Cuối cùng cho cuộn 1 hở mạch cuộn 3 ngắn mạch, đặt vào cuộn 2 điện áp sao cho trong cuộn 2 và 3 có dòng điện định mức chạy qua, ta sẽ thu được : ΔP_{23} và $U_{23}\%$.

$\Delta P_{23} = \Delta P_2 + \Delta P_3$ và $U_{23}\% = U_2\% + U_3\%$

Giải hệ phương trình sau : ta sẽ tính được tổn thất ngắn mạch và điện áp ngắn mạch đối với từng cuộn dây theo số liệu đã cho :

$$\left.\begin{aligned} \Delta P_1 &= \frac{1}{2}(\Delta P_{12} + \Delta P_{13} - \Delta P_{23}) \\ \Delta P_2 &= \Delta P_{12} - \Delta P_1 \\ \Delta P_3 &= \Delta P_{13} - \Delta P_1 \end{aligned}\right\} \qquad (6\text{-}14)$$

$$\left.\begin{aligned} U_1 &= \frac{1}{2}(U_{12} + U_{13} - U_{23}) \\ U_2 &= U_{12} - U_1 \\ U_3 &= U_{13} - U_1 \end{aligned}\right\} \qquad (6\text{-}15)$$

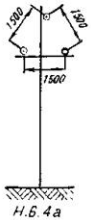
Từ đây, ta có thể tính được các thông số của máy biến áp ba cuộn dây và máy biến áp tự ngẫu (z_1, z_2 và z_3) theo các công thức (6-9) và (6-10).

Chú ý rằng : đối với một số máy biến áp ba cuộn dây và máy biến áp tự ngẫu, trong số liệu kỹ thuật chỉ cho tổn thất ΔP_k tương ứng tổn thất ΔP_{12}; mà không cho tất cả các số liệu ΔP_{12}, ΔP_{13} và ΔP_{23}. Do vì hiện nay, máy biến áp ba cuộn dây chỉ sản xuất với các cuộn dây có công suất định mức giống nhau. Khi các cuộn dây của máy biến áp có công suất giống nhau thì ta có thể coi tổn thất ngắn mạch trong chúng cũng giống nhau, do đó,

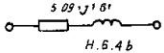
$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3 = \frac{\Delta P_k}{2} \qquad (6\text{-}16)$$

Ví dụ 6-1 :

Hãy xác định thông số của sơ đồ thay thế đường dây 6 KV dài 4 km, dùng dây A-25. Đường dây dẫn được mắc trên cột điện có giá đỡ đơn, khoảng cách của chúng là 1500 mm; các dây ba pha nằm trên các đỉnh của một tam giác đều như hình 6-4a.



H.6.4a


H.6.4b

Hình 6-4

Bài giải : Tra sổ tay tra cứu đối với dây A-25 có $r_0 = 1{,}27\ \Omega/km$ và đường kính dây là $d = 6{,}3$ mm.

Áp dụng công thức (6-7) ta có :

$$x_0 = 0{,}1445 \log_{10} \frac{D_{tb}}{R} + 0{,}0157$$

$$x_0 = 0{,}1445 \log_{10} \frac{1500}{6{,}3 : 2} + 0{,}0157 = 0{,}402\ \Omega/km$$

Dung dẫn trên 1 km đường dây là :

$$b_0 = \frac{7{,}58}{\log_{10} \frac{D_{tb}}{R}} 10^{-6} = \frac{7{,}58}{\log_{10} \frac{1500}{6{,}3 : 2}} \cdot 10^{-6} = 2{,}8310^{-6}\ 1/\Omega km$$

Rõ ràng dung dẫn b_0 quá bé nên không đáng kể, ta có thể bỏ qua.

Vậy $R = r_0 . l = 1{,}27.4 \approx 5{,}09\Omega$

$X = r_0 . l = 0{,}402.4 \approx 1{,}608 \approx 1{,}61\ \Omega$

Vậy ta có sơ đồ thay thế đường dây này là hình 6-4b.

Ví dụ 6-2.

Hãy xác định thông số của sơ đồ thay thế đường dây 110 KV được mắc trên cột điện như hình 6-5a.

Dây dẫn AC - 150 và có $D_{12} = D_{23} = D = 4$ m.

Đường dây dài 100 km, mắc kép hai dây

Bài giải : Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn

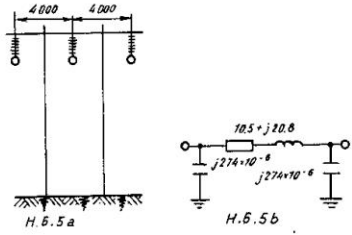
$D_{tb} = 1,26D = 1,26 \times 4 = 5,04$ m

Tra sổ tay với $D_{tb} = 5,04$ và AC - 150 ta có :

$r_0 = 0,21$; Ω/km

$x_0 = 0,416$; Ω/km

$b_0 = 2,74.10^{-6}$; 1/Ω km



Hình 6-5

Đối với chiều dài 100 km; mắc kép hai dây :

$$R = \frac{r_0}{2} \quad l = \frac{0,21}{2} \cdot 100 = 10,5\ \Omega$$

$$X = \frac{x_0}{2} l = \frac{0,416}{2} 100 = 20,8\Omega$$

$$B/2 = 0,5 \times 2 \times 2,74 \times 10^{-6} \times 100 = 274 \times 10^{-6}\ 1/\Omega$$

Công suất phản kháng xuất hiện trên đường dây (công suất phản kháng do đường dây sinh ra) là :

$$Q_C = U^2 B = 110^2 \times 2 \times 274 \cdot 10^{-6} = 6,6\ \text{MVAR}$$

Sơ đồ thay thế tương đương với các thông số ghi trên hình 6.5b.

Ví dụ 6-3.

Hãy xác định thông số đường dây 500 KV, dây dẫn gồm 3 dây dẫn ACO-500 gộp lại, mắc trên cột có dạng như hình 6.5a. Dây dẫn đặt nằm ngang với $D_{12} = D_{23} = D = 12$ m. Các dây dẫn nằm phía trong 1 pha cách nhau 40 cm.

Bài giải : Tra sổ tay tra cứu, ta thấy dây ACO-500 là loại nhôm lõi thép có cấu tạo giảm nhẹ có $r_0 = 0,065$ Ω /km, đường kính tính toán của toàn dây dẫn là 30,2 mm.

Đối với dây dẫn bó ta sẽ có :

$$r_0 = \frac{1}{3} \times 0,065 = 0,0216$$

Đường bán kính đẳng trị của các dây dẫn trong 1 pha.

$$R_{dt} = \sqrt[n]{R \cdot a_{tb}^{n-1}} = \sqrt[3]{15,1 \times 400^2} = 134\ \text{mm}$$

Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn là :

$$D_{tb} = 1,26\ D = 1,26 \times 12 = 15,1\ \text{m} = 15100\ \text{mm}$$

Áp dụng công thức 6-8 ta tìm x_0 :

$$x_0 = 0{,}1445 \log_{10} \frac{15100}{134} + \frac{0{,}0157}{3} = 0{,}3\Omega/km$$

Áp dụng 6-2 tìm b_0 :

$$b_0 = \frac{7{,}58}{\log_{10} \frac{15100}{134}} \times 10^{-6} = 3.68.10^{-6} 1/\Omega km$$

Ở ví dụ này ta thấy rằng $\frac{x_0}{r_0} = \frac{0{,}3}{0{,}0216} \approx 13{,}9 \gg 1$

Rõ ràng, đối với đường dây siêu cao áp, $x_0 >> r_0$;

Ví dụ 6-4. Thành lập sơ đồ thay thế và tính các thông số của một mạng như hình 6-6a.

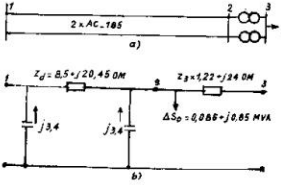
Đường dây điện áp 110 KV, dài 100 km, loại AC-185.

Dây dẫn đặt trên mặt phẳng ngang cách nhau 4m. Máy biến áp dụng lượng 31.500 KVA có $\Delta P_0 = 86$ KW

$\Delta P_k = 200$KW; $I^0\% = 2{,}7\%$ và $U_k\% = 10{,}5\%$.

Bài giải :

Sơ đồ thay thế mạng điện cho trên hình 6-6b, Đối với dây loại AC-185, và $D_{tb} = 1{,}26D = 1{,}26.4 \approx 5{,}04$m ta tra bảng được $r_0 = 0{,}17/\Omega$km.



Hình 6-6

$$x_0 = 0{,}409\Omega/km; \; b_0 = 2{,}82 \; 10^{-6} \; 1/\Omega km.$$

Điện trở và điện cảm kháng của đường dây kép là :

$$R = \frac{r_0 \cdot l}{2} = \frac{0{,}17 \cdot 100}{2} = 8{,}5\Omega$$

$$X = x_0 \frac{l}{2} = \frac{0{,}409 \cdot 100}{2} = 20{,}5\Omega$$

Điện dẫn phản kháng một nửa đường dây là :

$$\frac{B}{2} = \frac{b_0 \, l}{2} \cdot 2 = \frac{2{,}82 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{2} \cdot 2 = 2{,}82 \cdot 10^{-4} \; 1/\Omega$$

Công suất phản kháng do điện dung nửa đường dây sinh ra :

$$Q_{C1} = Q_{C2} = \frac{B}{2} U^2 = 2{,}82 \cdot 10^{-4} \cdot 110^2 = 3{,}4 \text{ MVAR}$$

Công suất phản kháng do điện dung toàn đường dây gây ra :

$$Q_C = Q_{C1} + Q_{C2} = 3{,}4.2 = 6{,}8 \text{ MVAR}$$

Tổn thất công suất phản kháng trong lõi thép máy biến áp (công thức 6-12) là :

$$\Delta Q_0 = \frac{2{,}7}{100} \cdot 31{,}5 = 0{,}85 \text{ MVAR}$$

Tổng trở của hai máy biến áp song song : (công thức 6-9 và 6-10).

$$R_T = \frac{\Delta P_k \cdot U_{dm}^2}{2 \cdot S_{dm}^2} \cdot 10^3 = \frac{200 \cdot 110^2}{(31.500)^2 \cdot 2} \cdot 10^3 = 2{,}83\Omega$$

$$X_T = \frac{U_k\% \cdot U_{dm}^2}{2 \cdot S_{dm}} \cdot 10 = \frac{10{,}5 \cdot 100^2}{(31.500) \cdot 2} \cdot 10 = 24\Omega$$

Ví dụ 6-5. Xác định các thông số của sơ đồ thay thế máy biến áp tự ngẫu 220/121/11 KV. Công suất định mức 120 MVA, có các số liệu sau:

– Tổn thất không tải ΔP_0 = 160 KW, dung lượng định mức của các cuộn dây lần lượt là 100/100/50%, các tổn thất ngắn mạch :

$\Delta P'_{k1-2}$ = 360KW; $\Delta P'_{k1-3}$ = 240KW; $\Delta P'_{k2-3}$ = 240KW. Các điện áp ngắn mạch $U_{k1-2}\%$ = 10,5%; $U_{k1-3}\%$ = 36,2%; $U_{k2-3}\%$ = 23%. Dòng điện không tải là $I^0\%$ = 3%.

Bài giải : Quy đổi các tổn thất ngắn mạch giữa cuộn 1-3 và cuộn 2-3 về công suất định mức của máy biến áp tự ngẫu theo công thức (6-13) :

$$\Delta P_k = \Delta P'_k \left(\frac{S_{dm}}{S_\alpha}\right)^2$$

$$\Delta P_{k\,1-3} = \Delta P_{k\,2-3} = 240 \left(\frac{120}{120 \times 0{,}5}\right)^2 = 960 \text{ KW}$$

Áp dụng công thức 6-14 và 6-15 ta có :

$$\Delta P_{k1} = \frac{1}{2}(360 + 960 - 960) = 180 \text{ KW}$$

$$\Delta P_{k2} = 360 - 180 = 180 \text{ KW}$$

$$\Delta P_{k3} = 960 - 180 = 780 \text{ KW}$$

$$U_{k1}\% = \frac{1}{2}(10{,}5 + 36{,}2 - 23) = 11{,}85\%$$

$$U_{k2}\% = 10{,}5 - 11{,}85 = -1{,}35\%$$

$$U_{k3}\% = 36{,}2 - 11{,}85 = 24{,}35\%$$

Từ đây, ta tính được điện trở và điện kháng của máy biến áp theo công thức (6-9) và (6-10).

$$R_1 = R_2 = \frac{180 \cdot 220^2 \cdot 10^3}{(120.000)^2} = 0{,}6\Omega$$

$$R_3 = \frac{780 \cdot 220^2 \cdot 10^3}{(120.000)^2} = 2{,}60\Omega$$

$$X_1 = \frac{11{,}85 \cdot 220^2}{120.000} \cdot 10 = 48\Omega$$

$$X_2 = -\frac{1{,}35 \cdot 220^2}{120.000} \cdot 10 = -0{,}6\Omega$$

$$X_3 = \frac{24,35 \cdot 220^2}{120.000} \cdot 10 = 98\Omega$$

Theo công thức (6-12) ta tìm được :

$$\Delta Q_0 = \frac{I^0\% \cdot S_{đm}}{100} = \frac{3}{100} \cdot 120 = 3,6 \text{ MVAR}$$

6.3. Tổn thất khi truyền tải điện năng.

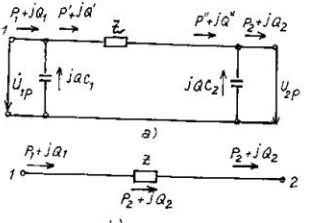
Khi truyền tải điện năng từ nguồn đến hộ tiêu thụ thì mỗi phần tử của mạng điện do có tổng trở nên đều gây tổn thất công suất và điện áp.

Tổn thất công suất gây tình trạng thiếu hụt điện năng tại nơi tiêu thụ, làm tăng giá thành truyền tải điện và đưa đến hiệu quả kinh tế kém.

Tổn thất điện áp tạo nên điện áp tại các hộ tiêu thụ bị giảm thấp quá, ảnh hưởng đến chất lượng điện.

6.3.1. Tổn thất công suất trên đường dây :

Để xác định tổn thất công suất trên đường dây, ta dùng sơ đồ thay thế hình Π, và đối với mạng điện khu vực với điện áp 110 KV – 220 KV cho phép bỏ qua thông số điện dẫn G. Khi đó ta có : hình 6-7a.



Hình 6-7

Từ đây ta có :

$$S'' = P'' + jQ'' = P_2 + jQ_2 - jQ_{c2}$$

Ở đây :

$$Q_{c2} = \sqrt{3}\, I_{c2}\, U_2 = U_2^2 \frac{B}{2} \approx U_{đm}^2 \frac{B}{2}$$

Ta biết : khi có dòng điện ba pha chạy qua Z = R + jX, thì tổn thất công suất tác dụng và phản kháng là :

$$\Delta P = 3I^2R = \frac{S^2}{U^2} \cdot R$$

$$\Delta Q = 3I^2X = \frac{S^2}{U^2} \cdot X$$

Do vậy, tổn thất công suất ở đường dây có sơ đồ thay thế hình Π (hình 6-7a) là :

$$\begin{cases} \Delta P = \dfrac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_2^2} \cdot R \\ \Delta Q = \dfrac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_2^2} \cdot X \end{cases} \qquad (6\text{-}17)$$

Vậy $S' = S'' + \Delta S = (P'' + \Delta P) + j(Q'' + \Delta Q) = P' + jQ'$

$S = S' - jQ_{c1} = P_1 + jQ_1 = P' + jQ' - jQ_{c1}$

$$Q_{c1} = \sqrt{3}\, I_{c1} \cdot U_1 = U_1^2 \frac{B}{2} \approx U_{đm}^2 \frac{B}{2}.$$

Đối với đường dây địa phương ta có thể bỏ qua tổng dẫn, lúc đó ta sẽ được hình 6.7b., khi đó ta xác định tổn thất công suất theo công suất tải :

$$P_2 + jQ_2.$$

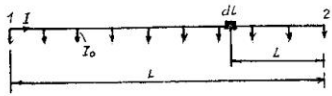
$$\Delta P = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{đm}^2} \cdot R$$

$$\Delta Q = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{đm}^2} \cdot X \qquad (6\text{-}18)$$

Nếu đường dây phân phối có phụ tải phân bố đều (như đường dây chiếu sáng ngoài đường) thì ta sẽ tìm được (hình 6.8) :

– tổn thất công suất trong một vi phân *dl* ở tại cách điểm cuối chiều dài *l* là :

$$d\Delta P = 3(I_0 l)^2 dr + 3(I_0 l)^2 \cdot r_0 dl$$



Hình 6-8

Với $I_0 = \frac{I}{L}$

$$\Delta P = 3 \int_0^L (I_0 l)^2 r_0 \, dl = 3 I_0^2 r_0 \frac{L^3}{3}$$

$$\Delta P = (I_0 L)^2 . r_0 L = I^2 R$$

Rõ ràng tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều, bé hơn 3 lần tổn thất trên đường dây có cùng phụ tải nhưng tập trung ở cuối đường dây (khi phụ tải tập trung cuối đường dây $\Delta P_{đd} = 3I^2R$).

Hiệu suất tải điện của đường dây :

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} 100 = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} 100 = \left(1 - \frac{\Delta P}{P_1}\right) 100$$

Chú ý : ở công thức (6-18) :

ΔP – tính MW; ΔQ tính MVAR; $S_2 = P_2 + jQ_2$, [MVA], R, X tính bằng Ω; $U_{đm}$ tính bằng [KV].

6.3.2. – Tổn thất công suất trong máy biến áp

Tổn thất công suất trong máy biến áp bao gồm tổn thất không tải (tổn thất trong lõi thép hay tổn thất sắt) và tổn thất có tải (tổn thất trong dây quấn hay tổn thất đồng).

– Thành phần tổn thất trong lõi thép không thay đổi khi phụ tải thay đổi và bằng tổn thất không tải :

$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j\Delta Q_0 \qquad (6\text{-}19)$$

với $\Delta Q_0 = \frac{I_0\% \, S_{đm}}{100}$ ta có : $\Delta S_0 = \Delta P_0 + j \frac{I_0\% \cdot S_{đm}}{100}$

– Đối với máy biến áp hai cuộn dây, tổn thất công suất tác dụng trong các cuộn dây khi tải định mức bằng tổn thất ngắn mạch :

$$\Delta P_{\text{cuộn dây định mức}} = \Delta P_K$$

Tổn thất công suất phản kháng trong các cuộn dây, nếu để ý đến $R_T << X_T$ thì ta xác định như sau :

$$\Delta Q_{\text{cuộn dây, định mức}} = \frac{U_k\,\% \,.\, S_{đm}}{100} = \Delta Q_K$$

Vì máy biến áp làm việc với phụ tải S_{pt} khác với dung lượng định mức nên khi xác định tổn thất trong máy biến áp cần chú ý xét đến hệ số $k_{tải}$ $\left(= \frac{Spt}{S_{đm}} = \frac{Ip\ tải}{Iđm} \right)$

Khi đó, tổn thất trong các cuộn dây sẽ là :

$$\Delta S_{\text{cuộn dây,}} = k_t^2 \Delta P_K + j k_t^2 \,.\, \frac{U_K\% \,.\, S_{đm}}{100}$$

– Do vậy, tổn thất trong máy biến áp khi phụ tải bất kỳ (S_{pt}) sẽ xác định theo công thức sau :

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_T = (\Delta P_0 + k_t^2 \Delta P_K) + j(I_0\% + k_t^2\, U_K\%) \frac{S_{đm}}{100} \qquad (6\text{-}21)$$

Vậy $$\overset{\bullet}{\Delta S}_T = \Delta P_T + j\Delta Q_T \qquad (6\text{-}22)$$

với

$$\begin{cases} \Delta P_T = \Delta P_0 + \Delta P_K \left(\dfrac{S_{pt}}{S_{đm}} \right)^2 \\ \Delta Q_T = \Delta Q_0 + \Delta Q_K \left(\dfrac{S_{pt}}{S_{đm}} \right)^2 \\ k_t = \dfrac{S_{pt}}{S_{đm}} = \dfrac{I_{p.tải}}{I_{đm}} \end{cases} \qquad (6\text{-}23)$$

** Đối với máy biến áp ba cuộn dây và máy biến áp tự ngẫu*

Ta xác định tổn thất như sau :

Trước hết ta tính tổn thất công suất trong cuộn dây 2 và 3 theo phụ tải tương ứng trung và hạ áp (hình 6-9)

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_3 = \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U'^2_3} \,.\, R'_3 + j\, \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U'^2_3} \,.\, X'_3 \qquad (6\text{-}24a)$$

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_2 = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U'^2_2} \,.\, R'_2 + j\, \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U'^2_2} \,.\, X'_2 \qquad (6\text{-}24b)$$

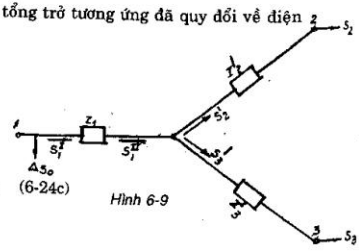
Ở đây U'_2, U'_3, X'_2, X'_3, R'_2, R'_3 các điện áp và tổng trở tương ứng đã quy đổi về điện áp cuộn 1.

Công suất :

$$S''_1 = S'_2 + S'_3 = S_2 + S_3 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = P''_1 + jQ''_1$$

Tổn thất công suất trong cuộn 1 :

$$\Delta S_1 = \frac{(P''_1)^3 + (Q''_1)^2}{U_1^2} R_1 + j\, \frac{(P''_1)^2 + (Q''_1)^2}{U_1^2} \,.\, X_1 \qquad (6\text{-}24c)$$



Hình 6-9

Tổn thất công suất trong máy biến áp 3 cuộn dây và máy biến áp tự ngẫu cũng có thể tính trực tiếp theo các lượng định mức và hệ số tải :

$$\Delta S_T = (\Delta P_0 + k_{t1}^2 \Delta P_{k1} + k_{t2}^2 \Delta P_{k2} + k_{t3}^2 \Delta P_{k3}) +$$

$$+ j\ (\Delta Q_0 + k_{t1}^2 U_{K1}\% \frac{S_{đm1}}{100} + k_{t2}^2 U_{K2}\% \frac{S_{đm2}}{100} + k_{t3}^2 U_{K3} \frac{S_{đm3}}{100}) \qquad (6\text{-}25)$$

Ví dụ 6-6. Một trạm biến áp khu vực đặt hai máy biến áp tự ngẫu 220/121/11 KV, công suất định mức 120 MVA, các số liệu như sau : $\Delta P_0 = 160$ KW, dung lượng định mức của các cuộn là 100/100/50%, các tổn thất ngắn mạch $\Delta P_{K1-2} = 360$ KW; $\Delta P'_{K-1-3} = 240$ KW, $\Delta P'_{K2-3} = 240$ KW ; các điện áp ngắn mạch $U_{K-1-2\%} = 10,5\%$; $U_{K1-3\%} = 36,2\%$, $U_{K2-3\%} = 23\%$, dòng điện không tải là $I_0\% = 3\%$ phụ tải phía trung áp 120 + j50MVA, phụ tải phía hạ áp 30 + j20MVA

Hãy xác định tổn thất công suất trong hai máy biến áp này :

Bài giải : Từ ví dụ 6-5 ta đã tính được :

$$R_1 = R_2 = 0,6\Omega\ ;\ R_3 = 2,6\Omega$$

$$X_1 = 48\Omega\ ;\ X_2 = -0,6\Omega\ ;\ X_3 = 98\Omega$$

Ở đây trạm có hai máy biến áp làm việc song song, tổng trở của sơ đồ đẳng trị giảm đi một nửa, do vậy :

$$z_1 = 8,3 + j24;\ z_2 = 0,3 - j0,3;\ z_3 = 1,3 + j49$$

Tổn thất công suất trong cuộn dây trung và hạ áp :

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_3 = \frac{30^2 + 20^2}{220^2}(1,3 + j49) \approx 0 + j1,3MVA$$

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_2 = \frac{120^2 + 50^2}{220^2}(0,3 - j0,3) \approx 0,1 - j0,1MVA$$

$$S'' = \underbrace{(120 + j50) + (0,1 - j0,1)}_{S'_2} + \underbrace{(30 + j20) + (0 + j1,3)}_{S'_3}$$

$$S'' = 150,1 + j71,2\ MVA$$

Tổn thất công suất ở cuộn cao áp :

$$\Delta S_1 = \frac{150,1)^2 + (71,2)^2}{220^2}(0,3 + j24) = 0,2 + j13,7MVA$$

Tổn thất công suất trong hai máy :

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_T = \overset{\bullet}{\Delta S}_1 + \overset{\bullet}{\Delta S}_2 + \overset{\bullet}{\Delta S}_3 + \overset{\bullet}{\Delta S}_0 \quad với: \Delta S_0 + 2(\Delta S_{Fe}) = 2(\Delta P_{Fe} + j\ \Delta Q_{Fe})$$

$$\Delta S_0 = 2(0,16 + j\frac{3}{100} \cdot 120)$$

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_T = 0,2 + j13,7 + 0,1 - j0,1 + 0 + j1,3 + 2 \cdot 0,16 + j\frac{3}{100} \cdot 120 \cdot 2$$

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_T = 0,6 + j21,2\ MVA.$$

Bài toán này có thể tính theo công thức 6-25 cũng ra đáp số như trên.

* Trong trường hợp tính toán sơ bộ ta có thể dùng công thức gần đúng để tính tổn thất : ΔP_T và ΔQ_T :

$$\Delta P_T = (0,02 \div 0,025) S_{đm}$$

$$\Delta Q_T = (0,105 \div 0,125) S_{đm}$$

Các công thức này được dùng cho các máy biến áp phân xưởng có $S_{đm} \leq 1000$ KVA; $I_0\ \% = 5 \div 7\%$ và $U_K\% = 5,5$).

6.3.3. Tổn thất điện năng trên đường dây và máy biến áp

1. Xác định thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{max} và thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất τ.

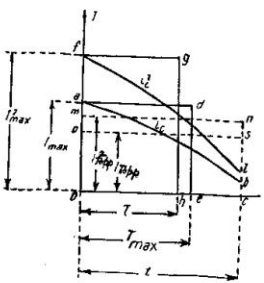
+ Điện năng tiêu thụ phụ thuộc vào phụ tải và thời gian vận hành. Song trong quá trình vận hành, phụ tải luôn luôn biến đổi, vì vậy để thuận tiện trong quá trình tính toán người ta giả thiết phụ tải luôn luôn không thay đổi và bằng phụ tải lớn nhất. Do vậy thời gian dùng điện lúc này là thời gian tương đương về phương diện tiêu thụ điện năng.

• Với giả thiết như trên thì thời gian dùng điện ở phụ tải lớn nhất này (thường lấy bằng phụ tải tính toán) được gọi là thời gian sử dụng công suất lớn nhất, ký hiệu là T_{max}.

Từ đồ thị vẽ đường cong phụ tải hình 6.10 ta định nghĩa được :

$$T_{max} \cdot I_{max} = \int_0^{t=8760} I(t) \cdot dt. \qquad (6\text{-}26)$$

Vậy : $$T_{max} = \frac{\int_0^{t=8760} I_{(t)} dt}{I_{max}}$$



Hình 6-10a

Vậy : Nếu giả thiết rằng ta luôn sử dụng phụ tải lớn nhất (và không đổi) thì thời gian cần thiết T_{max} để cho phụ tải đó tiêu thụ một lượng điện năng bằng lượng điện năng do phụ tải thực tế (biến thiên) tiêu thụ trong một năm làm việc được gọi là thời gian sử dụng công suất lớn nhất.

Đối với các xí nghiệp làm việc một ca $T_{max} = 1500 \div 2000h$; làm việc hai ca : $T_{max} = 3000 \div 4500h$, làm việc 3 ca T_{max} 5000 ÷ 7000 h. Giá trị lớn của T_{max} thường ứng với các xí nghiệp có đồ thị phụ tải hàng năm tương đối bằng phẳng.

+ Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất τ là thời gian nếu trong đó mạng điện luôn luôn mang tải lớn nhất sẽ gây ra một tổn thất điện năng đúng bằng tổn thất điện năng thực tế trên mạng điện trong một năm.

Cũng từ đồ thị hình 6-10a, ta định nghĩa được :

$$\tau = \frac{\int_0^{t=8760} I_{(t)}^2 dt}{I_{max}^2} \qquad (6\text{-}27)$$

Từ τ, ta có thể xác định dòng điện trung bình bình phương I_{tbbp}. Từ hình 6-10, ta cũng xác định được giá trị của I_{tbbp} như sau :

$$\int_0^{t=8760} I_{(t)}^2 . dt = I_{tbbp}^2 . t \rightarrow \qquad (6\text{-}28)$$

Do đó : $I_{tbbp} = \sqrt{\frac{\int_0^{t=8760} I_{(t)}^2 dt}{t = 8760}}$

Từ (6-28) và (6-27) ta có thể tìm được :

$$I_{max}^2 . \tau = I_{tbbp}^2 . t$$

$$\frac{\tau}{t} = \frac{I_{tbbp}^2}{I_{max}^2} \quad \text{Vậy } I_{tbbp} = I_{max} \sqrt{\frac{\tau}{t}} = I_{max} \sqrt{\frac{\tau}{8760}} \qquad (6\text{-}29)$$

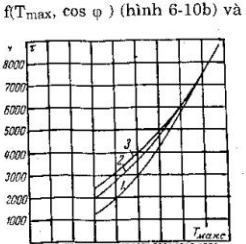
Trị số τ có thể xác định theo đồ thị quan hệ $\tau = f(T_{max}, \cos\varphi)$ (hình 6-10b) và cũng có thể xác định theo công thức kinh nghiệm của Kezevits sau :

$$\tau = (0{,}124 + T_{max} . 10^{-4})^2 . 8760, \qquad (6\text{-}30)$$

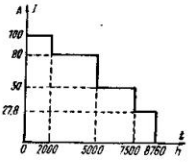
Nếu cho rằng mỗi năm làm việc 300 ngày thì thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất τ đối với lưới cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp có thể thừa nhận giá trị sau :

- Khi làm việc một ca : $\tau = 1500 \div 2000h$
- Khi làm hai ca : $\tau = 2500 \div 3500h$:
- Khi làm ba ca : $\tau = 4000 \div 5000h$.

Ví dụ 6-7. Hãy xác định T_{max}, τ và I_{tbbp} tương ứng với phụ tải hình 6-11.



Hình 6-10b. Đường cong biểu diễn quan hệ $\tau = f(T_{max}, \cos\varphi)$
1. Khi $\cos\varphi = 1$; 2. Khi $\cos\varphi = 0{,}8$;
3. Khi $\cos\varphi = 0{,}7$



Hình 6-11

$$T_{max} = \frac{\int_0^{t=8760} I\,(t)dt}{I_{max}} = \frac{100\,.\,2000 + 80\,.\,3000 + 50\,.\,2500 + 27{,}8\,.\,1260}{100} = 6000h$$

$$\tau = \frac{\int_0^{t=8760} I_{(t)}^2 dt}{I_{max}^2} = \frac{100^2\,.\,2000 + 80^2\,.\,3000 + 50^2\,.\,2500 + 27{,}8^2\,.\,1260}{100^2} = 4650h$$

$$I_{tbbp} = I_{max}\sqrt{\frac{\tau}{t}} = 100\sqrt{\frac{4650}{8760}} = 73{,}5A$$

2. Tổn thất điện năng trên đường dây và trong máy biến áp.

a) Trên đường dây :

Tổn thất điện năng được xác định như sau :

$$\Delta A_{dd} = \Delta P_{dd}\,.\,\tau\,.\,[KWh] \qquad (6\text{-}31)$$

Ở đây : ΔP_{dd} – tổn thất công suất lớn nhất trên đường dây với phụ tải tính toán.

τ – Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất.

Ví dụ 6-8 :

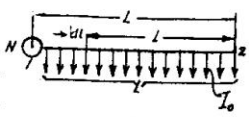
Một đường dây mạng điện thành phố dài 2km, có phụ tải phân bố đều $I_0 = 0{,}3A/m$. Dây dẫn bằng nhôm, tiết diện A-95mm^2. Xác định tổn thất điện năng trên đường dây trong một năm. Biết $T_{max} = 3000h$.

Bài giải :

Đường dây có phụ tải phân bố đều nên tổn thất công suất trên đường dây sẽ bé hơn ba lần tổn thất công suất trên đường dây có cùng phụ tải nhưng tập trung ở cuối đường dây (đã nói ở mục 6-3-1). $I = I_0L = 0{,}3.2.10^3 = 600A$

Tổn thất công suất tác dụng trên đường dây :

$$\Delta P = I^2R = 600^2\,.\,0{,}33\,.\,10^{-3}\,.\,2 = 237{,}6KW$$



Hình 6-12

Ở đây tra bảng đối với dây A-95 có $r_0 = 0{,}33\ \Omega/km$. Số giờ chịu tổn thất công suất lớn nhất là : (theo công thức kinh nghiệm của Kezevits công thức 6-30).

$$\tau = (0{,}124 + T_{max}\,10^{-4})^2\,.\,8760 =$$

$$\tau = (0{,}124 + 3000\,.\,10^{-4})^2\,.\,8760 \approx 1600h$$

Vậy tổn thất điện năng trên đường dây trong một năm là

$$\Delta A = 237{,}6.1600 = 380.000\ KWh$$

b) Trong máy biến áp

Tổn thất điện năng trong máy biến áp là :

$$\Delta A_T = \Delta P_0 t + \Delta P_k \left(\frac{S_{pt max}}{S_{dm}} \right)^2 \tau \qquad (6\text{-}32)$$

Nếu máy biến áp làm việc suốt năm thì ở đây t = 8760h.

* Khi có n máy biến áp giống nhau làm việc song song.

$$\Delta A_T = n\Delta P_0 t + \frac{1}{n} \Delta P_k \left(\frac{S_{pt max}}{S_{dm}} \right)^2 . \tau, \qquad (6\text{-}33)$$

Với t – thời gian vận hành thực tế của máy biến áp, giờ [h].

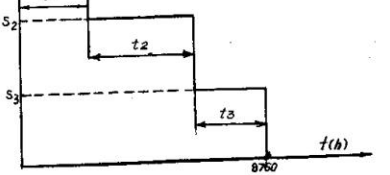
Nếu bình thường máy biến áp luôn đóng vào mạng thì t = 8760h.

* Khi biết đồ thị phụ tải, để giảm tổn thất điện năng người ta thường thay đổi số lượng máy biến áp tùy theo mức phụ tải (hình 6-13) lúc ấy tổn thất điện năng của trạm trong một năm :

$$\Delta A_T = \Delta P_0 \sum_{i=1}^{m} n_i t_i + \Delta P_k \sum_{i=1}^{m} \frac{1}{n_i} \left(\frac{S_i}{S_{dm}} \right)^2 t_i \qquad (6\text{-}34)$$

Ở đây : – n_i số máy biến áp làm việc trong thời gian t_i.

Ví dụ 6-9. Một trạm hạ áp đặt hai máy biến áp 110/11 KV, dung lượng 31.500 KVA cung cấp cho phụ tải có đồ thị như hình 6-14. Khi phụ tải có giá trị từ 50% trị số lớn nhất trở xuống, chỉ cho một máy làm việc. Biết rằng cosφ = 0,8 không thay đổi suốt năm. Hãy xác định tổn thất điện năng trong một năm của trạm :



Hình 6-13

Hình 6-14

Bài giải : Máy biến áp 110/11 KV, S_{dm} = 31,5 MVA có các số liệu sau : ΔP_k = 200 KW ; ΔP_0 = 86 KW, U_k % = 10,5% và I_0% = 2,7%.

Với giả thiết vận hành đã cho ở bài toán ta sẽ có :

Khi phụ tải P_1 = 40 MW, ta sẽ vận hành 2 máy trong t_1 = 2000h

Khi phụ tải P_2 = 20 MW, ta sẽ vận hành 1 máy trong t_2 = 4000h

Khi phụ tải P_3 = 10 MW, ta sẽ vận hành 1 máy trong t_3 = 2760h

Vậy tổng tổn thất điện năng ở trạm trong năm sẽ là :

$$\Delta A = \Delta P_0 \sum_{i=1}^{m} n_i t_i + \Delta P_k \sum_{i=1}^{m} \frac{1}{n_i} \left(\frac{S_i}{S_{đm}}\right)^2 t_i = 86 [(2 \times 2000) + (1 \times 6760)]$$

$$+ 200 \left[\frac{1}{2} \left(\frac{40}{0{,}8.31{,}5}\right)^2 2000 + \frac{1}{1} \left(\frac{20}{0{,}8.31{,}5}\right)^2 .4000 + \frac{1}{1} \left(\frac{10}{0{,}8.31{,}5}\right)^2 2760\right]$$

ΔA = 2.021.000 KWh

3. Điện năng tiêu thụ.

Điện năng tiêu thụ của xí nghiệp công nghiệp có thể xác định qua ba phương pháp sau :

a) Phương pháp suất tiêu hao điện năng cho đơn vị sản phẩm. Ta sử dụng công thức sau :

$$W = \Sigma W_0 A, \text{ [KWh]}$$

Ở đây : W – Điện năng tiêu thụ trong một năm : tính [KWh].

W_0 – suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm, đơn vị [KWh/một đơn vị sản phẩm].

A – Sản lượng hàng năm của xí nghiệp (tính theo đơn vị sản xuất để xác định suất tiêu hao điện năng).

b) Tính theo hệ số tiêu thụ của các loại hộ tiêu thụ khác nhau. Ta sử dụng công thức sau :

$$W = K_{\text{tiêu thụ}} . T_a . \Sigma P, \text{ [KWh]}$$

Ở đây : $K_{\text{tiêu thụ}}$ – hệ số tiêu thụ, nó biểu thị hệ số tiêu thụ trong 1 giờ đối với một ki-lô-oát thiết bị đặt của loại hộ tương ứng, hệ số này cho ở bảng qua thống kê kinh nghiệm (bảng 6-1) : ΣP – công suất thiết bị được đặt của loại hộ tương ứng, tính bằng KW.

T_a – số lượng giờ làm việc trong một năm của hộ tiêu thụ : tính [h]. Giá trị của T_a xác định như sau :

α) + đối với động lực : với 6 ngày làm việc trong một tuần, mỗi ca là 8 giờ thì :

– Khi làm việc một ca : T_a = 2325h

– Khi làm việc hai ca như nhau T_a = 4630h

– Khi làm việc ba ca : T_a = 6640h

– Khi làm việc liên tục cả năm không bị gián đoán thì T_a = 8500h.

β) Đối với chiếu sáng bên trong các phân xưởng :

– Khi làm việc một ca lấy T_a = 800h

– Khi làm việc hai ca T_a = 2500h

– Khi làm việc ba ca T_a = 4700h

γ) Đối với chiếu sáng bên ngoài các phân xưởng của xí nghiệp công nghiệp :

– Khi chiếu sáng suốt đêm T_a = 3500h.

– Khi chiếu sáng đến 12 giờ ban đêm còn sau đó chỉ để lại đèn bảo vệ rất cần thiết thì T_a 1950h.

Bảng 6-1

Các loại hộ tiêu thụ khác nhau	Hệ số tiêu thụ $K_{tiêu\ thụ}$	Ghi chú
- Động cơ điện làm việc liên tục (ví dụ : thông gió, bơm, tổ động cơ - máy phát hàn liên tục v.v...)	0,54	
- Động cơ điện hệ thống điều hòa nhiệt độ	0,50	
- Động cơ điện của máy công cụ ở chế độ làm việc bình thường (máy tiện, phay, bào, khoan v.v...)	0,15	
- Động cơ điện của máy công cụ ở chế độ làm việc tương đối căng thẳng (tiện tự động, tiện rơ-vôn-ve, tiện các trục, máy phay các bánh răng v.v...)	0,18	
- Động cơ điện làm việc theo chế độ gián đoạn ở các cần cẩu trong phân xưởng	0,10	
- Thiết bị sưởi nóng, lò điện trở, lò điện để sấy khô v.v...	0,43	
- Máy biến áp hàn hồ quang	0,09	
- Đèn chiếu sáng	0,75	

Lưu ý, tính điện năng tiêu thụ theo hai phương pháp nêu trên dùng để tính toán sơ bộ ban đầu (dùng khi lựa chọn phương án và thiết kế sơ bộ).

c) Phương pháp tính theo phụ tải tính toán P_{tt}.

Điện năng tiêu thụ trong một năm có thể tính theo công thức

$$A = P_{tt} \cdot T_{max}\ [KWh] \qquad (6\text{-}35)$$

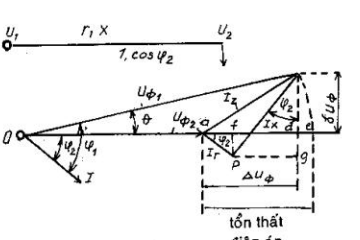
Ở đây P_{tt} - phụ tải tính toán, [KW]

T_{max} - thời gian sử dụng công suất lớn nhất, giờ, [h]

6.3.4. Tổn thất điện áp trên đường dây ba pha có một phụ tải tập trung.

Giả thiết mạng điện làm việc ở chế độ đối xứng, do đó chỉ cần nghiên cứu đối với một pha. Hình 6-15a biểu diễn một đường dây có tổng trở Z = R + jX[Ω] và phụ tải tập trung ở cuối đường dây S = P + jQ[KVA]. Hình 6-15b biểu diễn đồ thị vectơ điện áp của đường dây nêu trên.

Vectơ oa biểu diễn điện áp U_{p2} ở cuối đường dây. Góc φ_2 tương ứng với cosφ_2 của phụ tải hộ tiêu thụ. Tổn thất điện áp trên đường dây sẽ xác định bằng tam giác tổn thất điện áp *abc*; ở đây *vectơ ab* trùng pha với vectơ dòng điện I, và là tổn thất điện áp trên điện trở của đường dây, còn vectơ *bc* là tổn thất điện áp trên điện kháng của đường dây.



Hình 6-15

Vectơ *ac* biểu diễn tổn thất điện áp tổng trên đường dây. Đó là hiệu của hai vectơ điện áp ở đầu và cuối đường dây, tức là :

$$\overrightarrow{\Delta U_P} = \overrightarrow{U_{p1}} - \overrightarrow{U_{p2}}$$

Đoạn *ad* là hình chiếu của vectơ tổng tổn thất điện áp trên trục của U_2 được gọi là thành phần tổn thất điện áp dọc.

Đối với lưới điện công nghiệp khi điện áp chỉ đến 35 KV thì góc θ giữa U_{p1} và U_{p2} rất bé; do vậy tổn thất điện áp tổng có thể lấy gần đúng bằng với thành phần tổn thất điện áp dọc này để tính toán chọn tiết diện dây dẫn.

Như vậy, một cách gần đúng về giá trị ta có :

$$\Delta U_p = ad = af + fd \text{ và } \varphi_1 \approx \varphi_2 = \varphi \text{ (vì } \theta \text{ rất bé)}$$

Ở đây, $af = IR\cos\varphi$; $fd = IX\sin\varphi$

Do đó : $\Delta U_p = IR\cos\varphi + IX\sin\varphi$ (6-36)

Vậy tổn thất điện áp dây sẽ là :

$$\Delta U = \sqrt{3}\,\Delta U_p = \sqrt{3}\,(IR\cos\varphi + IX\sin\varphi)$$

hay $$\Delta U = \sqrt{3}\left(\frac{PR}{\sqrt{3}\,U_{đm}} + \frac{QX}{\sqrt{3}U_{đm}}\right) = \frac{PR + QX}{U_{đm}}, [V] \quad (6\text{-}37)$$

Để dễ so sánh ta thường tính theo trị số phần trăm so với định mức :

$$\Delta U\% = \frac{PR + QX}{U_{đm}^2} \cdot \frac{100}{1000}$$

Ở đây - P, Q là phụ tải tác dụng và phản kháng của đường dây [KW], [KVAR]

- R, X là điện trở và điện kháng của đường dây, [Ω]

- $U_{đm}$ - điện áp định mức tính bằng KV.

Yêu cầu : phải đảm bảo đường dây làm việc bình thường tức là : khi tính toán $\Delta U\% \leq \Delta U\%$ cho phép.

Đối với đường dây điện áp cao hơn 35 KV, ta phải xét đến thành phần tổn thất điện áp ngang δU_p, giá trị bằng đoạn cd :

$$\delta U_p = cd = cg - dg = cg - bf = IX\cos\varphi - IR\sin\varphi$$

Khi đó, thành phần tổn thất điện áp ngang (đối với điện áp dây là)

$$\delta U = \sqrt{3}\,\delta U_p = \sqrt{3}\,(IX\cos\varphi - IR\sin\varphi) =$$

$$= \sqrt{3}\left[\frac{PX}{\sqrt{3}\,U_{đm}} - \frac{QR}{\sqrt{3}\,U_{đm}}\right] = \frac{PX - QR}{U_{đm}} \quad (6\text{-}38a)$$

Do vậy : $\dot{\Delta U} = \Delta U + j\delta U$. (6-38b)

Từ hình 6-15b, ta thấy trị số của thành phần tổn thất điện áp ngang δU xác định bằng góc xê dịch pha θ giữa điện áp ở đầu và cuối đường dây; đối với đường dây dài, điện

áp truyền tải cao hơn 35 KV thì thành phần tổn thất điện áp ngang sẽ tăng lên và do đó góc θ sẽ tăng.

Điện áp dây ở đầu và cuối đường dây (tính bằng KV) trong thực tế xác định bằng công thức sau :

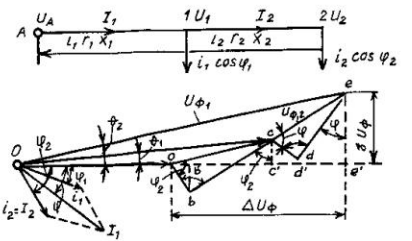
$$U_1 = \sqrt{\left[U_2 + \left(\frac{P_2R + Q_2X}{U_2}\right)\right]^2 + \left(\frac{P_2X - Q_2R}{U_2}\right)^2} \qquad (6\text{-}39)$$

$$U_2 = \sqrt{\left[U_1 - \frac{P_1R + Q_1X}{U_1}\right]^2 + \left(\frac{P_1X - Q_1R}{U_1}\right)^2} \qquad (6\text{-}40)$$

Ở đây, P_1, Q_1, P_2, Q_2 tương ứng với công suất ở đầu và cuối đường dây tính bằng [MW], [MVAR]; R, X điện trở của đường dây, tính bằng [Ω]

$$tg\theta = \frac{\delta U}{U_2 + \Delta U} = \frac{\delta U_1}{U_1 - \Delta U_1} \qquad (6\text{-}41).$$

6.3.5. Tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha có nhiều phụ tải tập trung.



Hình 6-16

Hình 6-16 trình bày sơ đồ vectơ đối với đường dây có hai phụ tải tập trung i_1 và i_2. Dòng điện tính toán của phần thứ nhất của lưới là I_1 là tổng hình học của dòng điện phụ tải i_1 và i_2. Chiều của vectơ I_1 xác định bởi góc pha dịch chuyển φ, trên cơ sở của góc này ta xây dựng tam giác tổn thất điện áp đối với phần thứ nhất của lưới. Điện áp ở phần cuối của phần thứ hai ký hiệu là U_{p2}, còn ở cuối của phần thứ nhất ký hiệu là U_{p1}. Điện áp ở đầu tuyến đường dây của lưới điện là U_{pA} như thể hiện trên hình 6.16a.

Giá trị tổn thất điện áp chung chính là tổng tổn thất điện áp ở cả hai phần. Do đó, trên cơ sở của biểu thức 6-36 ta có :

$$\Delta U_p = I_2r_2\cos\varphi_2 + I_2x_2\sin\varphi_2 + I_1r_1\cos\varphi_1 + I_1x_1\sin\varphi_1 \qquad (6\text{-}42)$$

Do đó, đối với đường dây có nhiều phụ tải tập trung i_1, i_2... i_n thì chúng ta sẽ có tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây của lưới điện là :

$$\Delta U = \sqrt{3}\ \Delta U_p = \sqrt{3} \sum_{i=1}^{n} (I_i\ r_i \cos\varphi_i + I_i\ x_i \sin\varphi_i) \qquad (6\text{-}43a)$$

$$\text{hay : } \Delta U = \sqrt{3}\ \frac{1}{\sqrt{3}\ U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} (P_i\ r_i + Q_i\ x_i) = \frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} (P_i r_i + Q_i\ x_i) \qquad (6\text{-}43)$$

Để so sánh, ta thường tính theo trị số phần trăm so với định mức; do vậy :

$$\Delta U\% = \frac{100}{1000\ U_{dm}^2} \sum_{i=1}^{n} (P_i\ r_i + Q_i\ x_i) \qquad (6\text{-}44)$$

Ở đây - P_i, Q_i - công suất chạy trên đoạn thứ i, tính [KW], [KVAR]

r_i, x_i - điện trở và điện kháng của đoạn thứ i [Ω]

U_{dm} - điện áp dây định mức, [KV]

Nếu tính tổn thất điện áp không xuất phát từ dòng điện chạy trên các phần của đường dây (I_1, I_2... I_n) mà theo dòng điện phụ tải tại hộ tiêu thụ : i_1, i_2....i_n thì ta sẽ được :

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_{i=1}^{n} (i_i\ R_i \cos\varphi_i + i_i\ x_i \sin\varphi_i) \qquad (6\text{-}45)$$

Nếu tính theo phần trăm so với định mức, ta được :

$$\Delta U\% = \frac{100}{1000} \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3} U_{dm}^2} \sum_{i=1}^{n} (p_i\ R_i + q_i\ X_i) = \frac{100}{1000\ U_{dm}^2} \sum_{i=1}^{n} (p_i\ R_i + q_i\ X_i) \qquad (6\text{-}46)$$

Trong đó : p_1, q_i - công suất của phụ tải tại điểm thứ i, [KW], [KVAR].

R_i, X_i - điện trở và điện kháng của đường dây kể từ đầu nguồn đến điểm thứ i, tính bằng [Ω]

U_{dm} - điện áp dây định mức của đường dây [KV].

6.3.6. Trường hợp đặc biệt :

a) Nếu trường hợp đường dây đồng nhất : tức là đường dây có các đoạn làm bằng dây dẫn cùng loại, cùng tiết diện, cùng cách lắp đặt (có r_0 và x_0 như nhau). Khi đó tổn thất điện áp trên đường dây sẽ là :

- Từ công thức (6-45) nếu tính theo phần trăm so với định mức, ta có :

$$\Delta U\% = \frac{100\ .\ \sqrt{3}}{U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} (i_i\ R_i \cos\varphi_i + i_i\ X_i \sin\varphi_i)$$

Do r_0 và x_0 ở các đoạn như nhau nên :

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}\ .\ 100}{U_{dm}} (r_0 \cos\varphi_{tb} + x_0 \sin\varphi_{tb}) \sum_{i=1}^{n} i_i L_i \qquad (6\text{-}47)$$

Ta biết : $10^3 p_i = \sqrt{3} U_{dm} \cos\varphi_{tb} i_i$ do đó : $i_i = \dfrac{10^3 p_i}{\sqrt{3}\ U_{dm} \cos\varphi_{tb}}$

Thay vào (6-47) : $\Delta U\% = \frac{10^3 \cdot 10^2}{U_{dm}^2 \cos\varphi_{tb}} (r_0 \cos\varphi_{tb} + x_0 \sin\varphi_{tb}) \cdot \sum_{i=1}^{n} p_i L_i$ (6-48)

Nếu r_0, x_0 - điện trở và điện kháng trên một đơn vị chiều dài của dây dẫn tính bằng Ω/km; p_i công suất của phụ tải thứ i tính bằng KW, còn L_i chiều dài dây dẫn từ đầu nguồn đến phụ tải thứ i, tính bằng [km], U_{dm} tính bằng [KV], thì ta có :

$$\Delta U\% = \frac{100}{1000 U_{dm}^2 \cos\varphi_{tb}} (r_0 \cos\varphi_{tb} + x_0 \sin\varphi_{tb}) \cdot \sum_{i=1}^{n} p_i L_i \quad (6\text{-}49)$$

Ở đây, hệ số công suất $\cos\varphi_i$ của các hộ không giống nhau nên ta tính hệ số công suất trung bình theo công thức sau :

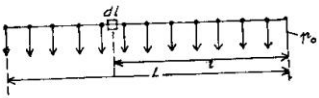
$$\cos\varphi_{tb} = \frac{P_1 \cos\varphi_1 + P_2 \cos\varphi_2 + \ldots + P_n \cos\varphi_n}{P_1 + P_2 + \ldots + P_n} \quad (6\text{-}50)$$

b) Nếu đường dây cung cấp cho phụ tải có $\cos\varphi = 1$ (đèn dây tóc, lò điện trở v.v...) hoặc nếu đường dây cáp ở mạng điện áp thấp có $r_0 \gg x_0$ thì khi tính tổn thất điện áp ta có thể bỏ qua điện kháng, khi đó :

$$\Delta U\% = \frac{100}{1000\, U_{dm}^2} r_0 \cdot \sum_{i=1}^{n} p_i L_i \quad (6\text{-}51)$$

6.3.8. Tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha có phụ tải phân bố đều.

a) Trong thực tế ta có thể gặp một số đường dây có phụ tải phân bố đều (hình 6-17) ở đó p_0 là công suất một đơn vị chiều dài. Tại tiết diện cách đầu cuối đường dây một đoạn l sẽ có dòng công suất $p_0 l$ đi qua. Giả thiết đường dây có r_0, thì vi phân chiều dài dl sẽ có điện trở là $r_0 dl$.



Hình 6-17

Tổn thất điện áp trên vi phân chiều dài sẽ là :

$$d(\Delta U) = \frac{p_0 l \cdot r_0 dl}{U_{dm}}$$

Tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây là :

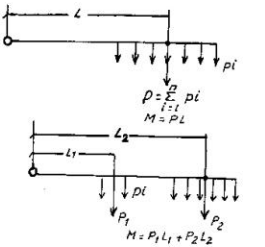
$$\Delta U = \int_0^L d(\Delta U) = \int_{(0)}^{L} \frac{r_0 p_0}{U_{dm}} l\,dl = \frac{p_0 L \frac{r_0 L}{2}}{U_{dm}} = \frac{P \cdot R}{2U_{dm}}$$

Tương tự, khi phụ tải là q_0 ta sẽ có $\Delta U = \frac{QX}{2U_{dm}}$. Do vậy, với phụ tải S_0 phân bố đều $\left(S_0 = \frac{S}{L}\right)$ thì tổn thất điện áp là :

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{2U_{dm}} \quad (6\text{-}52)$$

Từ đây ta nhận xét tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải phân bố đều sẽ bằng một nửa tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải tập trung ở cuối đường dây.

b) Nếu trên đường dây chỉ có những đoạn mà phụ tải phân bố đều (hình 6-18). Khi đó, ta có thể coi các phụ tải phân bố đều tương đương với một phụ tải tập trung đặt tại điểm giữa của các đoạn có phụ tải phân đều và có trị số bằng tổng các phụ tải tập trung.



Hình 6-18

Ví dụ 6-10. Hãy xác định tổn thất điện áp ở đường dây 3 pha trên không. Dây dẫn nhôm có tiết diện 10mm^2, U_{dm} = 380 V. Trên đường dây có các phụ tải tập trung lần lượt là 10; 5 và 2,5 KW, khoảng cách các phụ tải này đến nguồn cung cấp lần lượt là 50, 80 và 120 m, biết cosφ = 0,8

Bài giải :

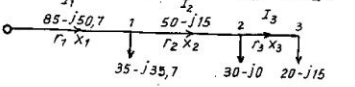
Tra sổ tay, với tiết diện đã cho ta có : r_0 = 3,14 Ω/km và x_0 = 0,4Ω/km. Áp dụng công thức (4-48) :

$$\Delta U\% = \frac{10^5}{U_{dm}^2 \cos\varphi_{tb}} (r_0 \cos\varphi_{tb} + x_0 \sin\varphi_{tb}) \sum_{i=1}^{n} p_i L_i$$

$$\Delta U\% = \frac{10^5}{380^2 . 0,8} (3,14 . 0,8 + 0,4 . 0,6) . (10.0,05 + 5.0,08 + 2,5.0,12)$$

$\Delta U\%$ = 2,13%.

Ví dụ 6-11. Tính tổn thất điện áp đường dây trên không ba pha có U_{dm} = 380 V; chiều dài, tiết diện và phụ tải cho trên hình 6.19a. Dây dẫn bằng nhôm, đặt cách nhau giữa các pha là 400 mm.



Hình 6-19

Bài giải :

Xác định thành phần tác dụng và phản kháng của dòng điện các hộ tiêu thụ. Ta có :

$$i_a = i\cos\varphi;\ i_r = i\sin\varphi$$

Vậy $i_{a1} = 50.\cos45^0 = 35A$; $i_{r_1} = 50.\sin45^0 = 35A$

$i_{a2} = 30\ \cos0^0 = 30A$; $i_{r_2} = 30\ \sin0^0 = 0\ A$

$i_{a3} = 25\ \cos37^0 = 20A$; $i_{r_3} = 25.\sin37^0 = 15A$.

Do vậy : $i_1 = 35 - j35$; $i_2 = 30 - j0$; $i_3 = 20 - j15$

Ta xác định được công suất chạy trên đường dây (hình 6.19b)

$I_3 = 20 - j15$; $I_2 = 50 - j15$, $I_1 = 85 - j50$

Tra sổ tay tra cứu ta có :

A – 95 có $r_0 = 0,33\Omega/km$; $x_0 = 0,274\Omega/km$

A – 50 có $r_0 = 0,63\Omega/km$; $x_0 = 0,297\Omega/km$

A – 35 có $r_0 = 0,91\Omega/km$; $x_0 = 0,308\Omega/km$.

Áp dụng công thức (6-43) :

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_{i=1}^{n} (I_{ai}\, r_i + I_{ri}\, x_i)$$

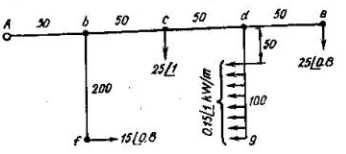
$$\Delta U = \sqrt{3}\ [(85.0,33 + 50.0,274)\ 0,25 + (50.0,63 + 15.0,279)\ 0,2 +$$
$$+ (20,0.0,91 + 15.0,308)\ 0,1] = \sqrt{3}.\ 19,92 = 34,5V$$

$$\Delta U\% = \frac{34,5}{380}\ 100 = 9,1\%$$

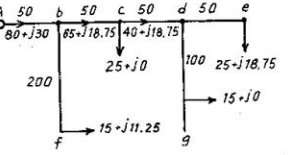
Ví dụ : 6-12. Một đường dây bằng nhôm dẫn điện ba pha cung cấp cho một số hộ tiêu thụ. Đường dây đi trên các cột gỗ được cố định bằng sứ cách điện cách nhau 600 mm. Hình 6.20a cho sơ đồ đường dây, chiều dài tính bằng m, phụ tải [KW] [KVAR] và hệ số công suất cho trên hình. Đường dây chính Ae có cùng một tiết diện trên suốt chiều dài và là dây A – 50 (có $r_0 = 0,63\Omega/km$; $x_0 = 0,325\Omega/km$; đường dây bf là loại A – 16 (có $r_0 = 1,96\Omega/km$; $x_0 = 0,385\Omega/km$; còn đường dây dg có phụ tải phân bố đều từ đoạn cách d như hình vẽ 6-20 và là dây A – 25 (có $r_0 = 1,27\Omega/km$; $x_0 = 0,345\Omega/km$).

Hãy tìm tổn thất điện áp trên lưới điện.

Bài giải : Ta tìm được công suất chạy trên đường dây như hình 6-20b.



Hình 6-20a



Hình 6-20b

Tổn thất điện điện áp trên đường dây Ae là :

$$\Delta V_{Ae} = \frac{1}{U_{đm}} \sum_{i=1}^{n} (P_i r_i + Q_i x_i)$$

$$\Delta V_{Ae} = \frac{[(80.50.0,63) + (65.50.0,63) + (40.50.0,63) + (25.50.0,63)}{U_{đm} = 380V} +$$

$$+ \frac{(30.50.0,325) + (18,75.50.0,325) + (18,75.50.0,325) + (18,75.50.0,325)]}{380} =$$

$$\Delta V_{Ae} = \frac{[80 + 66 + 40 + 25).50.0,63 + (30 + 18,75 + 18,75 + 18,75).50.0,325]}{380} =$$

$\Delta V_{Ae} = 21V$:

Tổn thất điện áp đến điểm f là :

$$\Delta V_{Af} = \frac{15.200.1,96 + 80.50.0,63 + 11,25.200.0,358 + 30.50.0,325}{380} = 24,3V$$

Khi tính tổn thất điện áp đến điểm g ta cần lưu ý : phụ tải phân bố đều trên một đoạn đường dây của dg sẽ được xem như chỉ có một phụ tải tập trung ở điểm giữa của đoạn đường dây có phụ tải phân bố đều này.

$$\Delta VA_g = \frac{(80 + 65 + 40)50.0,63 + 15.100.1,27 + (30.50.0,325 + 2.18,75.50.0,325)}{380}$$

$\Delta VA_g = 23$ V

Như vậy rõ ràng tổn thất điện áp lớn nhất là ở đoạn : $\Delta VA_f = 24,3$ V

Tính theo phần trăm : $\Delta V_{max} = \frac{24,3}{380} . 100 = 6,4\%$.

6.3.8. Mạng chiếu sáng :

Nếu trên đường dây trang bị các đèn chiếu sáng loại dây tóc ($\cos\varphi = 1$) thì đường dây này được coi là đường dây bỏ qua điện kháng. Tổn thất điện áp sẽ tính theo công thức :

$$\Delta U\% = \frac{100}{1000 U_{đm}^2} r_0 \sum_{i=1}^{n} p_i L_i \qquad (6\text{-}53)$$

Nếu ta thay : $r_0 = \frac{1}{\gamma F}$ với $\gamma = \frac{1}{\rho}$ – điện dẫn suất của vật liệu làm dây dẫn

$\gamma_{Cu} = 53$; $\gamma_{Al} = 32$

- F tiết diện của dây dẫn, mm^2

- $\sum_{i=1}^{n} p_i L_i = M$ – Gọi là momen phụ tải KWm

- $U_{đm}$ – điện áp dây định mức của mạng, tính V thì công thức trên (6-53) có thể viết là :

$$\Delta U\% = \frac{100}{1000 \cdot \frac{U_{đm}^2}{(1000)^2}} \cdot \frac{M}{\gamma \cdot F}$$

$$\text{do đó : } \Delta U\% = \frac{10^5 M}{\gamma U_{đm}^2 \cdot F} \qquad (6\text{-}54)$$

Nếu ta đặt $C = \frac{\gamma . U_{đm}^2}{10^5}$ và $\Delta U\% = [\Delta U\%]$ cho phép (đối với mạng chiếu sáng ta lấy tổn thất điện áp cho phép $[\Delta U\%] = 2{,}5\%$), thì từ (6-54) ta tính được tiết diện dây thỏa mãn điều kiện tổn thất cho phép là :

$$F = \frac{M}{C[\Delta U\%]} [mm^2] \quad (6\text{-}55).$$ Hệ số C có thể lấy các giá trị ứng với bảng 6-2.

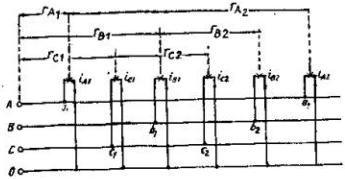
Bảng 6-2

Điện áp định mức của lưới, [V]	Kết cấu của lưới	Công thức tính hệ số C	Hệ số C khi dây dẫn	
			đồng	nhôm
380/220 220/127	Ba pha + Giây trung tính	$\frac{\gamma U_{đm\ dây}^2}{100.1000}$	77 25,6	46 15,5
380/220 220/127	Hai pha có dây trung tính	$\frac{\gamma U_{đm\ dây}^2}{2{,}25.100.1000}$	34 11,4	30 6,9
220 127	Hai dây xoay chiều hoặc một chiều	$\frac{\gamma U_{đm\ dây}^2}{2.100.1000}$	12,8 4,3	7,7 2,6

* *Đường dây 3 pha có dây trung tính với phụ tải các pha không đối xứng.*

Nếu ta ký hiệu sau : i_A, i_B, i_C – dòng điện phụ tải của các hộ dùng điện nối giữa các pha tương ứng A, B, C với dây trung tính.

- I_A, I_B, I_C – dòng điện tổng của các pha A, B, C trên những đoạn xét.
- ΔU_{A-o}; ΔU_{B-o}; ΔU_{C-o} – các tổn thất điện áp trong các mạch tạo bởi mỗi pha (A, B, C) với dây trung tính.



Hình 6-21

• r_{A1}, r_{A2}, I_{A1}, I_{A2}, S_{A1}, S_{A2} – là các điện trở, chiều dài và tiết diện của các đoạn 1, 2, 3... của pha A, và ta cũng có những định nghĩa tương tự của pha B và pha C. (Đối với dây dẫn trung tính ta có : r_{01}, l_{01}, S_{01}...

Để đơn giản, ta chỉ nghiên cứu phụ tải thuần trở $\cos\varphi = 1$

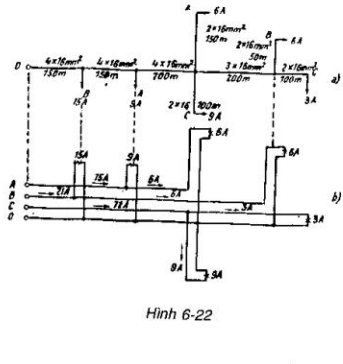
Tổn thất điện áp trên mỗi pha là :

$$\left.\begin{aligned}
\Delta U_{A-o} &= \Sigma I_A \,.\, r_A + \Sigma r_0 \left(I_A - \frac{I_B + I_C}{2}\right) \\
\Delta U_{B-o} &= \Sigma I_B \,.\, r_B + \Sigma r_o \left(I_B - \frac{I_A + I_C}{2}\right) \\
\Delta U_{C-o} &= \Sigma I_C \, r_C + \Sigma r_0 \left(I_C - \frac{I_B + I_C}{2}\right)
\end{aligned}\right\} \quad 6\text{-}56\ (a)$$

Hay :

$$\left.\begin{aligned}
\Delta U_{A-o} &= \Sigma \frac{I_A l_A}{\gamma \,.\, s_A} + \Sigma \frac{l_0}{\gamma \,.\, s_0}\left(I_A - \frac{I_B + I_C}{2}\right) \\
\Delta U_{B-o} &= \Sigma \frac{I_B \,.\, l_B}{\gamma \,.\, s_B} + \Sigma \frac{l_0}{\gamma s_0}\left(I_B - \frac{I_A + I_C}{2}\right) \\
\Delta U_{C-o} &= \Sigma \frac{I_C \,.\, l_C}{\gamma \,.\, s_0} + \Sigma \frac{l_o}{\gamma s_0}\left(I_C - \frac{I_B + I_A}{2}\right)
\end{aligned}\right\} \quad 6\text{-}56\ (b)$$

Ví dụ 6-13 : Tính toán tổn thất điện áp lớn nhất trong lưới điện đường dây trên không như hình 6-22. Dây dẫn bằng nhôm A-16, $\cos\varphi = 1$ đối với tất cả các phụ tải. Điện áp lưới điện là 380/220 V.



Hình 6-22

Bài giải : Từ sơ đồ lưới điện ở hình 6-22a, ta sẽ tính được dòng điện chạy trên các pha như hình 6-22b.

$$\Delta U_{A-O} = \left[15\,\frac{150+150}{32\,.\,16} + 6\,\frac{200+150}{32\,.\,16}\right] + \left[\frac{150}{32\,.\,16}\cdot\left(6 - \frac{0+0}{2}\right) + \frac{200}{32\,.\,16}\left(6 - \frac{12+6}{2}\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{150}{32\,.\,16}\left(15 - \frac{12+6}{2}\right) + \frac{150}{32\,.\,16}\left(15 - \frac{21+12}{2}\right)\right] = \frac{75\,75}{32\,.\,16} = 14{,}8\text{V}$$

$$\Delta U_{B-O} = \frac{1}{32\,.\,16}\left\{[21\,.\,150 + 6\,(150+200+200+50)] + \left[50\left(6 - \frac{0+0}{2}\right) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + 200\left(6 - \frac{0+3}{2}\right) + 200\left(6 - \frac{12+6}{2}\right) + 150\left(6 - \frac{12+15}{2}\right) + 150\left(21 - \frac{15+12}{2}\right)\right]\right\}$$

$$\Delta U_{B-O} = \frac{7350}{32\,.\,16} = 14{,}4\ \text{V}$$

$$\Delta U_{C-O} = \frac{1}{32 \cdot 16}\left\{ [12\,(150 + 150 + 200) + 3\,(200 + 100)] + \left[100\left(3 - \frac{0+0}{2}\right)\right.\right.$$

$$\left.\left. + 200\left(3 - \frac{6+0}{2}\right) + 200\left(12 - \frac{6+6}{2}\right) + 150\left(12 - \frac{6+15}{2}\right) + 150\left(12 - \frac{15+21}{2}\right)\right]\right\}$$

$\Delta U_{C-O} = 15{,}1V$

Rõ ràng tổn thất điện áp trong pha C – O là lớn nhất và tính theo phần trăm sẽ là

$$\frac{15{,}1}{220} \cdot 100 = 6{,}86\%.$$

6.3.9. Tổn thất điện áp ở đường dây trên không với dây dẫn bằng thép.

Khi đường dây trên không có chiều dài bé, dòng điện chạy trên đường dây này nhỏ, thì người ta sử dụng dây dẫn bằng thép thay vì dùng đồng hay nhôm để tiết kiệm kim loại màu.

Dây dẫn bằng thép có sức bền cơ khí cao, cho phép thực hiện khoảng cách giữa các cột lớn hơn.

Chúng ta biết : giá trị của điện cảm kháng trên 1 km là x_0. Giá trị này gồm có hai phần :

$$x0 = x_0' + x_0'' \text{ với } \begin{cases} x_0' = f(R, D_{tb}) \\ x_0'' = f(\mu.) \end{cases}$$

x_0' là điện kháng ngoài; x_0'' là điện kháng trong. Trên thực tế, đối với kim loại màu như đồng và nhôm có $\mu = 1$ nên x_0'' rất bé, trong phép tính gần đúng ta có thể lấy giá trị x_0' mà bỏ qua x_0''. Song đối với dây thép thì x_0'' khá lớn, nên khi tính toán mạng điện dùng dây thép ta không được bỏ qua x_0''.

Khi đó, tổn thất điện áp ở đường dây ba pha bằng dây thép sẽ được tính như sau :

$$\Delta U = \sqrt{3}[\Sigma I \cdot r_0 \cdot l\cos\varphi + \Sigma I\,(x_0' + x_0'')\, l\sin\varphi], [V] \qquad (6\text{-}57)$$

Ở đây : r_0 – điện trở của một km dây dẫn, [Ω/km]

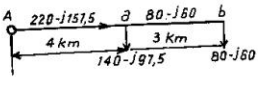
$x_0' - x_0''$ điện kháng ngoài và điện kháng trong của một km dây dẫn, [Ω/km]

l – chiều dài của dây dẫn, [km]

Các giá trị r_0, x_0' và x_0'' cho ở các bảng trong sổ tay tra cứu.

Ví dụ 6-14

Hãy kiểm tra xem tổn thất điện áp của loại dây dẫn bằng thép có tiết diện 70 mm^2 của đường dây ba pha, 6 KV với sơ đồ cung cấp như hình 6-23 có đạt không. Phụ tải tính bằng KW và KVAR, chiều dài tính bằng km. Tổn thất điện áp cho phép là 8%. Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn là 1000 mm. Dây dẫn có cùng tiết diện trên toàn bộ chiều dài đường dây.



Hình 6-23

Bài giải : Hệ số công suất trên các đoạn đường dây ab và Aa :

$$tg\varphi_{ab} = \frac{60}{80} = 0{,}75;\ \cos\varphi_{ab} = 0{,}8;\ \sin\varphi_{ab} = 0{,}6$$

$$tg\varphi_{Aa} = \frac{157,5}{220} = 0,716; \cos\varphi_{Aa} = 0,81;\ \sin\varphi_{Aa} = 0,58$$

Xác định dòng điện trên đường dây :

$$I_{ab} = \frac{80}{\sqrt{3}\ .\ 6\ .\ 0,8} = 9,63A.$$

$$I_{Aa} = \frac{220}{\sqrt{3}\ .\ 6\ .\ 0,81} = 26,2A.$$

Theo đầu bài, yêu cầu kiểm tra xem tổn thất điện áp của loại dây dẫn thép nhiều sợi có tiết diện 70 mm^2 có bé hơn cho phép là 8% hay không. Muốn vậy :

ta tra sổ tay tra cứu :

– ở 26,2A với tiết diện dây 70 mm^2 bằng thép cho ta :

$r_0 = 1,75\ \Omega/km;\ x_0^{'} = 0,28\ \Omega/km;\ x_0^{''} = 0,325\Omega/km$

– Ở 9,3 A với tiết diện dây 70 mm^2 bằng thép cho ta :

$r_0 = 1,7\ \Omega/km;\ x_0^{'} = 0,21\ \Omega/km;\ x_0^{''} = 0,325\Omega/km$

Vậy :

$$\Delta U_{Ab} = \sqrt{3}\ [\ 26,2\ .\ 0,81\ .\ 1,75\ .\ 4 + 26,2\ .\ 0,58\ (0,325 + 0,28)\ 4 + 9,63\ .\ 0,8\ .\ 1,7\ .\ 3 +$$
$$+\ 9,63.0,6\ (0,325 + 0,21)\ 3] = \sqrt{3}\ .\ 233,5 = \Delta U_{Ab} = 403V.$$

Mặt khác, tổn thất điện áp cho phép là :

$$[\Delta U] = \frac{8\ .\ 6000}{100} = 480V$$

Rõ ràng dây thép có tiết diện 70 mm^2 có tổn thất điện áp nằm trong phạm vi cho phép.

6.3.10 Tổn thất điện áp trong máy biến áp :

Tương tự như trường hợp tính tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải tập trung, tổn thất điện áp trong máy biến áp là :

$$\Delta U_T\% = \frac{PR + QX}{U_{dm}^2} \cdot \frac{100}{1000} \qquad (6\text{-}58)$$

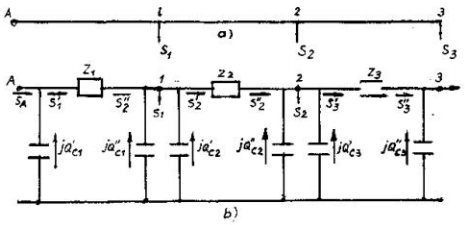
Ở đây : P, Q – công suất tác dụng và phản kháng do máy biến áp truyền tải, [KW]; [KVAR].

R, X – điện trở và điện kháng của máy biến áp, [Ω], muốn quy đổi tổn thất điện áp về cấp điện áp nào thì R và X phải quy đổi về cấp điện áp ấy.

6.4. Tính toán chế độ mạng điện hở khu vực

Nhiệm vụ của tính toán chế độ mạng điện là xác định các thông số của chế độ làm việc, chủ yếu là xác định dòng và áp tại mọi điểm nút của mạng điện. Việc xác định các thông số này rất cần thiết khi thiết kế, vận hành và điều khiển hệ thống điện.

Xét mạng điện hở có một số phụ tải như hình 6-24a. Sơ đồ thay thế của mạng điện sẽ thực hiện bằng cách ghép nối tiếp sơ đồ thay thế từng đoạn đường dây và tại chỗ ghép đặt các phụ tải (hình 6-24b).



Hình 6-24

Trước hết, xét trường hợp đơn giản là ta biết điện áp tại điểm cuối. Khi đó, căn cứ vào điện áp và công suất ở điểm cuối ta hãy tính ngược trở về nguồn thì ta sẽ xác định được các thông số cần thiết tại mọi điểm nút của mạng điện. Cụ thể ở đây : Cho công suất cuối đường dây 3 :

$$\overset{\bullet}{S}''_2 = \overset{\bullet}{S}_3 - jQ''_{c3} = P''_3 + jQ''_3$$

Tổn thất công suất trên đường dây 3 : (công thức 6-18)

$$\overset{\bullet}{\Delta S}_3 = \frac{(P''_3)^2 + (Q''_3)^2}{U_3^2}(R + jX_3)$$

Tổn thất điện áp trên đường dây 3 (công thức 6-38b)

$$\overset{\bullet}{\Delta U}_3 = \frac{P''_3R_3 + Q''_3 . X_3}{U_3} + j\frac{P''_3X_3 - Q''_3R_3}{U_3}$$

Công suất $\overset{\bullet}{S}'_3 = \overset{\bullet}{S}''_3 + \overset{\bullet}{\Delta S}_3 = P'_3 + jQ'_3$

Điện áp đầu đường dây 3 (điện áp điểm 2)

$$\overset{\bullet}{U}_2 = \overset{\bullet}{U}_3 + \overset{\bullet}{\Delta U}_3$$

Về giá trị, ta có thể lấy gần đúng (đối với đường dây ≤ 110 KV)

$$U_2 = U_3 + \Delta U_3$$

Công suất $\overset{\bullet}{S}''_2 = \overset{\bullet}{S}_3 - jQ'_{c3} + S_2 - jQ''_{c2} = P''_2 + jQ''_2$

Tổn thất công suất trên đường dây 2 :

$$\dot{\Delta S}_2 = \frac{(P''_2)^2+(Q''_2)^2}{U_2^2}(R_2 + jX_2)$$

Tổn thất điện áp trên đường dây 2 :

$$\dot{\Delta U}_2 = \frac{P''_2R_2 + Q''_2 \cdot X_2}{U_2} + j\frac{P''_2X_2 - Q''_2R_2}{U_2}$$

Công suất $\dot{S}'_2 = \dot{S}''_2 + \dot{\Delta S}_2 = P'_2 + jQ'_2$

Điện áp tại điểm 1 :

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \dot{\Delta U}_2$$

Về giá trị, ta có thể lấy gần đúng

$$U_1 = U_2 + \Delta U_2$$

Công suất $\dot{S}''_1 = \dot{S}'_2 - jQ'_{c2} + S_1 - jQ''_{c1} = P''_1 + jQ''_1$

Tổn thất công suất trên đường dây 1 :

$$\dot{\Delta S}_1 = \frac{(P''_1)^2+(Q''_1)^2}{U_1^2}(R_1 + jX_1)$$

Tổn thất điện áp trên đường dây 1 :

$$\dot{\Delta U}_1 = \frac{P''_1R_1 + Q''_1X_1}{U_1} + j\frac{P''_1X_1 - Q''_1R_1}{U_1}$$

Công suất $\dot{S}'_1 = \dot{S}''_1 + \dot{\Delta S}_1$

Công suất nguồn A cần cung cấp cho mạng

$$\dot{S}_A = \dot{S}'_1 - jQ'_{c1} = P_A + jQ_A$$

Điện áp tại A : $\dot{U}_A = \dot{U}_1 + \dot{\Delta U}_1$

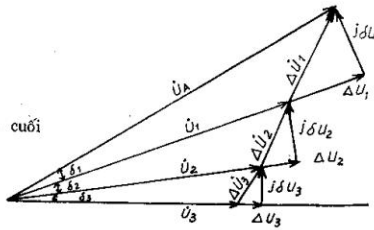
Về trị số, một cách gần đúng ta có :

$$U_A = U_1 + \Delta U_1$$

Góc lệch pha giữa điện áp đầu và cuối mạng điện.

$$\delta A_3 = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = \sum_{i=1}^{n} \delta i$$

Ở đây δ_1, δ_2, δ_3 – góc lệch pha giữa điện áp đầu và cuối các đường dây 1, 2, 3 (hình 6-25) và :



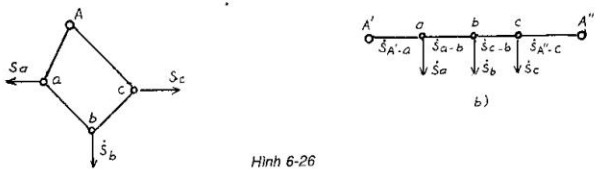
Hình 6-25

$$tg\delta i = \frac{\delta U_1}{U_i + \Delta U_i}$$ xem hình 6-25

Trên đây là ta căn cứ điện áp và công suất tại điểm cuối tính ngược trở về nguồn. Song ta cũng có thể tiến hành tính toán ngược lại tức là cho biết điện áp nguồn U_A ta hãy xác định điện áp tại các điểm khác và điện áp ở cuối U_3. Trường hợp này ta dùng phương pháp "dần đúng liên tiếp", với lúc đầu ta lấy điện áp trên mọi điểm bằng điện áp định mức $U_1 = U_2 = U_3 = U_{dm}$. Sau đó, căn cứ vào các phụ tải đã biết và trị số điện áp định mức ta tính ngược lại để tìm công suất đầu nguồn. Từ đây, ta chuyển sang bước lặp thứ hai xuất phát từ công suất và điện áp đầu nguồn A ta xác định điện áp tại các điểm cần thiết...

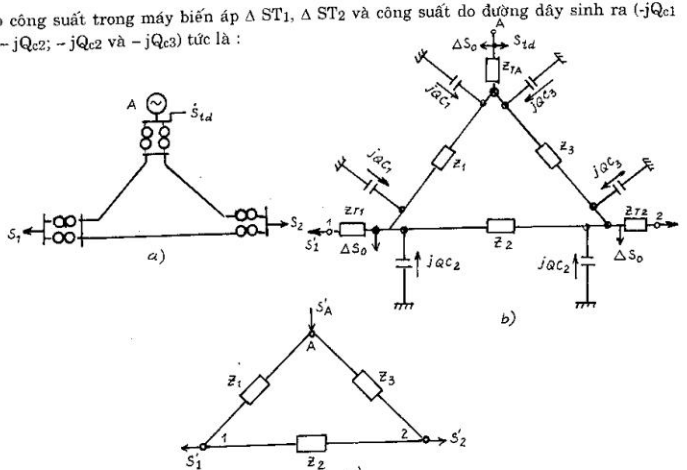
6.5. Tính toán chế độ mạng điện kín đơn giản

Mạng điện kín đơn giản nhất là mạng điện chỉ có một mạch vòng hình 6-26a hoặc đường dây có hai đầu cung cấp điện (hình 6-26b).



Hình 6-26

Ta hãy xét mạng điện kín có hai phụ tải và một nguồn cung cấp (hình 6-27a), sơ đồ thay thế của nó có hình 6-27b và sơ đồ đã được đơn giản sau khi quy đổi phụ tải về các nút của mạch vòng : có hình 6-27c. Phụ tải tính toán này ký hiệu S'_1, S'_2 là những đại lượng bao gồm phụ tải thực tế $\dot{S}_1$, $\dot{S}_2$ là những đại lượng bao gồm phụ tải thực tế $\dot{S}_1$, $\dot{S}_2$ tổn hao công suất trong máy biến áp ΔST_1, ΔST_2 và công suất do đường dây sinh ra ($-jQ_{c1}$ và $-jQ_{c2}$; $-jQ_{c2}$ và $-jQ_{c3}$) tức là :



Hình 6-27

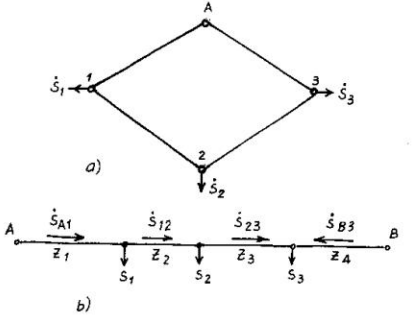
$\dot{S}'_1 = \dot{S}_1 + \Delta\dot{S}_{T1} - jQ_{c1} - jQ_{c2}$ (6-59) $\dot{S}'_2 = \dot{S}_2 + \Delta\dot{S}_{T2} - jQ_{c2} - jQ_{c3}$ (6-60)

Công suất tính toán nhà máy điện là công suất phát ra của nhà máy điện đã trừ đi công suất tự dùng và tổn thất công suất trong máy biến áp và đồng thời ta được công suất do đường dây sinh ra; tức là :

$$S'_A = S_A - S_{td} - \Delta S_T + jQ_{c1} + jQ_{c3} \quad (6\text{-}61)$$

Muốn tìm chế độ mạng điện kín, ta phải dùng phương pháp dần đúng liên tiếp. Ở phương pháp này, bước một xác định gần đúng phân bố dòng trong mạng điện với giả thiết điện áp lấy bằng trị số định mức tại mọi điểm, và bỏ qua tổn thất công suất tại đường dây. Bước thứ hai ta xác định một cách chính xác hơn công suất và điện áp tại các điểm nút của mạng điện.

Nếu ta giả thiết điện áp hai đầu được cung cấp bằng nhau cả về trị số và góc pha, theo định luật Kirchhoff II, ta viết được phương trình cân bằng điện áp sau đây : đối với hình 6-28.



Hình 6.28

$$\frac{\widehat{S'_{A1}}}{\sqrt{3}U_{dm}} z_1 + \frac{\widehat{S_{12}}}{\sqrt{3}U_{dm}} \cdot z_2 + \frac{\widehat{S_{23}}}{\sqrt{3}U_{dm}} \cdot z_3 - \frac{\widehat{S''_{A3}}}{\sqrt{3}U_{dm}} \cdot z_4 = 0 \quad (6\text{-}62)$$

hay là :

$$\dot{S}'_{A1}\hat{z}_1 + \dot{S}_{12}\hat{z}_2 + \dot{S}_{23}\hat{z}_3 - \dot{S}_{A''3}\hat{z}_4 = 0 \quad (6\text{-}63)$$

Nếu không kể đến tổn thất công suất ta có : $S_{A'1} + S_{A''3} = S_1 + S_2 + S_3$

Do đó :

$$\dot{S}_{A'1} = \dot{S}_1 + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 - \dot{S}_{A''2}$$

Theo định luật Kirchhoff 1, ta viết được cân bằng dòng tại nút 1 và 2 là :

$$\dot{S}_{A'1} = \dot{S}_1 + \dot{S}_{12} \rightarrow \dot{S}_{12} = \dot{S}_{A'1} - \dot{S}_1$$

$$\dot{S}_{12} = \dot{S}_2 + \dot{S}_{23}$$

$$\dot{S}_{A'1} - \dot{S}_1 = \dot{S}_2 + \dot{S}_{23}$$

Do đó $$\dot{S}_{23} = \dot{S}'_{A1} - \dot{S}_1 - \dot{S}_2$$

Thay những đối tượng này vào phương trình cân bằng điện áp, ta nhận được

$$\dot{S}_{A'1}\hat{Z}_1 + (\dot{S}'_{A1} - \dot{S}_1)\hat{Z}_2 + (\dot{S}'_{A1} - \dot{S}_1 - \dot{S}_2)\hat{Z}_3 + (\dot{S}'_{A1} - \dot{S}_1 - \dot{S}_2 - \dot{S}_3)\hat{Z}_4 = 0$$

$$\dot{S}_{A1}(\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4) - \dot{S}_1(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4) - \dot{S}_2(\hat{Z}_3 + \hat{Z}_4) - \dot{S}_3\hat{Z}_4 = 0$$

Nếu ta gọi :

$Z_{iA"}$ – tổng trở mạng điện kể từ phụ tải i đến nguồn A"
$Z_{iA'}$ – tổng trở mạng điện kể từ phụ tải i đến nguồn A'
$Z_{A'A"}$ – tổng trở toàn mạng kín

Như vậy ta có :

$$\dot{S}'_{A1}(\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4) = \dot{S}_1\underbrace{(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4)}_{\hat{Z}_{1A"}} + \dot{S}_2\underbrace{(\hat{Z}_3 + \hat{Z}_4)}_{\hat{Z}_{2A"}} + \dot{S}_3\underbrace{\hat{Z}_4}_{\hat{Z}_{3A"}}$$

$$\dot{S}'_{A1} = \dot{S}'_A = \frac{\dot{S}_1\hat{Z}_{1A"} + \dot{S}_2\hat{Z}_{2A"} + \dot{S}_3\hat{Z}_{3A"}}{\hat{Z}_{A'A"}}$$

Tương tự ta có

$$\dot{S}_{A"3} = \dot{S}_{A"} = \frac{\dot{S}_1\hat{Z}_{1A'} + \dot{S}_2\hat{Z}_{2A} + \dot{S}_3\hat{Z}_{3A}}{\hat{Z}_{A'A"}}$$

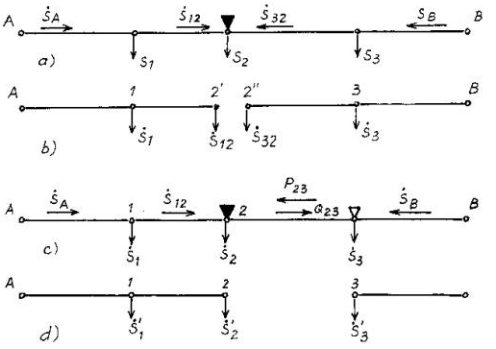
Một cách tổng quát trong mạng kín ta n phụ tải ta sẽ có :

$$\dot{S}_{A'} = \frac{\sum_{n=1}^{n}\dot{S}_i\hat{Z}_{iA"}}{\hat{Z}_{A'A"}} \qquad (6\text{-}64) \qquad\qquad \dot{S}_{A"} = \frac{\sum_{n=1}^{n}\dot{S}_i\hat{z}_{iA'}}{\hat{z}_{A'A"}} \qquad (6\text{-}65)$$

Ở đây, ta gọi nút nhận công suất đi đến từ hai phía là điểm phân bố công suất, ký hiệu ∇ (hình 3-29); đó là điểm có điện áp thấp nhất của mạng điện kín. Trong trường hợp tổng quát, điểm phân bố công suất tác dụng và phản kháng có thể không trùng nhau, khi đó ta dùng ký hiệu ▼ để chỉ điểm phân bố công suất tác dụng và dùng ký hiệu ∇ để chỉ điểm phân bố công suất phản kháng (hình 6-29a và b).

Đối với mạng điện kín có cùng tiết diện trên tất cả các đoạn thì phân bố công suất trong mạng chỉ phụ thuộc vào chiều dài :

$$\dot{S}_{A'} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\dot{S}_i(r_0 + jx_0)l_{iA"}}{(r_0 + jx_0)l_{A'A"}} \quad \text{và} \quad \dot{S}_{A"} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\dot{S}_i(r_0 + jx_0)l_{iA'}}{(r_0 + jx_0)l_{A'A"}}$$



Hình 6-29

Do đó :

$$S_{A'} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i\, l_{iA''}}{l_{A'A''}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i\, l_{iA''}}{l_{A'A''}} + j\,\frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i\, l_{iA''}}{l_{A'A''}} \qquad (6\text{-}66)$$

$$S_{A''} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i\, l_{iA}}{l_{A'A''}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i\, l_{iA'}}{l_{A'A''}} + j\,\frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i\, l_{iA'}}{l_{A'A''}} \qquad (6\text{-}67)$$

Hai công thức 6-66 và 6-67 được dùng trong giai đoạn thiết kế mạng điện khi chưa biết tiết diện dây dẫn điện.

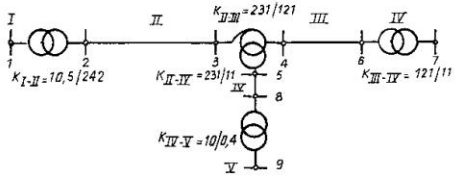
Sau đó, ta tiến hành tách mạng điện kín tại điểm phân công suất thành hai mạng hở độc lập nhau. Nếu điểm phân công suất tác dụng và phản kháng không trùng nhau thì tách lưới điện tại 2 điểm phân công suất.

Đến đây ta tiếp tục tính toán hai phần lưới điện tách ra giống như tính toán các lưới điện hở khu vực mà ta đã nghiên cứu ở 6-4.

6.6. Tính toán mạng điện có nhiều cấp điện áp.

Mạng điện thường bao gồm nhiều cấp điện áp khác nhau. Để tính toán lưới điện có nhiều cấp điện áp, tiện lợi hơn cả là qui các thông số của mạng điện về cùng một cấp điện áp nào đó tùy ý. Sau đó, ta tiến hành tính toán như phương pháp đã nêu đối với lưới điện có một cấp điện áp.

Hình 6-30 trình bày sơ đồ mạng điện có các cấp điện áp. Các cấp điện áp được đánh dấu theo số la mã từ I đến V, còn các nút được đánh dấu từ 1 đến 9. Để qui đổi các thông số của mạng điện về cùng một cấp điện áp, trước hết ta cần chọn cấp điện áp để qui đổi về, gọi là cấp điện áp cơ sở. Cấp điện áp cơ sở được lựa chọn tùy ý, ví dụ ở hình 6-30 ta chọn cấp điện áp II là cấp điện áp cơ sở.



Hình 6-30

Điện áp tại các nút ở cấp điện áp khác được qui về cấp cơ sở theo công thức :

$$\overset{o}{U}_i = U_i \,.\, \Pi\, k_T \qquad (6 - 70)$$

Ở đây :

$\overset{o}{U}_i$ – điện áp ở nút thứ i đã qui về cấp cơ sở

U_i – điện áp thực tại nút i

$\Pi\, k_T$ – tích các tỉ số biến áp của các máy biến áp nối giữa cấp cơ sở và cấp của nút thứ i

Ví dụ : nếu điện áp tại nút 1 là U_1 = 10,3 KV; thì trị số điện áp qui đổi về cấp điện áp cơ sở (nếu điện áp II) là :

$$\overset{o}{U}_1 = U_1\, k_{I-II} = 10,3\,\frac{242}{10,5} = 238KV$$

Tương tự, nếu trị số thực của điện áp tại nút 9 là U_9 = 0,38 KV thì trị số điện áp qui đổi bằng :

$$\overset{o}{U}_9 = U_9\, k_{IV-V} \,.\, k_{II-IV} = 0,38\,\frac{10}{0,4} \,.\, \frac{231}{11} = 199,5KV$$

Tổng trở các phần tử mạng điện qui về cấp điện áp cơ sở theo công thức :

$$\overset{o}{z}_{ij} = z_{ij}\,(\Pi\, k_T)^2 \qquad (6\text{-}71)$$

Ở đây : $\overset{o}{z}_{ij}$ – tổng trở phần tử nằm giữa nút i và j đã qui đổi về cấp điện áp cơ sở.

z_{ij} – tổng trở thực của phần tử nằm giữa nút i và j

$(\Pi\, k_T)^2$ – bình phương tích các tỉ số biến áp của các máy biến áp nằm giữa cấp cơ sở và cấp của phần tử z_{ij}.

Ví dụ : tổng trở nhánh giữa nút 4 và 6 (hình 6-30) qui đổi về cấp cơ sở bằng :

$$\overset{o}{z}_{46} = z_{46}\left(\frac{231}{121}\right)^2$$

Sau khi tính toán mạng điện trên sơ đồ đã qui đổi về cấp điện áp cơ sở, ta cần sử dụng các công thức trên để xác định các trị số thực. Ví dụ, nếu kết quả tính được trị số điện áp tại nút 7 là :

$\overset{o}{U}_7$ = 196,5KV, thì trị số thực của điện áp tại nút đó bằng :

$$U_7 = \frac{\overset{o}{U}_7}{\Pi k_T} = 196,5 \left(\frac{121}{231} \cdot \frac{11}{121}\right) \approx 9,4KV.$$

Ví dụ 6-15 : Mạng điện có ba cấp điện áp (hình 6-31). Máy biến áp T_1 có dung lượng 6300 KVA, $U_K\%$ = 7,5%, ΔP_K = 46,5 KW; máy biến áp T_2 có dung lượng 1000 KVA, $U_K\%$ = 5,5%, ΔP_K = 8,6 KW. Ta biết rằng điện áp tại thanh cái A là 36 KV. Hãy xác định điện áp tại thanh cái 2, 4 và 5.

Bài giải : Chọn cấp điện áp cơ sở là 35 KV

– Xác định các thông số của mạng điện. Tổng trở máy biến áp T_1 tính về phía 35 KV.

$$\overset{o}{z}_{T1} = z_{T1} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \cdot 10^3 + j \frac{U_K\% \, U_{dm}^2}{S_{dm}} \cdot 10 =$$

$$z_{T1} = \frac{46,5 \, (35)^2}{(6.300)^2} \cdot 10^3 + j \frac{7,5 \, (35)^2}{6.300} 10 = 1,45 + j14,5\Omega$$

– Tổng trở máy biến áp T_2 tính về phía 10 KV.

$$z_{T2} = \frac{8,6 \, . \, (10)^2}{(1000)^2} \cdot 10^3 + j \frac{5,5 \, (10)^2}{1000} \cdot 10 = 0,86 + j5,5\Omega$$

– Tính tổng trở đường dây : Tra sổ tay ta có đối với :

A – 95 có z_0 = 0,33 + j0,357Ω/km

A – 70 có z_0 = 0,45 + j0,341Ω/km.

Cáp nhôm AC БГ– 70 có $z_0 \approx$ 0,45 + j0Ω/km,

Do vậy

z_{A1} = (0,33 + j0,357)5 = 1,65 + 1,94Ω

z_{23} = (0,45 + j0,341) . 2 = 0,90 + j0,68Ω.

z_{45} = (0,45 + j0,0) 0,2 = 0,9Ω

Ta hãy qui đổi các thông số đã tính trên về cấp điện áp 35 KV :

$$\overset{o}{z}_{12} = (0,86 + j5,5) \left(\frac{38,5}{11}\right)^2 = 10,5 + j67,3\Omega$$

$$\overset{o}{z}_{23} = (0,9 + j0,68) \left(\frac{38,5}{11}\right)^2 = 11 + j8,3\Omega$$

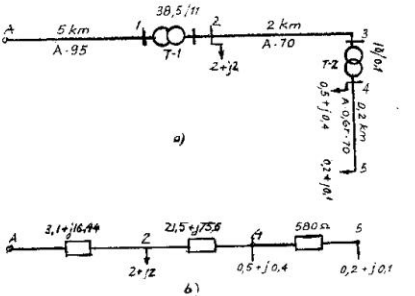
$$\overset{o}{z}_{45} = (0,09) \left(\frac{10}{4} \cdot \frac{38,5}{11}\right)^2 = 680\Omega$$

Cuối cùng ta có sơ đồ như sau (hình 6-31b)

$$\overset{o}{z}_{A2} = \overset{o}{z}_{A-1} + \overset{o}{z}_{T1} = (1,65 + j1,94) + (1,45 + j14,5)$$

$$\overset{o}{z}_{A-2} = 3,1 + j16,44$$

$$\overset{o}{z}_{2-4} = \overset{o}{z}_{2-3} + \overset{o}{z}_{T2} = (11 + j8,3) + (10,5 + j67,3) = 21,5 + j75,6\ \Omega$$



Hình 6.31

Điện áp tại các điểm 2, 4, 5 đã qui về phía 35 KV xác định như sau :

$$\overset{o}{U}_2 = U_A - \Delta U_{A-2} = 38 - \frac{(0,2 + 0,5 + 2)(3,1) + (0,1 + 0,4 + 2)16,44}{35} = 36,6\ \text{KV}$$

$$\overset{o}{U}_4 = \overset{o}{U}_2 - \Delta \overset{o}{U}_{2-4} = 36,6 - \frac{(0,2 + 0,5)\,(21,5) + (0,1 + 0,4)\,(75,6)}{35} = 35,1\ \text{KV}$$

$$\overset{o}{U}_5 = \overset{o}{U}_4 - \Delta \overset{o}{U}_{4-5} = 35,1 - \frac{1,2 \cdot 680}{35} = 31,2\text{KV}$$

Vậy điện áp thật tại các điểm 2, 4, 5 sẽ là :

$$U_2 = \frac{\overset{o}{U}_2}{K_{T1}} = \frac{36,6}{38,5 : 11} = \frac{36,6 \cdot 11}{385} = 10,3\text{KV}$$

$$U_4 = \frac{\overset{o}{U}_4}{K_{T1} \cdot K_{T2}} = 35,1 \cdot \frac{11}{38,5} \cdot \frac{0,4}{10} = 0,360\text{KV}$$

6.7 Sử dụng đại số ma trận để xác định các thông số trạng thái làm việc của mạng điện

6.7.1. Khái quát

Việc xác định các thông số trạng thái làm việc như dòng trên các nhánh điện áp tại các nút dựa trên tổng trở các nhánh và các số liệu về nguồn và phụ tải còn được gọi là phép giải tích mạch điện.

Một trong những nhiệm vụ quan trọng khi thiết kế và vận hành mạng điện là tìm những phương pháp có hiệu quả để giải tích mạng điện phức tạp bao gồm nhiều nút, nhiều vòng kín. Với những thông tin ban đầu khác nhau ta có thể dựa trên cơ sở giải tích để xác định trạng thái tối ưu của mạng điện. Ở trường hợp này việc sử dụng đại số ma trận có hiệu quả rõ rệt. Đặc biệt khi bài toán được giải trên máy tính điện tử thì phương pháp đại số ma trận này càng chứng tỏ tính ưu việt vì có thuật toán đơn giản và sử dụng rộng rãi chương trình mẫu.

Chúng ta cũng cần lưu ý là về nguyên tắc, phương pháp ma trận không cung cấp cho ta một khả năng mới để giải bài toán mà chỉ cho ta cách biểu diễn, cách thực hiện các phép biến đổi cho gọn và thuận lợi.

Những khái niệm, định nghĩa và các phép tính về ma trận đã có những chuyên đề riêng, ở đây chỉ trình bày những nét khái quát về giải tích mạng điện nhờ phương trình ma trận điện thế nút, phương trình ma trận mạch vòng và vài áp dụng đối với mạng điện cụ thể.

6.7.2. Những khái niệm cơ bản về "graphe"

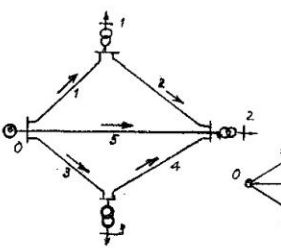
Khi sử dụng đại số ma trận để giải tích mạng điện ta thường biểu diễn sơ đồ nối dây của mạng điện dưới dạng ký đồ "graphe".

"Graphe" là một tập hợp gồm các nút và các nhánh. Khi các nút nối liên thông với nhau, ta có graphe liên thông.

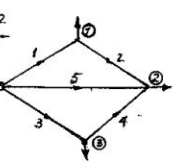
Sơ đồ mạng điện trên hình 6-32a có thể biểu diễn bằng dạng ký đồ "graphe" (hình 6-32b). Đây là một "graphe" có hướng theo chiều dòng điện.

Vòng của "graphe" là đường kín đi từ một nút qua các nhánh không trùng tên và trở về vị trí cũ.

Cây của "graphe" là tập hợp tất cả các nút (đỉnh) có các nhánh (cành) liên thông mà không tạo thành vòng kín.



Hình 6-32a



Hình 6-32b

Một cây được xác định ngay khi mà ta nối tất cả các nút của mạng bằng sự liên tiếp của một số đường gấp khúc mà không tạo nên một mạch đóng kín hay mắc lưới ở bên trong ký đồ "graphe".

Rõ ràng là : nếu số lượng của nút hay đỉnh của một lưới là s thì số lượng của các cành mà chúng nối đến các đỉnh này với nhau sẽ là :

$$b_c = s - 1$$

Vậy "graphe" liên thông có *s* đỉnh thì cây của graphe sẽ có *s - 1* cành. (Định lý 1)

Tổng *s - 1* mối liên hệ này được gọi là các cành của cây. Những cành còn lại được gọi là những khâu hoặc những cành liên kết hay còn được gọi là các cành "bù cây" của graphe.

Số lượng khâu (hay cành bù cây) của "graphe" cho bởi quan hệ sau :

$$m = b - b_c = b - (s - 1) = b - s + 1$$

Ở đây b – số lượng tổng các cành của lưới.

Vậy : Ký đồ "graphe" có b cành, s đỉnh, thì bù cây của graphe sẽ có số cành (hoặc số khâu của "graphe") là :

$$m = b - s + 1 \qquad \text{(Định lý 2)}$$

Vì mạch vòng kín được tạo thành bởi số cành của một cây nào đó và một cành liên kết (hay cành bù cây hoặc một khâu). Do vậy mỗi một khâu hay mỗi cành bù cây sẽ lập được mạch vòng độc lập.

Một ký đồ "graphe" có *s* đỉnh, *b* cành thì ta sẽ lập được $m = b - s + 1$ mạch vòng độc lập. Nói một cách khác : nếu ký đồ graphe có *m* khâu thì sẽ có *m* mạch vòng độc lập. Đó chính là cơ sở để xác định số phương trình độc lập theo định luật Kirchhoff II.

6.7.3. Các định nghĩa về ma trận trong mạng điện

1. Ma trận điện áp nhánh, còn được gọi là ma trận điện áp cành [U], ([1]) là ma trận cột, có số phần tử bằng số cành *b* của sơ đồ.

2. Ma trận dòng điện cành [I] cũng là ma trận cột gồm có *b* phần tử (cành) biểu thị giá trị dòng điện đi trên các cành.

3. Ma trận sức điện động cành [E] cũng là ma trận cột gồm có *b* phần tử (cành) biểu thị giá trị sức điện động nối tiếp trong các cành.

4. Ma trận nguồn dòng [J] là ma trận cột gồm có *s* phần tử, biểu thị các giá trị dòng điện đi vào nút. (khi nút là nguồn điện), hoặc đi ra khỏi nút (khi nút là phụ tải).

Nếu nút *i* nào đó là phụ tải thì J_i mang dấu âm (–) còn nếu nút *i* là nguồn thì J_i mang dấu dương (+).

Các ký hiệu của các ma trận trên như sau :

$$[U] = \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \dot{U}b \end{bmatrix} ; \quad [I] = \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \dot{I}b \end{bmatrix} ; \quad [E] = \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \dot{E}b \end{bmatrix} ; \quad [J] = \begin{bmatrix} \dot{J}_1 \\ \dot{J}_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \dot{J}s \end{bmatrix}$$

5. Ma trận tổng trở cành (Z) là ma trận vuông có số cấp vừa bằng số cành của sơ đồ, các giá trị trên đường chéo chính là tổng trở từng cành (còn gọi là tổng trở riêng), còn phần tử (i, j) là tổng trở tương hỗ Z_{ij} giữa hai cành i và j. Thông thường khi giải tích mạng điện ta không xét đến hiệu ứng của trường điện từ nên ta coi $Z_{ij} = 0$ với mọi i và j. Vậy Z sẽ có dạng ma trận chéo, ký hiệu như sau :

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & Z_2 & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & & Z_b \end{bmatrix}$$

(1) Các U, I, E, J, Z phức, có thể viết là $\dot{U}$, $\dot{I}$, $\dot{E}$, $\dot{J}$, $\dot{Z}$ hay $\underline{U}$, $\underline{I}$, $\underline{E}$, $\underline{J}$, $\underline{Z}$ Dấu của ma trận có thể ký hiệu là : [ ], hay ll ll, hay ( )

Tương tự, ma trận tổng dẫn cành [Y] trong trường hợp này sẽ là nghịch đảo của [Z].

6. Ma trận hệ số phân bố nguồn dòng [C] : là ma trận chữ nhật cấp $b \times k$, trong đó b là số cành và k là số nút độc lập ; đó là tổng số đỉnh (nút) trừ đi nút lấy làm cơ sở (làm chuẩn) : $k = s - 1 = b_c$. Những phần tử C_{ij} biểu thị giá trị của dòng điện trên cành i do nguồn dòng ở nút j phân phối cho.

Ma trận C xây dựng như sau :

Ta biết rằng giá trị của dòng điện I_i trên mặt cành i nào đó được gây bởi tất cả các nguồn dòng (và nguồn phụ tải) J tại các nút 1, 2... k. Như vậy, ta coi J_1, J_2...J_k như những kích thích và ta nhận được các đáp ứng I_i, (i = 1, 2..., b) trong dạng các tổ hợp tuyến tính sau đây :

$$\dot{I}_1 = C_{11}\dot{J}_1 + C_{12}\dot{J}_2 + ... + C_{1k}\dot{J}_k$$

$$\dot{I}_2 = C_{21}\dot{J}_1 + C_{22}\dot{J}_2 + ... C_{2k}\dot{J}_k$$

$$\dot{I}_b = C_{b1}\dot{J}_1 + C_{b2}\dot{J}_2 + ... + C_{bk}\dot{J}_k$$

Hệ phương trình này được viết dưới dạng sau :

$$[\dot{I}] = [C]\,[\dot{J}] \qquad (6\text{-}72)$$

Như vậy, về ý nghĩa năng lượng, đối với mạng gồm các phần tử tuyến tính, hệ số phân phối C_{ij} là giá trị dòng điện trong cành i khi ở nút j nguồn dòng có giá trị một đơn vị.

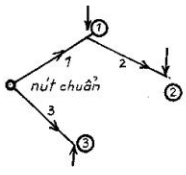
Đối với mạng điện trở, số cành b bằng số nút độc lập vì mạng hở là một cây của kỳ đồ "graphe"; do vậy, C có dạng ma trận vuông, khi đó C = C_0 (C_0 gọi là ma trận hệ số phân phối nguồn dòng ứng với cây của "graphe" mạng điện). Các giá trị C_{ij} trong trường hợp này có thể xác định trực tiếp theo qui tắc sau :

a) Các phần tử C_{ij} sẽ có giá trị một đơn vị (+ 1 hay – 1) nếu cành i xét nằm trên đường nối từ nút j đến nút làm cơ sở (nút chuẩn).

b) Các phần tử C_{ij} sẽ có giá trị 0 nếu cành i xét không nằm trên đường đi từ nút j qua cành i đến nút làm cơ sở.

c) C_{ij} có giá trị dương (C_{ij} = +1) nếu dòng điện trong cành xét có cùng chiều với chiều đi từ nút j qua cành i đến nút làm cơ sở và C_{ij} có giá trị âm (C_{ij} = – 1) nếu ngược lại.

Áp dụng quy tắc này, ta lập ma trận C cho mạng điện hở ở hình 6-33.



Hình 6-33

$$C = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} \} \text{ cành}$$

(1) (2) (3)

nút

7. Ma trận liên kết nút - cành : [M] thể hiện cách hình thành của sơ đồ mạng điện. Ta hãy xét ý nghĩa và cách lập [M].

Giả thiết mạng có ký đồ "graphe" như hình 6-32b. Tại mỗi nút, ta có phương trình cân bằng dòng điện như sau :

$$\sum_{k=1}^{b} m_{ik} I_k = J_i, \text{ với } i = 1,2... \ s \qquad (6\text{-}73)$$

Ở đây :

b – số cành tổng cộng trong ký đồ "graphe"

I_k – dòng điện trong cành k

m_{ik} – hệ số có giá trị :

m_{ik} = + khi dòng điện I_k từ nút i đi ra.

m_{ik} = – 1 khi dòng điện I_k hướng đến nút i

m_{ik} = 0 khi dòng điện I_k không đi qua nút i

s – số đỉnh, (nút) của graphe.

Như vậy, tập hợp s phương trình dạng (6-73) có thể viết trong dạng ma trận như sau :

$$[M]\,[\dot{I}] = [\dot{J}] \qquad (6\text{-}74)$$

Ở đây :

$[\dot{I}]$ – là ma trận cột *b* phần tử dòng điện cành.

$[\dot{J}]$ – là ma trận cột *s* phần tử nguồn dòng ở các nút

[M] – ma trận liên kết nút – cành, là ma trận cấp :

s × b

Ma trận M được thành lập như sau :

– số hàng ứng với số nút s.

– số cột ứng với số cành b.

– các phần tử m_{ij} ở hàng i cột j có giá trị là :

m_{ij} = + 1 nếu dòng điện trong nhánh j đi ra khỏi nút i

m_{ij} = – 1 nếu dòng điện trong nhánh j đi đến nút i

m_{ij} = 0 nếu dòng điện trong nhánh j không qua nút i

Do đó, với cách thành lập như trên, thì ký đồ "graphe" hình 6-32b có ma trận liên kết nút – nhánh như sau :

$$[M] = \begin{matrix} \\ (1) \\ (2) \\ (3) \\ (0) \\ \\ \text{cành (nhánh)} \end{matrix} \begin{matrix} \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ \underbrace{\boxed{1}\ \boxed{2}\ \boxed{3}\ \boxed{4}\ \boxed{5}} \end{matrix} \left.\begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \end{matrix}\right\} \text{nút}$$

Rõ ràng ma trận [M] cho ta quan hệ :

- Mỗi hàng ứng với mỗi nút ; mỗi phần tử trên hàng đó nói lên cách nối dây của các cành đối với nút đó; ví dụ : ở hàng 1 của [M] cho ta : khi xét nút 1 thì dòng điện cành 1 đi vào nút 1 và dòng điện cành 2 đi ra khỏi nút 1, còn các dòng điện cành khác như cành 3, 4, 5 không đi qua nút 1 này.

- Mỗi cột của ma trận [M] ứng với mỗi cành của "graphe"; mỗi phần tử của cột nói lên mối liên kết của cành với hai nút tương ứng của cành đó; ví dụ : cành 2 liên kết với hai nút 1 và 2, là cành có dòng điện từ nút 1 đi ra và đi đến nút 2; hoặc cành 3 là cành liên kết với hai nút 3 và 0, là cành có dòng điện đi ra từ nút 0 và đến nút 3. v.v.. Do vì cành chỉ nối giữa hai nút nên mỗi cột chỉ có hai giá trị + 1 và - 1, còn các giá trị khác bằng 0. Vì vậy tổng đại số các phần tử theo mỗi cột đều bằng 0, nghĩa là các phần tử của một hàng bất kỳ có thể suy ra từ các hàng khác, điều đó đưa đến kết luận là : trong ký đồ "graphe" có một nút phụ thuộc. Ở đây, ta lấy nút 0 là nút phụ thuộc, đó chính là nút làm cơ sở hay nút cân bằng. Ma trận [M] chỉ viết cho những nút độc lập, nên [M] sẽ là :

$$[M] = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} (1) \\ (2) \\ (3) \end{matrix} \Big\} \text{ nút}$$

Như vậy, với những qui định và ký hiệu trên thì từ ma trận [M] ta sẽ có thể làm xuất hiện trở lại ký đồ "graphe" của mạng điện.

Ở mạng điện kia, số cành nhiều hơn số nút độc lập do đó ma trận M có dạng chữ nhật.

Ở mạng hở, ký đồ "graphe" là cây với số cành bằng $b_c = s - 1$, nghĩa là bằng tổng các nút độc lập. Do vậy ma trận liên kết nút – cành là ma trận vuông cấp $b_c = s - 1$ và là ma trận không suy biến. Ta gọi ma trận này là Mα. Đối với mạng điện hở hình 6-33, ta có Mα :

$$[M\alpha] = \begin{bmatrix} -1 & +1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Vì [Mα] là ma trận vuông không suy biến nên từ biểu thức (6-74) ta viết được :

$$[I] = [M\alpha]^{-1} [J] \qquad (6\text{-}75)$$

So sánh biểu thức 6-75 với biểu thức 6-72 ta rút ra được :

$$[C] = [M\alpha]^{-1} \qquad (6\text{-}76)$$

Ở mạng điện kín, ta chia ma trận liên kết [M] thành hai ma trận con.

– một ma trận con liên kết thể hiện phần cây của "graphe" của mạng điện, đó chính là ma trận vuông không suy biến : [Mα]

– một ma trận con liên kết thể hiện phần bù của cây của "graphe" là ký hiệu [Mβ].

Ví dụ : ở mạng kín, có ký đồ "graphe" hình 6-32b, ma trận [M] phân thành hai ma trận con [Mα] và [Mβ] là :

$$[M] = \left[\begin{array}{ccc:cc} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{array}\right] = \left[\begin{array}{c:c} [M\alpha] & [M\beta] \end{array}\right]$$

với

Ở đây phần bù của cây hay những khâu của ký đồ "graphe" (hoặc những cành liên kết) là [Mβ], nó gồm có cành 4 và cành 5.

8. Ma trận liên kết mạch vòng - cành : [N]

Khi mạng điện gồm các sức điện động E trên các cành mà không có nguồn dòng thì ta sử dụng định luật Kirchhoff II để xác định dòng điện trên các cành.

Ví dụ : ta có ký đồ "graphe" của sơ đồ mạng điện như hình 6-34 có hai mạch vòng độc lập có chiều qui ước ở hình vẽ 6-34.

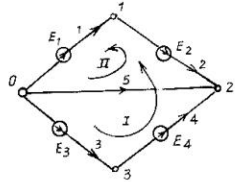
Định luật Kirchhoff II trong trường hợp này phát biểu như sau :

"Đi theo mỗi mạch vòng, tổng đại số điện áp giáng trên các nhánh bằng 0" tức là :

$$\sum_{j=1}^{b} n_{ij} \dot{U}_j = 0 \qquad (6\text{-}77)$$

Ở đây $\dot{U}_j$ – điện áp giáng trên cành j.Do vì trong cành có sức điện động E_j nên ta sẽ có :

$$\dot{U}_j = Z_j \dot{I}_j - E_j \qquad (6\text{-}78)$$



Hình 6-34

Ở đây Z_j – tổng trở cành j

I_j – dòng điện cành j

n_{ij} là một hệ số có giá trị như sau :

$n_{ij} = +1$ – khi dòng điện trong cành j cùng chiều với chiều mạch vòng i mà ta qui ước.

$n_{ij} = -1$ – khi dòng điện trong cành j ngược chiều với chiều mạch vòng i mà ta qui ước.

$n_{ij} = 0$ – khi cành j không thuộc mạch vòng i

Nếu mạng điện có b cành, (s – 1) nút độc lập thì số mạch vòng độc lập sẽ là :

$$m = b - b_c = b - (s - 1) = b - s + 1$$

Rõ ràng số mạch vòng độc lập chính bằng số khâu. Ta còn gọi các mạch vòng độc lập này là các mắc lưới độc lập.

Phương trình (6-77) có thể viết dưới dạng ma trận sau đây :

$$[N]\,[\dot{U}] = 0 \qquad (6\text{-}79)$$

Kết hợp với phương trình (6-78) ta có thể viết :

$$[N]\left\{[Z]\,[\dot{I}] - [E]\right\} = 0 \qquad (6\text{-}80)$$

Ở đây [Z] – ma trận tổng trở cành

[I] – ma trận dòng điện cành

[E] – ma trận sức điện động cành

[N] – ma trận liên kết mạch vòng – cành cấp : b × m,

Như vậy đối với ký đồ graphe hình 6-34 ta lập được;

Cành b / Mạch vòng (mắc lưới)	1	2	3	4	5
I	−1	−1	+1	+1	0
II	−1	−1	0	0	+1

Do đó $[N] = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Ở đây, chúng ta thấy khác với ma trận liên kết nút – cành [M], ma trận liên kết mạch vòng – cành [N] không cho đủ thông tin để làm xuất hiện duy nhất ký đồ graphe của mạng điện.

Do ma trận [N] có dạng chữ nhật nên không có nghịch đảo. Để thuận tiện trong tính toán, ta chia ma trận [N], thành hai ma trận con :

$$[N] = \left\{ [N\alpha] \mid [N\beta I] \right\} \tag{6-81}$$

[Nα] – là một ma trận con liên quan đến các cành của cây, ma trận này có thể có dạng chữ nhật vì số hàng là số mạch vòng độc lập, còn số cột là số cành của cây. Số cành của cây thường nhiều hơn số mạch vòng độc lập (mắc lưới).

[Nβ] – ma trận con liên quan đến các cành bù cây hay các cành liên kết, ma trận này là ma trận vuông vì số mạch vòng độc lập (mắc lưới) chính lại bằng số cành bù cây :

$$m = b - b_c = b - s + 1.$$

Ví dụ ở hình 6-34 ta có :

$$[N] = \underbrace{\begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}}_{[N\alpha]} \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{[N\beta]} = \left[[N\alpha] \mid [N\beta] \right]$$

Nếu qui ước các chiều mạch vòng sao cho cùng chiều với các cành bù cây, ví dụ : ở hình 6-34; chiều mạch vòng I cùng chiều với chiều cành bù cây 4 và chiều mạch vòng II cùng chiều với chiều cành bù cây 5; thì $[N\beta] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$).

$$[N\beta] = 1 \tag{6-82}$$

Từ biểu thức (6-80) ta viết được

$$[N][Z][\dot{I}] = [N][\dot{E}] \tag{6-83}$$

Nếu gọi $[E_K]$ là ma trận sức điện động tổng của từng mạch vòng thì

$$[N][\dot{E}] = [E_K]$$

Vậy ta có phương trình ma trận :

$$[N][Z][\dot{I}] = [E_K] \tag{6-84}$$

Ta dùng phương trình (6-84) này để xác định dòng điện trên các cành.

Ở ví dụ hình 6-34) ta có : $[E_K] = \begin{bmatrix} E_{KI} \\ [E_{KII}] \end{bmatrix}$

Với

$$[\dot{E}_{KI}] = -\dot{E}_1 - \dot{E}_2 + \dot{E}_3 + \dot{E}_4$$

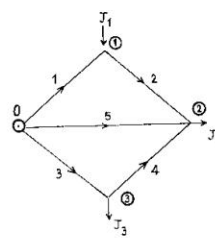
$$[\dot{E}_{KII}] = -\dot{E}_1 - \dot{E}_2$$

6.7.4. Phương trình điện thế điểm nút trong dạng ma trận.

Ví dụ có sơ đồ mạng điện như ở hình 6-35 gồm nguồn O cung cấp cho 3 phụ tải tại các nút 1, 2, 3 với các giá trị dòng phụ tải J_1, J_2, J_3. Mạng điện gồm các cành thụ động có các tổng trở z_1, z_2, z_3, z_4 và z_5. Hãy thành lập phương trình ma trận dựa vào điện thế các nút để xác định giá trị dòng điện trên các cành.

Bài giải Chọn 0 làm nút cân bằng "nút chuẩn". Lập hệ phương trình Kirchhoff I cho các nút 1, 2, 3 :

$$\begin{cases} -I_1 + I_2 + J_1 = 0 & \text{(nút 1)} \\ -I_2 - I_4 - I_5 + J_2 = 0 & \text{(nút 2)} \\ -I_3 + I_4 + J_3 = 0 & \text{(nút 3)} \end{cases} \qquad (6\text{-}85a)$$



Hình 6-35

Từ (6-85a) ta viết lại trong dạng ma trận :

$$\begin{bmatrix} -1 & +1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -J_1 \\ -J_2 \\ -J_3 \end{bmatrix}$$

Ta nhận được phương trình ma trận quan hệ giữa vectơ [I] và [J] như biểu thức (6.74). Ở đây, vì [J] gồm các nguồn dòng phụ tải nên các J_i đều âm :

$$[M][\dot{I}] = [\dot{J}], \qquad (6\text{-}85b)$$

Nếu ký hiệu điện áp giáng trên các cành là U_i (với i = 1, 2, 3, 4, 5) còn điện thế tại các nút là U_{Aj} (với j = 0, 1, 2, 3), thì dựa vào sơ đồ mạng điện, ta viết :

$$\left.\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_{A0} - \dot{U}_{A1} \\ \dot{U}_2 &= \dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_3 &= \dot{U}_{A0} - \dot{U}_{A3} \\ \dot{U}_4 &= \dot{U}_{A3} - \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_5 &= \dot{U}_{A0} - \dot{U}_{A2} \end{aligned}\right\} \qquad (6\text{-}86)$$

Ở đây ta chọn nút 0 làm nút chuẩn nên các giá trị của $\dot{U}_{Aj}$ là điện áp của nút j so với 0. Do vậy, ta có thể viết (6-86) ở dạng ma trận sau :

$$\underbrace{\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}}_{[M]'} \begin{bmatrix} U_{\Delta 1} \\ U_{\Delta 2} \\ U_{\Delta 3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \\ \dot{U}_3 \\ \dot{U}_4 \\ \dot{U}_5 \end{bmatrix}$$

Vậy ta có thể viết gọn : $[\dot{U}] = [M]^t \cdot [\dot{U}_\Delta]$ (6-87)

Ở đây $[M]^t$ – ma trận chuyển vị của ma trận liên kết nút cành. Mặt khác, điện áp giáng trên các cành được biểu diễn dưới dạng ma trận sau (từ phương trình 6-78 vì không có sức điện động trên các cành nên $E_j = 0$ ta suy ra dạng ma trận U) :

$$[\dot{U}] = [z]\,[\dot{I}] \quad (6\text{-}88)$$

Trong đó [z] là ma trận tổng trở các cành; vì không xét đến tác động tương hỗ giữa các cành nên [z] sẽ có dạng đường chéo chính

$$[z] = \begin{bmatrix} z_1 & & & & \\ & z_2 & & 0 & \\ & & z_3 & & \\ & 0 & & z_4 & \\ & & & & z_5 \end{bmatrix}$$

Do [z] là ma trận vuông không suy biến nên từ (6-88) ta có thể viết lại như sau :

$$[\dot{I}] = [z]^{-1}\,[\dot{U}] \quad (6\text{-}89)$$

Tay (6-87) vào (6-89) ta được :

$$[\dot{I}] = [z]^{-1}\,[M]^t\,[\dot{U}_\Delta] \quad (6\text{-}89)'$$

Kết hợp với (6-74) ta có :

$$[M]\,[z]^{-1}\,[M]^t\,[\dot{U}_\Delta] = [\dot{J}] \quad (6\text{-}90)$$

Biểu thức (6-90) cho ta mối liên quan giữa điện áp nút $\dot{U}_\Delta$ với nguồn dòng $\dot{J}$ tại các nút.

Nếu ta gọi : $[M]\,[z]^{-1}\,[M]^t = [Y_\Delta]$ là ma trận tổng dẫn các nút của mạng điện. Ma trận $[Y_\Delta]$ là ma trận vuông không suy biến nên từ biểu thức (6-90) nhân trước hai vế với $[Y_\Delta]^{-1}$ ta được :

$$[U_\Delta] = [Y_\Delta]^{-1} \cdot [J] \quad (6\text{-}91)$$

Đây là biểu thức dùng để xác định điện áp các nút thông qua ma trận [J].

Nếu thay biểu thức (6-91) vào biểu thức (6-87) ta sẽ được :

Ma trận điện áp giáng trên các cành :

$$[\dot{U}] = [M]^t \cdot [U_\Delta] = [M]^t \cdot [Y_\Delta]^{-1} \cdot [J] \quad (6\text{-}92)$$

Ma trận dòng điện trên các cành sẽ là :

$$[\dot{I}] = [z]^{-1}\,[\dot{U}] = [z]^{-1}\,[M]^t\,[Y_\Delta]^{-1} \cdot [J] \quad (6\text{-}93)$$

Việc sử dụng phương pháp điện thế điểm nút đối với mạng điện có số nút độc lập lớn sẽ gặp nhiều khó khăn khi tìm $[Y_\Delta]^{-1}$, còn phương pháp mạch vòng thuần túy chỉ phù hợp khi các nút không có nguồn dòng nhưng có sức điện động các cành (hình 6-34).

Đối với mạng điện không có sức điện động cành nhưng lại có nguồn dòng tại các nút thì ta sẽ dùng phương pháp phối hợp với phương trình mạch vòng để giảm bậc của ma trận nghịch đảo, sẽ trình bày tóm tắt sau đây :

6.7.5. Phương pháp phối hợp với phương trình mạch vòng.

Giả sử có sơ đồ mạng điện như hình 6-36, ở tại các nút 1, 2, 3 có các nguồn dòng J_1, J_2, J_3. Để thuận tiện cho việc tính toán, ta giả thiết ma trận dòng điện trên các cành gồm hai thành phần :

$$[I] = [I'] + [I''], \tag{6-94}$$

Ở đây [I'] liên quan đến các nguồn dòng tại nút J và thỏa mãn định luật Kirchhoff I viết trong dạng ma trận sau : (6-85b).

$$[M]\,[I'] = [J] \tag{6-95}$$

Thành phần thứ hai [I''] được xác định bởi các dòng điện mạch vòng.

Do vì dòng điện ở mỗi cành là tổng đại số của các dòng điện mạch vòng qua cành đó, nên ta có thể viết :

$$[I''] = [N]^t\,[I_K] \tag{6-96}$$

Hình 6-36

Ở đây $[I_K]$ là ma trận dòng điện mạch vòng :

Vì luôn luôn thỏa mãn điều kiện cân bằng dòng điện tại các nút nên

ta sẽ có :

$$[M]\,[I] = [J] \tag{6-97}$$

So sánh hai phương trình (6-95) và (6-97) nên ta có :

$$[M]\,[I''] = [M]\,[N]^t\,[I_K] = 0 \tag{6-98}$$

Phương trình (6-98) cho ta thấy dòng điện mạch vòng không liên quan trực tiếp đến các nguồn dòng.

Để đơn giản, ta giả thiết : nguồn dòng chỉ phân bố trong các cành của cây của "graphe" mạng, tức là :

$$[I'] = \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [C0]\,[J] \\ 0 \end{bmatrix} \tag{6-99}$$

Ở đây $[I_\alpha]$ - Ma trận dòng điện trong các cành của cây của "graphe"

$[I_\beta]$ - ma trận dòng điện trong các cành bù cây, hay cành liên kết

$[C_0]$ - ma trận hệ số phân phối nguồn dòng ứng với cây của "graphe" mạng điện.

Ở các cành không có sức điện động ($E_K = 0$) ta viết được phương trình của tổng điện áp giáng trong các mạch vòng theo biểu thức (6-80)

$$[N]\,[z]\,[I] = 0 \tag{6-100}$$

Do vậy kết hợp với các biểu thức (6-94), (6-96) và (6-99) ta có :

$$[N]\,[z]\left\{[I'] + [I'']\right\} = [N]\,[z]\left\{\begin{bmatrix}[C0]\,.\,[J] \\ 0\end{bmatrix} + [N]^t\,[I_K]\right\} = 0, \qquad (6\text{-}101)$$

Ở đây [z] là ma trận tổng trở cành; nếu ta chia [z] thành hai ma trận con và không xét đến tổng trở tương hỗ giữa các cành, ta sẽ có

$$[z] = \begin{bmatrix}[z_\alpha] & 0 \\ 0 & [z_\beta]\end{bmatrix} \qquad (6\text{-}102)$$

Với $[z_\alpha]$ - ma trận con liên quan đến các cành của cây

$[z_\beta]$ - ma trận con liên quan đến cành bù cây

Thay (6-102) vào (6-101) ta được :

$$[N]\,.\begin{bmatrix}[z_\alpha] & 0 \\ 0 & [z_\beta]\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}[C_0]\,.\,[J] \\ 0\end{bmatrix} + [N]\,[z]\,[N]^t\,.\,[I_K] = 0 \qquad (6\text{-}103)$$

$$[N]\,[z_\alpha]\,[C_0]\,[J] = -\,[N]\,[z]\,[N]^t\,[I_K] \qquad (6\text{-}103')$$

Đặt $[N]\,[z]\,[N]^t = [z_K]$ là ma trận tổng trở mạch vòng.

$[z_K]$ là ma trận vuông không suy biến, cấp m, trong đó m là số mạch vòng độc lập của sơ đồ.

Từ biểu thức (6-103), ta xác định ma trận dòng điện mạch vòng $[I_K]$:

$$[I_K] = -\,[z_K]^{-1}\,[N]\,[z_\alpha]\,[C_0]\,[J]. \qquad (6\text{-}104)$$

Bây giờ ta cần xác định ma trận dòng điện tổng trong các cành [I]. Ta tách [I] thành hai ma trận con

$$[I] = \begin{bmatrix}[I_\alpha] \\ [I_\beta]\end{bmatrix} \qquad (6\text{-}105)$$

Trong đó $[I_\alpha]$ - ma trận dòng điện trong các cành của cây

$[I_\beta]$ - ma trận dòng điện trong các cành bù cây hay cành liên kết, ma trận này chính là ma trận dòng điện mạch vòng $[I_K]$.

Ở đây : $[I_\alpha] = [I'_\alpha] + [I''_\alpha] = [C_0]\,[J] + [N_\alpha]^t[I_K]$

Với $[N^\alpha]^t$ là ma trận con thuộc $[N]^t$ chỉ liên quan đến các cành của cây.

Thay $[I_K]$ ở biểu thức (6-104) ta có :

$$[I] = \begin{bmatrix}[I_\alpha] \\ [I_\beta]\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 - [N_\alpha]^t\,[Z_K]^{-1}\,[N]\,[Z_\alpha] \\ -\,[Z_K]^{-1}\,[N]\,[Z_\alpha]\end{bmatrix}[C_0]\,[J]$$

Ví dụ 6-16 :

Có mạng điện mà ký đồ "graphe" như hình 6-36 với các số liệu :

$Z_1 = 1\Omega$; $Z_2 = 2\Omega$; $Z_3 = 3\Omega$; $Z_4 = 4\Omega$; $Z_5 = 5\Omega$

$J_1 = 1KA$; $J_2 = 2KA$; $J_3 = 3\ KA$

Hãy xác định dòng điện trên các cành.

Bài giải : Dùng phương pháp phối hợp với phương pháp mạch vòng (vì mạng không có sức điện động cành mà có nguồn dòng tại các nút) để giảm bậc của ma trận nghịch đảo.

Ta lập hai mạch vòng độc lập I và II như hình 6-36 sao cho mỗi cành liên kết hay cành của bù cây (đường nét đứt ở nhánh 4 và 5) có mặt ở một mạch vòng.

Ma trận liên kết mạch vòng - cành là :

$$[N] = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

liên quan đến cành của cây $[N\alpha] = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

liên quan đến cành của bù cây : $[N\beta] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Ma trận hệ số phân phối $[C_0]$ ứng với các cây gồm các cành 1, 2, 3 với điểm 0 làm nút chuẩn :

$$[C_0] = [M]^{-1} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} \Bigg\} \text{ cành}$$

- Vì $[Z] = \begin{bmatrix} 1 & & & & \\ & 2 & & 0 & \\ & & 3 & & \\ & 0 & & 4 & \\ & & & & 5 \end{bmatrix}$ (1) (2) (3) nút

do đó : $[Z_\alpha] = \begin{bmatrix} 1 & & 0 \\ & 2 & \\ 0 & & 3 \end{bmatrix}$

- Tìm $[Z_k]$:

$$[Z_k] = [N][Z][N]^t = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & & & & \\ & 2 & & 0 & \\ & & 3 & & \\ & 0 & & 4 & \\ & & & & 5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$[Z_k] = \begin{bmatrix} 10 & 3 \\ 3 & 8 \end{bmatrix}$$

$[Z_k]$ - là ma trận vuông, không suy biến, ở đây Z_k là cấp 2, nên ta dễ dàng xác định $[Z_k]^{-1}$

$$[Z_k]^{-1} = \frac{1}{71} \begin{bmatrix} 8 & -3 \\ -3 & 10 \end{bmatrix}$$

$$[Z_k]^{-1}[N][Z_\alpha] = \frac{1}{71} \begin{bmatrix} -5 & -10 & 24 \\ -7 & -14 & -9 \end{bmatrix}$$

$$1 - [N_\alpha]^t [Z_k]^{-1} [N] \,.\, [Z_\alpha] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \times$$

$$\times \quad \frac{1}{71} \begin{bmatrix} -5 & -10 & -24 \\ -7 & -14 & -9 \end{bmatrix} = \frac{1}{71} \cdot \begin{bmatrix} 59 & -24 & 15 \\ -12 & 47 & 15 \\ 5 & 10 & 47 \end{bmatrix}$$

Cuối cùng ta có :

$$[I] = \begin{bmatrix} 1 - [N_\alpha]^t [Z_k]^{-1} [N] [Z_\alpha] \\ - [Z_k]^{-1} [N] [Z_\alpha] \end{bmatrix} [C_0] [J] =$$

$$[I] = \frac{1}{71} \begin{bmatrix} 59 & -24 & 15 \\ -12 & 47 & 15 \\ 5 & 10 & 47 \\ 5 & 10 & -24 \\ 7 & 14 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2,43 \\ -1,44 \\ -2,46 \\ 0,52 \\ -1,06 \end{bmatrix} \text{KA}$$

Kết quả cho thấy dòng điện trên các cành 1, 2, 3, 5 có chiều ngược với chiều qui định được vẽ trên sơ đồ.

Do không tính đến tổn thất công suất trên các cành nên ta có thể thử lại điều kiện cân bằng : tổng các dòng điện phát ra từ nguồn 0 phải cân bằng với dòng điện phụ tải tức là :

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_3 + \dot{I}_5 = J_1 + J_2 + J_3$$

$$I_1 + I_3 + I_5 = (2,43 + 2,46 + 1,06) = 5,95.$$

$$J_1 + J_2 + J_3 = (1 + 2 + 3) = 6. \quad \text{Rõ ràng } I_1 + I_3 + I_5 \approx J_1 + J_2 + J_3$$

Tóm lại : Ta sẽ xác định những thông số trạng thái của mạng điện một cách nhanh chóng khi các số liệu ban đầu thay đổi bằng cách dùng phương pháp ma trận. Khi đó, bài toán sẽ được chương trình hóa và giải trên máy vi tính. Đây là ưu điểm chính của phương pháp ma trận.

Qua đây ta cũng thấy tính chất gần đúng của phương pháp. Thật vậy, khi giải bài toán nhằm xác định dòng điện trên các nhánh và điện áp tại các nút thường căn cứ vào công suất S_i đã cho tại các nút. Từ S_i ta phải tìm nguồn dòng J_i tại nút để sử dụng biểu thức giải tích, khi đó :

$$J_i = -\frac{\dot{S}_i}{\sqrt{3}\,\dot{U}_i}$$

Nhưng U_1 là điện áp tại nút i lại đang cần phải xác định. Vậy bước tính gần đúng là : ta dùng giá trị điện áp định mức của mạng điện để xác định J_i.

Muốn khắc phục nhược điểm này, ta có thể dùng phương pháp lặp lại để giải bài toán.

6.7.6. Khái quát về phương pháp lặp để giải bài toán mạng điện

Phương pháp lặp là phương pháp gần đúng, tức là qua các bước với cùng một công thức thực hiện ta sẽ đi dần đến kết quả. Ưu điểm chủ yếu của thuật toán lặp là biến quá trình tìm lời giải thành một chuỗi hữu hạn các bước lặp đơn giản, một cách máy móc, để có thể nhờ máy vi tính thực hiện một cách nhanh chóng được.

Đáp số sẽ càng chính xác nếu bước lập càng tăng. Nhưng cần chú ý là muốn tìm thấy lời giải có lý thì phải tồn tại điều kiện hội tụ của lời giải.

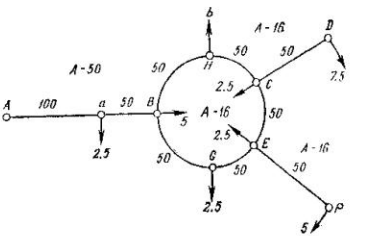
Ở phần nầy chỉ nêu lên một cách ngắn gọn tinh thần của thuật toán lặp mà không đi sâu vào phương pháp tính lặp. Bạn có thể tìm hiểu trong các tài liệu chuyên đề.

6.8. Các bài toán.

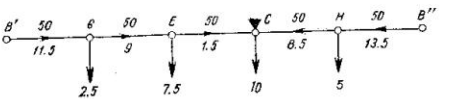
Bài toán 6.17. Một mạng điện chiếu sáng cho một thôn xóm, dùng dây dẫn nhôm 3 pha điện áp xoay chiều 220 V. Mạng điện này được thực hiện bằng các dây dẫn khác nhau với khoảng cách [m] và tiết diện $[mm]^2$ cho trên hình vẽ 6-37. Phụ tải của mạng điện [A] được phân phối đều nhau trên đường dây 3 pha. Hệ số công suất của phụ tải bằng 1. Điện trở tác dụng trên mỗi cây số đối với dây A-16 là 1,96 Ω/km; và đối với dây A-50 là 0,63 Ω/km.

Hãy xác định sự phân phối dòng điện và tổn thất điện áp lớn nhất đối với mạng điện trên.

Bài giải : Xác định dòng điện phân phối ở mạng điện kín dùng dây dẫn A-16 (hình 6-37b).



Hình 6-37a



Hình 6-37b

- Dòng điện đi qua đoạn B'G (áp dụng suy từ công thức 6-66) :

$$I_{B'} = \frac{5 \cdot 50 + 10 \cdot 100 + 7{,}5 \cdot 150 + 2{,}5 \cdot 200}{250} = 11{,}5A$$

- Dòng điện đi qua đoạn B"H :

$$I_{B"} = \frac{2,5 \cdot 50 + 7,50 \cdot 100 + 10 \cdot 150 + 5 \cdot 200}{250} = 13,5A$$

Dòng điện tổng chạy từ hai đầu B' và B" phải bằng tổng dòng điện phụ tải; tức là :

$$11,5 + 13,5 = 2,5 + 7,5 + 10 + 5 = 25A$$

Từ kết quả tìm được đối với $I_{B'}$ và $I_{B"}$ ta sẽ xác định dòng điện chạy trên các đoạn của vòng kín này và ta cũng sẽ tìm được điểm C là điểm phân bố dòng điện.

Dòng điện chạy trên đoạn Aa và aB tương ứng sẽ là 32,5 và 30A. Điện áp thấp nhất đối với mạng điện là ở điểm D mà không phải là ở điểm F; vì đường dây CD được cung cấp điện từ điểm phân bố công suất thấp nhất là C, và do vậy điểm C là điểm có điện áp thấp nhất, hơn nữa tổn thất điện áp ở đoạn CD sẽ cao hơn tổn thất điện áp ở đoạn EF do vì phụ tải ở điểm D lớn hơn phụ tải ở điểm F (7,5 A > 5A). (CD và EF cùng chiều dài, cùng loại dây A-16).

Do vậy, tổn thất điện áp lớn nhất sẽ là tổn thất điện áp trên đoạn từ điểm A đến điểm D :

$$\Delta U_{AD} = \Delta U_{max} = \sqrt{3}\ [(32,5 \cdot 100 + 30 \cdot 50)\, 0,63 \cdot 10^{-3} + (13,5 + 8,5 + 7,5)\, 50 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3}]$$

$$\Delta U_{AD} = \Delta U_{max} = 10,2\ V$$

Vậy $\Delta U_{max}\ \% = \frac{10,2}{220}\ 100 = 4,63\%$.

Bài toán 6.18.

Cho mạng lưới điện như hình vẽ 6-38a có điện áp 35KV, nguồn điện PP cung cấp cho các trạm hạ áp A, B và C. Mạng điện dùng dây nhôm lõi thép, ký hiệu AC-120 có số liệu như sau : $r_0 = 0,27\ \Omega/km$; $x_0 = 0,405\ \Omega/km$). Chiều dài của mạng điện tính bằng [km] và phụ tải của các trạm tính bằng MVA được ghi trên hình vẽ. Hãy xác định phân phối công suất và tổn thất điện áp cực đại ở những điều hiện vận hành bình thường của lưới điện.

Bài giải :

Xác định phân phối công suất trong mạng điện : (hình 6.38b)

Công suất chạy trong đoạn A'B : (công thức 6-66).

$$S_{A'} = \frac{(8 + j8)\, 8 + (9 + j4)\, 12}{20} = (8,6 + j\ 5,6)\ MVA.$$

Hình 6-38

Công suất chạy trong đoạn A"C : (công thức 6-67) :

$$\overset{\bullet}{S}_{A''} = \frac{(9 + j4)\,8 + (8 + j8)\,12}{20} = (8,4 + j\,6,4)\ \text{MVA}.$$

Kiểm tra lại, công suất tổng chạy từ hai đầu mạng kín ABC phải bằng với tổng công suất phụ tải tại các trạm B, C tức là :

$$(8,6 + j5,6) + (8,4 + j\,6,4) = (9 + j\,4) + (8 + j8) = (17 + j12)\ \text{MVA}$$

Công suất đã tính cho thấy phân phối công suất vẽ trên hình 6-38b là đúng. Điểm B là điểm phân bố công suất tác dụng còn điểm C là điểm phân bố công suất phản kháng.

b) Xác định điểm có điện áp thấp nhất (B hay C), muốn vậy là hãy so sánh tổn thất điện áp ΔU_{AB} và ΔU_{AC} :

$$\Delta U_{AB} = \frac{(8,6\,.\,0,27 + 5,6\,.\,0,405)\,8}{35} = 1,05\ \text{KV}$$

$$\Delta U_{AC} = \frac{(8,4\,.\,0,27 + 6,4\,.\,0,405)\,8}{35} = 1,11\ \text{KV}$$

Kết quả : Tổn thất điện áp $\Delta U_{AC} > \Delta U_{AB}$. Vậy, tổn thất điện áp ở mạng lưới điện như đã kết luận ở trên là ta phải tìm trên đoạn từ nguồn cung cấp đến điểm C.

$$\Delta U_{PP-C} = \Delta U_{max} = \frac{(21\,.\,0,27 + 15\,.\,0,405)\,5}{2\times35} + 1,11 = 0,84 + 1,11 = 1,95\ \text{KV}$$

$$\Delta U_{max}\% = \frac{1,95}{35}\,.\,100 = 5,6\%$$

Bài toán ví dụ 6-19 :

Hình 6-39a trình bày mạng điện áp 380 V thực hiện bằng dây cáp đồng. Chiều dài của lưới điện tính bằng [m], dây cáp dẫn có tiết diện S tính bằng [mm^2] và phụ tải tính bằng [A] được ghi trên hình 6-39a. Hệ số công suất của tất cả các phụ tải đều bằng 1. Điện kháng của cáp không đáng kể. Hãy tìm dòng điện phân phối trong mạng điện và tổn thất công suất lớn nhất trong mạng.

Bài giải :

Để giải bài toán này ta thực hiện các bước sau :

a) Thay thế cáp có tiết diện 50mm^2 bằng cáp 95mm^2 ở đoạn BE, BC và DC của mạng, để việc tính toán mạng có các dây cáp cùng loại sẽ có nhiều thuận lợi, làm đơn giản bài toán.

Để việc thay thế này không hề làm ảnh hưởng đến điện trở của nó, ta có :

$$R_{M-95} = \rho_M \frac{l_{M-95}}{S = 95}$$

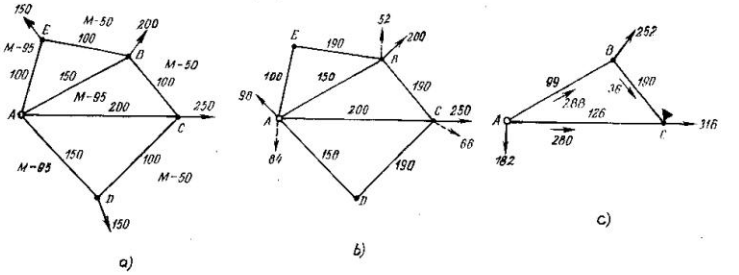
$$R_{M-50} = \rho_M \frac{l_{M-50}}{S = 50}$$

$R_{M-95} = R_{M-50}$ tức là :

$$\frac{l_{M.95}}{95} = \frac{l_{M-50}}{50} \rightarrow l_{M.95} = \frac{95 \,.\, l_{M50}}{50}$$

Vậy các đoạn BE = BC = DC = 100[m] sẽ được thay bằng các đoạn có chiều dài (sau khi ta dùng dây M-95 trên các đoạn này) là :

$$l_{M95} = \frac{95.100}{50} = 190\text{m}$$



Hình 6-39

b) Chuyển phụ tải của điểm E và điểm D về điểm : A, B và điểm C, như vậy ở điểm A ta sẽ nhận được.

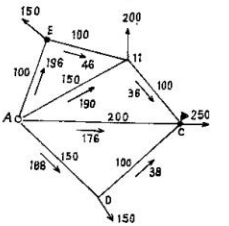
Do E chuyển về : $I_A^{(E)} = 150 \times \frac{190}{100 + 190} = 98\text{A}.$

Do D chuyển về : $I_A^{(D)} = 150 \frac{190}{150 + 190} = 84\text{A}.$

Ở điểm B và C do E và D chuyển về sẽ là :

$$I_B^{(E)} = 150 \frac{100}{100 + 190} = 52\text{A}.$$

$$I_C^{(D)} = 150 \frac{150}{150 + 190} = 66\text{A}.$$



Hình 6-39d

Như vậy, từ kết quả tính trên ta đưa vào hình 6.39b, ở đây chiều dài của đoạn đường dây cáp M_{50} đã được thay bằng chiều dài của đoạn đường dây cáp M-95.

c) Ghép song song đường dây cáp AEB với AB, và ADC với AC thì ta sẽ có hình 6.39c với các đoạn dài tương đương là :

$$l_{AB\ tương\ đương} = \frac{290 \cdot 150}{290 + 150} = 99\ [m]$$

$$l_{AC\ tương\ đương} = \frac{200 \cdot (150 + 190)}{200 + (150+190)} = 126\ [m]$$

d) Dòng điện chạy trong các đoạn sẽ là (hình 6.39c) :

$$I'_{AB} = \frac{316 \cdot 126 + 252\ (190 + 126)}{(126 + 190 + 99)} = 288$$

$$I_{AC} = \frac{252 \cdot 99 + 316\ (99 + 190)}{(126 + 190 + 99)} = 280$$

Từ kết quả này, ta tìm được sự phân phối dòng điện trong mạng hình 6.39c. Điểm phân bố công suất sẽ là điểm C.

e) Đến đây ta đưa trả về sơ đồ ban đầu để tìm dòng điện phân phối thực tế đối với sơ đồ ban đầu.

Ta hãy tìm dòng điện chạy trên các đường AEB với AB; ADC với AC.

$$I_{AEB} = \frac{288 \cdot 99}{100 + 190} = 98\ [A]$$

$$I_{ADC} = \frac{280 \cdot 126}{150 + 190} = 104\ [A]$$

$$I_{AB} = 288\ \frac{99}{150} = 190\ [A]; \quad I_{AC} = 280\ \frac{126}{200} = 176.\ [A]$$

Hãy tìm dòng điện thực tế ở đoạn AE, BE, AD và DC.

$$I_{DC} = I_{ADC} - I_C^{(D)} = 104 - 66 = 38,\ [A]$$

$$I_{AD} = I_{ADC} + I_A^{(D)} = 104 + 84 = 188,\ [A]$$

$$I_{BE} = I_{AEB} - I_B^{(E)} = 98 - 52 = 46\ [A]$$

$$I_{AE} = I_{AEB} + I_A^{(E)} = 98 + 98 = 196\ [A]$$

Từ kết quả tính toán này ta đưa nó vào hình, ta được hình 6-39d. Như vậy, việc đưa trả trở về tiết diện M-50 như ở sơ đồ ban đầu không ảnh hưởng đến sự phân phối dòng điện trong mạng. Điểm phân bố công suất là điểm C.

Tổn thất điện áp lớn nhất đối với mạng điện là :

$$\Delta U_{max} = \Delta U_{AC} = \frac{\sqrt{3} I_{AC} l_{AC}}{\gamma \cdot F_{AC}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 176 \cdot 200}{53 \cdot 95} = 12{,}1V$$

hay :

$$\Delta U_{max}\% = \frac{12,1}{380} . 100 = 3,18\%$$

Bài toán 6-20 :

Hình 6.40 trình bày hệ thống cung cấp điện với cấp điện áp 35 KV. Các số liệu về công suất của hộ tiêu thụ cho trên hình, tính bằng đơn vị MVA. Yêu cầu chọn dây nhôm lõi thép (AC) theo mật độ dòng điện kinh tế; giả thiết rằng T_{max} = 4500h trong 1 năm đối với trạm 1 và T_{max} = 2500h trong 1 năm đối với trạm 2.

Bài giải – Xác định phân bố công suất trong mạng cung cấp :

Giả thiết một cách gần đúng rằng : tham số của 1km đường dây là bằng nhau. Do đó :

Phụ tải trên đường dây L_1 : (áp dụng 6-66)

$$\dot{S}_{L1} = \frac{(5 + j2,42)(11 + 8) + (3 + j0,99)\,11}{14 + 11 + 8} = (3,88 + j1,72)\ MVA.$$

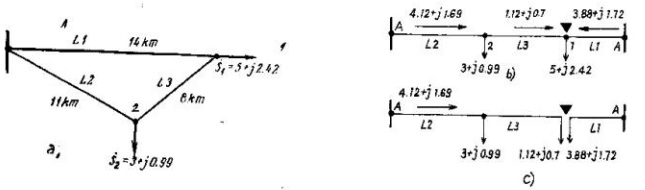
– Phụ tải trên đường dây thứ hai là :

$$\dot{S}_{L2} = \frac{(5 + j2,42)\,14 + (3 + j0,99)\,22}{33} = (4,12 + j\ 1,69)\ MVA$$

$$\dot{S}_{L3} = 4,12 + j1,69 - (3 + j0,99) = (1,12 + j\ 0,70)\ MVA.$$

Như vậy, từ tính toán cho ta thấy điểm phân bố công suất trong sơ đồ này là ở thanh cái trạm 1.

Hình 6-40c cho thấy công suất chạy trên đường dây L_3 sẽ đi đến ngay điểm 1. Đối với đường dây L_1 thì T_{max} = 4500h/năm, tra cẩm nang ứng với T_{max} này ta có mật độ dòng điện kinh tế là $j_{kt} = 1,1A/mm^2$



Hình 6-40

Công suất truyền tải qua đường dây L_2 được xác định bằng công suất và đường cong phụ tải của trạm 1 và 2.

Do vậy, đối với đường dây này : tìm được :

$$T_{max} = \frac{3 \times 2500 + 1,12 \times 4500}{3 + 1,12} = 3050h$$

và ứng với T_{max} = 3050 ta có :

$$j_{kt} = 1,1 \text{ A/mm}^2$$

– Xác định dòng điện làm việc chạy trên đường dây ở những điều kiện vận hành bình thường với công suất truyền tải lớn nhất là : (dựa theo hình 6-40b và c) :

$$I_{maxL_1} = \frac{\sqrt{3,88^2 + 1,72^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} \cdot 10^3 = \frac{4,25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35} = 70,2 \text{ A.}$$

$$I_{maxL_2} = \frac{\sqrt{4,12^2 + 1,69^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} \cdot 10^3 = \frac{4,45 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35} = 73,5 \text{ A.}$$

$$I_{maxL_3} = \frac{\sqrt{1,12^2 + 0,72}}{\sqrt{3} \cdot 35} \cdot 10^3 = \frac{1,315 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35} = 21,7 \text{ A}$$

Với những dòng điện đã tìm được trên đây ta sẽ tìm được tiết diện kinh tế và chọn theo tiêu chuẩn :

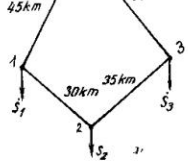
– Đối với đường dây L_1 ta có : $F_{kté} = \frac{70,2}{1,1} = 64 \text{ mm}^2$ ta chọn theo dây tiêu chuẩn : AC-70

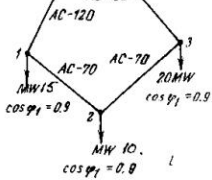
– Đối với đường dây L_2 ta có $F_{kté} = \frac{73,5}{1,1} = 67 \text{ mm}^2$, chọn AC-70

– Đối với đường dây L_3 ta có $F_{kté} = \frac{21,7}{1,1} = 19,7 \text{mm}^2$, chọn dây AC-16.

Bài toán 6-21.

Hình 6-41 trình bày mạng điện dùng ở cấp điện áp định mức 110 KV. Mạng cho kích thước ghi trên hình tính bằng [km], phụ tải của các trạm điện như sau : S_1 = 15 MW, S_2 = 10 MW, S_3 = 20 MW. Hệ số công suất của các hộ tiêu thụ điện như nhau và bằng cosφ = 0,9. Hãy chọn tiết diện của dây nhôm lõi thép. Giả thiết thời gian sử dụng công suất lớn nhất là T_{max} = 4500 h/năm và trị số này dùng cho tất cả các trạm điện.





Hình 6-41

Bài giải :

– Sơ bộ một cách gần đúng, ta xác định sự phân bố công suất trong mạng điện với giả thiết : tổng trở đối với một km ở tất cả các đường dây như nhau : Do đó :

$$S_1 = 15 + j15\,\frac{0,4352}{0,9} = (15 + j7,26)\ MVA$$

$$S_2 = 10 + j10\,\frac{0,4352}{0,9} = (10 + j4,85)\ MVA$$

$$S_3 = 20 + j20\,\frac{0,4352}{0,9} = (20 + j9,7)\ MVA$$

Ở đây : $Q = P\,\frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = P\,\frac{0,4352}{0,9}$

Tìm công suất chạy trên các đoạn đường dây của mạng điện (áp dụng công thức 6-66) :

$$\dot{S}_{A1} = \frac{\dot{S}_1\,(30 + 35 + 50) + \dot{S}_2\,(35 + 50) + \dot{S}_3\,(50)}{45 + 30 + 35 + 50)} =$$

$$\dot{S}_{A1} = \frac{(15 + j7,26)\ 115 + (10 + j4,85)\ 85 + (20 + j9,7)\ 50}{160}$$

$$\dot{S}_{A1} = (22,35 + j10,8)\ MVA$$

$$\dot{S}_{A3} = \frac{(15 + j7,26)\ 45 + (10 + j4,85)\ (45 + 30) + (20 + j9,7)\ (45 + 30 + 35)}{160}$$

$$\dot{S}_{A3} = (22,65 + j11,0)\ MVA$$

Do đó :

$$\dot{S}_{12} = (22,35 + j10,8) - (15 + j7,26) =$$

$$\dot{S}_{12} = (7,35) + j3,52)\ MVA$$

$$\dot{S}_{32} = (22,65 + j11,0) - (20 + j9,7) =$$

$$\dot{S}_{32} = (2,65 + j1,30)\ MVA.$$

Tính dòng điện chạy trên đường dây ở điều kiện bình thường là :

$$I_{A1} = \frac{\sqrt{22,35^2 + 10,8^2}}{\sqrt{3}\ .\ 110}\ .\ 10^3 = 130A$$

$$I_{1\text{-}2} = \frac{\sqrt{7,35^2 + 3,52^2}}{\sqrt{3}\ .\ 110}\ .\ 10^3 = 43A$$

$$I_{32} = \frac{\sqrt{2,65^2 + 1,3^2}}{\sqrt{3}\ .\ 110}\ .\ 10^3 = 15,4A$$

$$I_{A3} = \frac{\sqrt{22,65^2 + 11^2}}{\sqrt{3}\ .\ 110}\ .\ 10^3 = 132A$$

Ở T_{max} = 4500 h/năm đối với dây dẫn nhôm lõi thép thì sổ tay cho ta $j_{kt} = 1{,}1 A/mm^2$. Do vậy các tiết diện dây dẫn sẽ được tính như sau :

$$F_{A1} = \frac{130}{1{,}10} = 118 \text{ mm}^2; F_{12} = \frac{43}{1{,}1} = 36{,}4 \text{ mm}^2$$

$$F_{23} = \frac{15{,}4}{1{,}1} = 14 \text{ mm}^2; F_{A3} = \frac{132}{1{,}1} = 120 \text{ mm}^2$$

Tra bảng các tiết diện dây AC được chế tạo, ta chọn :

đối với A và 1 → AC – 120

đối với 1 và 2 → AC – 70

đối với 2 và 3 → AC – 70

đối với A và 3→ AC – 120

Hãy kiểm tra đối với trường hợp giá trị cực đại của dòng điện làm việc trên mỗi đường dây. Dòng điện làm việc cực đại này (ở giữa hai trạm A và 1) sẽ xảy ra khi đường dây giữa hai trạm A và 3 bị đứt. Khi đó :

$$I_{\text{làm việc max A–1}} = \frac{15 + 10 + 20}{\sqrt{3} \cdot 110.0{,}9} 10^3 = 262 \text{ A}$$

Để xác định dòng điện làm việc cực đại trên đường dây 1-2 ta giả thiết đường dây A-3 bị đứt, khi đó.

$$I_{\text{làm việc max 1–2}} = \frac{10 + 20}{\sqrt{3} \cdot 110.0{,}9} 10^3 = 175 \text{ A}$$

Để xác định dòng điện làm việc cực đại trên đường dây 3-2 và đường dây A-3 thì ta giả thiết là đoạn đường dây A-1 bị đứt, khi đó :

$$I_{\text{làm việc max 3.2}} = \frac{15 + 10}{\sqrt{3} \cdot 110.0{,}9} 10^3 = 146 \text{ A}$$

$$I_{\text{làm việc max A3}} = \frac{15 + 10 + 20}{\sqrt{3} \cdot 110.0{,}9} 10^3 = 262 \text{ A}$$

Ta đưa các số liệu này vào bảng 6-3 sau đây :

Những số liệu của bảng này cho thấy rằng : dòng điện làm việc lớn nhất ở tất cả các đoạn đường dây chưa đạt đến dòng điện tải lâu dài cho phép (số liệu tính từ sổ tay tra cứu) của các dây dẫn. Vậy ta chọn các dây dẫn trên và đưa vào hình 6-41b.

Bảng 6-3

	Đường dây dẫn giữa các trạm điện			
	A – 1	1 – 2	2 – 3	A – 3
Loại dây dẫn	A – 120	AC – 70	AC – 70	AC – 120
Dòng điện làm việc max [A]	262	175	146	262
Dòng điện lâu dài cho phép [A]	380	265	265	380

Bài toán 6-22. Hệ thống mạng điện hở ba pha, điện áp 380V, dây dẫn bằng nhôm, cung cấp cho một số hộ tiêu thụ như hình vẽ 6-42a. Các dây dẫn được đi trên các sứ cách điện, nằm cách nhau 600 mm. Hình 6-42a cho các số liệu về kích thước của mạng điện tính bằng [m] phụ tải tính bằng [KW] và hệ số công suất $\cos\varphi$.

Hãy tìm tiết diện dây dẫn của mạng điện theo tổn thất điện áp cho phép là 6%. Giả thiết rằng phụ tải đã được phân bố đều trên 3 pha. Đường dây chính Af sử dụng dây dẫn có cùng tiết diện trên toàn bộ chiều dài.

Bài giải : Thay phụ tải phân bố đều bằng một phụ tải có giá trị là tổng phụ tải phân bố trên đoạn dài và đặt tại điểm giữa của đoạn dài này. Hãy tính phụ tải :

$$S_{b-d} = S_g = 0,3 \cdot 100 + j0 = (30 + j0)\ \text{KVA}$$

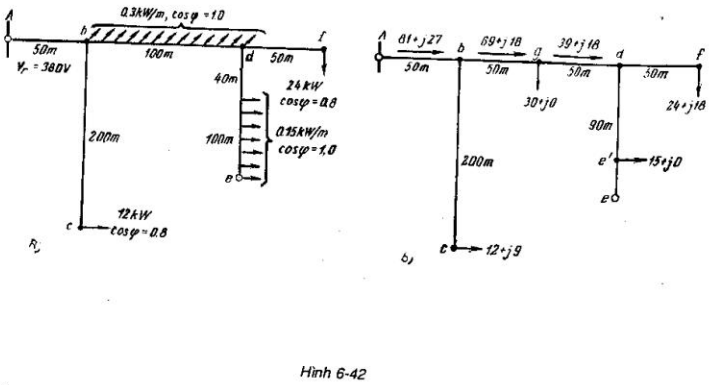
$$\dot{S}_c = 12 + j12\,\frac{0,6}{0,8} = (12 + j9,0)\ \text{KVA}$$

$$S_e = 0,15 \cdot 100 + j0 = (15 + j0)\ \text{KVA}$$

$$\dot{S}_f = 24 + j24\,\frac{0,6}{0,8} = (12 + j18)\ \text{KVA}$$

Với các số liệu tính toán trên, ta đưa vào hình 6-42b.

Ứng dụng định luật Kirchhoff I để xác định giá trị công suất đối với những đoạn dây của mạng điện và hãy đặt các giá trị này vào hình 6-42b.



Hình 6-42

Giả thiết điện cảm kháng trên một km là $x_0 = 0,346\ \Omega/km$ và hãy tìm tổn thất điện áp thông qua điện cảm kháng của đường dây chính Af :

$$\Delta U_{x\ A\text{-}f} = \frac{0,346\ (27.0,05 + 18.0,05 + 18.0,05 + 18.0,05)\ .\ 10^3}{380} = 3,69V$$

- Hãy tính toán tổn thất điện áp thông qua điện trở tác dụng của đường dây chính A-f :

$$\Delta U_{R\ cho\ phép} = \frac{6}{100}\ 380 - 3,69V = 22,8 - 3,69 \approx 19,1V$$

Tính - tiết diện dây dẫn đối với đường dây chính A-f :

Từ công thức 6-43b : $\Delta U = \frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} (P_i\ r_i + Q_i\ x_i)$

hay $$\Delta U = \underbrace{\frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} P_i\ r_i}_{\Delta U_R} + \underbrace{\frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} Q_i\ x_i}_{\Delta U_X}$$

Vậy : $$\Delta U - \Delta U_X = \frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} (P_i\ (\rho_i\ \frac{l_i}{F_i}) = \Delta U_R$$

Vì đầu bài cho Af sử dụng dây dẫn nhôm có cùng tiết diện trên toàn bộ chiều dài nên ta có ρ_i - ρ_{Al} và $F_i = F_{Af}$. Vậy ta đưa ρ và F ra ngoài cổng và qua phép chuyển vế, ta được :

- Tiết diện trên đoạn Af là :

$$F_{Af} = \rho\ \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i\ l_i}{U_{dm}\ .\ \Delta U_R} \qquad (6\text{-}106)$$

Ở đây : ρ nhôm = 31,5[$\Omega mm^2/km$]

$$F_{Af} = \frac{31,5\ (81.0,05 + 69.0,05 + 39.0,05 + 24.0,05)\ 10^3}{380\ .\ 19,1}$$

$F_{Af} = 46,3\ mm^2$.

Ta chọn dây A-50 (có $r_0 = 0,63\Omega/km$, $x_0 = 0,325\ \Omega/km$)

Từ đây, ta hãy tính toán tổn thất điện áp trên đường dây Af đối với A-50 :

$$\Delta U_{A\text{-}f} = \frac{0,63\ (81.0,05 + 69.0,05 + 39.0,05 + 24.0,05)\ 10^3}{380} +$$

$$+ \frac{0,325\ (27.0,05 + 18.0,05 + 18.0,05 + 18.0,05)\ 10^3}{380} =$$

$$\Delta U_{A\text{-}f} = \frac{0,63}{380}\ .\ 213.50 + \frac{0,325}{380}\ 81.50 = 21,2V$$

$$\Delta U_{Af} = \frac{21,2.100}{380} = 5,59\% < \Delta U_{cho\,phép}$$

Xác định tổn thất điện áp đến điểm d :

$$\Delta U_{A-d} = \frac{0,63\ (81.0,05 + 69.0,05 + 39.0,05)\ 10^3}{380} +$$

$$+ \frac{0,325\ (27.0,05 + 18.0,05 + 18.0,05)\ 10^3}{380} = 18,4V$$

Tổn thất điện áp cho phép đoạn de :

$$\Delta U_{de\,cho\,phép} = \frac{6}{100} \cdot 380 - 18,4 = 22,8 - 18,4 = 4,4\ V$$

Tổn thất điện áp đối với điện cảm kháng của đoạn này là O (vì $Q_{de} = 0$), do vậy tiết diện dây dẫn đối với đoạn này có thể xác định trực tiếp từ tổn thất điện áp cho phép đã tính trên.

Vậy áp dụng công thức (6-106) đã có ở trên ta được

$$F_{de} = \frac{31,5 \cdot 15 \cdot 0,09 \cdot 10_3}{4,4 \cdot 380} = 25,5mm^2$$

Ta chọn dây mã hiệu A-25; trong trường hợp này ta tra sổ tay sẽ có các số liệu sau : $r_0 = 1,27\ \Omega/km$; $x_0 = 0,345\ \Omega/km$.

Do vậy, tính toán lại tổn thất điện áp đối với đoạn dây này ta có :

$$\Delta U_{de} = \frac{1,27 \cdot 15 \cdot 0,09\ ,\ 10^3}{380} = 4,5V$$

Và tổng tổn thất điện áp đến điểm e là :

$$\Delta U_{Ae} = 18,4 + 4,5 = 22,9V$$

$$U_{Ae}\% = \frac{22,9 \cdot 100}{380} = 6,03\% \approx 6\%$$

Ta thấy tổn thất điện áp nằm trong phạm vi cho phép nên đoạn de ta dùng dây A-25.

Tổn thất điện áp đến điểm b :

$$\Delta U_{Ab} = \frac{0,63.\ 81\ .\ 0,05 + 0,325\ .\ 27\ .\ 0,05)\ 10^3}{380} = \frac{2990}{380} = 7,88V$$

Do đó, tổn thất điện áp cho phép trên đoạn dây bc là :

$$\Delta U_{bc\,cho\,phép} = \frac{6}{100}\ 380 - 7,9 = 22,8 - 7,9 = 14,9\ V$$

Tính gần đúng tổn thất điện áp đối với điện cảm kháng của đoạn này, giả thiết là $x_0 = 0,35\ \Omega/km$.

$$\Delta U_{x\,bc} = \frac{0,35.9.0,2.10^3}{380} = 1,66 \approx 1,7\ V$$

Vì vậy nên tổn thất điện áp cho phép đối với điện trở tác dụng của đoạn bc là :

$$\Delta U_{R\,cho phép} = 14,9 - 1,7 = 13,2\ V$$

Ta tìm tiết diện dây dẫn đoạn bc : (áp dụng công thức 6-106) :

$$F_{bc} = \frac{31,5 \,.\, 12 \,.\, 0,2 \,.\, 10^3}{13,2 \,.\, 380} = 15,1\ mm^2$$

Ta chọn dây có mã hiệu A-16 ($r_0 = 1,96\ \Omega/km$; $x_0 = 0,358\ \Omega/km$) và tính toán lại tổn thất điện áp đối với đoạn bc :

$$\Delta U_{bc} = \frac{(1,96 \,.\, 12 \,.\, 0,2 + 0,358 \,.\, 9 \,.\, 0,2)\ 10^3}{380} = 14,2V$$

Tổng tổn thất điện áp từ điểm A đến điểm C là :

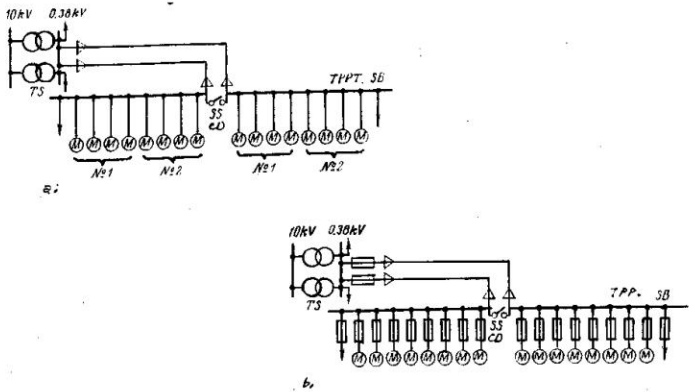
$$\Delta U_{AC} = 7,88 + 14,2 = 22,1V$$

Nếu tính theo phần trăm so với định mức, ta sẽ có :

$$\Delta U_{AC}\% = \frac{22,1.\ 100}{380} = 5,82\% < \Delta U_{cho phép} = 6\%$$

Bài toán 6.23

Hai tủ phân phối tổng TPP của một phân xưởng chế tạo máy được cung cấp điện từ thanh cái 380 V của trạm hạ áp TS 10/0,38 KV qua hai đường dây cáp (hình 6.43a).



Hình 6-43

Ở điều kiện bình thường, mỗi tủ phân phối TPP hoạt động riêng lẻ. Trong trường hợp sự cố của một đường dây cáp giữa TS và TPP thì cầu dao phân đoạn CD sẽ đóng, tất cả các hộ tiêu thụ của xưởng sẽ được cung cấp chỉ qua một đường cáp.

Đường dây cáp giữa TS và TPP được thiết kế bằng cáp dẫn lõi nhôm vỏ bọc bằng nhôm đặt chung trong một hào và cách nhau một khoảng cách là 100mm. Nhiệt độ của đất ngay gần chỗ đặt cáp là 10°C (ở ngày nóng nhất).

Tủ phân phối lại phân phối đến 16 động cơ điện và hệ thống ánh sáng. Tất cả phụ tải được phân phối đều nhau cho hai tủ phân phối. Hệ thống phân phối của xưởng được thiết kế bằng dây dẫn nhôm loại ПР (Nga) đưa điện đến các động cơ. Nhiệt độ cực đại của môi trường xung quanh đối với xưởng là khoảng 25°C. Các đặc tính kỹ thuật của động cơ điện cho ở bảng (B : 6-4) sau đây :

Bảng 6-4

Tham số động cơ	Động cơ	
	No1	No2
Công suất, KW, P_{dm}	14,5	14,5
Loại	Lồng sóc	Quấn dây
Hệ số khởi động, k	5,5	2,0
Hiệu suất định mức η_{dm}	0,88	0,88
cosφ	0,87	0,87
Hệ số phụ tải	0,85	0,85

Hệ thống ánh sáng được cung cấp điện từ mỗi tủ phân phối TPP và có công suất tiêu thụ là 2,5 KW. Hệ số đồng thời $k_{đt}$ đối với đường dây TPP - TS là 0,6.

Hãy tìm a) điểm đặt cầu chì trong mạng điện.

b) dòng điện định mức của cầu chì.

c) tiết diện của cáp và dây dẫn đưa đến động cơ điện theo dòng điện lâu dài cho phép.

Bài giải : a) Cầu chì được dùng để ngắt đường dây cung cấp khi có sự cố nguy hiểm và phải được tính toán sao cho đảm bảo. Yêu cầu này sẽ được thỏa mãn đối với mạng điện nếu cầu chì được trang bị cho mỗi động cơ. Đường dây cáp TS - TPP được bảo vệ bằng cầu chì đặt tại trạm hạ áp. Do vì mỗi đường cáp làm việc riêng lẻ (theo điều kiện của bài toán, cầu dao phân đoạn CD bình thường mở) nên cầu chì đặt tại mỗi đầu đường dây cáp phải bảo vệ tin cậy đối với cáp. Hình 6-43b giới thiệu mạng điện với các vị trí đặt cầu chì để bảo vệ một cách tốt nhất tất cả các đường dây nhánh đưa đến các động cơ.

b) Hãy tìm dòng điện định mức của cầu chì xuất phát từ dòng điện ở xa điểm cung cấp nhất. Trước tiên ta tìm dòng điện làm việc và dòng điện khởi động của động cơ số 1 :

$$I_{l_v} = \frac{14,5 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{\sqrt{3}380 \cdot 0,87 \cdot 0,88} = 24,5A$$

Ở đây : cosφ = 0,87

η = 0,88 ; hệ số phụ tải kpt = 0,85

với K hệ số khởi động là 5,5 ; ta có :

$$I_{khởi\ động} = 5,5\frac{14,5\ .\ 10^3}{\sqrt{3}\ 380\ .\ 0,87\ .\ 0,88} = 158,5A$$

Vậy những yêu cầu sau đây phải được thỏa mãn đối với cầu chì đặt tại đường dây nhánh cho động cơ số 1.

$$I_{đm} \geq 24,5A$$

$$I_{đm} \geq \frac{158,5}{2,5*} = 63,5A$$

Yêu cầu trên sẽ được thỏa mãn nếu chúng ta chọn cầu chì tiêu chuẩn với dòng điện định mức là 80A. Các đường dây nhánh đưa đến các động cơ là loại dây dẫn 3 pha. Từ sổ tay tra cứu, đối với dây dẫn lõi nhôm vỏ bọc cao su, ta thấy rằng khi dòng điện làm việc 24,5A có thể dùng dây có tiết diện $4mm^2$ mà dòng điện lâu dài cho phép đối với loại dây này là $I_{cp} = 28A$.

Theo quy định đối với việc lắp đặt trang thiết bị điện, người ta thấy rằng : cầu chì sẽ bảo vệ ngắn mạch đường dây có hiệu quả nếu dòng điện định mức của cầu chì không vượt quá ba lần dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn. Do đó ở đây :

$$80 < 3I_{cp} = 28,3$$

$$80_A < 84A$$

Đối với động cơ của nhóm số 2 :

$$I_{làm\ việc} = 24,5A \text{ và } I_{kđ} = 2\frac{14,5\ .\ 10^3}{\sqrt{3}\ .\ 380\ .\ 0,87\ .\ 0,88} = 57,6A$$

Do vậy, dòng điện định mức của cầu chì phải chọn thỏa mãn các điều kiện sau :

$$\left.\begin{array}{l} I_{đm} \geq 24,5A \\ I_{đm} \leq \dfrac{57,6}{2,5} = 23A \end{array}\right\} \text{Ta chọn cầu chì tiêu chuẩn có dòng điện định mức là : 25A.}$$

Các đường dây nhánh đưa đến các động cơ của nhóm số 2 có thể sử dụng loại dây có tiết diện $4mm^2$, vì rằng dòng điện lâu dài cho phép của dây này là 28A. Cũng như trên, ta kiểm tra thêm điều kiện :

$$I_{đm\ cc} = 25 < 3 \times 28A$$

– Cầu chì dùng cho chiếu sáng chọn theo điều kiện $I_{đm} \geq I_{làm\ việc}$ khi đó, ta được :

$$I_{làm\ việc} = \frac{2,5\ .\ 10^3}{\sqrt{3}\ .\ 380} = 3,8A$$

Vậy ta hãy chọn cầu chì tiêu chuẩn với dòng điện định mức là 6A.

– Đường cáp giữa TS và TPP sẽ cung cấp điện cho 16 động cơ và phụ tải chiếu sáng là $2 \times 2,5 = 5KW$.

(*) Giá trị 2,5 đối với động cơ khởi động trong thời gian ngắn (khởi động nhẹ nhàng 5 ÷10 gy).

Đối với phụ tải chiếu sáng, ta có thể chọn 4 dây dẫn. Dòng điện làm việc của mỗi đường dây cáp :

* *Trong điều kiện bình thường là :*

$$I_{l_v} = 0,6\ (8.24,5 + 3,8) = 120A;$$

Ở đây $k_{dt} = 0,6$

* *Trường hợp khi một động cơ lồng sóc khởi động* thì dòng điện cực đại sẽ là :

$$I_{khởi\ động\ một\ động\ cơ} = 0,6\ (7.24,5 + 3,8) + 158,5 = 264A$$

+ Nếu sự cố trên một đường cáp thì :

$$I_{làm\ việc} = 0,6\ (16.24,5 + 2.3,8) = 240A$$

$$I_{khởi\ động,\ sự\ cố} = 0,6\ (15.24,5 + 2.3,8) + 158,5 = 383,5A$$

Ta hãy chọn dòng điện định mức của cầu chì đối với điều kiện sự cố trầm trọng nhất :

$$I_{đm} \geq 240A$$

$$I_{đm} \geq \frac{383,5}{2,5} = 153A$$

Ta chọn cầu chì tiêu chuẩn có dòng điện định mức 260A sẽ thỏa mãn các điều kiện trên đây.

– Chọn tiết diện dây cáp theo dòng điện làm việc cực đại là 240A.

Từ bảng : dòng điện làm việc lâu dài cho phép (ở sổ tay điện) đối với dây cáp nhôm vỏ bọc nhôm, chúng ta thấy rằng ở nhiệt độ của đất 15°C thì dòng điện lâu dài cho phép của dây cáp có tiết diện 95mm^2 là 240A (cáp lõi nhôm, cách điện bằng giấy cách điện, có 4 dây dẫn).

Dòng điện lâu dài cho phép của cáp này khi nhiệt độ của đất gần ngay chỗ đặt cáp 10°C sẽ là :

$$I_{cho\ phép} = 1,04\ .\ 240 = 250A$$

Giá trị 1,04 là hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ cho trong sổ tay tra cứu.

Khi xác định dòng điện lâu dài cho phép của cáp ở điều kiện làm việc bình thường của cáp, ta còn phải hiệu chỉnh thêm yếu tố số lượng cáp đặt chung trong một hào. Hệ số hiệu chỉnh này sẽ tra ở sổ tay tra cứu, ở đây ta được $k = 0,90$.

Vậy : dòng điện lâu dài cho phép của cáp ở điều kiện làm việc bình thường sẽ là :

$$I_{cho\ phép} = 1,04\ .\ 240\ .\ 0,9 = 225 > I_{làm\ việc} = 120A$$

Như trên, ta cần kiểm tra thêm điều kiện sau :

$$I_{đm\ cc} = 260 < 3\ .\ I_{cp\ đường\ dây} = 3 \times 225$$

Kết luận, đối với dây cáp giữa TS và TPP ta chọn loại có tiết diện 95mm^2. Dây cáp này thích hợp cho phụ tải liên tục ở điều kiện bình thường và không bình thường (sự cố); cầu chì có dòng điện định mức 260A đủ đảm bảo bảo vệ tin cậy của đường dây này trong trường hợp ngắn mạch.

Bài toán 6-24

Hãy viết ma trận liên kết nút cành [M] mà ma trận liên kết mạch vòng – cành [N] của kỷ đồ "graphe" hình 6-44. Giả thiết nút A là nút cân bằng :

Bài giải :

$$[M] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} (a) \\ (b) \\ (c) \end{matrix} \} \text{ nút}$$

1 2 3 4 5

cành

$$[N] = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} (I) \\ (II) \end{matrix} \} \begin{matrix} \text{mạch} \\ \text{vòng} \end{matrix}$$

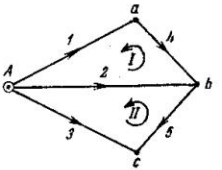
1 2 3 4 5

cành

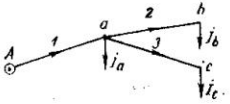
Bài 6-25.

Hãy tìm dòng điện trong mạng điện hở trình bày ở hình 6-45 theo định luật Kirchhoff I. Biết ma trận dòng điện phụ tải tại các nút a b c là :

$$\begin{bmatrix} 10 \\ 10 + j\,5 \\ 5 + j\,5 \end{bmatrix} \begin{matrix} (a) \\ (b) \\ (c) \end{matrix} \} \text{ nút}$$



Hình 6-44



Hình 6-45

Bài giải :

Lập hệ phương trình Kirchhoff I cho các nút a b c, chúng ta có (biểu thức 6-85b).

$$[M]\,[\dot{I}] = [\dot{J}]$$

Đối với mạng điện hở, như đã trình bày ở phần 6-7-3, ký đồ "graphe" là cây với số cành bằng tổng các nút độc lập ($b_c = s - 1$) và ma trận liên kết nút – cành [M] là ma trận vuông không suy biến cấp b_c. Ta gọi ma trận này là ma trận [Mα] có dạng sau :

$$[M] = [M\alpha] = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} (a) \\ (b) \\ (c) \end{matrix}$$

Do vậy nên ta có ma trận nghịch đảo : $[M\alpha]^{-1}$.

Từ phương trình định luật Kirchhoff I, nhân trái nó với $[M\alpha]^{-1}$, ta có :

$$[M\alpha]^{-1}\,[M\alpha]\,[\dot{I}] = [M\alpha]^{-1}\,[\dot{J}] = [\dot{I}]$$

$[M\alpha]$ ta đã biết, hãy tìm $[M\alpha]^{-1}$

– tìm Det $[M\alpha] = -1$

$$[M\alpha]^{-1} = \frac{1}{\text{Det}\,[M\alpha]} \cdot \begin{bmatrix} \begin{vmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} & - \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} & \cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 0 \end{vmatrix} \\ - \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} & \cdot \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} & - \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} & - \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} \end{bmatrix}$$

$$[M\alpha]^{-1} = - \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

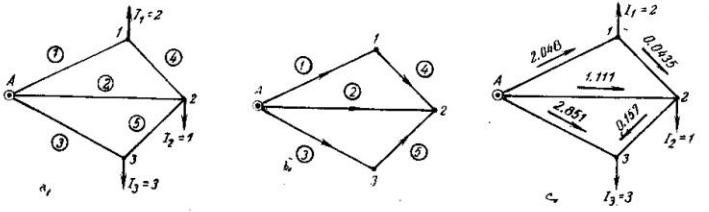
Như đã trình bày ở phần 6 – 7 – 4, vì [J] giả thiết cho là ma trận gồm các nguồn dòng điện phụ tải tại các nút a, b, c nên [J] tại các nút này sẽ âm, tức là ta sẽ có :

$$[\dot{I}] = - \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 10 \\ 10 + j\,5 \\ 5 + j\,5 \end{bmatrix} =$$

$$[\dot{I}] = - \begin{bmatrix} (-10) + (-10 - j\,5) + (-5 - j\,5) \\ (-10 - j\,5) \\ (-5 - j\,5) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 25 + j\,10 \\ 10 + j\,5 \\ 5 + j\,5 \end{bmatrix}$$

Bài toán 6-26

Hãy tìm điện áp nút và phân bố dòng điện trong mạng điện có hình (6-46a) (dùng phương pháp điện thế điểm nút).



Hình 6-46

Trong khi giải bài toán, ta lấy nút A như nút cân bằng và giả thiết rằng $U_A = U_o = 10$.

Tổng trở của các cành của mạng điện như sau :

$Z_{b1} = 1$; $Z_{b2} = 2$; $Z_{b3} = 1$; $Z_{b4} = 4$; $Z_{b5} = 4$. (Đánh số các cành như đã chỉ trên hình (6-46).

Bài giải :

Vì sức điện động ở các cành của mạng không có, nên ta áp dụng phương trình suy ra từ phương trình (6-90) như sau :

$$\text{Điện áp nút : } [\dot{U}_\Delta] = [\,[M]\,[\dot{Z}_b]^{-1}\,[M]^t\,]^{-1}\,[\dot{J}] \qquad (6\text{-}90)'$$

Vậy điện áp của các nút sẽ có dạng ma trận sau :

$$[\dot{U}_{nút}] = [\,[\dot{U}_0] + [\,[M]\,[\dot{Z}_b]^{-1}\,[M]^t\,]^{-1}\,[\dot{J}]$$

Ma trận tổng trở đối với các cành của mạng điện là :

$$[Z_b] = \begin{bmatrix} 1 & & & & \\ & 2 & & 0 & \\ & & 1 & & \\ & 0 & & 4 & \\ & & & & 4 \end{bmatrix}$$

Đây là ma trận chéo, vậy nên ta có :

$$[\dot{Z}_b]^{-1} = [\dot{Y}_b] = \begin{bmatrix} 1 & & & & \\ & 0{,}5 & & 0 & \\ & & 1 & & \\ & 0 & & 0{,}25 & \\ & & & & 0{,}25 \end{bmatrix}$$

Giả thiết các cành có chiều như hình (6-46b). Ta hãy tìm [M], $[M]^t$

$$[M] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} (1) \\ (2) \\ (3) \end{matrix} \Big\} \text{nút} \rightarrow \quad [M]^t = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[M]\,[\dot{Z}_b]^{-1} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0{,}25 & 0 \\ 0 & -0{,}5 & 0 & -0{,}25 & -0{,}25 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0{,}25 \end{bmatrix}$$

Ta tìm : Ma trận tổng dẫn các nút :

$$[\dot{Z}_\Delta]^{-1} = [\dot{Y}_\Delta] = [M]\,[\dot{Z}_b]^{-1}\,[M]^t$$

$$[\dot{Z}_\Delta]^{-1} = [\dot{Y}_\Delta] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0,25 & 0 \\ 0 & -0,5 & 0 & -0,25 & -0,25 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0,25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{Z}_\Delta]^{-1} = \begin{bmatrix} (1 + 0,25) & -0,25 & 0 \\ -0,25 & (+0,5 + 0,25 + 0,25) & -0,25 \\ 0 & -0,25 & (1 + 0,25) \end{bmatrix}$$

$$[\dot{Z}_\Delta]^{-1} = \begin{bmatrix} 1,25 & -0,25 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,25 & 1,25 \end{bmatrix} = [\dot{Y}_\Delta]$$

Tìm $[\dot{Z}_\Delta] = [\dot{Y}_\Delta]^{-1}$

Trước tiên ta tìm Det $[\dot{Y}_\Delta]$ = Det $\begin{bmatrix} 1,25 & -0,25 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,25 & 1,25 \end{bmatrix}$

Det $[\dot{Y}_\Delta] = 1,25 \cdot 1 \cdot 1,25 - (-0,25) \cdot (-0,25) \cdot (1,25) - (1,25) \times (-0,25)\,(-0,25)$.

Det $[\dot{Y}_\Delta] = 1,562 - 0,0782 - 0,0782 = 1,406$

$$[\dot{Z}_\Delta] = [\dot{Y}_\Delta]^{-1} = \frac{1}{1,406} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} \begin{vmatrix} 1 & -0,25 \\ -0,25 & 1,25 \end{vmatrix} & - \begin{vmatrix} -0,25 & 0 \\ -0,25 & 1,25 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} -0,25 & 0 \\ 1 & -0,25 \end{vmatrix} \\ - \begin{vmatrix} -0,25 & -0,25 \\ 0 & 1,25 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} 1,25 & 0 \\ 0 & 1,25 \end{vmatrix} & - \begin{vmatrix} 1,25 & 0 \\ -0,25 & -0,25 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} -0,25 & 1 \\ 0 & -0,25 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} 1,25 & -0,25 \\ 0 & -0,25 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} 1,25 & -0,25 \\ -0,25 & 1 \end{vmatrix} \end{bmatrix}$$

$$[\dot{Z}_\Delta] = [\dot{Y}_\Delta]^{-1} = \frac{1}{1,406} \begin{bmatrix} 1,1875 & 0,312 & 0,0625 \\ 0,312 & 1,562 & 0,312 \\ 0,0625 & 0,312 & 1,1875 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{Z}_\Delta] = [\dot{Y}_\Delta]^{-1} = \begin{bmatrix} 0,846 & 0,222 & 0,0445 \\ 0,222 & 1,112 & 0,222 \\ 0,0445 & 0,222 & 0,846 \end{bmatrix}$$

Xác định ma trận $[\dot{U}_\Delta]$ theo biểu thức (6-91) :

$$[\dot{U}_\Delta] = [\dot{Z}_\Delta]\,[J] = \begin{bmatrix} 0{,}846 & 0{,}222 & 0{,}0445 \\ 0{,}222 & 1{,}112 & 0{,}222 \\ 0{,}0445 & 0{,}222 & 0{,}846 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -2 \\ -1 \\ -3 \end{bmatrix}$$

Ở đây vì J là nguồn phụ tải nên có giá trị âm.

$$[\dot{U}_\Delta] = - \begin{bmatrix} 0{,}846.2 + 0{,}222.1 + 0{,}0445.3 \\ 0{,}222.2 + 1{,}112.1 + 0{,}222.3 \\ 0{,}0445.2 + 0{,}222.1 + 0{,}846.3 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} 2{,}048 \\ 2{,}222 \\ 2{,}851 \end{bmatrix}$$

Tính điện áp điểm nút : $[\dot{U}_{nút}] = [\dot{U}_\Delta] + [\dot{U}_0]$

$$[Z_{nút}] = - \begin{bmatrix} 2.048 \\ 2{,}222 \\ 2{,}851 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7{,}952 \\ 7{,}778 \\ 7{,}149 \end{bmatrix}$$

Tính điện áp giáng trên các cành (theo công thức 6-87) :

$$[\dot{U}] = [M]^t \,.\, [\dot{U}]$$

$$[\dot{U}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} -2{,}048 \\ -2{,}222 \\ -2{,}851 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2{,}048 \\ 2{,}222 \\ 2{,}851 \\ 2{,}048 + 2{,}222 \\ 2{,}222 - 2{,}851 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2{,}048 \\ 2{,}222 \\ 2{,}851 \\ 0{,}174 \\ -0{,}629 \end{bmatrix}$$

Xác định ma trận của dòng điện cành cần tìm : (phương trình 6-93).

$$[\dot{I}] = [\dot{Z}_b]^{-1} \,.\, [\dot{U}] = \begin{bmatrix} 1 & & & & \\ & 0{,}5 & & 0 & \\ & & 1 & & \\ & 0 & & 0{,}25 & \\ & & & & 0{,}25 \end{bmatrix} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} 2{,}048 \\ 2{,}222 \\ 2{,}851 \\ 0{,}174 \\ -0{,}629 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2{,}048 \\ 1{,}111 \\ 2{,}851 \\ 0{,}0435 \\ -0{,}157 \end{bmatrix}$$

Hình 6-46c biểu diễn phân phối dòng điện trong các cành của ký đồ "graphe".

Bài toán 6-27

Hãy tìm diện thế tại các nút và sự phân phối dòng điện của mạng điện có ký đồ graphe như hình 6-46a. Dùng phương pháp điện thế điểm nút và phương pháp lặp để giải bài toán. Khi giải, ta xem điểm nút A như là điểm cân bằng có $U_0 = 10$

Bài giải : Dùng phương pháp lặp, điện thế các nút của mạng điện có thể xác định như sau :

$$[\dot{U}_{nút}^{(lặp\ n)}] [U_{nút}^{(lặp\ n-1)}] + [\Delta U_{nút}^{(lặp\ n)}]$$

Ở đây, vì các nhánh không có sức điện động nên ta có :

$$[\Delta \dot{U}_{nút}^{(lặp\ n)}] = [z_{dc}] \left([\dot{J}] + [\dot{Y}] [\dot{U}_0] - [\dot{Y}] [\dot{U}_{nút}^{(lặp\ n-1)}] \right)$$

$$[\Delta \dot{U}_{nút}^{(lặp\ n)}] = [\Delta \dot{U}_{nút(0)}] - [z_{dc}] [\dot{Y}] [\dot{U}_{nút}^{(lặp\ n-1)}]$$

Ở đây $[z_{dc}]$ – ma trận chéo.

Ta cần nhận xét rằng, trong phép giải mạng điện bằng ma trận thì bước xác định ma trận nghịch đảo sẽ gặp nhiều khó khăn nhất là trường hợp ma trận có cấp cao. Nếu ma trận có dạng chéo thì việc tìm ma trận nghịch đảo sẽ rất đơn giản : đó cũng là ma trận chéo mà các phần tử bằng nghịch đảo các phần tử của ma trận đầu tiên.

Chính vì lẽ đó, trong thuật toán lặp, đầu tiên ta lấy ma trận chéo $[z_{dc}]$. Phương pháp gần đúng này có nhiều thuận lợi khi ma trận đầu tiên $[z]$ có các phần tử trên đường chéo chính lớn hơn nhiều so với các phần tử còn lại (điều này thường hay gặp ở các ma trận tổng trở nút hoặc tổng dẫn nút). Khi các phần tử trên đường chéo chính của ma trận đầu tiên quá bé thì quá trình lập lại sẽ kéo khá dài, để rồi ta mới tìm đến lời giải cuối cùng :

Ma trận đường chéo tổng trở $[[z_{dc}]$ sẽ lấy từ ma trận tổng dẫn nút $[\dot{Y}_A]$ đã được xác định ở bài toán 6-25.

$$[\dot{Y}_A] = \begin{bmatrix} 1,25 & -0,25 & 0 \\ -1,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,25 & 1,25 \end{bmatrix}$$

Giả thiết rằng tất cả những phần tử của ma trận này, trừ các phần tử nằm trên đường chéo chính, là bằng không.

Vậy, ta sẽ có ma trận chéo sau :

$$[\dot{Y}_{dc}] = \begin{bmatrix} 1,25 & & 0 \\ & 1,0 & \\ 0 & & 1,25 \end{bmatrix}$$

Do đó :

$$[\dot{Y}]^{-1} = [Z_{dc}] = \begin{bmatrix} 0,8 & & 0 \\ & 1 & \\ 0 & & 0,8 \end{bmatrix}$$

Hãy xác định : $[\dot{\Delta U}_{nút\ (0)}]$ trong quá trình lặp :

$$[\dot{Y}]\,[\dot{U}_0] = \begin{bmatrix} 1,25 & -0,25 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,25 & 1,25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12,5 & -2,5 & +0 \\ -2,5 & +10 & -2,5 \\ 0 & -2,5 & +12,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{Y}]\,[\dot{U}_0] + [\dot{J}] = \begin{bmatrix} 10 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 4 \\ 7 \end{bmatrix}$$

chú ý vì $[\dot{J}]$ là nguồn phụ tải nên $[\dot{J}]$ mang dấu âm.

$$[\dot{\Delta U}_{nút\ (0)}] = \dot{Z}_{dc}\,([\dot{Y}]\,[\dot{U}_0]\,[\dot{J}]) = \begin{bmatrix} 0,8 & & 0 \\ & 1 & \\ 0 & & 0,8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 8 \\ 4 \\ 7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,4 \\ 4 \\ 5,6 \end{bmatrix}$$

Ở phép lặp không (0), ta lấy ma trận làm chuẩn là :

$$[\dot{U}_{nút\ (0)}] = \begin{bmatrix} 7 \\ 8 \\ 7 \end{bmatrix}$$

Hãy thực hiện các phép tính của bước thứ nhất của quá trình lặp :

$$[\dot{Z}_{dc}]\,[\dot{Y}] = \begin{bmatrix} 0,8 & & \\ & 1 & \\ & & 0,8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1,25 & -0,25 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,25 & 1,25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,0 & -0,2 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,2 & 1,0 \end{bmatrix}$$

$$[\Delta U^{(1)}_{nút}] = [\dot{\Delta U}_{nút(0)}] - [\dot{Z}_{dc}]\,[\dot{Y}]\,[\dot{U}_{nút(0)}] = \begin{bmatrix} 6,4 \\ 4 \\ 5,6 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1,0 & -0,2 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,2 & 1,0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 7 \\ 8 \\ 7 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 6,4 \\ 4 \\ 5,6 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 7,0 & -1,6 & \\ -1,75 & +8 & -1,75 \\ & -1,6 & +7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,4 \\ 4 \\ 5,6 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 5,4 \\ 4,5 \\ 5,4 \end{bmatrix} = \Delta U^{(1)}_{nút} = \begin{bmatrix} 1 \\ -0,5 \\ 0,2 \end{bmatrix}$$

Tìm :

$$[\dot{U}^{(1)}_{nút}] = [\dot{U}_{nút(0)}] + [\dot{\Delta U}^{(1)}_{nút}] = \begin{bmatrix} 7 \\ 8 \\ 7 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ -0,5 \\ 0,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 7,5 \\ 7,2 \end{bmatrix}$$

– Thực hiện tính toán cho bước 2 của quá trình tính lặp :

$$[\dot{Z}_{dc}] = [\dot{Y}]\,[\dot{U}^{(1)}_{nútn}] = \begin{bmatrix} 1,0 & -0,2 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,2 & 1,0 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} 8 \\ 7,5 \\ 7,2 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 8 - 1,5 \\ -2 + 7,5 - 1,8 \\ -1,5 + 7,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,5 \\ 3,7 \\ 5,7 \end{bmatrix}$$

$$[\Delta U^{(2)}_{nút}] = \begin{bmatrix} 6,4 \\ 4 \\ 5,6 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 6,5 \\ 3,7 \\ 5,7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,1 \\ 0,3 \\ -0,1 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{U}^{(2)}_{nút}] = [\dot{U}^{(1)}_{nút}] + [\Delta \dot{U}^{(2)}_{nút}] = \begin{bmatrix} 8 \\ 7,5 \\ 7,2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,1 \\ 0,3 \\ -0,1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,9 \\ 7,8 \\ 7,1 \end{bmatrix}$$

– Thực hiện tính toán cho bước 3 của quá trình tính lặp :

$$[\dot{Z}_{dc}]\,[\dot{Y}]\,[\dot{U}^{(2)}_{nút}] = \begin{bmatrix} 1,0 & -0,2 & 0 \\ -0,25 & 1 & -0,25 \\ 0 & -0,2 & 1,0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 7,9 \\ 7,8 \\ 7,1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 7,9 - 1,56 \\ -1,97 + 7,8 - 1,77 \\ -1,56 + 7,1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,34 \\ 4,06 \\ 5,54 \end{bmatrix}$$

$$[\Delta \dot{U}^{(3)}_{nút}] = [\Delta \dot{U}_{nút(0)}] - [\dot{Z}_{dc}]\,[\dot{Y}]\,[\dot{U}^{(2)}_{nút}]$$

$$[\Delta \dot{U}^{(3)}_{nút}] = \begin{bmatrix} 6,4 \\ 4 \\ 5,6 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 6,34 \\ 4,06 \\ 5,54 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,06 \\ -0,06 \\ 0,06 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{U}^{(3)}_{nút}] = [\dot{U}^{(2)}_{nút}] + [\Delta \dot{U}^{(3)}_{nút}] = \begin{bmatrix} 7,9 \\ 7,8 \\ 7,1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,06 \\ -0,06 \\ 0,06 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,96 \\ 7,74 \\ 7,16 \end{bmatrix}$$

Do vì sự khác nhau giữa các kết quả của bước lặp thứ hai

$[\dot{U}^{(2)}_{nút}] = \begin{bmatrix} 7,9 \\ 7,8 \\ 7,1 \end{bmatrix}$ với các kết quả của bước lặp thứ ba $[\dot{U}^{(3)}_{nút}]$ là không đáng kể do đó nếu ta cứ tiến hành tính bước lặp lại thứ tư nữa thì cũng sẽ không cần thiết. Vậy ta có thể lấy kết quả ở bước lặp thứ ba này. Hãy tìm dòng điện cành, sử dụng biểu thức : (6-89') ta có :

$$[\dot{I}] = [z_b]^{-1}\,[M]^t\,[U_{nút*}] \qquad (6.89')$$

Ở đây – $[Z_b]$ là ma trận tổng trở các cành, còn $[z_b]^{-1}$ là nghịch đảo của nó

$$[Z_b]^{-1}\,[M]^t = \begin{bmatrix} 1 & & \\ 0{,}5 & 0 & \\ & 1 & \\ 0 & 0{,}25 & \\ & & 0{,}25 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -0{,}5 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0{,}25 & -0{,}25 & 0 \\ 0 & -0{,}25 & 0{,}25 \end{bmatrix}$$

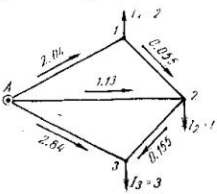
Chú ý công thức (6-89') ở phần 6-7-4 ta đã lấy nút 0 làm nút cân bằng nên ma trận của $[U_{nút\ *}]$ là ma trận của điện áp của các nút được xét đối với nút 0. Ở bài toán cụ thể này, $[U_{nút\ *}]$ sẽ là :

$$[\dot{U}_{nút*}] = ([\dot{U}_{nút}] - \dot{U}_0) = \begin{bmatrix} 7{,}96 - 10 \\ 7{,}74 - 10 \\ 7{,}16 - 10 \end{bmatrix}$$

Do đó :

$$[\dot{I}] = [Z_b]^{-1} \cdot [M]^t \cdot [\dot{U}_{nút*}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -0{,}5 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0{,}25 & -0{,}25 & 0 \\ 0 & -0{,}25 & 0{,}25 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 7{,}96 - 10 \\ 7{,}74 - 10 \\ 7{,}16 - 10 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{I}] = \begin{bmatrix} 2{,}04 \\ 1{,}13 \\ 2{,}84 \\ -0{,}510 + 0{,}565 \\ 0{,}565 - 0{,}710 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2{,}04 \\ 1{,}13 \\ 2{,}84 \\ 0{,}055 \\ -0{,}155 \end{bmatrix}$$



Hình 6-47

Sự phân phối dòng điện trên các cành như hình 6-47

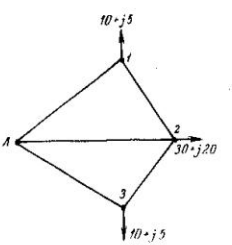
Bài toán 6-28

Lưới điện 110KV, công suất nguồn cung cấp từ A đưa đến điểm 1, 2, 3, mạch dòng điện như hình vẽ 6-48, và công suất được cho trên hình tính bằng MW và MVAR. Các đường dây có tổng trở sau :

$Z_{A1} = (10 + j\ 20)\ \Omega$; $Z_{12} = (5 + j\ 10)\ \Omega$; $Z_{23} = (6 + j12)\ \Omega$

$Z_{A3} = (10 + j20)\ \Omega$; $Z_{A2} = (20 + j40)\ \Omega$

Hãy tìm công suất phân bổ trong lưới.

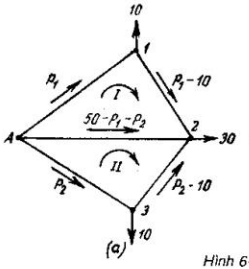


Hình 6-48

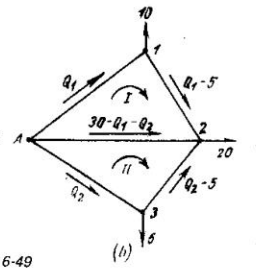
Bài giải

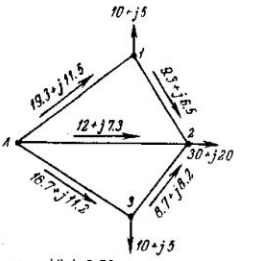
Dùng phương pháp mở lưới, đặt hai mạch như hình 6-49a, b.

Mạch ở hình 6-49a cho thấy sự phân phối công suất tác dụng phù hợp với điện kháng của đường dây. Mạch ở hình 6-49b, chỉ cho thấy phân phối của công suất phản kháng phù hợp với điện trở của đường dây. Công suất chảy qua trong toàn lưới đã được ghi trên sơ đồ với nghĩa của hai ẩn : P_1, P_2 và Q_1, Q_2. Dựa vào qui định phù hợp với số lượng công suất chưa biết bằng với sự chênh lệch giữa số đường trong lưới và số lượng của nút. Lưới điện này gồm có 5 tuyến và 3 nút.



Hình 6-49





Hình 6-50

Đối với mạng lưới hình 6-49a, hướng biết của vòng lún I và II thì chúng ta có thể có phương trình sau :

$$P_1 x_{A1} + (P_1 - 10) x_{12} - (50 - P_1 - P_2) x_{A2} = 0$$

$$(50 - P_1 - P_2) x_{A2} - (P_2 - 10) x_{23} - P_2 . x_{A3} = 0$$

Từ đây chúng ta nhận được.

$$70 P_1 + 40 P_2 = 2100$$

$$40 P_1 + 72 P_2 = 2120$$

Do vậy :

$$P_1 = \frac{\begin{vmatrix} 2100 & 40 \\ 2120 & 72 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 70 & 40 \\ 40 & 72 \end{vmatrix}} = \frac{2100 \times 72 - 2120 \times 40}{70 \times 72 - 40^2} = 19{,}3 \text{ MW}$$

$$P_2 = \frac{\begin{vmatrix} 70 & 2100 \\ 40 & 2120 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 70 & 40 \\ 40 & 72 \end{vmatrix}} = \frac{2120 \times 70 - 2100 \times 40}{70 \times 72 - 40^2} = 18{,}7 \text{ MW}$$

Tương tự, chúng ta có thể viết dựa vào hình 6-49b.

$$Q_1 r_{A1} + (Q_1 - 5) r_{12} - (30 - Q_1 - Q_2) r_{A2} = 0$$

$$(30 - Q_1 - Q_2) r_{A2} - (Q_2 - 5) r_{23} - Q_2 r_{A3} = 0$$

hay là $35 Q_1 + 20 Q_2 = 625$

$$20 Q_1 + 36 Q_2 = 630$$

Từ đó, ta được :

$$Q_1 = \frac{\begin{vmatrix} 625 & 20 \\ 630 & 36 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 35 & 20 \\ 20 & 36 \end{vmatrix}} = 11{,}5 \text{ MVAR}$$

$$Q_2 = \frac{\begin{vmatrix} 35 & 625 \\ 20 & 630 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 35 & 20 \\ 20 & 36 \end{vmatrix}} = 11,2 \text{ MVAR}$$

Sau khi tìm được công suất chảy, chúng ta đưa vào sơ đồ hình 6-50.

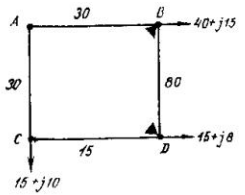
Bài toán 6-29

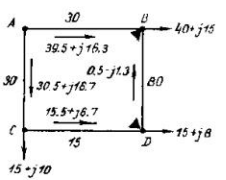
Trạm hạ áp B, C, D được cung cấp điện từ trạm A qua mạch vòng kín; toàn bộ lưới điện dùng dây AC-185, dây dẫn được xếp thành một mặt phẳng ngang cách nhau 4m. Thông số của đường dây như sau : r_o = 0,17 Ω/Km; x_o = 0,41 Ω/Km. Ở hình 6-51 cho ta công suất tại các trạm B, C, D tính bằng MW, MVAR, đồng thời chiều dài tính bằng Km.

Điện áp tại A duy trì 115 KV. Hãy tìm phân bố công suất trong lưới điện và điện áp tại các trạm B, C, D.

Bài giải

Vì toàn bộ lưới điện được sử dụng cùng loại dây dẫn điện và có cùng tiết diện, nên công suất phân bố MVA có thể được tìm theo chiều dài của dây dẫn.





Hình 6-51 Hình 6-52

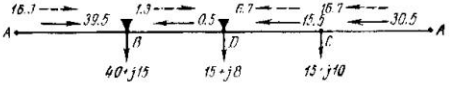
$$\overset{\bullet}{S}_{AB} = \frac{(15 + j10) \times 30 + (15 + j8) \times 45 + (40 + j15) \times 125}{155} = 39,5 + j16,3$$

$$\overset{\bullet}{S}_{AC} = \frac{(40 + j15) \times 30 + (15 + j8) \times 110 + (15 + j10) \times 125}{155} = 30,5 + j16,7$$

Kiểm tra kết quả :

$$\overset{\bullet}{S}_{AB} + \overset{\bullet}{S}_{AC} = 39,5 + j16,3 + 30,5 + j16,7 = (70 + j33) \text{ MVA}$$

Phân bố công suất được vẽ trên hình 6.52 và hình 6.53. P được chỉ bằng mũi tên nét liền, Q chỉ bằng mũi tên nét đứt. Điểm phân bố công suất tác dụng là B, và phân bố công suất phản kháng là nút D.



Hình 6-53

Để xác định tổn thất công suất, trước tiên tìm tổng trở Z (Ω)

$Z_{AB} = Z_{AC} = (0,17 + j0,41) \times 30 = 5,1 + j12,3$

$Z_{CD} = (0,17 + j0,41) \times 15 = 2,55 + j6,15$

$Z_{BD} = (0,17 + j0,41) \times 80 = 13,6 + j32,8$

Tổn thất công suất trong đoạn BD, cụ thể như sau :

$$\Delta P_{BD} = \frac{1,3^2 + 0,5^2}{110^2} \times 13,6 = 0,00218 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{BD} = \frac{1,3^2 + 0,5^2}{110^2} \times 32,8 = 0,00528 \text{ MVAR}$$

Tổn thất công suất trong đoạn AB.

$$\Delta P_{AB} = \frac{39,5^2 + 16,3^2}{110^2} \times 5,1 = 0,77 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{AB} = \frac{39,5^2 + 16,3^2}{110^2} \times 12,3 = 1,85 \text{ MVAR}$$

Công suất gởi vào đoạn AB

$\dot{S}_{AB} = 39,5 + j16,3 + 0,77 + j1,85 = (40,3 + j18,15)$ MVA

Tổn thất công suất trong đoạn CD

$$\Delta P_{CD} = \frac{15,5^2 + 6,7^2}{110^2} \times 2,55 = 0,06 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{CD} = \frac{15,5^2 + 6,7^2}{110^2} \times 6,15 = 0,145 \text{ MVAR}$$

Công suất gởi vào đoạn CD

$\dot{S}_{CD} = 15,5 + j6,7 + 0,06 + j0,145 = (15,56 + j6,71)$ MVA

Công suất nhận được trong đoạn AC

$\dot{S}_{AC} = 15,56 + j6,71 + 15 + j10 = (30,6 + j16,71)$ MVA

Tổn thất công suất trong đoạn AC :

$$\Delta P_{AC} = \frac{30,6^2 + 16,71^2}{110^2} \times 5,1 = 0,515 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{AC} = \frac{30,6^2 + 16,72^2}{110^2} \times 12,3 = 1,24 \text{ MVAR}$$

Công suất gởi vào đoạn AC :

$S'_{AC} = 30,6 + j16,7 + 0,515 + j1,24 =$

$(31,1 + j17,95)$ MVA

Hình 6-54 chỉ rõ công suất phân bố với tổn thất công suất.

Ở B :

$$V_B = 115 - \frac{40,3 \times 5,1 + 18,15 \times 12,3}{115} = 115 - 3,73$$

$$= 111,27 \text{ KV}$$

Ở C :

$$V_C = 115 - \frac{31,1 \times 5,1 + 17,95 \times 12,3}{115} = 115 - 3,29$$

$$= 111,71 \text{ KV}$$

Ở D :

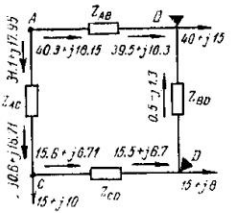
$$V_D = 111,71 - \frac{15,56 \times 2,55 + 6,71 \times 6,15}{111,71} = 111,71 - 0,73$$

$$= 110,98 \text{ KV}$$

Ở D :

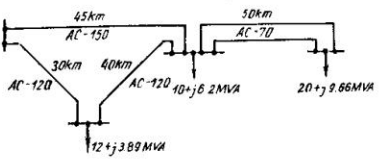
$$V_D = 111,27 - \frac{0,5 \times 13,6 - 1,3 \times 32,8}{111,27} = 111,27 - 0,323$$

$$= 110,95 \text{ KV}$$



Hình 6-54

Bài toán 6-30



Hình 6-55

Một lưới điện diện áp 110 KV gồm các trạm A, B, C, D như hình 6-55. Năng lượng cung cấp cho lưới này xuất phát từ trạm A. Điện áp ở thanh cái A này được duy trì ở mức 116 KV. Thông số của đường dây cho ở bảng sau : (Bảng 6-5)

Bảng 6-5

Tuyến	Chiều dài	Cỡ giây và vật liệu	r_o, Ω/km	x_o, Ω/Km	b_o, $[1/(\Omega . Km)].10^{-6}$	r_l, Ω	x_L, Ω
AB	30	AC - 120	0,27	0,423	2,69	8,1	12,7
AC	45	AC - 150	0,21	0,416	2,74	9,45	18,7
BC	40	AC - 120	0,27	0,423	2,69	10,8	16,9
CD	50	AC - 70	0,45	0,440	2,58	11,3	11,0

Hãy tìm phân bố công suất trong lưới điện và điện áp ở các thanh cái của trạm B, C, và D.

Bài giải

Ta hãy vẽ một mạng lưới điện tương đương với lưới ở trên. Trước khi vẽ, ta hãy tìm công suất nạp Q_c do đường dây cao thế 110 KV sinh ra :

$$Q_c = 3I_cU_p = 3U_p^2b_ol = U_d^2b_ol = U^2B$$

Ở đây :

b_o : dung dẫn trên 1 Km đường dây

B : dung dẫn đường dây

I_c : dòng điện chuyển dịch, còn gọi là dòng điện nạp của đường dây (có tính chất điện dung).

U_p điện áp pha của đường dây; U_d - điện áp dây.

$$Q_c^{AB} = \frac{1}{2} . 110^2 . 2,69 . 10^{-6} . 30 = 0,489 \text{ MVAR}$$

$$Q_c^{BC} = \frac{1}{2} . 110^2 . 2,69 . 10^{-6} . 40 = 0,65 \text{ MVAR}$$

$$Q_c^{AC} = \frac{1}{2} . 110^2 . 2,74 . 10^{-6} . 45 = 0,748 \text{ MVAR}$$

$$Q_c^{CD} = \frac{1}{2} \; 2 . 110^2 . 2,58 . 10^{-6} . 50 = 1,56 \text{ MVAR}$$

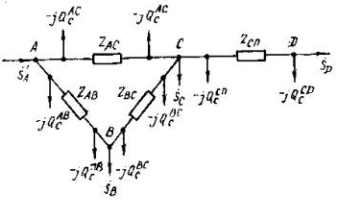
Do vậy, phụ tải định mức ở các điểm nối như sau :

$\overset{\bullet}{S}_D = 20 + j\,9,66 - j\,1,56 = (20 + j8,1)$ MVA

$\overset{\bullet}{S}_C = 10 + j\,6,2 - j\,1,56 - j\,0,65 - j\,0,748 = (10 + j\,3,24)$ MVA

$\overset{\bullet}{S}_B = 12 + j\,3,89 - j\,0,489 - j\,0,65 = (12 + j\,2,75)$ MVA

Từ các thông số trên, ta được hình vẽ H. 6-56.



Hình 6-56

Hãy tìm tổn thất công suất trên đường dây CD :

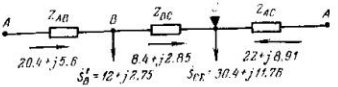
$$\Delta P_{CD} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R = \frac{20^2 + 8{,}1^2}{110^2} \cdot 11{,}3 = 0{,}435 MW$$

$$\Delta Q_{CD} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot X = \frac{20^2 + 8{,}1^2}{110^2} \cdot 11 = 0{,}423 MVAR$$

Do vậy nên phụ tải tổng ở điểm C là : $\overset{\bullet}{S}_{C\Sigma} = S_D + S_C + (\Delta P_{CD} + j\Delta Q_{CD})$

$$S_{C\Sigma} = 20 + j\,8{,}1 + 10 + j\,3{,}24 + 0{,}435 + j\,0{,}423 = 30{,}4 + j\,11{,}76 \text{ MVA}$$

Bây giờ, ta hãy cắt mạch vòng mà nguồn là A, thì ta sẽ được lưới sau đây với 2 nguồn phụ A' và A" như hình vẽ 6-57a.



Hình 6-57a

Hãy tìm công suất chạy trên đường A'B :

Bằng chứng minh một cách tổng quát, trong mạng điện kín có n phụ tải (ở đây n = 2) ta có :

$$\overset{\bullet}{S}_{A'} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overset{\bullet}{S}_i \cdot \widehat{Z}_{iA''}}{\widehat{Z}_{A'A''}} \qquad (6\text{-}64)$$

$$\overset{\bullet}{S}_{A''} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overset{\bullet}{S}_i \cdot \widehat{Z}_{iA'}}{\widehat{Z}_{A'A''}} \qquad (6\text{-}65)$$

Áp dụng, ta được :

$$\overset{\bullet}{S}_{A'B} = \frac{\overset{\bullet}{S}_{C\Sigma} \cdot \widehat{Z}_{CA} + \overset{\bullet}{S}_{B} \cdot (\widehat{Z}_{BC} + \widehat{Z}_{CA})}{\widehat{Z}_{A'B} + \widehat{Z}_{BC} + \widehat{Z}_{CA''}}$$

$$\overset{\bullet}{S}_{A'B} = \frac{(30,4 + j11,76) \cdot (9,45 - j18,7) + (12 + j2,75)(10,8 + 9,45 - j16,9 - j18,7)}{8,1 - j12,7 + 10,8 - j16,9 + 9,45 - j18,7}$$

$$\overset{\bullet}{S}_{A'B} = 20,4 + j\ 5,6 \text{ MVA}$$

Công suất ở đoạn BC :

$$\overset{\bullet}{S}_{BC} = (20,4 + j\ 5,6) - (12 + j\ 2,75) = 8,4 + j\ 2,85 \text{ MVA}$$

Công suất ở đoạn AC :

$$\overset{\bullet}{S}_{A''C} = \overset{\bullet}{S}_{BC} - S_{c\Sigma} = 8,4 + j\ 2,85 - 30,4 - j\ 11,76 = (-22 - j\ 8,91) \text{ MVA}.$$

Dấu âm của phần tác dụng và phản kháng của công suất $\overset{\bullet}{S}_{AC}$ cho ta thấy rằng công suất $\overset{\bullet}{S}_{AC}$ chảy từ trạm A" đến trạm C. Từ đây chúng ta cũng thấy điểm C là điểm phân bổ công suất :

Chúng ta cũng có thể kiểm tra bằng biểu thức (6-65) :

$$\overset{\bullet}{S}_{A''C} = \frac{\overset{\bullet}{S}_{B} \cdot \widehat{Z}_{A'B} + S_{C\Sigma} \cdot (\widehat{Z}_{A'B} + \widehat{Z}_{BC})}{\widehat{Z}_{A'B} + \widehat{Z}_{BC} + \widehat{Z}_{CA''}}$$

$$\overset{\bullet}{S}_{A''C} = \frac{(12 + j2,75)(8,1 - j12,7) + (30,4 + j11,76)(8,1 - j12,7 + 10,8 - j16,9)}{8,1 - j12,7 + 10,8 - j16,9 + 9,45 - j18,7}$$

$$\overset{\bullet}{S}_{A''C} = (22 + j\ 8,92) \text{ MVA}$$

Như vậy, ta thấy kết quả tính toán là đúng.

Tìm phân bố công suất trong vòng kín :

Tổn thất công suất ở đoạn AC :

$$\Delta P_{AC} = \frac{22^2 + 8,91^2}{110^2} \cdot 9,45 = 0,44 \text{MW}$$

$$\Delta Q_{AC} = \frac{22^2 + 8,91^2}{110^2} \cdot 18,7 = 0,87 \text{MVAR}$$

Do vậy, công suất gởi vào đoạn AC là :

$$\overset{\bullet}{S}_{AC} = 22 + j\ 8,91 + 0,44 + j\ 0,87 = (22,4 + j\ 9,78) \text{ MVA}$$

- Tổn thất công suất trong đoạn BC :

$$\Delta P_{BC} = \frac{8,4^2 + 2,85^2}{110^2} \cdot 10,8 = 0,0702 \text{MW}$$

$$\Delta Q_{BC} = \frac{8,4^2 + 2,85^2}{110^2} \cdot 16,9 = 0,11 \text{MVAR}$$

Vậy công suất gởi vào đoạn BC:

$$8,4 + j\ 2,85 + 0,0702 + j\ 0,11 = 8,47 + j\ 2,96$$

Công suất đưa đến điểm B là :

$$\dot{S}_{AB} = 8,47 + j\ 2,96 + 12 + j\ 2,75 = (20,47 + j\ 5,71)\ MVA \approx 20,5 + j\ 5,7\ MVA$$

Tổn thất công suất ở đoạn AB :

$$\Delta P_{AB} = \frac{20,47^2 + 5,71^2}{110^2} \cdot 8,1 = 0,303MW$$

$$\Delta Q_{AB} = \frac{20,47^2 + 5,71^2}{110^2} \cdot 12,7 = 0,475MVAR$$

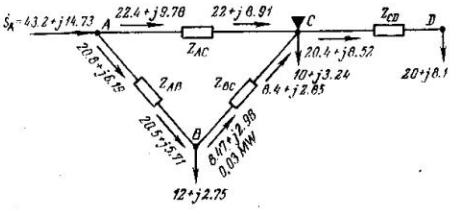
Công suất đưa về đoạn AB là :

$$\dot{S}_{AB} = 20,5 + j\ 5,70 + 0,303 + j\ 0,475 = (20,8 + j\ 6,19)\ MVA$$

Do vậy, công suất tiêu thụ của lưới điện là :

$$\dot{S}_A = 20,8 + j\ 6,19 + 22,4 + j\ 9,78 - j\ 0,489 - j\ 0,748$$

$$\dot{S}_A = (43,2 + j\ 14,73)\ MVA$$



Hình 6-57b

Sự phân phối công suất được thể hiện trên hình 6-57b. Điện áp tại các điểm nối là (KV) :

$$V_B = 116 - \frac{PR + QX}{U}$$

$$V_B = 116 - \frac{20,8 \times 8,1 + 6,19 \times 12,7}{116} = 113,9\ KV$$

$$V_C = 116 - \frac{22,4 \times 9,45 + 9,78 \times 18,7}{116} = 112,6KV$$

$$V_D = 112,6 - \frac{20,4 \times 11,3 + 8,52 \times 11}{112,6} = 109,7KV$$

Chương 7

TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

7.1. Khái niệm chung

Ngắn mạch là tình trạng sự cố nghiêm trọng và thường xảy ra trong hệ thống cung cấp điện. Vì vậy, các phần tử trong hệ thống cung cấp điện phải được tính toán và lựa chọn sao cho không những làm việc tốt trong trạng thái bình thường mà còn có thể chịu đựng được trạng thái sự cố trong giới hạn qui định cho phép. Để lựa chọn được tốt các phần tử của hệ thống cung cấp điện, chúng ta phải dự đoán được các tình trạng ngắn mạch có thể xảy ra và tính toán được các số liệu về tình trạng ngắn mạch như : dòng điện ngắn mạch và công suất ngắn mạch. Các số liệu này còn là căn cứ quan trọng để thiết kế hệ thống bảo vệ rơle, định phương thức vận hành của hệ thống cung cấp điện v.v... Vì vậy, tính toán ngắn mạch là phần không thể thiếu được khi thiết kế hệ thống cung cấp điện.

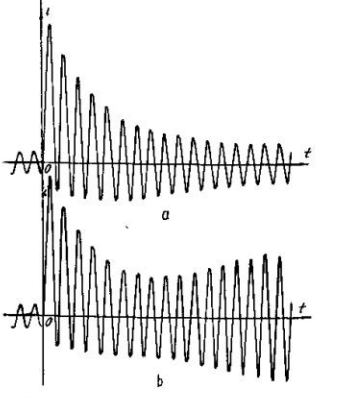
Vậy ngắn mạch là gì ? Đó là hiện tượng các pha chập nhau (đối với mạng trung tính cách điện đối với đất) hoặc là hiện tượng các pha chập nhau và chạm đất (đối với mạng trung tính trực tiếp nối đất). Nói một cách khác, đó là hiện tượng mạch điện bị nối tắt qua một tổng trở rất nhỏ có thể xem như bằng không. Khi ngắn mạch tổng trở của hệ thống bị giảm xuống và tùy theo vị trí điểm ngắn mạch xa hay gần nguồn cung cấp mà tổng trở hệ thống giảm xuống ít hay nhiều.

Khi ngắn mạch, trong mạng điện xuất hiện quá trình quá độ nghĩa là dòng điện và điện áp đều thay đổi, dòng điện tăng lên rất nhiều so với lúc làm việc bình thường. Tùy theo máy phát điện có tự động điều chỉnh kích từ hay không mà sự biến thiên của dòng điện trước lúc đạt tới trạng thái ổn định cũng khác nhau.

Song song với sự biến thiên về dòng điện, điện áp trong mạng điện cũng giảm xuống. Mức độ giảm điện áp nhiều hay ít là tùy thuộc vị trí điểm ngắn mạch so với nguồn cung cấp. Thời gian điện áp giảm xuống xác định bằng thời gian tác động của rơle bảo vệ và của máy cắt điện đặt gần điểm ngắn mạch nhất.

Trong thực tế, ta thường gặp các dạng ngắn mạch sau : ngắn mạch ba pha, hai pha, một pha và hai pha chạm đất. Ký hiệu và xác xuất xảy đối với từng loại ngắn mạch ghi ở bảng 7-1.

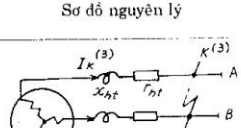
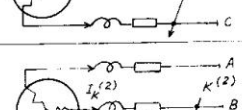
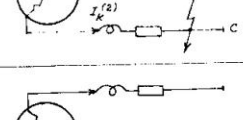
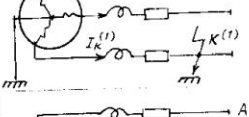
Bảng 7-1 cho thấy : xác xuất xảy ra ngắn mạch một pha là nhiều nhất (chiếm 65%) nhưng chỉ có tính chất thoáng qua, còn xác xuất xảy ra ngắn mạch ba pha là ít nhất (chỉ chiếm 5%), nhưng chúng ta cần nghiên cứu dạng ngắn mạch này. Sở dĩ vì tuy ít xảy ra nhưng nó vẫn có khả năng xảy ra. Thực tế, có lúc ngắn mạch 3



Hình 7.0- Biểu diễn sự biến thiên của dòng điện khi ngắn mạch.
a) Máy phát điện không có TĐK
b) máy phát điện có TĐK

pha lại quyết định tình trạng làm việc của hệ thống điện. Mặt khác trong tính toán chọn máy cắt và khí cụ điện ta cần kiểm tra ổn định lực động điện của chúng xuất phát từ dòng điện ngắn mạch 3 pha.

Bảng 7-1

Dạng ngắn mạch	Sơ đồ nguyên lý	Ký hiệu	Xác xuất xảy ra %
a) Ngắn mạch ba pha		$N^{(3)}$ hay $K^{(3)}$	5
b) Ngắn mạch hai pha		$N^{(2)}$ hay $K^{(2)}$	10
c) Ngắn mạch một pha		$N^{(1)}$ hay $K^{(1)}$	65
d) Ngắn mạch hai pha chạm đất		$N^{1,1)}$ hay $K^{(1,1)}$	20

Để nghiên cứu ngắn mạch chúng ta dùng lý thuyết thành phần đối xứng. Lý thuyết này cho phép thiết lập mối quan hệ giữa những lưới có thứ tự khác nhau, giữa các dòng điện có thứ tự khác nhau, đồng thời xác định mạch phân dòng (sun) tương đương cần thiết phải đưa vào điểm sự cố của lưới điện thứ tự thuận để xác định dòng điện thứ tự thuận sự cố. Một phụ tải mới của lưới điện sẽ nằm đúng tại mạch phân dòng (sun) tương đương đặc trưng cho mỗi phạm trù sự cố.

Vì vậy, việc giải quyết bài toán gồm có :

– Tính toán chế độ làm việc bình thường trước khi sự cố.

– Xác định mạch phân dòng (sun) tương đương.

– Xác định thành phần thứ tự thuận ở chỗ sự cố. Thông qua việc tính toán ở chế độ vừa được thiết lập.

– Xác định dòng điện sự cố bằng cách sử dụng các mối liên quan giữa các thành phần khác nhau và dòng điện thực tế từ các phía của lưới điện.

Mức độ gần đúng trong việc tính toán dòng điện ngắn mạch phụ thuộc trước tiên vào cách thức thiết lập các đặc tính tham gia vào sơ đồ tính toán, sau đó phụ thuộc vào sự chính xác của phương tiện tính toán.

Việc sử dụng phương pháp tính dùng ma trận, và đặc biệt là dùng máy vi tính có khả năng thực hiện được tốt và đảm bảo sự chính xác cần thiết ở mức độ cao. Chúng ta nhận xét rằng : đối với các giá trị của dòng điện ngắn mạch ba pha được tính cho một hệ thống năng lượng cụ thể nào đó, với các sức điện động khác nhau về môđun và ácgumen, với phần tử của đường dây được biểu thị bằng tổng trở (r + jx) và với phụ tải tương đương một tổng trở (ứng với chế độ trước khi sự cố).

– Nếu không kể đến phụ tải và các phần tử khác được tính toán đúng thì giá trị của dòng điện ngắn mạch sẽ lớn hơn từ 2 – 7% so với giá trị chính xác.

– Nếu chỉ không lưu ý đến sự khác nhau về môđun và ácgumen của sức điện động (xem các máy phát điện là như nhau và có sức điện động bằng 1,05E) thì sẽ đưa đến giá trị của dòng điện ngắn mạch ba pha là gần đúng và nhỏ hơn khoảng 10% so với giá trị chính xác.

– Nếu chỉ không kể đến sự khác nhau giữa môđun sức điện động (sức điện động = 1,05E) và với sự tính toán đúng của góc lệch pha (trên thực tế góc lệch pha hầu như không thay đổi), thì dòng điện ngắn mạch sẽ gần đúng và nhỏ hơn khoảng 11% so với giá trị chính xác.

– Nếu không kể đến sự khác nhau về môđun và ácgumen của sức điện động (sức điện động = 1,05E), đồng thời không kể đến sự khác nhau của phụ tải, thì sẽ đưa đến giá trị của dòng điện ngắn mạch 3 pha nhỏ hơn so với giá trị chính xác khoảng từ 5 – 8%.

– Nếu không kể đến điện trở và phụ tải (khi tính toán chính xác sức điện động), thì sẽ dẫn đến dòng điện ngắn mạch ba pha sẽ lớn hơn giá trị thực tế đến khoảng 20%.

– Nếu không kể đến sự khác nhau giữa môđun và ácgumen của sức điện động, của điện trở của lưới điện và của phụ tải thì sẽ dẫn đến dòng điện ngắn mạch sai lệch so với giá trị chính xác khoảng 10%.

– Nếu dùng định lý máy phát điện tương đương (Thévénin) để tính toán khi dòng điện ngắn mạch sẽ là :

$$I_{ngm} = \frac{U_k}{Z_k + Z_{sun}} \qquad (7\text{-}1)$$

Trong đó :

U_k – điện áp của thanh góp sự cố ở chế độ làm việc trước khi phát sinh ngắn mạch.

Z_k – tổng trở tương đương của sơ đồ thứ tự thuận được nhìn từ chỗ sự cố.

Z_{sun} – tổng trở mạch sun tương đương của chỗ sự cố.

Như vậy, nếu không kể đến sự khác nhau của phụ tải, thì kết quả cho dòng điện ngắn mạch sẽ bé hơn so với giá trị chính xác như đã nêu ở trên (khoảng từ 5 – 8%).

Sự sai lệch của dòng điện ngắn mạch được tính toán so với giá trị thực tế nằm trong phạm vi đã nêu trên có thể chấp nhận được khi nghiên cứu một số phạm trù tính toán như việc xác định công suất dòng điện ngắn mạch của máy cắt điện.

Song, trong một số trường hợp cần thiết phải xác định giá trị chính xác như trong việc lựa chọn đường đặc tính của điều chỉnh bảo vệ khoảng cách, bảo vệ so lệch v.v... lúc đó ta cần phải tính toán dòng ngắn mạch một khoảng cách chính xác. Để đáp ứng được yêu cầu này, ta sử dụng phương pháp ma trận để giải các bài toán của lưới điện.

Kết quả thực tế cho thấy việc sử dụng phương pháp ma trận và tính toán bằng máy vi tính sẽ được kết quả chính xác hơn và thực hiện với tốc độ nhanh hơn nhiều so với các phương pháp tính toán gần đúng mà trước đây chúng ta đã nghiên cứu.

A. DÙNG MA TRẬN VÀ MÁY VI TÍNH ĐỂ TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN.

7.2. Các giả thiết và các mối quan hệ cơ bản.

Việc tính toán "chính xác" dòng điện ngắn mạch bao gồm việc tính toán một chế độ hoàn chỉnh trong đó có kể đến tình hình trước lúc sự cố. Thông qua phép tính này, chúng

ta xác định sức điện động của máy phát điện (cả về môđun lẫn ácgumen), đồng thời điện áp ở tất cả các thanh góp của hệ thống.

Những giả thiết đặt cơ sở cho tính toán là :

1. Sức điện động của máy phát điện không hề thay đổi trong thời gian sự cố.

2. Phụ tải của các nút thay đổi theo một đường đặc tính có dạng $S = KU^2$, tức là cho phép thay thế phụ tải bằng tổng trở.

3. Nghiên cứu sự thay đổi dòng điện ngắn mạch trong thời gian sự cố thông qua sự mô tả máy phát điện, hoặc thông qua điện kháng siêu quá độ nội bộ, hoặc thông qua các điện kháng quá độ hay điện kháng đồng bộ.

Sự mô tả theo cách khác nhau này của máy phát điện là tùy thuộc vào vấn đề được nghiên cứu : để nghiên cứu chế độ động lực học hay phân tích điều kiện ổn định tĩnh, hoặc khi nghiên cứu sự điều chỉnh điện áp nhanh ta sẽ dùng điện kháng quá độ; để phân tích điều kiện ổn định tĩnh tự nhiên, ta sẽ dùng điện kháng đồng bộ.

4. Khi dùng các thành phần đối xứng, các thứ tự thuận, nghịch và không (1, 2, 0) thì chế độ ngắn mạch sẽ là kết quả của sự xếp chồng :

– Của chế độ ban đầu (trước khi sự cố)

– Của chế độ thứ tự thuận, trong đó lưới điện là mạng thụ động, các máy phát điện được biểu thị thông qua các điện kháng của chúng (siêu quá độ, quá độ hay đồng bộ), được nối giữa lưới điện và đất; ở điểm ngắn mạch có điện áp U_{th} (còn có ký hiệu là U_q) tác động.

– Của chế độ thứ tự nghịch, ở đó lưới điện là mạng thụ động, các máy phát điện được biểu thị thông qua các điện kháng thứ tự nghịch của chúng. Ở điểm ngắn mạch có điện áp U_{ng} (còn có ký hiệu là U_2) tác động.

– Của chế độ thứ tự không (hay thứ tự đồng cực), ở đó lưới điện là mạng thụ động, các máy phát điện được biểu thị qua điện kháng thứ tự không của chúng; ở điểm ngắn mạch có điện áp U_0 tác động.

Các giá trị : U_{th}, U_{ng}, U_0 tùy thuộc vào điện áp ở điểm sự cố trước khi xuất hiện sự cố; đồng thời tương ứng có các tổng trở Z_{th}, Z_{ng}, Z_0 tương đương của toàn lưới điện khi xem xét từ điểm sự cố của mỗi một hệ thống trong số các hệ thống thứ tự nhuận, thứ tự nghịch và thứ tự không.

Giá trị của một đại lượng bất kỳ nào đó (điện áp hay dòng điện) ở tại một điểm nút của lưới điện, là kết quả từ sự xếp chồng của các thành phần đối xứng và của giá trị ban đầu của nó. Sau đây, chúng ta cũng sẽ không nghiên cứu đến các dạng sự cố phức tạp, vì về thực chất, các dạng phức tạp này khi phân tích để tính toán thì cũng không khác với phương pháp tính toán ngắn mạch trong lưới. Đồng thời để đơn giản hóa khi trình bày, chúng ta cũng không nghiên cứu chi tiết.

Để tính toán chế độ ngắn mạch, chúng ta sử dụng các quan hệ đã biết giữa điện áp của thanh góp và dòng điện đưa đến các thanh góp này.

$$(I) = (Y)\,(U) \qquad (7\text{-}2)$$

hay

$$(U) = (Z)\,(I) \qquad (7\text{-}3)$$

Ở đây :

(U) – ma trận điện áp nút, thuộc về các thanh góp được nghiên cứu. Nếu khi tính toán thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch, ta tiến hành xác định nó tùy theo sức điện động của nguồn điện thì khi tính toán chế độ mới chúng ta sẽ nghiên cứu ngay tại thanh góp và các thanh góp ở phía sau nội điện kháng của các máy phát điện (Ej) (xem biểu thức 7-4a và b). Nếu trong tính toán chúng ta quan tâm đến việc xác định dòng điện sự cố tùy thuộc vào điện thế của nút của lưới điện, thì ngay tại thanh góp cũng chỉ xuất hiện điện áp này (Uj) (xem biểu thức 7-5).

(Y) – là ma trận tổng dẫn của thanh góp, được xác định so với thanh góp qui chiếu (chuẩn) (theo qui định là đất). $(Y) = (Z)^{-1}$

(Z) - ma trận tổng trở của thanh góp, được xác định so với thanh góp qui chiếu (theo qui định là đất). $(Z) = (Y)^{-1}$

Đối với việc tính toán thực tế các mạch điện tuyến tính, ta thường dùng nguyên lý xếp chồng; nghĩa là tình trạng thực tế có thể xem như là kết quả của việc xếp chồng một số tình trạng qui ước với giả thiết là mỗi tình trạng chỉ có một (hay một nhóm) sức điện động, trong khi đó các sức điện động khác bằng không (những máy phát có sức điện động bằng không phải giữ lại điện kháng của chúng). Việc tính toán mỗi một tình trạng qui ước như vậy thì đơn giản hơn. Trong thực tế, thông thường người ta sử dụng các dạng nguyên lý xếp chồng sau :

+ Xếp chồng tình trạng riêng sự cố lên tình trạng trước lúc ngắn mạch.

Điều kiện ngắn mạch ba pha sẽ không thay đổi nếu tại điểm ngắn mạch ta đặt hai sức điện động bằng nhau nhưng ngược pha nhau. Trị số của chúng nói chung có thể là tùy ý, nhưng thường lấy bằng điện áp của điểm ngắn mạch trước lúc xảy ra ngắn mạch. Nếu sức điện động của các máy phát điện trong sơ đồ là của tình trạng trước lúc ngắn mạch thì tình trạng sau lúc xảy ra ngắn mạch sẽ là sự xếp chồng của hai tình trạng; một tình trạng là xét đến tất cả các sức điện động và sức điện động được phụ thêm có giá trị + U_{ko} đặt tại điểm ngắn mạch, đó là tình trạng bình thường trước lúc ngắn mạch. Tình trạng thứ hai là chỉ có tác động của sức điện động có giá trị – U_{ko} đặt tại điểm ngắn mạch. Tình trạng này gọi là tình trạng riêng sự cố, lúc đó ta sẽ tính được thành phần dòng điện và điện áp sự cố khi ngắn mạch ($I_{sự\ cố}$, $U_{sự\ cố}$).

Các dòng điện và điện áp thực tế khi ngắn mạch ba pha là do sự xếp chồng của các trị số trước khi sự cố lên trị số tìm được trong tình trạng riêng sự cố, tức là :

$$I = I_0 + I_{sự\ cố}$$

$$U = U_0 + U_{sự\ cố}$$

Ở đây $U < U_0$, tức là $U_{sự\ cố} < 0$. Từ đây ta thấy, nếu nhìn về dòng điện thì dòng điện sự cố ở máy phát điện (dòng I sự cố) sẽ cùng chiều với dòng điện I_0, còn trong các nhánh khác thì dòng điện sự cố I sự cố có thể cùng chiều hay khác chiều với dòng I_0 (ví dụ trong nhánh phụ tải, dòng I sự cố và I_0 khác chiều nhau).

Dùng nguyên lý xếp chồng ở dạng này có lợi khi tình trạng trước khi sự cố là đã biết, vì lúc đó chỉ cần tính đơn giản của tình trạng riêng sự cố.

Trong thực tế, người ta luôn luôn cho phép dùng nguyên lý xếp chồng tình trạng riêng sự cố của sơ đồ thuần điện cảm lên tình trạng trước khi sự cố ứng với một sơ đồ mà ở đấy tất cả các phần tử được biểu thị bằng tổng trở. Về nguyên tắc chúng ta hiểu rằng sự xếp chồng như vậy là chưa thật đúng, song thực tế ta có thể tiến hành như vậy vì kết quả sẽ cho một sai số rất bé (vì trên thực tế thành phần dòng điện sự cố sẽ lớn hơn rất nhiều so với dòng điện bình thường trước khi sự cố).

Nếu điện áp tại chỗ sự cố trong tình trạng trước sự cố ta chưa biết thì ta cho nó một trị số nào đó với quan niệm rằng ở chế độ bình thường, độ lệch điện áp có thể là mấy phần trăm.

Dạng nguyên lý xếp chồng này cũng có thể dùng khi tính toán sự cố không đối xứng đơn giản và phức tạp.

+ Sử dụng tổng trở (hay tổng dẫn) đầu vào và tổng trở (hay tổng dẫn) tương hỗ.

Giả sử, một hệ thống điện có n máy phát điện với các sức điện động là $E_1, E_2..., E_n$. Theo nguyên lý xếp chồng, thì dòng điện phát ra bởi các máy phát điện, ví dụ dòng điện phát ra bởi n các máy phát điện, trong nhánh máy phát điện 1 sẽ là :

$$I_1 = I_{11} - I_{12} - I_{13} - ... - I_{1n} = \frac{E_1}{Z_{11}} - \frac{E_2}{Z_{12}} - ... - \frac{E_n}{Z_{1n}}$$

$$= Y_{11}E_1 - Y_{12}E_2 - Y_{13}Y_3 - ... - Y_{1n}En \qquad (7\text{-}4a)$$

Ở đây, I_1 – dòng điện trong nhánh máy phát điện 1

$I_{11} = \frac{E_1}{Z_{11}} = Y_{11}E_1$ – dòng điện trong nhánh máy phát điện 1 chỉ do sức điện động E_1 sinh ra lúc các sức điện động khác bằng không (nhưng vẫn giữ lại điện kháng).

$I_{12}, ... I_{1n}$ – dòng điện trong nhánh máy phát điện 1 lần lượt chỉ do sức điện động 2, ..., n sinh ra khi các sức điện động khác bằng không.

Sở dĩ trong biểu thức trên có dấu trừ vì ta qui ước chiều dương của dòng điện là chiều từ máy phát điện của nhánh đang xét (nhánh 1) đi ra. Do đó, các máy phát điện 2, 3, ..., n cung cấp dòng điện đến nhánh máy phát điện 1 đang xét nên sẽ có dấu trừ.

Z_{11}, Y_{11} tổng trở hoặc tổng dẫn đầu vào của máy phát điện 1

Z_{12}, Y_{12} : – tổng trở hoặc tổng dẫn tương hỗ giữa máy phát điện 1 và máy phát điện 2 v.v...

Nếu như trong sơ đồ, các phần tử của nó đều được biểu diễn bằng điện kháng thì biểu thức (7-4a) có thể viết thành :

$$I_1 = \frac{E_1}{jX_{11}} - \frac{E_2}{jX_{12}} - \frac{E_3}{jX_{13}} - ... - \frac{E_n}{jX_{1n}} \qquad \textbf{(7-4b)}$$

Cách tính các tổng trở, tổng dẫn đầu vào Z_{11}, Y_{11} và các tổng trở và tổng dẫn tương hỗ $Z_{12}, Z_{13}... Y_{12}, Y_{13}$, v.v... thì ta căn cứ vào định nghĩa :

$$Z_{11} = \frac{E_1}{jI_{11}}, \quad Y_{11} = \frac{1}{Z_{11}}$$

$$Z_{12} = \frac{E_2}{jI_{12}} \text{ và } Y_{12} = \frac{1}{Z_{12}} \qquad (7\text{-}4d)$$

Chú ý rằng $Z_{12} = Z_{21}, Z_{1n} = Z_{n1}$,

$Y_{12} = Y_{21}, Y_{1n} = Y_{n1}$ v.v...

Chúng ta đã học cách tính này ở môn cơ sở kỹ thuật điện. Ở đây ta chỉ nêu vài trường hợp đơn giản cần cho tính toán ngắn mạch :

Ví dụ : cho hình 7-1a, cần tìm các tổng trở đầu vào và các tổng trở tương hỗ : Z_{11}, $Z_{12}, Z_{13}...$ ta dùng một trong 3 cách sau đây :

1. Giả sử E_1 đã biết, cho $E_2 = 0$, căn cứ vào sơ đồ ta giải ra được các dòng điện I_{11}, I_{21}... I_{51} trong các nhánh 1 đến 5 chỉ do sức điện động E_1 sinh ra.

2. Vẫn cho $E_2 = 0$ ta sẽ đi ngược lại, giả thiết cho dòng điện trong một nhánh nào đó, ví dụ : $I_{31} = 1$, ta sẽ lần lượt tìm ra được các I_{21}, I_{11}, I_{51}.

Sau khi tìm theo một trong hai cách trên, ta dùng công thức (7-4d) để tìm ra các tổng trở (tổng dẫn) đầu vào và tổng trở hoặc tổng dẫn tương hỗ.

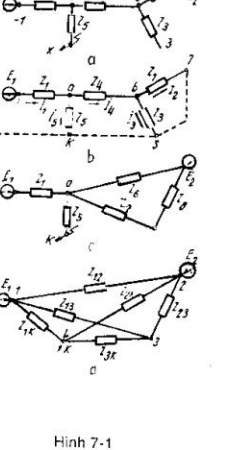
3. Phương pháp khử các đặc điểm nút trong sơ đồ và biến sơ đồ đã cho về một sơ đồ chỉ gồm các điện kháng nối liền các điểm đã xét. Ví dụ ở hình 7-1a, ta phải xác định tổng trở đầu vào và tổng trở tương hỗ của máy phát điện G-1. Muốn vậy, ta hãy giả thiết $E_2 = 0$, ta hãy khảo sát ở một nhánh nào đó ví dụ ở nhánh 3 có Z_3 và có 1 dòng điện $I_3 = 1$ (hình 7-1b), chúng ta sẽ nhận được điện áp tại điểm b. Với điện áp này, ta sẽ nhận được dòng điện ở nhánh Z_2. Tiếp tục, chúng ta sẽ xác định điện áp giáng trên Z_4 do dòng điện I_4 sinh ra : $I_4 = I_2 + I_3$, như vậy, ta được điện áp ở nút a và với điện áp này, ta được dòng điện trong nhánh Z_5. Cuối cùng, chúng ta biết được dòng điện $I_1 = I_4 + I_5$, chúng ta hãy xác định sức điện động ε_1 áp dụng ở phía trước của Z_1 để đảm bảo ở nhánh Z_3 có dòng điện I_3 có giá trị ở trên.

Khi đó, tổng trở sẽ là :

$$Z_{11} = \frac{\varepsilon_1}{I_1}, Z_{12} = \frac{\varepsilon_1}{I_2}, Z_{13} = \frac{\varepsilon_1}{I_3}$$

$$Z_{15} = Z_{1k} = \frac{\varepsilon_1}{I_5}$$

Chúng ta cũng có thể tìm các tổng trở trên nhờ cách biến đổi dần sơ đồ hình 7-1a. Ở đây, chúng ta hãy loại các nút trung gian ra và hãy biến sơ đồ hình 7-1a thành một sơ đồ khác, với các mối liên quan trực tiếp giữa các điểm mà ta quan tâm. Như vậy, ở hình 7-1a, lúc ban đầu ta biến đổi hình sao (Y) gồm các phần tử Z_2, Z_3, Z_4 thành hình tam giác (Δ) (hình 7-1c), sau đó biến hình sao có 4 tia (từ hình 7-1c) : Z_1, Z_5, Z_6, Z_7 thành hình lưới điện (hình 7-1d). Rồi ta ghép song song nhánh Z_8 với một nhánh của hình lưới đã biến đổi được, ta được ngay các điện kháng tương hỗ : Z_{1k},Z_{12}, Z_{2k}, Z_{13}, Z_{23}, Z_{3k}. Các tổng trở đầu vào ta sẽ tính như sau :



Hình 7-1

$$Z_{11} = Z_{12} // Z_{13} // Z_{1k}$$

$$Z_{22} = Z_{21} // Z_{2k} // Z_{23}$$

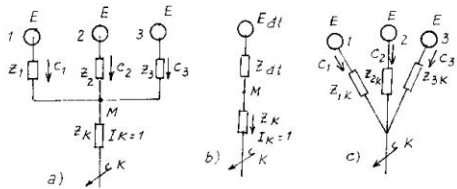
Cả hai phương pháp nêu trên cũng có thể được sử dụng đồng thời, tức là lúc ban đầu ta thực hiện hàng loạt các phép biến đổi, sau đó ta thiết lập sự phân chia dòng điện trong sơ đồ và sức điện động tương ứng.

Trong thực tế tính toán ngắn mạch, luôn luôn ta phải xác định tổng trở tương hỗ giữa điểm ngắn mạch và các máy phát điện khác nhau (hay các trung tâm). Nếu chúng ta qui ước lấy dòng điện tại chỗ ngắn mạch lấy bằng 1 và giả thiết tất cả các sức điện động đều bằng nhau thì sự phân bố của dòng điện đó trong các nhánh khác nhau sẽ là C_1, C_2,... C_n và được gọi là hệ số phân bố của các nhánh đó. Hệ số này cho phép ta tính toán các tổng trở. Nếu trong sơ đồ không có các phụ tải thì hệ số phân bố của các máy phát điện đặc trưng cho phần tham gia của các máy phát điện cung cấp cho chỗ ngắn mạch. Nếu biết : hệ số phân bố C_n của một máy phát điện bất kỳ nào đó, và tổng trở toàn bộ hay tổng hợp Z_Σ của sơ đồ đối với điểm ngắn mạch, ta có thể xác định dễ dàng tổng trở tương hỗ giữa máy phát điện n này với điểm ngắn mạch K theo biểu thức sau :

$$Z_{nk} = \frac{Z_\Sigma}{C_n} \qquad (7\text{-}4e)\ (1)$$

Hãy xét trường hợp cụ thể sau :

Cho sơ đồ hình 7-2a trong sơ đồ các sức điện động đều bằng nhau và không có phụ tải, cho $I_k = 1$, ta được các hệ số phân bố C_1, C_2, ..., C_n như sau : ghép song song tất cả các nguồn điện lại ta được một nguồn điện E và tổng trở dằng trị Z_{dt} của các tổng trở Z_1, Z_2, Z_3 (hình 7-2b).



Hình 7-2. Sơ đồ để xác định hệ số phân bố

Tất cả các sức điện động theo giả thiết là bằng nhau nên điện áp rơi từ nguồn đến điểm M không đổi trước và sau lúc ghép, dù đi theo bất cứ nhánh nào, tức là :

$$I_k Z_{dt} = C_1 Z_1 = C_2 Z_2 = \ldots = C_n Z_n$$

Nhưng : $I_k = 1$ (theo giả thiết) nên ta rút ra ;

$$C_1 = \frac{Z_{dt}}{Z_1},\ C_2 = \frac{Z_{dt}}{Z_2},\ C_3 = \frac{Z_{dt}}{Z_3},\ \ldots,\ C_n = \frac{Z_{dt}}{Z_n}$$

Trong đó $Z_{dt} = Z_1 \,//\, Z_2 \,//\, Z_3 \,//\, \ldots \,//\, Z_n$

Ta có thể tìm được các tổng trở tương hỗ của từng nguồn điện đối với chỗ ngắn mạch K (hình 7-2c) như sau :

$$I_k Z_\Sigma = 1\ .\ Z_\Sigma = C_1 Z_{1k} = C_2 Z_{2k} = C_3 Z_{3k} = \ldots = C_n Z_{nk}$$

(*) Công thức (7-4e) sử dụng với giả thiết là : cần phải áp dụng một sức điện động đối với tổng trợ đẳng trị Z_Σ để tại điểm ngắn mạch ta được dòng điện bằng một đơn vị.

Ở đây $Z_{\Sigma} = Z_{dt} + Z_k$: là tổng trở tổng hợp của sơ đồ đối với điểm ngắn mạch.

Từ đây, ta rút ra được tổng trở tương hỗ.

$$Z_{tk} = \frac{Z_{\Sigma}}{C_1}, \quad Z_{2k} = \frac{Z_{\Sigma}}{C_2}, \ldots, \quad Z_{nk} = \frac{Z_{\Sigma}}{C_n}$$

Vậy một cách tổng quát, nếu ta gọi : E_j là sức điện động của nguồn ở thanh góp j,

U_k – điện áp ở thanh góp sự cố K.

Y_{kj} (Z_{kj}) là tổng dẫn (hay tổng trở) tương hỗ giữa thanh góp K và thanh góp j, nguồn được nối đến thanh góp j, thì dòng điện ngắn mạch ở một trong các thanh góp cần xem xét của lưới (ví dụ ở thanh góp k) sẽ có biểu thức là :

$$I_k = Y_{kk} U_k - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n} Y_{kj} E_j \qquad (7\text{-}4f)$$

hay $$I_k = U_K \left(\frac{1}{Z_{kk}}\right) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n} E_i \left(\frac{1}{Z_{kj}}\right) \qquad (7\text{-}4g)$$

Dòng điện ngắn mạch được xác định tùy thuộc vào điện áp của các nút của lưới, có biểu thức sau :

$$I_k = Y'_{kk} U_k - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^{n} Y'_{ki} U_i \qquad (7\text{-}5)$$

Ở đây Y'_{ki} là tổng dẫn tương hỗ giữa thanh góp k và các thanh góp i (các nút của lưới điện).

U_i là điện áp ở thanh góp i.

U_k là điện áp ở thanh góp k.

Dạng (7-5) được sử dụng nhiều do có nhiều thuận lợi khi tính toán. Giải các phương trình (7-2) hay (7-3), chú ý đến những giả thiết nêu ở trên, chúng ta sẽ thực hiện trên máy vi tính hay dùng phương pháp trực tiếp hoặc dùng phương pháp lặp lại nhiều lần.

Từ các sơ đồ sự cố tương đương, tùy theo dòng điện thứ tự thuận, thứ tự nghịch và dòng thứ tự không mà cuối cùng ta sẽ tính được dòng điện sự cố.

Việc lựa chọn dạng phương trình (7-2) hay (7-3) để viết phương trình của trạng thái phụ thuộc vào cấu trúc của lưới điện phải tính toán và vào mục đích của việc nghiên cứu. Thông thường, ta có thể nói rằng : sử dụng phương trình (7-2) sẽ thuận lợi khi ở lưới điện mà ở đó ta bỏ qua cảm ứng tương hỗ của mạch (đây là trường hợp trên thực tế đảm bảo đủ chính xác). Khi đó ma trận (Y) sẽ được viết rất dễ dàng (xem tiếp mục 7-3). Tiếp tục, bằng cách loại dần các thanh góp của lưới điện, chúng ta có thể giảm dễ dàng ma trận cho đến khi chỉ tồn tại thanh góp mà ta quan tâm để xác định dòng điện ngắn mạch (các thanh góp của các máy phát và thanh góp sự cố). Ma trận có được cho phép ta xác định dòng điện theo phương trình (7-4f).

Ưu điểm của phương pháp này là ta nhanh chóng thu được kết quả, song khuyết điểm của nó là các thuật toán để loại ra cần tiến hành đối với từng vấn đề tham gia.

Dùng công thức (7-3) có những thuận lợi sau đây :

– Thực hiện dễ dàng để giảm ma trận.

– Có thể biến đổi dễ dàng ma trận tổng trở để thay đổi hình dáng của lưới điện.

– Có thể nghiên cứu nhiều vấn đề liên quan đối với cùng một lưới điện mà không cần có một tác động nào khác ngoài việc rút ra từ các ma trận.

Còn bất lợi của nó, trước tiên là khó khăn để thực hiện ma trận Z đối với các lưới điện lớn. Tương tự, trong ma trận Z, chúng ta luôn luôn tìm thấy có rất nhiều số hạng vô ích để giải quyết các bài toán tiếp theo.

Ở trường hợp nếu chúng ta giả thiết rằng tất cả các sức điện động của các máy phát điện có cùng một môđun và ácgumen thì việc tính toán ma trận chỉ để hệ thống hóa và sẽ tính toán được rất nhanh kết quả nhờ máy vi tính.

Khi đó, các biểu thức tính sẽ như sau :

$$I^{(3)}_{ngm} = \frac{E}{Z_{th}}$$

$$I^{(1)}_{ngm} = \frac{3E}{Z_{th} + Z_{ng} + Z_{dc}} \qquad (7\text{-}6)$$

$$I^{(2)}_{ngm} = \frac{\sqrt{3}.E}{Z_{th} + Z_{ng}}$$

$$I^{(1,1)}_{ngm} = \frac{\sqrt{3}.E\sqrt{1 - \dfrac{Z_{ng}.Z_{dc}}{(Z_{ng} + Z_{dc})^2}}}{Z_{th} + \dfrac{Z_{ng}.Z_{dc}}{Z_{ng} + Z_{dc}}}$$

với Z_{dc} : – tổng trở của thứ tự đồng cực hay tổng trở thứ tự không ($Z_{dc} = Z_0$), và bài toán sẽ dựa đến việc xác định tổng trở tương đương của các thứ tự khác nhau đối với thanh góp sự cố.

Nếu tính toán được tiến hành xuất phát từ xem xét điện áp các nút của lưới điện, thì rõ ràng ở những biểu thức trước đây, sức điện động E sẽ được thay thế bằng điện áp U, còn các tổng trở thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không (thứ tự đồng cực Z_{dc}) sẽ được tính đối với các sơ đồ tương đương và tương ứng với các thứ tự.

Việc tính toán tổng trở sẽ được thực hiện bằng cách đưa một dòng điện đơn vị i_k vào thanh góp sự cố K của lưới thụ động của thứ tự tương ứng và nhờ các phương trình có dạng (7-2) và (7-3) ta hãy xác định điện áp U_k của nút tương ứng.

$$Z_k = \frac{u_k}{i_k} = u_k \text{ (vì } i_k = 1) \qquad (7\text{-}7)$$

Cách tính thuận tiện để tìm tổng trở này, hay nói một cách chính xác hơn là cách tính để tìm điện áp U_k tương ứng là phép tính toán ma trận tam giác tổng trở (hay tổng dẫn) của thanh góp. Vấn đề này sẽ đưa đến việc loại dần những ẩn số mà chúng ta không quan tâm đến trong việc nghiên cứu bài toán, tương ứng với chúng, đó là điện áp của các thanh góp không bị sự cố.

Ma trận tam giác sẽ có dạng :

$$\begin{cases} Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - \ldots\ldots - Y_{1(n-1)}U_{n-1} - Y_{1n}U_n = I_1 \\ + Y^{(1)}_{22}U_2 - \ldots\ldots - Y^{(1)}_{2(n-1)}U_{n-1} - Y^{(1)}_{2n}U_n = I^{(1)}_2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ + Y^{(n-2)}_{(n-1)(n-1)}U_{n-1} - Y^{(n-2)}_{(n-1)n}U_n = I^{(n-2)}_{(n-1)} \\ + Y^{(n-1)}_{nn}U_n = I^{(n-1)}_n \end{cases}$$

Để làm rõ hơn, ví dụ, các tổng dẫn của phương trình đối với nút 2 sẽ nhận được bằng cách thay thế ẩn số U_1 của phương trình đầu tiên vào phương trình nút 2 :

$$U_1 = \frac{1}{Y_{11}}\left(I_1 + \sum_{j=2}^{n} Y_{1j}U_j\right)$$

Như vậy, ta sẽ nhận được : (liên hệ bảng Gauss cuối chương 1 của bài giảng về dùng ma trận để tính toán lưới điện và tính toán ngắn mạch của tác giả Nguyễn Xuân Phú) :

$$\underbrace{0 + \left(Y_{22} - \frac{Y_{21}}{Y_{11}}Y_{12}\right)}_{Y^{(1)}_{22}}U_2 + \ldots + \underbrace{\left(-Y_{2n} - \frac{Y_{21}}{Y_{11}}Y_{1n}\right)}_{-Y^{(1)}_{2n}}U_n = \underbrace{I_2 + \frac{Y_{12}}{Y_{11}}I_1}_{I^{(1)}_2}$$

Từ ma trận tam giác ở trên, khi biết dòng điện và tổng dẫn, ta dễ dàng nhận được :

$$U_n = \frac{I^{(n-1)}_{11}}{Y^{(n-1)}_{nn}}$$

$$U_{n-1} = \frac{I^{(n-2)}_{(n-1)}}{Y^{(n-2)}_{(n-1)(n-1)}} + \frac{Y^{(n-2)}_{(n-1)n}}{Y^{(n-2)}_{(n-1)(n-1)}}U_n$$

Ở trên, chúng ta đã giả thiết là việc đánh số các thanh góp đã tiến hành sao cho nút có sự cố (K) phải là nút cuối cùng-nút thứ n. Sự phân bố của dòng điện ngắn mạch ở các nhánh khác nhau của lưới điện sẽ thực hiện theo biểu thức :

$$I_{ij} = \frac{1}{Z_{ij}}(u_i - u_j)\ I_{ngm} \qquad (7\text{-}8)$$

Ở đây : u_i, u_j là các điện áp của nút i và j ở lưới thụ động, chúng ta sẽ nhận được các trị số này do đưa dòng điện $i_k = 1$ vào thanh góp sự cố.

Z_{ij} là tổng trở tương hỗ giữa nút i và j của lưới điện tương ứng. Chúng ta cũng nên nhớ là việc xác định ma trận (Y) và (Z) của thanh góp có thể được thực hiện theo nhiều cách.

7.3. Tính dòng điện ngắn mạch ba pha đối xứng bằng cách xét đến phụ tải và tình trạng thực tế trước khi xảy ra sự cố.

Chúng ta hãy nghiên cứu sơ đồ hoàn chỉnh của lưới điện trong đó :

– Các máy phát điện được biểu thị bằng điện kháng của chúng (điện kháng siêu quá độ, quá độ và đồng bộ) và sức điện động (về môđun và ácgumen) tương ứng với tình trạng trước khi xảy ra sự cố.

– Các phụ tải được biểu thị bằng các tổng trở, tương ứng với tình trạng trước khi xảy ra sự cố.

– Các phần tử của lưới điện được biểu thị bằng các tổng trở. Giữa những phần tử của lưới điện chúng ta hãy xem xét rằng không tồn tại hỗ cảm ở sơ đồ.

+ Tính dòng điện ngắn mạch ba pha đối xứng bằng cách dùng ma trận tổng dẫn của "thanh góp".

Chúng ta khảo sát "thanh góp" tức là chúng ta vừa khảo sát các thanh góp của hệ thống vừa khảo sát các nút ở phía sau các điện kháng của máy phát. Theo phương pháp điện thế của các nút, ta có thể viết cho mỗi một thanh góp tham gia là :

$$Y_{jj}\,U_j - \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq k}}^{n} Y_{kj}U_k = I_j$$

Ở đây : Y_{kj} là tổng dẫn tương hỗ giữa thanh góp k và thanh góp j.

U_{jj} = tổng dẫn đầu vào nút j

U_k, U_j là điện áp của thanh góp k và j đối với nút chuẩn (qui chiếu) đã chọn (trường hợp của chúng ta là đất).

I_j dòng điện được đưa vào nút j

Phụ tải là tuyến tính (được thay bằng tổng trở), ta có thể viết được : (Xem "cơ sở lý thuyết mạch điện" Quyển 1, phần khái niệm về việc dùng ma trận để biểu diễn các phương trình của mạch).

$$\boxed{\frac{O}{I_G}} = \boxed{\frac{Y_{iS}}{Y_{iG}}} \times \boxed{\frac{U_S}{E_{Gi}}} \qquad (7\text{-}10)$$

Trong đó, ta đã làm rõ các thanh góp máy phát điện và các thanh góp hộ tiêu thụ. Sức điện động của các máy phát điện là E_{Gi} và điện áp của thanh góp hộ tiêu thụ là U_S đều biết được, đó là các thanh góp tương ứng với tình trạng trước lúc sự cố, còn các tổng dẫn tính được từ việc nghiên cứu lưới điện.

Hãy giả thiết : sự cố ở nút K, nút hộ tiêu thụ, ta tiến hành loại trừ các thanh góp không tham gia vào sự cố ngắn mạch, như vậy, cuối cùng ta nhận được :

$$\boxed{\frac{O}{I_G}} = \boxed{\frac{Y'_{ik}}{Y'_{iG}}} \times \boxed{\frac{U_k}{E_{Gi}}} \qquad (7\text{-}11)$$

Chúng ta biết : khi dùng thuật toán loại trừ Gauss trong phương pháp Gauss (xem mục 1-5. Bài giảng dùng ma trận để tính toán lưới điện và tính toán ngắn mạch của tác giả) ta có các hệ số a_{ij} mới ký hiệu $a_{ij}^{(1)}$ đã được tính :

$$\underbrace{a_{ij}^{(1)}}_{\text{mới}} = \underbrace{a_{ij}}_{\text{cũ}} - a_{i1}b_{1j}$$

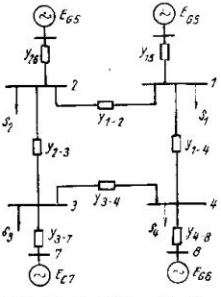
Nếu ở biểu thức trên ta đặt i = m; j = n và trị số 1 chính là j đồng thời thay hệ số a là tổng dẫn Y. Chú ý $b_{1j} = \dfrac{a_{1j}}{a_{11}}$ thì một cách tổng quát ta được :

$$\underbrace{Y_{mn}}_{\text{mới}} = \underbrace{Y_{mn}}_{\text{cũ}} - \frac{Y_{mj}Y_{jn}}{Y_{jj}} \qquad (7\text{-}12)$$

Trong biểu thức (7-12) này, j biểu thị cho nút được loại ra. Giá trị tổng của dòng điện ngắn mạch sẽ xác định bằng biểu thức :

$$I^{(3)}_{ngm} = Y'_{kk}U_k \qquad (7\text{-}13a)$$

Trong đó Y'_{kk} là số hạng đường chéo của ma trận tổng dẫn của thanh góp nhận được sau khi loại trừ các thanh góp không tham gia vào ngắn mạch.



Hình 7-3. Sơ đồ đơn giản của lưới điện có 4 thanh góp

Sự góp phần của mỗi máy phát điện có thể biểu hiện rõ theo cách viết sau :

$$I^{(3)}_{ngm} = \Sigma\, Y_{ki}\, E_{Gi} \qquad (7\text{-}13b)$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 ở thanh góp ngắn mạch sẽ cho ta kết quả bằng nhau giữa các biểu thức (7-13a) và (7-13b).

$$I^{(3)}_{ngm} = Y'_{kk}U_k = \Sigma\, Y_{ki}\, E_{Gi} \qquad (7\text{-}14)$$

Để làm rõ những điều đã trình bày ở trên, ta hãy nghiên cứu sơ đồ 7-3.

Các phương trình biểu diễn tình trạng đối với lưới điện tuyến tính được thể hiện theo tổng dẫn của thanh góp (nút chuẩn đất), khi xem xét các thanh góp ở phía sau điện kháng của máy phát là :

– Từ phương trình 7-14 ta có ;

$$Y'_{kk} \cdot U_k - \Sigma\, Y_{ki}\, E_{Gi} = 0.$$

Đối với thanh góp 1 ta có :

$$O = (Y_{1\text{-}2} + Y_{1\text{-}4} + Y_{1\text{-}5} + Y_{1S})\, U_1 - Y_{1\text{-}2}U_2 - Y_{1\text{-}4}\, U_4 - Y_{1\text{-}5}\, E_{G5}$$

Đối với thanh góp 2 ta có :

$$O = -Y_{1\text{-}2}U_1 + (Y_{1\text{-}2} + Y_{2\text{-}3} + Y_{2\text{-}6} + Y_{2S})\, U_2 - Y_{2\text{-}3}U_3 - Y_{2\text{-}6}E_{G6}$$

Đối với thanh góp 3 ta có :

$$O = -Y_{2\text{-}3}U_2 + (Y_{2\text{-}3} + Y_{3\text{-}4} + Y_{3\text{-}7} + Y_{3S})\, U_3 - Y_{3\text{-}4}U_4 - Y_{3\text{-}7}E_{G7}$$

Đối với thanh góp 4 ta có :

$$O = -Y_{1\text{-}4}U_1 - Y_{3\text{-}4}U_3 + (Y_{1\text{-}4} + Y_{3\text{-}4} + Y_{4\text{-}8} + Y_{4S})\, U_4 - Y_{4\text{-}8}E_{G8}$$

Các dòng điện chạy qua các tổng dẫn sẽ là :

$$I_{G5} = (E_{G5} - U_1)\, Y_{1-5}$$

$$I_{G6} = (E_{G6} - U_2)\, Y_{2-6}$$

$$I_{G7} = (E_{G7} - U_3)\, Y_{3-7}$$

$$I_{G8} = (E_{G8} - U_4)\, Y_{4-8}$$

Hoặc ma trận như ở trang sau : (bảng 7-2)

Các phương trình biểu diễn ma trận các tổng dẫn của thanh góp có thể được viết trực tiếp theo phương pháp điện thế các nút.

Nếu chúng ta xem như ngắn mạch sinh ra ở thanh góp 4, thì như đã nêu ở phần trước, chúng ta sẽ loại trừ lần lượt các nút 1, 2 3 bằng cách thực hiện dần dần qua ba ma trận tổng dẫn của thanh góp, vậy ta có :

– Ma trận đầu tiên với quan hệ ;

$$Y'_{mn} = Y_{mn\,cũ} - \frac{Y_{m1}\,Y_{n1}}{Y_{11}}$$

– Ma trận thứ hai :

$$Y''_{mn} = Y'_{mn} - \frac{Y'_{m2}\,Y'_{n2}}{Y'_{22}}$$

– Ma trận thứ ba :

$$Y'''_{mn} = Y''_{mn} - Y''_{m3}\,\frac{Y''_{n3}}{Y''_{33}}$$

Như vậy, cuối cùng ta nhận được :

4	O		4	Y_{44}'''	Y_{45}''	Y_{46}'''	Y_{47}'''	Y_{48}'''		U_4
5	I_{G5}		5	Y_{54}'''	Y_{55}''	Y_{56}'''	Y_{57}''	Y_{58}'''		E_{G5}
6	I_{G6}	=	6	Y_{64}'''	Y_{65}'''	Y_{66}'''	Y_{67}'''	Y_{68}'''	×	E_{G6}
7	I_{G7}		7	Y_{74}'''	Y_{75}'''	Y_{76}'''	Y_{77}'''	Y_{78}'''		E_{G7}
8	I_{G8}		8	Y_{84}'''	Y_{85}'''	Y_{86}'''	Y_{87}'''	Y_{88}'''		E_{G8}

Bảng 7-2.

			1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	1	$Y_{1\text{-}2} + Y_{1\text{-}4} + Y_{1\text{-}5} + Y_{1\text{-}S}$	$-Y_{1\text{-}2}$	0	$-Y_{1\text{-}4}$	$-Y_{1\text{-}5}$	0	0	0	U_1
2	0	2	$-Y_{1\text{-}2}$	$Y_{1\text{-}2} + Y_{2\text{-}3} + Y_{2\text{-}6} + Y_{2\text{-}S}$	$-Y_{2\text{-}3}$	0	0	$-Y_{2\text{-}6}$	0	0	U_2
3	0	3	0	$-Y_{2\text{-}3}$	$Y_{2\text{-}3} + Y_{3\text{-}4} + Y_{3\text{-}7} + Y_{3\text{-}S}$	$-Y_{3\text{-}4}$	0	0	$-Y_{3\text{-}7}$	0	U_3
4	0	4	$-Y_{1\text{-}4}$	0	$-Y_{3\text{-}4}$	$Y_{1\text{-}4} + Y_{3\text{-}4} + Y_{4\text{-}8} + Y_{4S}$	0	0	0	$-Y_{4\text{-}8}$	U_4
5	I_{G5}	5	$-Y_{1\text{-}5}$	0	0	0	$Y_{1\text{-}5}$	0	0	0	E_{G5}
6	I_{G6}	6	0	$-Y_{2\text{-}6}$	0	0	0	$Y_{2\text{-}6}$	0	0	E_{G6}
7	I_{G7}	7	0	0	$-Y_{3\text{-}7}$	0	0	0	$Y_{3\text{-}7}$	0	E_{G7}
8	I_{G8}	8	0	0	0	$-Y_{4\text{-}8}$	0	0	0	$Y_{4\text{-}8}$	E_{G8}

Dòng điện ngắn mạch cần tìm sẽ là :

$$Ingm = \overline{Y_{44}}U_4 = \overline{Y_{45}}E_{G5} + \overline{Y_{46}}E_{G6} + \overline{Y_{47}}E_{G7} + \overline{Y_{48}}E_{G8}$$

Trước khi đưa đến cách khác để xác định dòng điện ngắn mạch, chúng ta hãy phân tích những điều đã trình bày ở trên bằng một ví dụ rất đơn giản, chỉ có 3 nút :

Tương tự, để làm sáng tỏ, chúng ta sẽ chỉ ra cách xác định sự thay đổi theo thời gian của dòng điện ngắn mạch.

Như đã nêu ở phần đầu chương này, việc xác định thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch bao gồm hai bài toán : bài toán về tình trạng bình thường trước khi xảy ra sự cố và bài toán về tình trạng riêng sự cố.

Bài toán về tình trạng bình thường trước khi xảy ngắn mạch bao gồm việc xác định những đại lượng chính như sau :

– Điện áp của các nút.

– Dòng điện và công suất (tác dụng và phản kháng) chạy trên đường dây.

– Sức điện động từ phía sau điện kháng nội bộ của máy phát.

– Tổng dẫn tương đương của hộ tiêu thụ.

Những đại lượng đã biết là :

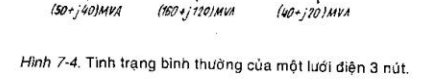
– Hình dáng của lưới và tổng trở (tổng dẫn) của đường dây và của máy phát điện.

- Công suất (tác dụng và phản kháng) của các hộ tiêu thụ.

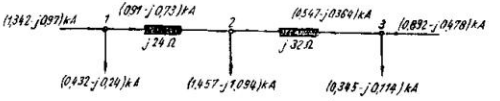
- Điện áp của một nút chuẩn của lưới (thông thường của nút mà máy phát điều chỉnh nối đến nút này).

Hình 7-4 giới thiệu sơ đồ của một lưới điện đơn giản với ba nút, người ta đã xác định tình trạng bình thường trước lúc sự cố đối với ba nút này : Hình 7-5 cho ta dòng điện chạy (chú ý là những dòng điện có từ biểu thức : $S = U\overline{I}$, trong đó S là công suất biểu kiến ba pha; $U = \sqrt{3}\ U_f$ là một điện áp có trị số gấp $\sqrt{3}$ lần điện áp pha, còn dòng điện I cũng tương tự có giá trị gấp $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha : $I = \sqrt{3}\ I_f$.

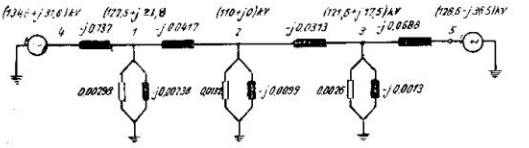
Sơ đồ 7-4 sẽ được thêm các nút 4 và 5 ở phía sau các điện kháng của máy phát điện (chúng ta giả thiết một máy phát nối đến nút 1, còn máy phát kia tương ứng nối đến nút 3) như hình 7-6.



Hình 7-4. Tình trạng bình thường của một lưới điện 3 nút.



Hình 7-5. Dòng điện chạy trong lưới ở tình trạng bình thường.



Hình 7-6. Sơ đồ tổng dẫn của lưới, ở đây đã đưa vào các sđđ của máy phát điện và tổng dẫn của phụ tải (đơn vị tổng dẫn là Siemen S).

Giả thiết rằng việc xác định thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch ba pha sẽ thực hiện ở thời điểm $t = O^+$ (tức là ngay sau khi sự cố), do vậy sẽ đưa đến có các điện kháng siêu quá độ ở máy phát điện. Ví dụ, đối với các điện kháng tính theo phần trăm của máy phát điện là 12% thì kết quả là $X_{1,4} = 7,3\Omega$, $X_{3,5} = 14,6\Omega$.

Nếu chúng ta biết dòng điện do máy phát điện phát ra và điện áp của nút 1 và 3 thì ta sẽ xác định sức điện động nội bộ (ở phía sau điện kháng siêu quá độ) của máy phát $E_1 = (134,6 + j31,6)$ KV; $E_5 = (128,6 + j30,5)$ KV.

Tương tự, ta sẽ tính tổng dẫn tương đương của hộ tiêu thụ tùy công suất biểu kiến S của hộ tiêu thụ và theo điện áp U của các nút tương ứng.

Sơ đồ tổng dẫn của lưới điện, đã đưa thêm các nút 4 và 5 được biểu diễn ở hình 7-6.

Giả thiết xuất hiện ngắn mạch 3 pha ở nút 2. Việc tính toán dòng điện này có thể thực hiện theo một trong những phương pháp đã nêu ở chương này.

Đối với lưới điện hình 7-6, dòng điện ngắn mạch đã được xác định theo định lý Thévénin, bằng cách sử dụng điện áp của nút 2 trước khi sự cố $U_2 = (110 + jO)$ KV và bằng cách tính toán tổng dẫn tương đương của lưới thụ động được nhìn từ nút sự cố 2 (công thức 7-1).

Sơ đồ thụ động của lưới sẽ có được xuất phát từ hình 7-6 bằng cách nối ngắn mạch sức điện động, tức là cho các nút 4 và 5 được nối đến đất. Sau hàng loạt các biến đổi liên tiếp, ta sẽ có được các giá trị tổng trở của lưới thụ động :

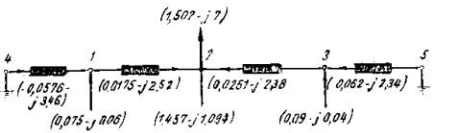
$$Y_{22} = (0,01362 - j0,0635) \text{ (Siemen)}$$

và dòng điện ngắn mạch ba pha sẽ là :

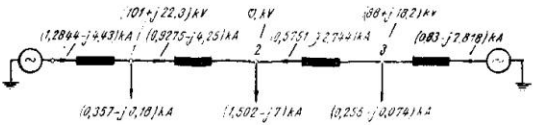
$$I^{(3)}_{ngm} = U_2 \cdot Y_{22} = (1,502 - j7) \text{ KA}$$

$$I^{(3)}_{ngm} = 7,15 \text{ KA}$$

Sự phân bố dòng điện trong lưới thụ động cho ở hình 7-7.



Hình 7-7. Phân bố dòng điện trong lưới thụ động.



Hình 7-8. Dòng điện thực tế chạy trong lưới khi sự cố.

Thông qua sự xếp chồng dòng điện tình trạng bình thường trước lúc sự cố (hình 7-5) với dòng điện ở lưới thụ động (hình 7-7), kết quả ta sẽ được dòng điện thực tế chạy trong lưới điện trong trường hợp ngắn mạch ba pha ở nút 2 (hình 7-8).

Thông thường, trong tính toán thực tế, để xác định thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch, ta không kể đến điện trở ở sơ đồ thụ động.

Ở ví dụ được xem xét, chúng ta sẽ chuyển thành sơ đồ dẫn điện tương đương chỉ đối với công suất phản kháng của hộ tiêu thụ (trong trường hợp chung, ta cũng sẽ không kể đến điện trở của đường dây). Trong trường hợp này, sơ đồ của lưới thụ động (mà ta nhận được từ hình 7-6 và 7-7 sẽ được giới thiệu ở hình 7-9). Cũng ở hình 7-9 này, dòng điện chạy trong lưới điện thụ động cũng được trình bày. Kết quả là, trong trường hợp của ví dụ được nghiên cứu, ta có :

$$Y_{22} = 0{,}0635 \text{ S và } I^{(3)}_{ngm2} = -j7\text{KA}$$

Nếu như không kể đến ảnh hưởng hoàn toàn của hộ tiêu thụ, thì sơ đồ thụ động sẽ trở thành sơ đồ hình 7-10, và chúng ta sẽ có kết quả sau :

$$Y_{22} = 0{,}0535 \text{ S}$$

$$I^{(3)}_{ngm2} = -j5{,}88 \text{ KA}$$

Những kết quả tính được sẽ tập hợp vào bảng 7-3.

Bảng 7-3

Thứ tự	Sơ đồ	Dòng điện ngắn mạch 3 pha, KA	Sai số
1	Hoàn toàn	7,15	–
2	Các hộ tiêu thụ công suất phản kháng	7	2,1%
	được chuyển thành các điện kháng		
3	Không kể đến điện trở và không kể đến ảnh hưởng của hộ tiêu thụ	5,88	17,8%
4	Như trên, nhưng 1,1 U	6,45	9,8%

Ở trường hợp thứ tư của bảng 7-3, dòng điện ngắn mạch đã được xác định từ sơ đồ thụ động không có điện trở và không kể đến ảnh hưởng của hộ tiêu thụ, nhưng chúng ta tìm cách bổ sung thêm hiệu quả của hộ tiêu thụ bằng cách tăng điện áp trước khi sự cố lên 10%.

Kết luận đầu tiên ta nhận được trên cơ sở của sơ đồ đơn giản này là : *trong sơ đồ thụ động ta chỉ tính đến các điện kháng cũng đủ thỏa mãn chính xác cần thiết.* Các hộ tiêu thụ cần phải đưa vào bằng điện dẫn phản kháng, tương đương với hộ tiêu thụ công suất phản kháng.

Điều này phù hợp với những kết luận nêu trong tài liệu chuyên môn (11). Nếu xuất phát từ tổng dẫn của lưới thụ động, được nghiên cứu không có điện trở và không có các hộ tiêu thụ, và bằng cách áp dụng các đường cong tính toán đối với $t = O^+$ (tức là tương ứng với lúc bắt đầu ngắn mạch) thì ta được kết quả dòng điện ngắn mạch là $I_{ngm} = 6$ KA. Điều này cho thấy rằng : trong trường hợp này sai số nhận được (so với giá trị chính xác là 7,15 KA) sẽ rất quan trọng (sai số 16%) và chúng ta cũng thấy nó có trị số xấp xỉ như ở trường hợp thứ ba của bảng 7-3.

Từ sơ đồ thụ động của lưới điện chỉ có các điện kháng đối với đường dây và hộ tiêu thụ (hình 7-9), ta sẽ xác định các tổng dẫn tương hỗ giữa các nút 2-4 và 2-5 (tức là giữa các máy phát điện và nút ngắn mạch) tương ứng với thời gian O^+.

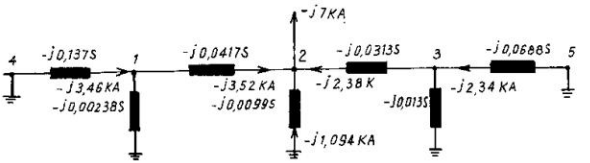
$$Y_{2,4} = -j0,0315S \; ; \; Y_{2,5} = -j0,0212S$$

Các thành phần của dòng điện ngắn mạch ở nút 2 sẽ cho bởi biểu thức sau đây :

$$E_4 Y_{2,4} = (1 - j4,23) \text{ KA}$$

$$E_5 Y_{2,5} = (0,6 - j2,73) \text{ KA}$$

Trong đó E_4, E_5 là các sức điện động của các máy phát điện.



Hình 7-9. Dòng điện chạy trong sơ đồ thụ động với điện kháng.

Dòng điện ngắn mạch kết quả sẽ bằng :

$$I_{ngm2} = E_4 Y_{2,4} + E_5 Y_{2,5} = (1,6 - j6,96) \text{ KA}$$

Giá trị của dòng điện ngắn mạch sẽ bằng đúng với giá trị đúng nếu tổng dẫn tương hỗ sẽ được xác định trên sơ đồ thụ động trong đó để ý đến các điện trở (hình 7-6). Thật vậy, nếu quan sát kỹ ta sẽ thấy có một sai số bé đối với dòng điện ngắn mạch. (Các giá trị của thành phần E_4, $Y_{2,4}$ và E_5 $Y_{2,5}$ sẽ so sánh với dòng điện thực tế chạy trong sơ đồ hình 7-8 giữa nút 1-2 và 2-3). Bằng cách sử dụng tổng dẫn tương hỗ, ta có thể xác định các thành phần của dòng điện đi qua máy phát ở sơ đồ thụ động :

$$U_2 Y_{2,4} = 110 \; (-j0,0315) = -j3,45 \text{ KA}$$

$$U_2 Y_{2,5} = 110 \; (-j0,0212) = -j2,33 \text{ KA}$$

Những dòng điện này cần phải so sánh với dòng điện về phía 1-4 và 3-5 của sơ đồ thụ động (hình 7-9).

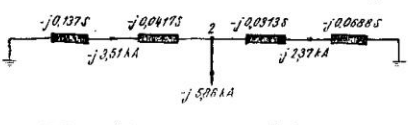
Ví dụ tính toán trên cho phép tiến hành phân tích so sánh giữa dòng điện thực tế của lưới điện sự cố (hình 7-8) với dòng điện gần đúng chạy trong sơ đồ thụ động (hình 7-7) hay (7-9).

Trong một số tính toán thực tế, người ta thường tính toán dòng điện ngắn mạch chỉ với lưới điện thụ động mà không cần tiến hành tính toán tình trạng bình thường trước khi sự cố.

Đối với giá trị dòng điện ở điểm sự cố, người ta có thể cho phép sai số thông qua cách tính sau :

– Tính toán kháng tương đương của các hộ tiêu thụ, xác định ở điện áp trung bình.

– Tính toán dòng điện ngắn mạch bằng cách giả thiết điện áp trước lúc sự cố ở nút tương ứng có một giá trị trung bình.



Hình 7-10. Sơ đồ thụ động khi không kể đến các hộ tiêu thụ điện.

Theo quan điểm dòng điện chạy trong lưới điện, ta thấy rằng nếu chỉ tính đối với thành phần dòng điện của lưới thụ động mà không kể đến các hộ tiêu thụ điện thì sẽ đưa đến những sai số quan trọng (hình 7-10).

7.4. Khái quát về sử dụng máy vi tính để tính dòng ngắn mạch

Máy vi tính đã được đưa vào ngày càng nhiều trong việc nghiên cứu các chế độ của hệ thống điện, vì rằng trong việc giải các lưới điện thực tế, có một số lượng khá lớn các ẩn số tham gia vào các phương trình của bài toán. Thật vậy, ví dụ như công suất chạy trong một lưới vòng có một số lượng khá lớn cỡ vài chục nút. Bài toán cỡ như vậy trên thực tế trước đây rất khó giải, thì bây giờ được giải quyết một cách gọn nhờ máy vi tính. Rõ ràng với những thành tựu mới về khoa học hiện tại, trong vài chục phút (nếu máy vi tính có chất lượng và khả năng cao thì có thể tính trong vài phút) là đã có thể giải quyết xong vấn đề.

Phần này sẽ đưa ra một vài nguyên tắc, và để minh họa sẽ đưa ra ví dụ dùng máy vi tính để tính toán dòng điện ngắn mạch.

Như đã nêu ở phần trước, việc xác định chính xác thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch xuất hiện khi sự cố ở một điểm trong hệ thống điện, ta tiến hành hai giai đoạn.

– Tính dòng điện ở tình trạng làm việc bình thường.

– Tính dòng điện ngắn mạch hiệu dụng.

Hai giai đoạn này sẽ được lần lượt nghiên cứu trong phần này.

7.4.1. Tính dòng điện làm việc thường xuyên ở tình trạng bình thường trước khi sự cố.

Chúng ta biết có rất nhiều phương pháp và thuật toán để tính toán dòng điện ở tình trạng làm việc bình thường. Việc giới thiệu tất cả những phương pháp này hay ít ra những phương pháp chính là vượt quá yêu cầu của phần này. Ở đây, chỉ nhằm mục đích xác định dòng điện ở tình trạng làm việc bình thường của hệ thống cung cấp điện, nên chúng tôi chỉ trình bày một phương pháp tính toán rất phổ biến gọi là phương pháp tương ứng với những định lý về điện thế và về nút, và giải hệ thống phương trình bằng phương pháp lập lại nhiều lần của Seidel Gauss.

a) Bố cục và các tham số của lưới điện.

Thuật toán đặt cơ sở trên ma trận tổng dẫn của lưới điện kết hợp với các nút. Để tạo nên những ma trận này, trong bộ nhớ của máy tính, ta đưa vào một bảng từng đôi chỉ số (i, j), mỗi một đôi có nghĩa là một mối liên quan giữa nút i và j.

Ta thực hiện những qui ước sau, khi đếm nút của một lưới cung cấp điện có N nút :

- O là nút đất.

- 1 là nút cân bằng.

- C = 1, 2 ..., C là những nút của lưới nói riêng.

- g = C + 1, ... N là những nút ở phía sau điện kháng nội bộ của máy phát điện.

- C + 1 là nút tương ứng với trung tâm điều chỉnh được nối đến nút cân bằng 1.

Ví dụ, ở sơ đồ hình 7-11, trong đó C là số lượng nút của lưới bằng 4, còn N tổng số lượng của nút là 10, ta thấy :

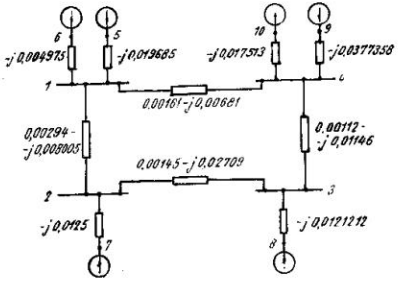
1 - nút cân bằng; C = 1, 2, 3, 4

5 - nút của trung tâm điều chỉnh ; g = 5, 6, 7, 8, 9, 10

Tương ứng với sơ đồ hình 7-11, ta có bảng từng đôi chỉ số như sau :

1;2	2;3	4;9
1;4	2;7	4;10
1;5	3;4	
1;6	3;8	

Như đã quan sát, ta thấy bảng các chỉ số đã được ghi theo số thứ tự (với i < j và i tăng dần).



Hình 7-11. Sơ đồ tổng dẫn của lưới điện.

Kết quả cho thấy : bất kỳ đôi số chỉ nào (i, j) với i, j ≤ C tương ứng với một đường dây, và bất kỳ đôi chỉ số nào với i ≤ C và j > C tương ứng với một máy phát điện.

Các trị số của các tổng dẫn đường dây Y_{ij}, tạo nên hai bản (một đối với phần thực G_{ij} và một đối với phần ảo B_{ij}); hãy đưa chúng vào trong bộ nhớ của máy tính ở các địa chỉ trong ứng một đối một với các địa chỉ của bảng từng đôi số chỉ.

Kết quả, bảng các số chỉ "G_{ij}" và "B_{ij}" có dạng sau :

$1;2 \rightarrow G_{12}$ và B_{12}

$1;4 \rightarrow G_{14}$ và B_{14}

⋮ ⋮

Những đại lượng G_{ij} và B_{ij} là những đại lượng đại số, tức là bao gồm dấu tương ứng (thật vậy đối với các tổng dẫn dọc của đường dây $G_{ij} > 0$ và $B_{ij} < 0$).

Bổ sung vào, ta sẽ đưa những giá trị tổng dẫn của mỗi nút nối đến đất, những đại lượng thuộc về điện dung của đường dây, hoặc thuộc về sơ đồ tương đương của máy biến áp tự ngẫu v.v... vào trong một bảng dẫn nút – đất Y_{io}.

Thông thường, các tổng dẫn nút – đất tồn tại ở sơ đồ đầu tiên chỉ có đối với những nút loại C.

b) Những số liệu đặc trưng các nút của lưới điện.

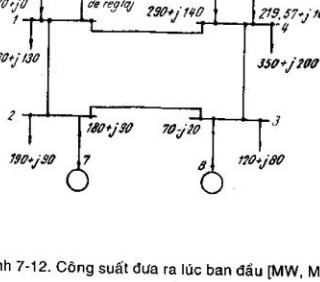
Công suất (tác dụng và phản kháng) của máy phát điện được xem như đã biết, sẽ được đưa vào các nút C của lưới điện cho ở hình (7-12). Công suất của trung tâm điều chỉnh 5 được nối đến nút 1, sẽ được xác định qua tính toán.

Các bảng với các trị số của công suất các máy phát điện (tác dụng và phản kháng) sẽ được đưa vào trong bộ nhớ của máy tính theo thứ tự các nút g (g = C + 1, C + 2, ..., N).

Công suất của hộ tiêu thụ được trình bày ở hình 7-12. Công suất này đưa vào theo thứ tự các nút c = 1, 2 ... C và tạo nên những bảng công suất tiêu thụ.

7.4.2. Thuật toán trong tính toán ở tình trạng bình thường.

Thuật toán tiến hành trên máy vi tính để xác định chế độ tỉnh tại là như sau (hình 7-13).



Hình 7-12. Công suất đưa ra lúc ban đầu [MW, MVAR]

Từ công suất được phát ra và được tiêu thụ trong các nút c = 2, 3 ..., C sẽ xác định các công suất tổng hợp. Lúc đầu, ở bảng của công suất tổng hợp này sẽ đặt những công suất tiêu thụ, sau đó ta sẽ lấy tổng của công suất các máy phát điện. Tính toán cuối cùng được tiến hành thông qua việc dời chuyển các đôi số chỉ (i, j), bằng cách chọn những đôi tương ứng với một máy phát điện (1 < i ≤ c; j > C).

Khi phát hiện một đôi số chỉ (i, j) của loại này, từ địa chỉ với số j của bảng công suất phát ra thì ta sẽ nhận được công suất của máy phát điện j. Công suất này sẽ cộng với công suất tổng hợp của nút i.

Biết được các công suất tổng hợp S_c ở các nút c = 2, ... C tính toán điện áp của nút sẽ tiến hành trên sơ đồ của lưới nói riêng, (cho ở hình 7-14). Đối với sơ đồ này, cần phải giải quyết hệ thống các phương trình không tuyến tính có dạng ma trận (7-15).

$$\begin{array}{c|cccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & -Y_{12} & Y_{22} & -Y_{23} & \\ 3 & & -Y_{23} & Y_{33} & -Y_{34} \\ 4 & -Y_{14} & & -Y_{34} & Y_{44} \end{array} \quad \begin{array}{c|c} 1 & U_1 \\ 2 & U_2 \\ 3 & U_3 \\ 4 & U_4 \end{array} = \begin{array}{c|c} 2 & I_2 \\ 3 & I_3 \\ 4 & I_4 \end{array} = \begin{array}{c|c} 2 & S_2^* \\ & V_2^* \\ 3 & S_3^* \\ & V_3^* \\ 4 & S_4^* \\ & V_4^* \end{array} \qquad (7\text{-}15)$$

Vì U_1 (điện áp của nút cân bằng) biết được, nên hệ thống các phương trình (7-15) còn có thể viết như sau :

$$\begin{array}{c|ccc} & 2 & 3 & 4 \\ 2 & Y_{22} & -Y_{23} & \\ 3 & -Y_{23} & Y_{33} & -Y_{34} \\ 4 & & -Y_{34} & Y_{44} \end{array} \quad \begin{array}{c|c} 2 & U_2 \\ 3 & U_3 \\ 4 & U_4 \end{array} = \begin{array}{c|c} 2 & I_2 + Y_{12}\,U_1 \\ 3 & I^3 \\ 4 & I_4 + Y_{14}\,U_1 \end{array} \qquad (7\text{-}16)$$

Sự tạo thành ma trận tổng dẫn từ phương trình ma trận 7-15 sẽ thực hiện tùy theo bảng các đôi số chỉ (i, j), bằng cách chọn các đôi thỏa mãn điều kiện $j \leq C$.

Những đôi số chỉ này, cùng với các tổng dẫn tương ứng sẽ chuyển đến các bảng công tác đối với tình trạng bình thường mà ở ví dụ được xem xét sẽ có dạng :

1;2	G_{12}	B_{12}
1;4	G_{14}	B_{14}
2;3	G_{23}	B_{23}
3;4	G_{34}	B_{34}

bảng (7-4)

Những số hạng của đường chéo ma trận tổng dẫn của biểu thức (7-16) sẽ nhận được nhờ tổng các địa chỉ được đưa vào bảng của các số hạng của đường chéo (một bên dành cho phần thực (G_{ii}) và một bên dành cho phần ảo (B_{ii}) của tổng dẫn của bảng công tác (7-4). Thật vậy, một đôi số chỉ (i, j) của (7-4) chỉ ra rằng Y_{ij} tương ứng (tức là G_{ij} và B_{ij}) sẽ cộng thành Y_{ii} và Y_{jj}. Như vậy ta sẽ thu được đối với i = 2, 3, 4.

$$Y_{22} = Y_{12} + Y_{23}$$

$$Y_{33} = Y_{23} + Y_{34}$$

$$Y_{44} = Y_{14} + Y_{34}$$

Trong trường hợp tồn tại các tổng dẫn nút – đất Y_{io}, các tổng dẫn này sẽ đưa vào các số hạng của đường chéo tương ứng. Phương pháp lập lại nhiều lần của Seidel-Gauss bao gồm tính toán lần lượt điện áp nút của các phương trình (7-16) được đặt dưới dạng (7-17) :

$$U_2 = \frac{1}{Y_{22}} \left\{ \frac{S_2^*}{U_2^*} + Y_{12}\, U_1 + Y_{23}\, U_3 \right\}$$

$$U_3 = \frac{1}{Y_{33}} \left\{ \frac{S_3^*}{U_3^*} + Y_{23}\, U_2 + Y_{34}\, U_4 \right\} \qquad (7\text{-}17)$$

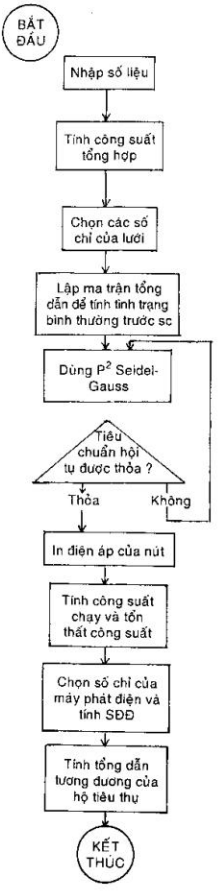
$$U_4 = \frac{1}{Y_{44}} \left\{ \frac{S_4^*}{U_4^*} + Y_{14}\, U_1 + Y_{34}\, U_3 \right\}$$

Ở mỗi lần lập lại, ta chấp nhận rằng các đại lượng của phần bên phải được biết. Thật vậy, hãy xem xét một lời giải gần đúng ban đầu U_2^0, U_3^0, U_4^0; những đại lượng này (tương ứng U_2^0, U_3^0 và điện áp U_1 biết) sẽ được đưa vào vế bên phải của phương trình đầu tiên của (7-17), ta sẽ nhận được điện áp của nút 2 khi sự lập lại 1 và gọi là U_2^1. Điện áp U_2^1, U_3^0 và U_4^0 sẽ đưa vào vế bên phải của phương trình thứ hai của (7-17). Chúng ta sẽ nhận được U_3^1 v.v... quá trình sẽ tiếp tục cho đến khi hội tụ lời giải, tức là cho đến khi sự khác biệt giữa hai lần lập lại kế tiếp của điện thế các nút sẽ bé hơn sai số đặt ra. Tính nhanh chóng của hội tụ có thể nhận được thông qua gia tốc của bài giải.

Thuật toán của phép tính là tính toán lần lượt đối với mỗi nút i (i = 2, 3, 4) của các biểu thức của phần bên phải của phương trình (7-17). Ví dụ : ở phương trình đầu tiên của (7-17) tổng $Y_{12}\, U_1 + Y_{23}\, U_3$ sẽ nhận được bằng cách chọn giữa các số chỉ của bảng làm việc 7-4 những số chỉ mà i hay j là bằng 2 (những số chỉ của phương trình mà ta tính toán). Những số chỉ này được lấy ở bảng 7-4 là :

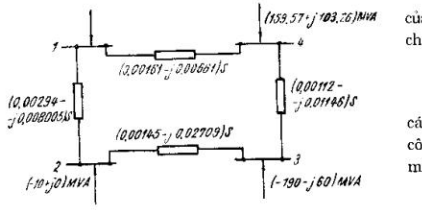
(1 ; 2) và (2 ; 3)

Tùy theo số chỉ được chọn, ta sẽ nhận được Y_{12} và Y_{23} (ta nhớ lại rằng bảng các số chỉ (i, j) là tương ứng một đối một với Y_{ij}), còn tùy theo những số chỉ i hay $j \neq 2$ ta sẽ nhận được số địa chỉ của bảng giá trị điện áp lưới. Ví dụ : từ số chỉ đầu tiên được chọn i = 1, j = 2, ta sẽ nhận được tùy theo i giá trị U_1. Bằng cách thực hiện tích (giữa các đại lượng phức) U_1. Y_{12}, từ số chỉ được chọn thứ hai (i = 2, j = 3), ta sẽ nhận được tùy theo j giá trị U_3 và ta sẽ thực hiện tích $U_3\, Y_{23}$. Giá trị này sẽ cộng với giá trị vừa mới tính trước đây. Đại lượng còn lại ở phần bên phải của chương trình đầu tiên của (7-17) là tùy thuộc vào các số chỉ 2 phương trình mà ta tính (tức là Y_{22}, S_2, U_2) sao cho ta có thể sử dụng chúng ngay trong tính toán.



Hình 7-13. Thuật toán để tính toán tình trạng tĩnh tại.

Thực hiện các phép tính số học tương ứng, ta sẽ nhận được U_2 mà có đặt ở địa chỉ thứ hai của bảng điện áp. Việc chuyển đến phương trình tiếp sau sẽ tiến hành qua sự tuần hoàn số chỉ của phương trình mà bây giờ sẽ là 3. Việc tính toán sẽ tiến hành cùng chương trình giống như trên.



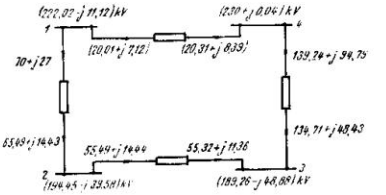
Hình 7-14. Sơ đồ để tính điện áp ở tình trạng bình thường trước khi sự cố.

Sau khi hội tụ được, từ điện áp của nút sẽ xác định được công suất chạy trên đường dây.

$$S_{ij} = U_i\, I_{ij}^* = U_i[(U_i - U_j)\, Y_{ij}]^*$$

Ta sẽ tiến hành tính toán một cách tương tự, thực hiện thống kê công suất của nút 1, công suất của máy phát điện điều chỉnh.

Ở ví dụ tính toán, những kết quả đối với điện áp các nút và đối với công suất chạy trên đường dây ta sẽ nhận được trên máy vi tính những số liệu này cho ở hình 7-15.



Hình 7-15. Kết quả tính toán ở tình trạng bình thường trước khi sự cố.

Tiếp tục, ta sẽ xác định sức điện động của máy phát điện, bằng cách sử dụng biểu thức :

$$E_j = U_i + \frac{1}{Y_{ij}} \left(\frac{S_i}{U_i}\right)^* \qquad (7\text{-}18)$$

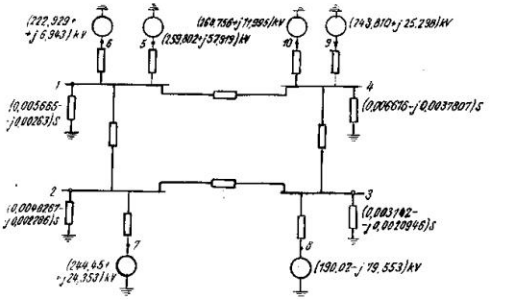
Trong đó j = C + 1, ... N; i = 1, 2, ... C. Tính toán sẽ tiến hành theo các đôi số chỉ của bảng đầu tiên, bằng cách chọn số chỉ tương ứng với mối liên quan các máy phát (j > C, i ≤ C).

Công suất S_i được lấy từ bảng công suất được cung cấp bởi máy phát điện, tùy thuộc vào số chỉ j; còn điện áp của nút tùy theo các số chỉ i.

Việc tính toán các tổng dẫn tương đương của các hộ tiêu thụ sẽ tiến hành đối với tất cả các nút của lưới (nói riêng) (i = 1, 2, ... C) tùy theo công suất của các hộ tiêu thụ S_i và tùy theo điện thế các nút U_i :

$$Y_{i0}^{\text{hộ tiêu thụ}} = \frac{S_i^*}{U_i^2} \qquad (7\text{-}19)$$

Những kết quả nhận được đối với các giá trị của sức điện động và của tổng dẫn tương đương của hộ tiêu thụ cho ở hình 7-16.



Hình 7-16. Tính toán sức điện động của MFĐ và tính toán tổng dẫn tương đương của hộ tiêu thụ.

7.4.3. Tính toán chính xác dòng điện ngắn mạch.

Nếu ở lưới điện làm việc trong tình trạng bình thường được xác định trên, sinh ra một sự ngắn mạch tại một trong những nút, thì các đại lượng được xem là bất biến sẽ là :

- Modun sức điện động nội bộ của máy phát điện.

- Góc nội bộ của máy phát điện được so với một trục mà nó quay với một tốc độ quay đồng bộ.

Để đơn giản hóa tính toán, ta chấp nhận rằng công suất của hộ tiêu thụ thay đổi tỉ lệ với bình phương của điện áp nút, tức là có thể tương đương với tổng dẫn không đổi, công việc được tiến hành trong phạm vi của tình trạng bình thường (quan hệ 7-19).

Phương trình ma trận tương ứng với định lý về điện thế điểm nút (đối với các nút của lưới c = 1,2,3,4 cộng thêm các nút của phía sau các kháng nội bộ của máy phát điện g = 5,6,7,8,9,10 thì đối với ví dụ đã nghiên cứu (hình 7-11) sẽ có dạng sau :

Ở hệ thống phương trình này, các số hạng của đường chéo Yii bao gồm tổng của tất cả các tổng dẫn kề nhau của nút i bao gồm cả tổng dẫn tương đương $Y_{io}^{\text{hộ tiêu thụ}}$ của hộ tiêu thụ của nút i, được xác định ở tình trạng bình thường. Ở dạng này, những dòng điện đưa vào từ các nút loại c (c = 1,2,3,4) được thay thế bằng tổng dẫn tương đương, kết quả ở phần bên phải của phương trình loại c, $I_c = O$.

Ta giả thiết sự xuất hiện của ngắn mạch ba pha ở nút 4. Tính dòng điện ngắn mạch ở nút này sẽ tiến hành thông qua việc sử dụng quá trình loại trừ Gauss, như vậy, ta sẽ nhận được những phương trình tương đương với các phương trình loại c của (7-20) sau đây :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+ Y_{11}	$-Y_{12}$		$-Y_{14}$	$-Y_{15}$	$-Y_{16}$				
2	$-Y_{21}$	Y_{22}	$-Y_{23}$				$-Y_{27}$			
3		$-Y_{32}$	Y_{33}	$-Y_{34}$				$-Y_{38}$		
4	$-Y_{41}$		$-Y_{43}$	Y_{44}					$-Y_{49}$	$-Y_{410}$
5	$-Y_{51}$				Y_{55}					
6	$-Y_{61}$					Y_{66}				
7		$-Y_{72}$					Y_{77}			
8			$-Y_{83}$					Y_{88}		
9				$-Y_{94}$					Y_{99}	
10				$-Y_{104}$						Y_{1010}

	U_i		
1	U_1	1	0
2	U_2	2	0
3	U_3	3	0
4	U_4	4	0
×		=	
5	E_5	5	I_5
6	E_6	6	I_6
7	E_7	7	I_7
8	E_8	8	I_8
9	E_9	9	I_9
10	E_{10}	10	I_{10}

(7-20)

$$Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - Y_{14}U_4 - Y_{15}E_5 - Y_{16}E_6 = 0 \quad (7\text{-}21a)$$

$$Y_{22}^{(1)}U_2 - Y_{23}^{(1)}U_3 - Y_{24}^{(1)}U_4 - Y_{25}^{(1)}E_5 - Y_{26}^{(1)}E_6 - Y_{27}^{(1)}E_7 = 0 \quad (7\text{-}21b)$$

$$Y_{33}^{(2)}U_3 - Y_{34}^{(1)}U_4 - Y_{35}^{(2)}E_5 - Y_{36}^{(2)}E_6 - Y_{37}^{(2)}E_7 - Y_{38}^{(2)}E_8 = 0 \quad (7\text{-}21c)$$

$$Y_{44}^{(3)}U_4 - Y_{45}^{(3)}E_5 - Y_{46}^{(3)}E_6 - Y_{47}^{(3)}E_7 - Y_{48}^{(3)}E_8 - Y_{49}^{(3)}E_9 - Y_{4,10}^{(3)}E_{10} = 0 \quad (7\text{-}21d)$$

Phương trình (7-21a) là phương trình đầu tiên của hệ thống phương trình (7-20). Phương trình (7-21b) là kết quả nếu ở phương trình thứ hai của (7-20) ta thay thế ẩn số U_1 nhận được từ (7-21a). Phương trình (7-21c) sẽ nhận được bằng cách thay thế các ẩn số U_1 và U_2 nhận được từ các phương trình trước đó v.v...

Kết quả cho ta 1 phương trình liên quan đến nút mà ở đấy xuất hiện ngắn mạch (phương trình 7-21d) trong đó chỉ có một ẩn số là U_4; các sức điện động còn lại (E_5... E_{10}) được xem như đã biết và bằng với sức điện động trước khi xảy ra sự cố. Sự xuất hiện một dòng điện ngắn mạch ba pha trọng nút này sẽ đưa đến $U_4 = 0$. Như vậy, dòng điện ngắn mạch của nút này sẽ là :

$$I_{ngm4} = Y_{45}^{(3)}E_5 + Y_{46}^{(3)}E_6 + Y_{47}^{(3)}E_7 + Y_{48}^{(3)}E_8 + Y_{49}^{(3)}E_9 + Y_{4.10}^{(3)}E_{10} \quad (7.22)$$

Vì phương trình (7-21d) cũng có giá trị đối với tình trạng bình thường trước khi sự cố (U_4 có giá trị được tính toán trong tình trạng này), vậy có kết quả đồng thời :

$$I_{ngm4} = Y_{44}^{(3)}U_{4trước} \quad (7.23)$$

Thuật toán để tính (hình 7-17) gồm có thuật toán để tạo nên ma trận tổng dẫn của hệ (7-20).

Việc tính các số hạng của đường chéo sẽ tiến hành nhờ quá trình đã nêu ở phần trước; ta sẽ thêm vào các tổng dẫn bổ sung $Y_{i0}^{\text{hộ tiêu thụ}}$ nhận được từ phương trình (7-19).

Việc loại các ẩn số Ui từ các phương trình sau này sẽ tiến hành bằng cách sử dụng những quan hệ tính toán chung sau đây : (7-12).

$$Y_{ij}^{(h)} = Y_{ij}^{(h-1)} - \frac{Y_{hi}^{(h-1)} Y_{hj}^{(h-1)}}{Y_{hh}^{(h-1)}} \qquad (7\text{-}24)$$

Như vậy, để loại ẩn số U_1 từ các phương trình (7-21b, c và d), ta sẽ chọn từ bảng số chỉ, những số chỉ từng cặp có i = 1 như sau :

(1 ; 2); (1 ; 4); (1 ; 5); (1 ; 6)

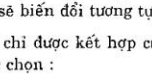
Thích hợp với biểu thức (7-24) ta sẽ biến đổi các phần tử đường chéo Y_{22} và Y_{44}. Những công thức tương ứng sẽ là :

$$Y_{22}^{(1)} = Y_{22} - \frac{Y_{12} \cdot Y_{12}}{Y_{11}}$$

$$Y_{44}^{(1)} = Y_{44} - \frac{Y_{14} \cdot Y_{14}}{Y_{11}}$$

Chúng ta sẽ biến đổi tương tự các phần tử không đường chéo U_{24}, Y_{25}, Y_{26}, Y_{45}, Y_{46}.

Những số chỉ được kết hợp của chúng sẽ nhận được nhờ tổ hợp các số chỉ j của các đôi số chỉ được chọn :



Tổ hợp (5; 6) tương tự cũng sẽ xuất hiện nhưng sẽ không dự vào các phương trình 7-21.

Các công thức tương ứng sẽ là :

$$Y_{24}^{(1)} = Y_{24} - \frac{Y_{12} \cdot Y_{14}}{Y_{11}}$$

$$Y_{25}^{(1)} = Y_{25} - \frac{Y_{12} \cdot Y_{15}}{Y_{11}}$$

Sau khi áp dụng các quan hệ trên, ta tiếp tục loại ẩn số U_2 trong các phương trình (7-21c và d), bằng cách chọn các số chỉ với i = 2 : (2; 3); (2; 4); (2; 5); (2; 6); (2; 7).

Giữa chúng, các đôi số chỉ (2; 3) và 2; 7) này sẽ còn có ở bảng các số chỉ đầu tiên, các đôi số (2; 4), (2; 5), (2; 6) đã xuất hiện khi loại ẩn số U_1. Sau khi biến đổi các phần tử đường chéo mà nó có kết quả từ các chỉ j của các đôi chọn ở trên, ta tiến hành loại ẩn số U_3 ở phương trình (7-21d). Như vậy ta sẽ nhận được cách hệ số Y_{ij} của hệ thống phương trình (7-21). Áp dụng biểu thức (7-22) và (7-23) cho phép ta tính toán dòng điện ngắn mạch ba pha ở nút 4.

Sau đó, ta biết rằng $U_4 = 0$; ở phương trình (7-21c) chỉ có một ẩn số là U_3, như vậy ta có kết quả điện thế của nút 3 đối với ngắn mạch ở nút 4. Biết U_3 từ phương trình (7-21b), ta sẽ nhận được U_2, còn sau đó từ phương trình (7-21a) ta sẽ nhận được U_1.

Như vậy, ta đã có điện thế của tất cả các nút của lưới điện và như vậy ta có thể xác định dòng điện chạy hoàn toàn trong sơ đồ sự cố.

Những kết quả chính nhận được ở máy vi tính đối với sơ đồ được phân tích là như sau :

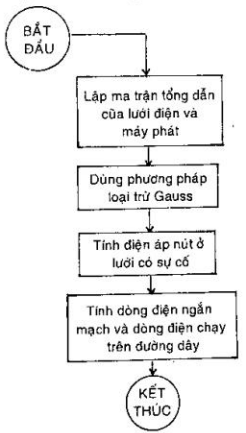
$$Y_{11}^{(3)} = (+ 0{,}008934 - j0{,}072247)S$$

và do vậy

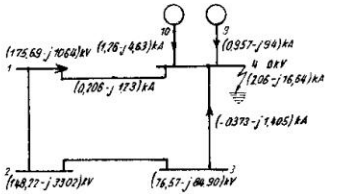
$$I_4ngm = (230 + j0{,}04)\,(0{,}008934 - j0{,}072247) = (2{,}06 - j16{,}64)KA$$

Chú ý rằng :

$Y_{44}^{(3)}$ là tổng dẫn toàn bộ của lưới thụ động nhìn từ nút 4. Dòng điện chạy hướng vào nút sự cố và điện áp các thanh góp được cho ở hình 7-18.



Hình 7-17. Thuật toán để tính dòng ngắn mạch



Hình 7-18. Điện áp và dòng điện chạy giữa các thanh góp khi ngắn mạch 3 pha tại nút 4

Những tổng dẫn tương hỗ của phương trình (7-21d) có giá trị :

$$Y_{45}^{(3)} = - 0{,}000039 - j\ 0{,}003965\ S$$

$$Y_{46}^{(3)} = - 0.000010 - j\ 0{,}001002\ S$$

$$Y_{47}^{(3)} = - 0{,}000355 - j\ 0{,}002511\ S$$

$$Y_{48}^{(3)} = - 0{,}000271 - j\ 0{,}003862\ S$$

$$Y_{49}^{(3)} = + 0 - j\ 0{,}037735\ S$$

$$Y_{4.10}^{(3)} = 0 - j\ 0{,}017513\ S$$

Nếu ngắn mạch ba pha sinh ra ở nút 1 ta có :

$$Y_{11}^{(3)} = + 0{,}009072 - j0{,}039456\ S$$

và $I_{1ngm} = (222{,}02 - j11{,}12)\,(0{,}009072 - j0{,}039456)$

$$I_{1ngm} = 1{,}571 - j\ 8{,}86\ KA$$

Đối với sự ngắn mạch 3 pha ở nút 2 ta có :

$$Y_{22}^{(3)} = + 0{,}008418 - j\ 0{,}033816\ S$$

$$I^{(3)}_{2ngm} = (194,45 - j\ 39,58)\ (0,008418 - j\ 0,033816) = (0,31 - j\ 6,91)\ KA$$

Đối với ngắn mạch ba pha tại nút 3 ta nhận được :

$$Y^{(3)}_{33} = + 0,006522 = j\ 0,035859\ S$$

$$I^{(3)}_{3ngm} = (189,26 - j\ 48,88)\ (0,006522 - 0,035859) = (- 0,51 - j\ 7,07)\ KA.$$

7.5. Tính toán gần đúng dòng điện ngắn mạch.

Để việc tính toán được nhanh chóng mà vẫn đảm bảo được độ chính xác nằm trong phạm vi cho phép thì lúc đó việc xác định thực tế gần đúng dòng điện ngắn mạch nhờ máy vi tính được thực hiện bằng cách xác định tổng dẫn tương đương của lưới điện thụ động, không kể đến điện trở dọc đường dây và chỉ nghiên cứu điện cảm tương đương với công suất phản kháng tiêu thụ tại các nút. Ở đây, do phạm vi quyển sách, chúng tôi không nêu cách giải thực tế đối với ví dụ hình 7-11 (đã nêu ở phần trên). Cần thiết các bạn có thể tham khảo bài giảng về : "Dùng ma trận để tính toán lưới điện và tính toán ngắn mạch" (từ trang 107 đến trang 111) của tác giả in 1986.

B - PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THỰC DỤNG CỦA QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ NGẮN MẠCH

7.6. Khái quát và một số vấn đề cơ bản khi tiến hành tính toán.

Để giải một số bài toán thực tế không cần đòi hỏi chính xác cao, người ta thường dùng những phương pháp tính toán thực dụng gần đúng để tính quá trình quá độ của ngắn mạch. Yêu cầu đối với phương pháp thực dụng là tính toán đơn giản và ngăn ngừa tránh được sai số đáng kể có thể có. Nhưng ta cũng biết là phương pháp càng đơn giản thì số lượng các giả thiết nhằm đơn giản hóa của nó càng nhiều và do đó độ chính xác càng bé. Những phương pháp đơn giản nhất đôi khi chỉ cho phép ta xác định "cỡ" của những đại lượng cần phải tìm nhằm đáp ứng một vài vấn đề thực tế yêu cầu. Thông thường, nên bắt đầu tính toán quá trình quá độ bằng những phương pháp đơn giản nhất, sau đó, nếu cần thiết ta sẽ đưa vào những phương pháp tính chính xác hơn.

7.6.1. Các giả thiết - Bên cạnh những giả thiết đơn giản hóa nêu ra khi thực hiện các bước tiến hành tính toán ngắn mạch (*), trong tính toán thực dụng của ngắn mạch, người ta thêm vào những giả thiết phụ sau :

1) Qui luật biến thiên của thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch được thiết lập cho sơ đồ có một máy phát điện, có thể được dùng để xác định một cách gần đúng thành phần dòng điện đó trong sơ đồ có một số lượng máy phát điện tùy ý nào đó.

2) Việc xem xét thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch trong tất cả các trường hợp có thể tiến hành một cách gần đúng.

(*) Các giả thiết cơ bản nhằm đơn giản hóa các bước tiến hành tính toán ngắn mạch :
1) Các máy phát điện không có dao động công suất, nghĩa là góc lệnh pha giữa các sức điện động của các máy phát điện không thay đổi trong thời gian ngắn mạch.
2) Tính gần đúng phụ tải, thay phụ tải bằng một tổng trở cố định tập trung tại một điểm nút chung. Ở động cơ điện cỡ lớn, khi ngắn mạch ở gần cực của chúng, tại thời điểm ban đầu có thể xem như máy phát điện cung cấp dòng điện cho điểm ngắn mạch.
3) Bỏ qua điện trở quá độ ở nơi ngắn mạch.
4) Không tính đến sự bảo hòa của các hệ thống từ.
5) Bỏ qua dòng điện từ hóa của máy biến áp.
6) Bỏ qua điện dung.
7) Hệ thống điện ba pha là đối xứng.

3) Rôto của mỗi máy điện đồng bộ là đối xứng, tức là thông số của máy là như nhau đối với bất kỳ vị trí nào của rôto.

Giả thiết cuối cùng này cho phép dùng để tính toán sức điện động, điện áp và dòng điện mà không cần phân tích ra các thành phần dọc trục và ngang trục. Đồng thời, loại trừ được việc nghiên cứu dòng điện sóng hài bậc hai tạo thành do thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch khi rôto không đối xứng. (8)

Sự khác nhau giữa các phương pháp tính toán thực dụng quá trình quá độ ngắn mạch 3 pha chủ yếu là ở chỗ cách tính thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch. Cách tính này phụ thuộc vào mục đích tính toán. Khi tính toán ngắn mạch để chọn khí cụ điện và các thiết bị thì yêu cầu độ chính xác thấp hơn khi tính toán tìm sự phân bố dòng điện trong các nhánh của sơ đồ để giải quyết các vấn đề bảo vệ rơle và tự động hóa trong hệ thống điện.

Nghiên cứu quá trình quá độ ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện ta thấy các phương pháp tính toán ngắn mạch thực dụng có sai số nằm trong phạm vi cho phép như sau :

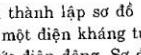
- Giá trị ban đầu của dòng điện được tính bằng phương pháp thực dụng sẽ có sai số nằm trong giới hạn ± 5%.

- Nếu ngắn mạch không gây nên dao động lớn về công suất của máy phát thì phương pháp thực dụng sẽ cho độ chính xác đủ dùng trong thực tế đối với dòng điện trong nhánh sự cố ở bất kỳ thời điểm nào của quá trình quá độ.

7.6.2. Thành lập sơ đồ thay thế và tính toán điện kháng các phần tử.

Muốn tính dòng điện ngắn mạch, đầu tiên phải thành lập sơ đồ thay thế. Ở sơ đồ này, mỗi phần tử của hệ thống điện được thay bằng một điện kháng tương ứng; với máy phát điện được thay bằng một điện kháng và một sức điện động. Sơ đồ thay thế có thể thành lập trong đơn vị có tên hay hệ đơn vị tương đối và có thể tính theo công thức "chính xác" hay tính gần đúng tùy theo yêu cầu của phép tính. Ở sơ đồ thay thế, mỗi phần tử của mạch điện được biểu diễn bằng một phân số, tử số ghi số thứ tự của phần tử, còn mẫu số ghi trị số điện kháng của phần tử ấy. Trong tính toán ngắn mạch ta thường tính trong đơn vị tương đối vì quá trình tính toán sẽ đơn giản hơn.

Sau đó, ta dùng các phương pháp biến đổi để biến thành một sơ đồ đơn giản nhất có thể được. Có trường hợp ta có thể đơn giản hóa sơ đồ đẳng trị thành một điện kháng, một đầu đặt sức điện động còn đầu kia là điểm ngắn mạch (hình 7-19). Điện kháng đó gọi là điện kháng tổng hợp X_Σ. Sức điện động đó gọi là sức điện động tổng hợp E_Σ.



Hình 7-19. Sơ đồ đẳng trị sau khi được biến đổi

7.6.3. Hệ đơn vị tương đối.

Khi dùng hệ đơn vị tương đối, ta phải chọn những lượng nhất định nào đó làm lượng cơ bản hay đơn vị cơ bản.

+ Trong bản thuyết minh về thiết bị, các điện kháng của máy phát điện và máy biến thế cho trong hệ đơn vị tương đối mà các lượng cơ bản là định mức (ta gọi là : các điện kháng cho trong đơn vị tương đối định mức). Khi đó, biểu thức của các đại lượng trong hệ đơn vị tương đối định mức như sau :

$$U_{*dm} = \frac{U}{U_{dm}},\ I_{*dm} = \frac{I}{I_{dm}},\ S_{*dm} = \frac{S}{S_{dm}} \text{ và } X_{*dm} = \frac{X}{X_{dm}}$$

Ở đây $U_{*đm}$, $I_{*đm}$, $S_{*đm}$, $X_{*đm}$ là điện áp, dòng điện, công suất và điện kháng tương đối định mức.

Vì các giá trị định mức của điện áp và công suất có biểu thức :

$$U_{đm} = \sqrt{3}\ I_{đm} \cdot X_{đm}$$

$$S_{đm} = \sqrt{3}\ U_{đm} \cdot I_{đm}$$

Do đó : $X_{đm} = \dfrac{U_{đm}}{\sqrt{3}\ I_{đm}}$, từ đây ta có :

$$X_{*đm} = \frac{X}{X_{đm}} = \frac{\sqrt{3}\ I_{đm}}{U_{đm}} \cdot X$$

Mặt khác, từ biểu thức $S_{đm}$ ở trên, ta có : $I_{đm} = \dfrac{S_{đm}}{\sqrt{3}\ U_{đm}}$

Kết quả ta được : $X_{*đm} = \dfrac{S_{đm}}{U_{đm}^2} X$

+ Trong hệ đơn vị tương đối cơ bản, trước tiên ta chọn hai đại lượng cơ bản, còn hai đại lượng cơ bản kia thì ta suy từ biểu thức liên hệ sau đây :

$$S_{cb} = \sqrt{3}\ U_{cb}\ I_{cb}$$

$$S_{cb} = \sqrt{3}\ X_{cb}\ I_{cb}$$

Thông thường, chúng ta sẽ chọn công suất cơ bản S_{cb} và điện áp cơ bản U_{cb}. Từ đây ta sẽ được I_{cb} và X_{cb}. Như vậy, rõ ràng các S_{cb} và U_{cb} được xem là các giá trị mốc để tính toán. Việc tính toán sẽ đơn giản nếu ta chọn S_{cb} có những giá trị tròn (ví dụ : S_{cb} = 100 MVA hay S_{cb} = 1000 MVA); còn *U_{cb} sẽ bằng giá trị định mức trung bình của điện áp lưới mà ở đấy xuất hiện sự cố :*

tức là : $U_{cb} = U_{đm}$ trung bình.

Hay một cách gần đúng $U_{cb} \approx U_{đm}$

Do vậy : $I_{cb} = \dfrac{S_{cb}}{\sqrt{3}\ .\ U_{cb}}$

và $X_{cb} = \dfrac{U}{\sqrt{3}\ .\ I_{cb}}$

Khi đã chọn được các lượng cơ bản thì sức điện động, điện áp, dòng điện, công suất, điện kháng trong hệ đơn vị tương đối được gọi là các đại lượng trong hệ đơn vị tương đối cơ bản :

$$U_{*cb} = \frac{U}{U_{cb}}\ ;\ E_{*cb} = \frac{E}{U_{cb}}\ ;\ I_{*cb} = \frac{I}{I_{cb}}\ ;\ S_{*cb} = \frac{S}{S_{cb}}\ ;\ X_{*cb} = \frac{X}{X_{cb}}$$

Từ đây, ta suy ra được : $X_{*cb} = \dfrac{\sqrt{3}\ I_{cb}}{U_{cb}} \cdot X$

hay $$X_{*cb} = \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \cdot X$$

+ Tính đổi hệ cơ bản.

Từ những trị số tương đối trong hệ đơn vị cơ bản này, ta có thể đổi thành những trị số tương đối trong hệ đơn vị cơ bản kia, ví dụ : từ hệ cơ bản định mức, ta có thể đổi về một hệ cơ bản nào đó đã được lựa chọn :

Để tìm biểu thức tính đổi này, ta hãy lập tỉ số sau :

$$\frac{X_{*cb}}{X_{*dm}} = \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \frac{U_{dm}^2}{U_{cb}^2}$$

Một cách gần đúng ta coi $U_{cb} \approx U_{dm}$ nên ta sẽ có :

$$X_{*cb} = X_{*dm} \frac{S_{cb}}{S_{dm}}$$

Điện kháng tổng hợp từ sơ đồ biến đổi về dạng đơn giản nhất (hình 7-19), xác định trong đơn vị tương đối cơ bản sẽ là :

$$X_{\Sigma *cb} = \frac{X_\Sigma}{X_{cb}} = \frac{\sqrt{3}\, I_{cb}}{U_{cb}} . X_\Sigma = \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} X_\Sigma$$

Tương tự, ta dùng khái niệm về "điện kháng tương đối tính toán" ký hiệu : X_{*tt} để biểu thị điện kháng sau khi biến đổi sơ đồ :

Điện kháng này được xác định như sau :

$$X_{*tt} = \frac{S_{dm\Sigma}}{U_{dm}^2} . X_\Sigma$$

Ở đây $S_{dm\Sigma}$ là tổng công suất định mức của tất cả máy phát điện cung cấp cho điểm ngắn mạch.

Chia X_{*tt} cho $X^*_{\Sigma cb}$ và chú ý $U_{cb} \approx U_{dm}$ ta được :

$$\frac{X_{*tt}}{X_{*\Sigma cb}} = \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}} \rightarrow X_{*tt} = X_{\Sigma *cb} \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

Cần chú ý :

1. Lúc mà ý nghĩa đã rõ ràng thì ta có thể bỏ dấu tương đối (*) và dấu cơ bản (cb) đi.

2. Đôi khi điện kháng tương đối được biểu thị theo phần trăm :

$$X\% = 100X_{*(dm)} = X\frac{\sqrt{3}\, I_{dm}}{U_{dm}} 100$$

Ví dụ như đối với máy biến áp thì điện kháng tính theo phần trăm là :

$$X\% = X_T\frac{\sqrt{3}\, I_{dm}}{U_{dm}} 100 = U_k\%$$

hay $U_k\% = X\% = 100\, X_{*(dm)}$

Trong đó $X_T = X_k$ và $U_k\%$ là điện kháng ngắn mạch và điện áp ngắn mạch % của máy biến áp.

Sau đây, ta nêu một số công thức xác định điện kháng các phần tử của hệ thống điện trong hệ đơn vị tương đối.

1. Máy phát điện : ta tra được điện kháng siêu quá độ dọc trục x''_d

- Tính chính xác :

$$X_{G*(cb)} = X''_d \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \left(\frac{U_{dm}}{U_{cb}}\right)^2$$

- Tính gần đúng : (xem $U_{cb} = U_{tb}$ và $U_{dm} \approx U_{tb}$) nên $\frac{U_{dm}}{U_{cb}} \approx 1$,

do đó :

$$X_{G*(cb)} = X''_d \frac{S_{cb}}{S_{dm}}$$

2. Máy biến áp : đối với máy biến áp ba pha hai dây quấn có thể tra được điện áp ngắn mạch $U_k\%$.

- Tính chính xác :

$$X_{T*(cb)} = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \left(\frac{U_{dm}}{U_{cb}}\right)^2$$

-Tính gần đúng :

$$X_{T*(cb)} = \frac{U_k\%}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dm}}$$

Với máy biến áp ba pha dây quấn, có thể tra được điện áp ngắn mạch của từng đôi cuộn dây : $U_{k\ cao\ trung}$ %, $U_{k\ cao\ hạ}$ %, $U_{k\ trung\ hạ}$ %. Khi đó ta cần tính điện áp ngắn mạch của từng cuộn dây cao áp, trung áp và hạ áp là : $U_{k\ cao}$, $U_{k\ trung}$, $U_{k\ hạ}$.

$$U_{k\ cao} = \frac{1}{2}\left(U_{k\ cao\ trung} + U_{k\ cao\ hạ} - U_{k\ trung\ hạ}\right).$$

$$U_{k\ trung} = \frac{(1)}{2}\left(U_{k\ cao\ trung} + U_{k\ trung\ hạ} - U_{k\ cao\ hạ}\right).$$

$$U_{k\ hạ} = \frac{1}{2}\left(U_{k\ cao\ hạ} + U_{k\ trung\ hạ} - U_{k\ cao\ trung}\right).$$

Sau đó, ta xác định điện kháng tương đối cơ bản của các cuộn dây cao, trung và hạ áp của máy biến áp ba dây quấn theo các công thức đã nêu trên.

3. Cuộn kháng điện : ta tra được điện áp, dòng điện định mức và điện kháng XR% của nó.

- Tính chính xác : $X_{R*(cb)} = \frac{X_R\%}{100} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{Rdm}} \cdot \frac{U_{dm}}{U_{cb}}$

- Tính gần đúng : $X_{R*cb} = \frac{X_R\%}{100} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{Rdm}}$

4. Đường dây trên không và đường dây cáp : ta tra được giá trị điện kháng trên đơn vị chiều dài X_0 (Ω/Km) :

$$X_{L*cb} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

Trong đó l – là chiều dài của đường dây tính bằng (Km). Đối với đường dây trên không 6 – 220 KV thường lấy x_0 = 0,4 Ω/Km, đối với đường dây cáp 6 – 10 KV ta lấy x_0 = 0,08 Ω/Km.

Các giá trị của điện áp định mức trung bình như sau : tính bằng KV :

500; 330; 230; 154; 115; 37; 20; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15; 0,525; 0,4; 0,23.

7.7. Tính toán dòng điện siêu quá độ ban đầu và dòng điện xung kích ngắn mạch.

Việc tính toán thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch ba pha ở thời điểm ban đầu – gọi là dòng siêu quá độ ban đầu, nhìn chung không có gì khó khăn. Mỗi một máy điện đồng bộ tham gia vào sơ đồ tại thời điểm ban đầu của ngắn mạch sẽ được đặc trưng bằng điện kháng siêu quá độ và sức điện động theo trục dọc và trục ngang.

Giá trị của sức điện động đã biết từ tình trạng trước khi sự cố. Đối với các máy phát điện không có cuộn cản, ta coi rôto như cuộn cản tự nhiên, do đó cũng có quá trình siêu quá độ, một cách gần đúng ta lấy $x''_d = (0,75 \div 0,9)\, x_d$. Sức điện động siêu quá độ của máy phát điện E''_o tính theo công thức sau :

$$E''_o = \sqrt{(U_o \cos\varphi_o)^2} + (U_o \sin\varphi + I_o x''_d)^2$$

Động cơ điện không đồng bộ và phụ tải tổng hợp tại thời điểm đầu tiên của ngắn mạch cũng được đặc trưng bằng x" và E''_o. Do vậy để tính dòng điện siêu quá độ đầu tiên ta sẽ thiết lập sơ đồ thay thế, trong đó, tất cả các máy phát điện, động cơ đồng bộ và không đồng bộ cỡ lớn và các máy bù đồng bộ cũng như các phụ tải tổng hợp ở các nút của sơ đồ sẽ được thay thế bằng x" và E''_o. Vậy khi không có các số liệu cần thiết cũng như trong tính toán gần đúng ta có thể lấy các giá trị cho ở bảng 7-5 (tài liệu 8).

Bảng 7-5

Các giá trị trung bình x" và E''_o (trong đơn vị tương đối, với điều kiện định mức)

TT	Tên các thành phần	x"	E''_o
1	– Máy phát điện tuốc bin hơi	0,125	1,08
2	– Máy phát điện tuốc bin nước có cuộn cản	0,20	1,13
3	– Máy phát điện tuốc bin nước không có cuộn cản	0,27	1,18
4	– Động cơ điện đồng bộ	0,20	1,10
5	– Máy bù đồng bộ	0,20	1,20
6	– Động cơ không đồng bộ	0,20	0,90
7	– Phụ tải tổng hợp	0,35	0,85

Giá trị tuyệt đối của dòng điện siêu quá độ ban đầu (*) ở chỗ ngắn mạch có thể xác định như sau :

$$I'' = \frac{U_{k0}}{x_\Sigma} \qquad (7\text{-}25)$$

Ở đây : U_{k0} là điện áp ở chỗ ngắn mạch trước khi bị sự cố. x_Σ – điện kháng tương đương của sơ đồ đối với điểm ngắn mạch. Nếu tính trong đơn vị tương đối, ta có : $I'' = \frac{E''_{otd}}{x_{*\Sigma}}$ với E''_{otd} sức điện động siêu quá độ tương đương trong đơn vị tương đối. $X_{*\Sigma}$ điện kháng tổng hợp trong đơn vị tương đối.

Khi tính toán thực tế dòng điện siêu quá độ ban đầu ở chỗ ngắn mạch thì ta chỉ xét đến những phụ tải nối trực tiếp vào điểm ngắn mạch. Điều này đưa đến việc đơn giản hóa tính toán nhưng cũng không tạo nên những sai số lớn, và ta vẫn chấp nhận được.

Khi xác định dòng điện xung kích, thông thường ta chỉ xét đến sự tắt dần của thành phần không chu kỳ, còn biên độ của thành phần chu kỳ coi như không đổi và bằng giá trị ban đầu trong thời gian bán chu kỳ đầu tiên. Khi đó, dòng điện xung kích xác định ở điều kiện nguy hiểm nhất sẽ là : (với điều kiện $i_{ck}|0| = I_{ckm}$). Tại thời điểm :

$$t = \frac{T}{2} \rightarrow i_{xk} = I_{ckm} + I_{ckm} \cdot e^{\frac{-0,01}{T_a}} = k_{xk} \cdot I_{ckm} \qquad \text{(Hình 7-20)}$$

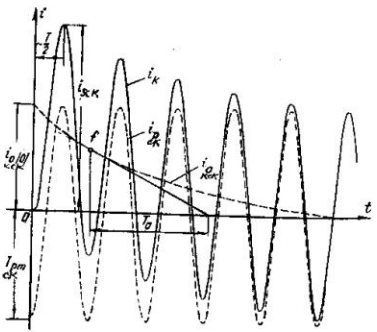
Do vậy : $i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2}\, I''$ (7-20)

Ở đây :

$k_{xk} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}$ gọi là hệ số xung kích.

Hệ số xung kích phụ thuộc vào hằng số thời gian $T_a = \frac{x}{\omega r}$ (hình 7-21)

I_{ckm} – Biên độ cực đại dòng điện chu kỳ. Những giá trị đặc trưng cho tỉ số $\frac{x}{r}$ đối với các thành phần khác nhau của hệ thống cho ở bảng 7-6. Những số liệu này có thể được dùng để tính trong một số trường hợp nếu không có những thông tin khác. Theo các số liệu của bảng 7-6, ta có thể thực hiện phép tính có tính chất định hướng tỉ lệ $\frac{x}{r}$ đối với những điểm đặc trưng của hệ thống điện; sau đó, ta sẽ xác định hệ số xung kích tương ứng. Những kết quả của phép tính này ở bảng 7-7 cho giá trị của tỉ số $\frac{x}{r}$ và của k_{xk} khi ngắn mạch tại một số điểm đặc trưng của hệ thống.



Hình 7-20. Biểu đồ dòng điện ngắn mạch khi thành phần không chu kỳ cực đại.

(*) Khi máy phát điện không có cuộn cản thì giá trị của thành phần dòng chu kỳ tại thời điểm ban đầu của ngắn mạch gọi là dòng điện quá độ ban đầu I', còn khi máy phát điện có cuộn cản thì thành phần này tại thời điểm ban đầu được gọi là dòng siêu quá độ ban đầu I''

Bảng 7-6. Những giá trị $\frac{x}{r}$ của các thành phần của hệ thống điện.

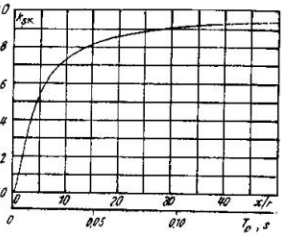
Tên các thành phần	Tỉ lệ $\frac{x}{r}$
– Máy phát điện tuốc bin hơi có công suất 12 – 60MW	50 ÷ 85
– Máy phát điện tuốc bin hơi có công suất 100 – 500MW	100 ÷ 135
– Máy phát điện tuốc bin nước không có cuộn cản	60 ÷ 90
– Máy phát điện tuốc bin nước có cuộn cản	40 ÷ 60
– Máy biến áp công suất 5 ÷ 30 MVA	7 ÷ 17
– Máy biến áp công suất 60 ÷ 500 MVA	20 ÷ 50
– Cuộn kháng 6 – 10 KV và đến 1000 A	15 ÷ 17
– Cuộn kháng 6 – 10 KV và đến 1500 A hoặc hơn nữa	40 ÷ 80
– Đường dây trên không	2 ÷ 8
– Đường cáp ba pha lõi đồng hay nhôm có tiết diện $3 \times 95 \div 3 \times 185$ mm^2	0,2 ÷ 0,8

Bảng 7-7. Giá trị của tỉ số $\frac{x}{r}$ và của hệ số xung kích k_{xk} khi ngắn mạch tại một số điểm đặc trưng của hệ thống điện.

TT	Vị trí ngắn mạch và các đặc trưng của mạch điện	Tỉ số $\frac{x}{r}$	hệ số xung kích k_{xk}
1	– Thanh góp 6 – 10 KV của các trung tâm phát điện có các máy phát công suất 30 – 60 MW	40 ÷ 80	1,92 ÷ 1,96
2	– Sau cuộn kháng 1000 A, được nối đến các trung tâm phát điện của điểm trên (mục I)	20 ÷ 60	1,85 ÷ 1,95
3	– Thanh góp cao áp của trạm biến áp tăng áp có các máy biến áp công suất mỗi máy 100 MVA và lớn hơn	30 ÷ 60	1,89 ÷ 1,95
4	– Như trên, có máy biến áp công suất mỗi máy 30 – 100 MVA	20 ÷ 50	1,85 ÷ 1,94
5	– Thanh góp điện áp thứ cấp của trạm biến áp hạ áp có các máy biến áp công suất mỗi máy 100 MVA và hơn nữa	20 ÷ 40	1,85 ÷ 1,92
6	– Như trên, có các máy biến áp công suất mỗi máy 30 ÷ 100 MVA	15 ÷ 30	1,81 ÷ 1,89
7	– Các điểm của hệ thống điện ở xa máy phát điện (thanh góp thứ cấp của trạm hạ áp có công suất máy biến áp 20 MVA và nhỏ hơn, thanh góp của trạm ở mạng phân phối.	15 và bé hơn	1,8 và bé hơn

Khi xét đến động cơ điện không đồng bộ và coi nó như nguồn phụ cung cấp dòng điện ngắn mạch, thì phải thấy rằng sự tắt dần của thành phần chu kỳ và không chu kỳ

của dòng điện cũng giống như nhau (T_a = 0,05 – 0,15 gy), tức là sự tắt dần của thành phần chu kỳ cũng thực hiện nhanh như sự tắt dần của thành phần không chu kỳ. Do vậy việc xác định hệ số xung kích đối với động cơ điện không đồng bộ phải xét đến sự tắt dần đồng thời của cả hai thành phần dòng điện đó. Khảo sát đối với động cơ điện không đồng bộ có công suất khác nhau trong điều kiện ngắn mạch (8) đã cho ta thấy rõ phạm vi biến đổi một cách gần đúng của hệ số xung kích của chúng (vùng gạch chéo ở hình 7-22). Đường cong ở giữa hình 7-22 có thể được dùng để xác định hệ số xung kích tùy theo công suất của động cơ. Như ta thấy, những động cơ công suất lớn, hệ số xung kích khoảng 1,8; còn khi công suất của động cơ giảm thì giá trị của hệ số k_{xk} cũng sẽ giảm (khi công suất của động cơ khoảng 200 KW, thì hệ số này khoảng $k_{xk} \approx 1,6$).



Hình 7-21. Đường cong biến thiên hệ số xung kích theo T_o (hay tỉ số x/r).

Ở những động cơ bé, cũng như khi phụ tải tổng hợp thì hệ số xung kích có thể lấy giá trị bé hơn và trên thực tế ta lấy k_{xk} = 1.

Hệ số xung kích của động cơ đồng bộ có giá trị khoảng gần bằng với hệ số xung kích của máy phát đồng bộ có cùng công suất. Khi xét riêng động cơ không đồng bộ, thì dòng điện xung kích ở vị trí ngắn mạch là :

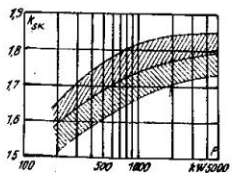
$$i_{xk} = k_{xk}.\sqrt{2}\ I'' + k_{xk\ \text{động cơ}}\sqrt{2}\ I''_{\text{động cơ}} \qquad (7\text{-}27)$$

Ở đây : $I''_{\text{động cơ}}$ – là dòng điện siêu quá độ ban đầu do động cơ không đồng bộ cung cấp cho điểm ngắn mạch.

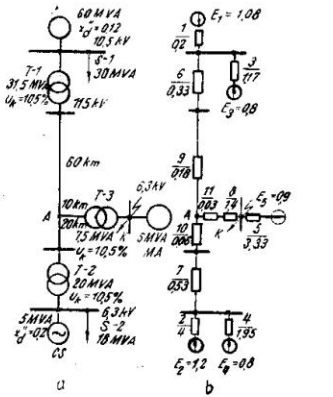
$k_{xk\ \text{động cơ}}$ – hệ số xung kích của động cơ.

Ví dụ : B – 1.

Hãy xác định dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha ở điểm K của sơ đồ hình 7-23a.



Hình 7-22. Giá trị hệ số xung kích k_{xk} ở động cơ không đồng bộ.



Hình 7-23. Ví dụ tính toán :
a) Sơ đồ hệ thống b) Sơ đồ tương đương

Trước tiên, ta tính toán có xét đến tất cả các phụ tải được nối vào sơ đồ. Sơ đồ thay thế cho ở hình 7-23b. Ở đây, tất cả các điện kháng được tính ở đơn vị tương đối ứng với $S_{cơ\ bản}$ = 100 MVA và $U_{cơ\ bản} = U_{đm\ trung\ bình}$, còn những giá trị tương đối của sức điện động cho ở bảng 7-5.

Biến đổi dần dần sơ đồ thay thế ta được :

$$x_{13} = x_1 \parallel x_3 = 0,2 \parallel 1,17 = 0,17$$

$$x_{1A} = x_{13} + x_6 + x_9 = 0,17 + 0,33 + 0,18 = 0,68$$

$$E_6 = E_1 \parallel E_3 = \frac{E_1 y_1 + E_3 y_3}{y_1 + y_3} = 1,04$$

$$x_{24} = x_2 \parallel x_4 = 4 \parallel 1,95 = 1,31$$

$$x_{2A} = x_{24} + x_7 + x_{10} = 1,31 + 0,53 + 0,06 = 1,9$$

$$E_7 = E_4 \parallel E_2 = \frac{E_2 y_2 + E_4 y_4}{y_2 + y_4} = 0,93$$

$$x_{1A} \parallel x_{2A} = 0,68 \parallel 1,9 = 0,5$$

$$(x_{1A} \parallel x_{2A}) + x_{11} + x_8 = 0,5 + 0,03 + 1,4 = 1,93$$

$$E_8 = E_6 \parallel E_7 = 1,01$$

Dòng điện siêu quá độ ban đầu đi đến máy biến thế T – 3, trong đơn vị tương đối là :

$$I'' = \frac{1,01}{1,93} = 0,524$$

Do vậy, điện áp dư ở điểm A là :

$$U_{A101} = 0,524\ (1,4 + 0,03) = 0,75$$

Dòng điện chạy từ máy phát điện 1 đến điểm A.

$$I_1 = \frac{0,524 \cdot 1,90}{0,68 + 1,90} = 0,386$$

Dòng điện chạy từ máy bù đồng bộ 2 đến điểm A là :

$$I_2 = \frac{0,524 \cdot 0,68}{0,68 + 1,90} = 0,138$$

Điện áp dư ở thanh góp máy phát điện 1 là :

$$U_{A101} + 0,386\ (0,33 + 0,18) = 0,75 + 0,197 = 0,947$$

Điện áp dư ở thanh góp của máy bù đồng bộ 2 là :

$$U_{A101} + 0,138\ (0,53 + 0,06) = 0,75 + 0,0815 = 0,83$$

Kết quả cho ta thấy phụ tải S_1 và S_2 không phải là nguồn cung cấp dòng điện ngắn mạch vì điện áp dư ở các điểm nối của phụ tải (ở thanh góp máy phát 1 và máy bù 2) có giá trị U đều lớn hơn 0,8.

Theo các số liệu của bảng 5-2, ta tính được điện trở của các thành phần của sơ đồ :

$$r_1 = \frac{0,2}{80} = 2,5.10^{-3};\ r_2 = \frac{4}{40} = 100.10^{-3};\ r_6 = \frac{0,33}{17} = 19,4.10^{-3}$$

$$r_7 = \frac{0,53}{15} = 35,3.10^{-3};\ r_8 = \frac{1,4}{10} = 140.10^{-3};\ r_9 = \frac{0,18}{3} = 60.10^{-3}$$

$$r_{10} = \frac{0,06}{2,5} = 24.10^{-3};\ r_{11} = \frac{0,03}{2,5} = 12.10^{-3}$$

Điện trở tương đương của sơ đồ là :

$$r = \left([(2,5 + 19,4 + 60) \quad (100 + 35,3 + 24)] + 12 + 140\right) 10^{-3} = 0,206$$

tỉ lệ $\frac{x}{r} = \frac{1,93}{0,206} = 9,4$

Từ đường cong biến đổi của hệ số xung kích tùy theo hằng số thời gian T_a hay tùy theo tỉ lệ $\frac{x}{r}$ hình 7-21 ta có : ứng với $\frac{x}{r} = 9,4$ cho ta $k_{xung\ kích}$ là : 1,72.

Từ đây khi xét sự cung cấp dòng ngắn mạch do động cơ không đồng bộ MA thì từ đường cong của hình 7-22 ta có $k_{xung\ kích\ động\ cơ} = 1,8$. Do vậy dòng điện xung kích tổng sẽ là :

$$i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2}\ I'' + k_{xk\ động\ cơ} \sqrt{2}\ I''_{động\ cơ}$$

$$i_{xk} = 1,72 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,524 \cdot 9,2 + 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{0,9}{3,33} \cdot 9,2 = 11,7 + 6,3 = 18KA$$

Ở đây $I_{cơ\ bản.} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,2$ KA

Trong trường hợp này, dòng điện xung kích của động cơ không đồng bộ chiếm khoảng 35% so với dòng xung kích tổng.

Khi tính toán đơn giản, nếu không kể đến các phụ tải S-1 và S-2, nếu xem $E''_o = 1$ và không kể đến động cơ không đồng bộ MA, thì dòng siêu quá độ ban đầu sẽ là : I" = 0,49.

Như vậy dòng điện siêu quá độ ban đầu sẽ bé hơn so với khi tính kể đến phụ tải S-1 và S-2 khoảng 6,5%.

7.8. Tính toán gần đúng hệ thống.

Khi tính toán bằng phương pháp thực dụng dòng điện ngắn mạch, thì hệ thống điện được khảo sát một cách gần đúng. Khi không có số liệu đặc trưng cho hệ thống, thì hệ thống được xem như có nguồn công suất vô cùng lớn, và chỉ có các điện kháng của các thành phần (đường dây, máy biến thế, cuộn điện kháng v.v...) tham gia.

Nếu ta biết giá trị của dòng điện siêu quá độ ban đầu I" hay giá trị của công suất S''_k khi ngắn mạch 3 pha ở tại điểm bất kỳ nào đó của hệ thống, thì ta có thể xác định điện kháng của hệ thống đối với điểm này :

$$X_{\text{hệ thống}} = \frac{U_{\text{trung bình}}}{\sqrt{3}\, I''} = \frac{U^2_{\text{trung bình}}}{S''_k} \qquad (7\text{-}28)$$

$$\text{hay } X_{*\text{ hệ thống (cơ bản)}} = \frac{I_{\text{cơ bản}}}{I''} = \frac{S_{\text{cơ bản}}}{S''_k} \qquad (7\text{-}29)$$

Ở đây : $U_{\text{trung bình}}$ – là điện áp định mức trung bình của cấp điện áp mà tại đó ta biết dòng điện I".

$I_{\text{cơ bản}}$ – là dòng điện cơ bản ở cùng cấp điện áp mà ở đây ta nghiên cứu I".

Nguồn có công suất vô tận được xem như nối sau điện kháng này. Điện kháng của hệ thống có thể được xác định gần đúng từ điều kiện sử dụng máy cắt điện (ở giới hạn) đã được lắp đặt tại điểm đã cho của hệ thống. Tức là dòng điện hay công suất khi ngắn mạch 3 pha ngay sau máy cắt điện thì bằng với dòng điện cắt định mức $I_{\text{đm cắt}}$ hay công suất cắt định mức $S_{\text{đm cắt}}$ ở cấp điện áp đã cho. Như vậy ở các biểu thức tính ở trên ta thay $I'' = I_{\text{đm cắt}}$ và $S''_k = S_{\text{đm cắt}}$ của máy cắt điện để tìm điện kháng của hệ thống.

Nếu tại điểm nút ta xét có nhà máy điện địa phương thì ta phải trừ phần công suất ngắn mạch hay dòng điện ngắn mạch(S''_c hay I''_c) do nhà máy địa phương cung cấp, tức là ở các công thức (7-28) (7-29) ta thay:

$$S''_k = S_{\text{đm cắt}} - S''_c$$

$$I'' = I_{\text{đm cắt}} - I''_c$$

Để đơn giản thì dòng điện ngắn mạch (tương ứng với công suất ngắn mạch) của nhà máy điện địa phương sẽ coi bằng thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch lúc ban đầu, tức là dòng điện siêu quá độ lúc ban đầu (hay công suất tương ứng của nó S''_c).

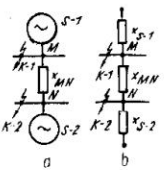
Ở những trường hợp rất phức tạp, khi mối liên hệ với một hay nhiều hệ thống chưa biết thì có thể thực hiện ở một vài điểm. Tại mỗi điểm của nó có thể có được dòng điện ngắn mạch. Ví dụ, nếu ngắn mạch 3 pha liên tục xuất hiện ở các điểm M và N của sơ đồ hình 7-24, có điện kháng x_{MN} nối giữa các điểm này, thì dòng điện siêu quá độ ban đầu là I''_M và I''_N. Điện kháng tương đương của toàn sơ đồ đối với những điểm này sẽ là :

$$x_{M\Sigma} = \frac{U_{\text{trung bình}}}{\sqrt{3}\, I''_M}$$

$$x_{N\Sigma} = \frac{U_{\text{trung bình}}}{\sqrt{3}\, I''_N}$$

Hoặc thích ứng với sơ đồ thay thế ở hình 7-24b là :

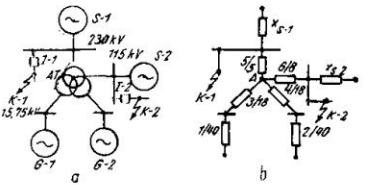
$$\begin{cases} x_{M\Sigma} = \dfrac{x_{s1}\,(x_{s2} + x_{MN})}{x_{s1} + x_{s2} + x_{MN}}; \\ x_{N\Sigma} = \dfrac{x_{s2}\,(x_{s1} + x_{MN})}{x_{s2} + x_{s1} + x_{MN}}; \end{cases} \qquad (7\text{-}30)$$



Hình 7-24. Xác định điện kháng của hệ thống
a) Sơ đồ hệ thống. b) Sơ đồ tương đương

Hệ thống được xem như nguồn có công suất vô tận, tức là ở phía sau các kháng x_{s-1} và x_{s2} sẽ có một điện áp hình sin có biên độ không đổi.

Thông thường, khó có khả năng để xác định giá trị trung bình của tỉ số $\frac{X}{r}$ đối với hệ thống đã cho vì rằng giá trị của tỉ số này phụ thuộc rất nhiều vào vị trí của điểm ngắn mạch trong hệ thống. Như ta đã thấy ở bảng 7-6 và 7-7, trường hợp đường dây trên không và đặc biệt ở đường dây cáp, các giá trị tỉ số $\frac{X}{r}$ sẽ giảm, vậy nên tùy theo vị trí của điểm ngắn mạch đối với các thanh góp của nhà máy điện mà tỉ số của nó có khác nhau. Khi không có số liệu về các thành phần của hệ thống, thì một cách sơ bộ gần đúng đủ đảm bảo thỏa mãn dự trữ khi tính toán, ta có thể coi như hệ thống có tỉ lệ $\frac{X}{r} \approx 50$.



Hình 7.25

Ví dụ : B-2 Xác định điện kháng của hệ thống ở thanh góp 230 KV và 115 KV ở sơ đồ hình 7-25a, xuất phát từ điều kiện sử dụng máy cắt điện I-1 và I-2 đến giới hạn (tức là theo giá trị công suất của nó).

Các máy phát điện G-1 và G-2 có các số liệu 235 MVA; 15,75 KV; x''_d = 18,8%. Máy biến áp tự ngẫu AT : 480 MVA 230/115/15,75/15,75 KV; $U_{cao\text{-}trung}$ = 12,5%; $U_{cao\ hạ}$ = 22,2%; $U_{trung\text{-}hạ}$ = 25,1%, $U_{hạ\ hạ}$ 34,8%.

Máy cắt điện : I-1 là loại BBH-220-10, công suất cắt định mức 10.000 MVA; I-2 là loại BBH 110-6, công suất cắt định mức là 6.000 MVA.

Hình 7-25b cho sơ đồ thay thế, ở sơ đồ này các điện kháng của các phần tử được tính theo phần trăm đối với :

$S_{cơ\ bản}$ = 500 MVA và $U_{cơ\ bản} = U_{đm\ trung\ bình}$

Từ các điều kiện đã cho, điện kháng tổng của sơ đồ sẽ là :

- Đối với điểm K-1

$$x_\Sigma = \frac{S_{cơ\ bản}}{S''_k} = \frac{500}{10.000} \cdot 100 = 5\%$$

- Đối với điểm K-2

$$x_\Sigma = \frac{500}{6000} 100 = 8{,}33\%$$

Điện kháng tương đương tính từ hai máy phát đối với điểm A

$$x = \frac{40\% + 18\%}{2} = 29\%$$

Đối với mỗi điểm ngắn mạch K - 1 và K - 2, ta có thể viết :

$$\begin{cases} \dfrac{1}{[29 /\!/ (x_{s2} + 8)] + 5} + \dfrac{1}{x_{s-1}} = \dfrac{1}{5} \\ \dfrac{1}{[29 /\!/ (x_{s1} + 5)] + 8} + \dfrac{1}{x_{s-2}} = \dfrac{1}{8{,}33} \end{cases}$$

Giải hệ thống phương trình trên ta sẽ được các giá trị của điện kháng :

$x_{s-1} = 6,9\%$ và $x_{s-2} = 17\%$

7.9. Tính toán chọn máy cắt điện theo công suất cắt.

Để chọn hay kiểm tra máy cắt điện theo công suất cắt, ta cần xác định giá trị dòng điện cắt tính toán : $I_{cắt\ tính\ toán}$, hay giá trị của công suất cắt tính toán ($S_{cắt\ tính\ toán} = \sqrt{3} U_{đm} I_{cắt\ tính\ toán}$).

Dòng điện cắt tính toán trong một nhánh nào đó của sơ đồ mà ta nghiên cứu đó là dòng điện ngắn mạch lớn nhất mà máy cắt điện đặt tại đó phải cắt dòng điện này trong những điều kiện bất lợi nhất. Giá trị của dòng điện này chính là giá trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần tại thời điểm mở tiếp điểm chính của máy cắt điện.

Khoảng thời gian từ lúc xuất hiện ngắn mạch cho đến khi mở tiếp điểm của máy cắt điện sẽ gồm : thời gian làm việc của bảo vệ bằng rơle và thời gian tác động riêng của máy cắt điện; thời gian làm việc của bảo vệ bằng rơle hiện đại có thể xác định khoảng $\frac{1}{2}$ chu kỳ. Như vậy, để chọn hay kiểm tra máy cắt điện theo công suất cắt, ta cần phải xác định giá trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần sau một khoảng thời gian tương đối ngắn kể từ khi xuất hiện ngắn mạch.

Thông thường phép tính này không cần thiết có độ chính xác cao. Do vậy, trong trường hợp tổng quát, để xác định sự giảm dần của thành phần không chu kỳ, ta có thể lấy hằng số thời gian : $T_a \left(= \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma} \right)$ và từ đây ta có thể xác định hệ số xung kích.

Trong trường hợp chung, trị số hiệu dụng của dòng ngắn mạch toàn phần là :

$$I_{kt} = \sqrt{I_{ckt}^2 + I_{kckt}^2}$$

Thành phần chu kỳ I_{ckt} có thể tra theo đường cong tính toán tại thời điểm t cần tìm. Thành phần không chu kỳ, trong trường hợp bất lợi nhất, có thể tính theo công thức :

$$I_{kckt} = i_{kck0} \cdot e^{\frac{-t}{T_a}} = \sqrt{2}\, I_0'' e^{\frac{-t}{T_a}}$$

Tại thời điểm $t = \frac{T}{2} = 0,01$gy và với điều kiện $I_{kck}|_{o}| = I_{ckm}$, ta có

$$i_{xk} = I_{ckm} + I_{ckm} e^{\frac{-0,01}{T_a}} = k_{xk} I_{ckm}$$

$\left(\text{với } k_{xk} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}\right)$

Do đó : $I_{kckt} = k_{xk} I_{ckm} - I_{ckm} = (k_{xk} - 1) I_{ckm}$

$$I_{kckt} = \sqrt{2}\,(k_{xk} - 1) I_{ckt}$$

Vậy dòng điện ngắn mạch toàn phần sẽ là :

$$I_{kt} = \sqrt{I_{ckt}^2 + 2(k_{xk} - 1)^2 I^{ckt^2}} = I_{ckt}\sqrt{1 + 2\,(k_{xk} - 1)^2}$$

Nhưng trong tính toán thực tế, dòng điện ngắn mạch toàn phần có thể tính theo công thức đơn giản sau đây, khi t ≤ 0,1 gy

$$I_{kt} = \alpha I'' \quad (*)$$

Vì giá trị của dòng điện cắt tính toán được coi bằng giá trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần nên ta có :

$$I_{cắt\ tính\ toán} = \alpha I''$$

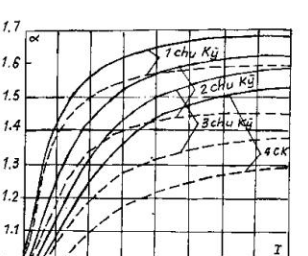
Hệ số α được biểu diễn bằng đồ thị hình 7-26. Với trị số trung bình của T_a (= 0,05gy) thì lúc t ≥ 0,2gy ta có thể xem dòng điện ngắn mạch toàn phần bằng thành phần chu kỳ của nó tại thời điểm đó, vì hầu như thành phần không chu kỳ đã tắt hết.

Trị số α có thể lấy trung bình khi ngắn mạch ở độ xa trung bình ứng với T_a = 0,05gy như sau :

tại t = 0,05 gy → α = 1,10

tại t = 0,1 gy → α = 1,00

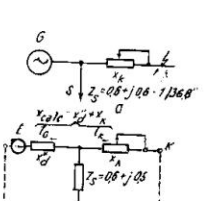
Trong hệ thống có trung tính cách điện đối với đất thì lúc lựa chọn máy cắt điện theo khả năng cắt, ta xác định khi ngắn mạch ba pha và xem như là sự cố trầm trọng nhất. Còn khi hệ thống có trung tính nối đất; thì lúc chọn máy cắt điện theo khả năng cắt ta xác định khi ngắn mạch một pha nếu nó nặng nề hơn điều kiện ngắn mạch ba pha.



Hình 7-26. Đường cong để xác định hệ số α. Đường nét liền : không xét đến sự tắt dần của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch. Đường nét đứt : xét đến sự tắt dần của thành phần chu kỳ

7.10. Phương pháp đường cong tính toán.

Trong nhiều trường hợp để tính toán dòng điện tại chỗ ngắn mạch, người ta dùng phương pháp đường cong tính toán. Phương pháp này tương đối đơn giản và trong đại đa số các trường hợp đủ đảm bảo độ chính xác yêu cầu.



Hình 7-27. Sơ đồ để xây dựng đường cong tính toán.

Phương pháp này dựa trên cơ sở sử dụng một số đường cong đặc biệt. Nhờ vậy, ở bất kỳ thời điểm nào của quá trình ngắn mạch ta có thể có giá trị của thành phần chu kỳ của dòng điện ở chỗ ngắn mạch tùy theo điện kháng tính toán của sơ đồ. Cấu trúc của đường cong này đã vẽ dựa trên sơ đồ đơn giản (hình 7-27). Ở đây đường cong được xây dựng với giả thiết trước lúc ngắn mạch, các máy phát điện mang tải định mức với cos φ = 0,8 và với điện áp định mức. Tương ứng với giả thiết đó, phụ tải được xem như là một tổng trở có giá trị tương đối Z_{pt} = 0,8 + j0,6 = $1/36^{o}8$ và được xem như hằng số trong quá trình ngắn mạch. Nhánh có điện kháng x_k, khi điện

(*) Dòng điện I'' có thể tính gần đúng như sau : $I'' = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}x_{\Sigma}} = I_{cb}/X_{*\Sigma\ (cơ\ bản)}$

kháng x_k thay đổi tức là thay đổi vị trí xa gần của điểm ngắn mạch; xét trước lúc ngắn mạch nhánh này là không tải (*).

Như vậy, phụ tải đã được xét tới trong quá trình vẽ họ đường cong tính toán, do đó khi tính dòng điện ngắn mạch không cần chú ý tới. Điện kháng tính toán : $x_{tính\ toán}$ sẽ được tính như sau :

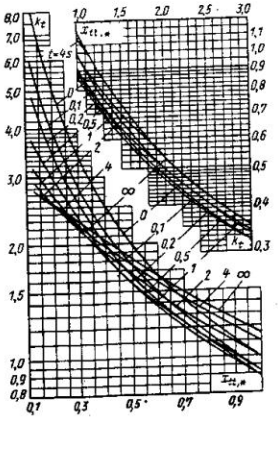
$$x_{tt} = x''_d + x_k \text{ (sơ đồ hình 7-27b)}$$

x_k : điện kháng ngắn mạch

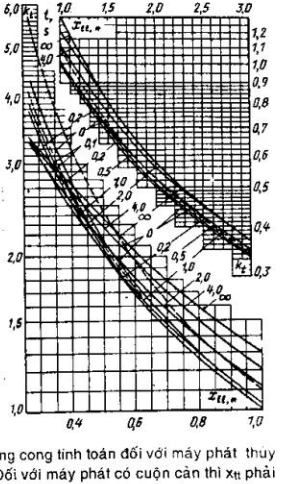
x''_d điện kháng siêu quá độ dọc trục của máy phát điện.

Ở hình 7-28 và 7-29 cho đường cong tính toán đối với các máy phát điện Nga loại công suất trung bình (50 – 100MW) (**). Những giá trị của dòng điện và của điện kháng tính toán được xác định trong đơn vị tương đối so với điều kiện định mức của máy phát điện. Bảng 7-8 cho các thông số của các máy phát điện Nga có công suất trung bình.

Đường cong tính toán được xây dựng đến $x_{tt} = 3$. Đối với $x_{tt} > 3$ thì sự biến đổi thành phần chu kỳ của dòng điện $I^{(3)}_{ckt}$ ở bất kỳ thời gian nào cũng sẽ không đáng kể nữa, do vậy giá trị của nó thực tế ta có thể xem như không đổi trong suốt quá trình ngắn mạch và bằng với giá trị siêu quá độ, tức là $I^{(3)}_{ckt} = I''^{(3)}$



Hình 7.28 Đường cong tính toán đối với máy phát nhiệt điện có TĐK.



Hình 7.29 Đường cong tính toán đối với máy phát thủy điện có TĐK. Đối với máy phát có cuộn cản thì x_{tt} phải tăng thêm 0,07. Khi đó, nếu $t \le 0,1s$ ta sử dụng đường nét đứt và $t > 0,1s$ ta sử dụng đường nét liền

(*) Dòng điện không chu kỳ ban đầu không những phụ thuộc vào góc pha ban đầu mà còn phụ thuộc vào tình trạng trước lúc ngắn mạch : mạch điện có tính chất điện cảm, điện dung hay không tải. Giá trị dòng điện không chu kỳ ban đầu (i_{kck0}) đạt cực đại khi mạch có tính chất điện dung, rồi đến mạch không tải và bé nhất khi mạch có tính chất điện cảm. Trường hợp mạch không tải được xem như trường hợp có nhiều khả năng xảy ra nhất và đồng thời cũng là trường hợp đơn giản nhất. Do vậy ta xét trước lúc ngắn mạch nhánh là không tải.

(**) Những đường cong này đã được các học giả A.B Camin và V.I. Schwager tiến hành xây dựng vào năm 1940.
Chú ý : Những máy phát điện có công suất lớn hơn 100 MW có thông số rất khác so với các máy phát điện có công suất bé hơn 100 MW.

Bảng 7-8

Tên các thông số		Máy phát điện tuốc bin hơi	Máy phát điện tuốc bin nước	
			có cuộc cần	không có cuộc cần
- Điện kháng x''_d	trong đơn vị tương đối	0,125	0,20	0,27
- Điện kháng x''_q	-nt-	0,175	0,30	0,65
- Điện kháng x'_d	-nt-	0,21	0,30	0,30
- Điện kháng x_d,	-nt-	1,72	1,00	1,00
- Điện kháng x'_q	-nt-	1,72	0,65	0,65
- Tỉ số ngắn mạch		0,70	1,06	1,06

Khi giá trị x_{tt} càng tăng thì sự khác nhau giữa các loại máy phát điện càng ít đi. Thật vậy, ta thấy khi $x_{tt} \geq 1$ thì đường cong tính toán của các loại máy phát điện hầu như trùng nhau.

Đường cong tính toán được xây dựng đối với ngắn mạch ba pha đối xứng có thể sử dụng để tính ngắn mạch không đối xứng vì thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch ở chỗ sự cố biểu thị dòng điện thứ tự thuận ở chỗ sự cố.

Trình tự tính toán ngắn mạch theo đường cong tính toán như sau :

1. Thành lập sơ đồ thay thế của sơ đồ đã cho; ở đây, các máy phát điện được đưa vào thông qua các giá trị tương ứng x''_d. Phụ tải sẽ không nghiên cứu đến chỉ trừ trường hợp có máy bù đồng bộ và động cơ cỡ lớn. (đặc biệt chú ý những máy bù và động cơ ở gần chỗ ngắn mạch).

Các thiết bị này được xem như máy phát điện có công suất tương đương.

2. Đơn giản sơ đồ thay thế tức là thực hiện các phép biến đổi dần dần sơ đồ tương đương (biến đổi song song, nối tiếp, biến đổi sao - tam giác hay ngược lại) để cuối cùng tính được điện kháng tổng $x_{*\Sigma cb}$ từ nguồn đến chỗ ngắn mạch.

3. Vì đường cong tính toán được vẽ với các thông số định mức nên ta phải đổi điện kháng tính trong hệ đơn vị tương đối cơ bản ($x_{*\Sigma(cb)}$) về hệ tương đối định mức, tức là điện kháng tính toán được tính như sau :

$$x_{tt} = x_{*\Sigma(cb)} \frac{S_{dm\,\Sigma\ máy phát}}{S_{(cb)}}$$

Ở đây : - $x_{*\Sigma(cb)}$ là điện kháng tổng trong hệ đơn vị tương đối cơ bản.

- $S_{dm\Sigma}$ máy phát - là công suất định mức tổng của các máy phát tham gia cung cấp cho điểm ngắn mạch, tính (MVA).

$S_{dm\Sigma}$ máy phát $= S_{dm1} + S_{dm2} + \ldots + S_{dmm}$

với $S_{đm1}$, $S_{đm2}$... $S_{đmm}$ là công suất biểu kiến định mức của máy phát 1, 2... m tham gia cung cấp cho điểm ngắn mạch.

– $S_{(cb)}$ công suất biểu kiến cơ bản.

4. Chọn đường cong tính toán tương ứng; theo đường cong đó, đối với điện kháng x_{tt} ta sẽ tìm được giá trị tương đối của thành phần chu kỳ dòng điện ngắn mạch $I_{*c.k.t}$ ở các thời điểm mà ta quan tâm.

Khi $x_{tt} > 3$ thì thành phần chu kỳ đối với từng thời điểm ngắn mạch sẽ như nhau, và giá trị tương đối của thành phần này sẽ xác định ngay bằng biểu thức :

$$I_{*ck} = \frac{1}{x_{tt}}$$

5. Xác định giá trị cần tìm của thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch đối với mỗi thời điểm t khác nhau :

$$I_{ckt} = I_{*ckt} \cdot \overset{o}{I}_{đmΣ\ máy\ phát}$$

Ở đây $\overset{o}{I}_{đmΣ\ máy\ phát} = \frac{S_{đmΣ máy\ phát}}{\sqrt{3}\ U_{trung\ bình}}$ là dòng điện định mức tổng tất cả các máy phát điện điện qui đổi về cấp điện áp xảy ra ngắn mạch.

Khi $x_{tt} > 3$ thì ta có : $I_{ck} = \frac{\overset{o}{I}_{đmΣ\ máy\ phát}}{x_{tt}}$

Phương pháp tính dòng điện ngắn mạch như trên gọi là phương pháp một biến đổi. Nếu khoảng cách từ các máy phát điện đến điểm ngắn mạch chênh lệch nhau nhiều thì nếu ta ghép các máy phát điện thành một máy phát điện đẳng trị (tức là dùng phương pháp một biến đổi) sẽ phạm sai số lớn; lúc đó, ta phải dùng phương pháp nhiều biến đổi. Quá trình tính dòng điện ngắn mạch theo phương pháp này tuần tự như sau :

1. Thành lập sơ đồ thay thế.

2. Xác định những nguồn nào cần để độc lập và những nguồn nào máy (phát điện) có thể ghép lại với nhau. Sự hợp nhất thành một nguồn cung cấp sẽ được phép với điều kiện là :

$$\frac{S_1 \cdot x_1}{S_2 \cdot x_2} = 0,4 \div 2,5$$

Trong đó S_1 và S_2 là công suất các nguồn cung cấp thứ nhất và thứ hai; x_1, x_2 là điện kháng tương ứng các nguồn trên tính đến điểm ngắn mạch.

Nếu điện kháng tính toán các nguồn đều lớn hơn 3 thì trong mọi trường hợp đều có thể nhập chúng thành một nguồn đẳng trị.

Ta cũng có thể bỏ qua nguồn công suất bé, nếu thỏa mãn các điều kiện sau :

$$\frac{x_2}{x_1} \geq 22 \text{ và } \frac{S_2}{S_1} \leq 0,05$$

Ở đây S_2 là công suất của nguồn có công suất bé.

Chú ý là không được phép hợp nhất nhánh nguồn có sức điện động không thay đổi với nhánh nguồn có $x_{tt} < 3$, vì dòng điện ngắn mạch do nguồn có sức điện động không thay đổi không thể xác định được từ đường cong tính toán.

3. Tính điện kháng tính toán tổng đến điểm ngắn mạch

$$x_{tt\,1} = x_{*\Sigma 1} = \frac{S_{dm\Sigma 1 \text{ máy phát}}}{S(cb)}$$

$$x_{tt\,2} = x_{*\Sigma 2} = \frac{S_{dm\Sigma 2 \text{ máy phát}}}{S(cb)}$$

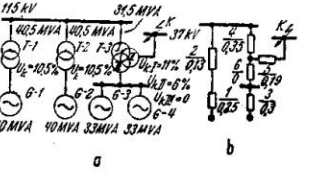
4. Theo đường cong tính toán, ứng với thời gian tồn tại ngắn mạch và điện kháng tính toán, tìm thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch :

I^*_{ck1}, I^*_{ck2}...

5. Xác định dòng điện ngắn mạch trong hệ đơn vị có tên :

$$I_{ckt} = I_{*ck1}\, I_{dm\Sigma 1 \text{ máy phát}} + I_{*ck22}\, I_{dm\Sigma 2 \text{ máy phát}} + ...$$

Ví dụ B-3. Hãy xác định dòng điện ban đầu và dòng điện sau 1,5 gy khi ngắn mạch ở điểm K của sơ đồ 7-30 cho rằng mỗi một máy phát điện tuốc bin nước có cuộn cản $x''_d = 0,2$ và có tự động điều chỉnh kích từ (TĐK).



Hình 7-30. Ví dụ B-3
a) Sơ đồ hệ thống b) Sơ đồ tương đương

Bài giải : Hãy chọn $S_{cơ\ bản} = 100$ MVA và $U_{cơ\ bản} = U_{trung\ bình}$, ta sẽ tính được các điện kháng tương đối cơ bản của các thành phần, sau đó ta đưa vào sơ đồ thay thế hình 7-30b.

Cả hai khối : máy phát – máy biến áp như nhau sẽ được xem như chỉ có một khối công suất gấp đôi, tức là :

$$x_1 = x_{*cb \text{ máy phát}} = x''_d \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = 0,2\,\frac{100}{2.40} = 0,25$$

$$x_2 = x_{* \text{ cơ bản máy biến thế}} = \frac{U_{k\%}}{100}\,\frac{S_{cb}}{S_{dm}} = 0,105\,\frac{100}{2.40,5} = 0,13$$

Tương tự, các máy phát điện G.3 và G.4 được xem như chỉ có một máy phát điện công suất $S_{dm\Sigma(2G3)} = 2,33 = 66$MVA và $x_3 = 0,2\,\frac{100}{66} = 0,3$.

Ở đây $x''_d = 0,2$

Đối với máy biến thế ba cuộn dây T-3 ta có :

$$x_4 = \frac{U_{kI\%}}{100}\,\frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{100}{31,5} = 0,35$$

$$x_5 = \frac{U_{kII\%}}{100}\,\frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{100}{31,5} = 0,19$$

$$x_6 = \frac{U_{kIII\%}}{100}\,\frac{S_{cb}}{S_{dm}} = 0$$

Đơn giản sơ đồ :

$$x_7 = x_1 + x_2 + x_4 = 0,25 + 0,13 + 0,35 = 0,73$$

$$x_8 = x_7 // (x_3 + x_6) = 0,73 // 0,3 = 0,21$$

Do đó :

$$x_{*\Sigma cb} = x_5 + x_8 = 0,19 + 0,21 = 0,4$$

Điện kháng tính toán :

$$x_{tt} = x_{*\Sigma(cb)} \frac{S_{đm\Sigma \text{ máy phát}}}{S_{(cb)}} =$$

$$x_{tt} = 0,4 \frac{(2 \times 40 + 2.33)}{100} = 0,585$$

Ở đây : các máy phát điện là loại tuốc bin nước có tự động điều chỉnh kích từ TĐK nên phải tăng lên thêm trị số 0,07 gọi là hệ số điều chỉnh (xem đường cong tính toán đối với máy phát điện tuốc bin nước có TĐK).

Do đó $x'_{tt} = 0,585 + 0,07 = 0,66$

Tra đường cong tương ứng, khi $x_{tt}' = 0,66$ ở thời điểm t = 0 ta có : $I''_* = 1,76$ (theo đường cong nét đứt) và khi t = 1,5 gy ta có $I_{chu\ kỳ} = 1,62$ (ta lấy giữa hai đường cong t = 1gy và t = 2 gy).

Dòng điện định mức tổng của các máy phát điện ở điện áp 37 KV là :

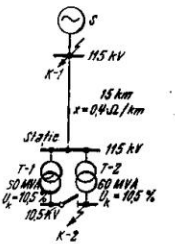
$$I^{o}_{đm\Sigma} = \frac{146}{\sqrt{3} \cdot 37} = 2,28 \text{ KA}$$

Vậy ta sẽ được các dòng điện cần tìm là :

$$I''_k = 1,76 \cdot 2,28 = 4 \text{ KA}$$

$$I_{K1,5} = 1,62 \cdot 2,28 = 3,7 \text{ KA}$$

Ví dụ B-4 : Biết rằng khi ngắn mạch ba pha ở điểm K-1 của sơ đồ hình 7-31, công suất ngắn mạch sau thời gian 0,5gy là $S_K = 2000$MVA. Hãy xác định giá trị lớn nhất của thành phần chu kỳ của dòng điện khi ngắn mạch ba pha ở điểm K-2 ở hai trường hợp sau :



Hình 7-31

– Máy biến áp làm việc song song.

– Máy biến áp làm việc riêng lẻ.

Giả thiết : công suất tổng của tất cả các máy phát điện của các trung tâm nhiệt điện của hệ thống $S_{đm\Sigma} = 1250$ MVA và tất cả các máy phát này đều có TĐK.

Bài giải :

– Khi ngắn mạch tại K-1, giá trị tương đối của công suất ngắn mạch là :

$$S_{*k} = \frac{2000}{1250} = 1,6$$

Từ giá trị này, tra đường cong tính toán đối với máy phát điện tuốc bin hơi có TĐK ta được khi t = 0,5gy là : $x_{ttK-1} = 0,48$

Khi $S_{dm\Sigma} = 1250$ MVA thì điện kháng tương đối của các phần tử sơ đồ sẽ là :

– Đối với đường dây : $x = 0,4 \cdot 15 \dfrac{1250}{115^2} = 0,57$

– Đối với mỗi máy biến thế $x = 0,105 \dfrac{1250}{60} = 2,2$

Khi ngắn mạch K-2 :

– Đối với trường hợp máy biến áp làm việc song song.

$$x_{ttK-2} = 0,48 + 0,57 + 2,2 / 2 = 2,15$$

Khi $x_{ttK-2} = 2,15$, ta tra từ đường công tính toán đối với máy phát điện tuốc bin hơi có TĐK với t < 2gy ta được.

$$I^*_{\text{chu kỳ K-2}} = 0,49$$

Vậy dòng điện cần tìm sẽ là :

$$I_{\text{chu kỳ K-2}} = 0,49 \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 33,7 \text{ KA}$$

Đối với trường hợp máy biến áp làm việc riêng lẻ.

$x_{tt} = 0,48 + 0,57 + 2,2 = 3,25$ tức là lớn hơn 3, dòng điện cần tìm là :

$$I_{\text{chu kỳ K-2}} = \frac{\overset{o}{I}_{dm\Sigma}}{x_{tt}} = \frac{1}{3,25} \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 21,2\text{KA}$$

7.11. Dùng đường cong tính toán để tính ngắn mạch không đối xứng.

Phương pháp dùng đường cong tính toán để tính ngắn mạch ba pha đối xứng như đã trình bày ở phần trên có thể dùng để xác định một cách gần đúng dòng điện thứ tự thuận ở một thời điểm nào đó của quá trình ngắn mạch không đối xứng. Muốn vậy, trước tiên, ta phải xác định điện kháng tính toán của sơ đồ thứ tự thuận; ở sơ đồ này, tại điểm ngắn mạch ta sẽ nối thêm một điện kháng phụ $x_{\Delta}^{(n)}$ thể hiện điện kháng phụ riêng của dạng ngắn mạch đã xảy ra. Tức là ta đã biến ngắn mạch không đối xứng thành ngắn mạch ba pha đối xứng đẳng trị ở xa hơn điểm ngắn mạch thực một đoạn $x_{\Delta}^{(n)}$.

Nếu gọi $x_{tt}^{(3)}$ là điện kháng tính toán ngắn mạch ba pha, thì điện kháng tính toán ngắn mạch không đối xứng dạng (n) tại cùng điểm đó là :

$$x_{tt}^{(n)} = (x_{1\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)}) \frac{S_{dm}}{S_{cb}}$$

$$x_{tt}^{(n)} = \left(1 + \frac{x_{\Delta}^{(n)}}{x_{1\Sigma}}\right) \cdot x_{tt}^{(3)}$$

Ở đây $x_{1\Sigma}$ là điện kháng tổng hợp của sơ đồ thứ tự thuận được xác định đối với điểm ngắn mạch. Nếu dùng phương pháp tính toán theo nhiều biến đổi thì ta có điện kháng tính toán của nhánh nào đó tạm gọi là nhánh thứ M :

$$x_{ttM^{(n)}} = \frac{(x_{1\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)})}{C_M} \cdot \frac{S_{dm}}{S_{cb}}$$

Trong đó : $x_{1\Sigma}$ và $x_{\Delta}^{(n)}$ được xác định trong đơn vị tương đối với lượng cơ bản là S_{cb} (S_{cb} tính bằng MVA).

S_{dm} – là công suất định mức biểu kiến của các máy phát điện trong nhánh M này.

C_M – hệ số phân bố của nhánh thứ M này, xác định trong sơ đồ thứ tự thuận (hay trong sơ đồ thay thế của ngắn mạch ba pha đẳng trị).

Vì tính toán theo phương pháp này là tính toán gần đúng nên chúng ta không cần thiết lập sơ đồ thứ tự nghịch, khi đó điện kháng tổng hợp trong sơ đồ thứ tự nghịch sẽ là :

$$x_{2\Sigma} \approx x''_{\Sigma}$$

Ở đây x''_{Σ} chính là $x_{1\Sigma}$ trong mạng thứ tự thuận vẽ cho phương pháp đường cong tính toán.

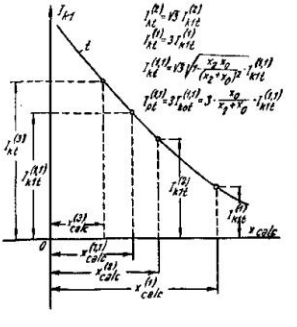
Với trị số điện kháng tính toán $x_{tt}^{(n)}$ vừa tìm được, theo đường cong tính toán tương ứng, ta sẽ nhận được giá trị tương đối của thành phần dòng điện thứ tự thuận tại thời điểm t là : (hình 7-32) : I_{*Kt}. Giá trị thành phần chu kỳ của dòng điện tại chỗ ngắn mạch không đối xứng trong đơn vị có tên là :

$$I_{ckt}^{(n)} = m^{(n)} I_{*Kt}^{(n)} I_{dm\Sigma}.$$

Hoặc khi tính toán theo phương pháp nhiều biến đổi thì :

$$I_{ckt}^{(n)} = m^{(n)} \left\{ I_{*1tI}^{(n)} \overset{o}{I}_{dmI} + I_{*1tII}^{(n)} \cdot \overset{o}{I}_{dmII} + \dots \right\}$$

– Ở đây : $m^{(n)}$ là một hệ số, giá trị của nó đối với mỗi loại ngắn mạch cho ở bảng (7-9) và hình 7.32.



Hình 7-32. Dùng phương pháp đường cong tính toán khi xem xét ngắn mạch không đối xứng.

$I_{dm\Sigma}$ – dòng điện định mức tổng của các máy phát điện qui về điện áp của cấp ta xét ngắn mạch.

$$I_{dm\Sigma} = \frac{S_{dm\Sigma}}{\sqrt{3}\,U_{tb}}$$

$I_{*1tI}^{(n)}$, $I_{*1tII}^{(n)}$... dòng điện tương đối thứ tự thuận tìm được theo đường cong tính toán của các nhánh I, II...

$\overset{o}{I}_{dmI}$, $\overset{o}{I}_{dmII}$ ... dòng điện định mức của các máy phát điện trong các nhánh I, II... qui về điện áp của cấp mà ta xét ngắn mạch.

Khi trong sơ đồ có hệ thống nguồn công suất vô cùng lớn thì ta phải tách riêng nó để tính.

Điện kháng tương hỗ giữa hệ thống đối với điểm ngắn mạch không đối xứng đã qui về ngắn mạch ba pha đẳng trị là :

$$X_{\text{hệ thống K}} = \frac{x_{1\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)}}{C_{\text{hệ thống}}}$$

$C_{\text{hệ thống}}$ – là hệ số phân bố của hệ thống. Dòng điện thứ tự thuận do hệ thống cung cấp cho điểm ngắn mạch là :

$$I^{(n)}_{1\ hệ\ thống} = \frac{I_{cb}}{x_{*\ hệ\ thống K(cb)}} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb}} \cdot \frac{1}{x_{*\ hệ\ thống K(cb)}}$$

Nếu $X_{hệ\ thống\ K}$ tính bằng ôm thì :

$$I^{(n)}_{1\ hệ\ thống} = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}X_{hệ\ thống\ K}}$$

Trong đó :

U_{tb} – điện áp trung bình của cấp mà ta xét ngắn mạch

I_{cb} – dòng điện cơ bản của cấp điện áp tương ứng.

Chú ý : vì có thêm điện kháng phụ : $X^{(n)}_{\Delta}$ nên lúc ngắn mạch không đối xứng, sự khác nhau giữa các tình trạng xa gần của các máy phát điện đến điểm ngắn mạch sẽ ít hơn khi ngắn mạch ba pha tại cùng chỗ đó. Do vậy, khi tính toán ngắn mạch không đối xứng nên cố gắng tránh dùng phương pháp nhiều biến đổi hoặc chỉ dùng phương pháp này khi phân thành rất ít nhánh riêng biệt. Sau đây ta cho bảng giá trị của điện kháng phụ $X^{(n)}_{\Delta}$ và hệ số $m^{(n)}$.

Bảng giá trị của điện kháng phụ $X^{(n)}_{\Delta}$ và hệ số $m^{(n)}$.

Bảng 7-9

Dạng ngắn mạch	(n)	$x^{(n)}_{\Delta}$	$m^{(n)}$
Ba pha	(3)	0	1
Hai pha	(2)	$x_{2\Sigma}$	$\sqrt{3}$
Một pha	(1)	$x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}$	3
Hai pha chạm đất	(1,1)	$x_{2\Sigma} \parallel x_{0\Sigma}$	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{x_{2\Sigma}\, x_{0\Sigma}}{(x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}}$

Ví dụ B-5 : Với bài toán cho ở ví dụ B-3, hãy xác định giá trị dòng điện ngắn mạch hai pha $K^{(2)}$ ở tại điểm K của sơ đồ ở thời điểm t = 1,5 gy.

Bài giải :

Ở ví dụ B-3 : ta đã xác định $x^{(3)}_{tt} = 0,66$. Do đó, điện kháng tính toán khi ngắn mạch hai pha cùng tại điểm này sẽ là :

$$x^{(2)}_{tt} = x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} \approx 2x_{1\Sigma}$$

$$x^{(2)}_{tt} \approx 2 \,.\, 0,66 = 1,32$$

Từ đường cong tính toán, đối với máy phát điện tuốc bin nước có tự động điều chỉnh điện áp (có T.Đ.K), ứng với $x_{tt} = 1,32$, đối với t = 1,5gy, ta sẽ tìm được thành phần dòng điện thứ tự thuận trong hệ đơn vị tương đối là :

$$I^{(2)}_{K1} = 0,82$$

Do đó dòng điện ngắn mạch hai pha $K^{(2)}$ sẽ là :

$$I^{(2)}_{K} = \sqrt{3} \,.\, 0,82 \,.\, 2,28 = 3,24KA$$

Ở đây :

$$m^{(2)} = \sqrt{3}\ ;\ \overset{o}{I}_{dm} = 2{,}28KA$$

(so sánh với dòng điện ngắn mạch ba pha đã tính ở ví dụ trước là $I_{K1.5} = 3{,}7$ KA).

7.12. Phương pháp tính ngắn mạch trong mạng điện áp thấp đến 1000V.

Tính ngắn mạch trong mạng điện dưới 1000V thường là để lựa chọn các khí cụ điện và các bộ phận có dòng điện đi qua. Do vậy ta cần biến trị số lớn nhất có thể có của dòng điện ngắn mạch. Đối với mạng điện, điện áp đến 1000V không thể bỏ qua điện trở được vì nếu bỏ qua điện trở thì sai số sẽ rất lớn. Trường hợp này ta phải xét đến điện trở tất cả các phần tử trong mạch ngắn mạch như điện trở máy biến áp, dây dẫn, thanh dẫn, cuộn dây sơ cấp của máy biến điện áp, máy biến dòng điện đo lường, cuộn dòng điện của áp-tô-mát và điện trở tiếp xúc tại các tiếp điểm v.v...

Tổng trở máy biến áp và các thành phần nối vào bên thứ cấp của máy biến áp thường tương đối lớn nên lúc xảy ra ngắn mạch trong mạng hạ áp, điện áp bên sơ cấp của máy biến áp giảm đi rất ít. Vì vậy, nên ta giả thiết là điện áp bên sơ cấp của máy biến áp giữ không đổi. Ta bỏ qua điện trở hồ quang để cho dòng điện ngắn mạch là cực đại.

Tính toán dòng điện ngắn mạch trong mạng điện hạ áp ta nên dùng đơn vị có tên để đơn giản vì chỉ có một cấp điện áp :

Z(X, R) : (mΩ); U : (KV), (V); I : (KA), (A); S : (KVA)

** Tính điện kháng hệ thống*

$$X_{\text{hệ thống}} = \frac{U_{tb} \cdot 10^3}{\sqrt{3}\ I_{\text{đm cắt}}} = \frac{U_{tb}^2 \cdot 10^3}{S_{\text{đm cắt}}} \qquad (m\Omega)$$

Trong đó :

- U_{tb} là điện áp trung bình của mạng hạ áp, ví dụ : 0,230 KV; 0,400 KV; 0,525 KV hay 0,690 KV.

- $S_{\text{đm cắt}}$, $I_{\text{đm cắt}}$: công suất cắt và dòng điện cắt định mức của máy cắt điện đặt ở phía cao áp máy biến áp tính bằng KVA và KA.

Nếu không biết số liệu của hệ thống thì ta có thể bỏ qua $X_{\text{hệ thống}}$, nghĩa là coi điện áp bên cao áp của máy biến áp là hằng số như trên đã giả thiết. Điều này khá chính xác khi tổng trở của mạng hạ áp khá lớn.

** Điện trở và điện kháng của máy biến áp.*

$$R = \frac{\Delta P_K\ U_{đm}^2 \cdot 10^3}{S_{đm}^2}\ (m\Omega)$$

$$X = \frac{10 \cdot U_{x\%}\ U_{đm}^2}{S_{đm}} \cdot 10^3,\ (m\Omega)$$

Trong đó : R, X là điện trở và điện kháng của máy biến áp, xác định khi điện áp định mức ở cuộn dây thứ cấp của máy biến áp (0,23 KV; 0,4 KV; 0,525 KV), tính bằng (mΩ).

ΔP_K tổn thất ngắn mạch của máy biến áp (W)

U_{dm} - điện áp định mức máy biến áp (KV).

S_{dm} công suất định mức máy biến áp (KVA)

U_x % thành phần phản kháng của điện áp ngắn mạch, được xác định theo công thức :

$$U_x\% = \sqrt{U_k^2\% - U_r^2\%}$$

trong đó : U_k % - điện áp ngắn mạch, tính %

U_r % - thành phần tác dụng của U_k %, được xác định theo công thức :

$$U_r\% = \frac{\Delta P_k}{10.S_{dm}} = \frac{\Delta P_k}{10^3.\ S_{dm}} \cdot 100$$

** Điện trở và điện kháng đường dây hạ áp.*

Đối với đường dây hạ áp, một cách gần đúng ta có thể lấy như sau :

- Đường dây trên không x_o = 0,3 (Ω/Km) hay (mΩ/m)
- Đường dây cáp x_o = 0,07 (Ω/km) hay (mΩ/m)
- Điện trở r_o tính như sau :

$$r_o = \rho \frac{1}{F};\ (\Omega/Km),\ (m\Omega/m)$$

Ở đây ρ - điện trở suất vật liệu dây dẫn (đối với đồng : ρ_{Cu} = 18,8 $\Omega mm^2/Km$,

nhôm ρ_{Al} = 31,5 $\Omega mm^2/Km$)

** Điện trở và điện kháng của các thành phần khác :* như cuộn dòng điện của áp tô mát, cuộn sơ cấp của máy biến dòng, điện trở tiếp xúc của các tiếp điểm, thanh góp v.v... ta có thể tra ở cẩm nang.

** Dòng điện ngắn mạch :* Sau khi đã xác định được điện kháng và điện trở tổng hợp của mạch điện ngắn mạch, ta sẽ tính được thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch ba pha như sau :

$$I_{ck}^{(3)} = \frac{1000\ U_{tb}}{\sqrt{3}\ .\ \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}},\qquad (A)$$

trong đó U_{tb} – tính bằng V ; r_{Σ} và x_{Σ} tính bằng mΩ.

** Dòng điện xung kích.* Ở mạng hạ áp vì điện trở lớn nên dòng điện không chu kỳ i_{kck} tắt dần nhanh hơn trong mạng cao áp. Thành phần chu kỳ coi như không đổi theo thời gian. Do đó dòng điện xung kích là :

$$i_{xk} = \sqrt{2}\ k_{xk}\ I'' = \sqrt{2}\ .\ k_{xk}\ .\ I_{ck}$$

Ở đây $k_{xk} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}$ – hệ số này có thể tra theo đường cong ở hình 7-21 khi đó :

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{\omega r_{\Sigma}}$$

Dòng điện xung kích cung cấp từ động cơ không đồng bộ được đặt trực tiếp ở điểm ngắn mạch phải được tính đến. Khi đó, dòng điện xung kích toàn phần do hệ thống và các động cơ điện cung cấp tính như sau :

$$i_{xk} = \sqrt{2}\ k_{xk}\ I_{ck} + 6,5\ I_{dmdc}$$

trong đó : I_{dmdc} – dòng điện định mức các động cơ nối trực tiếp vào điểm ngắn mạch.

I_{ck} – thành phần chu kỳ dòng ngắn mạch.

Khi tính toán gần đúng, nếu ngắn mạch trên thanh góp ở bảng phân phối chính, ta có thể sử dụng các hệ số xung kích sau đây để tính toán :

– Nếu dòng điện cung cấp từ máy biến áp có công suất 560 ÷ 1000 KVA và $U_k\% = 8\%$ thì ta lấy $k_{xk} = 1,5$ khi đó $i_{xk} = 2,1\ I''$; còn nếu công suất máy biến áp như trên nhưng $U_k\% = 5,5\%$ ta lấy $k_{xk} = 1,3$ khi đó $i_{xk} = 1,85\ I''$.

– Nếu dòng điện cung cấp từ máy biến áp có công suất từ 100 ÷ 320 KVA và $U_k\% = 5,5\%$ thì ta lấy $k_{xk} = 1,2$ khi đó : $i_{xk} = 1,7\ I''$.

– Nếu ngắn mạch ở điểm rất xa thì ta lấy $k_{xk} = 1$ khi đó $i_{xk} = 1,42\ I''$.

* Giá trị hiệu dụng cực đại của dòng điện ngắn mạch :

$$I_{xk} = \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2}\ .\ I_{ck} \qquad \text{khi } k_{xk} \geq 1,3$$

$$I_{xk} = \sqrt{1 + \frac{Ta}{0,02}}\ .\ I_{ck} \qquad \text{khi } k_{xk} < 1,3$$

** Tính sự thay đổi dòng điện ngắn mạch do quá trình phát nóng của dây dẫn gây nên.*

Trong một số trường hợp ta cần xét đến ảnh hưởng của quá trình phát nóng làm thay đổi điện trở mạch điện ngắn mạch.

Muốn vậy, ta phải thực hiện hiệu chỉnh, tức là : căn cứ vào trị số dòng điện ngắn mạch tính gần đúng khi không xét đến ảnh hưởng của phát nóng và theo tiết diện dây dẫn của mạch điện ngắn mạch ta tìm được điện trở của dây dẫn do phát nóng. Sau đó, ta tính lại dòng điện ngắn mạch nhưng với trị số điện trở đã thay đổi.

Trị số điện trở thay đổi có thể tính gần đúng như sau :

$$r' = r\left[1 + \frac{m_{vl}\ .\ t}{1 + 0,0040\ \theta_o}\ .\ \left(\frac{I_{ck}}{F}\right)^2\right]$$

Ở đây : r – điện trở dây dẫn ứng với nhiệt độ ban đầu $\theta_o^o C$, (mΩ)

F – tiết diện dây dẫn (mm^2).

I_{ck} – dòng điện ngắn mạch khi tính sơ bộ (không xét đến sự phát nóng), (KA).

m_{vl} – hệ số, đối với đồng ta lấy $m_{cu} = 22$, đối với nhôm ta lấy $m_{Al} = 5$

t – thời gian ngắn mạch, (gy).

Nếu điện kháng tổng của mạch điện ngắn mạch tương đối bé ($x_\Sigma < 0,3r_\Sigma$) thì có thể bỏ qua ảnh hưởng của nó, tức là coi $x_\Sigma = 0$.

** Tính ngắn mạch một pha trong mạng điện hạ áp.*

Mục đích của tính ngắn mạch một pha trong mạng điện hạ áp là kiểm tra độ nhạy của các áptômát và bảo vệ rơle. Vì vậy, trong trường hợp này, ngược với trường hợp trên, ta cần phải biết trị số bé nhất có thể có của nó. Khi tính ngắn mạch một pha ta cần :

a) Xét đến điện trở của tất cả các thành phần.

b) Nhận điện áp tính toán U_{tb} với một hệ số bé hơn 1 để xét đến sự giảm điện áp bên sơ cấp của máy biến áp lúc ngắn mạch. Hệ số này có thể lấy bằng 0,9 ÷ 0,95.

c) Điện trở của dây trung tính trong mạng thứ tự không phải lấy bằng 3 lần trị số thực tế của nó.

d) Điện kháng thứ tự không của máy biến áp nối Y/Y_0 là $X_{*0T} = 0,3 \div 1$ (trị số tương đối định mức), song để cho dòng điện ngắn mạch một pha là cực tiểu, ta lấy $X_{*0T} = 1$.

Trong đơn vị có tên ta có :

$$X_{0T} = X_{*0T} \cdot \frac{U_{tb}^2}{S_{dm}} 10^6 \ (m\Omega)$$

Ở đây $X_{*0T} = 0,3 \div 1$; U_{tb} = tính (KV) ; S_{dm} tính (KVA)

Nếu máy biến áp nối : Y_0/Δ thì $X_{0T} = X_{1T}$

e) Điện kháng thứ tự không của đường dây hạ áp có thể lấy bằng hai lần điện kháng thứ tự thuận : x_0 đường dây = $2x_1$ đường dây.

Sau khi đã tính được tổng trở thứ tự không của tất cả các phần tử, thì thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch một pha có thể tính bằng công thức sau :

$$I_{ck} = \frac{\sqrt{3}(0,9 \div 0,95)\, U_{tb} \cdot 10^3}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}}$$

7.13. Các bài toán ví dụ về tính toán ngắn mạch trong mạng điện áp thấp.

(Ví dụ B-6) : Hãy xác định điện trở và điện kháng của một máy biến áp hạ áp 560 KVA, điện áp 6,3/0,4 KV.

Các số liệu cấu tạo : $\Delta P_k = 9400$ W; $U_k = 5,5\%$

Trước tiên ta tính : $U_r\% = \frac{\Delta P_k}{10 S_{dm}} = \frac{9400}{10 \cdot 560} = 1,68\%$

$$U_x\% = \sqrt{U_k^2\% - U_r^2\%} = \sqrt{5,5^2 - 1,68^2} = 5,24\%$$

Điện trở và điện kháng của máy biến áp là :

$$R = \frac{\Delta P_k U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \frac{10^3}{} = \frac{9400 \cdot 0,4^2}{560^2} \cdot 10^3 = 4,8 \ m\Omega$$

$$X = \frac{10 U_x\% U_{dm}^2}{S_{dm}} \cdot 10^3 = \frac{10 \cdot 5,24 \cdot 0,4^2}{560} 10^3 = 15 \ m\Omega$$

(Ví dụ B-7) : Hãy xác định dòng điện ngắn mạch trên thanh góp điện áp thấp, lấy điện từ máy biến áp hạ áp 6,0/0,4 KV; $U_k\%$ = 5,5 công suất máy 320 KVA. Mạch điện ngắn mạch gồm : một áp tô mát 600 A, một cầu dao 600 A, một dây cáp tiết diện 95 mm^2 có chiều dài 25 m. Sau khi tính điện trở và điện kháng của mạch điện ngắn mạch ta được (các số liệu có thể tra ở cẩm nang) :

Các thành phần	Điện trở, (mΩ)	Điện kháng, (mΩ)
Máy biến áp	9,48	25,8
Áp tô mát 600 A	cuộn dây : 0,12 + tiếp điểm 0,25 = 0,37	0,094
Cầu dao	0,15	–
Cáp	0,223 × 25 = 5,57	0,07 × 25 = 1,75
Cộng	15,17	27,65

Thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch :

$$I_{ck}^{(3)} = \frac{1000 \,.\, U_{tb}}{\sqrt{3}\ \sqrt{r_\Sigma^2 + x_\Sigma^2}} = \frac{1000 \,.\, 400}{1{,}73\ \sqrt{15{,}17^2 + 27{,}65^2}} = 7300A$$

Dòng điện xung kích :

$$i_{xk} = \sqrt{2}\ k_{xk}\ .\ I_{ck}^{(3)} = \sqrt{2}\ .\ 1{,}2\ .\ 7300 = 12.000\ A$$

Ở đây : nếu không có số liệu như đã nêu ở trước đây, ứng với máy biến áp S_{dm} = 100÷320 KVA, $U_k\%$ = 5,5 ta lấy k_{xk} = 1,2. Ta cũng có thể xác định k_{xk} tương đối chính xác hơn nếu có các số liệu để xác định : Ta, như sau :

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega r_\Sigma} = \frac{27{,}65}{314.15{,}17} = 0{,}006$$

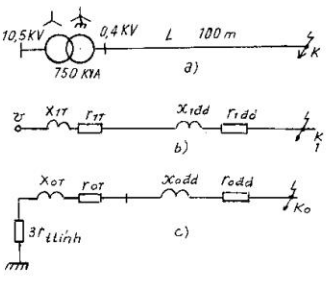
Tra theo đường cong k_{xk} ứng với T_a = 0,006 ta được (hình 7-21)

$$k_{xk} = 1{,}17$$

Giá trị hiệu dụng cực đại của dòng diện ngắn mạch (với $k_{xk} < 1{,}3$) ta có :

$$I_{xk} = \sqrt{1 + \frac{T_a}{0{,}02}}\ .I_{ck}^{(3)} = \sqrt{1 + \frac{0{,}006}{0{,}02}}\ .\ 7300 = 8300\ A$$

Ví dụ B-8 : Một máy biến áp 750 KVA; 10/0,4 KV, cung cấp cho một đường dây có 4 dây đồng dài 100 m, tiết diện dây dẫn : 3 × 35mm^2 + 1 × 16m^2, mỗi pha cách nhau 250mm. Tính dòng điện chu kỳ lúc xảy ra ngắn mạch ba pha và một pha chạm dây trung tính ở cuối đường dây.



Hình 7-33 a) sơ đồ mạng
b) sơ đồ thứ tự thuận
c) sơ đồ thứ tự không

Bài giải : * Ta tính được điện trở và điện kháng của máy biến áp là :

– Thành phần thứ tự thuận r_{1T} = 3,38mΩ, x_{1T} = 11,2mΩ

– Thành phần thứ tự không r_{0T} = 3,38mΩ, x_{0T} = 214 mΩ

* Của đường dây tải điện

– Thành phần thứ tự thuận

$r_{1\text{ đường dây}} = 0{,}54.100 = 54m\Omega$

$x_{1\text{ đường dây}} = 0{,}30.100 = 30m\Omega$

– Thành phần thứ tự không :

$r_{0\text{đường dây}} = r_{1\text{đường dây}} = 54m\Omega$

$x_{0\text{đường dây}} = 2x_{1\text{đường dây}} = 2.30 = 60m\Omega$

* Của đường dây trung tính :

$r_{\text{trung tính}} = 1{,}2.100 = 120m\Omega$

a) Tính khi ngắn mạch ba pha $K^{(3)}$

Đối với điểm ngắn mạch K ta có :

$r_{1\Sigma} = r_{1T} + r_{1\text{đường dây}} = 3{,}38 + 54 = 57{,}38m\Omega$

$x_{1\Sigma} = x_{1T} + x_{1dd} = 11{,}2 + 30 = 41{,}2m\Omega$

Dòng điện ngắn mạch ba pha :

$$I_{ck}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{tb}}{\sqrt{3}\sqrt{r_\Sigma^2 + x_\Sigma^2}} = \frac{1000 \cdot 400}{\sqrt{3}\sqrt{(57{,}38)^2 + (41{,}2)^2}} = 3000\ A$$

b) Tính khi ngắn mạch một pha $K^{(1)}$:

Điện kháng và điện trở thứ tự không đối với điểm ngắn mạch :

$r_{0\Sigma} = 3r_{\text{trung tính}} + r_{0T} + r_{0dd} = 120.3 + 3{,}38 + 54 = 417{,}38m\Omega$

$x_{0\Sigma} = x_{0T} + x_{0dd} = 214 + 60 = 274m\Omega$

Dòng điện ngắn mạch một pha là :

$$I_{ck}^{(1)} = \frac{\sqrt{3}(0{,}9 \div 0{,}95)\,U_{tb} \cdot 10^3}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0{,}95 \cdot 400 \cdot 10^3}{\sqrt{(2.57{,}38 + 417{,}38)^2 + (2.41{,}2 + 274)^2}}$$

$I_{ck}^{(1)} = 1030$ A.

Ví dụ B-9. Hãy xác định dòng điện ngắn mạch ở điểm K_1 của lưới điện phân xưởng (hình 7-34); nếu ở trạm điện phân xưởng người ta đặt máy biến áp TM 630/6 có $U_k = 5{,}5\%$ và $\Delta P_k = 7{,}6KW$. Máy biến áp được nối đến 0,4 KV bằng thanh cái nhôm $60 \times 8mm^2$, đặt nằm ngang với khoảng cách giữa các pha là a = 200 mm; trên đường dẫn người ta đặt một máy cắt tự động ABM – 15. Ở phân xưởng, đặt hệ thống thanh dẫn chính MA – 73 : Cũng từ đây, hệ thanh dẫn được phân nhánh bằng các thanh dẫn PA – 73. Tại điểm K_1 người ta nói đến nhóm động cơ điện M_1 có công suất chung là 200 KW, $U_{dm} = 380$ V, $\eta = 0{,}94$ và $\cos\varphi = 0{,}91$. Trên nhánh khác của hệ thống thanh dẫn chính, đặt nhóm động cơ điện thứ hai M_2 có công suất 150 KW điện áp định mức $U_{dm} = 380$ V, hiệu suất $\eta = 0{,}92$, $\cos\varphi = 0{,}84$.

Bài giải : Chúng ta hãy giả thiết là điện áp trên thanh cái 6 KV của trạm biến áp phân xưởng không thay đổi. Trở kháng từ nguồn cung cấp đến thanh cái này không tính đến. Tính trở kháng ở đơn vị có tên (mΩ), $U_{cơ\ bản} = 400$ V.

Trở kháng của máy biến áp :

$$r_{MBA} = \frac{\Delta P_k \cdot U_{cb}^2 \cdot 10^3}{S_{dm}^2} = \frac{7{,}6 \cdot 0{,}4^2 \cdot 10^3}{630^2} = 3{,}06m\Omega$$

$$x_{MBA} = \sqrt{U_k^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{dm}}\right)^2} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} =$$

$$x_{MBA} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{630}\right)^2} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,63m\Omega$$

Trở kháng của cuộn dây dòng điện của máy cắt tự động tra được ở sổ tay tra cứu là :

$r_{MCTĐ} = 0,12m\Omega$, $x_{MCTĐ} = 0,094m\Omega$.

Điện trở quá độ của tiếp xúc : $r_{tx} = 0,25m\Omega$.

Trở kháng của thanh cái nối đến bảng điện 0,4 KV :

$$r_{thanh\ cái} = r_0 \cdot l = 0,074 \cdot 6 = 0,444m\Omega$$

$$x_{thanh\ cái} = x_0\, l = 0,176.\ 6 = 1,056m\Omega$$

Ở đây r_0 và x_0 được tra từ bảng đối với thanh cái 60 × 8 khi các thanh cái của các pha được đặt nằm ngang và khoảng cách trung bình giữa các pha là : $d_{tb} = 1,26.200 = 252mmm$.

Trở kháng của thanh dẫn chính (tra bảng được $r_0 = 0,031\ m\Omega/m$

$x_0 = 0,017m\Omega/m$) do vậy :

$$r_{\omega MA} = 0,031.20 = 0,62m\Omega$$

$$x_{\omega MA} = 0,017.20 = 0,34m\Omega$$

Trở kháng của thanh dẫn ωPA – 73 (tra bảng được $r_0 = 0,13m\Omega/m$ $x_0 = 0,1m\Omega/m$) : do đó :

$$r_{\omega PA} = 0,13 \cdot 5 = 0,65m\Omega$$

$$x_{\omega PA} = 0,1 \cdot 5 = 0,5m\Omega$$

Trở kháng tổng đến điểm ngắn mạch là :

$$r_\Sigma = r_{MBA} + r_{MCTĐ} + r_{tx} + r_{thanh\ cái} + r_{\omega MA} + r_{\omega PA} =$$

$$r_\Sigma = 3,06 + 0,12 + 0,25 + 0,444 + 0,62 + 0,65 = 5,144m\Omega$$

$$x_\Sigma = x_{MBA} + x_{MCTĐ} + x_{thanh\ cái} + x_{\omega MA} + x_{\omega PA} =$$

$$x_\Sigma = 13,63 + 0,094 + 1,056 + 0,34 + 0,5 = 15,62m\Omega$$

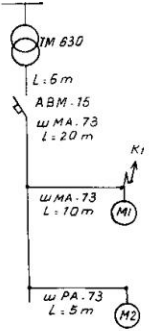
Hãy xác định dòng điện ngắn mạch từ nguồn (hệ thống) :

$$I_{ck}^{(3)} = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}\sqrt{x_\Sigma^2 + r_\Sigma^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{15,62^2 + 5,144^2}} = 14,06\ KA$$

Tính dòng điện xung kích (từ hệ thống) :

$$i_{xk} = \sqrt{2}\ k_{xk} \cdot I_{ck}^{(3)} = \sqrt{2}.1,33 \cdot 14,06 = 26,37\ KA$$

(Ở đây k_{xk} tra theo đường cong 7-21 với $\frac{x}{r} = \frac{15,62}{5,144} = 3,03$ ta được $k_{xk} = 1,33$)



Hình 7-34

Chúng ta hãy tính toán đến ảnh hưởng của nhóm động cơ điện M_1 đối với dòng ngắn mạch. Đối với nhóm động cơ điện M_2 ở xa vị trí ngắn mạch bởi thanh dẫn l = 10 cm và bởi những thanh dẫn phân nhánh có l = 5m nên rất ít ảnh hưởng đến dòng ngắn mạch, do vậy ta sẽ không xét ảnh hưởng của nhóm M_2.

Khi ngắn mạch, điện áp tại chỗ ngắn mạch sẽ giảm xuống rất nhanh và các động cơ điện không đồng bộ sẽ quay theo quán tính, do vậy nên chúng sẽ phát ra dòng điện vào chỗ ngắn mạch. Dòng điện này tắt dần rất nhanh. Do vậy ảnh hưởng của động cơ điện phải kể đến khi xác định I" và i_{xk}.

Dòng điện $I''^{(3)}_{dc}$ do các động cơ điện không đồng bộ tạo nên được tính như sau $\ddot{I}_{dc} = \frac{0,9}{\ddot{x}_{*d}} I_{đm.đc}$.. Trị số 0,9 ở công thức này là trị số sức điện động tính toán trong hệ tương đối. Ở đây : $\ddot{x}_{*d}$ điện kháng cảm ứng siêu quá độ trong hệ tương đối của động cơ điện không đồng bộ, ta có thể lấy trị số trung bình $\ddot{x}_{*d}$ = 0,2

$I_{đm.đc}$ – dòng điện định mức của các động cơ điện đồng thời làm việc.

Do đó :

$$\ddot{I}_{dc} = \frac{0,9}{0,2} I_{đmđc} = 4,5\ I_{đm.đc}$$

Đối với ví dụ này ta có :

$$\ddot{I}_{dc} = 4,5\ .\ I_{đmđc} = 4,5\frac{P_{đmđc}}{\sqrt{3}U_{đm}\ \eta\ .\ \cos\varphi}$$

$$\ddot{I}_{đc} = 4,5\frac{200}{\sqrt{3}.380.0,94.0,91} \approx 4,5\ .\ 0,36 = 1,62\ KA$$

Dòng điện ngắn mạch xung kích của động cơ :

$$i_{xkđc} = \sqrt{2}.\ddot{I}_{dc} = \sqrt{2}.4,5\ I_{đmđc} = 6,5\ I_{đmđc}$$

$$i_{xkđc} = 6,5\ .\ 0,36 = 2,36\ KA$$

Vậy dòng điện ngắn mạch tại điểm K_1 là :

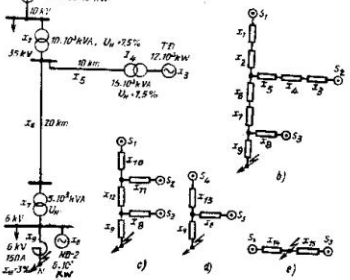
$$I''^{(3)}_N = I^{(3)}_{ck} + I''^{(3)}_{dc} = 14,06 + 1,62 = 15,68KA$$

$$i_{xk} = i_{xk}\ từ\ hệ\ thống + i_{xkđc} = 26,37 + 2,36 = 28,73\ KA$$

7.14. Một số bài toán tổng quát.

Ví dụ B.10. Hãy tính dòng điện ngắn mạch tại điểm N trên sơ đồ hình 7.35a.

Bài giải :



Hình 7.35

1. Chọn các đại lượng cơ bản $S_{cb} = 100 . 10^3$ KVA; $U_{cb} = 6,3$ KV;

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{100.000}{1,73 . 6,3} \approx 9,2KA$$

2. Lập sơ đồ thay thế (hình 7-35b). Tính các điện kháng theo công suất cơ bản :

$$x_1 = 0,125 \frac{100}{50 : 0,8} = 0,125 \frac{100}{62,5} = 0,2;$$

$$x_2 = 0,075 \frac{100}{10} = 0,75;$$

$$x_3 = 0,20 \frac{100}{12 : 0,8} = 0,20 \frac{100}{15} = 1,33;$$

$$x_4 = 0,075 \frac{100}{15} = 0,5;$$

$$x_5 = 0,4 . 10 \frac{100}{37^2} = 0,29;$$

$$x_6 = 0,4 . 20 \frac{100}{37^2} = 0,58;$$

$$x_7 = 0,065 \frac{100}{3} = 2,17;$$

$$x_8 = 0,125 \frac{100}{6 : 0,8} = 0,125 \frac{100}{7,5} = 1,67;$$

$$x_9 = 0,03 \frac{100 . 6}{3 . 0,15 . 6,3^2} = 1,74.$$

Đơn giản hóa và chuyển tới sơ đồ hình 7-35c;

$x_{10} = x_1 + x_2 = 0,2 + 0,75 = 0,95;$

$x_{11} = x_3 + x_4 + x_5 = 1,33 + 0,5 + 0,29 = 2,12;$

$x_{12} = x_6 + x_7 = 0,58 + 2,17 = 2,75.$

Xác định khả năng hợp nhất các nguồn cung cấp NĐ-1 và TĐ (nguồn S_1 và S_2).

Với sơ đồ 7-35c, có :

$$\frac{S_1 x_{10}}{S_2 x_{11}} = \frac{62,5 . 0,95}{15 . 2,12} \approx 1,9$$

Do đó có thể chuyển đến sơ đồ đơn giản hơn, hình 7-35d :

$$x_{13} = x_{12} + \frac{x_{10}x_{11}}{x_{10}+x_{11}} = 2,75 + \frac{0,95 . 2,12}{0,95 + 2,12} \approx 3,4;$$

Để tính dòng điện ngắn mạch do các nguồn S_2 và S_4 cung cấp cho chỗ ngắn mạch dùng sơ đồ hình 7-35e. Sử dụng các công thức biến đổi sao - tam giác, xác định điện kháng x_{14} và x_{15}. Điện kháng giữa các nguồn S_3 và S_4 không ảnh hưởng đến giá trị dòng ngắn mạch, nên trong tính toán có thể bỏ qua được.

$$x_{14} = x_{13} + x_9 + \frac{x_{13} \cdot x_9}{x_8} = 3,4 + 1,74 + \frac{3,4 \cdot 1,74}{1,67} \approx 8,7.$$

$$x_{15} = x_8 + x_9 + \frac{x_8 \cdot x_9}{x_{13}} = 1,67 + 1,74 + \frac{1,67 \cdot 1,74}{3,4} \approx 4,2.$$

Hai nguồn S_3 và S_4 ở trong điều kiện khác nhau nhiều vì :

$$\frac{S_4 x_{14}}{S_3 x_{15}} = \frac{7,5 \cdot 8,7}{7,5 \cdot 4,2} \approx 22.$$

Vì vậy không thể hợp nhất những nhánh này và phải xác định dòng điện ngắn mạch trong từng nhánh.

Điện kháng tính toán từ phía hệ thống đến điểm ngắn mạch.

$$x_{14} = 8,7 \frac{77,5}{100} \approx 6,75$$

Vì $x_{tt*} > 3$ nên có thể tính ngay được thành phần chu kỳ tại mọi thời điểm :

$$I_N = \frac{I_\Sigma}{x_{tt*}} = \frac{7,1}{6,75} = 1,05KA$$

$$\left(\text{với } I_\Sigma = \frac{77,5}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 7,1KA \right)$$

Điện kháng tính toán từ phía NĐ-2.

$$x_{15} = 4,2 \frac{7,5}{100} \approx 0,3;$$

theo đường cong tính toán trên hình 7-28, với giả thiết các máy phát điện có tự động điều chỉnh kích từ TĐK, tìm được bội số của dòng điện :

$$K'' = 3,3; \quad K_{0,2} = 2,5 ; \quad K_\infty = 2,3.$$

Các trị số tương ứng của dòng điện ngắn mạch do NĐ-2 cung cấp cho nơi ngắn mạch :

$$I'' = K'' I_{dm,F} = 3,3 \cdot 0,69 = 2,28 \text{ KA};$$

$$I_{0,2} = K_{0,2} I_{dm,F} = 2,5 \cdot 0,69 = 1,73 \text{ KV};$$

$$I_\infty = K_\infty I_{dm,F} = 2,3 \cdot 0,69 = 1,59 \text{ KA}$$

(Dòng điện định mức của NĐ-2 $I_{dm,F} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 0,69$ KA).

Trị số dòng điện ngắn mạch ba pha tại nơi ngắn mạch :

$$I'' = 1,05 + 2,28 = 3,33 \text{ KA};$$

$$I_{0,2} = 1,05 + 1,73 = 2,78 \text{ KA};$$

$$I_\infty = 1,05 + 1,59 = 2,64 \text{ KA};$$

$$i_{xk} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 1,05 + 1,41 \cdot 1,91 \cdot 2,28 \approx 8,82 \text{ KA}$$

Điện kháng tính toán của hệ thống khi ngắn mạch hai pha.

$$x^{(2)}_{tt*} = 2x_{tt*} = 2.6,75 = 13,5.$$

Bội số dòng điện thứ tự thuận tương ứng từ phía hệ thống :

$$K''^{(2)}_{ht} = K^{(2)}_{0,2,ht} = K^{(2)}_{\infty,ht} = \frac{1}{x^{(2)}_{tt*}} = \frac{1}{13,5} \approx 0,075$$

Dòng điện thứ tự thuận của hệ thống khi ngắn mạch hai pha :

$$I''^{(2)}_{ht} = I^{(2)}_{0,2,ht} = I^{(2)}_{\infty ht} = \frac{\sqrt{3}}{2} I'' = 0,87 \cdot 1,05 = 0,91KA$$

Điện kháng tính toán từ phía NĐ-2 :

$$x^{(2)}_{tt*} = 2x_{tt*} = 2 \cdot 0,30 = 0,60.$$

Bội số của dòng điện tương ứng theo đường cong tính toán hình 7-28 :

$$K''^{(2)} = 1,65 ; K^{(2)}_{0,2} = 1,4 ; K^{(2)}_{\infty} = 1,65$$

Trị số của dòng điện thứ tự thuận tương ứng từ NĐ-2 :

$$I''^{(2)} = 1,65 \cdot 0,69 = 1,14 \text{ KA};$$

$$I^{(2)}_{0,2} = 1,4 \cdot 0,69 = 0,97 \text{ KA};$$

$$I^{(2)}_{\infty} = 1,65.0,69 = 1,14KA.$$

Trị số dòng điện trong các pha sự cố tại nơi ngắn mạch là :

$$I''^{(2)} = 0,91 + 1,14 = 2,05 \text{ KA};$$

$$I^{(2)}_{0,2} = 0,91 + 0,97 = 1,88 \text{ KA};$$

$$I^{(2)}_{\infty} = 0,91 + 1,14 = 2,05 \text{ KA};$$

$$i_{xk} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 2,05 = 5,2 \text{ KA}.$$

Ví dụ B-11. Một trạm khí nén có sơ đồ cung cấp điện trình bày trên hình 7-36. Hãy tính dòng điện ngắn mạch tại N_1, N_2, N_3.

Tham số của hệ thống điện không rõ, chỉ biết rằng phía điện áp cao của máy biến áp có đặt máy biến áp loại ВМП-133 II có công suất cắt là $S_{cắt}$ = 358MVA.

Các tham số của các phần tử khác như sau :

– Máy biến áp B.

S_B = 1000 KVA; k_B = 25; U_N% = 5,5%;

ΔP_N = 15 KW

– Động cơ không đồng bộ, ĐC.

P_{dm} = 200 KW; $\eta_{ĐC}$ = 94%; U_{dm} = 380 V;

cosφ = 0,91

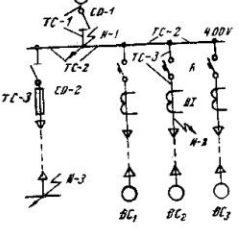
Ba động cơ đều làm việc đồng thời.

– Đường dây cáp cho mạng chiếu sáng.

СБГ 3 × 25; l = 200m

– Áptômát A – 3134 I_{dm} = 600 A

– Máy biến dòng BI loại ТКФ – 3.600/5 A đặt ở hai pha.



Hình 7-36.

– Cầu dao CD – 1; I_{dm} = 600 A

CD – 2; I_{dm} = 400 A

– Thanh cái TC – 1 bằng đồng, tiết diện 6 × 60 mm^2

l = 8 m, khoảng cách giữa các pha; a = 240 mm.

– Thanh cái TC – 2 bằng đồng S = 6 × 60 mm^2, a = 240 mm. Mỗi đoạn TC – 2 giữa hai nhánh có chiều dài l = 1 m.

– Thanh cái TC – 3 bằng đồng S = 4 × 40 mm^2;

l = 2,5 m; a = 240 mm.

Tất cả các thanh cái đều đặt nằm ngang.

Giải

1. Tính điện kháng của các phần tử :

– Hệ thống.

Tham số của hệ thống không biết. Ta có thể lấy công suất ngắn mạch của hệ thống bằng công suất cắt của máy cắt.

$$S_{Nht} = S_{cắt} = 350 \text{ MVA}$$

Điện kháng tương đối của hệ thống quy về U_{cb} = 400 V là :

$$x_{*ht} = x_{ht} \cdot \frac{S_{ht}}{U_{cb}^2} \quad (a)$$

Mặt khác ta đã có công thức tính công suất hệ thống là :

$$S_{ht} = \sqrt{3} I'' \cdot U_{tb} \cdot x_{*ht} = S_{N.ht}\, x_{*ht}$$

Từ đó có

$$x_{*ht} = \frac{S_{ht}}{S_{N.ht}}$$

ta thường chọn $S_{N.ht} = S_{cắt}$ vậy

$$x_{*ht} = \frac{S_{ht}}{S_{cắt}} \quad (b)$$

Từ (a) và (b) ta rút ra $x_{ht} \frac{S}{U_{cb}^2} = \frac{S_{ht}}{S_{cắt}}$

hay

$$x_{ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_{cắt}} = \frac{400^2}{350.000} = 0{,}457 \text{ m}\Omega$$

– Máy biến áp

Điện trở tương đối của máy biến áp :

$$r_{*B} = \frac{\Delta P_N}{S_{dm}} = \frac{15}{1000} = 0{,}015$$

Điện kháng tương đối của máy biến áp :

$$x_{*B} = \sqrt{\left(\frac{U_N\%}{100}\right)^2 - r_{*B}^2} = \sqrt{0{,}055^2 - 0{,}015^2} = 0{,}0527$$

Điện trở của máy biến áp :

$$r_B = \frac{r_{*B} \cdot U_{tb}^2}{S_{dm}} = \frac{0,015 \cdot 400^2}{1000} = 2,4m\Omega$$

Điện kháng của máy biến áp :

$$x_B = \frac{x_{*B} U_{tb}^2}{S_{dm}} = \frac{0,0527 \cdot 400^2}{1000} = 8,44m\Omega$$

– Thanh cái TC – 1 và TC – 2 có S = 6 × 60 mm^2; a = 240 mm. Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha.

$a_{tb} = 1,26a = 1,26 \cdot 240 = 300$ mm

Tra sổ tay được $r_o = 0,056$ mΩ/m

$x_o = 0,189$ mΩ/m

Vậy : $r_{TC-1} = l \cdot r_o = 8.0,056 = 0,448$ mΩ

$x_{TC-1} = l \cdot x_o = 8.0,189 = 1,5$ mΩ

$r_{TC-2} = l \cdot r_o = 1.0,056 = 0,056$ mΩ

$x_{TC-2} = l \cdot x_o = 1.0,189 = 0,189$ mΩ

– Thanh cái TC – 3 có S = 4 × 40 mm^2; a = 240 mm

Vậy : $a_{tb} = 300$ mm.

Tra sổ tay được.

$r_o = 0,125$ mΩ/m

$x_o = 0,214$ mΩ/m

– Cầu dao CD – 1 và CD – 2.

Tra ở cẩm nang, ta được điện trở tiếp xúc của các loại cầu dao.

$r_{CD-1} = 0,15m\Omega$

$r_{CD-2} = 0,2m\Omega$

– Áptomát A.

Tra ở cẩm nang, ta tìm được :

Điện trở tiếp xúc của áptômát $r_{Atx} = 0,25$ mΩ

Điện trở cuộn dây của áptômát $r_A = 0,12$ mΩ

Điện kháng cuộn dây của áptômát $x_A = 0,094$ mΩ

– Đường cáp

Tra sổ tay tìm được :

$r_o = 1,33$ mΩ/m

$x_o = 0,07$ mΩ/m

Vậy $r_{dd} = 1,33 \cdot 200 = 266$ mΩ : $x_{dd} = 0,07 \cdot 200 = 14$ mΩ

2. Tính dòng điện ngắn mạch tại điểm N – 1

Tổng điện trở và điện kháng đối điểm N – 1

$$r_{\Sigma} = r_B + r_{TC-1} + r_{CD-1} = 2,4 + 0,448 + 0,15 = 2,998 \text{ m}\Omega$$

$$x_{\Sigma} = x_{ht} + x_B + x_{TC-1} = 0,457 + 8,44 + 1,5 = 10,397 \text{ m}\Omega$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2} = \sqrt{2,998^2 + 10,397^2} = 10,9 \text{ m}\Omega$$

Vậy dòng điện ngắn mạch tại N – 1

$$I_{N-1} = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}\, z_{\Sigma}} = \frac{400}{1,73 \,.\, 10,9} = 21,2 \text{ KA}$$

Nếu không tính đến điện trở của thanh cái TC – 1 và cầu dao CD – 1 thì :

$$I_{N-1} = \frac{400}{\sqrt{3}\ \sqrt{2,4^2 + 8,897^2}} = 25\text{KA}$$

nghĩa là dòng ngắn mạch lớn lên 17,8%. Như vậy ta thấy rõ rằng điện trở của các phần tử có ảnh hưởng lớn đến trị số của dòng điện ngắn mạch và do đó không thể bỏ qua được.

Nếu không tính đến điện kháng của hệ thống ($x_{ht} = 0$) tức coi $S_{ht} = \infty$ thì :

$$I_{N-1} = \frac{400}{\sqrt{3}\ \sqrt{2,998^2 + 9,94^2}} = 21,5\text{KA}$$

Dòng ngắn mạch chỉ lớn lên 1,41%, điều đó chứng tỏ rằng lúc tính ngắn mạch ở mạng điện áp thấp việc giả thiết công suất của nguồn vô cùng lớn là hợp lý.

Dòng điện xung kích I_{xk}, i_{xk}

Tỷ số $\frac{x_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{10,397}{2,998} = 3,47$; tra đường cong ta tìm được $k_{xk} = 1,41$.

Vậy :

$$I_{xk} = I_{N-1}\sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2} = 21,2\sqrt{1 + 2\,(1,41 - 1)^2} = 24,9 \text{ KA}$$

$$i_{xk} = I_{N-1}\, k_{xk}\sqrt{2} = 21,2 \,.\, 1,41 \,.\, 1,41 = 42,4 \text{ KA}$$

Ta tính dòng điện xung kích i'_{xk} khi kể tới ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ.

Dòng điện định mức của ba động cơ.

$$I_{dm\text{ĐC}} = \frac{3 \,.\, 200}{1,73 \,.\, 380 \,.\, 0,94 \,.\, 0,91} = 1,06 \text{ KA}$$

Vậy : $i'_{xk} = k_{xk} I_N \sqrt{2} + 6,5\, I_{dm\text{ĐC}}$

$= 42,4 + 6,5 \,.\, 1,06 = 49,3$ KA,

nghĩa là nếu kể tới ảnh hưởng của các động cơ thì dòng điện xung kích lớn lên 16,3%.

3. Tính dòng điện ngắn mạch điểm N – 2.

Tra sổ tay ta tìm được điện trở và điện kháng của máy biến dòng.

$$r_{BI} = 0,02 \text{ m}\Omega$$

$$x_{BI} = 0,02 \text{ m}\Omega$$

Tổng điện trở và điện kháng đối với điểm N_2.

$$r_{\Sigma} = r_B + r_{TC-1} + r_{CD-1} + 2r_{TC-2} + r_{TC-3} + r_A + r_{Atx}$$
$$= 2,4 + 0,448 + 0,15 + 2 \cdot 0,056 + 0,312 + 0,12 + 0,25 = 3,792 \text{ m } \Omega$$

$$x_{\Sigma} = x_{ht} + x_B + x_{TC-1} + 2x_{TC-2} + x_{TC-3} + x_A$$
$$= 0,457 + 8,44 + 1,5 + 2 \cdot 0,189 + 0,535 + 0,094 = 11,404 \text{ m}\Omega$$

Dòng điện ngắn mạch khi không kể tới ảnh hưởng của máy biến dòng :

$$I_{N-2} = \frac{400}{1,73\sqrt{3,792^2 + 11,404^2}} = 19,2 \text{ KA}$$

Khi kể tới ảnh hưởng của máy biến dòng :

$$I_{N-2} = \frac{400}{\sqrt{(2 \cdot 3,792 + 0,02)^2 + (2 \cdot 11,404 + 0,02)^2}} = 16,65 \text{ KA}$$

Tính dòng điện xung kích ;

$$\frac{x_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{11,404}{3,792} = 3,2 \text{ ; tra ra } k_{xk} = 1,38$$

Chỉ có hai động cơ $ĐC_1$, $ĐC_3$ cung cấp dòng điện ngắn mạch chạy qua máy biến dòng, do đó ta tính dòng điện xung kích như sau :

$$i_{xk} = 1,38 \cdot 1,41 \cdot 16,65 + 6,5 \cdot \frac{2}{3} 1,06 = 37 \text{ KA}$$

$$I_{xk} = 16,65\sqrt{1 + 2(1,38 - 1)^2} = 18,95 \text{ KA}$$

4. Tính dòng điện ngắn mạch tại N – 3.

Tổng điện trở và điện kháng đối với điểm N – 3.

$$r_{\Sigma} = r_B + r_{TC-1} + r_{CD-1} + r_{TC-2} + r_{TC-3} + r_{CD-2} + r_{dd}$$
$$= 2,4 + 0,448 + 0,15 + 0,056 + 0,312 + 0,2 + 266 = 269,6 \text{ m}\Omega$$

$$x_{\Sigma} = x_{ht} + x_B + x_{TC-1} + x_{TC-2} + x_{TC-3} + x_{dd}$$
$$= 0,457 + 8,44 + 1,5 + 0,189 + 0,535 + 14 = 25,12 \text{ m}\Omega$$

Vậy dòng điện ngắn mạch :

$$I_{N-3} = \frac{400}{1,73\sqrt{269,6^2 + 25,12^2}} = 0,855 \text{ KA}$$

Tính dòng điện xung kích

$$\frac{x_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{25,12}{269,6} = 0,09$$

Tra ra $k_{xk} = 1$

Vậy i_{xk} 1,41 . 1 . 0,855 = 1,205 KA

$$I_{xk} = 0,855\sqrt{1 + 2(1 - 1)^2} = 0,855 \text{ KA.}$$

Chương 8

LỰA CHỌN CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

8.1. Đặt vấn đề :

Trong điều kiện vận hành các khí cụ điện, sứ cách điện và các bộ phận dẫn điện khác có thể ở một trong ba chế độ cơ bản sau :

– Chế độ làm việc lâu dài.

– Chế độ quá tải (đối với một số thiết bị điện có thể cho phép quá tải đến 1,3 ÷ 1,4 so với định mức).

– Chế độ ngắn mạch.

Ngoài ra còn có thể nằm trong chế độ làm việc không đối xứng, ở đây ta không xét.

Trong chế độ làm việc lâu dài, các khí cụ điện, sứ cách điện và các bộ phận dẫn điện khác sẽ làm việc tin cậy nếu chúng được chọn theo đúng điện áp và dòng điện định mức.

Trong chế độ quá tải, dòng điện qua khí cụ điện và các bộ phận dẫn điện khác sẽ lớn hơn so với dòng định điện mức. Sự làm việc tin cậy của các phần tử trên được đảm bảo bằng cách qui định giá trị và thời gian điện áp hay dòng điện tăng cao không vượt quá giới hạn cho phép.

Trong tình trạng ngắn mạch, các khí cụ điện, sứ cách điện và các bộ phận dẫn điện khác vẫn đảm bảo sự làm việc tin cậy nếu quá trình lựa chọn chúng có các thông số theo đúng điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt. Dĩ nhiên, khi xảy ra ngắn mạch, để hạn chế tác hại của nó cần phải nhanh chóng loại bỏ bộ phận hư hỏng ra khỏi mạng điện.

Đối với máy cắt điện, máy cắt phụ tải và cầu chì khi lựa chọn còn thêm điều kiện khả năng cắt của chúng.

Ngoài ra, còn phải chú ý đến vị trí đặt thiết bị, nhiệt độ môi trường xung quanh, mức độ ẩm ướt, mức độ nhiễm bẩn và chiều cao lắp đặt thiết bị so với mặt biển.

Khi thành lập sơ đồ thay thế để tính dòng điện ngắn mạch nhằm lựa chọn các khí cụ điện và các bộ phận dẫn điện khác, ta cần xác định điểm ngắn mạch tính toán ứng với tình trạng làm việc nguy hiểm nhất (phù hợp với điều kiện làm việc thực tế).

Việc lựa chọn các khí cụ điện và các bộ phận dẫn điện khác phải thỏa mãn yêu cầu hợp lý về kinh tế và kỹ thuật.

8.2. Những điều kiện chung để lựa chọn thiết bị điện và các phần có dòng điện chạy qua.

1. Chọn theo điều kiện làm việc lâu dài :

a) Chọn theo điện áp định mức : Điện áp định mức của khí cụ điện được ghi trên nhãn hay ghi trong lý lịch máy, phù hợp với độ cách điện của nó. Ngoài ra, khi thiết kế chế tạo các khí cụ điện đều có dự trữ độ bền về điện nên cho phép chúng làm việc lâu dài không hạn chế với điện áp cao hơn định mức 10 ÷ 15% và gọi là điện áp làm việc cực đại của khí cụ điện. Do vậy, khi chọn khí cụ điện phải thỏa mãn điều kiện điện áp sau :

$$U_{dmKCĐ} + \Delta U_{dmKCĐ} \geq U_{đm.mạng} + \Delta U_{mạng} \quad (8\text{-}1)$$

Ở đây: $U_{dmKCĐ}$ – điện áp định mức của khí cụ điện (KCĐ)

$\Delta U_{dmKCĐ}$ – độ tăng điện áp cho phép của khí cụ điện

$U_{đm.mạng}$ – điện áp định mức của mạng điện nơi thiết bị và khí cụ điện làm việc.

$\Delta U_{mạng}$: độ lệch điện áp có thể của mạng, so với điện áp định mức trong điều kiện vận hành.

Bảng sau đây ghi rõ trị số độ lệch điện áp cho phép tương đối so với điện áp định mức của khí cụ điện (bảng 8-1).

Bảng 8-1

Cáp điện lực : 1,1 $U_{đm}$	Dao cách ly 1,15 $U_{đm}$	Máy biến dòng điện 1,1 $U_{đm}$
Cái chống sét : 1,25 $U_{đm}$	Máy cắt điện 1,15 $U_{đm}$	Máy biến điện áp 1,1 $U_{đm}$
Sứ cách điện : 1,15 $U_{đm}$	Kháng điện 1,1 $U_{đm}$	Cầu chì 1,1 $U_{đm}$

Các trị số điện áp cho phép nói trên tương ứng với điều kiện các thiết bị, khí cụ điện lắp đặt ở độ cao bé hơn 1000 m so với mặt biển. Nếu độ cao lắp đặt các thiết bị và khí cụ điện lớn hơn 1000m so với mặt biển thì điện áp cho phép phải được giảm xuống và không được vượt quá điện áp định mức.

b) Chọn theo dòng điện định mức.

Dòng điện định mức của khí cụ điện $I_{dmKCĐ}$ do nhà máy chế tạo cho sẵn và chính là dòng điện đi qua KCĐ trong thời gian không hạn chế với nhiệt độ môi trường xung quanh là định mức. Chọn khí cụ điện theo dòng điện định mức sẽ đảm bảo cho các bộ phận của nó không bị đốt nóng nguy hiểm trong tình trạng làm việc lâu dài định mức.

Khi chọn thiết bị khí cụ điện, ta phải đảm bảo cho dòng điện định mức của nó lớn hơn hay bằng dòng điện làm việc cực đại của mạch điện I_{lvmax}, tức là :

$$I_{dmKCĐ} \geq I_{lvmax} \quad (8\text{-}2)$$

Dòng điện làm việc cực đại của mạch tính như sau :

– lúc cắt một trong hai đường dây làm việc song song, đường dây còn lại phải gánh toàn bộ phụ tải.

– đối với mạch máy biến áp : ta tính khi máy biến áp sử dụng khả năng quá tải của nó.

– đối với đường dây cáp không có dự trữ : tính khi sử dụng khả năng quá tải của nó.

– đối với thanh góp nhà máy điện, trạm biến áp, các thang dẫn mạch phân đoạn và các mạch nối khí cụ điện : tính trong điều kiện chế độ vận hành là xấu nhất.

– đối với máy phát điện : tính bằng 1,05 lần dòng điện định mức của nó; vì máy phát điện chỉ cho phép quá tải về dòng điện đến 5%.

Các khí cụ điện được chế tạo với nhiệt độ định mức của môi trường xung quanh là +35°C. Nếu nhiệt độ môi trường xung quanh θ_{xq} khác với nhiệt độ định mức thì phải hiệu chỉnh dòng điện cho phép của khí cụ điện, cụ thể :

+ Nếu $\theta_{xq} > 35C$ thì :

$$I'_{cp} = I_{dmKCD} \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{xq}}{\theta_{cp} - 35}} \quad (8\text{-}3)$$

Ở đây, θ_{cp} – là nhiệt độ cho phép nhỏ nhất đối với các phần riêng lẻ của khí cụ điện.

+ Nếu $\theta_{xq} < 35^oC$ thì dòng điện I'_{cp} có thể tăng lên 0,005 I_{dmKCD} mỗi khi nhiệt độ giảm xuống 1^oC so với $+ 35^oC$, nhưng tất cả không được vượt quá 0,20 I_{dmKCD}.

2. Các điều kiện kiểm tra khí cụ điện, sứ cách điện và các bộ phận dẫn điện theo dòng điện ngắn mạch.

a) Kiểm tra ổn định lực điện động.

Đối với mạng điện có điện áp U = 1 ÷ 35 KV điểm trung tính không nối đất, dòng điện ngắn mạch lớn nhất là dòng điện ngắn mạch ba pha. Do vậy, ta lấy dòng điện đó để kiểm tra ổn định lực điện động của các thiết bị. Đối với mạng có điện áp U ≥ 110 KV, điểm trung tính trực tiếp nối đất, dòng điện ngắn mạch lớn nhất có thể là dòng điện ngắn mạch một pha hoặc ba pha. Khi kiểm tra các thiết bị của mạng này về phương diện ổn định lực điện động, ta phải chọn dòng ngắn mạch lớn nhất trong số hai dòng ngắn mạch đó :

Điều kiện kiểm tra ổn định của khí cụ điện là :

$$I_{max} \geq i_{xk} \quad (8\text{-}4)$$

hay $I_{max} \geq I_{xk}$

Ở đây :

i_{max}, I_{max} – trị số biên độ và trị số hiệu dụng của dòng điện cực đại cho phép, đặc trưng ổn định động cao của khí cụ điện.

i_{xk}, I_{xk} – trị số biên độ và trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch xung kích.

Như vậy, khả năng ổn định động (nói một cách khác, đó là khả năng chống lại tác dụng của lực điện động) của khí cụ điện hoặc đặc trưng bởi dòng điện ổn định động định mức $i_{dm.đ}$. Dòng điện này chính là dòng điện cực đại có thể chạy qua khí cụ điện mà lực điện động do nó sinh ra không thể phá hoại khí cụ điện được :

$$i_{max} = i_{đm.đ}$$

Từ điều kiện (8-4) ta được : $i_{max} = i_{đm.đ} \geq i_{xk}$

b) Kiểm tra ổn định nhiệt.

Dây dẫn và khí cụ điện khi có dòng điện đi qua sẽ bị nóng lên vì có các tổn thất công suất. Các tổn thất này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như điện áp, tần số v.v... nhưng chủ yếu phụ thuộc vào bình phương dòng điện.

Khi nhiệt độ của khí cụ điện và dây dẫn cao quá sẽ làm cho chúng bị hư hỏng hay giảm thời gian phục vụ. Do đó, cần phải qui định nhiệt độ cho phép của chúng khi làm việc bình thường cũng như khi ngắn mạch.

Đối với dây dẫn, điều kiện kiểm tra ổn định nhiệt có thể áp dụng một trong ba biện pháp sau :

α) Căn cứ vào nhiệt độ cuối cùng của dây dẫn khi ngắn mạch phải nhỏ hơn hay bằng nhiệt độ đốt nóng cho phép lớn nhất của chúng khi ngắn mạch :

Nếu ta gọi : θ_{2N} – nhiệt độ cuối cùng của dây dẫn khi ngắn mạch và θ_{cpmax} là nhiệt độ đốt nóng cho phép lớn nhất khi ngắn mạch thì ta phải kiểm tra theo điều kiện sau :

$$\theta_{2N} \leq \theta_{cpmax}.$$

β) Căn cứ vào tiết diện bé nhất của dây dẫn để có ổn định nhiệt.

Dây dẫn được ổn định nhiệt nếu tiết diện chọn $S_{chọn}$ lớn hơn hay bằng tiết diện nhỏ nhất để có ổn định nhiệt S_{min}.

tức là : $S_{chọn} \geq S_{min}$

Với S_{min} tính như sau :

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C_T} ; [mm^2]$$

Ở đây : B_N – xung lượng nhiệt của dòng điện ngắn mạch, tính bằng $[A^2 . gy]$, nó đặc trưng cho lượng nhiệt tỏa ra trong dây dẫn và khí cụ điện trong thời gian tác động của dòng điện ngắn mạch. BN tính như sau : (với $t_N \geq 0,1$ gy) :

$$B_N = I''^2 (t_N + To)$$

Khi ngắn mạch ở xa (tức là khi $x_{tt} > 3$) thì $I'' = I_\infty$. nên xung lượng nhiệt có thể tính như sau :

$$B_N = I_\infty^2 (t_N + To)$$

Ở đây : $t_N = t_{bv} + t_{MCD}$ – thời gian cắt ngắn mạch hay còn gọi là thời gian ngắn mạch t_N.

– t_{bv} – thời gian chỉnh định của thiết bị bảo vệ chính [gy]

– t_{MCD} – thời gian cắt của máy cắt điện, tính [gy], thời gian này lấy vào khoảng 0,1 gy.

C_T là hệ số phụ thuộc vào nhiệt độ cho phép khi ngắn mạch và vật liệu dẫn, cho ở bảng sau :

Bảng trị số C_T

Vật liệu dây dẫn	Nhiệt độ ban đầu $\theta_1 = \theta_{cp}$, [°C]	Nhiệt độ cuối cùng $\theta_{2n} = \theta_{cpmax}$	Hệ số C_T
+ Thanh dẫn đồng	70	300	171
+ Thanh dẫn nhôm	70	200	88
+ Cáp đến 10 KV, cách điện giấy lõi nhôm	65	200	85
+ Cáp và dây dẫn, cách điện polyvinin Clorua, lõi nhôm	55	150	75
+ Cáp và dây dẫn, cách điện polyêtylen, lõi nhôm	65	200	65
+ Cáp 10 KV, lõi đồng	65	200	159

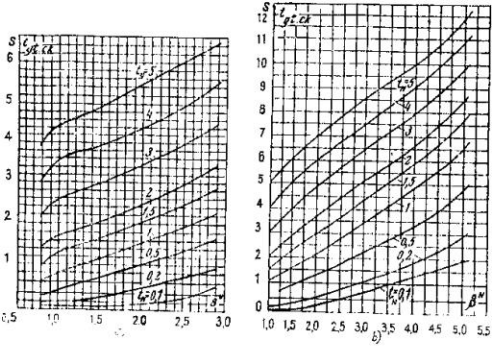
γ) Căn cứ vào ổn định nhiệt, tiến hành theo dòng điện ổn định nhiệt $I_{ổđn}$ hay còn gọi là dòng điện ổn định nhiệt định mức $I_{đm.nh}$, do nhà chế tạo cho; ứng với thời gian ổn định nhiệt định mức : $t_{ổđn} = t_{đm.nh}$. Cũng do nhà chế tạo cho ở lý lịch khi cụ điện.

Như vậy, khí cụ điện sẽ ổn định nhiệt nếu thỏa mãn điều kiện sau :

$$I^2_{dm\,nh} \cdot t_{dm\,nh} \geq B_N$$

hay $$I^2_{dm\,nh} \cdot t_{dm\,nh} \geq I''^2 t_{qd}$$

Từ đây, ta có : $I_{dm.nh} = I_\infty \sqrt{\dfrac{t_{qd}}{t_{dm\,nh}}}$



Hình 8-1. Đường cong để tính thời gian giả thiết của thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch.

$t_{qd} = t_{gtck} = f(\beta'' . t_N)$

a) Trường hợp máy phát có bộ tự động điều chỉnh điện áp;

b) Trường hợp máy phát không có bộ tự động điều chỉnh điện áp.

Ở đây t_{qd} – thời gian tác động qui đổi của dòng điện ngắn mạch khi kiểm tra ổn định nhiệt của khí cụ điện và các bộ phận dẫn điện khác. Thời gian này còn được gọi là thời gian giả thiết của thành phần chu kỳ t_{gtck}, được xác định như là tổng thời gian tác động của bảo vệ chính đặt tại chỗ máy cắt điện sự cố với thời gian tác động toàn phần của máy cắt điện đó.

Một cách gần đúng, ta có thể xác định thời gian qui đổi t_{qd} phụ thuộc vào thời gian tồn tại ngắn mạch t_N và tỉ số $\beta'' = \dfrac{I''}{I_\infty}$, tức là $t_{qd} = f(t_N, \beta'')$ theo đồ thị sau : (hình 8-1).

Các đường cong trên chỉ vẽ với thời gian tồn tại ngắn mạch : $t_N \leq 5_{gy}$. Nếu thời gian tồn tại ngắn mạch lớn hơn 5_{gy} thì tqđ sẽ xác định như sau :

$$t_{qd}(t_N > 5_{gy}) = t_{qd\,(t\,=\,5)} + (t_N - 5)$$

* *Xác định* B_N :

Trong thực tế tính toán, trị số B_N có thể tính theo phương pháp tính gần đúng như sau :

$$B_N \approx \int_0^t (I^2_{ckt} + I^2_{kckt})dt = \int_0^t I^2_{ckt}\,dt + \int_0^t I^2_{kckt} \cdot dt = B_{NCK} + B_{NKCK}$$

Ở đây : $I_t = \sqrt{I^2_{kckt} + I^2_{ckt}}$ là dòng điện ngắn mạch hiệu dụng toàn phần tại thời điểm t.

I_{ckt} – Dòng điện ngắn mạch hiệu dụng, thành phần chu kỳ.

I_{kckt} – Dòng điện ngắn mạch hiệu dụng, thành phần không chu kỳ.

B_{NCK}, B_{NKCK} – Xung lượng nhiệt ứng với, thành phần chu kỳ và thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch.

+ Xung lượng nhiệt ứng với thành phần chu kỳ tính như sau :

$$B_{NCK} = I^2_{\infty} t_{qd}$$

+ Xung lượng nhiệt của thành phần không chu kỳ B_{NKCK} :

Dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ có dạng :

$$i_{kckt} = \sqrt{2}\, I_{CKo} \cdot e^{\nu_{Ta}}$$

Ở đây I_{CKo} – là dòng điện ngắn mạch chu kỳ tại thời điểm ban đầu (chính là dòng điện siêu quá độ I"). Do vậy :

$$B_{NKCK} = 2\, I^2_{CK.o} \int_0^t e^{-\frac{2t}{Ta}}\, dt = I^2_{CK.o} \cdot T_a \left(1 - e^{-\frac{2t}{Ta}}\right)$$

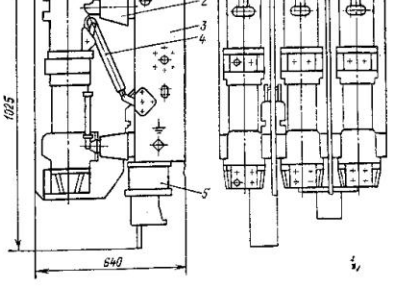
Ở đây T_a là hằng số thời gian tắt dần của dòng điện ngắn mạch của thành phần không chu kỳ, ta thường lấy T_a = 0,05 gy với điện áp lớn hơn 1000 V.

Nếu thời gian tồn tại ngắn mạch $t_N \geq 0{,}1$ gy thì $e^{-\frac{2t}{Ta}} \approx 0$ do đó B_{NKCK} tính như sau :

$$B_{NKCK} = I^2_{CK.o} \cdot T_a$$

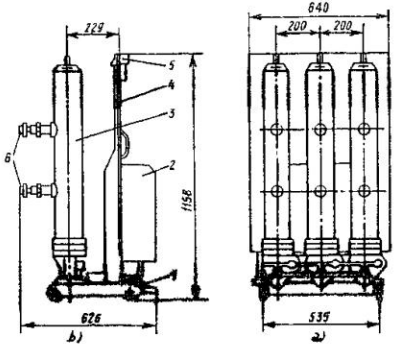
Do dòng điện không chu kỳ tắt rất nhanh nên chỉ khi t < 1gy thì B_{NKCK} mới có trị số đáng kể so với B_{NCK}. Còn khi t > 1gy ta có thể bỏ qua B_{NKCK} (B_{NKCK} = 0).

8.3. Lựa chọn và kiểm tra máy cắt điện điện áp cao hơn 1000V.

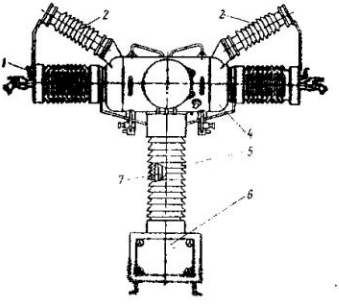


Máy cắt điện là một thiết bị dùng trong mạng điện áp cao để đóng, cắt dòng điện phụ tải và cắt dòng điện ngắn mạch. Đó là loại thiết bị đóng cắt làm việc tin cậy, song giá thành cao nên máy cắt thường chỉ được dùng ở những nơi quan trọng.

Theo phương pháp dập hồ quang, có thể phân máy cắt điện thành nhiều loại : Máy cắt điện nhiều dầu, máy cắt ít dầu (hình 8.2a, b, c), máy cắt không khí (hình 8-3) v.v...



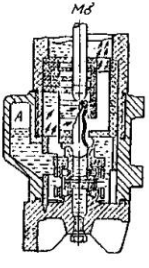
Hình 8-2. Máy cắt ít dầu
Hình dạng chung của máy cắt ít dầu BMПЭ -10 và BKЭ -10.



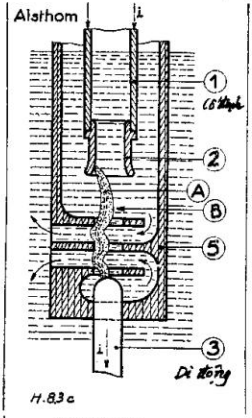
Hình 8-3. Máy cắt không khí loại BB5K.110.

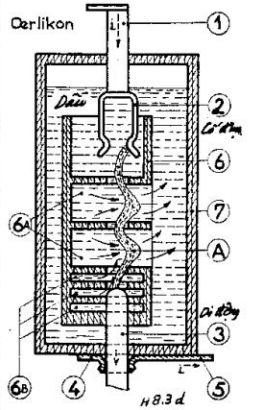
Buồng dập hồ quang của mcđ

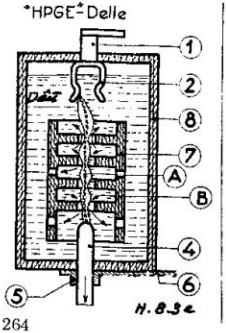
BMП.10

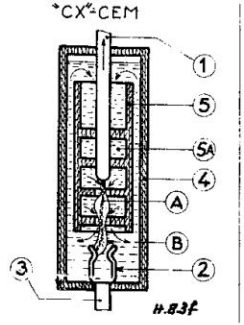


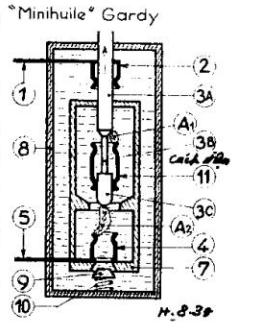
Hình 8-2c.











Theo tốc độ cắt, có thể phân ra : máy cắt tốc độ nhanh, vừa, chậm. Theo hoàn cảnh làm việc có thể phân ra loại máy cắt trong nhà và máy cắt đặt ngoài trời.

Để điều khiển máy cắt, người ta dùng các bộ truyền động điều khiển bằng tay hoặc bằng điện.

Máy cắt điện được chọn theo điện áp định mức, dòng điện định mức, loại máy cắt, kiểm tra ổn định động, ổn định nhiệt và khả năng cắt trong tình trạng ngắn mạch.

Các điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt được ghi ở bảng sau : (bảng 8-2).

Bảng 8-2. **Các điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt điện**

Thứ tự	Đại lượng lựa chọn và kiểm tra	Ký hiệu	Công thức để chọn và kiểm tra
1	Điện áp định mức, KV	$U_{đm\ MCĐ}$	$U_{đm\ MCĐ} \geq U_{đm.mạng}$
2	Dòng điện định mức, A	$I_{đm\ MCĐ}$	$I_{đm\ MCĐ} \geq I_{lv\ max}$
3	Dòng điện ổn định lực điện động, KA	i_{max} (hay $i_{đmđ}$	$i_{max} \geq i_{xk}$
4	Dòng điện ổn định nhiệt trong thời gian $t_{ôđn}$, A	$I_{ôđn}$	$I_{ôđn} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{qt}}{t_{ôđn}}}$
5	Công suất cắt định mức, MVA	$S_{đm\ cắt}$	$S_{đm\ cắt} \geq S_{N(tN)}$

Chú thích :

1. Dòng điện ổn định nhiệt của máy cắt $I_{ôđn}$ trong lý lịch máy thường cho ứng với thời gian : 1; 5 và 10 giây.

2. Công suất ngắn mạch tại thời điểm cắt : $S_{N(tN)}$. Thời gian cắt được tính từ lúc bắt đầu ngắn mạch đến lúc máy cắt mở đầu tiếp xúc dập tắt hồ quang. Nó bằng tổng thời gian tác động riêng của bản thân máy cắt và thời gian tác động của bảo vệ rơle.

Do vậy, ta có thể xem thời gian cắt chính bằng t_N.

3. Dòng điện định mức của máy cắt điện cho với điều kiện nhiệt độ môi trường xung quanh $\theta_{xq} = +35^oC$. Khi $\theta_{xq} > 35^oC$ thì dòng điện định mức của máy cắt điện ghi trong lý lịch máy cần phải giảm xuống theo biểu thức sau :

$$I_{đm\ MCĐ} = I_{đm\ MCĐ} \sqrt{\frac{75 - \theta_{xq}}{40}}, [A]$$

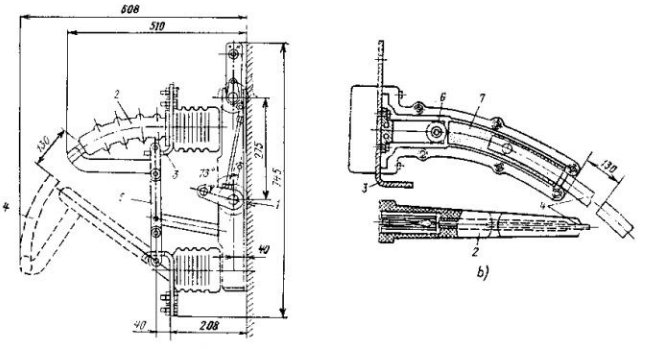
Khi $\theta_{xq} < 35^oC$ thì dòng điện cho phép của máy cắt điện được tăng lên 0,005 $I_{đm\ MCĐ}$ ứng với mỗi độ giảm của nhiệt độ, nhưng tổng giá trị không được vượt quá 1,2 $I_{đm\ MCĐ}$.

8.4. Lựa chọn và kiểm tra máy cắt phụ tải.

Máy cắt phụ tải là một thiết bị đóng cắt đơn giản và rẻ tiền hơn máy cắt điện. Nó gồm có hai bộ phận cấu thành : bộ phận đóng cắt điều khiển bằng tay và cầu chì.

Vì bộ phận dập tắt hồ quang của máy cắt phụ tải có cấu tạo đơn giản nên máy cắt phụ tải chỉ đóng cắt được dòng điện phụ tải, chứ không cắt được dòng điện ngắn mạch. Để cắt dòng điện ngắn mạch trong máy cắt phụ tải, người ta dùng cầu chì. Tùy tình hình cụ thể của phụ tải, ta có thể chọn cầu chì có dòng điện định mức thích hợp (ví dụ 75, 100, 200, 300, 400 A, v.v...).

Cấu tạo của máy cắt phụ tải được trình bày ở hình 8-4.



Hình 8-4. Máy cắt phụ tải kiểu BH.10.
a) Dạng chung b) Buồng dập tắt hồ quang

Máy cắt phụ tải được chọn theo các điều kiện ghi ở bảng 8-3.

Bảng 8-3. **Các điều kiện lựa chọn và kiểm tra máy cắt phụ tải.**

Thứ tự	Đại lượng và kiểm tra	Công thức tính toán
1	Điện áp định mức $U_{đmMCPT}$; KV	$U_{đmMCPT} \geq U_{đm.mạng}$
2	Dòng điện định mức $I_{đmMCPT}$; A	$I_{đmMCPT} \geq I_{lv.max}$
3	Dòng điện ổn định lực điện động i_{max} (hay $i_{đm.đ}$); KA	$i_{max} \geq i_{xk}$ hoặc $I_{max} \geq I_{xk}$
4	Dòng điện ổn định nhiệt ứng với thời gian ổn định nhiệt $t_{ôđn}$; A $I_{ôđn}$	$I_{ôđn} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{ôđn}}}$
5	Dòng điện định mức của cầu chì; [A]	$I_{đmCC} \geq I_{lvmax}$
6	Công suất cắt định mức của cầu chì $S_{đm\ cắt\ CC}$; MVA	$S_{đm\ cắt\ CC} \geq S''$

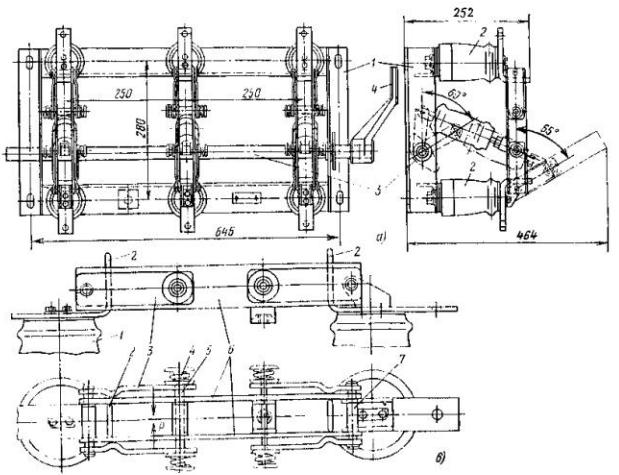
Chú thích : $S'' = \sqrt{3}\ U_{đm.mạng} I''$ với I'' là giá trị hiệu dụng ban đầu của thành phần chu kỳ dòng điện ngắn mạch.

8.5. Lựa chọn và kiểm tra dao cách ly.

Nhiệm vụ chủ yếu của dao cách ly là tạo ra một khoảng hở cách điện được trông thấy giữa bộ phận đang mang dòng điện và bộ phận cắt điện nhằm mục đích đảm bảo an toàn và khiến cho nhân viên sửa chữa thiết bị điện an tâm khi làm việc. Do vậy, ở những nơi cần sửa chữa luôn ta nên đặt thêm dao cách ly ngoài các thiết bị đóng cắt.

Dao cách ly không có bộ phận dập tắt hồ quang nên không thể cắt được dòng điện lớn. Nếu nhầm lẫn dùng dao cách ly để cắt dòng điện lớn thì có thể phát sinh hồ quang gây nguy hiểm. Do vậy, dao cách ly chỉ dùng để đóng, cắt khi không có dòng điện.

Dao cách ly được chế tạo với các cấp điện áp khác nhau; có loại một pha và loại ba pha, có loại đặt trong nhà và loại đặt ngoài trời. Hình 8-5 giới thiệu dao cách ly đặt trong nhà kiểu PB10/400.



Hình 8-5. Dao cách ly 3 cực : PB-10/400
a) Dạng chung b) Hệ thống tiếp xúc

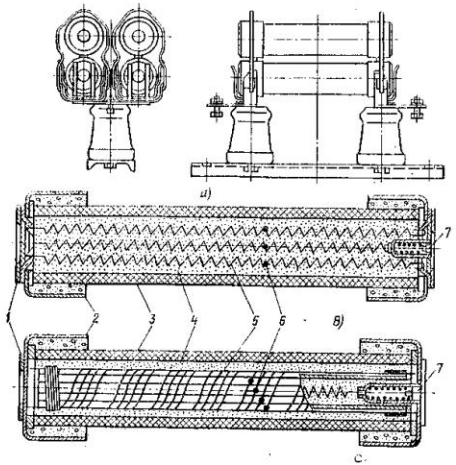
Dao cách ly được chọn theo các điều kiện định mức. Chúng được kiểm tra theo điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt. Cụ thể là ta chọn theo các điều kiện từ 1 đến 4 của bảng 8-2.

8.6. Lựa chọn và kiểm tra cầu chì.

Cầu chì là một khí cụ điện dùng để bảo vệ mạch điện khi ngắn mạch. Thời gian cắt mạch của cầu chì phụ thuộc nhiều vào vật liệu làm dây chảy. Dây chảy cầu chì làm bằng chì, hợp kim chì với thiếc, kẽm, nhôm, đồng, bạc v.v... Chì, kẽm và hợp kim chì với thiếc có nhiệt độ nóng chảy tương đối thấp, điện trở suất tương đối lớn. Do vậy, loại dây chảy này thường chế tạo có tiết điện lớn và thích hợp với điện áp ≤ 500 V. Đối với điện áp cao (hơn 1000 V), không thể dùng dây chảy có tiết diện lớn được vì lúc nóng chảy, lượng hơi kim loại tỏa ra lớn, khó khăn cho việc dập tắt hồ quang ; do đó ở điện áp này thường dùng dây chảy bằng đồng, bạc, có điện trở suất bé, nhiệt độ nóng chảy cao.

Cầu chì là một khí cụ bảo vệ đơn giản, rẻ tiền nhưng độ nhạy kém. Nó chỉ tác động khi dòng điện lớn hơn định mức nhiều lần, chủ yếu là khi xuất hiện dòng điện ngắn mạch.

Cầu chì được dùng rộng rãi cho mạng điện dưới 1000 V. Ở các thiết bị điện 10 – 35 KV, cầu chì được dùng để bảo vệ cho mạng hình tia, các máy biến áp điện lực công suất bé. Để tăng cường khả năng dập hồ quang sinh ra khi dây chảy bị đứt và bảo đảm an toàn cho người vận hành cũng như các thiết bị khác ở xung quanh, trong cầu chì thường chèn đầy cát thạch anh. Các thạch anh có tác dụng phân chia nhỏ hồ quang và do đó nhanh chóng dập tắt hồ quang. Vỏ cầu chì có thể được làm bằng chất xenluylô. Nhiệt độ cao của hồ quang sẽ làm cho xenluylô bốc hơi, gây áp suất lớn để nhanh chóng dập tắt hồ quang (hình 8-6).



Hình 8-6. Cầu chì loại П К
a) Dạng chung
b) Cầu chì dòng điện lớn hơn 7,5 A
c) Cầu chì dòng điện bé hơn 7,5 A

Cầu chì được chọn theo điện áp định mức, dòng điện định mức và dòng điện cắt định mức (hay công suất cắt định mức). Ngoài ra, cần chú ý vị trí đặt cầu chì (trong nhà hay ngoài trời). Bảng 8-4 ghi tóm tắt công thức chọn và kiểm tra cầu chì.

Bảng 8-4. **Chọn và kiểm tra cầu chì.**

Thứ tự	Đại lượng chọn và kiểm tra	Công thức tính toán
1	Điện áp định mức U_{dmCC}; KV	$U_{dmCC} \geq U_{dm.mạng}$
2	Dòng điện định mức I_{dmCC}; A	$I_{dmCC} \geq I_{lvmax}$
3	Công suất cắt định mức $S_{dm\ cắt\ CC}$	$S_{dm\ cắt\ CC} \geq S''$

Khi có nhiều đường dây mắc nối tiếp nhau, để đảm bảo tính chọn lọc thì *dòng điện định mức của cầu chì phía trước phải lớn hơn dòng điện định mức của cầu chì phía sau, ít nhất là một cấp* (tính từ nguồn đến hộ tiêu thụ).

Dòng điện định mức của cầu chì dùng để bảo vệ động cơ điện được chọn xuất phát từ hai điều kiện sau :

1. Theo điều kiện làm việc bình thường :

$$I_{dmCC} \geq I_{lvdc} \tag{8-11}$$

$I_{lvdc} = \dfrac{b.P_{dmdc}}{\eta.\sqrt{3}\ U_{dm}\ .\ \cos\varphi}$ là dòng điện làm việc của động cơ

Ở đây : – b là hệ số mang tải của động cơ, nó là tỉ số giữa công suất động cơ tiêu thụ với công suất định mức của nó.

– η – hiệu suất của động cơ ứng với công suất tiêu thụ của nó

– P_{dmdc} – công suất định mức của động cơ

2. Theo điều kiện mở máy :

– Khi mở máy nhẹ : $I_{dmCC} \geq \dfrac{I_{mm}}{2,5}$ (8-12)

– Khi mở máy nặng : $I_{dmCC} \geq \dfrac{I_{mm}}{1,6 \div 2,0}$ (8-13)

– Đối với máy hàn : $I_{dmCC} \geq \dfrac{I_{mm}}{1,6}$ (8-14)

Ở đây I_{mm} – là dòng điện mở máy cực đại của động cơ.

+ Nếu một đường dây cung cấp cho nhiều động cơ, thì điều kiện chọn dòng điện định mức của cầu chì sẽ là :

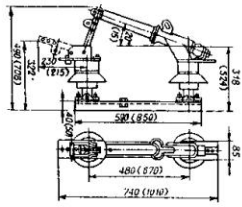
$$I_{dmCC} \geq m\ .\ \sum_{i=1}^{n} I_{lvdci} \tag{8-15}$$

$$\frac{I_{dmCC} \geq m\ .\ \sum_{i=1}^{n} I_{lvdci} + I_{mm}}{2,5} \tag{8-16}$$

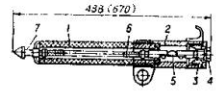
Ở đây m – hệ số đồng thời

n – số động cơ được cung cấp từ một đường dây.

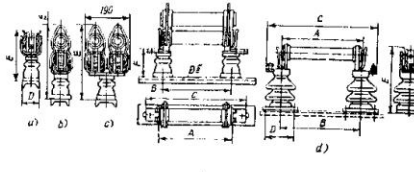
I_{mm} dòng điện mở máy của động cơ có hiệu số ($I_{mm} - I_{lvdc}$) lớn nhất.



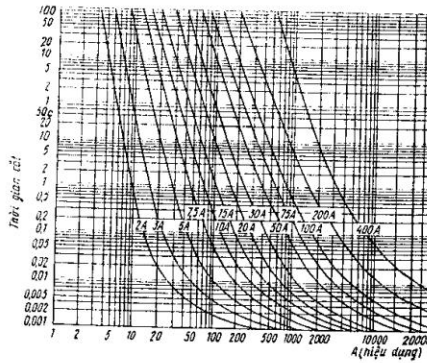
Hình 8-7a. Cầu chì bắn của thiết bị ngoài trời loại ПС-10 (trong ngoặc kích thước đối với ПС-35).



Hình 8-7b. Cầu chì ống ПС (trong ngoặc là kích thước đối với ПС-35).
1. Ống dập lửa; 2. đầu kim loại; 3. nút; 4. bulông tiếp xúc; 5. bộ phận cháy; 6. dây dẫn mềm; 7 đầu tiếp xúc.



Hình 8-8a. cầu chì ПК, ПКТ và ПКТУ
a) một ống ПК ; b) hai ống ПК ; c) bốn ống ПК;
d) cầu chì ПКТ và ПКТУ.



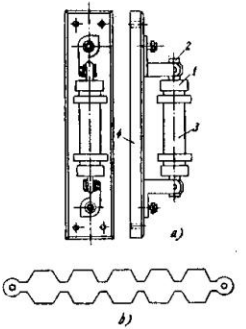
Hình 8-8b. Sự phụ thuộc của thời gian cắt của cầu chì loại ПК vào dòng điện ngắn mạch.

Hình 8-7a, b. Cầu chì kiểu ống ПС của Liên Xô.

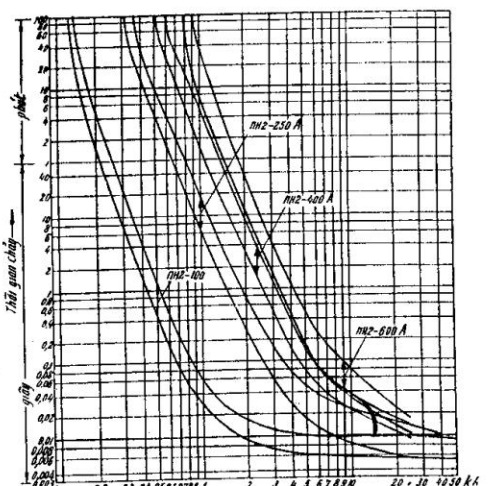
Hình 8-8a, b. Cầu chì ПК6 ÷ 35 KV và đặc tính làm việc của cầu chì ПК

Hình 8-9. Cầu chì điện áp thấp

Hình 8-10. Đặc tính làm việc của cầu chì ПН2; 500 V.



Hình 8-9. Cầu chì điện áp thấp
a) Hình dáng bề ngoài; b) cấu tạo của dây chảy;
1. nắp đồng; 2. đầu tiếp xúc;
3. vỏ bằng sứ hoặc xen-lulô; 4. giá đỡ.



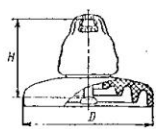
Hình 8-10. Đặc tính bảo vệ của cầu chì ПН2, 500 V.

8.7. Lựa chọn và kiểm tra sứ cách điện.

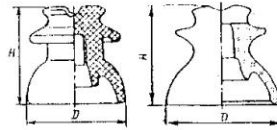
Sứ có tác dụng vừa làm giá đỡ các bộ phận mang điện, vừa làm vật cách điện giữa các bộ phận đó với đất. Do đó, sứ phải có đủ độ bền, chịu được lực điện động do dòng điện ngắn mạch gây ra, đồng thời phải chịu được điện áp của mạng kể cả lúc quá điện áp.

Sứ thường được chia làm hai loại chính :

– Sứ đỡ hay treo dùng để đỡ hay treo các thanh cái, dây dẫn và các bộ phận mang điện trong các thiết bị điện (hình 8-11, H 8-12)

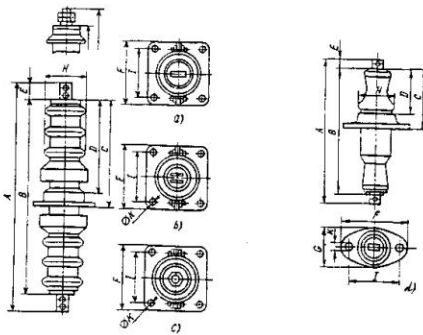


Hình 8-11. Sứ treo dây dẫn



Hình 8-12. Sứ đỡ

– Sứ xuyên : dùng để dẫn thanh cái hoặc dây dẫn xuyên qua tường hoặc nhà (hình 8-13).



Hình 8-13. Sứ xuyên
a) П-35/400-750; П-35/630-750; b) П-35/1000-750;
c) П-35/1500. d) П-10/630-750;

Theo vị trí sử dụng, có thể phân ra sứ dùng trong trạm, dùng cho đường dây và dùng cho các thiết bị.

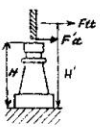
Theo hoàn cảnh làm việc có thể phân ra sứ dùng trong nhà và sứ dùng ngoài trời.

Tùy theo chất lượng của vật liệu làm sứ, mỗi loại sứ chịu được một lực phá hỏng F_{ph} khác nhau. Lực cho phép F_{cp} tác dụng lên sứ được qui định như sau :

$$F_{cp} = 0,6\ F_{ph} \qquad (8\text{-}17)$$

Ở đây 0,6 hệ số xét tới độ dự trữ.

Tải trọng xấu nhất đối với xứ là tải trọng tạo nên mô-men uốn lớn nhất đối với sứ đỡ thanh dẫn.



Hình 8-14. Biểu diễn cách đặt thanh dẫn trên sứ.
F_{tt} – là lực tác dụng đặt ở trọng tâm tiết diện thanh dẫn.
H' – chiều cao từ nền đặt sứ đến trọng tâm tiết diện thanh dẫn.
H – Chiều cao của sứ.

Các sứ xuyên, sứ đầu ra đường dây được chọn và kiểm tra theo tác dụng lực điện động và tác dụng nhiệt của dòng điện ngắn mạch. Kiểm tra tác dụng nhiệt của dòng điện ngắn mạch được thực hiện ở phần dẫn điện của sứ. Khi chọn và kiểm tra sứ nhất thiết phải chú ý đến khả năng đặt thanh dẫn lên trên đầu sứ.

Các điều kiện chọn và kiểm tra sứ được ghi ở bảng 8-5

Bảng 8-5. **Các điều kiện chọn và kiểm tra sứ.**

Thứ tự	Đại lượng chọn và kiểm tra	Ký hiệu	Công thức để chọn và kiểm tra
1	Điện áp định mức	$U_{đm.sứ}$	$U_{đm\ sứ} \geq U_{đm\ mạng}$
2	Dòng điện định mức đối với sứ xuyên và sứ đầu ra, KA	$I_{đm.sứ}$	$I_{đm\ sứ} \geq I_{lv.max}$.
3	Lực cho phép tác dụng lên đầu sứ	F_{cp}	$F_{cp} \geq F'_{tt} = k\ F_{tt}$
4	Dòng điện ổn định nhiệt cho phép đối với sứ xuyên và sứ đầu ra	$I_{ôđn}$	$I_{ôđn} \geq I_{\infty}$

Chú thích :

– $U_{đm.sứ}$ – điện áp định mức của sứ, cho phép tăng 15% ở chế độ làm việc lâu dài.

– $U_{đm.mạng}$ – điện áp định mức của mạng điện, có kể đến khả năng tăng điện áp khi vận hành.

– F_{cp} – lực cho phép tác dụng trên đầu sứ, $F_{cp} = 0,6\ F_{ph}$

– F'_{tt} – lực tác dụng trên đầu sứ

– k – hệ số hiệu chỉnh, $k = \frac{H'}{H}$

F_{tt} – lực tác dụng đặt ở trọng tâm tiết diện thanh dẫn và xác định như sau :

$$F_{tt} = 1{,}76\ 10^{-2}\ i_{xk}^2 \frac{l}{a},\ [kG]$$

Ở đây – i_{xk} – dòng điện xung kích, [KA]

– l – khoảng cách giữa hai sứ liên tiếp trên một pha, [cm]

a – khoảng cách giữa hai pha, [cm]

Cần lưu ý rằng khi chọn sứ xuyên đặt trên mạch từ thanh góp đến kháng điện thì tính theo dòng điện ngắn mạch sau kháng điện, nghĩa là dòng điện ngắn mạch đã được hạn chế bởi kháng điện.

8-8. Lựa chọn và kiểm tra thanh dẫn.

Người ta thường sử dụng thanh dẫn đồng, nhôm, thép trong các thiết bị phân phối điện năng. Thường chỉ dùng thanh dẫn thép trong thiết bị xoay chiều công suất nhỏ với dòng điện làm việc không quá 300 A. Với dòng điện một chiều có thể dùng thanh dẫn thép có dòng điện lớn hơn. Đồng có độ dẫn điện tốt nhất, độ bền cơ học cao, có khả năng chống ăn mòn hóa học; do vậy nên nó được sử dụng trong các thiết bị phân phối lắp ở vùng ven biển hay khu vực có bụi công nghiệp. Nhôm có điện trở suất lớn hơn đồng từ 1,6 ÷ 2 lần, trọng lượng riêng bé hơn đồng, không có khả năng chống ăn mòn hóa học; do đó nhôm được dùng trong thiết bị phân phối cách xa khu vực có bụi muối hay bụi công nghiệp ([12]).

Tiết diện thanh dẫn được chọn theo chỉ tiêu kinh tế hoặc theo điều kiện phát nóng và kiểm tra ổn định lực điện động, ổn định nhiệt khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua.

1. Tiết diện thanh dẫn chọn theo mật độ dòng điện kinh tế

Chọn theo $$S = \frac{I_{bt}}{J_{kt}}\ [mm^2] \qquad (8\text{-}18)$$

Ở đây : I_{bt} – dòng điện làm việc bình thường của thanh dẫn, [A]

J_{kt} – mật độ dòng điện kinh tế của thanh dẫn, [A/mm^2]

Mật độ dòng điện kinh tế phụ thuộc vào vật liệu thanh dẫn và thời gian sử dụng công suất cực đại. Tiết diện chọn được phải kiểm tra điều kiện phát nóng lúc bình thường.

$$I_{cp} \geq I_{lvmax} \qquad (8\text{-}19)$$

Ở đây : I_{cp} – dòng điện cho phép của thanh dẫn,

I_{lvmax} – dòng điện làm việc cực đại của mạch điện.

Có thể tham khảo J_{kt} của Nga cho ở bảng 8-6.

Bảng 8-6. **Mật độ dòng điện kinh tế J_{kt}, [A/mm^2]**

Loại dây dẫn	Thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{max}		
	dưới 3000 giờ	3000 ÷ 5000 giờ	trên 5000 giờ
Dây trần và thanh cái bằng đồng	2,5	2,10	1,80
Dây trần và thanh cái bằng nhôm	1,30	1,1	1,0
Cáp cách điện bằng giấy và dây dẫn bọc cao su			
– lõi đồng	3,0	2,5	2,0
– lõi nhôm	1,6	1,4	1,2
Cáp đồng cách điện bằng cao su	3,5	3,1	2,7

Sau khi tính S (theo 8-18), ta tra sổ tay tìm loại dây dẫn có tiết diện S gần bằng tiết diện đã tính. Nếu có hai loại tiết diện S lân cận với S đã tính thì ta nên chọn tiết diện bé hơn,vì như vậy sẽ tiết kiệm được kim loại màu mà tính kinh tế vẫn không bị giảm đi bao nhiêu.

Dòng điện cho phép của các loại thanh cái, dây dẫn và cáp khi nhiệt độ môi trường có giá trị tiêu chuẩn cho trong sổ tay.

2. Tiết diện thanh dẫn chọn theo điều kiện phát nóng.

$$I_{cp} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{cpth} \qquad (8\text{-}20)$$

Ở đây :

I_{cp} – dòng điện cho phép của thanh dẫn

I_{cpth} – dòng điện cho phép của một thanh dẫn khi nhiệt độ thanh dẫn là 70°C, nhiệt độ môi trường xung quanh là 25°C và thanh dẫn đặt đứng :

$K_1 = 0,95$ – hệ số hiệu chỉnh khi đặt thanh dẫn nằm ngang.

k_2 – hệ số hiệu chỉnh khi xét trường hợp thanh dẫn gồm nhiều thanh ghép lại (tra ở sổ tay), nếu là dây dẫn trên không thì $k_2 = 1$.

k_3 – hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường xung quanh khác nhiệt độ tiêu chuẩn (tra ở sổ tay).

3. Kiểm tra thanh dẫn theo điều kiện ổn định động :

Khi ngắn mạch, thanh dẫn chịu tác dụng của lực điện động, vì vậy trong vật liệu thanh dẫn sẽ xuất hiện ứng lực. Để kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi ngắn mạch cần xác định được ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do lực động điện gây ra và so sánh ứng suất này với ứng suất cho phép.

a) Đối với thanh dẫn đơn. Đó là loại thanh dẫn mà mỗi pha chỉ có một thanh. Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là :

$$\sigma_{tt} \le \sigma_{cp}, \qquad (8\text{-}21)$$

σ_{cp} là ứng suất cho phép của thanh dẫn. Thanh dẫn nhôm thông thường có $\sigma_{cp\,Al} = 700 \div 900$ [kG/cm^2], còn thanh dẫn đồng $\sigma_{cpCu} = 1400$ [kG/cm^2], thanh dẫn thép $\sigma_{cp\,thép} = 1600$ [kG/cm^2].

σ_{tt} – là ứng suất tính toán của thanh dẫn. Trình tự tính toán như sau :

α) Xác định lực tính toán F_{tt} do tác dụng của dòng điện ngắn mạch gây ra :

$$F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{l}{a} i_{xk}^2, \text{ [KG]} \qquad (8\text{-}22)$$

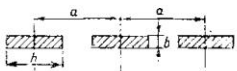
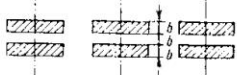
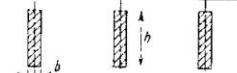
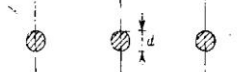
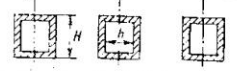
Ở đây :

i_{xk} – dòng điện xung kích khi ngắn mạch ba pha, [KA]

l – khoảng cách giữa các sứ của một pha, [cm]

a – khoảng cách giữa các pha, [cm]

Bảng 8-7.

Thứ tự tự	Hình dáng thanh đặt ở thanh góp 3 pha	Momen chống uốn W, [cm^3]	Momen quán tính, J [cm^4]
1		$\frac{bh^2}{6}$	$\frac{bh^3}{12}$
2		$\frac{bh^2}{3}$	$\frac{bh^3}{6}$
3		$\frac{hb^2}{6}$	$\frac{hb^3}{12}$
4		$\frac{hb^2}{3}$	$\frac{hb^3}{6}$
5		$\frac{\pi d^3}{32}$	$\frac{\pi d^4}{64}$
6		$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32\ D}$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$
7		$\frac{H^4 - h^4}{6\ H}$	$\frac{H^4 - h^4}{12}$

β) Xác định mômen uốn M :

- khi thanh cái có hai nhịp : $M = \frac{F_{tt}.l}{8}$, [kGcm]

- khi thanh cái có từ ba nhịp trở lên : $M = \frac{F_{tt}.l}{10}$, [kGcm] (8-23)

γ) Xác định ứng suất tính toán trong vật liệu thanh dẫn :

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W}, \ [kG/cm^2] \qquad (8\text{-}24)$$

Ở đây - W là mômen chống uốn của thanh dẫn, tính cm^3.

Trong những trường hợp cụ thể W sẽ tính như sau (bảng 8-7)

Nếu điều kiện (8-21) không được thỏa mãn, thì ta phải giảm ứng suất tính toán bằng các biện pháp sau :

- tăng khoảng cách *a* giữa các pha

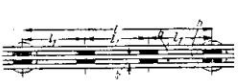
- giảm khoảng cách *l* giữa các sứ.

- nếu thanh cái đang bố trí thẳng đứng thì ta bố trí lại thành nằm ngang

b) Đối với thanh dẫn ghép. Khi dùng thanh dẫn ghép, ta cần phải xác định hai ứng suất thành phần trong vật liệu : ứng suất do lực điện động giữa các pha sinh ra σ_{pha} và ứng suất do tác dụng tương hỗ giữa các thanh riêng trong cùng một pha gây ra : $\sigma_{riêng}$.

Ứng suất σ_{pha} được xác định giống như đối với thanh dẫn đơn, khi đó momen chống uốn của thanh dẫn ghép sẽ gấp hai lần momen chống uốn của một thanh.

Muốn giảm ứng suất trong thanh dẫn trên các nhịp (nhịp là khoảng cách giữa hai sứ đỡ liên tiếp), ta đặt các miếng đệm cách đều nhau một khoảng l_1 (hình 8-15).



Hình 8-15

Khi đó, lực tác dụng lên thanh dẫn trên một độ dài l_1 bằng :

$$F_1 = 0{,}26 \cdot 10^{-2} \frac{l_1}{b} k_{hd} \cdot i_{xk}^2, [kG] \qquad (8\text{-}25)$$

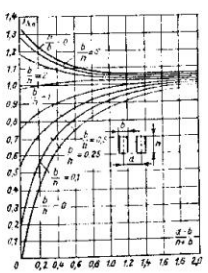
Ở đây :

b – chiều dày của thanh, [cm]

k_{hd} – hệ số hình dáng, xác định theo đường cong cho sẵn quan hệ :

$$k_{hd} = f\left(\frac{d-b}{h+b}, \frac{b}{h}\right)$$ như hình vẽ 8-16.

Momen uốn trên độ dài giữa hai miếng đệm



Hình 8-16. Các đường cong để xác định hệ số hình dáng thanh dẫn chữ nhật.

$$M = \frac{F_1 \cdot l_1}{12}, \text{ kGcm} \qquad (8\text{-}26)$$

Ứng suất toàn phần trong vật liệu thanh dẫn không được nhỏ hơn ứng suất cho phép

$$\sigma_{tt} = \sigma_{pha} + \sigma_{riêng}$$

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W_{pha}} + \frac{M_1}{W_1} \le \sigma_{cp} \qquad (8\text{-}27)$$

Ở đây : W_1 là momen chống uốn của thanh dẫn, nó phụ thuộc vào hình dáng tiết diện thanh dẫn và cách bố trí các pha thanh dẫn.

Muốn xác định khoảng cách cho phép lớn nhất giữa các miếng đệm l_{1max} thì ta hãy xuất phát từ điều kiện $\sigma_{tt} = \sigma_{cp}$, khi đó ứng suất cho phép do lực điện động giữa các thanh trong cùng một pha gây ra là

$$\sigma_{riêng\ cp} = \sigma_{cp} - \sigma_{pha}$$

Khoảng cách lớn nhất giữa hai miếng đệm là

$$l_{1max} = \sqrt{\frac{12.\sigma_{riêngcp} \cdot W_1}{f}} \qquad (8\text{-}28)$$

Ở đây f là lực tác dụng tương hỗ giữa các thanh trên 1cm chiều dài thanh dẫn, tính bằng [kG/cm].

Ví dụ 8-1 : Tìm khoảng cách cho phép lớn nhất giữa các miếng đệm l_{1max} của thanh dẫn ghép bằng đồng có tiết diện 100 × 10mm^2. Thanh dẫn bố trí như hình 8-17 a. b., khoảng cách giữa các sứ (mỗi nhịp) bằng 140cm. Dòng điện chu kỳ tại thời điểm ban đầu của ngắn mạch ba pha là 50 KA. Hằng số thời gian tắt dần của dòng điện không chu kỳ T_a = 0,08 gy.

Bài giải :

Trước hết, ta phải tìm dòng điện ngắn mạch xung kích. Ta có :

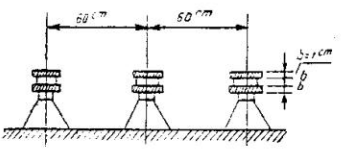
$$i_{xk} = \sqrt{2}\ I_{ck|o|}.\ k_{xk}$$

$$= \sqrt{2} \cdot 50 \cdot 1,89 = 134\ KA$$

Ở đây $k_{xk} = 1 + e^{-t/T_a} =$

$$k_{xk} = 1 + e^{-0,01/0,08}$$

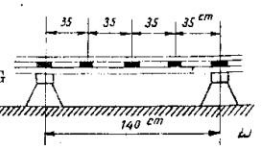
$$k_{xk} = 1,89$$



Hình 8-17 của ví dụ 8-1

1 – Xác định ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do lực tác dụng tương hỗ giữa các pha gây nên :

– Lực tính toán trên một nhịp của thanh dẫn :



$$F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-2}\ \frac{l}{a}\ i_{xk}^2 = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{140}{60} \cdot 134^2 = 740kG$$

– Momen uốn

$$M = \frac{F_{tt} \cdot l}{10} = \frac{740 \cdot 140}{10} = 10350\ kGcm$$

– Momen chống uốn của thanh dẫn ghép :

$$W = 2.\frac{bh^2}{6} = \frac{bh^2}{6} = \frac{1 \cdot 10^2}{3} = 33.3cm^3$$

–Ứngsuấtdolựctácdụngtươnghỗgiữacácpha

$$\sigma_{pha} = \frac{M_{pha}}{W} = \frac{10350}{33,3} = 321^{kG}/_{cm^2}$$

2. Xác định khoảng cách cho phép lớn nhất giữa các miếng đệm.

Ứng suất cho phép trong vật liệu thanh dẫn do lực tác dụng tương hỗ giữa các thanh trong nội bộ pha gây ra sẽ là :

$$\sigma_{riêng\ cp} = \sigma_{cp} - \sigma_{pha} = 1400 - 312 = 1088 kG/cm^2$$

(σ_{cp} – đối với vật liệu thanh dẫn tra trong sổ tay, ứng với đồng ta được : $\sigma_{cp} = 1400\ kG/cm^2$)

Lực tác dụng tương hỗ giữa các thanh trên 1cm chiều dài thanh dẫn

$$f = 0{,}26.10^{-2} \cdot \frac{i_{kk}^2}{b} \cdot k_{hd} \quad \text{(công thức 8-25 với } l_1 = 1cm)$$

Ta hãy xác định hệ số hình dáng đối với thanh dẫn ghép, ta tìm được từ hình 8-16 với :

$$\frac{d-b}{b+h} = \frac{20-10}{10+100} = 0{,}09 \text{ và } \frac{b}{h} = \frac{10}{100} = 0{,}1 \text{ tra hình ta được } k_{hd} \approx 0{,}3$$

Vậy :

$$f = 0{,}26.10^{-2} \cdot \frac{134^2}{1} \cdot 0{,}3 = 17{,}9\ kG/cm.$$

Ứng suất do lực tác dụng tương hỗ giữa các thanh trong một pha gây nên :

$$\sigma_{riêng} = \frac{M_1}{W_1} = \frac{f \cdot l^2}{12 W_1}$$

Do vậy, khoảng cách cho phép lớn nhất giữa hai miếng đệm là :

$$l_{1max} = \frac{\sqrt{12 \cdot W_1\ \sigma_{riêng\ cp}}}{f}$$

với $W_1 = \frac{hb^2}{6} = \frac{10 \cdot 1^2}{6} = 1{,}67\ cm^3$

$$l_{1max} = \frac{\sqrt{12 \cdot 1{,}67 \cdot 1088}}{17{,}9} = 35cm.$$

Như vậy, trong một nhịp của sứ cần đặt ba miếng đệm như hình 8-17b.

4. Kiểm tra thanh dẫn theo điều kiện ổn định nhiệt.

Kiểm tra ổn định nhiệt của thanh dẫn để đảm bảo khi có dòng điện ngắn mạch đi qua thì nhiệt độ thanh dẫn không vượt quá trị số giới hạn cho phép lúc đốt nóng ngắn hạn (lúc ngắn mạch).

Nhiệt độ đốt nóng cuối cùng của thanh dẫn θ_N khi ngắn mạch được xác định theo đường biểu diễn ở hình 8-18.

Giá trị $A_{\theta N}$ xác định như sau : A_{oN}

$$A_{\theta N} = A_{\theta 1} + \left(\frac{I_\infty}{S}\right)^2 t_{gt};\ [A^2gy/mm^4] \qquad (8\text{-}29)$$

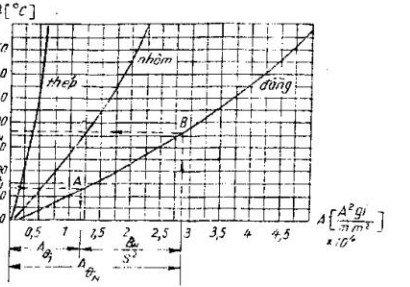
Ở đây – A_{01} xác định theo đường biểu diễn trên hình 8-18 ứng với nhiệt độ ban đầu thanh dẫn θ_1 (trước lúc xảy ra ngắn mạch).

I_∞ – dòng điện ngắn mạch ổn định, [A]

t_{tg} – thời gian ngắn mạch giả thiết, [gy]

S – tiết diện thanh dẫn mm^2

Bảng 8-8. Cho ta hệ số α và nhiệt độ cho phép của thanh cái và cáp lúc ngắn mạch.



Hình 8-18 - Đường cong để xác định nhiệt độ dây dẫn khi ngắn mạch

Bảng 8-8

Vật liệu làm thanh cái và cáp	α	Nhiệt độ cho phép lúc ngắn mạch, °C
1) Thanh cái :		
- đồng	6	300
- nhôm	11	200
- thép	15	400
- thanh cái thép nối trực tiếp với các thiết bị	17	300
2) Cáp		
- đồng U ≤ 10 KV	7	250
- nhôm U ≤ 10 KV	12	250

Trong thực tế tính toán có thể sử dụng công thức sau đây để kiểm tra ổn định nhiệt của thanh dẫn. Khi đó, tiết diện S của thanh cái phải lớn hơn hay bằng tiết diện ổn định nhiệt $S_{ôdn}$.

$$S \geq S_{ôdn}$$

$$S_{ôdn} = \alpha\, I_\infty \sqrt{t_{tgt}}\ [mm^2] \qquad (8\text{-}29)$$

Ở đây : I ∞ dòng điện ngắn mạch ổn định. [kA];

t_{gt} – thời gian giả thiết tính bằng [gy]; α hệ số tra ở bảng 8-8.

Lưu ý là các trị số α cho trong bảng 8-8 là ứng với trường hợp thanh cái và cáp làm việc với phụ tải định mức. Thực tế, thanh cái và cáp thường làm việc non tải, do đó khi tiết diện tiêu chuẩn có bé hơn $S_{ôdn}$ một chút thì vẫn cho phép chọn tiết diện đó mà không cần tăng lên một cấp.

8.9. Lựa chọn và kiểm tra tiết diện cáp và dây cáp.

Cáp dùng trong mạng điện áp cao và thấp có nhiều loại; ta thường gặp loại cáp đồng hoặc nhôm, cáp một, hai, ba hay bốn lõi, cáp đầu hoặc cáp cao su. Ở cấp điện áp 110 ~ 220 KV, cách điện của cáp thường là dầu hay khí. Cáp có điện áp dưới 10 KV thường được chế tạo theo kiểu ba pha bọc chung một vỏ chì (hình 8-19), cáp có điện áp trên 10 KV thường được chế tạo theo kiểu bọc riêng rẽ từng pha (hình 8-20). Cáp

có điện áp 1000 V trở xuống thường là loại cáp cách điện bằng giấy tẩm dầu hay cao su (hình 8-21).

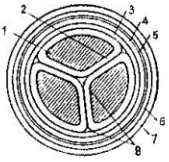
Dây dẫn ngoài trời thường là loại dây trần một sợi, nhiều sợi, hoặc dây rỗng ruột. Dây dẫn dùng trong nhà thường là loại dây dẫn bọc cao su cách điện hoặc nhựa cách điện. Một số trường hợp ở trong nhà có thể dùng dây trần hoặc thanh dẫn nhưng phải được đặt trên sứ cách điện.

Trong mạng điện xí nghiệp, dây dẫn và cáp thường được chọn theo hai điều kiện sau :

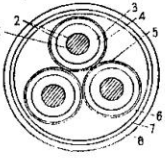
- Chọn theo điều kiện phát nóng

- Chọn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép

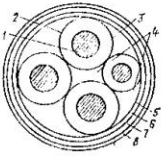
Khi chọn tiết diện dây dẫn, dây cáp có thể dựa vào trong một hai điều kiện trên và kiểm tra theo điều kiện còn lại. Ngoài ra còn có thể chọn tiết diện dây dẫn, dây cáp theo mật độ kinh tế của dòng điện.



Hình 8-19. Cáp ba pha, lõi hình quạt U ≤ 10 KV.



Hình 8-20. Cáp ba pha, lõi hình tròn U ≥ 10 KV.



Hình 8-21 : Cáp cách điện cao su U < 1000V

1. Lựa chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng.

Khi có dòng điện chạy qua dây dẫn và dây cáp thì vật dẫn bị nóng, nếu nhiệt độ dây dẫn và cáp quá cao có thể làm cho chúng bị hư hỏng hoặc giảm tuổi thọ. Mặt khác, độ bền cơ học của kim loại dẫn điện cũng bị giảm xuống. Do vậy nhà chế tạo qui định nhiệt độ cho phép đối với mỗi loại dây dẫn và dây cáp.

Khi nhiệt độ không khí là ± 25°C, người ta qui định nhiệt độ cho phép của thanh cái và dây dẫn trần là 70°C. Đối với cáp chôn trong đất ẩm có nhiệt độ là + 15°C, nhiệt độ cho phép chỉ được dao động trong khoảng + 60 ÷ 80° tùy theo từng loại cáp. Dây bọc cao su có nhiệt độ cho phép là 55°C v.v...

Nếu nhiệt độ dây dẫn và dây cáp đặt tại nơi nào đó khác với nhiệt độ qui định (nhiệt độ không khí là + 25°C, nhiệt độ của đất là + 15°C) thì phải hiệu chỉnh theo hệ số hiệu chỉnh k(k – cho trong các sổ tay tra cứu). Do đó, tiết diện dây dẫn và dây cáp chọn phải thỏa mãn điều kiện sau :

$$k \cdot I_{cp} \geq I_{lvmax} \quad (8\text{-}30)$$

Trong đó I_{lvmax} – dòng điện làm việc cực đại của dây dẫn.

I_{cp} - dòng điện cho phép ứng với dây dẫn chọn.

Dòng điện cho phép I_{cp} là dòng điện lớn nhất có thể chạy qua dây dẫn trong thời gian không hạn chế mà không làm cho nhiệt độ của nó vượt quá trị số cho phép.

2. Lựa chọn tiết diện dây dẫn và dây cáp theo tổn thất điện áp cho phép.

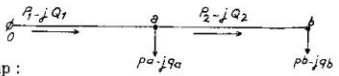
Đối với mạng điện địa phương, ta phải dựa vào tổn thất điện áp cho phép để lựa chọn tiết diện dây dẫn vì mạng điện địa phương thường có công suất bé, tiết điện dây dẫn nhỏ và do đó điện trở dây dẫn lớn. Do vậy nếu tăng tiết diện dây dẫn sẽ làm giảm tổn thất điện áp ΔU, tức là giữ cho tổn thất điện áp không vượt quá mức tổn thất điện áp cho phép.

a) Xác định tiết diện dây dẫn khi toàn bộ đường dây cùng một tiết diện.

Hãy xét một mạch điện đơn giản như hình 8-22.

Ở chương sáu, chúng ta có :

Công thức 6-43b để tính tổn thất điện áp :



Hình 8-22

$$\Delta U = \frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^{n} (P_i \cdot r_i + Q_i \cdot x_i)$$

Nếu toàn bộ đường dây cùng một tiết diện, cùng một vật liệu :

$$\Delta U = \frac{r_0 \sum_{i=1}^{n} P_i.l_i}{U_{dm}} + \frac{x_0 \sum_{i=1}^{n} Q_i.l_i}{U_{dm}} \text{ hay} \qquad (8\text{-}31)$$

$$\Delta U = \frac{r_0 \sum_{i=1}^{n} p_i.L_i}{U_{dm}} + \frac{x_0 \sum_{i=1}^{n} q_i.L_i}{U_{dm}} = \Delta U' + \Delta U'' \qquad (8\text{-}32)$$

Ở đây : $\Delta U'$ tổn thất điện áp do công suất tác dụng và điện trở đường dây gây nên; $\Delta U''$ tổn thất điện áp do công suất phản kháng và điện kháng đường dây gây nên.

Nếu biết được x_0, chúng ta sẽ tính được $\Delta U''$ nhờ biểu thức :

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^{n} Q_i.l_i}{U_{dm}} \text{ hay } \Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^{n} q_i.L_i}{U_{dm}}$$

Giá trị điện kháng trên 1km đường dây x_0 nói chung ít thay đổi dù dây lớn hay bé ($x_0 = 0,3 \div 0,43\Omega/km$). Do vậy có thể lấy một trị số trung bình nào đó để tính toán $\Delta U''$.

Đối với đường dây cao thế trên không thì x_0 trung bình có thể lấy bằng $0,35 \div 0,40\Omega/km$. Đối với đường dây hạ áp trên không thì x_0 trung bình lấy bằng $0,25\Omega/km$, còn đối với đường dây cáp thì $x_0 = 0,07\Omega/km$.

Trị số tổn thất điện áp cho phép ΔU_{cp} từ nguồn đến phụ tải xa nhất đã cho theo yêu cầu của mạng điện. Do vậy ta tính được $\Delta U'$, từ công thức (8-32).

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U''$$

$$\text{Biết } \Delta U' = \frac{r_0 \sum_{i=1}^{n} P_i.l_i}{U_{dm}}, \text{ thay } r_0 = \frac{1}{\gamma F} \text{ với } \gamma \text{ điện dẫn suất của vật liệu dây dẫn. Do vậy,}$$

ta tính được tiết diện F như sau :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i.l_i}{\gamma U_{dm} \Delta U'} \text{ hay } F = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i.L_i}{\gamma U_{dm}.\Delta U'} \qquad (8\text{-}33)$$

Căn cứ vào trị số tính toán F, ta tra bảng chọn tiết diện dẫn tiêu chuẩn gần nhất. Đồng thời xác định được r_0 và x_0 ứng với dây dẫn đã chọn, tính lại tổn thất điện áp, sau cùng so sánh với ΔU_{cp}. Nếu chưa đạt yêu cầu, ta hãy tăng tiết diện dây dẫn lên một cấp và tính lại.

b) Xác định tiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện không đổi.

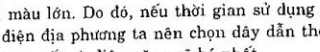
Khi xây dựng đường dây cùng một tiết diện trên toàn bộ chiều dài của nó sẽ đưa đến việc sử dụng một khối lượng kim loại màu lớn. Do đó, nếu thời gian sử dụng công suất cực đại T_{max} là lớn, thì đối với mạng điện địa phương ta nên chọn dây dẫn theo mật độ dòng điện không đổi, lúc đó tổn thất công suất và điện năng sẽ bé nhất.

Hãy xét đường dây có hai phụ tải (hình 8-23).

Ta biết : $\Delta U_{cp} = \Delta U' + \Delta U''$

Cho x_0 tùy ý, ta sẽ tính được $\Delta U''$

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^{n} Q_i.l_i}{U_{dm}}$$



Hình 8-23

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U''$$

Mặt khác. ta biết :

$$P_i = \sqrt{3} U_{dm} \; I_i \cos \varphi_i$$

Do vậy, suy từ công thức (8-33) với đường dây có hai phụ tải, ta được :

$$\Delta U' = \Delta U'_{oa} + \Delta U'_{ab} = \frac{\sqrt{3} I_1 l_1 \cos \varphi_1}{\gamma F_1} + \frac{\sqrt{3} I_2 l_2 \cos \varphi_2}{\gamma F_2}$$

Trong đó $\cos\varphi_1$, $\cos\varphi_2$ là hệ số công suất trên đoạn oa và ab của mạng điện xét.

Ta có định nghĩa về mật độ dòng điện $J = \frac{I}{F}$. Các đoạn dây trên đều chọn theo mật độ dòng điện không đổi, nên ta có :

$$J = \frac{I_1}{F_1} = \frac{I_2}{F_2}$$

Vậy :

$$\Delta U' = \frac{\sqrt{3}}{\gamma} (J l_1 \cos\varphi_1 + J l_2 \cos\varphi_2)$$

Từ đây, ta rút ra được :

$$J = \frac{\gamma \Delta U'}{\sqrt{3}(l_1 \cos\varphi_1 + l_2 \cos\varphi_2)}$$

Một cách tổng quát, đối với mạng điện có *n* phụ tải, thì mật độ dòng điện được tính như sau :

$$J = \frac{\gamma \cdot \Delta U'}{\sqrt{3}\sum_{i=1}^{n} l_i \cos\varphi_i} \qquad (8\text{-}34)$$

Ở đây : l_i và $\cos\varphi_i$ là chiều dài và hệ số công suất của đoạn thứ i.

Từ đây, ta xác định được tiết diện đoạn dây dẫn cần chọn ở đoạn thứ i là :

F_i theo dòng điện chạy trên đoạn thứ i :

$$F_i = \frac{I_i}{J} \quad (8\text{-}35)$$

Cuối cùng, ta tra bảng chọn tiết diện tiêu chuẩn và kiểm tra lại tổn thất điện áp xem có bé hơn tổn thất điện áp cho phép hay không.

c) Xác định tiết diện dây dẫn theo điều kiện phí tổn kim loại màu ít nhất.

Khi xây dựng một đường dây, để hợp lý ta nên chọn mỗi đoạn một tiết diện khác nhau, tất nhiên phải đảm bảo được tổn thất điện áp trên đường dây đó bé hơn tổn thất điện áp cho phép. Do vậy ta sẽ làm giảm được tiêu tốn khối lượng kim loại màu.

Hãy xét đường dây cung cấp cho hai phụ tải a và b như hình vẽ (8-24).

Tổn thất điện áp cho phép từ nguồn 0 đến điểm cuối b là ΔU_{cp}.

Ta chọn x_0 [Ω/km] một giá trị tùy ý, ta tính được $\Delta U''$ và

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U''$$

Ở đây $\Delta U'$ là tổn thất công suất do công suất tác dụng và điện trở gây ra trên hai đoạn oa và ab.

Hình 8-24

$$\Delta U' = \Delta U'_{oa} + \Delta U'_{ab}$$

Nếu biết $\Delta U'_{oa}$ và $\Delta U'_{ab}$ thì ta tìm được F_{oa} và F_{ab}

$$F_{oa} = \frac{P_1 l_1}{\gamma . U_{đm} \Delta U'_{oa}}$$

$$F_{ab} = \frac{P_2 l_2}{\gamma U_{đm} \Delta U'_{ab}} = \frac{P_2 l_2}{\gamma . U_{đm} (\Delta U' - \Delta U'_{oa})}$$

Khối lượng kim loại màu trên toàn bộ đường dây *ob*.

$$V = 3\, F_{oa} \cdot l_1 + 3\, F_{ab} \cdot l_2$$

$$V = \frac{3}{\gamma . U_{đm}} \left(\frac{P_1 l_1^2}{\Delta U'_{oa}} + \frac{P_2 l_2^2}{\Delta U'_{ab}} \right) = \frac{3}{\gamma U_{đm}} \left(\frac{P_1 l_1^2}{\Delta U'_{oa}} + \frac{P_2 l_2^2}{\Delta U' - \Delta U'_{oa}} \right)$$

Điều kiện để chi phí kim loại màu bé nhất là lấy đạo hàm của V theo biến $\Delta U'_{oa}$, rồi cho bằng không.

Sau đó, qua một vài phép rút gọn và thay thế ta được :

$$F_{ab} = \frac{\sqrt{P_2}}{\gamma.U_{dm}.\Delta U'} . (l_1\sqrt{P_1} + l_2\sqrt{P_2}) \qquad (8\text{-}36)$$

$$F_{oa} = \frac{\sqrt{P_1}}{\gamma.U_{dm}.\Delta U'} . (l_1\sqrt{P_1} + l_2\sqrt{P_2}) \qquad (8\text{-}37)$$

Dựa vào tiết diện tính toán, tra bảng tìm tiết diện tiêu chuẩn. Đối với đoạn dây đầu do công suất chuyển tải lớn nên chọn tiết diện gần nhất lớn hơn tiết diện tính toán; còn đối với đoạn dây cuối nguồn nên chọn tiết diện tiêu chuẩn gần nhất bé hơn tiết diện tính toán. Cuối cùng, cần kiểm tra xem tổn thất điện áp trên đường dây có bé hơn tổn thất điện áp cho phép hay không.

8.10. Lựa chọn và kiểm tra kháng điện.

Kháng điện là cuộn dây điện cảm không có lõi thép, điện kháng lớn hơn điện trở tác dụng rất nhiều. Dùng kháng điện để hạn chế dòng điện ngắn mạch hay hạn chế dòng điện mở máy của các động cơ điện.

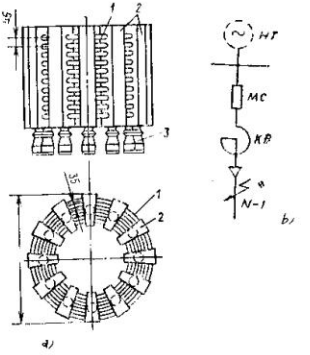
Kháng điện được chọn theo điện áp định mức, dòng điện định mức và giá trị điện kháng $x_k\%$; cuối cùng kiểm tra ổn định động, ổn định nhiệt. Chúng ta chỉ đề cập đến việc lựa chọn và kiểm tra *đối với kháng điện đơn (một cuộn dây).*

Sơ đồ dùng kháng điện để hạn chế dòng điện ngắn mạch như sau : hình 8-25b.

Sau khi chọn kháng điện theo điện áp, dòng điện định mức, cần xác định giá trị điện kháng của nó. Điện kháng này chọn phối hợp với máy cắt điện đã đặt trong mạch của nó, nghĩa là xuất phát từ điều kiện ngắn mạch sau kháng điện; dòng điện siêu quá độ không vượt quá dòng điện cắt định mức của máy cắt điện.

Hình vẽ 8-25a là cuộn kháng điện. Khi ngắn mạch tại N-1 hình 8-25b, thì điện kháng tổng từ nguồn đến điểm ngắn mạch là :

$$x_\Sigma = x_{ht} + x_k = \frac{I_{cb}}{I_{cắtMCĐ}} \qquad (8\text{-}38)$$



Hình 8-25
Dùng kháng điện để hạn chế dòng ngắn mạch hay hạn chế dòng điện mở máy.
a) Hình dạng chung
b) Bố trí trong sơ đồ lưới điện

Ở đây – I_{cb} : là dòng điện cơ bản

– x_{ht} – điện kháng hệ thống, tính đến thanh cái trước kháng điện.

– x_K – là điện kháng của kháng điện cần tìm. Điện kháng của kháng điện tính theo % ứng với điều kiện định mức (điện áp, dòng điện định mức), như sau :

$$x_K = (x_\Sigma - x_{ht}) \frac{I_{dmK} \cdot U_{dm.mang}}{I_{cb} \cdot U_{dmK}} \cdot 100\% \qquad (8\text{-}39)$$

Ở đây : I_{dmK} : dòng điện định mức của kháng điện;

U_{dmK} : điện áp định mức của kháng điện

$U_{dm.mạng}$: điện áp trung bình định mức tại nơi đặt kháng điện.

Từ đây, ta tra bảng chọn điện kháng tiêu chuẩn có giá trị lớn hơn hoặc bằng điện kháng tính toán :

Chú ý : nếu biết tiết diện cáp nhỏ nhất sau kháng điện thì khi tính x_K% cũng tiến hành tương tự như trên, nhưng nhớ rằng lúc xác định điện kháng tổng x_Σ, đáng lẽ dùng dòng điện cắt định mức của máy cắt điện $I_{cắtMCĐ}$ (công thức 8-38) thì phải thay bằng dòng điện ổn định nhiệt của cáp tương ứng $I_{ổđn}$.

Sau khi chọn kháng điện, ta phải tính tổn hao điện áp trong tình trạng làm việc bình thường và điện áp dư trên thanh cái khi ngắn mạch sau kháng điện. Tổn thất điện áp trong tình trạng làm việc lâu dài với kháng điện đơn được xác định như sau :

$$\Delta U = x_K \frac{I_{lv}}{I_{dmK}} \sin\varphi\%, \qquad (8\text{-}40).$$

Ở đây I_{lv} – dòng điện làm việc của nhánh.

Điện áp dư trên thanh cái trước kháng điện, khi ngắn mạch sau kháng điện được xác định như sau :

$$U_{dư} = x_K \frac{I_N}{I_{dmK}} \qquad (8\text{-}41)$$

Ở đây, I_N là dòng điện ngắn mạch khi sự cố sau kháng điện.

Nếu điện áp dư thấp hơn điện áp dư cho phép $U_{dưcp}$ bằng 0,6 U_{dm} thì phải tính lại điện kháng của kháng điện như sau :

$$x_{*K(đm)} = \frac{U_{dưcp} \cdot x_{ht} \cdot I_{dmK} \cdot U_{dmmạng}}{(1 - U_{dưcp}) \cdot I_{cb} \cdot U_{dmK}}, \qquad (8\text{-}42)$$

Ở đây – x_{ht} – tổng điện kháng tương đối cơ bản tính đến trước kháng điện.

$U_{dm.mạng}$: điện áp trung bình định mức của cấp điện áp xảy ra ngắn mạch.

$x_{*K(đm)}$ – điện kháng tương đối của kháng điện quy về điều kiện định mức.

Chuyển thành điện kháng phần trăm như sau :

$$x_K = x_{*K(đm)} \cdot 100\% \qquad (8\text{-}43)$$

Từ đây, ta chọn điện kháng tiêu chuẩn.

Cuối cùng, kháng điện được xem là bảo đảm bảo ổn định nếu thỏa mãn điều kiện sau :

$$i_{ổđđ} \geq i_{xk} \qquad (8\text{-}44)$$

$i_{ổđđ}$ – là dòng điện ổn định động của kháng điện, là dòng điện lớn nhất có thể đi qua kháng điện mà không gây ra bất kỳ một sự biến dạng nào của cuộn dây.

Điều kiện ổn định nhiệt của kháng điện là :

$$I_{ổđn}\sqrt{t_{ôđn}} \geq I_{\infty}\sqrt{t_{gt}} \qquad (8\text{-}45)$$

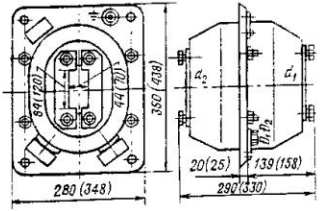
Mức ổn định nhiệt của kháng điện rất cao, việc kiểm tra ổn định nhiệt chỉ cần thiết đối với kháng điện có điện kháng tương đối nhỏ và thời gian tồn tại ngắn mạch lớn.

8.11. Lựa chọn và kiểm tra máy biến dòng BI

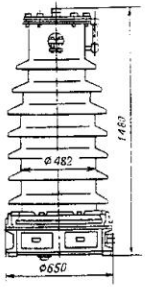
Máy biến dòng có nhiệm vụ biến đổi dòng điện từ một trị số lớn xuống trị số nhỏ để cung cấp cho các dụng cụ đo lường, bảo vệ rơle và tự động hóa. Thường dòng điện định mức thứ cấp của máy biến dòng điện là 5A (trường hợp đặc biệt có thể là 1A hay 10A) dù rằng dòng điện định mức sơ cấp có thể bằng bao nhiêu. Về nguyên lý, máy biến dòng điện cũng giống như máy biến áp điện lực, nó có đặc điểm sau :

– Cuộn dây sơ cấp của BI được mắc nối tiếp với mạng điện và có số vòng dây rất nhỏ (đối với dòng điện sơ cấp ≤ 600 A thì sơ cấp chỉ có một vòng dây, cuộn dây thứ cấp sẽ có số vòng dây nhiều hơn (hình 8-26, 8-27, 8-28, 8-29, 8-30).

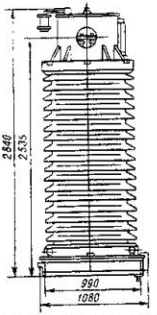
– Phụ tải thứ cấp của BI rất nhỏ, có thể xem như máy biến dòng luôn luôn làm việc trong tình trạng ngắn mạch.



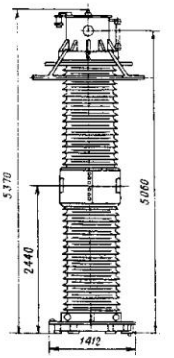
Hình 8-26 : Máy biến dòng ТПШЛ -10 có dòng 2000 – 3000A (trong ngoặc là kích thước máy biến dòng 4000 – 5000 A)



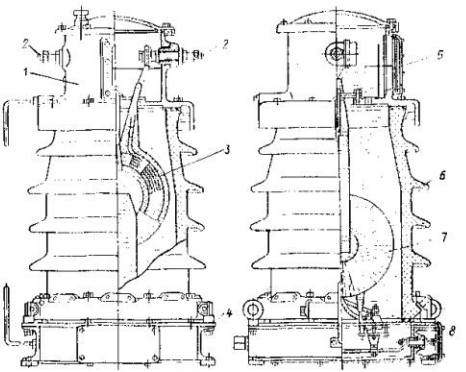
Hình 8-27 Máy biến dòng ТфНД-110 М



Hình 8-28. Máy biến dòng ТФНА -220-I



Hình 8-29. Máy biến dòng ТФНКД -500-II



Hình 8-30. Máy biến dòng TφH-35

Để đảm bảo an toàn cho người vận hành, cuộn thứ cấp của máy biến dòng phải được nối đất.

Máy biến dòng có rất nhiều loại, thích hợp với nhiều vị trí sử dụng khác nhau. Theo số vòng của cuộn sơ cấp, ta có thể phân máy biến dòng thành loại một vòng và loại nhiều vòng. Theo cách lắp đặt, ta có thể phân thành loại xuyên tường và loại đặt trên giá đỡ.

Máy biến dòng loại một vòng có ưu điểm là kết cấu đơn giản, kích thước tương đối nhỏ so với loại nhiều vòng, tính ổn định khá cao lúc có dòng ngắn mạch chạy qua; khuyết điểm chủ yếu của nó là khi dòng điện phía sơ cấp nhỏ thì sai số của máy biến dòng khá lớn.

Ở cấp điện áp từ 35KV trở lên, máy trên dòng thường được chế tạo theo kiểu hình số 8 và được để ngoài trời (hình 8-30).

Máy biến dòng được chọn theo điện áp, dòng điện phụ tải phía thứ cấp, cấp chính xác, kiểu loại. Máy biến dòng được kiểm tra theo các điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua. Cụ thể :

– Theo điện áp định mức : $U_{đm.BI} \geq U_{đm.mạng}$

– Theo dòng điện sơ cấp định mức : $I_{1đmBI} \geq I_{lvmax}$

– Theo phụ tải định mức ở phía thứ cấp : $S_{2đmBI}$

$$S_{2đmBI} \geq S_{2tt}, \qquad (8\text{-}46)$$

Ở đây : $S_{2đm.BI}$ – là phụ tải định mức của cuộn dây thứ cấp của máy biến dòng điện, tính bằng VA.

S_{tt} – là phụ tải tính toán của cuộn dây thứ cấp của máy biến dòng trong tình trạng làm việc bình thường, tính bằng VA.

$$S_{2dmBI} = I_{2dm}^2 . Z_{2dm} \quad (8\text{-}47)$$

Với : I_{2dm} – dòng điện định mức của cuộn dây thứ cấp BI

Z_{2dm} – điện trở cho phép toàn phần của mạch ngoài, xác định như sau :

$$z_{2dm} \approx \Sigma r_{dc} + r_{dd} + r_{tx} \quad (8\text{-}48)$$

Ở đây Σr_{dc} – tổng điện trở các cuộn dây của các dụng cụ đo và rơle

r_{dd} – điện trở dây dẫn nối từ thứ cấp của BI đến các dụng cụ đo.

r_{tx} – điện trở của các chỗ tiếp xúc (thường lấy bằng 0,05 ÷ 0,1 Ω).

Tiết diện bé nhất của dây dẫn : $F_{min} = \rho . \frac{l_{tt}}{r_{dd}}$, (8-49)

Với ρ – điện trở suất của dây dẫn; đối với đồng $\rho_{cu} = 0,0175$ và nhôm $\rho_{Al} = 0,0283$

l_{tt} – chiều dài tính toán của dây dẫn từ nơi đặt máy biến dòng điện đến các dụng cụ đo. Nó được xác định tùy theo sơ đồ nối dây. Cụ thể như sau :

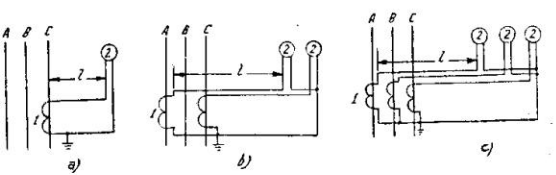
– với sơ đồ hình sao hoàn toàn $l_{tt} = l$

– với sơ đồ hình sao không hoàn toàn $l_{tt} = \sqrt{3}.l$

– khi dùng một máy biến dòng $l_{tt} = 2l$

Ở đây : l là chiều dài dây dẫn nối từ máy biến dòng điện đến các dụng cụ đo. Để đảm bảo độ bền cơ học, người ta qui định tiết diện bé nhất của mạch thứ cấp máy biến dòng là 2,5mm^2 đối với dây dẫn nhôm và 1,5mm^2 đối với dây dẫn đồng.

Hình 8-31. Trình bày các phương án nối máy biến dòng với các dụng cụ đo.



Hình 8-31. Các phương án nối máy biến dòng với các dụng cụ đo.
a) $I_{tt} = 2I$ – chỉ dùng một máy biến dòng
b) $I_{tt} = \sqrt{3}.I$ – máy biến dòng nối theo hình sao không hoàn toàn
c) $I_{tt} = I$ – máy biến dòng nối hình sao.

Khi cần chọn máy biến dòng điện thì ta căn cứ vào vị trí đặt, điện áp định mức của mạng điện, dòng điện làm việc lớn nhất, cấp chính xác cần thiết sau đó chọn một máy biến dòng nào đó. Kế tiếp, dựa vào sơ đồ nối dây và các dụng cụ đo mắc vào thứ cấp của máy biến dòng mà kiểm tra xem phụ tải thứ cấp có vượt quá phụ tải thứ cấp định mức không, cuối cùng kiểm tra ổn định động và ổn định nhiệt khi có dòng điện ngắn mạch đi qua.

Lực điện động của máy biến dòng điện được đặc trưng bởi hệ số ổn định lực điện động trong : $k_đ$:

$$k_d \geq \frac{i_{xk}}{\sqrt{2} I_{1dmBI}}, \quad (8\text{-}50)$$

Hệ số này do nhà máy chế tạo qui định.

Lực cho phép tác dụng lên đầu sứ của máy biến dòng do nhà chế tạo cho. Lực này phải được kiểm tra thỏa mãn lực tác dụng lên đầu sứ của máy biến dòng khi có ngắn mạch, tức là :

$$F_{cp} \geq F_{tt} = 0{,}88 \cdot 10^{-2} i_{xk}^2 \frac{l}{a} [kG], \quad (8\text{-}51)$$

Ở đây : a – khoảng cách giữa các pha, [cm]

l – là khoảng cách từ máy biến dòng điện đến sứ đỡ gần nhất, [cm].

Ổn định nhiệt của máy biến dòng điện được đặc trưng bởi hệ số ổn định nhiệt $k_{ôđn}$: và được kiểm tra như sau :

$$k_{ôđn} = \frac{I_\infty \sqrt{t_{gt}}}{I_{1đmBI} \sqrt{t_{ôđn}}}, \quad (8\text{-}52)$$

Tóm lại, ta có thể chọn và kiểm tra máy biến dòng điện theo bảng sau : (Bảng 8-9).

Bảng 8-9.

Thứ tự	Đại lượng chọn và kiểm tra	Ký hiệu	Công thức tính toán
1	Điện áp định mức, [KV]	$U_{đmBI}$	$U_{đmBI} \geq U_{đmmang}$
2	Dòng điện sơ cấp định mức, [A]	$I_{1đmBI}$	$I_{1đmBI} \geq I_{lvmax}$
3	Phụ tải định mức của cuộn thứ cấp, [VA]	$S_{2đm}$	$S_{2đmBI} \geq S_{2tt}$
4	Hệ số ổn định lực điện động trong	$k_đ$	$k_đ \geq \frac{i_{xk}}{\sqrt{2} I_{1đmBI}}$
5	Lực tác dụng cho phép lên đầu sứ, kG	F_{cp}	$F_{cp} \geq 0{,}88.10^{-2} i_{xk}^2 \frac{l}{a}$,[KG]
6	Hệ số ổn định nhiệt	$k_{ôđn}$	$k_{ôđn} \geq \frac{I_\infty \sqrt{t_{gt}}}{I_{1đmBI} \sqrt{t_{ôđn}^2}}$

Chú ý : i_{xk} – dòng điện ngắn mạch xung kích, [KA]

I_∞ – dòng điện ngắn mạch ổn định, [KA]

t_{gt} – thời gian giả thiết (thời gian quy đổi)

a – khoảng cách giữa các pha [cm]

l – khoảng cách từ máy biến dòng điện đến sứ đỡ gần nhất, [cm].

8.12. Lựa chọn và kiểm tra máy biến điện áp.

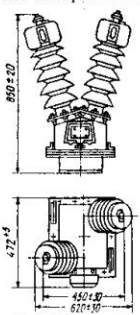
Máy biến điện áp có nhiệm vụ biến đổi điện áp từ trị số cao xuống trị số thấp phục vụ cho đo lường, bảo vệ rơle và tự động hóa. Điện áp thứ cấp của máy biến điện áp 100V hay $100/\sqrt{3}$V không kể điện áp sơ cấp định mức là bao nhiêu.

Nguyên lý làm việc của máy biến điện áp cũng tương tự như máy biến áp điện lực thông thường, chỉ khác là công suất của nó rất nhỏ chỉ hàng chục đến hàng trăm VA. Đồng thời tổng trở mạch ngoài của thứ cấp máy biến điện áp rất lớn, do đó có thể xem như máy biến điện áp thường xuyên làm việc không tải.

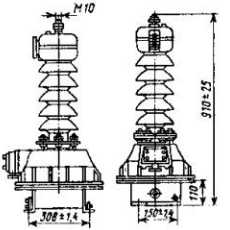
Máy biến điện áp thường được chế tạo thành loại một pha, ba pha hoặc ba pha năm trụ, cấp điện áp 6, 10, 35, 110, 220 KV v.v... (hình 8-32; 8-33; 8-34), có loại có dầu và loại khô. Để kiểm tra cách điện của mạng 6 – 10 KV (trung tính không nối đất) người ta thường dùng loại máy biến áp đo lường ba pha năm trụ với cách nối dây $Y/Y_o/\Delta$. Phía thứ cấp của máy có hai dây quấn đấu sao và tam giác hở. Khi xảy ra ngắn mạch không đối xứng (một pha, hai pha) ở hai đầu dây quấn tam giác hở xuất hiện điện áp, nhờ đó ta có thể kiểm tra được tình trạng cách điện của mạng.

Máy biến áp đo lường được chọn theo điện áp (sơ cấp), cấp chính xác, phụ tải thứ cấp và kiểu loại.

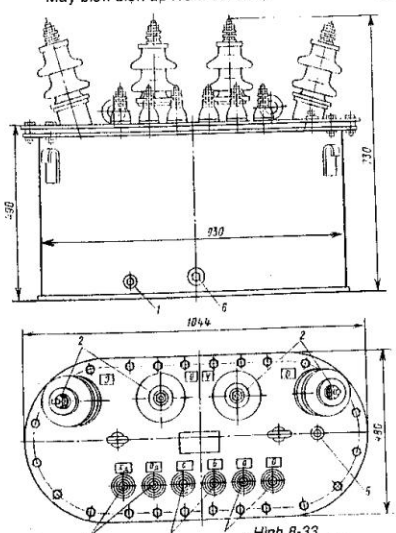
Bảng 8-10 cho ta cấp chính xác và phạm vi sử dụng của máy biến dòng và máy biến áp đo lường.



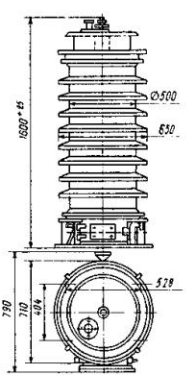
Hình 8-32a
Máy biến điện áp HOM-35-66Y1.



Hình 8-32b
Máy biến điện áp 3HOM-35-65Y1.



Hình 8-33
Máy biến áp đo lường loại HTMN-18.



Hình 8-34
Máy biến điện áp HKΦ-110-57Y1

Máy biến áp đo lường thường được bảo vệ bằng cầu chì (trừ loại với U ≥ 110 KV), nên không cần kiểm tra nó theo điều kiện ngắn mạch (tức là theo điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt).

Tùy theo nhiệm vụ thiết kế mà chọn sơ đồ nối dây cho phù hợp. Thông thường khi chọn máy biến điện áp đo lường thì chúng ta dựa vào vị trí đặt điện áp lưới điện, cấp chính xác theo yêu cầu mà chọn một máy biến điện áp nào đó; sau đó ta kiểm tra xem phụ tải thứ cấp của nó có vượt quá công suất định mức hay không.

Phụ tải thứ cấp của máy biến điện áp được tính như sau :

$$S_{2tt} = \sqrt{(\Sigma P_{dc}^2) + (\Sigma Q_{dc}^2)} \qquad (8\text{-}53)$$

Ở đây $\Sigma P_{dc} = \Sigma S_{dc} . \cos\varphi_{dc}$ – là tổng công suất tác dụng của các dụng cụ nối vào thứ cấp.

$\Sigma Q_{dc} = \Sigma S_{dc} \sin\varphi_{dc}$ là tổng công suất phản kháng của các dụng cụ nối vào mạch thứ cấp.

Điều kiện để kiểm tra là :

$$S_{2tt} \leq S_{2dm} \qquad (8\text{-}54)$$

Với S_{2dm} là công suất định mức của máy biến điện áp.

Tiết diện dây dẫn từ máy biến điện áp đến các dụng cụ phải chọn sao cho tổn thất điện áp trong mạch không lớn hơn 0,5% điện áp định mức. Theo điều kiện độ bền cơ học thì tiết diện này không được bé hơn 1,5mm^2 đối với dây đồng và 2,5mm^2 đối với dây nhôm.

Bảng 8-10.

Cấp chính xác	Máy biến dòng đo lường			Máy biến điện áp đo lường		Phạm vi sử dụng
	$\frac{I_1}{I_{1dm}}$ %	Sai số lớn nhất		Sai số lớn nhất		
		Về dòng điện [%]	Về góc [phút]	Về điện áp [%]	Về góc [phút]	
0,2	100 ÷ 120	± 0,2	± 10	± 0,2	± 10	Dùng trong đo lường chính xác, trong thí nghiệm v.v...
	20	± 0,35	± 15			
	10	± 0,5	± 20			
0,5	100 ÷ 120	± 0,5	± 40	± 0,5	± 20	Các dụng cụ đo và rơle ở nhà máy điện và trạm biến áp, trong đó dụng cụ đo điện năng nên dùng cấp 0,5.
	20	± 0,75	± 50			
	10	± 1,0	± 60			
1	100 ÷ 120	± 1,0	± 180	± 1,0	± 40	
	20	± 1,5	± 100			
	10	± 2,0	± 120			
3,0	120 ÷ 500	± 3,0	không qui định	± 3,0	không qui định	Rơle thông thường và đồng hồ chỉ thị
10,0	50 – 120	± 10,0				

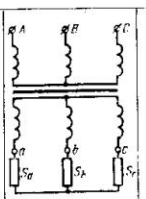
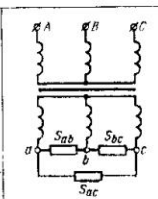
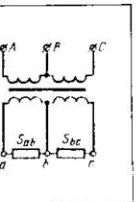
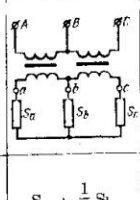
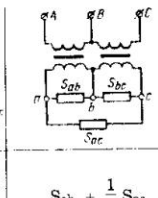
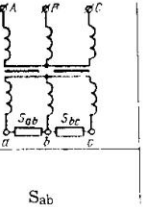
Các điều kiện chọn máy biến áp đo lường được ghi ở bảng 8-11.

Bảng 8-11.

Đại lượng được chọn	Ký hiệu	Công thức chọn
Điện áp định mức (sơ cấp) Phụ tải một pha, VA Sai số cho phép	U_{1dm} S_{2dmfa} [N%]	$U_{1dm} \geq U_{dm}$ mạng $S_{2dmfa} > S_{2ttpha}$ $N\% \leq [N\%]$

Bảng 8-12. Cho sơ đồ đấu dây và các công thức tính phụ tải phía thứ cấp của máy biến điện áp.

Bảng 8-12.

Các sơ đồ nối phụ tải khi máy biến điện áp được đấu Y/Y				
Công thức tính phụ tải S_2	Pha a	S_a	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{ac})$	$\frac{1}{2} S_{ab}$
	Pha b	S_b	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{bc})$	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{bc})$
	Pha c	S_c	$\frac{1}{2}(S_{bc} + S_{ac})$	$\frac{1}{2} S_{bc}$
Các sơ đồ nối phụ tải khi máy biến điện áp được đấu V/V (tam giác hở)				
	Pha ab	$S_a + \frac{1}{2} S_b$	$S_{ab} + \frac{1}{2} S_{ac}$	S_{ab}
	Pha bc	$S_c + \frac{1}{2} S_b$	$S_{bc} + \frac{1}{2} S_{ac}$	S_{bc}

8-13. Lựa chọn và kiểm tra thiết bị điện có điện áp đến 1000 V.

Các thiết bị điện dùng ở mạng điện áp thấp (U < 1000 V) như cầu dao, áp tô mát, công tắc tơ, cầu chì v.v... đều được chọn theo điều kiện điện áp định mức, dòng điện định mức. Những thiết bị cắt được dòng điện ngắn mạch như áp tô mát, cầu chì thì phải được kiểm tra thêm theo điều kiện công suất cắt. Nói chung, các thiết bị điện hạ áp đều được thiết kế ở mức chịu được lực điện động và hiệu ứng nhiệt do dòng điện ngắn mạch gây ra khi máy biến áp phân xưởng có công suất S ≤ 1000 KVA. Do vậy, không cần phải kiểm tra chúng theo hai điều kiện đó nữa. Nếu công suất máy biến áp phân xưởng S > 1000 KVA thì cần có biện pháp hạn chế dòng điện ngắn mạch như đặt thêm điện kháng...

8.14. Các bài toán ứng dụng.

Bài toán 8-1

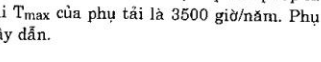
Một dây trên không, dùng dây nhôm, các pha đặt trên ba đỉnh của tam giác đều cạnh 1m, cung cấp điện cho hai phụ tải a, b điện áp 10 KV. Tổn thất điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 5\%$. Thời gian sử dụng công suất cực đại T_{max} của phụ tải là 3500 giờ/năm. Phụ tải cho trên hình 8-35. Hãy xác định tiết diện dây dẫn.

Bài giải :

Dòng điện trên các đoạn oa và ab là :

$$I_{oa} = \frac{S_{oa}}{\sqrt{3}\,U_{dm}} = \frac{1000 + 600}{\sqrt{3}\,.\,10} = 92{,}5A$$

$$I_{ab} = \frac{600}{\sqrt{3}\,.\,10} = 34{,}6A$$



Hình 8-35
Ví dụ. bài toán 8-1

Ta lấy $x_0 = 0{,}4\Omega/Km$, hãy tìm $\Delta U''$

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^{n} q_i L_i}{U_{dm}} = \frac{0{,}4(710\,.\,2 + 262\,.\,6)}{10} = 120\ V$$

với $q_b = S_b \sin\varphi_b = 600\,.\,0{,}435 = 262\,.\,KVAR$

$q_a = S_a \sin\varphi_a = 1000\,.\,0{,}71 = 710\,.\,KVAR$

Tổn thất điện áp do phụ tải tác dụng và điện trở gây ra :

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 10.000\,.\,\frac{5}{100} - 120 = 380\ V$$

Ta hãy tính mật độ dòng điện không đổ trên đường dây ob là : (công thức 8-34).

$$J = \frac{\gamma\,.\,\Delta U'}{\sqrt{3}\sum_{i=1}^{n} l_i \cos\varphi_i} = \frac{31{,}5\,.\,380}{\sqrt{3}\,(4\,.\,0{,}9 + 2\,.\,0{,}7)} = 1{,}35A/mm^2$$

Ứng với T_{max} = 3500 giờ/năm, dây dẫn nhôm, tra bảng 8-6 ta có mật độ dòng điện kinh tế là : $J_{kt} = 1{,}1A/mm^2$.

Ở đây J = 1,35A/mm^2 > J_{kt} = 1,1A/mm^2 nên ta dùng J_{kt} để chọn tiết diện dây dẫn.

Tiết diện đoạn dây *oa* :

$$F_{oa} = \frac{I_{oa}}{J_{kt}} = \frac{92,5}{1,1} = 84mm^2$$

Tra bảng, ta chọn dây tiêu chuẩn A - 95

Tiết diện đoạn dây *ab* :

$$F_{ab} = \frac{I_{ab}}{J_{kt}} = \frac{34,6}{1,1} = 31,4mm^2.$$

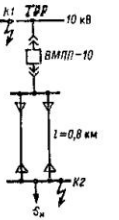
Tra bảng, ta chọn dây tiêu chuẩn A.35

Trường hợp này ta không cần kiểm tra lại tổn thất điện áp vì khi chọn tiết diện dây ta đã tính theo $J_{kt} < J_{tính\ toán}$ (theo công thức 8-34).

Bài toán 8-2 : Hãy xác định tiết diện của dây cáp để nối trạm biến áp với phân xưởng có công suất 1000 KVA. Thời gian sử dụng công suất cực đại là T_{max} = 5500 giờ/năm (Hình 8-36). Đường dây cáp được đặt ngầm trong đất với nhiệt độ của đất + 20^{0}C và với khoảng cách 100 mm. Trên thanh cái 10 KV của trạm, dòng điện ngắn mạch là 9,5 KA. Thời gian tác động của bảo vệ bằng rơle là 1,2 gy, thời gian cắt hoàn toàn của máy cắt là 0,12 gy.

Bài giải :

Chúng ta hãy xác định dòng điện ở chế độ lâu dài cho phép của cáp



Hình 8-36.
Dùng cho bài toán 8-2

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{n\sqrt{3}\ U_{dm}},$$

Ở đây 2 đường cáp song song nên n = 2

$$I_{dm} = \frac{1000}{2\sqrt{3}\ .\ 10} = 28,9\ A$$

$$I_{lvmax} = \frac{S_{dm}}{(m-1)\sqrt{3}\ U_{dm}} = \frac{1000}{1\sqrt{3}\ .\ 10} = 57,8\ A.$$

Tiết diện của cáp chọn theo mật độ dòng điện kinh tế (công thức (8-18).

$$S = \frac{I_{bt}}{J_{kt}} = \frac{28,9}{1,2}.$$

Ở đây J_{kt} chọn theo bảng 8-6 ứng với T_{max} = 5500 giờ với cáp cách điện bằng giấy và dây dẫn bọc cao su và lõi nhôm J_{kt} = 1,2.

Tra bảng ở sổ tay của cáp, ta được loại AAБ3 lõi (3 × 25)mm^2 có dòng điện lâu dài cho phép I_{ld}= 90 A. Hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ của đất k_3 = 0,94; hệ số hiệu chỉnh theo số lượng của cáp (tra ở sổ tay) k_2 = 0,9. Do vậy, theo (8-20) ta tính được : $I_{ld'}$ = I_{cp} = 0,94 . 0,90 . 90 = 76,14 A.

(Ở đây : $k_1 = 1$).

Chúng ta thấy $I_{cp} > I_{Ivmax} = 57,8$ A.

Do vậy, cáp thỏa mãn điều kiện phát nóng ở chế độ làm việc lâu dài.

Sự ổn định nhiệt của đường dây cáp nối song song sẽ kiểm tra theo ngắn mạch ở K_2. Vậy chúng ta hãy tính dòng ngắn mạch ở K_2.

Điện trở đến thanh cái 10 KV của trạm biến áp theo điểm ngắn mạch đã cho K_1 có dòng điện ngắn mạch $I''_{k1} = 9,5$KA.

$$x_{\text{hệ thống}} = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}\, I''_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}\,.\,9,5} = 0,64\Omega$$

Tra sổ tay ứng với cáp AAБ. $3 \times 25mm^2$ ta có :

$r_0 = 1,25\Omega$/km và $x_0 = 0,099\Omega$/km

Do đó điện trở và điện kháng của cáp khi chiều dài l = 0,8 km là :

$x_{cáp} = x_0\, l = 0,099\,.\,0,8 = 0,079\Omega$

$r_{cáp} = r_0\, l = 1,25\,.\,0,8 = 1,0\Omega$

Điện kháng và điện trở tổng đến điểm ngắn mạch K_2 là :

$$x_{\Sigma} = x_{\text{hệ thống}} + \frac{x_{cáp}}{2} = 0,64 + \frac{0,079}{2} = 0,68\Omega$$

$$r_{\Sigma} = \frac{r_{cáp}}{2} = \frac{1,0}{2} = 0,5\Omega$$

Vậy dòng điện ngắn mạch ở điểm K_2

$$I''_{K2} = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}\,\sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}\,.\,\sqrt{0,68^2 + 0,5^2}} = 7,2 \text{ KA}.$$

Trên một đường dây cáp sẽ cho phân nửa dòng điện ngắn mạch có giá trị là : 7,2/2 = 3,6 KA đi qua.

Vậy xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch :

$$B_N = I''^2\,(t_N + T_a) = 3,6^2\,(1,2 + 0,12 + 0,01) = 17,2\ KA^2\,.\,gy$$

Ở đây $t_N = 1,2 + 0,12$ gy và $T_a = 0,01$ gy

Vậy tiết diện bé nhất S_{min} theo điều kiện kiểm tra ổn định nhiệt là :

$$S_{min} = \frac{\sqrt{BN}}{C_T} = \frac{\sqrt{17,2.10^6}}{85} = 48mm^2$$

(với C_T tra bảng trị số C_T ở tiết 8.2.2 ta được $C_T = 85$).

Ta thấy $S_{min} = 48mm^2$ lớn hơn tiết diện đã chọn trước đây là $25mm^2$. Do vậy, để thỏa mãn được điều kiện xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch, ta sẽ chọn tiết diện tăng lên (so với $25mm^2$). Ở đây đối chiếu với S_{min} tính được ở trên, ta chọn theo bảng tiêu chuẩn lấy cáp : AAБ $3 \times 50mm^2$. Hoặc chúng ta cũng có thể dùng tiết diện dây cáp đã

chọn trước dây là 3 × 25mm^2 nhưng đặt cuộn kháng trên thanh cái 10 KV của trạm biến áp.

Bài toán 8-3.

Hãy chọn dao cách ly QS1, máy cắt điện Q, máy biến dòng TA và máy biến điện áp đo lường TU ở khía 10 KV của trạm (hình 8-37). Phụ tải đường dây I_{bth} = 250 A, I_{lvmax} = 400 A. Dòng điện ngắn mạch I" = 9,5 KA; i_{xk} = 22 KA, thời gian tác động của bảo vệ 1,2 gy; thời gian cắt máy là 0,12gy.

Chiều dài của dây dẫn nối từ máy biến dòng đến dụng cụ đo là 6m. Sáu cuộn dây của công tơ đếm của sáu đường dây và hai vôn kế của thanh góp được nối đến máy biến điện áp đo lường. Các công tơ đếm này dùng để tính tiền.

Bài giải.

Từ sổ tay tra cứu, chúng ta giả thiết rằng chúng ta chọn máy cắt điện BM П П – 10, dao cách ly PB3 = 10 và máy biến dòng ТПМ – 10 – 400.

Tất cả những số liệu kỹ thuật của các thiết bị trên, chúng ta tập hợp vào bảng 8-13 sau đây :

Để kiểm tra máy biến dòng đối với phụ tải thứ cấp, chúng ta hãy tính phụ tải của các dụng cụ đo (bảng 8-14).

Từ bảng 8-14, ta thấy phụ tải pha A là lớn nhất (5,5VA) do đó, điện trở của dụng cụ :

$$\sum r_{dc} = \frac{S_{dc}}{I^2_{2dm}} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22\Omega$$

Ở đây, dụng cụ đo có dòng điện định mức là I_{2dm} = 5A. Điện trở của dây dẫn nối từ thứ cấp của BI đến các dụng cụ đo :

$$r_{dd} = r_{2dm} - \sum r_{dc} - r_{tx}$$

Ở đây r_{2dm} – phụ tải định mức cho phép toàn phần của mạch ngoài của máy biến dòng ở cấp chính xác được chọn.

r_{tx} – điện trở các chỗ tiếp xúc (ta lấy r_{tx} = 0,05Ω)

Đối với máy biến dòng ТПМ-10-400, ở cấp chính xác 0,5 ta tra sổ tay tra cứu được r_{2dm} = 0,4Ω.

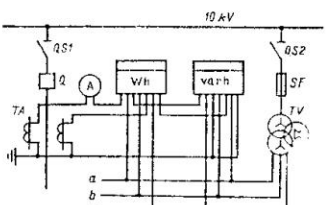
Vậy :

$$r_{dd} = 0,4 - 0,22 - 0,05 = 0,13\Omega$$

Tiết diện bé nhất của dây dẫn (công thức 8-49)

$$F_{min} = \rho \cdot \frac{l_{tt}}{r_{dd}} = \frac{0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 6}{0,13} = 2,25mm^2$$

(Ở đây, đối với nhôm $\rho_A l$ = 0,0283; $l_{tt} = \sqrt{3} \cdot l$: vì máy biến dòng nối theo hình sao không hoàn toàn như hình 8-37).



Hình 8-37. Dùng cho bài toán 8-3

Theo qui định, chúng ta nhận được tiết diện bé nhất của mạch thứ cấp máy biến dòng (để đảm bảo sức bền cơ học) là 2,5 mm^2 đối với nhôm. Vậy ở đây lấy nhôm có tiết diện lõi là 2,5 mm^2.

Bảng 8-13. **So sánh các số liệu tính toán và số liệu cho ở lý lịch thiết bị dụng cụ.**

Số liệu tính toán		Số liệu cho ở lý lịch	
	Máy cắt điện BMПЛ-10	Dao cách ly PB3-10	Máy biến dòng TЛM.10
$U_{mạng}$: 10 KV I_{lvmax} = 400 A I'' = 9,6 KA i_{kk} = 22KA $B_N = I''^2_{\infty} (t_N + T_a)$ = = $9,5^2(1,2 + 0,12 + 0,01)$ = $9,5^2$. 1,33 = 120 kA^2gy	U_{dm} = 10 KV I_{dm} = 630 A $I_{dm\ cắt}$ = 20 KA i_{max} hay $i_{dmđ}$ là : 52 KA $I^2_{dmnh} . t_{dmnh}$ = 20^2 . 4 = 1600 kA^2gy	U_{dm} = 10 KV I_{dm} = 630 A i_{max} hay $i_{dmđ}$ là 52 KA $I^2_{dmnh} . t_{dmnh}$ = 20^2 . 4 = 1600 kA^2 gy	U_{dm} = 10 KV I_{1dm} = 400 A $I_{dmđ}$ = 100 KA $I^2_{dmnh} . t_{dmnh}$ $18,4^2$. 3 = 1015 A^2 gy

Bảng 8-14. **Phụ tải thứ cấp của máy biến dòng (ví dụ 8-3)**

Dụng cụ đo	loại	Phụ tải ở pha, tính [VA]	
		A	C
Ampe-kế	Э-350	0,5	–
Công tơ đo điện năng tác dụng wh	CA4-u681	2,5	2,5
Công tơ đo điện năng phản kháng VARh	CP4-u689	2,5	2,5
		5,5	5,0

Chúng ta hãy chọn máy biến điện áp đo lường loại 3HOЛ 09,

$U_{1dm} = 10/\sqrt{3}$, S_{2dm} = 75 VA, ở cấp chính xác 0,5

Hai vôn kế (loại Э335, S_2 = 2VA) và sáu cuộn dây của công tơ đếm điện năng tác dụng và phản kháng được nối đến máy biến điện áp đo lường. (Có S_2 = 2.2,0 W, cos φ = 0,38). Phụ tải của những dụng cụ này.

$$P_{dụng\ cụ} = 2 . 2,0 + 6 . 4 + 6 . 4 = 52\ W$$

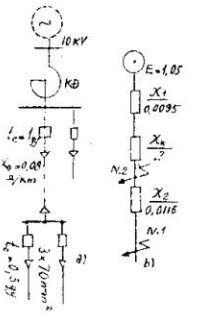
$$Q_{dụng\ cụ} = P_{dụng\ cụ} . tg\varphi = 6.4 . 2,43 + 6.4 . 2,43 = 116,64\ VAR$$

$$S_{dụng\ cụ} = \sqrt{Q^2_{dụng\ cụ} + P^2_{dụng\ cụ}} = \sqrt{116,6^2 + 52^2} = 127VA$$

Rõ ràng công suất này bé hơn công suất của ba máy biến điện áp đo lường một pha (3.75 VA = 225 VA).

Bài toán 8-4. Chọn kháng điện đường dây K (hình 8-38) để hạn chế dòng điện ngắn mạch tại hộ tiêu thụ đến mức có thể đạt được máy cắt điện loại BMЛ-10 và cáp tiết diện

nhỏ nhất 70 mm^2 (cáp nhôm). Dòng điện làm việc tính toán của kháng điện là 600 A. Chiều dài đường dây cáp của lưới điện cung cấp là 1,4 km. Thời gian cắt mạch của lưới điện phân phối của các hộ tiêu thụ là 0,5 gy, và của lưới điện cung cấp là 1 giây. Công suất ngắn mạch trên thanh cái là 1100 MVA.



Hình 8-38
Dùng cho ví dụ bài toán 8-4

Bài giải : Dựa vào điện áp 10 KV và dòng điện định mức 600 A, ta chọn điện kháng loại PbA.

Dòng điện ngắn mạch trong lưới phân phối của hộ tiêu thụ không được vượt quá :

– Dòng điện cắt của máy cắt điện loại BMJ-10 bằng 20KA (tra sổ tay tra cứu). Dòng điện ổn định nhiệt của cáp tiết diện 70mm^2.

Từ công thức kiểm tra ổn định nhiệt căn cứ vào tiết diện bé nhất ta có :

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C_T}$$

Với $B_N = I''^2 (t_N + T_a)$

Vậy

$$I'' = \frac{S_{min}\, C_T}{\sqrt{t_N + T_a}} = \frac{70 \cdot 85}{\sqrt{0,5 + 0,01}} = 8,4kA$$

(Ở đây C_T tra bảng trị số C_T ta được đối với cáp 10KV, lõi nhôm cách điện giấy là $C_T = 85$).

Do đó dòng điện ngắn mạch tính toán cho phép tại hộ tiêu thụ lấy bằng 8,4KA.

Chọn điện áp cơ bản U_{cb} = 10 KV, dòng điện cơ bản I_{cb} = 0,6 KA và trên cơ sở sơ đồ thay thế (hình 8-38b) ta hãy tính các thành phần sau :

Điện áp trên thanh cái của nguồn công suất vô cùng lớn

$$E = \frac{U}{U_{cb}} = \frac{10,5}{10} = 1,05$$

Điện kháng của hệ thống x_1

$$x_1 = \frac{S_{cb}}{S_N} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,6}{1100} = 0,0095$$

Điện kháng của cáp x_2

$$x_2 = x_0\, l \cdot \frac{\sqrt{3}\, I_{cb}}{U_{cb}} = 0,08 \cdot 1,4 \frac{\sqrt{3} \cdot 0,6}{10} = 0,0116$$

Điện kháng tổng hợp từ nguồn tính đến điểm ngắn mạch N-1 là

$$x_{\Sigma} = \frac{I_{cb}}{I''} = 0,0714$$

Điện kháng của cuộn điện kháng x_k là

$$x_k = x_{\Sigma} - x_1 - x_2 = 0,0714 - 0,0095 - 0,0116 = 0,0503$$

Ta chọn x_k % = 5%, do đó chọn loại PБA – 10-600 – 5, tổn hao công suất tác dụng định mức trong một pha của cuộn điện kháng là 4P Φ = 5,1 KW.

Để kiểm tra cuộn điện kháng về phương diện ổn định, ta cần tính dòng điện ngắn mạch sau cuộn kháng (điểm ngắn mạch N-2).

$$I_{N-2} = \frac{E.\ I_{cb}}{x_1 + x_k} = \frac{1,05\ .\ 0,6}{0,0095 + 0,05} = 10,58KA.$$

Hằng số thời gian tắt dần của thành phần dòng điện không chu kỳ T_a khi ngắn mạch sau kháng điện xác định như sau :

$$T_a = \frac{x_1 + x_k}{\omega\ (r_1 + r_2)} = \frac{0,0095 + 0,05}{314\ (0 + 0,00147)} = 0,127 \text{ giây}$$

(Với $r_2 = \frac{\sqrt{3}\ .\ \Delta P}{U_{dm}\ I_{dm}} = \frac{\sqrt{3}\ .\ 5,1}{10.600} = 0,00147$; r_1 = điện trở của hệ thống, $r_1 = 0$).

Hệ số xung kích k_{xk} là :

$$k_{xk} = 1 + e^{0,01/0,127} = 1,92$$

Hãy kiểm tra ổn định của cuộn điện kháng khi ngắn mạch

α)– Ổn định động

$i_{xk} = k_{xk}\ \sqrt{2}\ I_{N-2} = 1,92\ .\ \sqrt{2}\ .\ 10,58 = 28,74$ KA

$i_{xk} = 28,74$ KA < $i_{\delta dd}$ tra ở sổ tay tra cứu loại PБA – 10-600 – 5 = 30,5 KA.

β) Ổn định nhiệt : theo điều kiện 8-45.

$$\sqrt{B_N} = I_{N2}\ .\ \sqrt{t_N + T_a} = 10,58\ \sqrt{1 + 0,127} = 11,24.\ KA$$

Điều kiện là :

$$I_{\delta dn}.\ \sqrt{t_{\delta dn}} \geq \sqrt{B_N}$$

Giá trị $I_{\delta dn}\ .\sqrt{t_{\delta dn}}$ đối với PБA-10-600-5 tra ở cẩm nang ta được 31 KA.

Vậy ta thấy : $I_{\delta dn}\ .\sqrt{t_{\delta dn}} = 31$ KA $\geq \sqrt{B_N} = 11,24$KA

Cuộn kháng điện thỏa mãn các yêu cầu đặt ra.

Bài toán 8-5 : Tại một trạm phân phối $U_{dm} = 6$ KV có 8 đường dây cáp đi ra. Trên các đường cáp đều đặt ampe kế và công tơ. Ngoài ra ở thanh cái của trạm còn đặt vôn kế để kiểm tra cách điện. Hãy chọn máy biến điện áp đo lường để cung cấp cho các dụng cụ đo đó.

Bài giải : Chúng ta biết chỉ có vôn kế và công tơ mới có cuộn dây điện áp. Ta hãy chọn các loại dụng cụ đo đó :

Dụng cụ đo	Số lượng	Số cuộn dây điện áp của một chỉ số	Công suất tiêu thụ của một cuộn dây
Công tơ	8	2	1,75 VA
Vôn kế	1	1	7,5 VA

Do có yêu cầu kiểm tra cách điện nên ta chọn máy biến áp kiểu 3 pha năm trụ có sơ đồ nối là $\gamma/\gamma/\Delta$. Vôn kế được nối vào cuộn dây tam giác hở. Các cuộn dây điện áp của công tơ được nối vào U_{AB} và U_{BC}. Nhìn bảng 8-12, ta thấy rằng nếu nối các dụng cụ đo vào máy biến áp đo lường như vậy thì phụ tải pha B là lớn nhất.

$$S_{2\text{pha}} = S_B = \frac{1}{2}(S_{AB} + S_{BC}) = \frac{1}{2}(8.\ 1{,}75 + 8.\ 1{,}75)$$

$$S_{2\ \text{pha}} = 14\ \text{VA}$$

Tra sổ tay tra cứu, ta chọn máy biến điện áp đo lường kiểu 3 pha năm trụ là loại HTMN - 6 (hình 8.33) có các tham số sau :

Mã hiệu	$U_{đm}$, [V]		Công suất định mức [VA] khi cấp chính xác			Công suất lớn nhất [VA]	Khối lượng [Kg]
	Sơ cấp	Thứ cấp	0,5	1	3		
HTMN-6	6000	100-100 :3	80	150	320	700	105

Máy biến áp đã chọn có công suất định mức khi cấp chính xác 0,5 là $S_{2đm} = 80$ VA.

Vậy $S_{2đm\ \text{pha}} = \frac{80}{3} = 26{,}6\ \text{VA} > 14\ \text{VA} = S_{2tt\ \text{pha}}$

Vậy máy biến áp đã chọn thỏa mãn điều kiện nêu ở 8-54.

Chương 9

BẢO VỆ RƠLE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

9.1. Những vấn đề cần đề cập trong việc thực hiện bảo vệ hệ thống cung cấp điện

Trong quá trình vận hành hệ thống điện, có thể xuất hiện tình trạng sự cố và chế độ làm việc không bình thường của các phần tử.

Trong phần lớn trường hợp, các sự cố thường kéo theo hiện tượng dòng điện tăng khá cao và điện áp giảm khá thấp.

Các thiết bị có dòng tăng cao chạy qua có thể bị đốt nóng quá mức cho phép và bị hư hỏng. Khi điện áp bị giảm thấp, các hộ tiêu thụ không thể làm việc bình thường và tính ổn định của các máy phát làm việc song song và của toàn thể hệ thống bị giảm.

Các chế độ làm việc không bình thường làm cho điện áp, dòng điện và tần số lệch khỏi giới hạn cho phép và nếu để kéo dài tình trạng này có thể xuất hiện sự cố.

Như vậy, sự cố làm rối loạn sự hoạt động bình thường của hệ thống điện nói chung và của các hộ tiêu thụ điện nói riêng, còn các chế độ làm việc không bình thường có thể tạo nguy cơ xuất hiện sự cố.

Muốn duy trì hoạt động bình thường của hệ thống và của các hộ tiêu thụ khi xuất hiện sự cố, cần phát hiện càng nhanh càng tốt chỗ sự cố và cách ly nó khỏi phần không bị hư hỏng, do đó phần còn lại duy trì được sự hoạt động bình thường, đồng thời giảm được mức độ hư hại của phần bị sự cố.

Thiết bị bảo vệ rơle là loại thiết bị tự động bảo vệ có chức năng thực hiện tốt yêu cầu nêu trên.

Các hệ thống điện hiện đại không thể làm việc bình thường nếu thiếu thiết bị bảo vệ rơle. Bảo vệ rơle theo dõi liên tục tình trạng và chế độ làm việc của tất cả các phần tử của hệ thống điện. Khi xuất hiện sự cố, bảo vệ rơle phát hiện và cắt phần hư hỏng, loại nó ra khỏi mạng điện nhờ các máy cắt điện.

Khi xuất hiện chế độ làm việc không bình thường, bảo vệ sẽ phát hiện và tùy theo yêu cầu có thể tác động để khôi phục chế độ làm việc bình thường của phần tử không bị sự cố hoặc báo tín hiệu cho nhân viên trực biết tình trạng không bình thường trong quá trình vận hành. Bất kỳ sự gián đoạn nào trong quá trình cung cấp năng lượng điện mà chúng ta không dự kiến trước được đều dẫn đến những bất lợi lớn đối với sự làm việc của hộ tiêu thụ và cũng đều dẫn đến những tổn thất nghiêm trọng đối với nền kinh tế quốc gia. Do đó, sự bảo đảm liên tục cung cấp năng lượng điện và sự loại trừ nhanh nhất có thể được các phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống điện để thiết lập trở lại chế độ làm việc bình thường của hệ thống có một vai trò rất quan trọng.

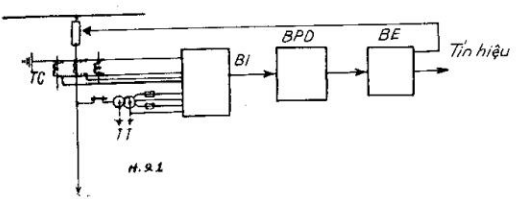
Trong chương này, chúng tôi còn trình bày khái quát những vấn đề liên quan đến điều khiển học trong bảo vệ, và những kết quả đạt được.

9.2. Áp dụng nguyên tắc điều khiển học trong lĩnh vực bảo vệ rơle

Trong thời gian gần đây người ta đã có khả năng tạo một khối lượng lớn thông tin với thời gian rất ngắn đối với chế độ làm việc của trang thiết bị được bảo vệ trong hệ thống cung cấp điện. Những thông tin này được xử lý bằng máy vi tính. Do đó đã tạo nên sự thay đổi quan trọng trong thực hiện của thiết bị bảo vệ. Việc sử dụng máy vi tính trong thiết kế, lập chương trình làm việc của các bộ phận bảo vệ tại những điểm khác nhau trong lưới điện đang là vấn đề thời sự.

Tùy theo kết quả xử lý những thông tin nhận được, bộ phận bảo vệ bằng rơle sẽ thiết lập theo đúng chương trình đã dự kiến trước đó và sẽ tác động lên các phần tử của sơ đồ. Nếu thấy cần thiết theo đúng dự kiến mở máy cắt điện của trang thiết bị được bảo vệ thì bộ phận bảo vệ rơle sẽ truyền lệnh bằng tín hiệu điều khiển mở máy cắt điện. Do sự phức tạp của hệ thống điện được bảo vệ cũng như yêu cầu phải xử lý những thông tin một cách nhanh chóng và tiếp nhận quyết định cắt máy cắt, nên những nguyên tắc điều khiển học đóng vai trò ứng dụng rất quan trọng nhằm bảo đảm sự làm việc tốt nhất của bộ phận bảo vệ.

Tổ hợp của các bộ phận bảo vệ của một trang thiết bị có thể gồm rất nhiều khối phần tử cấu tạo nên. Thật vậy, giả thiết rằng trang thiết bị được bảo vệ là một đường dây điện áp cao, những khối phần tử cấu tạo nên bộ phận bảo vệ được giới thiệu ở hình 9-1.



Hình 9-1

Khối phần tử đi đến BI gồm những phần tử đến - đôi khi có tên là những phần tử nhậy cảm. Chúng nhận được những thông tin về chế độ làm việc của đường dây được bảo vệ từ máy biến dòng TC và từ máy biến điện áp TT. Khối BI có thể gồm : bộ lọc thành phần thứ tự nghịch hay đồng cực, bộ lọc sóng hài bậc cao, hoặc những bộ phận khác đặc trưng cho chế độ vận hành đường dây.

Những giá trị của đại lượng mà khối BI nhận được, được so sánh với những giá trị đã điều chỉnh của các phần tử thành phần của nó. Những giá trị đã điều chỉnh này được thiết lập khi thiết kế bảo vệ.

Những thông tin sau khi so sánh đã có kết quả được truyền đến khối xử lý và quyết định BPD.

Khối BPD đóng vai trò xử lý các thông tin nhận được phù hợp với chương trình đã đưa vào trước đây khi thiết lập sơ đồ nối và khi điều chỉnh các phần tử thành phần của chúng. Nếu cần thiết, BPD sẽ truyền một tín hiệu cho khối chấp hành BE (đôi khi còn gọi là khối ra) để khối này tiến hành thực hiện cắt máy cắt điện và phát một tín hiệu.

Trong trường hợp bảo vệ phức tạp hệ thống điện hiện đại, khối BPD cần phải thực hiện rất nhiều tác động với các mạch logic để thiết lập xem : đường dây được bảo vệ làm

việc ở chế độ không bình thường do một sự cố bên ngoài đường dây hay sự cố đã xảy ra ngay trên đường dây.

Đối với trường hợp đầu tiên, khối BPD sẽ đợi một thời gian ổn định, để cho sự cố bên ngoài được loại khỏi. Sau đó điều khiển sự tác động của khối BE để đánh tín hiệu.

Trong trường hợp thứ hai, khối BPD quyết định cắt nhanh máy cắt điện đường dây và truyền cho khối BE tín hiệu tương ứng.

Để thực hiện những tác động đã nêu trên, khối BPD thông thường gồm các phần tử : dò pha, các phần tử logic và các phần tử thời gian.

Khối chấp hành BE gồm các phần tử của ngõ ra, các phần tử này phải đảm bảo một công suất thỏa mãn để tiến hành điều khiển cắt máy cắt điện và phát tín hiệu.

Hiện nay, các phần tử điện tử đã được sử dụng ở cả ba khối của hệ thống bảo vệ.

Những phương pháp ứng dụng đại số Boole đã được thực hiện và áp dụng trong việc phân tích và thiết kế sơ đồ bảo vệ bằng rơle điện tử. Cùng một lúc với sự thực hiện bảo vệ bằng điện tử, bằng chuyển mạch tĩnh v.v... thì người ta đã sử dụng máy vi tính để xử lý các thông tin. Việc đưa các phương pháp và các phương tiện kỹ thuật của điều khiển học đã mở ra một viễn ảnh rộng lớn trong lĩnh vực phát triển bảo vệ bằng rơle.

9-3. Những kết quả đạt được trong việc thực hiện bảo vệ

Bảo vệ một trang thiết bị điện đòi hỏi phải tiến hành điều khiển tự động tách trang thiết bị bị sự cố ra khỏi phạm vi của lưới điện khi xuất hiện sự cố hay một chế độ không bình thường có nguy cơ làm hỏng thiết bị. Sự ngăn cách trang thiết bị bị sự cố với trang thiết bị còn lại của hệ thống lưới điện cần phải thực hiện trong điều kiện để sao cho có thể ngăn ngừa được sự phát triển của sự cố hay sự hủy diệt trang thiết bị và thiết lập trở lại một chế độ làm việc bình thường đối với hệ thống điện còn lại, đảm bảo liên tục cung cấp cho số lượng các hộ tiêu thụ tối đa có thể được.

Để giải quyết sự cố trong điều kiện tốt nhất, sự làm việc của bảo vệ bằng rơle cần phải thỏa mãn hàng loạt các chỉ tiêu kỹ thuật nhất định.

9.3.1. Những chỉ tiêu kỹ thuật đặt ra đối với sự làm việc của bảo vệ.

- Tính nhanh chóng : Sự chậm trễ trong việc giải quyết ngắn mạch có thể dẫn đến trầm trọng thêm, và làm tăng hiệu quả nguy hiểm dưới tác động nhiệt, hoặc liên quan đến giảm điện áp, làm ảnh hưởng đến tính chất ổn định của hệ thống.

Để tác động nhiệt của dòng điện ngắn mạch không làm ảnh hưởng đến trạng thái còn tốt của dây dẫn, thì tiết diện của dây dẫn phải được kiểm tra ở ổn định nhiệt với biểu thức (8-29) :

$$S_{ổdn} = \frac{I_{\infty}}{K}\sqrt{t_{gt}}$$

Ở đây $S_{ổdn}$ – tiết diện cần thiết trong điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

I_{∞} – Giá trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch trong chế độ ổn định.

t_{gt} – thời gian giả thiết hay gọi là thời gian qui đổi.

K – Hằng số, và $K = \frac{1}{\alpha}$ với α là hệ số nhiệt độ tra ở bảng 8-8

Nếu như ta có :

$$S_{ổdn} > S \qquad (9\text{-}1)$$

(Ở đây S là tiết diện của dây dẫn, kết quả từ tính toán kinh tế kỹ thuật đối với chế độ làm việc bình thường), thì cần thiết phải giảm $S_{đn}$ (từ biểu thức 8-29) đến giá trị S để tiết diện S đảm bảo được ổn định nhiệt khi ngắn mạch. Để được như vậy, ta thấy phải làm sao giảm giá trị thời gian giả thiết (*) (qui đổi) t_{gt} cho đến khi ta nhận được $S_{đn} = S$.

Việc giảm giá trị t_{gt} bao hàm ý nghĩa phải giảm thời gian giải quyết sự cố, tức là đòi hỏi một sự tác động rất nhanh của bảo vệ.

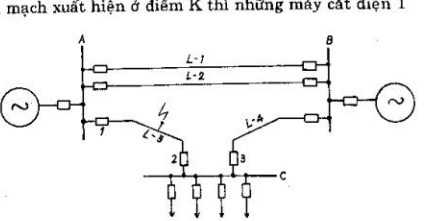
Sự kéo dài thời gian giải quyết sự cố ngắn mạch sẽ dẫn đến điện áp giảm kéo dài, tức là có thể gây nên những khó khăn trong tự khởi động động cơ điện của hộ tiêu thụ hay của tự dùng của các trung tâm điện trong khoảng thời gian bị kéo dài này.

Nếu việc giải quyết ngắn mạch không được thực hiện một cách nhanh chóng, thì tình trạng giảm điện áp sẽ bị kéo dài, do vậy, động cơ điện không đồng bộ sẽ giảm nhanh số vòng quay hoặc bị ngừng hoàn toàn. Còn khi điện áp được phục hồi trở lại thì khó có khả năng tự khởi động : vì rằng dòng điện tự khởi động tăng lên cao, tổn thất điện áp giáng trong mạch cung cấp của động cơ có giá trị lớn, do đó điện áp tại các cực của động cơ trở nên không thỏa mãn để đảm bảo tự khởi động được.

Tính nhanh chóng còn ảnh hưởng đến sự ổn định của hệ thống : nếu sự ngắn mạch được giải quyết càng nhanh chóng thì khả năng duy trì sự ổn định của hệ thống càng đảm bảo.

Theo quan điểm về tính nhanh chóng thì bảo vệ bằng rơle điện tử thực hiện nhanh chóng hơn bảo vệ bằng rơle điện cơ, do vì loại ra được quán tính của những phần tử trong chuyển động. Thời gian tác động riêng của bảo vệ bằng điện tử rất nhỏ. Người ta đã thực hiện rơle điện tử bảo vệ với thời gian tác động 0,6 ms (tính từ lúc đại lượng được kiểm tra đi qua ngưỡng đã được xác định đến lúc truyền tín hiệu mở máy cắt). Giới hạn tối đa của tốc độ đáp ứng trong thực tế tùy thuộc vào chế độ quá độ của máy biến dòng hay của những phần tử khác.

- *Tính lựa chọn* : Việc xử lý tốt nhất đối với tình trạng ngắn mạch bao hàm ý nghĩa là : chỉ ngừng cung cấp điện cho một số lượng tối thiểu các hộ tiêu thụ. Nhằm mục đích đó, bảo vệ phải được lựa chọn và sàng lọc những thiết bị sự cố và chỉ ngắt ra khỏi mạng những thiết bị này. Do vậy chỉ điều khiển mở máy cắt điện ở chỗ hư hỏng gần nhất, còn tất cả những thiết bị khác của hệ thống điện tương ứng phải tiếp tục làm việc. Ví dụ, ở hệ thống điện lực hình 9-2, nếu ngắn mạch xuất hiện ở điểm K thì những máy cắt điện 1 và 3 phải mở ra, do vậy đường dây L.3 sẽ không có dòng điện đi qua, song trạm C vẫn phải được cung cấp điện. Muốn vậy, sơ đồ hình 9-2 *phải đảm bảo được tính lựa chọn* tức là bảo vệ của lưới điện phải tiến hành chỉ điều khiển mở máy cắt điện 1 và 2 mà thôi, còn các máy cắt điện 3 vẫn phải được đóng lại để đường dây L-4 cung cấp điện cho trạm C.



Hình 9-2

---

* thời gian giả thiết hay thời gian quy đổi t_{gt} được hiểu như sau :
Nếu coi dòng điện ngắn mạch của chu kỳ là không đổi theo thời gian và bằng I_{∞}, thì sau thời gian t_{gt} năng lượng do nó tỏa ra bằng năng lượng do dòng điện ngắn mạch chu kỳ thay đổi đúng như thực tế gây ra sau thời gian tồn tại ngắn mạch.

Trong trường hợp bảo vệ phức tạp như : bảo vệ khoảng cách, việc lựa chọn là do khối xử lý và quyết định BPD xác định. Trong trường hợp bảo vệ đơn giản ta có thể có được tính lựa chọn thông qua những phần tử cơ bản (ví dụ như đưa thêm một số mạch trì hoãn vào). Rõ ràng trong những trường hợp như vậy đã hy sinh tính nhanh chóng.

Trong thực tế có nhiều trường hợp cụ thể phải xác định thứ tự ưu tiên quan trọng giữa hai chỉ tiêu kỹ thuật có nhiều mâu thuẫn nhau : tính nhanh chóng và tính chọn lọc. Nếu ta xác định tính nhanh chóng là quan trọng hơn, vậy thì tạm thời ta phải chấp nhận mở máy cắt không chọn lọc. Trong trường hợp này, phải hiệu chỉnh lại sự làm việc nhanh chóng của bộ phận đóng lập lại tự động. Tức là trong một khoảng thời gian rất ngắn, bộ phận đóng lập lại tự động sẽ tiến hành điều khiển tự động để thiết lập sự làm việc trở lại của những thiết bị vừa bị tách ra không chọn lọc. Cuối cùng, chỉ để các thiết bị bị sự cố ngừng hoạt động. Nếu điều kiện nhanh chóng không được ưu tiên hàng đầu thì ta có thể chấp nhận một thời gian trì hoãn nào đó để giải quyết sự cố theo điều kiện chọn lọc.

Bảo vệ bằng điện tử còn có thuận lợi là : cho ta có được một số đường đặc tính tác động, rất cần thiết trong trường hợp bảo vệ phức tạp. Điều này sẽ góp phần vào việc tính toán, đảm bảo tính chọn lọc trong những điều kiện tốt nhất.

- Tính đảm bảo : Tính đảm bảo sự làm việc của bảo vệ là luôn luôn tác động khi cần thiết (đảm bảo tác động) và chỉ khi cần thiết mà thôi (tức là đảm bảo không tác động sai, hoặc tác động không đúng lúc khi không xuất hiện sự cố đối với trang thiết bị được bảo vệ).

Để đạt được tính đảm bảo sự làm việc của bảo vệ thì cần phải có hai điều kiện : bảo vệ phải được thiết kế đúng (theo quan điểm của sơ đồ, của tính toán giá trị điều chỉnh. v.v...) và trang thiết bị kỹ thuật phải có mức độ tin cậy cao.

Vì rằng xác xuất sự cố của trang thiết bị tăng theo số lượng phần tử cấu tạo nên nó, do vậy để đảm bảo kết quả làm việc tốt, yêu cầu chỉ có một số lượng ít các phần tử cấu tạo nên. Từ đây rút ra được giải pháp tốt nhất, trong thiết kế theo quan điểm tính đảm bảo là; nên thiết kế sao cho chỉ dùng với một số lượng tốt thiểu các phần tử cấu tạo mà thôi.

Để đạt được độ tin cậy cao, ta cần sử dụng các phần tử thành phần với chất lượng cao, còn việc vận hành trang thiết bị được bảo vệ phải ở trong những điều kiện tốt nhất.

So với bảo vệ dùng rơle điện cơ, bảo vệ dùng rơle điện tử có tính đảm bảo cao hơn, do vì không có các phần tử chuyển động. Thật vậy, rơle điện tử không có dao động rung nên không con tạo nên những tác động sai như đã xảy ra ở rơle tiếp điểm. Tương tự, so với rơle điện cơ, sự làm việc của rơle điện tử ít chịu ảnh hưởng do va đập cơ khí hay do có bụi trong không khí.

Tuổi thọ có rơle điện tử cao hơn. Số lượng lần tác động chấp nhận được ở rơle điện tử lớn hơn so với rơle điện cơ, đồng thời nhịp điệu tác động cho phép của rơle điện tử cũng lớn hơn, vì vậy sự trở về của rơle điện tử nhanh hơn.

- Độ nhậy : Bảo vệ có độ nhậy càng cao nếu nó tác động ở độ sai lệch càng nhỏ so với giá trị định mức của thông số được kiểm tra (dòng điện, điện áp v.v...). Độ nhậy được đánh giá bằng hệ số độ nhạy. Ví dụ : đối với bảo vệ dòng điện cực đại, bảo vệ sẽ tac động khi tăng dòng điện quá một giá trị đã xác định. Hệ số nhạy $k_{nhạy}$ được xác định bằng biểu thức sau :

$$k_{nhạy} = \frac{I_{ngm\,.\,min}}{I_{kdBv}} \qquad (9\text{-}2)$$

$I_{ngm.min}$: là giá trị hiệu dụng dòng ngắn mạch nhỏ nhất có thể được, ở thời gian bằng với thời gian tác động của bảo vệ.

I_{kdBv} : dòng điện khởi động của bảo vệ (bảo vệ tác động ở dòng điện này).

Đối với những loại bảo vệ khác : hệ số độ nhạy được định nghĩa bằng những quan hệ khác với (9-2). Ví dụ : đối với bảo vệ khoảng cách, hệ số độ nhạy được đặc trưng bởi quan hệ giữa hai tổng trở.

Quy định hiện hành ở đại đa số các nước đề ra những giá trị tối thiểu cho phép đối với hệ số độ nhạy của những loại bảo vệ khác nhau, và với những thiết bị được bảo vệ khác nhau. Giá trị này luôn luôn lớn hơn 1 và thông thường giữa 1, 2 và 2. Từ quan hệ (9-2) ta thấy : để đạt được giá trị của hệ số độ nhạy cao, tức là bảo vệ có độ nhạy cao thì dòng điện khởi động I_{kdBv} không được gần bằng giá trị $I_{ngm.min}$ (vì nếu $I_{kdBv} = I_{ngm.min}$, tức là hệ số độ nhạy không còn lớn hơn 1 đơn vị). Ta thừa nhận sự bảo vệ dòng điện cực đại không xảy ra khi ta có :

$$I_{kdBv} \leq I_{dm} \qquad (9\text{-}3)$$

và cũng không bao giờ thực hiện được khi $I_{kdBv} < I_{pt\ max}$ (9-4). Ở đây I_{dm} và $I_{pt\ max}$ là dòng điện định mức và dòng điện phụ tải lớn nhất ở trang thiết bị được bảo vệ. Vì rằng bảo vệ sẽ không tác động trong chế độ bình thường, chế độ định mức hay chế độ phụ tải max, nên cần thiết phải chấp nhận :

$$I_{kdBv} > I_{pt\ max} \qquad (9\text{-}5)$$

Quan hệ (9-2) và (9-5) cho ta thấy : ta sẽ nhận một độ nhạy cao khi bảo vệ tác động ở sự sai lệch nhỏ của dòng điện có giá trị bình thường (trong chế độ bình thường). Thật vậy : ở (9-2) giá trị của hệ số $k_{nhạy}$ sẽ càng tăng khi dòng điện khởi động I_{kdBv}, sẽ càng nhỏ, còn quan hệ (9-5) chỉ rằng những giá trị nhỏ nhất cho phép đối với dòng điện I_{kdBv} là những giá trị rất gần giá trị dòng điện phụ tải max : ($I_{pt\ max}$) và cao hơn giá trị này một ít. Vậy bảo vệ sẽ tác động ở dòng điện khởi động có giá trị lớn hơn dòng điện phụ tải max ($I_{pt\ max}$) không nhiều.

Để bảo vệ đạt được độ nhạy, thì các rơle cấu tạo nên hệ thống bảo vệ phải tiêu thụ một công suất ít nhất để tác động. Vậy những rơle này phải rất nhạy. Nếu công suất tiêu thụ để tác động của rơle mà lớn thì các rơle sẽ tác động ở độ sai lệch của các thông số kiểm tra lớn (so với giá trị bình thường), do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ giảm.

Các rơle điện tử tiêu thụ công suất rất ít so với các rơle điện cơ, vì vậy nên nó có một độ nhạy rất cao. Độ nhạy của bảo vệ điện tử tăng do vậy rơle điện tử sẽ có một hệ số trở về tốt hơn hệ số trở về của rơle điện cơ (gần 1 đơn vị).

Hệ số trở về biểu thị quan hệ giữa giá trị trở về (giá trị của thông số được kiểm tra mà ở giá trị đó rơle đưa trở về trạng thái nghỉ) và giá trị khởi động (giá trị của thông số được kiểm tra mà ở giá trị đó rơle tác động). Do vậy $K_{tv} = \dfrac{I_{tv}}{I_{kdBv}} < 1$. Ở rơle điện tử, hệ số trở về gần 1 đơn vị. Sự kiện này góp phần đưa đến giảm dòng điện khởi động. Thật vậy, muốn tăng hệ số k_{tv} này đến giá trị gần bằng một đơn vị thì phải giảm dòng điện khởi động của bảo vệ I_{kdBv}, điều này tương ứng với việc tăng hệ số độ nhạy $\left(\text{vì } k_{nhạy} = \dfrac{I_{ngm\ .\ min}}{I_{kdBv}}\right)$.

Kích thước bao bì của rơle điện tử thường chỉ bé bằng 1/3 đến 1/4 so với kích thước bao bì của rơle điện cơ. Từ đây cho thấy việc xử dụng rơle điện tử cho phép giảm một số

lượng quan trọng các bảng gắn các bộ phận bảo vệ. Do vậy, kích thước gian điều khiển trung tâm cũng sẽ giảm.

+ Độc lập đối với các điều kiện vận hành : Bảo vệ trong hệ thống cần phải thiết kế sao cho đảm bảo tác động đúng khi xuất hiện sự cố ở thiết bị được bảo vệ.

Để đảm bảo điều kiện này, thì những giá trị khởi động phải được tính toán đối với các chế độ làm việc *max* và *min* của trang thiết bị được bảo vệ. Như vậy, ta phải kiểm tra sự tác động đúng ở cả hai chế độ trên tức là đảm bảo được yêu cầu độc lập đối với điều kiện vận hành. Rơle điện tử còn có ưu điểm là có một dải giá trị điều chỉnh rộng, đồng thời rất đơn giản đối với bộ phận thực hiện điều chỉnh.

9.3.2. Các yêu cầu khác đặt ra đối với bộ phận bảo vệ.

a) Hiệu quả kinh tế : Khi lựa chọn các giải pháp tốt nhất trong thiết kế bảo vệ bằng rơle, chúng ta không cần chú ý đến yếu tố kinh tế về đầu tư ban đầu vì rằng so sánh với giá đầu tư các trang thiết bị được bảo vệ thì giá đầu tư về thiết bị tác động bảo vệ nhỏ hơn nhiều. Trong tính toán kinh tế, ta cần phải để ý đến những tiêu tốn trong bảo quản, bảo dưỡng và kiểm tra xem xét định kỳ.

Bảo vệ bằng rơle điện tử cần thiết những thao tác về bảo dưỡng rất đơn giản (so với bảo vệ bằng rơle điện từ, vì rằng không cần phải kiểm tra, điều chỉnh, làm sạch hay thay thế một số tiếp điểm. Song trình độ nghiệp vụ của người bảo dưỡng phải cao ở trường hợp bảo vệ bằng rơle điện tử. Công tác bảo dưỡng các thiết bị bảo vệ bằng rơle điện tử thì nhẹ nhàng hơn nhiều, do vì tiến hành công tác này trên mạch in và trên những bản môđun tháo lắp được.

b) Kích thước bao bì giảm : như đã có dịp nêu trên, vấn đề này rất quan trọng trong điều kiện hiện nay, đặc biệt là khi bố trí ở các phòng điều khiển trung tâm.

c) Tính linh hoạt trong sự thay đổi các đặc tính tác động : Bảo vệ điện tử có khả năng thay đổi các đặc tính tác động trong trường hợp bảo vệ phức tạp, đây là một ưu điểm. Điều này sẽ có lợi là cùng một thiết bị bảo vệ ta có thể áp dụng cho những trang thiết bị được bảo vệ khác nhau mà chúng cần những đặc tính tác động khác nhau. Đối với rơle điện cơ, khả năng thay đổi này bị giới hạn. Ví dụ, ở một số loại của bảo vệ khoảng cách qua trung gian của một số bộ chuyển mạch, ta có thể dời chuyển đặc tính vòng tròn. Ở bảo vệ điện tử, khả năng biến đổi các đường đặc tính theo chiều mong muốn thì rất rộng, còn những bộ phận cần thiết phục vụ cho mục đích này thì đơn giản.

d) Tiêu chuẩn hóa các tổ hợp : Ở rơle điện tử, việc tiêu chuẩn hóa có những ưu điểm đáng kể. Thật vậy, khi đó việc lắp ráp và việc kiểm tra các rơle được thực hiện trong những điều kiện tốt hơn, những thao tác bảo dưỡng dễ dàng hơn. Còn khi xảy sự cố thì có thể nhanh chóng thay thế những tổ hợp bị sự cố.

Việc xử dụng các mạch in trên các bảng modun tạo nên tính đảm bảo cao hơn vì loại ra được những sai phạm có thể xảy ra do cáp nối.

Tóm lại, từ phân tích các chỉ tiêu kỹ thuật và các yêu cầu khác đặt ra đối với sự làm việc và thực hiện bảo vệ bằng rơle, ta thấy rằng : bảo vệ bằng điện tử thực hiện với chất bán dẫn (còn có tên bảo vệ tĩnh, tương ứng với chuyển mạch tĩnh vì không có những tiếp điểm cơ khí và những phần tử chuyển động) thỏa mãn những chỉ tiêu kỹ thuật trong điều kiện tốt nhất và trong nhiều trường hợp có nhiều ưu điểm hơn so với rơle điện cơ. Vì thế nó giải thích được tại sao sau này người ta thích dùng bảo vệ bằng rơle điện tử hơn và dần dần nó thay thế rơle điện cơ cổ điển.

9.4. Sơ đồ cấu trúc của bảo vệ. Trong trường hợp bảo vệ đơn giản, nhằm kiểm tra sự thay đổi của một đại lượng nào đó so với một giá trị mốc (giá trị quy chiếu) như là bảo vệ dòng điện, bảo vệ điện áp, được thực hiện với rơle điện cơ, thì người ta dễ dàng dùng sơ đồ điện nguyên tắc để biểu thị sơ đồ (còn gọi là sơ đồ chính) . Điều này thực hiện được vì số lượng mạch và những phần tử cấu tạo nên còn ít nên không cần thiết sơ đồ triển khai.

Trong trường hợp bảo vệ phức tạp, yêu cầu phải so sánh hai đại lượng theo biên độ hay sự lệch pha (như bảo vệ có hướng, so lệch, khoảng cách) và nó sẽ tác động khi kết quả nhận được từ sự so sánh vượt quá một giá trị giới hạn nào đó, tức là sơ đồ có thể biểu thị một mức độ phức tạp cao hơn; đôi khi mỗi một trong hai đại lượng so sánh lại đối chiếu với một tổ hợp của đại lượng khác v.v... Từ đó, khi những bảo vệ phức tạp thực hiện đối với rơle điện cơ, người ta sẽ dùng sơ đồ triển khai để biểu thị. Sơ đồ triển khai này cho phép theo dõi mạch dễ dàng hơn.

Bên cạnh sơ đồ điện nguyên tắc, ở bảo vệ rơle người ta còn sử dụng sơ đồ bố trí và sơ đồ lắp ráp. Ở sơ đồ bố trí, những mối liên quan giữa các phần tử có thể không được phản ánh một cách đầy đủ mà chỉ thể hiện hệ thống bảo vệ của một số nhất định trang thiết bị được bảo vệ bằng cách sử dụng các ký hiệu quy định của nhà nước. Trong các sơ đồ lắp ráp, mối liên quan được thể hiện theo những quy định đã xác lập đối với tất cả những khí cụ và trang thiết bị điện.

Sơ đồ điện nguyên tắc có thể được dùng để tổng hợp những phần tử thành phần của bảo vệ điện tử, đối với trường hợp bảo vệ đơn giản. Ở trường hợp các bảo vệ phức tạp, số lượng các mạch có thể rất nhiều, do đó sẽ tạo ra những khó khăn trong cách biểu hiện toàn bộ tổ hợp chỉ trên một bản vẽ. Do đó việc theo dõi sơ đồ cũng rất khó khăn.

Vì thế, đối với bảo vệ điện tử phức tạp thì phải có một loại sơ đồ khác với loại sơ đồ đã nêu. Ở sơ đồ này, những phần tử làm việc được trình bày bằng các hình chữ nhật, còn các tín hiệu truyền giữa các phần tử được phản ánh qua các mũi tên. Những sơ đồ loại này giới thiệu một cách rõ ràng cấu trúc toàn bộ tổ hợp của bảo vệ ; đồng thời giúp ta theo dõi sự tác động liên tiếp mà những phần tử khác nhau đã thực hiện khi bảo vệ hoạt động.

Theo quan điểm về những loại phần tử được sử dụng trong cấu trúc, thì bảo vệ bằng điện tử có thể phân thành bảo vệ với những phần tử lôgic và bảo vệ với phần tử tương tự. Ở một số trường hợp, trong cùng một sơ đồ có thể được ứng dụng cả hai loại phần tử nêu trên.

9.4.1. Các phần tử lôgic trong sơ đồ bảo vệ bằng điện tử

Bảo vệ rơle sẽ tác động khi phát hiện thấy xuất hiện sự gián đoạn ở biên độ hay sự lệch pha được kiểm tra. Sự gián đoạn biên độ biểu thị dấu hiệu xuất hiện một sự cố.

Việc kiểm tra sự gián đoạn này có thể thực hiện nhờ các phần tử lôgic. Trong sơ đồ bảo vệ, đặc biệt trong khối xử lý và quyết định BPD (hình 9-1) người ta sử dụng những phần tử lôgic mà nó thực hiện các chức năng lôgic như đã biết từ đại số Boole, đó là các hàm số cơ bản sau : HOẶC, VÀ, KHÔNG. KHÔNG-HOẶC, KHÔNG-VÀ v.v... Ở các phần tử này, những biến thiên của ngõ vào và ngõ ra chỉ có thể có hai giá trị của đại số Boole. thông thường ghi ký hiệu "0" và "1".

Bên cạnh những phần tử lôgic như đã nêu trên trong sơ đồ bảo vệ rơle còn ứng dụng rộng rãi những phần tử lôgic có tên là bộ phân biệt. Ở những phần tử lôgic này. biến số vào có sự biến đổi liên tục và có thể có một số lượng vô tận các giá trị (bao gồm trong

giới hạn một dãi nhất định) trong khi biến số của ngõ ra có thể chỉ có một trong hai giá trị 0 hay 1. Đối với phần tử này, mô tả toán học của sự làm việc được thực hiện nhờ lôgic hàm.

Vì các đại lượng ngõ vào có một giá trị liên tục, còn đại lượng đi ra có thể có hai giá trị, bộ phân biệt thực tế là những phần tử lai (hay còn gọi là phần tử ghép lai).

Để có thể dò tìm những gián đoạn trong sự biến dổi của biên độ hay sự lệch pha (vì sự gián đoạn, biểu thị xuất hiện sự cố) nên thực chất rơle bảo vệ thực hiện chức năng bộ phân biệt. Do đó, trong thực tế những phần tử ghép lại không thể vắng trong sơ đồ bảo vệ điện tử.

So sánh với các phần tử tương tự, phần tử lôgic có ưu điểm là đảm bảo sự làm việc tốt của tranzito, vì rằng những tranzito này làm việc ở chế độ chuyển mạch trong sơ đồ phần tử logic. Tương tự, ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đối với sự làm việc của tranzito ở chế độ chuyển mạch thì ít hơn ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đối với sự làm việc của tranzito ở chế độ phần tử tương tự.

9.4.2. Những phần tử tương tự dùng trong sơ đồ bảo vệ điện tử.

Ít hơn so với những phần tử locgic. Trong số những phần tử tương tự – tuyến tính và không tuyến tính – chúng ta thường gặp trong bảo vệ bằng điện tử những bộ phận sau : bộ khuếch đại, bộ khuếch đại thuật toán làm việc như bộ cộng, bộ tích phân v.v... phần tử nhân bội, phần tử lệch pha v.v...

Trong một số trường hợp, trong cùng một sơ đồ bảo vệ, ta vừa gặp các phần tử logic, lại vừa gặp các phần tử tương tự. Thật vậy, ví dụ : đại lượng kết quả từ sự so sánh của một số biên độ hay lệch pha – sự so sánh thực hiện bởi phần tử logic - được khuếch đại bởi một khuếch đại tranzito (phần tử tương tự) và sau đó lại được truyền qua cho phần tử tiếp theo sau của sơ đồ.

Bộ khuyếch đại tuyến tính và các bộ phận khác của phần tử tương tự trong sơ đồ bảo vệ điện tử cần phải lựa chọn cẩn thận theo quan điểm độ chính xác và không làm thay đổi các đặc tính. Vì rằng những sai số của những phần tử này có thể đưa đến ảnh hưởng không tốt đối với kết quả của bảo vệ

9.5. Bảo vệ chính, bảo vệ phụ và bảo vệ dự trữ.

Khi thiết kế bảo vệ bằng rơle các trang thiết bị hệ thống cung cấp điện, chúng ta cần dự kiến đến trường hợp xấu nhất là : khi xuất hiện sự cố bên trong thiết bị thì thiết bị này sẽ không được tách ra khỏi hệ thống điện. Như vậy, sự cố vẫn tiếp tục duy trì và càng trở nên trầm trọng. Để đề phòng hiện tượng này thì bên cạnh bảo vệ chính, người ta phải dự kiến thêm bảo vệ dự trữ. Bảo vệ dự trữ sẽ tác động trong trường hợp bảo vệ chính từ chối không tác động. Nếu máy cắt điện của thiết bị được bảo vệ không tiến hành ngắt, thì bảo vệ của phần tử bên cạnh cần phải tiến hành loại trừ vùng sự cố ra khỏi lưới điện. Bảo vệ của phần tử bên cạnh này sẽ điều khiển mở máy cắt điện của nó. Do đó sẽ ngưng cung cấp điện cho phần tử sự cố từ các phía. Rõ ràng bảo vệ của phần tử bên cạnh là bảo vệ dự trữ đối với phần tử mà máy cắt của nó đã không tiến hành ngắt được như đã nêu trên.

Bảo vệ chính trang thiết bị là bảo vệ thực hiện tác động nhanh khi sự cố xảy ra trong phạm vi giới hạn đối với trang thiết bị được bảo vệ. Còn bảo vệ dự trữ đối với cùng trang thiết bị này là bảo vệ thay thế cho tác động của bảo vệ chính trong trường hợp bảo vệ chính từ chối không tác động hoặc khi bảo vệ chính đang ở trong tình trạng tiểu tu hay sửa chữa nhỏ. Bảo vệ dự trữ cần phải tác động với một thời gian lớn hơn thời gian

tác động của bảo vệ chính để cho bảo vệ chính thực hiện nhiệm vụ của mình là loại phần tử bị sự cố ra khỏi mạch trước tiên (khi bảo vệ chính làm việc đúng).

Trong quá trình nghiên cứu bảo vệ đối với các phần tử khác nhau của hệ thống điện, bảo vệ dự trữ cho bảo vệ chính có thể được đảm bảo theo ba cách sau :

a) Bảo vệ cho phần tử bên cạnh (trường hợp này được mang tên là dự trữ khoảng cách)

b) Bảo vệ phụ đặt trên cùng phần tử (trường hợp này mang tên là dự trữ tại chỗ).

c) Một rơle phụ đưa vào trong sơ đồ bảo vệ cho phần tử bên cạnh, rơle này sẽ điều khiển mở máy cắt điện của phần tử mà ta quan tâm.

Có một số trường hợp, bảo vệ chính không đảm bảo bảo vệ toàn bộ chiều dài của mạch cần thiết bảo vệ mà sẽ có một số đoạn được gọi là vùng chết của bảo vệ chính, vì nếu sự cố xuất hiện tại các vùng chết này thì bảo vệ chính sẽ không nắm bắt và do đó sẽ không tác động. Để có thể đảm bảo bảo vệ đối với các sự cố xuất hiện ở tại các vùng chết này, thì người ta đặt một loại bảo vệ có tên là bảo vệ phụ.

Ở một số trường hợp cụ thể, bảo vệ dự trữ có thể thỏa mãn vai trò bảo vệ phụ của phần tử tương ứng.

9.6. Những loại bảo vệ chính bằng rơle.

9.6.1. Bảo vệ dòng điện : Bảo vệ dòng điện tác động trong trường hợp dòng điện của mạch bảo vệ được tăng lên do quá tải hay ngắn mạch. Những bảo vệ này thực hiện bằng rơle cường độ (còn gọi là rơle dòng điện). Rơle sẽ tác động khi dòng điện trong mạch được bảo vệ vượt quá một giá trị nhất định đã được thiết lập. Dòng điện này gọi là dòng điện khởi động (dòng điện tác động) của bảo vệ và ký hiệu I_{kdBv}.

Giá trị dòng điện khởi động của bảo vệ là giá trị dòng điện của mạch được bảo vệ mà ở giá trị đó, bảo vệ làm việc (còn gọi là bảo vệ tác động), tương ứng với rơle dòng điện đóng tiếp điểm của mình (trong trường hợp rơle có tiếp điểm). Giá trị dòng điện khởi động của rơle được định nghĩa như sau :

$$I_{kdR} = \frac{I_{kdBv}}{n_{Tc}} \qquad (9\text{-}6)$$

Ở đây n_{Tc} là tỉ số biến đổi của máy biến dòng cung cấp dòng điện cho rơle. Như vậy, bảo vệ dòng điện sẽ tác động khi thỏa mãn điều kiện :

$$I > I_{kdBv} \qquad (9\text{-}7)$$

Ở đây I là dòng điện của mạch được bảo vệ. Những bảo vệ này còn gọi là loại bảo vệ cực đại. Vì rằng, bảo vệ dòng điện không tác động trong chế độ làm việc bình thường, nên giá trị dòng điện khởi động cần phải lớn hơn giá trị dòng điện định mức I_{dm}, đồng thời, cũng lớn hơn giá trị dòng điện cực đại của phụ tải, tức là :

$$I_{kdBv} > I_{dm} \qquad (9\text{-}8)$$

$$I_{kdBv} > I_{max\ phụ\ tải}$$

Bảo vệ dòng điện cực đại là một trong những bảo vệ đơn giản nhất dùng rơle bảo vệ.

9.6.2. Bảo vệ điện áp : Bảo vệ điện áp có hai loại : cực tiểu và cực đại.

a) *Bảo vệ điện áp cực tiểu* là bảo vệ sẽ tác động trong trường hợp điện áp giảm đi do xuất hiện dòng điện ngắn mạch. Rơle điện áp cực tiểu sẽ tác động khi điện áp U của mạch được bảo vệ giảm đến dưới giá trị đã được thiết lập để bảo vệ tác động. Điện áp được thiết lập này gọi là điện áp khởi động của bảo vệ : U_{kdBv}. Tức là muốn tác động cần thỏa mãn quan hệ sau :

$$U < U_{kdBv} \quad (9\text{-}9)$$

Để bảo vệ không tác động trong chế độ bình thường, thì điện áp khởi động phải nhỏ hơn điện áp định mức U_{dm} và nhỏ hơn điện áp cực tiểu có thể xuất hiện trong quá trình vận hành : $U_{min\ vận\ hành}$ ở chế độ làm việc bình thường, tức là thỏa mãn quan hệ sau :

$$U_{kdBv} < U_{dm} \quad (9\text{-}10)$$

$$U_{kdBv} < U_{min\ vận\ hành}$$

Điện áp khởi động của rơle được định nghĩa như sau :

$$u_{kdR} = \frac{U_{kdBv}}{n_{TT}}$$

Ở đây n_{TT} là tỉ số biến đổi của máy biến điện áp cung cấp cho rơle.

b) *Bảo vệ điện áp cực đại* : được thực hiện bằng rơle điện áp cực đại. Những rơle điện áp cực đại sử dụng ít hơn những rơle điện áp cực tiểu (ở máy phát thủy điện, ở đường dây điện áp rất cao). Những rơle điện áp cực đại sẽ tác động khi điện áp ở những cực của mạch điện được bảo vệ tăng lên quá điện áp khởi động của bảo vệ, tức là tương ứng với khi xảy ra quan hệ sau :

$$U > U_{kdBv} \quad (9\text{-}11)$$

Để cho bảo vệ không tác động trong chế độ bình thường, thì cũng tương tự như các trường hợp trên, ta phải đảm bảo quan hệ sau :

$$U_{kdBv} > U_{dm} \quad (9\text{-}12)$$

$$U_{kdBv} > U_{max\ vận\ hành}$$

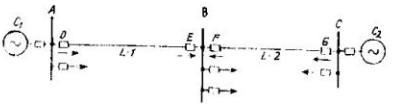
Trong đó $U_{max\ vận\ hành}$ là điện áp cực đại có thể xuất hiện trong quá trình vận hành ở chế độ bình thường tại những cực của mạch được bảo vệ.

Bảo vệ bằng rơle điện áp cực đại sử dụng giành cho bảo vệ với bộ lọc ở trong một số mạch của hệ thống năng lượng.

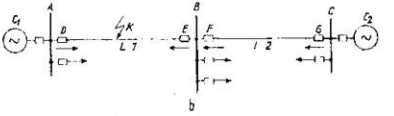
9.6.3. Bảo vệ có hướng :

Bảo vệ có hướng tác động khi xuất hiện sự biến đổi quan trọng của lệch pha giữa dòng điện và điện áp của mạch được bảo vệ. Ví dụ : trường hợp đường dây cung cấp từ hai phía (hình 9-3a), cả hai trung tâm C_1 và C_2 ở chế độ làm việc bình thường cung cấp cho các hộ tiêu thụ được nối đến các trạm A, B và C.

Vì hệ thống điện làm việc ở dòng điện xoay chiều, chiều của nó thay đổi sau mỗi bán chu kỳ, do vậy không thể xác định ở một chiều dòng điện chạy nhất định mà chỉ có thể xác định ở sự lệch pha của dòng điện so với điện áp tại những điểm khác nhau của hệ thống điện.



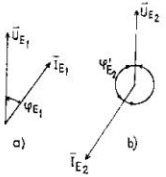
Hình 9-3a



Hình 9-3b

Trong việc nghiên cứu bảo vệ bằng rơle, theo qui ước, chúng ta ghi một chiều nhất định của dòng điện tại những điểm khác nhau; thực tế nó có giá trị tại một điểm nhất định. Khi dòng điện xoay chiều thay đổi thì tình hình này cũng sẽ biến đổi. Điều này xảy ra theo chu kỳ. Theo qui ước, mũi tên thẳng có thể ký hiệu dòng điện tương ứng và là đại lượng phức (không phải là đại lượng tức thời). Hình bên (9-4a) giới thiệu biểu đồ vectơ của điện áp và dòng điện ở điểm E trong chế độ làm việc bình thường. Sự lệch pha giữa dòng điện và điện áp được xem như là dương khi vectơ điện áp vượt trước vectơ dòng điện, tức là $\varphi_{E1} > 0$.

Khi xuất hiện sự ngắn mạch trên đường dây L – 1, tại điểm K (hình 9-3b) biểu đồ vectơ của dòng điện và điện áp ở tại cùng điểm E sẽ có hình 9-4b, xuất hiện sự lệch pha φ_{E2}, thông thường sự lệnh pha này khác với sự lệch pha φ_{E1} một góc gần bằng 180^0. Chúng ta cũng có thể xem như lệch pha φ_{E1}', trong trường hợp này dòng điện đi trước điện áp, tức là $\varphi_{E2}' < 0$.



Hình 9-4

Ta cũng thấy rằng, từ chế độ làm việc bình thường đến chế độ sự cố trên đường dây L – 1, đã xảy ra sự thay đổi đáng kể của pha dòng điện so với pha điện áp ở tại một đầu của đường dây bị sự cố. Người ta sử dụng sự kiện này để tạo nên sự tác động của bảo vệ có hướng. Theo qui ước, khi ngắn mạch tại điểm K thì ở điểm E trên sơ đồ hình 9-3b sẽ biểu thị một mũi tên có chiều ngược với chiều giới thiệu ở hình 9-3a.

Nếu sự cố xảy ra trên đường dây L – 2 thì sẽ xuất hiện sự thay đổi đáng kể đối với pha của dòng điện tại điểm F, và cũng theo cách qui ước như vậy, ta có thể biểu thị bằng mũi tên đi từ điểm F theo chiều ngược lại với chiều của chế độ làm việc bình thường.

Như vậy rõ ràng, chỉ có trên đường dây bị sự cố đã xuất hiện một sự biến đổi quan trọng của pha dòng điện ở một đầu đường dây so với điện áp, trong khi đó ở trên đường dây không có sự cố sẽ vẫn không xuất hiện sự biến đổi nào. Do vậy, bảo vệ có hướng có thể góp phần vào việc đảm bảo tính chọn lọc. Bảo vệ có hướng được thực hiện bằng rơle có hướng. Những rơle này sẽ tác động theo chiều công suất chạy. Những bảo vệ có hướng sẽ được sử dụng cùng với các loại bảo vệ khác nhằm tăng cường tính chọn lọc.

9.6.4. Bảo vệ so lệch

Bảo vệ so lệch tác động khi xuất hiện sự so lệch giữa những giá trị của dòng điện từ hai đầu của vùng được bảo vệ (hình 9-5).

Ở chế độ làm việc bình thường, dòng điện ở hai đầu của vùng được bảo vệ là bằng nhau, tức là :

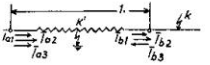
$$I_{a1} = I_{b1},$$

do đó : $I_{a1} - I_{b1} = 0$

Nếu xuất hiện sự cố ở bên ngoài vùng bảo vệ, ví dụ như khi ngắn mạch tại điểm K, vậy thì dòng điện ở hai đầu của vùng được bảo vệ sẽ vẫn bằng nhau :

$$I_{a2} = I_{b2},$$

do đó $$I_{a2} - I_{b2} = 0$$



Hình 9-5
1. Vùng được bảo vệ

Nếu xuất hiện sự cố trong vùng được bảo vệ; ví dụ tại điểm K', các dòng điện I_{a3} và I_{b3} ở hai đầu của vùng được bảo vệ không còn bằng nhau nữa, do vậy :

$$I_{a3} \neq I_{b3}$$

$$I_{a3} - I_{b3} \neq 0$$

Rõ ràng, nguyên tắc so lệch cho phép ta phân biệt sự cố trong vùng được bảo vệ với sự cố xuất hiện bên ngoài vùng này. Do vậy, bảo vệ so lệch được chọn lọc.

Ở chế độ làm việc bình thường, sự so lệch của dòng điện ở hai đầu của vùng được bảo vệ là bằng không, dòng điện khởi động của bảo vệ so lệch không thỏa mãn quan hệ (9-2). Đối với bảo vệ dòng điện, điều này là cần thiết để tránh tác động sai ở chế độ bình thường.

9.6.5. Bảo vệ khoảng cách.

Bảo vệ khoảng cách thực hiện bằng rơle tổng trở. Rơle này tác động khi tổng trở của mạch được bảo vệ bị giảm.

Ở chế độ làm việc bình thường, rơle bảo vệ đo được một giá trị tương đối cao đối với tổng trở của mạch được bảo vệ.

Khi ngắn mạch trong vùng được bảo vệ thì dòng điện I tăng đáng kể và đồng thời điện áp U cũng giảm nhiều, do đó quan hệ $\frac{U}{I}$ giảm một cách đáng kể, tức là tổng trở của mạch được bảo vệ sẽ giảm nhiều. Khi đó, rơle tổng trở sẽ tác động và rơle này là rơle cực tiểu.

Khi có sự cố ở một trong các phần tử của hệ thống điện (đường dây, máy phát, máy biến thế v.v...), như vậy, sẽ có dòng điện cực đại đi qua phần tử bị sự cố (so sánh với dòng điện đi qua các phần tử khác của hệ thống). Điện áp ở hai đầu của phần tử sự cố sẽ là bé nhất khi so sánh với điện áp ở những điểm khác của hệ thống. Do vậy, rơle tổng trở ở những đầu của phần tử sự cố sẽ đo tổng trở cực tiểu này. Động tác này cho phép đoạn sự cố sẽ được phân biệt với các đoạn không sự cố khác của hệ thống. Như vậy, bảo vệ khoảng cách sẽ làm việc một cách chọn lọc.

9.6.6. Bảo vệ bằng bộ lọc.

Khi ngắn mạch không đối xứng $K^{(2)}$ sẽ xuất hiện thành phần thứ tự ngược, còn trong trường hợp chạm đất sẽ xuất hiện thêm thành phần thứ tự đồng cực (còn gọi là thành phần thứ tự không). Qua thống kê cho thấy rằng : đại đa số các sự cố ngắn mạch là loại ngắn mạch không đối xứng (chiếm khoảng 95%). Trong số này chỉ có 10% là ngắn mạch giữa hai pha, còn những ngắn mạch khác đều được kéo theo chạm đất. Do vì bộ lọc thứ tự không thực hiện rất đơn giản nên chúng được sử dụng rộng rãi với các sự cố kéo theo chạm đất. Ở thời gian gần đây, người ta cũng đã bắt đầu ứng dụng rộng rãi bộ lọc thành phần thứ tự ngược vì bảo vệ rằng các bộ lọc này sẽ thỏa mãn điều kiện độ nhạy tốt hơn.

9.6.7. Bảo vệ tần số cao.

Bảo vệ tần số cao thuộc loại tác động nhanh và được dùng cho các đường dây trung bình và dài. Khi đường dây dài quá 20km thì việc dùng dây nối giữa các phần tử bảo vệ của hai đầu đường dây trở nên khá tốn kém, do vậy ta không dùng bảo vệ so lệch dọc. Bảo vệ tần số cao gồm hai bộ phận đặt ở hai đầu đường dây được bảo vệ. Đặc điểm của chúng là sự có mặt của kênh liên lạc bằng tần số cao truyền ngay trên dây dẫn của đường dây được bảo vệ tới hai bộ phận đặt ở hai đầu để đảm bảo cho bảo vệ chọn lọc khi có ngắn mạch bên ngoài.

Về nguyên tắc, bảo vệ tần số cao không phản ứng khi ngắn mạch ngoài đường dây được bảo vệ.

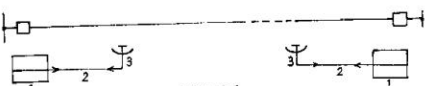
Hiện nay, người ta sử dụng hai giải pháp để truyền tín hiệu tần số cao tới hai bộ ở hai đầu đường dây được bảo vệ :

a) dùng ngay dây dẫn điện áp cao làm kênh liên lạc tần số cao, như đã nêu trên.

b) dùng vô tuyến điện : gồm bộ phận phát và thu tần số cao.

Giải pháp đầu tiên (a) ở trên đã xuất hiện vào những năm 1928 còn giải pháp dưới (b) đã xuất hiện khoảng thời gian gần đây.

Sau đây, xin trình bày giải pháp dùng kênh vô tuyến. Sơ đồ nguyên tắc của giải pháp dùng kênh vô tuyến được giới thiệu ở hình 9-6.



Hình 9-6

Hình 9-6

Tại mỗi đầu của đường dây được bảo vệ, có bộ thu phát 1 nối đến ăngten 3 qua đường dây 2. Kênh vô tuyến làm việc ở sóng cực ngắn, thông thường là sóng decimét và centimét, tức là ứng với tần số từ 300 – 30.000 MHZ. Do đó, bộ thu phát có cấu tạo đặc biệt. Đường dây 2 nối đến ăngten là loại cáp đồng trục.

Khi đường dây được bảo vệ có chiều dài khá lớn, thì kênh vô tuyến sẽ thực hiện thông qua các tuyến rơle vô tuyến trung gian. Trong trường hợp này, sơ đồ chỉ khác với sơ đồ ở trên là ở chỗ có thêm các trạm thu phát trung gian. Các trạm này sẽ thu tín hiệu, khuếch đại và lại truyền tín hiệu đã được khuếch đại đến các trạm kế tiếp sau đó. Giải pháp kênh vô tuyến có ưu điểm hơn nhiều so với giải pháp dùng ngay dây dẫn điện áp cao làm kênh liên lạc tần số cao ở chỗ : tính đảm bảo làm việc cao hơn, vì rằng trong những giai đoạn thời tiết không thuận lợi thì việc truyền các tín hiệu tần số cao trực tiếp qua các dây dẫn điện áp cao sẽ có hiệu quả thấp đồng thời có thể làm thay đổi độ nhạy trong việc truyền tín hiệu. Đối với giải pháp kênh vô tuyến, ta có thể sử dụng dải tần rộng để truyền đồng thời một số lượng lớn tín hiệu.

Hiện nay các tuyến rơle vô tuyến điện sử dụng sóng cực ngắn đã dần dần đưa vào trong hệ thống năng lượng phục vụ cho công tác điều độ hệ thống (thông tin viễn thông, điều khiển từ xa v.v...) và phục vụ cho việc truyền tín hiệu bảo vệ rơle.

Việc sử dụng kênh vô tuyến điện sẽ cho phép thực hiện bảo vệ chọn lọc và đồng thời tác động rất nhanh đối với lưới điện có kết cấu phức tạp.

9.6.8. Bảo vệ bằng rơle nhiệt.

Nguyên lý làm việc : khi nhiệt độ tăng cao, bảo vệ bằng rơle nhiệt sẽ tác động. Trong quá trình vận hành, nếu sự cố ngắn mạch hay có hiện tượng quá tải thì nhiệt độ sẽ tăng và rơle nhiệt sẽ tác động. Thông thường ở những động cơ điện điện áp thấp, ta dùng bảo vệ bằng rơle nhiệt để bảo vệ quá tải.

9.6.9. Bảo vệ bằng rơle khí (còn gọi là rơle hơi).

Thông thường đối với máy biến áp có công suất khá lớn (S > 1000 KVA) người ta có thể thay bảo vệ dòng điện cắt nhanh bằng bảo vệ so lệch dọc. Ngoài ra, đối với máy biến áp có dầu, ở loại này, người ta qui định phải dùng thêm rơle hơi để bảo vệ tránh quá tải và các dạng ngắn mạch trong máy biến áp. Rơle hơi là một cái phao có gắn hai tiếp điểm. Rơle hơi được gắn vào trong đoạn ống nối giữa thùng dầu phụ với máy biến áp. Khi xảy ra ngắn mạch giữa các pha, hoặc giữa các vòng dây, trong máy biến áp hoặc xảy ra quá tải, dòng điện trong các bối dây của máy biến áp tăng lên, do đó làm dầu bốc hơi mạnh và áp lực trên mặt dầu của máy biến áp tăng lên. Áp lực của hơi dầu làm rơle hơi bị nghiêng đi so với vị trí ban đầu. Nếu sự cố nhẹ, rơle hơi nghiêng ít thì chỉ có tiếp điểm thứ nhất đóng lại để đi báo tín hiệu. Nếu sự cố nặng, dầu bốc hơi mạnh làm rơle hơi nghiêng nhiều, tiếp điểm thứ hai của rơle hơi đóng lại để cắt máy biến áp. Ưu điểm của rơle là đơn giản, độ nhạy cao đối với hầu hết các loại sự cố trong máy biến áp. Nhược điểm của rơle hơi tác động kém nhạy đối với các loại sự cố xảy ra ở phía đầu ra của máy biến áp. Do vậy nên bên cạnh bảo vệ bằng rơle hơi bao giờ cũng phải đặt thêm bảo vệ dòng điện cực đại và dòng điện cắt nhanh hay bảo vệ so lệch dọc.

9.7. Các chế độ làm việc không bình thường.

Các chế độ làm việc mà có dòng điện, điện áp hoặc tần số lệch khỏi giá trị cho phép tới mức có thể nguy hiểm cho thiết bị cũng như tính ổn định của hệ thống thì thuộc loại chế độ làm việc không bình thường.

Các chế độ làm việc không bình thường chính được đề cập đến trong thiết bị bảo vệ rơle là : quá tải và dao động trong hệ thống.

Một sự ngắn mạch ở bên ngoài phần tử được bảo vệ hay sự xuất hiện quá tải đều là nguyên nhân tạo nên quá dòng điện. Quá dòng điện là hiện tượng dòng điện vượt quá giá trị cho phép lâu dài, tức là vượt quá giá trị dòng điện định mức.

Khi xuất hiện quá dòng điện, thì phần tử được bảo vệ, không cần tách ra khỏi lưới điện ngay, song cũng không cho phép phần tử được bảo vệ phải chịu quá dòng điện trong khoảng thời gian lâu dài mãi được. Sở dĩ vì; quá dòng điện sẽ tạo nên cách điện chóng già cỗi (do nhiệt độ của phần cách điện vượt quá giá trị cho phép) hoặc làm cho các tiếp điểm quá nhiệt v.v... Do vậy, đại đa số các phần tử của hệ thống điện (máy phát, máy biến áp, động cơ điện v.v...) được dự kiến bảo vệ có thời gian trì hoãn đối với quá dòng điện, đồng thời tác động rơle tín hiệu.

Dao động trong hệ thống, tương ứng với mất ổn định hệ thống, xuất hiện do vì ngắn mạch được khắc phục quá chậm, do vì công suất được vận chuyển giữa đường dây nối các hệ thống vượt quá cho phép, hoặc do vì có một số đường dây của hệ thống bị tách ra, tạo nên sự mất đồng bộ của các trung tâm.

Trong thời gian dao động, dòng điện cân bằng chạy qua các đường dây nối các trung tâm có thể có giá trị vượt quá rất nhiều so với giá trị dòng điện khởi động của bảo vệ. Do vậy có khả năng dẫn đến tác động không chọn lọc. Tương tự, trong thời gian dao động, sự biến đổi quan trọng của điện áp cũng xuất hiện. Sự biến đổi này có thể gây nên các rơle điện áp cực tiểu tác động sai.

Để tránh sự tác động sai của bảo vệ trong thời gian dao động, thì bảo vệ các đường dây quan trọng phải dự kiến thêm một bộ phận "ngưng" hay "khóa" đặc biệt. Bộ phận này sẽ thích ứng theo các cách khác nhau: khi dao động thì bảo vệ sẽ bị khóa, còn khi ngắn mạch trên đường dây tương ứng thì cho phép bảo vệ tác động đúng. Sở dĩ thực hiện được như vậy là vì ở hai trường hợp trên đều có sự phân biệt giữa chúng về dòng điện, điện áp và công suất.

Bộ phận khóa thực hiện dựa trên cơ sở là : khi ngắn mạch, sự biến đổi dòng điện rất đột ngột, trong khi đó nếu dao động thì biến đổi chậm hơn nhiều; hoặc khi ngắn mạch thì xuất hiện thành phần thứ tự nghịch và thành phần thứ tự không, còn trong trường hợp dao động thì không xuất hiện những thành phần này, hoặc phân biệt theo chiều lưu thông của công suất tác dụng và phản kháng ở hai trường hợp v.v...

9.8. Các hình thức bảo vệ rơle trong hệ thống cung cấp điện

Trong hệ thống cung cấp điện thường dùng các loại bảo vệ sau :

- Bảo vệ dòng điện đại có thời gian duy trì, loại này được dùng để bảo vệ tình trạng quá tải và làm bảo vệ dự phòng cho các loại bảo vệ khác.

- Bảo vệ cắt nhanh, cũng là một loại bảo vệ dòng điện cực đại nhưng tác động không có thời gian duy trì, loại bảo vệ này được dùng để bảo vệ tình trạng ngắn mạch.

- Bảo vệ so lệch, cũng là một loại bảo vệ dòng điện cực đại không có thời gian duy trì, dùng để bảo vệ tình trạng ngắn mạch.

- Báo tín hiệu và bảo vệ tình trạng chạm đất trong mạng có điểm trung tính cách điện.

9.8.1. Các loại rơle, sơ đồ nối rơle với máy biến dòng và dòng điện thao tác.

a) Các loại rơle : Rơle bảo vệ trong hệ thống cung cấp điện có nhiều loại, đảm nhận những nhiệm vụ khác nhau.

Theo dòng điện tác động, các rơle được phân thành rơle dòng điện một chiều và rơle dòng điện xoay chiều.

Theo tham số tác động, rơle được phân thành rơle điện áp, rơle dòng điện, rơle công suất, rơle tổng trở v.v...

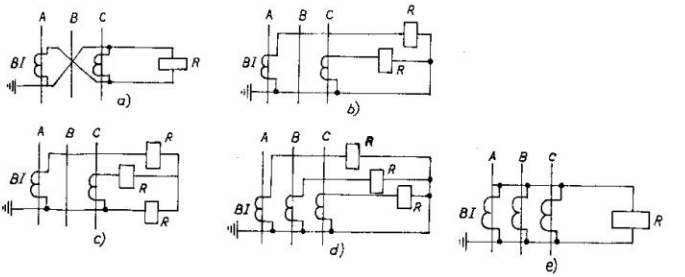
Theo nguyên lý làm việc, rơle được phân thành rơle điện từ, rơle cảm ứng, rơle bán dẫn vi mạch.

Theo nguyên tắc tác động, rơle được phân thành rơle tác động trực tiếp và rơle tác động gián tiếp. Rơle tác động trực tiếp được nối trực tiếp vào mạng điện, dòng điện phụ tải trực tiếp chạy qua rơle hoặc điện áp mạng trực tiếp nối vào rơle. Nhược điểm của rơle tác động trực tiếp là tổn thất điện năng trong rơle tương đối lớn. Phần lớn các rơle dùng trong hệ thống cung cấp điện là rơle gián tiếp, chúng được chế tạo để có thể chịu được điện áp lớn nhất là 100V và dòng điện lớn nhất là 5A. Các rơle này mắc vào mạng điện gián tiếp qua các máy biến dòng và các máy biến điện áp.

b) Sơ đồ nối rơle với máy biến dòng.

Có nhiều sơ đồ nối rơle dòng điện với máy biến dòng.

Đối với mạng có điểm trung tính cách điện, chúng ta có thể dùng một trong những sơ đồ nối máy biến dòng với rơle dòng điện như ở hình 9-7 a, b, c, d, e sau đây.



Hình 9-7. Các sơ đồ nối máy biến dòng với rơle dòng điện.

Phổ biến nhất là dùng sơ đồ số 8 (hình 9-7a) vì ở sơ đồ này số rơle và số máy biến dòng là ít nhất.

Đối với sơ đồ, hệ số sơ đồ ở chế độ đối xứng của mạng được tính như sau :

$$k_{sd} = \frac{I_R}{I_{BI}} = \sqrt{3}$$

Như vậy, dòng điện chạy trong rơle I_R lớn hơn dòng điện chạy trong máy biến dòng I_{BI}, do đó tăng được độ nhạy của thiết bị bảo vệ.

Nhược điểm của sơ đồ là độ nhạy của thiết bị bảo vệ rơle khi xảy ra ngắn mạch giữa pha không đặt máy biến dòng với các pha còn lại nhỏ hơn độ nhạy khi xảy ra ngắn mạch giữa hai pha có đặt máy biến dòng hoặc ngắn mạch ba pha.

Hình 9.7b trình bày sơ đồ nối máy biến dòng BI theo hình sao không hoàn toàn. Ở chế độ đối xứng của mạng, hệ số sơ đồ được tính như sau :

$$k_{sd} = \frac{I_R}{I_{BI}} = 1$$

Để phản ánh dòng điện ngắn mạch một pha ở pha không có biến dòng và để tăng độ nhạy của thiết bị bảo vệ, ta đặt thêm một rơle trên dây dẫn về. Dòng điện chạy trong rơle này (hình 9-7c) bằng tổng hai vectơ dòng điện chạy trong hai rơle còn lại.

Hình 9-7d trình bày sơ đồ nối máy biến dòng và rơle theo kiểu hình sao hoàn toàn. Ở chế độ đối xứng của mạng, hệ số sơ đồ là :

$$k_{sd} = \frac{I_R}{I_{BI}} = 1$$

Ưu điểm của sơ đồ này là phản ánh đầy đủ mọi trạng thái ngắn mạch đối xứng và không đối xứng của mạng. Nhược điểm của sơ đồ là tốn máy biến dòng và rơle.

Hình 9-7e trình bày cách nối các máy biến dòng thành bộ lọc dòng điện thứ tự không. Ở đây $I_R = 3I_0$, với I_0 – là thành phần dòng điện thứ tự không. Sơ đồ này được dùng để bảo vệ ngắn mạch một pha hoặc hai pha chạm đất.

c) Nguồn điện thao tác

Nguồn điện thao tác dùng để cung cấp điện cho các mạch bảo vệ rơle, mạch điều khiển, mạch tự động hóa v.v... Nguồn điện này phải đảm bảo cho các rơle phần tử tự động, bộ phận đóng cắt máy cắt điện làm việc tin cậy ở trạng thái mạng điện vận hành bình thường cũng như khi xảy ra sự cố. Nguồn điện thao tác có thể dùng nguồn một chiều hoặc xoay chiều.

Nguồn một chiều thường dùng các bộ ắc-quy có điện áp 24 ÷ 220V. Ưu điểm của nguồn một chiều là không phụ thuộc vào tình trạng làm việc của mạng điện, do vậy đảm bảo cho các thiết bị bảo vệ làm việc tin cậy. Nhược điểm của nguồn thao tác một chiều là tăng thêm vốn đầu tư và phải luôn luôn bảo quản các bộ ắc quy.

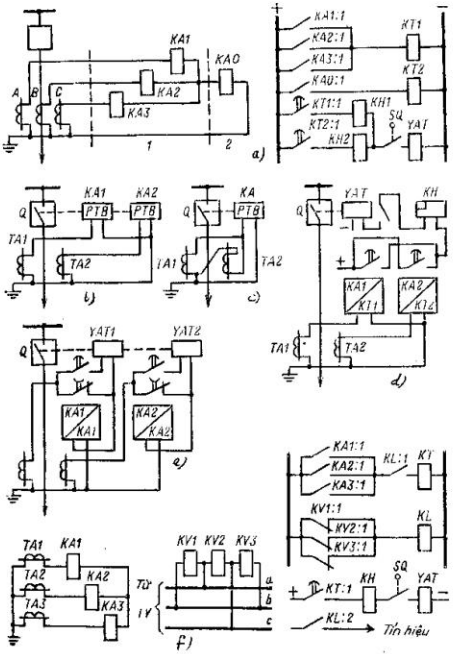
Nguồn điện thao tác xoay chiều sử dụng ngay dòng điện và điện áp của mạng động lực thông qua các máy biến dòng và máy biến điện áp. Nhược điểm của nguồn thao tác xoay chiều là phụ thuộc vào tình trạng làm việc của mạng điện. Do vậy nên khi sự cố ngắn mạch, điện áp của mạng bị tụt xuống sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng làm việc tin cậy của thiết bị bảo vệ. Cũng do vậy nên nguồn thao tác xoay chiều thường được dùng ở những nơi ít quan trọng.

9.9. Các dạng của rơle bảo vệ rơle

9.9.1. Bảo vệ dòng điện cực đại : Bảo vệ dòng điện cực đại (BVDCĐ) là dạng chủ yếu của bảo vệ rơle trong lưới cung cấp điện; Nó tác động đối với dòng điện tăng đột ngột của lưới điện do ngắn mạch hay quá tải. Rơle dòng điện cực đại và rơle thời gian là cơ cấu khởi động của bảo vệ dòng điện cực đại. Ở đây, rơle thời gian đảm bảo thời gian duy trì của BVDCĐ. Bảo vệ dòng điện cực đại thực hiện trên cơ sở của rơle cảm ứng PT – 80 và PT – 90, được gọi là BVDCĐ có *đặc tính thời gian duy trì phụ thuộc vào dòng điện ngắn mạch.* Nếu BVDCĐ thực hiện thông qua rơle dòng điện tác động tức thời loại PT – 40 ЭТ – 520 v.v... còn việc duy trì thời gian, được thực hiện bởi rơle thời gian loại PB, PBM v.v... với cơ cấu đồng hồ, thời gian tác động của nó không phụ thuộc vào dòng điện ngắn mạch hay quá tải đi trong mạch điện, thì bảo vệ được gọi là BVDCĐ với *đặc tính thời gian duy trì độc lập.*

Trị số dòng điện, khi sự làm việc của bảo vệ xảy ra, được gọi là dòng điện làm việc của bảo vệ $I_{lv.Bv.}$ Dòng điện này ở phía sơ cấp của máy biến dòng. Tính chất chọn lọc trong sự làm việc của nó ở những phần khác nhau của mạng điện có thể được bảo đảm do sự lựa chọn trị số dòng điện và xác định thời gian duy trì của BVDCĐ. Việc thiết lập dòng điện làm việc của rơle (I_{lvR}) được gọi là *chỉnh định rơle* theo dòng điện làm việc cho trước.

Hình 9-8 giới thiệu các sơ đồ BCDCĐ khác nhau. Hình 9-8a giới thiệu sơ đồ BVDCĐ với đặc tính thời gian độc lập, sử dụng trong lưới với trung tính nối đất để bảo vệ ngắn mạch một pha và ngắn mạch giữa các pha. Ở đây KA là rơle bảo vệ ngắn mạch giữa các pha : rơle KAO - là rơle bảo vệ ngắn mạch một pha. Do có rơle KAO nên độ nhạy của sơ đồ tăng lên. Tính chọn lọc tác động của BVDCĐ theo đường dòng điện đi từ nguồn cung cấp đến điểm đặt của thiết bị bảo vệ sẽ đạt được bằng cách chọn thời gian tùy theo từng cấp đối với rơle thời gian ở những khu vực khác nhau của lưới điện. Ở đây KH1 và KH2 là rơle báo tín hiệu.



Hình 9-8. Các sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại (BVDCĐ).

a) Của ngắn mạch giữa các pha (1) và ngắn mạch một pha (2) khi dòng điện tác động là dòng một chiều.

b) Dùng với hai rơle loại PTB.

c) Dùng với một rơle loại PTB

d) Dùng với rơle loại PT – 80 khi dòng điện tác động là dòng I chiều.

e) Dùng với rơle loại PT – 80 khi dòng điện tác động là dòng xoay chiều.

f) Với các khối điện áp cực tiểu.

Khi ngắn mạch, những tiếp điểm của một, hai hay ba rơle KA sẽ đóng lại, cuộn giây của rơle thời gian KT1 nhận được dòng điện và sau một thời gian duy trì đã được xác định trước sẽ đóng tiếp điểm KT1 : 1, do đó dòng điện cung cấp ở mạch điều khiển sẽ đi qua rơle báo tín hiệu KH1 đến cuộn dây cắt YAT của máy cắt điện. Máy cắt điện Q sẽ mở ra, và rơle tín hiệu KH chỉ rõ bảo vệ hoạt động ra sao.

Đối với sơ đồ trung tính cách điện, có thể áp dụng sơ đồ BVCDĐ tương tự với hai rơle KA ở những pha A và C. Người ta cho phép sử dụng sơ đồ với một rơle dòng điện được đưa vào, dựa trên sự khác nhau của dòng điện ở hai pha.

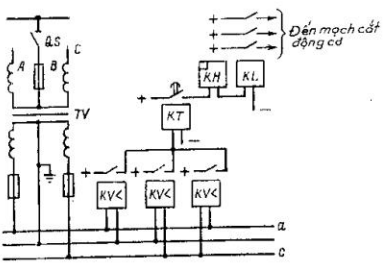
Hình 9-8b giới thiệu sơ đồ BVDCĐ với rơle loại PTB, được dùng ở những lưới trung tính cách điện. Sơ đồ tác động khi ngắn mạch giữa các pha của một đôi pha bất kỳ nào đó của lưới. Ở những lưới đó, có thể dùng sơ đồ với hai máy biến dòng và một rơle PTB (hình 9-8c) : Rơle này sẽ tác động khi ngắn mạch giữa các pha của một đôi pha bất kỳ nào đó. Nhưng độ nhạy của sơ đồ hình 9-8c thấp hơn 1,73 lần. Nếu ở sơ đồ hình 9-8c và sử dụng rơle loại PTM thì các sơ đồ này sẽ là các sơ đồ dòng điện cắt. Khi đó, tính chất chọn lọc của sơ đồ sẽ được bảo đảm do việc đặt các rơle có dòng điện làm việc khác nhau, tức là dòng điện cắt của của một đường dây tham gia được chọn sẽ lớn hơn từ 25 ÷ 50% giá trị dòng điện ngắn mạch cực đại ở vị trí ban đầu của đường dây tham gia ở phía sau.

Hình 9-8d, e trình bày sơ đồ BVDCĐ, được thực hiện thông qua hai rơle PT – 80 với đường đặc tính thời gian duy trì phụ thuộc, ứng với dòng điện tác động 1 chiều hay xoay chiều.

Để tăng độ nhạy của BVDCĐ, đôi khi người áp dụng sơ đồ với các khối điện áp cực tiểu. Các khối này được giới thiệu ở hình 9-8c. Ở đây có 3 rơle dòng điện KA1, KA2 và KA3 và ba khối rơle điện áp cực tiểu KV1, KV2 và KV3. Bảo vệ sẽ tác động khi ngắn mạch, vì rằng có sự tác động đồng thời của rơle dòng điện và rơle điện áp cực tiểu (chỉ có thể xảy ra đồng thời khi ngắn mạch, khi đó dòng điện sẽ tăng lên và điện áp đồng thời sẽ giảm đi). Khi quá tải, sơ đồ sẽ không làm việc vì điện áp rõ ràng không giảm và tương ứng với nó, rơle điện áp cực tiểu sẽ không tác động.

Hình 9-9 giới thiệu sơ đồ với rơle điện áp cực tiểu loại PHB. Rơle này tác động đối với sự ngắn mạch trong lưới điện, khi điện áp giảm dưới giá trị mà đã xác định đối với rơle PHB.

Nếu bảo vệ được dự kiến với thời gian duy trì độc lập, thì để đảm bảo tính chất chọn lọc của chúng, sự tác động của rơle thời gian duy trì sẽ được chọn theo từng cấp, theo cách đó, nếu tính từ phụ tải hướng trở về nguồn, thì bảo vệ phải có thời gian duy trì đối với mỗi cấp chọn lọc : $\Delta t = 0,5 \div 0,6$ giây so với trước đó. Hình 9-10 cho sơ đồ ví dụ, ở đây, sự bố trí thời gian của rơle thời gian đã được trình bày rõ ràng. Sự lựa chọn thời gian duy trì được bắt đầu $t_1 = 0$ từ khoảng cách xa nhất của hộ tiêu thụ đối với nguồn – ví dụ : động cơ điện M_1 và M_2, có thời gian duy trì $t_1 = 0$.

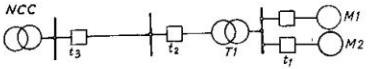


Hình 9-9. Sơ đồ ba pha của bảo vệ điện áp cực tiểu, dùng rơle PHB.

Trị số của thời gian duy trì kế tiếp sau (hướng từ phụ tải trở về nguồn) là :

$$t_2 = t_1 + \Delta t;\ t_3 = t_2 + \Delta t = t_1 + 2\Delta t \text{ và v.v...}$$

Ở đây, $\Delta t = 0,5 \div 0,6$ giây. – là cấp lựa chọn.



Hình 9-10

Hình 9-10 cho ví dụ việc chọn thời gian duy trì của BVDCĐ với đặc tính thời gian duy trì độc lập.

9.2.2. Lựa chọn thiết bị BVDCĐ.

Dòng điện làm việc của rơle BVDCĐ được chọn theo những điều kiện sau :

1. Dòng điện làm việc của rơle I_{lv} rơle cần phải được xác định từ dòng điện làm việc cực đại I_{lvmax} của phần tử được bảo vệ.

$$I_{lv.rơle} > I_{lv.max} (= I_{phụ\ tải\ max})$$

$$I_{lv.rơle} = K_{kđ} \cdot K_{tin\ cậy} \cdot K_{sơ\ đồ} I_{lvmax}/K_{trở\ về} \cdot K_{BI} \qquad (9\text{-}13)$$

Ở đây : $K_{kđ} = 2,5 \div 3$ – là hệ số tự khởi động của động cơ điện (trị số được xác định rõ trong những điều kiện cụ thể của lưới điện).

$k_{tin\ cậy} = 1,2 \div 1,5$ – hệ số của độ tin cậy kể đến việc tính toán sai số của rơle và máy biến dòng.

$k_{sơ\ đồ}$ – hệ số của sơ đồ của rơle được nối vào.

$k_{trở\ về}$ – hệ số trở về của rơle.

k_{BI} – hệ số biến đổi của máy biến dòng điện.

Điện áp làm việc của rơle điện áp cực tiểu được xác định tương tự như (9-13).

$$U_{làm\ việc\ rơle} = U_{lv.min}/K_{tin\ cậy} \cdot K_{trở\ về}\, k_{BU}$$

Ở đây : $U_{lv.min}$ – điện áp làm việc cực tiểu ở chế độ bình thường.

$k_{tin\ cậy}$ – hệ số tin cậy, được lấy bằng 1,1.

k_{BU} – hệ số của máy biến dòng.

$k_{trở\ về}$ – hệ số trở về của rơle.

2. Bảo vệ dòng điện cực đại BVDCĐ cần phải tác động tin cậy, khi ngắn mạch trên các phần tử của lưới điện được bảo vệ, có hệ số độ nhạy không bé hơn 1,2 khi ngắn mạch ở khu vực cuối. Hệ số độ nhạy bằng 1,2 tương ứng với bảo vệ khi ngắn mạch ở khu vực kế cận.

$$k_{nhậy} = I_{ngắn\ mạch\ min}/I_{làm\ việc\ rơle}.\ k_{BI} \geq 1,2 \div 1,5.$$

Ở đây $I_{ngắn\ mạch\ min}$ – dòng điện ngắn mạch bé nhất ở khu vực cuối của lưới điện được bảo vệ.

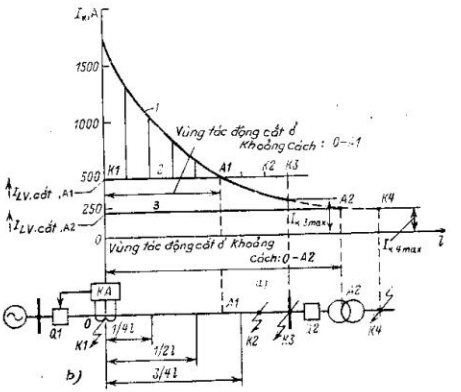
Hệ số độ nhậy của bảo vệ với các khối của điện áp cực tiểu, xác định một cách tương tự như sau :

$$k_{nhậy} = U_{làm\ việc} \cdot k_{BU}/U_{ngắn\ mạch\ max}$$

Ở đây, $U_{ngắn\ mạch\ max}$ – là trị số cực đại của điện áp dư ở vị trí đặt bảo vệ khi ngắn mạch ở khu vực cuối cùng được bảo vệ.

Bảo vệ cắt nhanh (BVC) dòng điện được gọi là bảo vệ dòng điện cực đại BVDCĐ với khu vực tác động giới hạn, trong đại đa số các trường hợp có rơle tác động tức thời. Bảo vệ cắt nhanh thực hiện theo sơ đồ BVDCĐ nhưng không có rơle thời gian. Tính chọn lọc thực hiện theo sơ đồ BVDCĐ không có thời gian duy trì, nhưng có khu vực giới hạn sự tác động của nó. Ở trong khu vực đó, dòng điện làm việc của bảo vệ cắt nhanh đã không được điều chỉnh đối với dòng phụ tải cực đại; còn đối với dòng điện ngắn mạch ở cuối đường dây được bảo vệ hay ở một điểm xác định nào đấy của lưới thì bảo vệ cắt nhanh

không được tác động (điểm A_1 trên hình 9-11a). Rõ ràng là : dòng điện ngắn mạch được xác định bởi điện trở kháng của lưới kể từ nguồn cung cấp đến nơi sự cố và dòng điện giảm khi vị trí sự cố ở càng xa nguồn cung cấp (đường cong 1 ở hình 9-11a).



Hình 9-11a. Nguyên tắc tác động của việc cắt dòng điện trên đường dây với nguồn cung cấp từ một phía
b) Sơ đồ của lưới điện

Dòng điện làm việc của bảo vệ cắt nhanh được chọn sao cho việc cắt máy cắt điện sẽ không xảy ra khi sự cố trên một đoạn đường dây, được mắc vào điểm A_1 (ví dụ ở điểm K_2), trong lưới theo hướng từ nguồn cung cấp đến hộ tiêu thụ hay ở thanh cái máy biến áp của trạm hạ áp (điểm K_3). Để đạt được yêu cầu đó, dòng điện làm việc của bảo vệ cắt nhanh phải lớn hơn dòng điện ngắn mạch cực đại trên thanh cái của trạm hạ áp và xác định theo công thức sau :

$$I_{lv.\ của\ BV\ cắt\ nhanh} = K_{sơ\ đồ} \cdot K_{tin\ cậy} \cdot I_{ng\ mạch\ max}/K_{BI} \qquad (9\text{-}14)$$

Ở đây $I_{ng\ mạch\ max}$ – trị số dòng điện ngắn mạch lớn nhất ở trên thanh cái của trạm hạ áp.

$K_{tin\ cậy}$ – hệ số tin cậy, được lấy bằng 1,2 ÷ 1,3 khi thực hiện bảo vệ cắt nhanh với rơle dòng điện PT-40 và ЭT - 520; $K_{tin\ cậy}$ lấy bằng 1,4 ÷ 1,5 khi thực hiện cắt nhanh bằng các phần tử điện từ của rơle cảm ứng loại PT - 80 PT - 90

Bảo vệ cắt nhanh có thể bảo vệ toàn tuyến đường dây mà ở đấy trạm chỉ có một máy biến áp, nếu dòng điện làm việc của rơle cắt nhanh được chọn sao cho nó không tác động khi ngắn mạch trên đường dây điện hạ áp (ví dụ điểm K_4 trên hình 9-11). Khi đó, bảo vệ cắt nhanh sẽ bảo vệ một cách tin cậy đường dây điện cao áp và phần cuộn dây điện áp cao của máy biến áp điện lực. Để đạt được điều đó, tính ở biểu thức (9-14), trị số dòng điện ngắn mạch ở trên thanh cái hạ áp của máy biến áp phải được xác định là $I_{K4\ max}$.

Vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh được xác định sau khi tính dòng ngắn mạch với vị trí ngắn mạch ở đầu và cuối đường dây và ở trên các khoảng cách $\frac{1}{4}$ l, $\frac{1}{2}$ l, và $\frac{3}{4}$ l.

Dựa theo dòng điện ngắn mạch tìm được, ta xây dựng đường cong (đường cong 1 ở hình 9-11a) Theo biểu thức 9-14, ta xác định dòng điện làm việc của bảo vệ cắt nhanh; và trên đồ thị đó, ta sẽ đưa vào một đường thẳng song song với trục hoành biểu thị dòng điện làm việc của bảo vệ cắt nhanh này, đó là đường thẳng 2, sẽ được vùng tác động O-A1, hay đường thẳng 3 biểu thị sự làm việc của bảo vệ cắt nhanh với vùng tác động là O-A2.

Bảo vệ cắt nhanh sẽ tác động ở vùng mà ở đấy :

$$I_{\text{ngắn mạch}} > I_{\text{làm việc của bảo vệ cắt nhanh}}$$

Hệ số độ nhạy của BVC xác định theo :

$$K_{\text{nhậy}} = I_{\text{ng mạch min}} / I_{\text{lv}} . K_{BI} \geq 1,2 \div 1,5$$

Dòng điện $I_{\text{ng mạch}}$ là dòng điện ngắn mạch ở vị trí đặt bảo vệ cắt nhanh.

Bảo vệ cắt nhanh được thực hiện khi xảy ra dòng điện sự cố. Dòng điện sự cố này dẫn đến làm giảm điện áp trên thanh cái đến trị số bé hơn $0,6U_{dm}$. Khi ngắn mạch, điện áp dư xác định theo công thức sau : (tính bằng V).

$$U_{dư} = E_c - (\sqrt{3} X_c I_{lvBCV} \quad k_{BI}/k_{sơ đồ}) \qquad (9\text{-}15)$$

Ở đây E_c – sức điện động của hệ thống cung cấp trong chế độ cực tiểu, tính bằng [V]

X_c – điện kháng của hệ thống cung cấp tính đến thanh cái, tính bằng [Ω].

$I_{\text{làm việc của BV cắt}}$ – dòng điện làm việc của bảo vệ cắt nhanh, tính bằng [A].

k_{BI} – hệ số định mức của máy biến dòng điện.

Khi có sự phối hợp giữa bảo vệ cắt nhanh và bảo vệ dòng điện cực đại BVDCĐ thì sẽ nhận được bảo vệ dòng điện với đặc tính thời gian làm việc theo từng nấc. Nấc đầu tiên là bảo vệ cắt nhanh mà trong giới hạn của vùng tác động của mình, bảo vệ này sẽ thực hiện ngay tức thời. Nấc thứ hai là bảo vệ dòng điện cực đại tác động cắt mạch với thời gian duy trì đã xác định trước. Khi có sự phối hợp của bảo vệ cắt nhanh với BVDCĐ, thực hiện với sự giúp đỡ của rơle cảm ứng PT-80, PT-90, có đặc tính thời gian làm việc độc lập thì việc trang bị thêm rơle cắt phụ không đòi hỏi vì rằng rơle PT-80 và PT-90 đã có các phần tử cắt điện từ ở bên trong.

Ví dụ : 9-1. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ dòng điện cắt nhanh đối với đường dây 10 KV, được thực hiện với rơle PTM và PTB, nếu các số liệu cho như sau : dòng điện làm việc cực đại của đường dây được tính là 260 A, dòng điện ngắn mạch ở cuối của đường dây được bảo vệ là 1000 A, dòng điện ngắn mạch ở đầu của đường dây là 6000 A. Không có động cơ điện ở trên đường dây này.

Hệ số biến đổi của máy biến dòng điện là 300/5 = 60

Bài giải

Chúng ta hãy xác định dòng điện làm việc của rơle bảo vệ dòng điện cực đại (bảo vệ quá tải) theo (9-13) :

$$I_{\text{lvrơle}} = k_{kđ} . K_{\text{tin cậy}} . K_{\text{sơ đồ}} . I_{\text{lmax}} / (K_{\text{trở về}} . K_{BI})$$

$$I_{\text{lvrơle}} = \frac{1,4 . 1.260}{0,85 . 60} = 7,1 \text{ A}$$

Ở đây, không có động cơ điện ở trên đường dây nên $K_{kd} = 1$,

$K_{tin\ cậy} = 1,4$; $K_{sơ\ đồ} = 1$; $K_{trở\ về} = 0,85$

Chúng ta lấy dòng điện làm việc của rơle là 8 A.

Hãy xác định hệ số độ nhậy của bảo vệ quá tải theo :

$$K_{nhậy} = I_{ngắn\ mạch\ min} / (I_{làm\ việc\ rơle}\ K_{BI}) \geq 1,2 \div 1,5$$

$$K_{nhậy\ 1} = \frac{1000}{60\ .\ 8,0} = 2,1$$

Như vậy lớn hơn độ nhậy cho phép $[K_{nhậy}] = 1,5$ thỏa mãn được yêu cầu.

Hãy xác định dòng điện làm việc của rơle cắt nhanh PTM theo (9-14)

$$I_{lvBVC} = K_{sơ\ đồ}\ .\ K_{tin\ cậy}\ .I_{ngm\ max} / K_{BI}$$

$$I_{lvBVC} = \frac{1.73\ .\ 1,5\ .\ 1000}{60} = 43,25A$$

Chúng ta lấy IlvBVC = 45 A

Hãy xác định hệ số độ nhậy của dòng điện cắt theo :

$$K_{nhậy} = I_{ngm.min} / I_{lv.R}\ .\ K_{BI} \geq 1,2 \div 1,5$$

Vậy $K_{nhậy\ 2} = \frac{6000}{45\ .\ 60} = 2,22$

Vậy trị số độ nhậy tính ra $K_{nhậy\ 2}$ lớn hơn cho phép, do đó thỏa mãn yêu cầu.

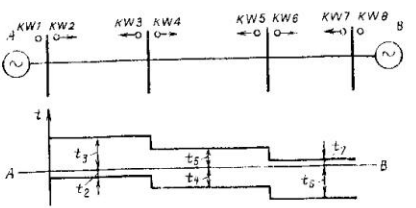
9.3.3. Bảo vệ dòng điện cực đại có hướng

Bảo vệ dòng điện cực đại có hướng là dạng bảo vệ phức tạp đối với BVDCĐ, được dự kiến ở lưới điện xí nghiệp công nghiệp khi các đường dây cung cấp điện làm việc song song. Bảo vệ này được đặt tại những điểm cuối của đường dây trong lưới phân phối và tác động theo yếu tố thay đổi hướng của dòng công suất khi ngắn mạch ở trên đường dây (xem tiết 9-6-3).

Bảo vệ dòng điện cực đại có hướng gồm :

– Đối với cơ cấu khởi động có rơle dòng điện KA; đối với thời gian duy trì có rơle thời gian KT, đảm bảo thời gian cần thiết tác động bảo vệ theo điều kiện của tính chọn lọc (hình 9-12 không trình bày); – và cơ cấu hướng công suất có rơle hướng công suất KW. Bảo vệ sẽ tác động trong trường hợp nếu rơle dòng điện, rơle KT và rơle hướng công suất KW làm việc.

Hướng của BVDCĐ giới thiệu ở hình 9-12.



Hình 9-12. Sự bố trí của bảo vệ dòng điện cực đại có hướng ở lưới điện cung cấp từ hai phía.

Trên toàn bộ lưới có đặt 8 rơle hướng công suất (là KW 1 ÷ KW 8). Hướng công suất khi rơle công suất làm việc được thể hiện bằng mũi tên. Việc lựa chọn thời gian duy trì của BVDCĐ có hướng được thực hiện theo nguyên tắc từng nấc và theo cách tính hướng tác động của chúng. Như vậy, theo hình 9-12, lúc đầu người ta chọn thời gian duy trì của các rơle KW có số lẻ, bắt đầu từ nơi xa nhất đối với nguồn cung cấp A (là KW 7); đối với rơle này, ta chọn thời gian duy trì là $t_7 = 0$. Do đó, thời gian duy trì của bảo vệ thực hiện theo từng nấc đối với KW 5 pha phải là :

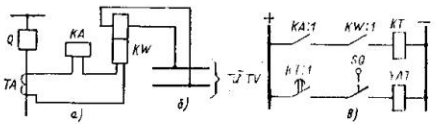
$$t_5 = t_7 + \Delta t = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ gy}$$

Thời gian duy trì : $t_3 = t_5 + \Delta t$ gy, và $t_1 = t_3 + 0,5$ gy.

Tương tự, chúng ta chọn được thời gian duy trì của những rơle có số chẵn.

Dòng điện làm việc của BVDCĐ có hướng được xác định theo các công thức đã trình bày như đối với BVDCĐ ở trên.

Khi ngắn mạch trên đường dây được bảo vệ hay trên các phần tử phía sau, thì rơle dòng điện và rơle hướng công suất sẽ đóng tiếp điểm của mình và đưa đến sự tác động của rơle thời gian KT (hình 9-13). Qua thời gian duy trì đã được thiết lập; những tiếp điểm của rơle thời gian sẽ được đóng lại và cung cấp một xung cho cuộn dây cắt của máy cắt điện.



Hình 9.13. Sơ đồ của BVDCĐ có hướng
a) Sơ đồ của mạch dòng điện
b) Sơ đồ của mạch điện áp
c) Sơ đồ của mạch dòng điện thao tác.

9.9.4. Bảo vệ dòng điện so lệch (BVSL)

Đó là một dạng khác của bảo vệ dòng điện cực đại. Sơ đồ BVSL làm việc theo nguyên tắc so sánh dòng điện ở những điểm cuối của các phần tử lưới điện được bảo vệ như : đường dây máy biến áp v.v...

Chúng ta hãy nghiên cứu nguyên tắc tác động và thiết bị BVSL của máy biến áp và đường dây. Để thực hiện bảo vệ này ở cả hai phía của phần tử được bảo vệ, người ta đặt các máy biến dòng (hình 9-14). Khu vực được giới hạn bởi các máy biến dòng, gọi là vùng tác động của BVSL. Ở chế độ bình thường và khi ngắn mạch ở bên ngoài vùng tác động của BVSL (hình 9-14a), thì dòng điện I'_1 có hướng từ thanh cái của trạm cung cấp đi ra Do vậy, ở trạm TĐ1, dòng điện I_2 có hướng từ thanh cái đến đường dây, còn ở trạm T 11 2 thì I'_1 từ đường dây đến thanh cái. Song song với cuộn dây thứ cấp của máy biến dòng, người ta đặt cuộn rơle KA. Rơle này cùng với máy biến dòng sẽ thực hiện BVSL.

Khi ngắn mạch ở bên ngoài (ngắn mạch ở điểm K1) hay ở chế độ bình thường của dòng phụ tải, thì dòng điện trong rơle KA sẽ không có; nếu chúng ta có những điều kiện

lý tưởng của máy biến dòng (không có sai số, hệ số biến đổi bằng nhau, các đặc tính của chúng hoàn toàn giống nhau) thì trong trường hợp đó, dòng điện của rơle.

$$I_R = I_1 - I_2 = 0 \qquad (9\text{-}16)$$

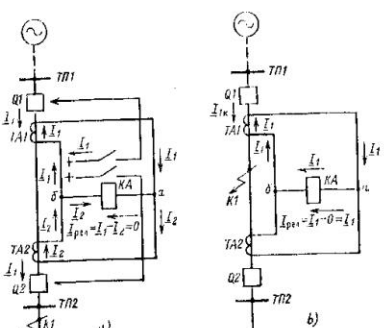
Ở đây, I_2 và I_2 – dòng thứ cấp của máy biến dòng TA_1 và TA_2. Nhưng trong những điều kiện thực tế, dòng điện đi qua rơle KA không bằng 0 vì lẽ luôn luôn có sai số về giá trị và góc lệnh pha của máy biến dòng, dẫn đến dòng điện thứ cấp máy biến dòng không bằng nhau. Sự không bằng nhau của dòng điện thứ cấp do sai số của máy biến dòng gây nên dòng điện không cân bằng đi qua cuộn dây của rơle KA; dòng điện này xác định theo công thức sau :

$$I_{\text{không cân bằng}} = I_{2\ \text{từ hóa}} - I_{1\ \text{từ hóa}} \qquad (9\text{-}17)$$

Ở đây, $-I_{1\ \text{từ hóa}}$ và $I_{2\ \text{từ hóa}}$ là các dòng điện từ hóa tương ứng của TA_1 và TA_2.

Để tránh sự làm việc không đúng của BVSL đối với dòng điện không cân bằng này, thì dòng điện làm việc của rơle BVSL phải lớn hơn dòng điện không cân bằng cực đại khi ngắn mạch bên ngoài, tức là :

$$I_{lv.\ rơle} = K_{tin\ cậy} \cdot K_{sơ\ đồ} \cdot I_{Không\ cân\ bằng\ cực\ đại} / K_{BI} \qquad (9\text{-}18)$$



Hình 9-14 : Nguyên lý hoạt động của bảo vệ dòng điện so lệch BVSL.

Ở đây, $K_{tin\ cậy}$ – hệ số tin cậy của rơle bằng 1,3. K_{BI} hệ số biến đổi định mức của máy biến dòng.

Dòng điện không cân bằng tính toán phụ thuộc vào sai số của máy biến dòng và được tính như sau :

$$I_{Không\ cân\ bằng\ tính\ toán} = K_{Không\ chu\ kỳ} \cdot K_{cùng\ loại} \cdot f \cdot I_{ng\ mạch\ .\ max} \qquad (9\text{-}19)$$

Ở đây :

– $K_{Không\ chu\ kỳ}$ – hệ số, tính đến ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch; ta sẽ lấy bằng 1 đối với rơle có máy biến bảo hòa nhanh với cuộn dây ngắn mạch và bằng 2 đối với rơle không có máy biến bảo hòa nhanh.

– $K_{cùng\ loại}$ – hệ số cùng loại điều kiện làm việc của máy biến dòng sẽ có giá trị từ 0,5 đến 1.

f = 0,1 – sai số của máy biến dòng.

$I_{ng\ mạch\ max}$ – Dòng điện ba pha lớn nhất khi ngắn mạch bên ngoài.

Khi sự cố bên trong của phần tử được bảo vệ (hình 9-14b), dòng điện ngắn mạch chỉ đi qua TA_1 còn dòng điện đi qua TA_2 không còn nữa, tức là $I_2 = 0$.

Do vậy :

$$I_{rơ\ le} = I_1 = I_{1ng\ mạch} / K_{BI} \qquad (9\text{-}20)$$

Ở đây $I_{1ng\ mạch}$ – dòng điện ngắn mạch xuất hiện khi sự cố bên trong của phần tử của lưới điện được bảo vệ (đường dây hay máy biến áp).

Dưới tác động dòng điện này, BVSL sẽ làm việc và dẫn đến mở máy cắt điện Q_1 và Q_2 ở hai phía của phần tử được bảo vệ.

Hệ số nhạy của BVSL được xác định theo :

$$K_{nhậy} = I_{ngm\ min} / I_{tvR} \cdot k_{BI} \geq 1,2 \div 1,5$$

Ở đây $I_{ngm\ min}$ – trị số dòng điện ngắn mạch bé nhất ở bên trong của phần tử được bảo vệ.

9.9.5. Bảo vệ chạm đất. Ở những lưới điện áp 110 KV và cao hơn, làm việc với trung tính nối đất, sự ngắn mạch một pha chạm đất sẽ là sự cố với dòng điện lớn, do vậy bảo vệ rơle đối với ngắn mạch một pha sẽ làm việc, dẫn đến cắt máy cắt điện. Sơ đồ bảo vệ đối với ngắn mạch một pha được giới thiệu ở hình 9-8a. Ở đây, rơle KAO thể hiện dòng điện tổng của ba pha, và sẽ làm việc đối với ngắn mạch một pha, còn các rơle KA1, KA2 và KA3 sẽ làm việc đối với ngắn mạch giữa các pha.

9.10. Bảo vệ máy biến áp điện lực, đường dây truyền tải và động cơ điện 6 – 10 KV.

9.10.1. Bảo vệ máy biến áp điện lực : Việc lựa chọn bảo vệ máy biến áp phụ thuộc vào công suất, mục đích, vị trí đặt thiết bị và chế độ vận hành của máy biến áp.

Đối với máy biến áp điện lực, những dạng sự cố có sau đây có thể xảy ra : sự cố ở cuộn dây của các pha ở bên trong máy biến áp và trên các đầu ra của máy biến áp, các vòng ngắn mạch của một pha, ngắn mạch một pha đối với đất ở trong cuộn dây và trên các đường dẫn ra ngoài, dẫn đến làm tăng dòng điện trong cuộn dây gây nên ngắn mạch, xuất hiện dòng điện quá tải cuộn dây hoặc giảm mức dầu v.v...

Để bảo vệ máy biến áp khi sự cố và đánh tín hiệu về sự phá hoại chế độ làm việc bình thường, thì người ta có thể dùng những loại bảo vệ sau đây : BVSL, BVDCĐ, BVC, bảo vệ bằng rơle khí và bảo vệ bằng cầu chì.

Để nâng cao chất lượng bảo vệ đối với sự cố ở đường dây ra và bên trong máy biến áp khi công suất của máy biến áp từ 6300 KVA và cao hơn, thì theo qui định, người ta dùng BVSL. Ngoài ra BVSL còn được sử dụng ở những máy biến áp với công suất từ 1000 KVA và cao hơn nếu BVC không đảm bảo độ nhạy cần thiết khi ngắn mạch ở đường dây ra của phía hạ áp ($K_{nhạy} < 2$), còn BVDCĐ có thời gian duy trì lớn hơn 1gy.

Nếu không dự kiến sử dụng BVSL thì ở máy biến áp phải có BVC đặt ở phía nguồn cung cấp.

Ở sơ đồ BVSL, hệ số độ nhạy cần phải lớn hơn 1,5.

Sơ đồ BVC có thể được sử dụng với tính chất của bảo vệ dự trữ ở máy biến áp công suất 6300 KVA và cao hơn.

Để bảo vệ máy biến áp công suất 1000 KVA và cao hơn đối với ngắn mạch bên ngoài và quá tải, người ta sử dụng BVDCĐ hay BVDCĐ có hướng ở phía cung cấp chính; nó tác động mở máy cắt khi ngắn mạch ngoài và đánh tín hiệu khi quá tải máy biến áp. Theo qui định, bảo vệ quá tải được thiết lập trên một pha của máy biến áp, vì rằng sự quá tải thường xảy ra một cách đối xứng :

Dòng điện làm việc của rơle bảo vệ quá tải :

$$I_{lv.\ rơle} = K_{tin\ cậy} \cdot K_{sơ\ đồ} \cdot I_{định\ mức} / K_{trở\ về}\ K_{BI}$$

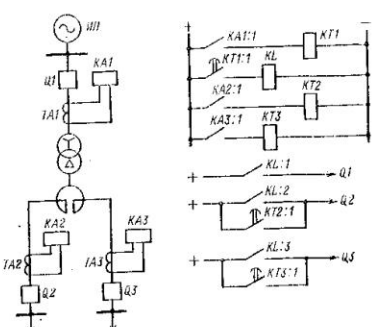
Ở đây : $K_{tin\ cậy}$ – hệ số tin cậy = 1,05

$I_{định\ mức}$ – dòng điện định mức của cuộn dây của máy biến áp.

$K_{trở\ về}$ – Hệ số trở về của rơle.

Hình 9-15 trình bày ví dụ về sự bố trí ở trên sơ đồ của máy biến áp, có cuộn kháng kép ở phía hạ áp, bảo vệ đối với dòng điện ngắn mạch giữa các pha. Ở mạch dòng điện của cuộn dây sơ cấp của máy biến áp người ta đặt rơle dòng điện KA1; còn ở cuộn thứ cấp của máy biến áp, người ta đặt rơle KA2 và KA3. Mạch của dòng điện tác động được tạo nên từ rơle thời gian KT1 ÷ KT3 và rơle trung gian KL. Bằng tiếp điểm của mình, rơle KL sẽ mở các máy cắt điện Q_1 ÷ Q_3.

Để bảo vệ đối với quá tải máy biến áp, rơle thời gian KT2 và KT3 bằng các tiếp điểm đóng của mình KT2 : 1 và KT3 : 1, với một thời gian duy trì, sẽ mở các máy cắt điện Q_2 và Q_3.



Hình 9-15. Ví dụ về bố trí bảo vệ dòng điện cực đại khi ngắn mạch giữa các pha ở máy biến áp hai cuộn dây với cuộn điện kháng kép.

Bảo vệ bằng rơle hơi được sử dụng làm bảo vệ đối với sự cố bên trong bình của máy biến áp kèm theo với sự thoát khí và đối với sự giảm mức dầu. Việc sử dụng bảo vệ bằng rơle hơi là bắt buộc đối với các máy biến áp có công suất từ 6300 KVA và cao hơn, cũng như đối với các máy biến áp có công suất 1000 ÷ 4000 KVA không có BVSL hay BVC, và

nếu BVDCĐ có thời gian duy trì là 1 giây và lâu hơn. Việc sử dụng bảo vệ bằng rơle hơi cũng là điều bắt buộc đối với các máy biến áp trong các phân xưởng có công suất từ 630 KVA trở lên.

Nguyên tắc hoạt động của rơle hơi dựa trên cơ sở là tất cả sự cố của máy biến áp ở bên trong máy đều dẫn đến sự thoát khí của dầu máy biến áp. Khí này nhẹ hơn dầu và do vậy sẽ chiếm ở phần trên. Bảo vệ bằng rơle hơi thực hiện sao cho khi việc tạo thành khí còn ít và chậm thì nó sẽ đánh tín hiệu; còn khi tạo thành khí một cách dữ dội (do xảy ra ngắn mạch giữa các vòng cuộn dây máy biến áp v.v...) sẽ thực hiện mở máy cắt của máy biến áp bị sự cố.

Bảo vệ bằng rơle hơi là loại bảo vệ có độ nhậy cao hơn so với bảo vệ so lệch (BVSL) vì nó thực hiện bảo vệ đối với sự cố chạm một số lượng vòng dây (không nhiều) của máy biến áp; còn những bảo vệ khác vì dòng điện tăng lên không đủ nên sẽ không làm việc.

Bảo vệ rơle hơi thực hiện nhờ các rơle hơi đặc biệt, chúng phân thành loại phao, loại phiến và loại cốc. Trong thời gian gần đây, người ta sử dụng rộng rãi loại rơle cốc РГЧ3 – 66. Có hình 9-16.

Rơle hơi loại cốc làm bằng vỏ kim loại với mặt bích để lắp vào đoạn ống dẫn nối giữa bình của máy biến áp với bình dầu phụ. Ở trong vỏ của rơle, ở gần phía trên của bích người ta đặt những tiếp điểm tín hiệu 8-7, còn nằm trên khe của đường dẫn dầu, người ta bố trí những tiếp điểm mở dưới thấp : 4 – 3. Cả hai cặp tiếp điểm được đặt trong những chiếc cốc bằng kim loại 1 và 11. Những chiếc cốc này có thể xoay xung quanh trục 2 và 6. Khi những chiếc cốc ở phía trên hay ở dưới thấp hạ xuống, thì những tiếp điểm được chuyển động sẽ đi đến tiếp xúc với những tiếp điểm cố định (3-4 và 8-7 được tiếp xúc nhau như hình vẽ). Ở chế độ làm việc bình thường, các lò so 9 và 13 giữ cốc không cho tiếp xúc giữa các tiếp điểm 3 và 4, 7 và 8.

Những điểm tựa 10 và 12 giới hạn sự chuyển động của những cốc lên phía trên dưới tác động của lò so 9 và 13.

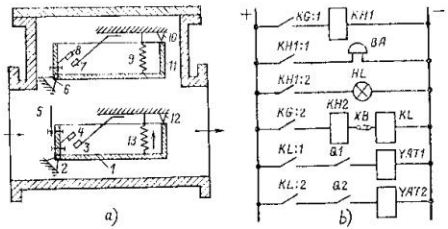
Khi sự cố rất nhẹ của máy biến áp, khi hơi sinh ra còn ít, một khối lượng nhỏ dầu sẽ bị đẩy ra và mức độ của dầu trong rơle sẽ giảm đi. Điều này sẽ đưa đến sự tăng lên của lực tác động xuống phía dưới. Lực này thắng được lực kháng của lò so 9 và buộc cốc 11 phải quay xuống dưới thấp. Những tiếp điểm 7 và 8 sẽ tiếp xúc nhau và do đó sẽ đóng mạch báo tín hiệu.

Khi ngắn mạch trong máy biến áp, sẽ dẫn đến hơi sinh ra rất mạnh. Lực của dòng hơi sẽ tác động lên lá 5, buộc cốc 1 quay xung quanh trụ 2 xuống phía dưới và sẽ đưa các tiếp điểm 3 và 4 tiếp xúc nhau ở mạch mở máy cắt điện của máy biến áp sự cố.

Hình 9-16b, giới thiệu sơ đồ làm việc của bảo vệ rơle hơi của máy biến áp theo mức độ tính toán sự tạo thành hơi mà tiếp điểm KG : 1 của rơle hơi sẽ đóng mạch điều khiển, dẫn đến sự làm việc của rơle báo hiệu KH1; do đó báo còi BA và làm sáng đèn HL. Rồi kế đến đóng tiếp điểm KG : 2, đưa đến rơle trung gian KL có dòng điện và rơle báo hiệu KH2 cũng sẽ có dòng điện. Những tiếp điểm của rơle trung gian sẽ đóng lại và đưa đến sự hoạt động của cuộn dây điện từ YAT1 và YAT2 để mở máy cắt điện Q_1 và Q_2. Do đó máy biến áp sẽ được đưa ra khỏi lưới điện.

Đối với máy biến áp điện lực có điện áp cao đến 35 KV và với cuộn dây nối Y/Yo hay Δ/Yo, người ta dự kiến *bảo vệ ngắn mạch một pha chạm đất ở mạch điện áp thấp;* thực hiện BVDCĐ, đặt ở phía điện áp cao, đối với sự ngắn mạch bên ngoài và nếu yêu cầu

theo điều kiện độ nhậy, thì người ta ứng dụng như hình 9-8a; dùng cầu chì hay áptômát ở phía điện áp thấp.



Hình 9-16. Bảo vệ bằng rơle hơi của máy biến áp.
a) Nguyên lý hoạt động của rơle hơi loại P 3 – 66
b) Sơ đồ bảo vệ bằng rơle hơi của máy biến áp

Những trạm biến áp phân xưởng được đặt các thiết bị BVDCĐ, thực hiện qua rơle PTM và PTB, bảo vệ đối với ngắn mạch chạm đất ở phía điện áp thấp khi các cuộn dây nối Y/Yo bằng rơle hơi. Những máy biến áp phân xưởng công suất đến 1000 KVA có thể thực hiện bảo vệ bằng cầu chì, đôi lúc chúng được bố trí với máy cắt phụ tải loại BHП, nếu công suất ngắn mạch của lưới điện không vượt quá 200 MVA. Bảng 9-1 cho các số liệu về cầu chì loại ПК đối với máy biến áp điện lực.

Bảng 9-1. Lựa chọn cầu chì loại ПК đối với các máy biến áp điện lực.

Công suất của máy biến áp KVA	Điện áp 6KV			Điện áp 10KV		
	Dòng điện của MBA, [A]	Cầu chì	Dòng điện nóng chảy, [A]	Dòng điện của máy biến áp, [A]	Cầu chì	Dòng điện nóng chảy, [A]
100	10	ПК-6/30	20	6	ПК-10/30	15
160	15	ПК-6/30	30	9	ПК-10/30	20
250	24	ПК-6/75	50	15	ПК-10/30	30
400	38	ПК-6/75	75	23	ПК-10/50	50
630	60	ПК-6/150	100	36	ПК-10/100	75
1000	96	П-6/150	150	58	ПК-10/100	100

Dòng điện làm việc của BVDCĐ của máy biến ap phân xưởng được tính toán từ dòng điện lớn nhất của phụ tải, ở chế độ làm việc nặng nhất của máy biến áp, khi vận hành không tải, khi tự khởi động động cơ điện v.v... Dòng điện làm việc xác định theo (9-13).

$$I_{lv.R} = K_{tin\ cậy} \cdot K_{sơ\ đồ} \cdot I_{lv.max} / (K_{trở\ về}\ K_{BI}).$$

Ở đây có thể lấy $I_{lv.max} = I_{dm}$

và $K_{nhạy}$ theo :

$$K_{nhạy} = I_{ngắn\ mạch\ min}/I_{lv.R} \cdot K_{BI} \geq 1,2 \div 1,5$$

Ví dụ 9-2. Hãy tính toán BVSL của máy biến áp điện lực có hai cuộn dây, công suất 16MVA, điện áp 115/11KV; có tự động điều chỉnh dưới tải.

Sơ đồ điện lực được giới thiệu ở hình 9-17a, còn sơ đồ bảo vệ so lệch BVSL trình bày ở hình 9-17b. Dòng điện ngắn mạch ba pha lớn nhất ở trên các thanh cái 10KV là $I_{ngm\ max}$ = 840A. Dòng điện bé nhất ở chế độ không bình thường là : $I_{ngm\ max}$ = 820A.

Bài giải :

Hãy xác định dòng điện định mức của máy biến áp điện lực ở phía cao và hạ áp :

$$I_{110KV} = 16.000/(\sqrt{3} \cdot 115) = 80,3\ A$$

$$I_{10KV} = 16.000/(\sqrt{3} \cdot 11) = 840\ A$$

Hãy tìm hệ số biến đổi của máy biến dòng k_{BI}

$$K_{BI(110KV)} = 150/5 = 30$$

$$k_{BI(10KV)} = 1000/5 = 200$$

Hãy tìm dòng điện thứ cấp trong nhánh của BVSL tương ứng với công suất định mức của máy biến dòng theo biểu thức :

$$I_2 = I_1\ K_{sơ\ đồ} / K_{BI}$$

$$I_{2.110} = 80,3 \cdot \sqrt{3} / 30 = 4,6\ A$$

$$I_{2.10} = 840 \cdot 1/200 = 4,2\ A$$

Hãy xác định dòng điện không cân bằng theo (9-19)

$$I_{không\ cân\ bằng\ tính\ toán} = (1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,16)\ 840 = 218.4\ A$$

Hãy xác định dòng điện làm việc của rơle KA1 ÷ KA3 theo điều kiện tính toán dòng không cân bằng với hệ số tin cậy $K_{tin\ cậy}$ = 1,3 theo (9-13) và không tính hệ số trở về $K_{trở\ về}$.

$$I_{lvR} = 1.3 \sqrt{3} \cdot 218,4/30 = 16,4\ A$$

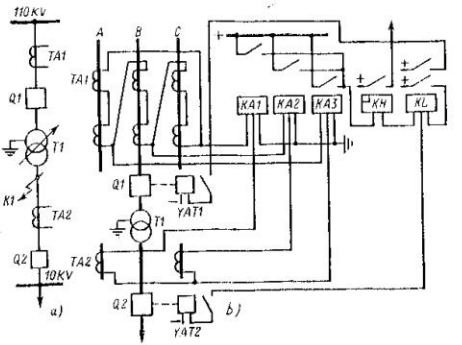
Chúng ta lấy $I_{lvRơle}$ = 18A

Hãy tìm hệ số độ nhạy theo :

$$K_{nhạy} = I_{ngmmin}/(I_{lvR} \cdot k_{BI}) \geq 1,2 \div 1,5$$

$$K_{nhạy} = 820/(18.30) = 1,51 > 1,5$$

Do vậy đảm bảo thỏa mãn yêu cầu độ nhạy.



Hình 9-17. Sơ đồ minh họa cho ví dụ 9-2

9.10.2. Bảo vệ đường dây trên không và đường dây cáp.

Đường dây điện áp cao thường bị sự cố ở nhiều dạng hơn so với tất cả những trang thiết bị điện còn lại của xí nghiệp công nghiệp. Ở đường dây điện trên không và đường dây cáp, có thể xuất hiện ngắn mạch một pha, và nhiều pha, chạm đất, đứt dây v.v...

Đối với đường dây điện áp 6 ÷ 35 KV, ở lưới trung tính cách điện, cần phải dự kiến thiết bị bảo vệ rơle đối với ngắn mạch nhiều pha và đối với ngắn mạch một pha chạm đất; còn đối với đường dây cáp và đường dây trên không 110KV và cao hơn, ở những lưới có trung tính nối đất, phải dự kiến thiết bị bảo vệ rơle đối với ngắn mạch nhiều pha và đối với chạm đất.

Bảo vệ rơle đối với ngắn mạch nhiều pha ở lưới 6 ÷ 35 KV trong đại đa số các trường hợp, người ta bố trí thực hiện ở hai pha và có thể là hai hay ba rơle tùy theo yêu cầu độ nhạy và độ tin cậy.

Ở đường dây cung cấp 6 ÷ 35 KV của xí nghiệp công nghiệp với cung cấp điện từ một phía, người ta sử dụng BVDCD đối với ngắn mạch nhiều pha (hình 9-8) và sử dụng BVC (hình 9-11). Người ta sử dụng bảo vệ dòng điện có hướng (hình 9-13) nếu sự cung cấp được thực hiện bởi hai đường dây song song từ hai nguồn cung cấp.

Ở đường dây 110KV và cao hơn với nguồn cung cấp điện từ một phía người ta sử dụng bảo vệ dòng điện theo từng cấp hay bảo vệ dòng điện và điện áp theo từng cấp. Nếu không đảm bảo yêu cầu của độ nhạy, thì người sử dụng bảo vệ cắt nhanh BVC làm bảo vệ phụ. Đối với chạm đất, theo qui định, người ta bố trí bảo vệ dòng điện có hướng theo từng cấp hay bảo vệ trung tính liên tiếp với bảo vệ phía đường dây. Đối với đường dây điện áp cao hơn có thể sử dụng BVSL (xem hình 9-14).

9.10.3. Bảo vệ động cơ điện.

Sự cố cơ bản của động cơ điện là : ngắn mạch các vòng dây trong cuộn dây stato, ngắn mạch giữa các pha và chạm vỏ : Sự chạm chập ở động cơ điện kèm theo dòng điện tăng cao, phá hoại cách điện cuộn dây, và cách điện giữa cuộn dây và thép stato v.v... Để bảo vệ động cơ điện đối với ngắn mạch nhiều pha người ta sử dụng BVC hay BVSL, tác động cắt mạch cung cấp cho động cơ.

Bảo vệ chạm đất một pha ở cuộn dây stato của động cơ điện công suất đến 2000 KW được thực hiện khi dòng điện chạm đất lớn hơn 10A; còn đối với động cơ điện có công

suất lớn hơn 2000 KW được thực hiện khi dòng điện chạm đất lớn hơn 5A. Lúc đó thông qua rơle, bảo vệ sẽ thực hiện đưa động cơ ra khỏi nguồn. Động cơ điện 6 ÷ 10 KV, công suất đến 5000 KW có thể được bảo vệ đối với ngắn mạch bằng các cầu chì ПК-6 hay ПК-10.

Bảo vệ đối với ngắn mạch các vòng dây ở động cơ điện không được thực hiện vì rằng chúng thường dẫn đến ngắn mạch giữa các pha, tạo nên sự làm việc của loại bảo vệ đối với sự cố ngắn mạch giữa các pha.

Ngoài việc bảo vệ đối với dòng điện ngắn mạch của động cơ điện, ta còn thực hiện bảo vệ điện áp cực tiểu. Bảo vệ này sẽ tiến hành đưa động cơ điện ra khỏi lưới điện khi điện áp giảm thấp hơn 70% $U_{định\ mức}$. Trường hợp cá biệt đối với động cơ điện làm việc trong chế độ tự khởi động, các động cơ này sẽ không cần cắt ra khỏi mạch điện khi trong một thời gian ngắn điện áp đã giảm hay biến mất. Sơ đồ bảo vệ điện áp cực tiểu phải cắt động cơ điện ra khỏi mạch động lực khi mất điện áp hoàn toàn như trường hợp ngắn mạch.

Rơle điện áp cực tiểu ký hiệu : KV < được đặt ở điện áp dây, sẽ phát ra xung cắt động cơ điện thông qua rơle thời gian và rơle trung gian (hình 9-9).

Sự bất lợi của bảo vệ đã trình bày ở trên là có thể xuất hiện sự tác động không đúng của nó khi ngắt mạch điện áp.

Sự duy trì thời gian của bảo vệ điện áp thấp được chọn trong giới hạn 0,5 ÷ 1,5 gy; điện áp được thiết lập để rơle này làm việc theo qui định thì không được cao hơn 70% $U_{đm}$.

Bảo vệ quá tải chỉ được thực hiện đối với những động cơ điện, theo qui định, có sự cố quá tải công nghệ và sẽ đánh tín hiệu ở một pha của động cơ điện. Bảo vệ như vậy có thể với thời gian duy trì phụ thuộc vào dòng điện ngắn mạch hay với thời gian duy trì độc lập.

Để bảo vệ động cơ điện công suất lớn (500 ÷ 600 KW) người ta sử dụng dòng điện xoay chiều để tác động; đối với rơle tác động trực tiếp, người ta lắp chúng vào trong mạch động lực. Để bảo vệ những động cơ cỡ lớn (lớn hơn 2000 KW, người ta sử dụng BVSL vì nó có độ nhạy cao hơn BVDCĐ.

Dòng điện làm việc của rơle BVDCĐ của động cơ điện tính bằng A, được xác định từ thành phần chu kỳ của dòng điện khởi động hay còn gọi là dòng điện mở máy (dòng điện đỉnh nhọn : $I_{đỉnh\ nhọn}$) :

$$I_{lv.rơle} = K_{tin\ cậy} \cdot K_{sơ\ đồ} \cdot I_{đỉnh\ nhọn} / K_{BI}$$

Ở đây – $K_{tin\ cậy}$ = 1,6 ÷ 1,8 đối với rơle ∋ T-520 được tác động qua rơle trung gian.

$K_{tin\ cậy}$ = 1,8 ÷ 2,0 đối với rơle PT-80, PT-90 và rơle tác động trực tiếp PTM. Đối với lưới điện chỉ có một động cơ thì dòng điện khởi động hay dòng điện mở máy :

$$I_{mở\ máy} = I_{đỉnh\ nhọn}$$

Khi lưới điện có một nhóm gồm từ hai đến năm động cơ, thì dòng điện đỉnh nhọn, tính bằng A, xác định như sau :

$$I_{đỉnh\ nhọn} = I_{mở\ máy} + \sum_{i=1}^{n-1} I_{địnhmức}$$

Ở đây, $I_{mở\ máy}$ – là dòng điện mở máy lớn nhất của một động cơ điện có trong số các động cơ điện của nhóm, tính bằng A.

$\sum_{i=1}^{n-1} I_{định mức}$ – là tổng dòng điện định mức của nhóm nhưng không tính đến dòng điện định mức của động cơ điện có công suất lớn nhất (động cơ này có dòng điện khởi động lớn nhất).

Dòng điện đỉnh nhọn của một nhóm máy, có số lượng động cơ điện lớn hơn 5, có thể tính toán theo công thức sau : (công thức 3-45).

$$I_{đỉnh nhọn} = I_{mm\ (max)} + I_{tt} - K_{sd} \cdot I_{đm\ (max)}$$

Ở đây : $I_{mm\ (max)}$ – dòng điện mở máy lớn nhất trong các dòng điện mở máy của các động cơ trong nhóm.

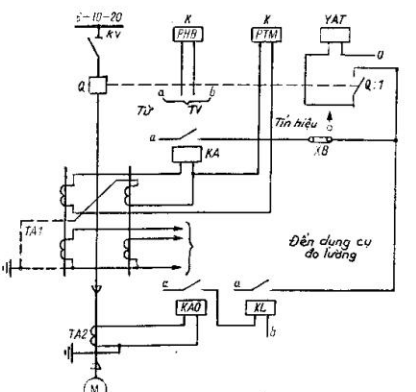
I_{tt} – dòng điện tính toán của nhóm máy

K_{sk} – Hệ số sử dụng của động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất

$I_{đm\ (max)}$ – dòng điện định mức của động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất.

Dòng điện làm việc của rơle BVSL của động cơ, tính bằng A, khi các máy biến dòng là hoàn toàn như nhau : $I_{lv.rơle} = (1,5 \div 2)\ I_{đm\ động\ cơ}/K_{BI}$

Ở đây, $I_{đm\ động\ cơ}$ – dòng điện định mức của động cơ điện, tính [A]



Hình 9-18 - Sơ đồ bảo vệ động cơ không đồng bộ có công suất đến 2000 KW

Dòng điện làm việc của rơle bảo vệ quá tải, tính bằng [A], theo công thức sau :

$$I_{làm\ việc\ Rơle} = K_{tin\ cậy}\ I_{đm.\ động\ cơ}/K_{trở\ về}.\ K_{BI})$$

Ở đây, $K_{tin\ cậy} = 1,1 \div 1,2$

Trên hình 9-18, trình bày sơ đồ bảo vệ rơle của động cơ điện có công suất lớn M. Bảo vệ bao gồm từ những phần tử sau : Rơle tác động trực tiếp PTM và PHB, rơle dòng điện KA, để bảo vệ ngắn mạch giữa các pha, và rơle KAO để bảo vệ ngắn mạch một pha với đất. Rơle bảo vệ quá tải (rơle PHB) cần phải có thời gian duy trì 10 ÷ 20 gy (để tính đến thời gian khởi động của động cơ điện).

9.11. Tự động hóa và điều khiển từ xa trong hệ thống cung cấp điện.

Các biện pháp tự động hóa được áp dụng trong hệ thống cung cấp điện nhằm nâng cao độ tin cậy cung cấp điện, đơn giản sơ đồ nối dây, nâng cao năng suất lao động và chất lượng sản phẩm, cải thiện điều kiện làm việc của người vận hành v.v...

Ở các trạm điện của xí nghiệp công nghiệp, các thiết bị tự động sau đây được sử dụng phổ biến : tự động đóng dự trữ (TĐĐDT), tự động đóng lại TĐĐL, tự động cắt tải theo tần số hoặc theo dòng điện v.v...

Việc quyết định dùng biện pháp tự động hóa phải được đặt ra trên cơ cở xem xét toàn bộ mọi khía cạnh của hệ thống cung cấp điện và phải phối hợp với nhiều mặt như chọn sơ đồ nối dây, chọn thiết bị, hình thức bảo vệ, trình độ vận hành và khai thác các thiết bị tự động v.v...

9.11.1. Tự động đóng dự trữ (TĐĐDT)

Ở lưới điện công nghiệp, có hộ tiêu thụ loại 1, được cung cấp từ hai nguồn, người ta sử dụng rộng rãi thiết bị tự động đóng dự trữ, chúng sẽ nâng cao độ tin cậy trong cung cấp điện và rút ngắn thời gian ngừng cung cấp điện.

Theo nhiệm vụ của thiết bị TĐĐDT, người ta phân chia thành TĐĐDT đường dây, máy biến áp, động cơ điện, máy cắt phân đoạn của trạm. Dòng điện tác động có thể là dong điện một chiều hay xoay chiều. Tất cả những thiết bị TĐĐDT phải đảm bảo những yêu cầu cơ bản sau :

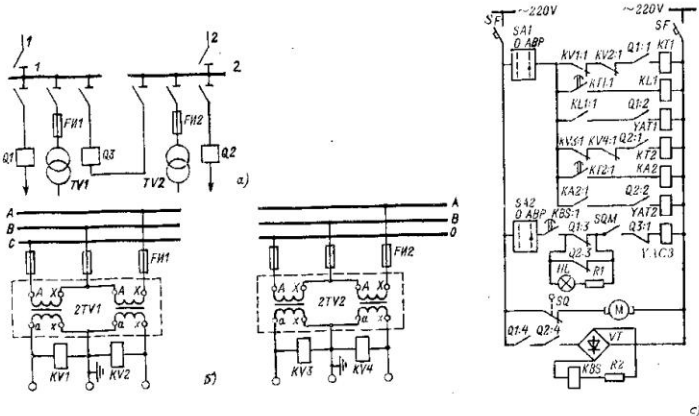
Thời gian tác động phải nhỏ nhất; tất cả các máy cắt điện, trang thiết bị TĐĐDT cần phải được kiểm tra thường xuyên đảm bảo sự làm việc hoàn hảo của mạch đóng; tác động của TĐĐDT phải đồng thời; tác động của TĐĐDT nhất thiết phải xảy ra khi có một lý do nào đó đã làm biến mất điện áp trên thanh cái của trạm điện.

Đối với hộ loại 1, nhất thiết phải có thiết bị TĐĐDT.

Chúng ta hãy nghiên cứu sơ đồ TĐĐDT được phổ biến rộng rãi ở các xí nghiệp công nghiệp (hình 9-19). Ở chế độ làm việc bình thường, những máy cắt điện Q_1 và Q_2 của phân đoạn thứ nhất và thứ hai của trạm đã được đóng lại, còn máy cắt điện phân đoạn Q_3 đã được mở ra.

Rơle KBS dùng để đảm bảo sự đồng thời tác động TĐĐDT, nó nhận nguồn cấp điện từ cầu chỉnh lưu thủy ngân VT. Sự sẵn sàng làm việc của sơ đồ TĐĐDT được tín hiệu bằng đèn HL. Các khóa SA1 và SA2 được đặt ở vị trí ABP. Rơle điện áp cực tiểu KV1 ÷ KV4 và rơle KBS được đóng. Tiếp điểm truyền động SQM đóng lại.

Khi xảy sự cố trên phân đoạn 1 và điện áp trên phân đoạn này mất, thì rơle KV1 và KV2 sẽ làm việc, đóng rơle thời gian KT1. Rơle này sau một thời gian duy trì sẽ đóng tiếp điểm của mình KT1 : 1 và do đó sẽ đóng mạch rơle trung gian KL1. Tiếp điểm KL1 . 1 sẽ được đóng lại, và do đó sẽ đóng mạch cắt điện từ YAT1 của máy cắt điện Q_1. Do vậy máy cắt điện Q_1 sẽ mở ra. Tiếp điểm phụ của máy cắt điện Q_1 : 3 sẽ đóng mạch cuộn điện từ YAC3 của máy cắt phân đoạn Q3, rồi giải phóng lò so của bộ phận truyền động của máy cắt Q_3; máy cắt này sẽ thiết lập sự cung cấp điện từ đường dây 2 đang làm việc lên phân đoạn I. Đồng thời, động cơ điện M làm việc và chuẩn bị cho sơ đồ ở chu kỳ làm việc mới.



Hình 9-19. Sơ đồ tự động đóng dự trữ (TĐĐDT) của trạm biến áp có hai máy biến áp.
a) Sơ đồ đơn giản của trạm biến áp.
b) Sơ đồ bố trí rơle điện áp.
c) Sơ đồ tự động đóng dự trữ TĐĐDT.

Khi mất điện áp trên phân đoạn II, thì sơ đồ sẽ làm việc tương tự. Sự đồng thời của TĐĐDT đảm bảo sao cho khi mở máy cắt điện Q_1 hay Q_2, rơle KBS sẽ mở ra với thời gian duy trì của mạch đóng cuộn dây điện từ YAC3. Khi ngắn mạch xuất hiện, máy cắt điện phân đoạn Q_3 sẽ mở ra do rơle bảo vệ của nó tác động.

9.11.2. Tự động đóng lại (TĐĐL)

Tự động đóng lại thực hiện khôi phục trở lại việc cung cấp điện cho phụ tải công nghiệp, sau một thời gian ngắn tự khắc phục sự cố trong lưới điện. Phần lớn (60 ÷ 80%) ngắn mạch ở đường dây trên không đều do sự cố tạm thời : do sét đánh, gió thổi làm chập dây, cành cây vướng phải dây dẫn v.v... Sau khi thiết bị rơle bảo vệ tác động cắt đường dây ra thì phần lớn các nguyên nhân gây nên sự cố sẽ mất đi, do đó nếu đường dây được đóng trở lại thì việc cung cấp điện vẫn an toàn. Trên những đường dây này, người ta ứng dụng thiết bị tự động đóng lại (TĐĐL), nó sẽ đóng lại một cách tự động sau mỗi lần cắt sự cố đó. Nhờ thiết bị TĐĐL người ta đã thực hiện khôi phục lại rất nhanh chế độ làm việc bình thường của lưới điện.

Thiết bị tự động đóng lại được phân ra loại tác động một lần và nhiều lần. Thiết bị TĐĐL tác động nhiều lần do có cấu tạo phức tạp nên chỉ được dùng ở những nơi quan trọng mà thôi. Ở lưới điện cung cấp điện của xí nghiệp công nghiệp, người ta sử dụng

phổ biến là TĐĐL một lần. Thiết bị TĐĐL trang bị cho máy cắt điện có hệ thống truyền động điện từ hay khí nén.

Sơ đồ TĐĐL, thực hiện dòng điện thao tác một chiều hay xoay chiều. Thông thường khi truyền động bằng điện từ hay khí nén, người ta thực hiện dòng điện thao tác một chiều.

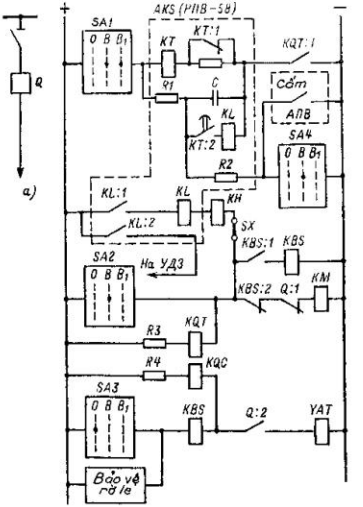
Sơ đồ TĐĐL cần phải tác động khi sự cố mở máy cắt điện với thời gian duy trì được xác định từ trước.

Thời gian kể từ lúc đường dây được cắt ra cho đến khi được đóng trở lại được gọi là *thời gian đóng lại*. Theo yêu cầu cung cấp điện và điều kiện tự khởi động của động cơ thì thời gian đóng lại càng ngắn càng tốt. Song thời gian đó phải đủ lớn để các rơle bảo vệ trở về vị trí ban đầu và hiện tượng ion hóa không khí tại điểm ngắn mạch chấm dứt. Vì như vậy khi đường dây được đóng trở lại, điện áp được phục hồi; hồ quang tại điểm xảy ra ngắn mạch không tiếp tục phát sinh nữa. Thời gian đóng lại này (thời gian duy trì) ít nhất là 0,2 ÷ 1,5 gy. Rõ ràng là khá nhanh so với thao tác bằng tay, hơn nữa, dùng thiết bị TĐĐL còn tránh được nhầm lẫn của nhân viên vận hành nên có thể nâng cao độ tin cậy cung cấp điện.

Hình 9-20a giới thiệu sơ đồ TĐĐL đường dây, tác động một lần, với nguồn cung cấp điện từ một phía. Ở sơ đồ, trình bày thiết bị РПВ-58 trọn bộ. Ở đấy, người ta đã đưa vào rơle thời gian KT loại ЭВ-133 với điện trở phụ R1. Rơle trung gian KL với các cuộn dây nối tiếp và song song. Tụ điện C đảm bảo sự tác động một lần của TĐĐL (vì rằng thời gian nạp của nó sau khi tác động TĐĐL là khoảng 20gy). SA1 ÷ SA4 là các khóa điều khiển.

Thiết bị РПВ-58 trọn bộ được cung cấp điện từ dòng điện tác động một chiều 110V hay 220V.

Lúc đầu, máy cắt điện đóng và các khóa SA1, SA2 và SA4 đặt ở vị trí B. Tụ điện C được nạp điện tích, thiết bị TĐĐL chuẩn bị làm việc thông qua rơle thời gian KT. Việc khởi động của sơ đồ TĐĐL có thể được tiến hành do bảo vệ rơle làm việc dẫn đến tác động mở máy cắt điện. Tiếp điểm phụ của máy cắt điện Q : 1 và tiếp điểm KBS : 2 tạo nên sự cung cấp điện cho rơle của máy cắt điện KQT. Rơle KQT sẽ hút tiếp điểm của mình ở trong mạch của rơle KT và dẫn dòng điện tác động qua cuộn dây của rơle KT đến thanh âm. Sau một thời gian duy trì đã thiết lập từ trước, rơle KT bằng tiếp điểm KT : 2 của



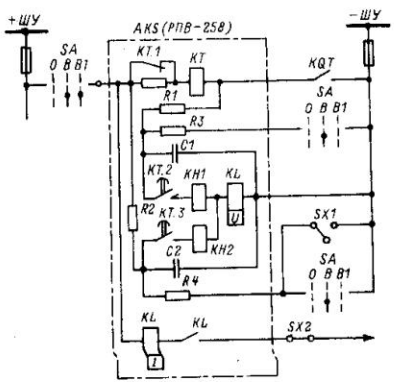
Hình 9-20a -
Sơ đồ tự đóng lại TĐĐL tác động một lần đối với đường dây được cung cấp điện từ một phía YΔ3 – thiết bị bảo vệ phụ

mình đã nối mạch cuộn dây của rơle KL song song với mạch tụ điện C đã được nạp trước đó. Do vậy, tụ điện C phóng điện qua cuộn dây KL. Tiếp điểm KL : 1 sẽ đóng lại, và thông qua cuộn dây tự giữ nối tiếp của rơle KL, dòng điện sẽ đến cuộn công tắc tơ KM, đến đóng máy cắt điện Q và sẽ mở mạch tiếp điểm Q : 1 của nó.

Nếu TĐĐL làm việc thành công, rơle KQT mất tác dụng, rơle KT sẽ không còn dòng điện và đảm bảo một sự nạp mới của tụ điện C trong thời gian 20 giây.

Nếu TĐĐL làm việc không thành công, có nghĩa là ngắn mạch còn tồn tại và thiết bị rơle bảo vệ lại cắt máy cắt điện ra. Lúc này việc đóng lại máy cắt điện lần nữa không thực hiện được vì tụ điện C chưa kịp nạp. Thời gian cần thiết để tụ C nạp đầy là :

$$t_{nap} = R_1 C.\ln \frac{U}{U - U_{td}}$$

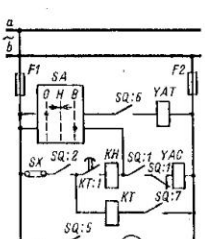


Hình 9-20b. Trình bày một phần sơ đồ tự động đóng lại TĐĐL tác động hai lần cho đường dây cao và siêu cao thế (YAПB) dựa vào khối AKS (РП В- 258)

Ở đây U là điện áp nguồn ; U_{td} – điện áp tác động của rơle trung gian KL.

Ngoài thiết bị tự động đóng lại TĐĐL với rơle РПВ-58 ở trên, còn có loại TĐĐL với rơle РПВ-358 làm việc với nguồn thao tác xoay chiều.

Hình 9-21 trình bày sơ đồ TĐĐL tác động một lần với dòng điện xoay chiều dùng với máy cắt điện có hệ thống truyền động П П-67. Khi ngắn mạch, máy cắt điện Q sẽ mở ra (hình 9-20a) và sẽ đóng rơle thời gian KT. Rơle KT bằng tiếp điểm KT : 1 của mình với một thời gian duy trì sẽ đóng mạch cuộn dây đóng YAC và sẽ đóng lập lại máy cắt điện Q, đồng thời tiến hành căng tự động lò so nhờ bộ truyền động của động cơ điện M; người ta đặt trong mạch này một tiếp điểm phụ SQ : 5.



Hình 9-21 Sơ đồ tự động đóng lại TĐĐL dùng dòng điện xoay chiều làm dòng điện tác động

9.11.3. Tự động điều chỉnh điện áp.

Điện áp là một trong hai chỉ tiêu cơ bản của chất lượng điện, vì vậy tự động điều chỉnh điện áp là một vấn đề quan trọng trong hệ thống cung cấp điện. Điều chỉnh điện áp trong hệ thống cung cấp điện có thể thực hiện theo nhiều cách.

Ở những nơi quan trọng người ta đặt các máy biến áp có tự động điều chỉnh điện áp khi có tải, hoặc thay đổi dung lượng thiết bị bù để tham gia điều chỉnh điện áp.

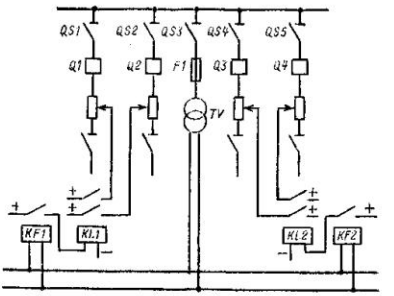
Đối với những máy phát điện, người ta đặt các thiết bị điều chỉnh tự động điện áp của máy phát điện.

9.11.4. Tự động cắt tải theo tần số.

Khi hệ thống điện bị quá tải, tần số dòng điện sẽ giảm xuống. Tần số giảm nghiêm trọng có thể dẫn đến làm tan rã hệ thống điện. Vì vậy, do yêu cầu đảm bảo ổn định cho hệ thống điện, người ta đặt thiết bị tự động cắt tải theo tần số ở một số phụ tải lớn ; khi tần số dòng điện thấp hơn mức qui định, thiết bị này tự động cắt bớt tải.

Thiết bị tự động cắt tải theo tần số TĐCTTS như qui định, thực hiện theo nguyên tắc nhiều nấc, và được phân biệt theo tần số làm việc. Thứ tự đầu tiên là – TĐCTTS – I được tác động nhanh với thời gian làm việc t = 0,1 ÷ 0,3 giây và bố trí theo tần số 49 – 48,5 Hz. Thứ tự hai là TĐCTTS – II được thực hiện để khôi phục tần số đến trị số định mức nếu tần số liên tục còn giảm thấp (gần 48Hz).

Ở sơ đồ TĐCTTS, theo quy định có thiết bị TĐCTTS – I và TĐCTTS – II với cơ cấu đo lường dùng rơle cảm ứng tần số ИВЧ-3 và rơle bán dẫn loại РЧ-1.



Hình 9-22 Sơ đồ tự động cắt tải theo tần số

Trong công nghiệp, theo qui định, người ta dùng TĐCTTS một nấc như hình 9-22. Trong sơ đồ, người ta đưa vào rơle tần số KF, rơle trung gian KL, máy biến điện áp TV. Rơle tần số tác động với tần số được thiết lập trong vùng là 46,5 ÷ 49,5 Hz. Từ một rơle tần số có thể ngắt được hai đường dây truyền tải.

9.11.5. Điều khiển tín hiệu đo lường từ xa.

Điều khiển từ xa được dùng ở những xí nghiệp lớn có nhiều đối tượng điều khiển (đường dây máy biến áp, động cơ v.v...). Đặc biệt, điều khiển từ xã được dùng ở những nơi nóng, có khí độc, trên tầng cao hoặc dưới hầm sâu v.v...

Vì phạm vi của xí nghiệp không rộng nên trong thực tế người ta thường dùng các sơ đồ điều khiển theo khoảng cách hay điều khiển từ xa hữu tuyến.

Hệ thống điều khiển từ xa thường có cấu tạo khá phức tạp bao gồm những bộ phận chính sau :

Ở trạm điều khiển có :

– Người điều khiển hoặc máy điều khiển để ra những mệnh lệnh cần thiết.

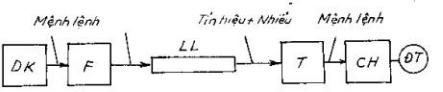
– Bộ phát dùng để mã hóa các mệnh lệnh điều khiển thành tín hiệu điện gởi đi trên đường liên lạc.

Ở trạm chấp hành có :

– Bộ thu để nhận và dịch tín hiệu thành mệnh lệnh điều khiển và cho các mệnh lệnh đó tác động lên cơ cấu chấp hành để điều khiển đối tượng.

Để theo dõi mệnh lệnh điều khiển đã được chấp hành thế nào, thông thường bên cạnh hệ điều khiển từ xa phải có hệ tín hiệu từ xa, đo lường từ xa hoặc kiểm tra từ xa.

Hình 9-23. Trình bày sơ đồ cấu trúc của một hệ điều khiển từ xa.



Hình 9-23. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển từ xa.
ĐK – bộ phận điều khiển; F – bộ phát; LL – kênh liên lạc;
T – bộ thu; CH – cơ cấu chấp hành; ĐT – đối tượng.

Mặc dù kỹ thuật bán dẫn đã phát triển, sơ đồ hệ điều khiển từ xa vẫn còn khá phức tạp. Điều này hạn chế việc sử dụng rộng rãi các hệ điều khiển từ xa trong xí nghiệp công nghiệp.

Ngày nay các thiết bị điều khiển từ xa đã được chế tạo thành các khối và trọn bộ, do vậy nên giảm được công việc lắp ráp và chỉnh định.

Tín hiệu hóa từ xa và đo lường từ xa được dùng nhiều hơn so với điều khiển từ xa, vì cấu tạo đơn giản hơn.

Trong xí nghiệp, tín hiệu hóa từ xa được dùng để :

1. Chỉ vị trí, trạng thái làm việc (đóng, cắt) các đối tượng trong hệ điều khiển từ xa.

2. Chỉ trạng thái làm việc của những thiết bị có công suất lớn, ảnh hưởng quan trọng đến sự vận hành của mạng điện (lò điện, trạm bơm v.v..).

3. Chỉ trạng thái đóng cắt của các máy cắt.

4. Chỉ trạng thái làm việc của các rơle bảo vệ và của các thiết bị tự động hóa v.v...

5. Chỉ trạng thái cắt điện của mạng.

6. Chỉ các trạng thái làm việc không bình thường như quá tải, sụt áp, tần số dao động v.v...

Đo lường từ xa dùng để :

1. Đo điện áp ở thanh cái trạm phân phối và trạm biến áp.

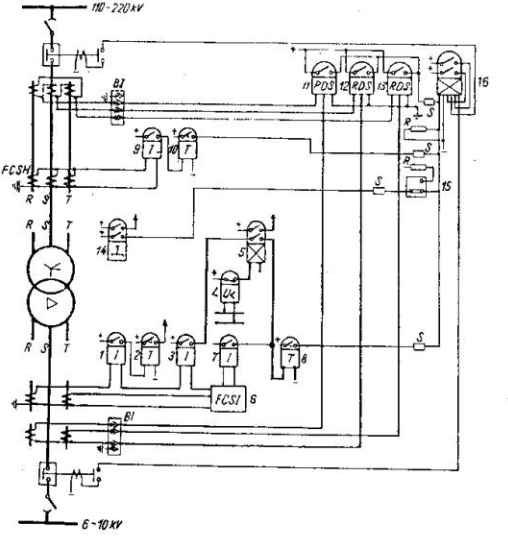
2. Đo dòng điện ở cuối đường dây, nếu đường dây có khả năng quá tải.

3. Đo điện áp, dòng điện, công suất, hệ số công suất của những phụ tải quan trọng, ảnh hưởng đến sự vận hành của mạng điện.

Các tín hiệu và kết quả đo lường được tập trung về phòng điều độ trung tâm của xí nghiệp. Nhân viên vận hành sẽ căn cứ vào các tín hiệu và kết quả đo lường để xử lý sự cố, định ra phương thức vận hành thích hợp cho mạng điện xí nghiệp.

9.12. Ví dụ : sơ đồ hoàn chỉnh bảo vệ máy biến áp.

Hình 9-24 giới thiệu sơ đồ tổ hợp bảo vệ của một máy biến áp, có công suất lớn hơn 5600 KVA. Bảo vệ dòng điện cực đại được tạo thành bởi các rơle 1 và 2 đối với quá tải; các rơle 3, 4, 5, 8 bảo vệ đối với ngắn mạch đối xứng ở bên ngoài; bộ lọc dòng điện thứ tự nghịch 6, rơle 7 và đồng thời rơle 8 đối với sự cố không đối xứng ở bên ngoài; rơle 9 và 10 được trang bị để bảo vệ dòng điện cực đại thứ tự không (đồng cực) đối với ngắn mạch một pha phía cao áp 110 KV.

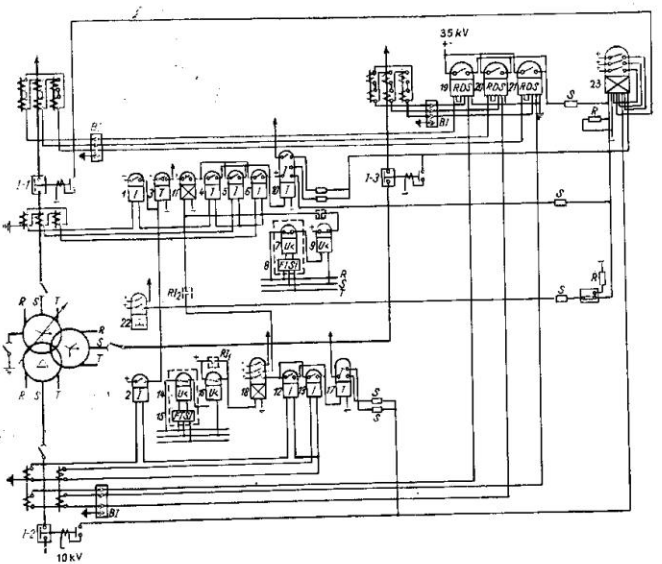


Hình 9-24. Sơ đồ tổ hợp bảo vệ máy biến áp có công suất lớn hơn 5600 KVA.

Bảo vệ so lệch dọc được thực hiện bởi rơle RDS gồm có các rơle 11, 12, 13. Bảo vệ rơle hơi gồm rơle 14 và bộ phận 15; rơle trung gian 16 khi tác động sẽ hít tiếp điểm của mình thực hiện thao tác cuộn dây máy cắt.

Ở sơ đồ còn giới thiệu rơle tín hiệu S và các khối thử BI.

Sơ đồ tổ hợp bảo vệ của máy biến áp hạ áp ba cuộn dây, công suất lớn hơn 5600 KVA với bộ phận điều chỉnh dưới tải, được giới thiệu ở hình 9-25 :



Hình 9-25. Sơ đồ tổ hợp bảo vệ máy biến áp ba cuộn dây, công suất lớn hơn 5600 KVA với bộ phận điều chỉnh dưới tải

Rơle dòng điện 1 và 2 kết hợp với rơle thời gian 3 tạo thành khối bảo vệ quá tải.

Rơle dòng điện 4, 5, 6 và tổ hợp gồm các rơle điện áp cực tiểu 7, bộ lọc điện áp thứ tự nghịch 8 và rơle 9, cung cấp điện từ máy biến điện áp ở các thanh cái 35 KV, với rơle thời gian 10 tạo nên khối bảo vệ ngắn mạch bên ngoài; với thời gian duy trì đầu tiên, rơle 10 điều khiển mở máy cắt điện phía 35KV.

- Nhờ tiếp điểm dừng của máy cắt điện nên sẽ ngắt mối liên hệ giữa khối 7, 8, 9 với rơle 11; đồng thời sẽ thiết lập mối liên hệ (đóng tiếp điểm RI_2) giữa các khối 14, 15, 16 với rơle 11. Với tiếp điểm duy trì thứ hai, rơle 10 sẽ điều khiển rơle trung gian 23 và mở toàn bộ máy cắt.

Rơle trung gian 11 được dự kiến với thời gian duy trì khi mở để không trở về trong thời gian giao hoán của các khối.

Rơle : 12, 13 với các tổ hợp 14, bộ lọc điện áp thứ tự nghịch 15, rơle 16 và rơle thời gian 17 tạo thành khối bảo vệ ngắn mạch bên ngoài ở trên thanh cái và lưới 6KV.

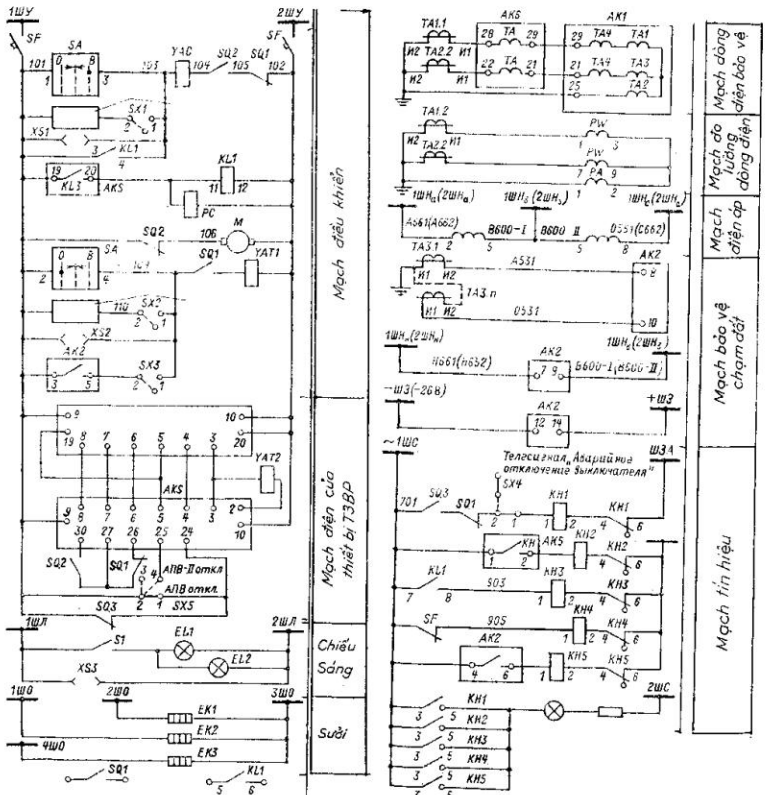
Bảo vệ so lệch được thực hiện bởi rơle RDS 19, 20, 21.

Bảo vệ hơi thực hiện bằng rơle 22, rơle trung gian 23.

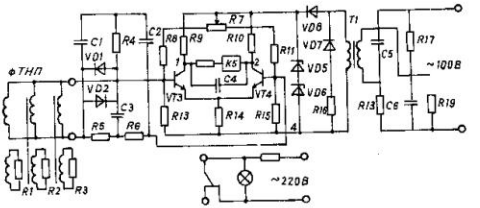
Ở sơ đồ hình 9-25 còn được trang bị thêm các rơle tín hiệu S và các khối thử BI.

Sau đây chúng tôi xin giới thiệu một số sơ đồ dùng trong tự động hóa cung cấp điện đường dây và trạm điện đến 35KV.

1. Sơ đồ nguyên tắc bảo vệ dòng điện cực đại dùng rơ le T3BP (Nga) *Hình 9-26*



2. Sơ đồ thiết bị bảo vệ có hướng đối với chạm đất dùng ở mạng điện phân phối 6-15KV với trung tính cách điện loại H3P. (hình 9-27).



Hình 9-27

3. Sơ đồ thiết bị tự động đóng lại hai lần loại АПВ-2П (Nga) (hình 9-28)

4. Sơ đồ thiết bị hoàn chỉnh tự động đóng dự trữ ABP-10 (Nga) (hình 9-29) và sơ đồ làm việc của thiết bị ABP-2 (hình 9-30).

Ở hình 9.29, khối:1. Khối so sánh; 2. Rơle thời gian; 3. Khối khởi động; 4. Thiết bị chấp hành; 5. Khối cung cấp.

Ở hình 9-30 : TV1 và TV2 là các máy biến điện áp đo lường.

T1, T2 : là các máy biến áp tự dùng.

W1 và W2 là các đường dây tương ứng ở phân đoạn 1 và 2.

Ở trạng thái bình thường của lưới điện, sự cung cấp từ nguồn điện được thực hiện qua các máy cắt điện Q1 và Q2 tương ứng với các thanh cái phân đoạn 1 và 2 của đường dây W1 và W2. Máy cắt phân đoạn Q nằm ở trạng thái mở.

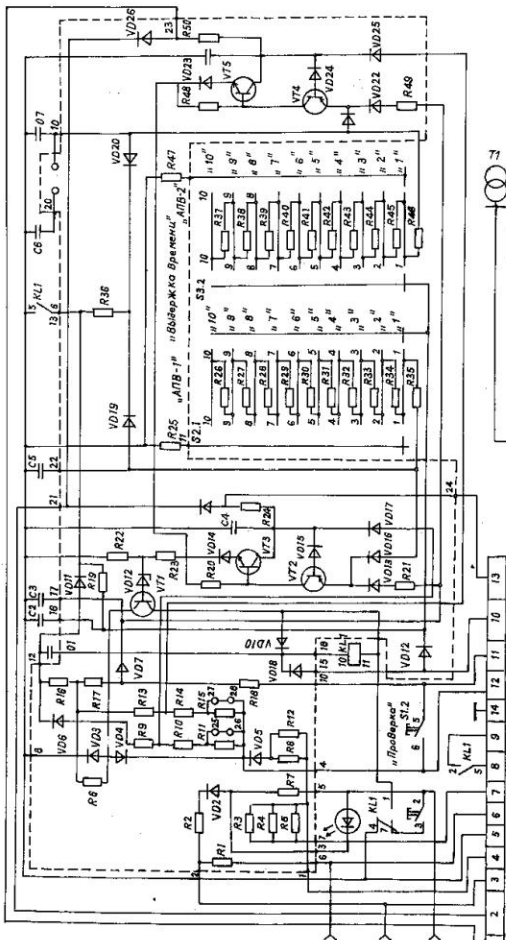
Những tín hiệu nhận được từ máy biến điện áp đo lường TV1, TV2 của hệ thống điện áp ba pha sẽ được biến đổi trong khối 1 và 2 theo tỉ lệ thích hợp để tín hiệu kiểm tra đưa vào trong khối 3 sẽ được so sánh. Khi tồn tại điện áp ở cả hai đường dây, thì trên đường ra của khối 3 tín hiệu sẽ không có và các phần tử tiếp theo đó của sơ đồ sẽ không làm việc.

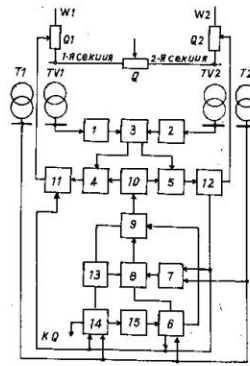
Khi mất điện áp một trong các đường dây, khối so sánh điện áp 3 sẽ xác định đường dây bị mất điện áp và cho lệnh đưa vào làm việc đối với 4 hoặc 5. Đồng thời đưa vào khối cung cấp 6 và khối tạo xung 7.

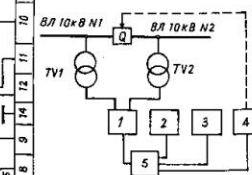
Khối 6 và 7 sẽ khởi động khối duy trì thời gian 8, khối này làm việc theo nguyên tắc mạch lôgic :VÀ". Sau thời gian duy trì đầu tiên, tín hiệu đưa sang bộ phận biến đổi 9 và chuyển đến khối 10 là khối quyết định. Sau đó, khối 4 và 5 sẽ làm việc và thông qua các khối mở 11 và 12 sẽ tiến hành mở các máy cắt điện tương ứng Q1 hay Q2 của đường dây cung cấp W1 hay W2.

Sau khi hết thời gian duy trì thứ hai ở cơ cấu duy trì thời gian,xung dóng truyền đến khối điều khiển 13, sau đó, đưa đến khối đóng 14 cho tín hiệu thực hiện đóng máy cắt điện phân đoạn Q.

Sau khi đóng máy cắt điện phân đoạn Q thì điện áp ở phân đoạn 1 và 2 sẽ thiết trở lại. Khối 14 cho tín hiệu đóng máy cắt điện Q và đồng thời cho tín hiệu đến khối 15. Sau sự làm việc của chu trình tự đóng dự trữ thì khối 15 sẽ cho tín hiệu để đưa khối 6 ra khỏi mạch làm việc.


VD26
R50
VD25
VD23
VT5
VT4
VD24
VD22
R49
R48
VD20
R47
"Выдержка времени"
"АПВ-2"
"АПВ-1"
R37
R38
R39
R40
R41
R42
R43
R44
R45
R46
R36
VD19
R35
C5
C4
R24
VT3
VD14
VD15
VT2
VD16
VD17
VD18
R21
R22
R20
VT1
R23
VD12
VD13
R19
VD11
VD10
VD7
R18
R17
R13
R14
R15
R16
VD6
VD8
VD4
R9
R10
R11
R12
VD5
R6
R7
R5
R2
VD2
R3
R4
R8
R1
"Проверка"
KL1
Hình 9-28


W1
W2
Q1
Q2
1-я секция
2-я секция
Q
T1
TV1
TV2
T2
KQ
Hình 9-30


ВЛ 10кВ N1
ВЛ 10кВ N2
Q
TV1
TV2
Hình 9-29

9.13. Các mạch bán dẫn, vi mạch trong thực hiện bảo vệ rơle.

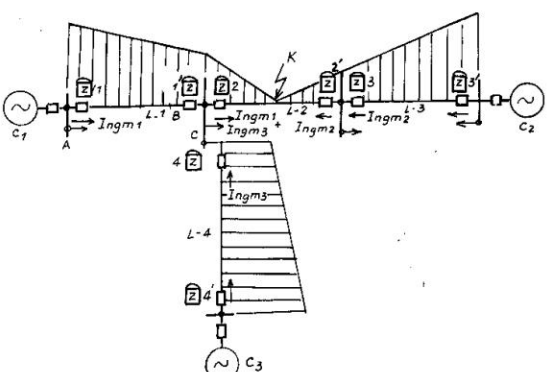
Như đã nêu ở mục 9-2, việc sử dụng máy vi tính trong thiết kế, lập chương trình làm việc của các bộ phận bảo vệ tại những điểm khác nhau trong lưới điện đang là vấn đề thời sự đối với chúng ta. Do sự phức tạp của hệ thống điện được bảo vệ cũng như yêu cầu phải xử lý những thông tin một cách nhanh chóng và tiếp nhận quyết định cắt máy cắt, nên những nguyên tắc điều khiển học đóng vai trò ứng dụng rất quan trọng nhằm đảm bảo sự làm việc tốt nhất của bộ phận bảo vệ.

Sau đây, để làm cơ sở cho việc nghiên cứu cụ thể các trường hợp bảo vệ trong lưới điện, chúng tôi xin trình bày một ví dụ trong việc phân tích và thiết kế sơ đồ bảo vệ bằng điện tử, vi mạch với nhiều đại lượng ngõ vào khá điển hình trong lưới cung cấp điện đó là bảo vệ khoảng cách. Để có thể tìm hiểu chi tiết hơn, xin xem các tài liệu chuyên đề của vấn đề này ([14]).

* BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

Bảo vệ khoảng cách là loại bảo vệ rất hay dùng đối với đường dây điện áp cao. So sánh với bảo vệ thông qua tần số cao cũng được dùng đối với đường dây này, thì bảo vệ khoảng cách có ưu điểm là nó tác động tùy theo giá trị của một số đại lượng (điện áp, dòng điện), được đo ở cùng một điểm (ở điểm đặt của bảo vệ), trong khi bảo vệ thông qua tần số cao tác động tùy theo đại lượng ở những đầu khác nhau của đường dây, tức là cần thiết phải có kênh viễn thông để truyền đi những đại lượng xác định nào đó. Trái lại, bảo vệ khoảng cách không thể đảm bảo loại trừ sự cố nhanh chóng ở trên toàn bộ chiều dài của đường dây được bảo vệ, còn bảo vệ thông qua tần số cao có thể đảm bảo loại nhanh sự cố tương tự.

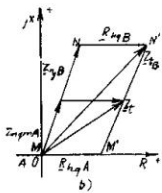
Trong tình hình phát triển hiện nay, do tăng liên tục mức độ nối với hệ thống điện nên hệ thống điện ngày càng mở rộng. Do đó, đặc tính tác động của bảo vệ khoảng cách sẽ đặt ra những điều kiện ngày càng phức tạp nhằm bảo đảm tính chọn lọc và để tránh tác động sai.



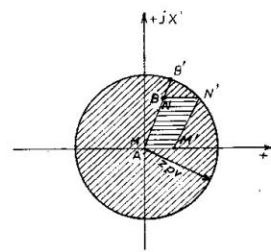
Hình 9-31a

Những điều kiện đảm bảo tính chọn lọc sẽ càng tốt hơn khi diện tích hình tứ giác tương ứng với tất cả các điểm ngắn mạch trực tiếp hay thông qua hồ quang càng gần bằng diện tích được giới hạn bởi đường đặc tính tác động trong mặt phẳng phức (đôi khi hình tứ giác này có tên là : hình tứ giác sự cố trong vùng hay tứ giác sự cố).

Ở trường hợp của bảo vệ khoảng cách 1 được đặt ở đầu A của đường dây L-1 (hình 9-31a) để bảo vệ đoạn AB của đường dây, thì hình tứ giác sự cố được giới thiệu ở hình 9-31b.



Hình 9-31b



Hình 9-31c

Đối với sự cố trực tiếp (không thông qua hồ quang), ở điểm B là điểm giới hạn vùng được bảo vệ, thì tổng trở của đoạn đường dây giữa các điểm A và B được giới thiệu ở trong mặt phẳng phức của tổng trở là vectơ phức $\underline{Z}_{ngmB}$. Khi sự cố trực tiếp càng gần điểm A, thì môđun của vectơ phức càng giảm dần và đến giá trị $| \underline{Z}_{ngmA} | = 0$ ở trường hợp sự cố tại A. Còn ác-gumen sẽ không đổi (trong thực tế nó có giá trị từ 60^0 - 80^0 được xác định bởi quan hệ giữa điện kháng và điện trở của đường dây).

Nếu ở điểm B xuất hiện sự cố thông qua hồ quang có điện trở : R_{hqB}, vậy ta có : tổng trở tổng $\underline{Z}_{tB}$ của mạch có giá trị bằng tổng vectơ hình học sau :

$$\underline{Z}_{tB} = \underline{Z}_{ngmB} + \underline{R}_{hqB}$$

Một cách tương tự, nếu sự cố thông qua hồ quang ở điểm A ta được :

$$\underline{Z}_{tA} = \underline{Z}_{ngmA} + \underline{R}_{hqA} = \underline{R}_{hqA}$$

Khi sự cố thông qua hồ quang ở điểm giữa A và B, ta sẽ được vectơ phức Z_t mà đỉnh cao của vectơ này nằm trên đường thẳng M'N'

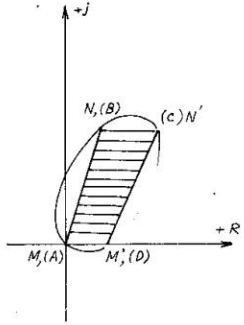
Hình tứ giác MM'N'N biểu thị tứ giác sự cố. Thực tế, ta thấy giá trị R_{hqA} bé hơn giá trị R_{hqB} một ít, còn trong đại đa số các trường hợp giữa môđun R_{hqB} và Z_{ngmB} có quan hệ :

$$\underline{R}_{hqB} \approx 0,6\ \underline{Z}_{ngmB}$$

Muốn cho bảo vệ tác động đúng ở bất kỳ sự cố nào nằm trong đoạn được bảo vệ AB (vừa ở sự cố trực tiếp hay vừa ở sự cố thông qua hồ quang) thì toàn bộ hình tứ giác sự cố phải nằm bên trong vùng tác động của đặc tính bảo vệ khoảng cách 1 (hình 9-31c).

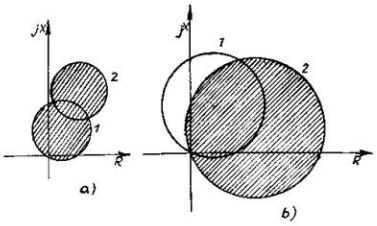
Mặt khác, để đạt được xác xuất tác động không chọn lọc (tác động sai) bé nhất của bảo vệ đối với nhiều chế độ sự cố khác nhau ở đoạn được bảo vệ AB (ví dụ : các chế độ ngắn mạch bên ngoài vùng, chế độ quá tải, sự cố dao động) thì diện tích chênh lệch giữa diện tích của vùng đặc tính tác động và diện tích hình tứ giác sự cố phải bé nhất. Chính vì vậy, người ta đã thực hiện những rơle tổng trở với đặc tính tác động có dạng hình elíp (hình 9-31d). Ở hình 9-31d này diện tích đặc tính tác động và diện tích tứ giác sự cố hầu như xếp chồng nhau.

Trong trường hợp tối ưu, theo quan điểm đảm bảo tính lựa chọn, thì đặc tính tác động cần phải trùng với hình tứ giác sự cố này, tức là loại trừ khả năng một số tác động sai khi không có dòng điện ngắn mạch trong vùng được bảo vệ. Như đã nêu trên, chính vì lý do đó, trong những năm sau này, người ta đã cố gắng thực hiện những rơle có đường đặc tính tác động có dạng một đường cong đơn (ví dụ : elip, vòng v.v...), đôi lúc người ta gọi tắt các đường đặc tính đơn, hoặc với những đặc tính có dạng của rất nhiều đường cong. Trong trường hợp trung gian nhiều đường cong, thì vùng tác động sẽ là kết quả của một sự tổ hợp của các vùng tác động được giới hạn bởi rất nhiều đường đặc tính của mặt phẳng tổng trở phức. Chúng ta sẽ gọi đặc tính này là đặc tính tổ hợp.



Hình 9-31d.

Ví dụ như đặc tính tác động được gạch chéo ở hình 9-32a, đó là đặc tính tổ hợp, vì rằng vùng tác động là kết quả của sự hợp nhất của các vùng tác động được xác định bởi các đường tròn 1 và 2. Đặc tính tổ hợp này có thể có được nhờ hai rơle mà tiếp điểm của chúng được nối song song nhau (ở đây giả thiết với loại rơle điện cơ), hoặc với sơ đồ "HOẶC" ở rơle thực hiện theo mạch logic. Mỗi rơle có một trong hai đặc tính hình vòng. Ở một số trường hợp khác, như ví dụ ở hình 9-32b, vùng tác động được xác định bởi một đặc tính tổ hợp và nó có thể là : giao tuyến của nhiều đường đặc tính. Những tiếp điểm của hai rơle có các đường đạc tính vòng 1 và 2, được nối nối tiếp nhau (sơ đồ mạch "VÀ"), tức là vùng tác động được gạch chéo, biểu thị diện tích chung của cả hai đường đặc tính vòng (hình 9-32b).



Hình 9.32

Do hình tứ giác sự cố được tạo thành từ bốn đoạn thẳng cho nên hiện nay ta thích dùng các đường đặc tính tác động gồm từ những đường đặc tính tuyến tính. Vì rằng những đặc điểm tính tổ hợp tạo nên từ những đường đặc tính vòng không thể trùng thật khít được với tứ giác sự cố, tức là có thể xảy ra là : ở toàn vùng tác động có thể có những khu vực ngoài tứ giác sự cố và do đó những khu vực nằm ngoài này sẽ không tương ứng với sự ngắn mạch trên đường dây được bảo vệ.

Nếu các đường đặc tính thành phần càng đơn giản thì các đường đặc tính tổ hợp được tạo bởi các đường đặc tính này cũng đơn giản, do đó có thể thực hiện bảo vệ qua trung gian so sánh biên độ hay qua trung gian kiểm tra lệch pha. Do vậy, như đã biết, với những số liệu được công bố trong các tài liệu chuyên ngành (*), cho ta thấy rằng : đối với các rơle điện tử, người ta thích dùng bộ phát hiện pha, vì bộ phát hiện pha cho phép thực hiện dễ dàng đối với những rơle có đường đặc tính tổ hợp. Ưu điểm này sẽ được trình bày rõ hơn khi phân tích sự thực hiện các đặc tính tác động tổ hợp có hình đa giác. Thêm vào đó, do phẩm chất ưu việt của các phần tử chuyển mạch nên các transistor có thể đảm bảo các điều kiện thật tốt trong việc kiểm tra sự lệch pha.

Thông thường, ta muốn rằng chiều dài của vùng AB (hình 9.31a) phải rất gần với chiều dài của toàn bộ đường dây L-1 cần được bảo vệ. Nhưng, trong thực tế thì chiều dài của vùng A-B (là vùng I của đường đặc tính thời gian theo cấp - hình 9-33b) chỉ biểu thị 80-90% chiều dài của đường dây. Điều này đưa đến ưu điểm là để tránh một số tác động không chọn lọc của bảo vệ 1 khi sự cố xuất hiện ở điểm bắt đầu của đường dây L-2 (tác động do sai số của rơle tổng trở). Thật vậy, nếu vùng AB (được tác động nhanh của bảo vệ 1) sẽ kéo dài đến thanh góp C, thì khi sự cố tại K rất gần thanh góp C, sai số đo lường của rơle 1 có thể đưa đến tác động không chọn lọc; cụ thể là : rơle bảo vệ 1 khi đo tổng trở của mình để tác động thì sẽ có một sai số đo lường, và chính sai số đo lường đó làm cho cả hai bảo vệ 1 và 2 sẽ tác động nhanh và sẽ đưa đến khả năng mở máy cắt điện của đường dây L-1 trước khi mở máy cắt điện của đường dây L-2. Như vậy, tức là đã làm ngưng một cách vô ích sự làm việc của đường dây L-1 và dẫn đến làm ngừng cung cấp điện cho thanh góp C. (Trong khi ta muốn : nếu sự cố ngắn mạch K thì chỉ có rơle 2 sẽ tác động mà thôi, đường dây L-2 ngừng cung cấp, song các hộ tiêu thụ được nối với thanh góp C vẫn được cung cấp điện từ đường dây L-1).

Những sự cố xuất hiện trên đoạn BC của đường dây L-1 cũng sẽ được loại ra nhờ sự trì hoãn của rơle 1 với một thời gian trì hoãn là t_{aII} của nấc 2 (đường đặc tính thời gian hình 9.33b). Sự kiện này là nhược điểm của bảo vệ khoảng cách so với bảo vệ thông qua tần số cao.

Đồng thời, do đặc tính thời gian theo từng nấc như hình 9.33b, nên bảo vệ khoảng cách còn có ưu điểm như một phần tử bảo vệ dự trữ có thời gian trì hoãn cho đường dây bên cạnh.

Thật vậy, như trường hợp ngắn mạch ở K, nếu sự cố không được loại ra nhanh bởi bảo vệ 2 của đường dây tương ứng (L-2) thì rơle 1 sẽ tác động sau thời gian trì hoãn t_{aII}. Như vậy, rơle khoảng cách Z1 đã tác động sau một thời gian trì hoãn đối với các sự cố xuất hiện ở bên ngoài đường dây được đặt bảo vệ (đường dây AB).

9.13.1. Các phương trình cơ bản của đường đặc tính tác động bảo vệ ở khoảng cách.

Các phương trình ứng với các đường đặc tính tác động của phần tử đo lường và của bảo vệ khoảng cách được phân tích trong rất nhiều tài liệu chuyên ngành.

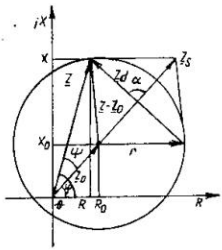
(*) Theo tài liệu : Hamilton JI-Legg. M Patrickson-JB.Application of transistor techniques to relays and protection for power systems,Proceedings of the I.E. E Londra, 114, n^2. 2.1977.

Ở đây chúng tôi xin trình bày các phương trình đặc tính tác động hình vòng và tuyến tính, đơn giản và tổ hợp của các phần tử đo lường và của bảo vệ khoảng cách. Sự thực hiện của phần tử này vừa theo phương pháp so sánh biên độ, vừa theo phương pháp kiểm tra lệch pha.

Đặc tính hình vòng bất kỳ : hình 9-33a giới thiệu đặc tính này trong mặt phẳng của tổng trở. Ở giới hạn tác động sẽ xảy ra sự cân bằng (tức là khi vectơ phức Z của tổng trở đo được của rơle có đỉnh nằm trên đường đặc tính), ta có :

$$| \underline{Z} - \underline{Z}_o | = r \qquad (9\text{-}21)$$

Ở đây $\underline{Z}_o$ – là vectơ phức, xác định tâm của vòng tròn, r – bán kính của vòng tròn.



Hình 9-33a

Ta nhân với I (dòng điện đo được của rơle) ở cả hai vế của phương trình (9.21) ta được :

$$| \underline{Z}\,\underline{I} - \underline{Z}_o\,\underline{I} | = | r\underline{I} | \qquad (9\text{-}22)$$

Vì : $\underline{I} = \underline{U}$ (9-23)

($\underline{U}$ là điện áp đo được của rơle), ta được :

$$| \underline{U} - Z_o\,\underline{I} | = | r\,\underline{I} | \qquad (9\text{-}24)$$

Rơle tổng trở là rơle cực tiểu, vùng tác động ở bên trong đường đặc tính vòng, điều kiện tác động – (bao gồm cả giới hạn tác động) sẽ có dạng :

$$| \underline{Z} - \underline{Z}_o | \le r, \qquad (9\text{-}25)$$

tương ứng, ta có :

$$| \underline{U} - \underline{Z}_o\,\underline{I} | \le | r\,\underline{I} | \qquad (9\text{-}26)$$

Dựa trên cơ sở của quan hệ (9-26), ta có thể thực hiện những rơle tổng trở với đặc tính vòng bất kỳ, làm việc trên nguyên tắc so sánh các biên độ. Thật vậy, dòng điện $\underline{I}$ chạy qua tổng trở Z_o sẽ xác định điện áp giáng $\underline{Z}_o\,\underline{I}$. Sau khi thực hiện hiệu vectơ $| \underline{U} - \underline{Z}_o |$ (như đã biết, thì cần thiết dùng rơle có hướng để thực hiện sự so sánh lệch pha), điện áp kết quả lại được chỉnh lưu và so sánh với giá trị điện áp đã được chỉnh lưu $r\,\underline{I}$. Còn đối với $r\underline{I}$, ta sẽ có được bằng cách cho dòng điện $\underline{I}$ đi qua điện trở có giá trị r. Hình 9-34 làm rõ trường hợp tác động, khi đó đỉnh của vectơ phức $\underline{Z}$ ở trong đường đặc tính tác động và quan hệ (9-25) được thỏa mãn.

Quan hệ (9-21) xác định giới hạn tác động và có thể được đặt dưới một dạng khác. Thật vậy, với cách ký hiệu như ở hình (9-33), ta có :

$$\underline{Z} = Z \angle \varphi = R + jX \qquad (9\text{-}27)$$

$$\underline{Z}_o = \underline{Z_o}\angle\theta = R_o + jX_o \qquad (9\text{-}28)$$

$$\Psi = \varphi - \theta \qquad (9\text{-}29)$$

Nâng bình phương biểu thức (9.21) ta được :

$$| Z - Z_o |^2 = r^2$$

tương ứng : $\underline{Z}^2 - \underline{Z}_o^2 - 2Z\,Z_o \cos\Psi = r^2 \qquad (9\text{-}30)$

Hay từ quan hệ các tam giác tổng trở : (9-27), (9-28) và góc (9-29), quan hệ (9-30) sẽ trở thành :

$$R^2 + X^2 + R_o^2 + X_o^2 - 2\,\underline{Z}\underline{Z}_o \cos(\varphi - \theta) = r^2$$

Tức là : $R^2 + X^2 + R_o^2 + X_o^2 - 2\,ZZ_o \cos\varphi \cos\theta - 2\,ZZ_o \sin\varphi \sin\theta = r^2$ (9-31) Vì rằng :

$$\underline{Z}\cos\varphi = R$$

$$\underline{Z}\sin\varphi = X$$

$$\underline{Z}_o \cos\theta = R_o$$

$$\underline{Z}_o \sin\theta = X_o$$

Do đó (5-34) trở thành :

$$(R^2 + X_o^2 + R_o^2 + X_o^2 - 2RR_o - 2XX_o) = r^2$$

tương ứng ta được :

$$(R - R_o)^2 + (X - X_o)^2 = r^2 \qquad (9\text{-}32)$$

tức là ta được phương trình vòng tròn trong tọa độ đê-cát. Như vậy, ở giới hạn tác động, đã xảy ra sự cân bằng (quan hệ 9-21), và các vectơ phức :

– tổng $\underline{Z}_s = (Z - Z_o) + r$ (9-33)

và – hiệu $\underline{Z}d = (Z - Z_o) - r$ (9-34)

sẽ làm thành 1 góc $\alpha = 90^o$ (hình 9-33)

Ở trường hợp tác động và quan hệ (9-25) được thỏa mãn như ở hình (9-34) thì ta sẽ có quan hệ :

$$\alpha > 90^o.$$

Ở trường hợp không thỏa mãn điều kiện tác động thì ta sẽ có :

$$\alpha < 90^o$$

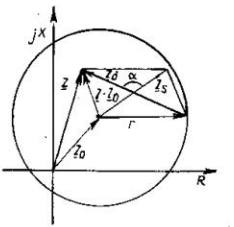
Từ (9-33) và (9-34) ta nhân với dòng điện I, ta sẽ được :

$$\underline{U}_s = \underline{Z}_s \underline{I} = (\underline{Z} - \underline{Z}_o)\underline{I} + r\underline{I} = -\underline{Z}_o\underline{I} + r\underline{I} + \underline{Z}\underline{I}$$

$$= \underline{U} - \underline{Z}_o\underline{I} + r\underline{I} \qquad (9\text{-}35)$$

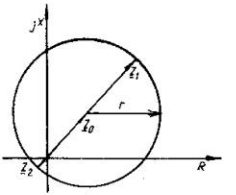
$$U_d = \underline{Z}d\underline{I} = (\underline{Z} - \underline{Z}_o)\underline{I} - r\underline{I} = \underline{Z}\underline{I} - \underline{Z}_o\underline{I} - r\underline{I}$$

$$= \underline{U} - \underline{Z}_o I - r\underline{I} \qquad (9\text{-}36)$$



Hình 9-34.

Những pha $\underline{U}_s$ và $\underline{U}_d$, được xác định bởi (9-35) và (9-36) cũng là kết quả từ (9-24) bằng cách thực hiện tổng và hiệu của các pha $\underline{U} - \underline{Z}_o\underline{I}$ và $r\underline{I}$. Rõ ràng muốn biết trường hợp rơle có tác động hay không ta kiểm tra sự lệch pha α giữa $\underline{U}_s$ và $\underline{U}_d$. Ở một số tài liệu, đặc tính vòng bất kỳ không được định nghĩa thông qua $\underline{Z}_o$ và r, mà thông qua vectơ phức $\underline{Z}_1$ và $\underline{Z}_2$ (hình 9-22) :



Hình 9-35

Ở đây : $|\,\underline{Z}_1 - \underline{Z}_2\,| = 2r$

$$r = \frac{|\,\underline{Z}_1 - \underline{Z}_2\,|}{2} \qquad (9\text{-}37)$$

Và $\underline{Z}_o = \dfrac{\underline{Z}_1 - \underline{Z}_2}{2}$ (9-38)

Đặc tính vòng thực hiện cho đi qua gốc

Ta hãy nghiên cứu vị trí tâm của đường đặc tính vòng xác định thông qua vectơ phức : $\underline{Z}_o$ (hình 9-36). Sự giới hạn tác động khi vectơ phức của tổng trở (do rơle $\underline{Z}$ đo được) có đỉnh nằm trên đường đặc tính, tương ứng với điều kiện :

$$| \underline{Z} - \underline{Z}_o | = | \underline{Z}_o | \quad (9\text{-}39)$$

Còn điều kiện tác động, khi vectơ phức $\underline{Z}$ có đỉnh nằm ở trong vòng tròn tác động, được xác định bởi bất đẳng thức

$$| \underline{Z} - \underline{Z}_o | < | \underline{Z}_o | \quad (9\text{-}40)$$

Phù hợp với hình (9-37). Hãy nhân quan hệ (9-39) với dòng điện $\underline{I}$, ta sẽ nhận được điều kiện :

$$| \underline{Z}\,\underline{I} - \underline{Z}_o\,\underline{I} | = | \underline{Z}_o\,\underline{I} |,$$

với $\underline{Z}\,\underline{I} = \underline{U}$,

($\underline{U}$ là điện áp mà rơle đo được). Để giới hạn tác động, ta có quan hệ :

$$| \underline{U} - \underline{Z}_o\,\underline{I} | = | \underline{Z}_o\,\underline{I} | \quad (9\text{-}41)$$

Rơle sẽ tác động (bao hàm cả khi ở giới hạn) nếu xảy ra điều kiện :

$$| \underline{U} - \underline{Z}\,\underline{I} \leq \underline{I}\,\underline{Z}_o\,\underline{I} | \quad (9\text{-}42)$$

Rơle sẽ không tác động khi bất đẳng thức có dạng sau đây được thỏa mãn :

$$| \underline{U} - \underline{Z}_o\,\underline{I} | > | \underline{Z}_o\,\underline{I} | \quad (9\text{-}43)$$

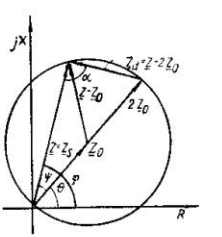
Trên cơ sở của các quan hệ (9-42) và (9-43) thông qua sự so sánh các biên độ làm trung gian, ta có thể thực hiện các rơle với đặc tính vòng đi qua các góc (giống như các rơle đã đề cập ở trên đối với trường hợp đường đặc tính vòng không đi qua gốc).

Để thực hiện đường đặc tính của hình 9-36, thông qua sự kiểm tra lệch pha, xuất phát từ quan hệ (9-39), ta xây dựng những vectơ phức :

tổng : $\underline{Z}_s = (\underline{Z} - \underline{Z}_o) + \underline{Z}_o = \underline{Z}$

và hiệu : $\underline{Z}\,d = (\underline{Z} - \underline{Z}_o) - \underline{Z}_o = \underline{Z} - 2\underline{Z}_o$ (9-45)

Ta thấy rằng : ở trường hợp giới hạn tác động, góc giữa những vectơ phức $\underline{Z}_s$ và $\underline{Z}_d$ có giá trị là α (hình 9-36)



Hình 9-36

$$\alpha = 90^o$$

Ở trường hợp thỏa mãn điều kiện tác động (hình 9-37), ta có :

$$\alpha > 90^o$$

Còn ở trường hợp điều kiện tác động hay giới hạn tác động không được thỏa mãn, thì ta có :

$$\alpha < 90^o$$

Tức là, đặc tính vòng đi qua gốc có thể được thực hiện bằng cách kiểm tra sự lệch pha α (so với giá trị 90^0) giữa các pha $\underline{U}_s$ và $\underline{U}_d$. Các giá trị này là từ các biểu thức (9-44) và (9-45) nhân với dòng điện $\underline{I}$.

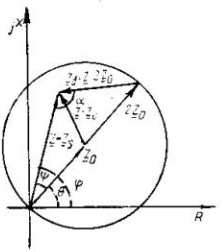
$$\underline{U}_s = \underline{Z}_s \underline{I} = \underline{Z}\underline{I} = \underline{U} \quad (9\text{-}46)$$

$$\underline{U}_d = \underline{Z}_d\underline{I} = \underline{Z}\underline{I} - 2\underline{Z}_o \underline{I} = \underline{U} - 2\underline{Z}_o \underline{I} \quad (9\text{-}47)$$

** Đặc tính vòng với tâm nằm trên trục thực :*

Ta ghi : R_o là hoành độ của tâm và r là bán kính của vòng tròn (hình 9-38). Ở giới hạn của tác động sẽ xảy ra :

$$| Z - R_o | = r \quad (9\text{-}48)$$



Hình 9-37

Ở trường hợp thỏa mãn điều kiện tác động, ta sẽ nhận được bất đẳng thức sau (hình 9-39) (đó là khi vectơ phức Z có đỉnh nằm trong vòng tròn);

$$| \underline{Z} - R_o | < r$$

Như vậy rơle sẽ tác động (bao gồm cả trường hợp giới hạn), khi xảy ra điều kiện sau :

$$| \underline{Z} - R_o | \leq r \quad (9\text{-}49)$$

và rơle sẽ không tác động, nếu :

$$| \underline{Z} - R_o | > r$$

Nhân quan hệ (9-48) với I, ta nhận được :

$$| \underline{Z}\,\underline{I} - R_o \underline{I} | = | r \underline{I} | \quad (9\text{-}50)$$

tương ứng

$$| \underline{U} - R_o \underline{I} | = | r \underline{I} |$$

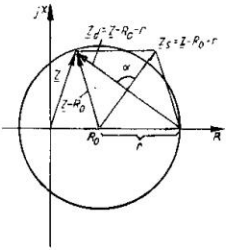
tức là, rơle sẽ tác động bao gồm cả ở khi giới hạn, nếu :

$$| \underline{U} - R_o \underline{I} | \leq | r \underline{I} | \quad (9\text{-}51)$$

và sẽ không tác động, nếu :

$$| \underline{U} - R_o \underline{I} | > | r \underline{I} | \quad (9\text{-}52)$$

Trên cơ sở các quan hệ (9-51) và (9-52) ta có thể thực hiện những rơle với các đặc tính vòng tròn mà tâm nằm trên trục thực (qua trung gian so sánh một số biên độ).



Hình 9-38

Để thực hiện những đặc tính này thông qua kiểm tra lệch pha, xuất phát từ quan hệ (9-48), ta xây dựng được những vectơ phức :

tổng : $\underline{Z}_s = \underline{Z} - R_o + r \quad (9\text{-}53)$

hiệu : $\underline{Z}d = \underline{Z} - R_o - r \quad (9\text{-}54)$

Chúng ta thấy rằng : ở trường hợp giới hạn tác động (hình 9-38) ta nhận được giữa những vectơ phức nay một góc :

$$\alpha = 90^o$$

Còn ở trường hợp tác động, (hình 5-29), ta có :

$$\alpha > 90^o$$

Ở trường hợp rơle không tác động, ta sẽ nhận được :

$$\alpha < 90^o$$

Đặc tính vòng với tâm trên trục thực có thể nhận được thông qua sự lệch pha α (so với giá trị 90^o) giữa các pha :

$$\underline{U}_s - \underline{Z}_s \underline{I} = \underline{Z} \underline{I} - R_o \underline{I} + r \underline{I} = U - (R_o - r) I \qquad (9\text{-}55)$$

và $$\underline{U}_d = \underline{Z}_d \underline{I} = \underline{Z} \underline{I} - R_o \underline{I} - r \underline{I} = \underline{U} - (R_o + r) \underline{I} \qquad (9\text{-}56)$$

Các biểu thức (9-55) và (9-56) là do các biểu thức (9-53) và (9-54) nhân với dòng điện I.

** Đặc tính vòng với tâm tại gốc.*

Ở trường hợp này, phương trình tương ứng với giới hạn tác động (hình 9-40) có thể nhận được từ quan hệ (9-48), trong đó, ta đưa vào :

$$R_o = 0$$

Do vậy, ta được $| \underline{Z} | = r \qquad (9\text{-}57)$

Còn đối với điều kiện tác động hình (9-41) ta được :

$$| \underline{Z} | < r$$

Tức là rơle sẽ tác động (bao gồm cả trường hợp giới hạn tác động) khi :

$$| \underline{Z} | \leq r \qquad (9\text{-}58)$$

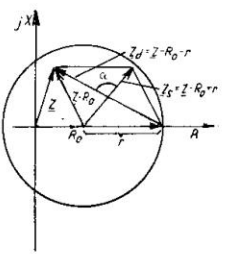
Rơle sẽ không tác động khi :

$$| \underline{Z} | > r$$

Nhân quan hệ (9-57) với dòng điện I, ta được :

$$| \underline{Z} \underline{I} | = | r \underline{I} |$$

Tương ứng $| \underline{U} | = | r \underline{I} | \qquad (9\text{-}59)$



Hình 9.39

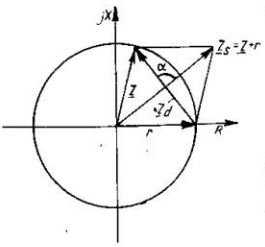
Do đó điều kiện tác động (bao hàm cả trường hợp giới hạn được xác định bởi :

$$| \underline{U} | \leq r \underline{I} \qquad (9\text{-}60)$$

Sự tác động sẽ không xảy ra, nếu có bất đẳng thức

$$| \underline{U} | > r \underline{I} \qquad (9\text{-}61)$$

Trên cơ sở những quan hệ (9-60) và (9-61), ta có thể thực hiện rơle tổng trở với đường đặc tính vòng mà tâm đặt tại gốc thông qua trung gian bộ so sánh biên độ.



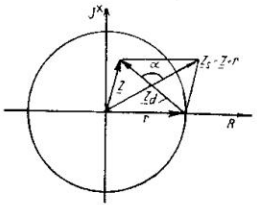
Hình 9-40

Đặc tính tác động của hình (9-40), tương tự có thể có thông qua kiểm tra lệch pha giữa các pha U_S và U_d.

Để có điều kiện tác động, xuất phát từ (9-57) ta dựng được những vectơ phức :

$$\underline{Z} = \underline{Z} + r$$

và $$\underline{Z}_d = \underline{Z} \mid r \quad (9\text{-}63)$$



Hình 9-41

Ta thấy rằng : ở trường hợp giới hạn tác động (hình 9-40), góc α giữa các vectơ này có giá trị :

$$\alpha = 90^o$$

Còn ở trường hợp thỏa mãn điều kiện tác động (hình 9-41) ta có :

$$\alpha > 90^o$$

Ở trường hợp không thỏa mãn điều kiện tác động, rơle sẽ không tác động, khi đó :

$$\alpha < 90^o$$

Do vậy, những rơle tổng trở với đặc tính vòng mà tâm nằm ở gốc, có thể thực hiện thông qua việc kiểm tra sự lệch pha, so với giá trị 90^o, giữa các pha :

$$\underline{U}_s = \underline{Z}_s \underline{I} = \underline{Z} \underline{I} + r \underline{I} = \underline{U} + r \underline{I} \quad (9,64)$$

$$\underline{U}_d = \underline{Z}_d \underline{I} = \underline{Z} \underline{I} - r \underline{I} = \underline{U} - r \underline{I} \quad (9\text{-}65)$$

Ta có các biểu thức (9-64) và (9-65) là do ta nhân (9-62) và (9-63) với dòng điện $\underline{I}$.

Đặc tính tuyến tính :

Ta có thể định nghĩa như sau : Một đường đặc tính tuyến tính là một đường thẳng, thẳng góc với một vectơ phức xuất phát từ gốc của mặt phẳng phức, vectơ phức này được ký hiệu sau :

$$R_{oe}^{-j\theta}$$

Do vậy, ở trường hợp giới hạn tác động, sẽ xảy ra đẳng thức sau :

$$\mid \underline{Z} \mid = \mid \underline{Z} R_{oe}^{-j\theta} \mid, \quad (9\text{-}66)$$

Còn ở trường hợp vectơ phức của tổng trở đo rơle Z đo được, có đỉnh của nó nằm trong vùng tác động (chú ý : gốc vectơ luôn luôn nằm tại gốc của mặt phẳng phức và rơle tổng trở là rơle cực tiểu) sẽ xảy ra :

nếu $\mid \underline{Z} \mid < \mid Z - 2R_{oe}^{-j\theta} \mid$

Rơle sẽ tác động (bao gồm cả trường hợp giới hạn tác động) nếu :

$$\mid \underline{Z} \mid \leq \mid Z - 2R_{oe}^{-j\theta} \mid$$

và rơle sẽ không tác động, nếu :

$$\mid Z \mid > \mid Z - 2R_{oe}^{-j\theta} \mid \quad (9\text{-}68)$$

Ta nhân với dòng điện $\underline{I}$, quan hệ (9-66) sẽ trở thành :

$$\mid \underline{Z} \underline{I} \mid = \mid \underline{Z} \underline{I} - 2R_{oe}^{-j\theta} \mid$$

Tương ứng :

$$\mid \underline{U} \mid = \mid \underline{U} - 2R_{oe}^{-j\theta} \mid \quad (9\text{-}69)$$

Tức là : sự tác động của rơle sẽ xảy ra (bao gồm cả khi giới hạn) nếu :

$$\mid \underline{U} \mid = \leq \mid \underline{U} - 2R_{oe}^{-j\theta} \mid \quad (9\text{-}70)$$

Sự tác động của rơle sẽ không xảy ra, nếu

$$| \underline{U} | > | \underline{U} - 2R_0 I e^{-j\theta} | \qquad (9\text{-}71)$$

Trên cơ sở của các quan hệ (9-70) và (9-71) ta có thể tạo nên những rơle thực hiện đặc tính tác động tuyến tính (thông qua trung gian so sánh các biên độ).

Để nhận được phương trình đặc tính tuyến tính, xác định qua trung gian kiểm tra lệch pha, ta xây dựng những vectơ phức xuất phát từ quan hệ (9-66).

$$\underline{Z}_s = \underline{Z} + (\underline{Z} - 2R_0 e^{-j\theta}) = 2\underline{Z} - 2\, R_0 e^{-j\theta} \qquad (9\text{-}72)$$

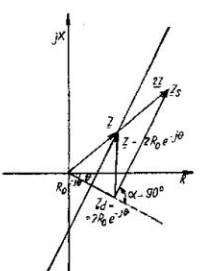
và $$\underline{Z}_d = \underline{Z} - (\underline{Z} - 2R_0 e^{-j\theta}) = 2\, R_0 e^{-j\theta} \qquad (9\text{-}73)$$

Ta thấy rằng : ở trường hợp giới hạn tác động (hình 9-42) ta sẽ nhận được giữa những vectơ phức này một góc α

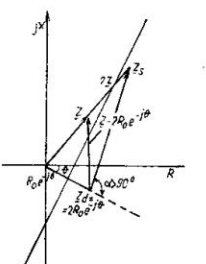
$$\alpha = 90^o$$

Còn ở trường hợp rơle thỏa mãn điều kiện tác động (xem hình (9-43), ta được

$$\alpha > 90^o$$



Hình 9-42



Hình 9-43

Ở trường hợp rơle không tác động ta sẽ có :

$$\alpha < 90^o$$

Rơle với những đường đặc tính tuyến tính có thể thực hiện thông qua sự kiểm tra lệch pha α (so với giá trị 90^o) giữa các pha.

$$\underline{U}_s = \underline{Z}_s \underline{I} = (2\underline{Z} - 2R_0 e^{-j\theta})\, I = 2\underline{Z}\underline{I} - 2R_0 I e^{-j\theta} = 2\underline{U} - 2R_0 \underline{I} e^{-j\theta} \qquad (9\text{-}74)$$

và $$\underline{U}_d = \underline{Z}_d \underline{I} = 2R_0 \underline{I} e^{-J\theta} \qquad (9\text{-}75)$$

Những quan hệ (9-74) và (9-75) có được là do từ các quan hệ (9-72) và (9-73) ta nhân với dòng điện I.

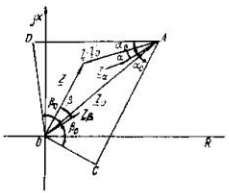
* *Các đường đặc tính tổ hợp đa giác.*

Đặc tính tác động đa giác bao gồm từ nhiều đặc tính tuyến tính. Ta có thể có đặc tính tổ hợp đa giác bằng cách sử dụng nhiều phần tử với các đặc tính tuyến tính, được thực hiện thông qua trung gian so sánh biên độ và có ngõ ra được nối đến mạch logic

"VÀ". Một đặc tính đa giác loại bốn cạnh (hình 9-44) cần phải có bốn rơle với đặc tính tuyến tính, các ngõ ra của nó lại được nối đến mạch logic "VÀ". Vùng tác động nằm ở bên trong của hình tứ giác, và là kết quả sự giao nhau của những vùng tác động được xác định bởi bốn đặc tính tuyến tính này.

Song, cùng đặc tính đa giác, ta cũng có thể thực hiện được một cách đơn giản thông qua trung gian kiểm tra lệch pha và sử dụng chỉ hai phát hiện pha, các ngõ ra sẽ nối mạch "VÀ" (*)

Như vậy, để kiểm tra : vectơ phức của tổng trở (do rơle Z đo được) có đỉnh nằm trong vùng tác động trong tứ giác OCAD (hình 9-44) thì phải kiểm tra đồng thời góc β (giữa vectơ phức Z và vectơ phức chuẩn Zβ phân góc DOC làm hai phần β_0 bằng nhau) như hình (9-44) phải nhỏ hơn góc β_o, và góc α (góc giữa vectơ phức Z - Z_0 và vectơ phức Z_α phân góc DAC làm hai phần α_0 bằng nhau) phải nhỏ hơn góc α_o.



Hình 9-44

Như vậy, muốn vectơ phức của tổng trở có đỉnh nằm trong vùng tác động trong tứ giác OCAD thì phải thỏa mãn đồng thời hai bất đẳng thức sau :

$$\beta < \beta_0 \qquad (9\text{-}76)$$

và $$\beta < \alpha_0 \qquad (9\text{-}77)$$

Một cách tương tự, chúng ta có thể nhận được những đặc tính tổ hợp khác nhau tạo nên từ nhiều đặc tính vòng hay tuyến tính, hoặc từ nhiều tổ hợp của chúng, đồng thời cũng có thể nhận từ nhiều loại đường đặc tính khác (ví dụ elíp, parabôn hay hypecbon v.v...). Ở một số tài liệu khác (**), ta có thể tìm thấy phương trình của những đặc tính tác động hình côn v.v...

Như đã biết, việc xử dụng bộ phát hiện pha để có được một đường đặc tính tổ hợp sẽ có ưu điểm là : thay vì ta phải có nhiều phần tử đo lường (mỗi phần tử có hai tín hiệu ngõ vào) với các ngõ ra của các phần tử này sẽ được nối nhau theo mạch logic "VÀ" hay "HOẶC", thì ta có thể sử dụng chỉ một bộ phát hiện pha có nhiều tín hiệu của ngõ vào ma cuối cùng chúng ta cũng sẽ nhận được cùng một đường đặc tính như đã nêu trên.

9.13.2. Rơle khoảng cách dùng transistor, thực hiện trên nguyên tắc cộng.

Rơle này đã được giáo sư C.Penescu (***) nghiên cứu và thực hiện.

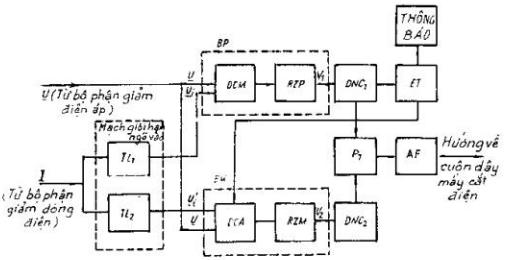
** Sơ đồ của những phần tử :* Sơ đồ những phần tử của rơle còn gọi là sơ đồ các khối, được giới thiệu ở hình 9-45. Ở ngõ vào của sơ đồ, ta đặt ở điện áp U (từ một máy hạ áp), tỉ lệ với điện áp của đường dây được bảo vệ và dòng điện I, tỉ lệ với dòng điện của đường dây. Thông qua trung gian của máy biến phụ giới hạn TL_1 và TL_2 ta nhận được điện áp U_i và U_i' tỉ lệ với dòng điện đi vào. Những máy biến TL_1 và TL_2 làm việc trong chế độ của máy biến dòng, điện áp U_i và U_i' và nhận được từ những cực của 1 điện trở phụ tải có

(*) Theo tài liệu "Nouvelles possibilités offertes par les circuits transistorisés en protection de distance-Rapport no 309 1984 Giot-C-Merchal, G.Vasquez.

(**)Ở tài liệu, Static and semi - static conic distance relays Parthasarathy, K. Electr. Times 148N 4.1965.

(***)Theo tài liệu : Un relais de distance à transistor avec caractéristique universelle. CIGRE Rapport-N 317. 1984.

giá trị rất bé được nối vào mạch thứ cấp của máy biến TL_1 và TL_2. Hai máy biến này làm việc ở chế độ tuyến tính cho đến giá trị tương ứng với đỉnh của vectơ tổng trở (do rơle Z đo được) nằm ở bên trong đường đặc tính tác động của vùng I. Sau đó, máy biến đi vào vùng bão hòa để giới hạn điện áp U_i và U_i' áp dụng cho sơ đồ điện tử nằm phía sau nó, nhằm mục đích bảo vệ transistor trong sơ đồ.



Hình 9-45

Khối khởi động BP gồm bộ phận chuyển mạch bằng tay DCM để điều chỉnh giá trị tổng trở khởi động, và một rơle tổng trở cực tiểu để khởi động RZP. (RZP là phần tử khởi động). Phần tử này có đường đặc tính elip với một tiêu điểm nằm tại gốc, phương trình đặc tính tác động có biểu thức :

$$K_i U_i + K_P U \cos\varphi + K_Q U \sin\varphi - K_u U = 0 \qquad (9\text{-}78)$$

Ở đây : φ là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện của đường dây.

K_i, K_P, K_Q, K_u - là những hệ số phụ thuộc vào thông số của elip.

Mỗi một trong bốn số hạng của phương trình (9-78) có được nhờ một phần tử riêng biệt; một dòng điện tỉ lệ với một số hạng tương ứng sẽ chạy qua phần tử riêng biệt này. Một bộ khuếch đại thuật toán sẽ thực hiện tổng đại số các dòng điện nói ở trên.

Khi đỉnh vectơ phức của tổng trở, đo được bởi rơle Z, nằm ở bên ngoài của đường đặc tính elip, thì điện áp ra V_1 của phần tử khởi động RZP sẽ bé hơn giá trị ngưỡng mở V_{1d} cần thiết để điều khiển bộ phát hiện mức tới hạn DNC_1, bộ DNC_1 thực hiện trên cơ sở một mạch bấp bênh loại Schmitt.

Nếu đỉnh vectơ phức Z ở bên trong của đường đặc tính elip, tức là trong vùng tác động, vậy ta sẽ nhận được :

$$V_1 > V_{1d}$$

và phần tử DNC_1 sẽ bấp bênh.

Khối đo lường BM (hình 9-45) gồm có một bộ phận chuyển mạch tự động DCA, phần tử thời gian ET điều khiển chuyển mạch, và rơle tổng trở cực tiểu để đo RZM. RZM biểu thị phần tử đo lường. Phần tử thời gian ET bắt đầu làm việc khi nhận tín hiệu từ bộ phát hiện DNC_1 đưa đến, tức là : do có tác động của phần tử khởi động RZP.

Phần tử đo lường RZM có đường đặc tính vòng tròn đi qua gốc tọa độ, phương trình của nó có dạng : (*)

$$K_p' U_i' \cos \varphi - K_Q U_i \sin \varphi - K_u U = 0 \qquad (9\text{-}79)$$

Ở đây : φ - là sự lệch pha giữa điện áp và dòng điện đường dây.

U_i' - điện áp tỉ lệ với dòng điện đường dây.

$K_P' K_Q' K_u'$ - hệ số tỉ lệ, phụ thuộc vào vị trí của tâm vòng tròn.

Thật vậy, xuất phát từ phương trình (9-41) của đặc tính vòng đi qua gốc tọa độ, ta nâng lên bình phương cả hai vế, ta được :

$$U^2 + Zo^2 I^2 - 2UZo\, Icos\, \widehat{(\underline{U}, \underline{ZoI})} = Zo^2 I^2,$$

tương ứng :

$$U^2 - 2UZo\, I \cos \widehat{(U, ZoI)} = 0$$

hay $\quad U - 2ZoIcos\, (\underline{U}, \underline{Zo}\, I) = 0 \qquad (9\text{-}80)$

Sự lệch pha giữa các pha $\underline{U}$= $\underline{Z}$ $\underline{I}$ và $\underline{Zo}$ $\underline{I}$ sẽ bằng với góc giữa vectơ phức $\underline{Z}$ và $\underline{Zo}$ (hình 9-36) và hình (9-37). Chúng ta ký hiệu θ là góc làm bởi vectơ phức $\underline{Zo}$ với trục thực, còn acgumen của vectơ phức Z bằng với sự lệch pha φ giữa dòng điện $\underline{I}$ và điện áp $\underline{U}$ vì rằng :

$$Z = \frac{\underline{U}}{\underline{I}},$$

do đó :

$$\widehat{(U, ZoI)} = \Psi = \varphi - \theta$$

và thay thế vào quan hệ (9-80), ta nhận được :

$$U - 2Zo\, Icos\, (\varphi - \theta\,) = U - 2ZoI \cos \varphi \cos \theta - 2Zo\, I \sin \varphi \sin\theta = 0 \qquad (9\text{-}81)$$

Chúng ta đặt : $U_i' = KI$,

(vì điện áp U_i' tỉ lệ với dòng I), tương ứng ta có

$$I = \frac{U_i'}{K}$$

Thay vào biểu thức (9.81) và đổi dấu, ta nhận được

$$\frac{2Zo \cos\theta}{K} U_i' \cos \varphi + \frac{2Zo \sin \theta}{K} U_i' \sin \varphi - U = 0 \qquad (9\text{-}82)$$

Rõ ràng, ta đã chứng minh được quan hệ (9-79). Mỗi một trong ba số hạng của phương trình (9-79) có một phần tử riêng biệt và sẽ có một dòng điện tỉ lệ với số hạng tương ứng đi qua phần tử này. Một bộ khuếch đại thuật toán thực hiện tổng đại số của các dòng điện đi ra. Điện áp ra V_2 của bộ khuếch đại thuật toán này đưa đến bộ phát hiện mức tới hạn DNC_2. Bộ DNC_2 thực hiện nhiệm vụ của mình nhờ một mạch bấp bênh loại Schmitt.

Khi vectơ phức $\underline{Z}$ có đỉnh nằm trong vùng tác động của đường đặc tính vòng của phần tử đo lường RZM, điện áp V_2 sẽ lớn hơn giá trị ngưỡng mở V_{2d} cần thiết để điều

(*) Theo tài liệu : Un relais de distance à transistor avec caracteristique universelle, CIGRE, Rapport N 317 1984.

khiển bộ phát hiện DNC_2, do đó : bộ DNC_2 bấp bênh. Nếu đỉnh của vectơ phức Z nằm ở bên ngoài đường đặc tính tác động, vậy thì ta có kết quả $V_2 < V_{2d}$, và bộ phát hiện DNC_2 không bấp bênh, tức là không truyền tín hiệu cho phần tử mạch cửa P_1. Phần tử P_1 là loại mạch cửa "VÀ".

Khi ngắn mạch trong vùng I của phần tử đo lường (ở đây bảo vệ khoảng cách làm việc theo nấc nhanh), như vậy sẽ tác động vừa đối với phần tử khởi động RZP và vừa đối phần tử đo lường RZM. Mạch cửa P_1 nhận cả hai tín hiệu đến. Do vậy, mạch này sẽ truyền tín hiệu cho khuếch đại cuối cùng AF, và bộ khuếch đại này điều khiển mở máy cắt điện đường dây.

Khi ngắn mạch ở ngoài vùng I của phần tử đo lường, nhưng lại trong vùng tác động của phần tử khởi động, thì rơle RZP và bộ phát hiện DNC_1 sẽ tác động, nhưng rơle RZM và bộ phát hiện DNC_2 sẽ không tác động. Bộ phát hiện DNC_1 sẽ điều khiển phần tử thời gian ET và đồng thời truyền tín hiệu đến một trong những ngõ vào của mạch cửa P_1, nhưng mạch P_1 này không làm việc, vì không nhận được tín hiệu thứ hai đưa đến ngõ vào của P_1. Phần tử thời gian ET sẽ điều khiển bộ phận chuyển mạch tự động DCA. Bộ phận DCA, sau một thời gian nhất định, sẽ làm biến đổi dần dần giá trị điều khiển của phần tử đo lường RZM, tương ứng với đường kính của đặc tính vòng đi qua gốc tọa độ sẽ tăng dần. Ở thời điểm khi một trong những đường đặc tính vòng đã lớn đến mức chứa được đỉnh của vectơ phức Z, hay nói một cách khác là : khi đó đỉnh của vectơ phức Z đã nằm phía trong đường đặc tính vòng mới này, thì phần tử đo lường RZM và bộ phát hiện DNC_2 sẽ tác động. Cửa P_1 sẽ nhận tín hiệu thứ hai đi đến ngõ vào, do đó bộ khuếch đại cuối cùng AF sẽ điều khiển mở máy cắt điện đường dây. Như vậy, việc loại vùng có sự cố ra khỏi mạch điện sẽ tiến hành với một thời gian trì hoãn được phần tử thời gian ET xác định. Điều này cho thấy rõ : khi ngắn mạch ở ngoài vùng I, tức là có khả năng ngắn mạch ở trong các vùng II, III v.v... nên cần phải sau một thời gian trì hoãn thì rơle bảo vệ ngắn mạch ở vùng I mới tác động . Do vậy nó còn là bảo vệ dự trữ có thời gian trì hoãn đối với vùng II, III, như vậy phù hợp với hình 9-33b.

Thời gian trì hoãn này biểu thị khoảng thời gian giữa lúc phần tử khởi động RZP tác động (RZP điều khiển phần tử thời gian đi vào làm việc) và lúc bộ phận DCA thực hiện chuyển mạch. Bộ DCA như đã nêu trên sẽ làm biến đổi dần dần giá trị điều chỉnh của RZM, tương ứng với việc tạo ra đường đặc tính vòng có đường kính lớn hơn để có thể chứa được đỉnh của vectơ phức Z.

Sau khi mở máy cắt điện và loại bỏ sự cố thì điện áp V_1 và V_2 sẽ triệt tiêu, còn phần tử thời gian ET sẽ trở về vị trí ban đầu.

* *Khối khởi động BP* : Ta sẽ thu được cả bốn số hạng của phương trình (9-78) nhờ các phần tử sau đây làm trung gian (hình 9-46a).

a) Bộ phát hiện pha với diod bố trí dạng hình xuyến DF-1 sẽ cho dòng điện Ip có biểu thức sau đây ở ngõ ra :

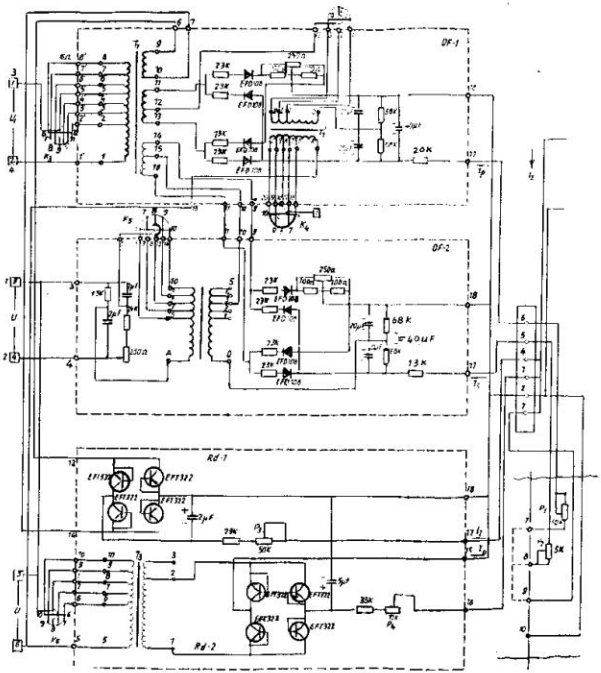
$$I_p = K_p, U\cos\varphi$$

b) Bộ phận phát hiện pha DF-2, thực hiện với sơ đồ diod hình xuyến sẽ cho một dòng điện I_Q có biểu thức sau :

$$I_Q = K_Q\, U \sin\varphi$$

c) Chỉnh lưu Rdl cho dòng điện I i đi qua

$$I_i = K_i \,.\, U_i$$



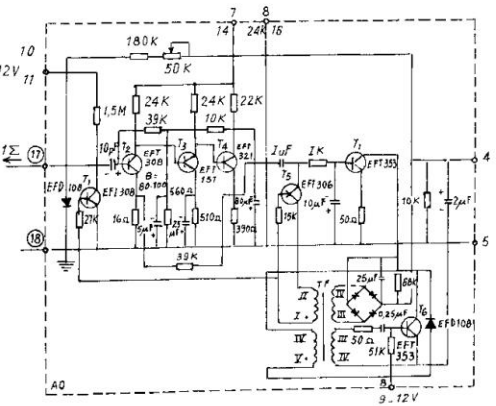
Hình 9.46a

d) Chỉnh lưu Rd-2 cho dòng điện I_u đi qua

$$I_u = K_u U \qquad (9\text{-}46b)$$

Bộ khuếch đại thuật toán AO (hình 9-46b) thực hiện với bộ ngắt quãng và có phản hồi âm đáng kể loại song song, thực hiện tổng đại số của dòng điện I_p, I_Q, I_i , I_u (với các tín hiệu được xác định bởi các tín hiệu của bốn số hạng của phương trình (9-78)). Để điện áp ngõ ra của bộ khuếch đại thuật toán tỉ lệ với tổng đại số của các dòng điện đã nêu trên, hồi tiếp được tính toán sao cho tổng trở ngõ vào của bộ khuếch đại phải rất bé và thuần trở, thông thường điện trở vào Ri có giá trị Ri < 400 Ω.

Transistor T_1 (của khối AO, hình 9-46b) biểu thị cho một ra bộ ngắt quãng của ngõ vào, và transistor T_5 biểu thị cho một bộ ngắt quãng của ngõ ra, sẽ nhận được những tín hiệu điều khiển của máy phát xung tạo nên từ transistor T_6 và máy biến T_f.



Hình 9.46b

Dòng điện một chiều I_Σ, biểu thị tổng đại số của các dòng điện I_P, I_Q, I_i, và I_u, được bộ ngắt quãng đầu tiên chuyển thành một đại lượng mẫu. Đại lượng mẫu được khuếch đại trong bộ khuếch đại của dòng điện xoay chiều gồm các transistor T_2, T_3, T_4. Transistor T_5 tạo trở lại tín hiệu một chiều, còn tầng T_7 đã được đưa vào để nhận được sự đảo ngược của pha và của đặc tính hồi tiếp âm của khuếch đại thuật toán.

Những giá trị của hệ số K_P, K_Q, K_i và K_u được biến đổi theo chiều mong muốn nhờ các chiết áp trung gian P_1, P_2, P_3, P_4.

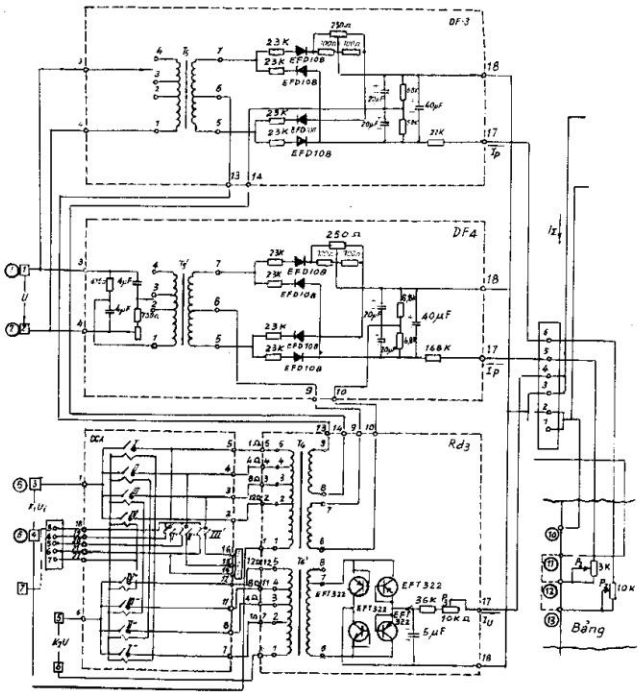
Nhằm mục đích sao cho ở đường dây với những giá trị khác nhau của tổng trở vẫn đảm bảo được khả năng sử dụng phần tử khởi động trong những điều kiện tương ứng, ta dự kiến những bộ chuyển mạch K_3, K_4,K_5 và K_6 (hình 9-46a), tạo nên bộ phận chuyển mạch bằng tay DCM (hình 9-45). Mỗi một bộ chuyển mạch được dự kiến với những vị trí đối với tổng trở của đường dây được bảo vệ và có giá trị 6, 7, 8, 9, 10, 11 và 12 Ω.

Khối đo lường BM :

Ta sẽ có cả ba số hạng của phương trình (9-79) qua trung gian của những phần tử sau : (hình 9-47a).

a) Bộ phận phát hiện pha với các diod bố trí hình xuyến DF-3, dòng điện I'_p ở ngõ ra có biểu thức sau :

$$I'_p = K'_p U'_i \cos \varphi$$



Hình 9-47a

b) Bộ phận phát hiện pha DF-4, thực hiện với sơ đồ bố trí diod theo hình xuyến, có dòng điện I_Q

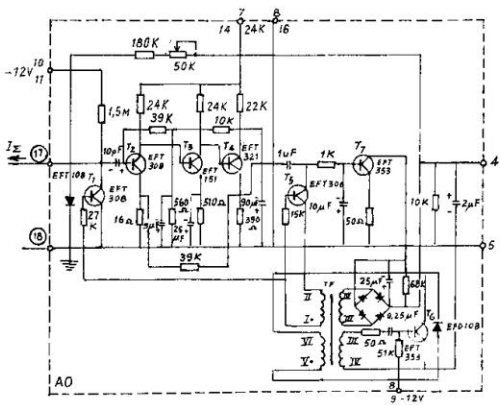
$$I_Q = K_Q U_i \sin \varphi$$

c) Chỉnh lưu Rd-3 có dòng điện :

$$I_u = K_u U$$

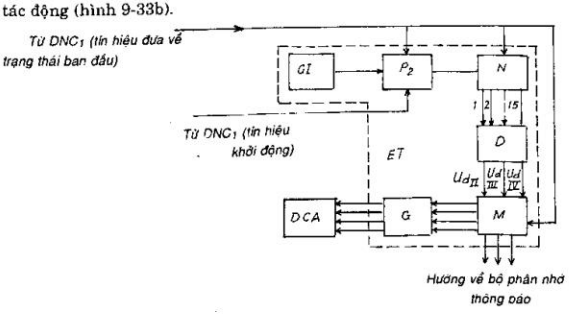
Bộ khuếch đại thuật toán AO ở hình (9-47b) thực hiện tổng đại số các dòng điện I_p I_Q I_u (với những tín hiệu là tín hiệu của ba số hạng của phương trình (9-79) của đường đặc tính vòng qua gốc tọa độ). Bộ phận chuyển mạch tự động DCA (hình 9-45 và hình 9-47a) được thực hiện với rơle tiếp điểm trong không khí sẽ tiến hành chuyển mạch và sẽ làm biến đổi dần dần đường đặc tính tác động của phần tử đo lường RZM cho phù hợp với đường kính đặc tính thời gian theo vùng tác động (hình 9-33b). Phần tử thời gian ET điều khiển rơle này (đã nêu ở trên).

Những giá trị của các hệ số K_p, K_Q và K_U sẽ điều chỉnh nhờ chiết áp P_1, P_3, P_3.



Hình 9.47b

Khi khối khởi động BP và bộ phát hiện mức tới hạn DNC_1 (hình 9-45) làm việc thì bộ phát hiện sẽ truyền một tín hiệu cho phần tử cửa P_2 (hình 9-48). Phần tử P_2 là một thành phần của phần tử thời gian ET. Ở đây, phần tử cửa P_2 cho phép những xung của máy phát xung GI chuyển đến bộ phận đếm N. Bộ phận đếm N có ba bộ chuyển mạch để thiết lập thời gian trì hoãn ở các nấc II, III, IV của đường đặc tính thời gian theo vùng tác động (hình 9-33b).



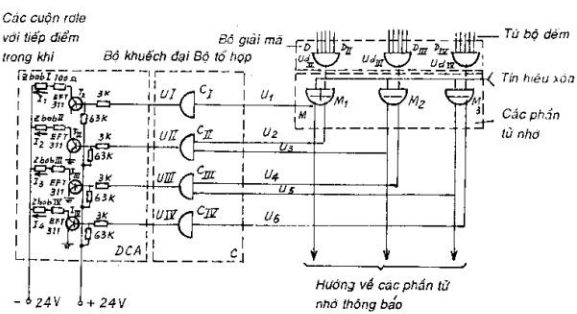
Hình 9-48

Sau khi nhận được một số lượng xung nhất định từ máy phát xung GI, bộ phận đếm N sẽ tùy theo vị trí của bộ chuyển mạch mà đưa xung đến bộ giải mã D.(hình 9-48 và 9-49).

Ở bộ giải mã D sẽ có một trong ba tín hiệu ra. Tín hiệu này sẽ chuyển từ giá trị logic 0 đến giá trị logic 1.

Thật vậy, sau một số lượng xung nhất định, ví dụ N = n_2, tương ứng với thời gian trì hoãn t_{aII} của nấc II, đã xảy ra sự chuyển mạch của tín hiệu U_{dII} (hình 9-49). Tiếp đó, với 1 số lượng N = n_3 xung, sẽ xảy ra chuyển mạch tín hiệu U_{dIII},tương ứng với thời gian trì hoãn t_{aIII} của nấc III. Sau một số lượng xung nữa N = n_4 sẽ xảy ra sự chuyển mạch tín hiệu U_{dIV}, tương ứng với thời gian trì hoãn t_{aIV}.

Những tín hiệu của giá trị logic 1 nhận được từ ba ngõ ra của bộ giải mã D sẽ truyền đến bộ nhớ tương ứng M_1, M_2, M_3, (của khối bộ nhớ M) và sau đó truyền cho bộ tổ hợp C (hình 9-48 và 9-49). Bộ tổ hợp C sẽ điều khiển bộ phận chuyển mạch tự động DCA (hình 9-45, 9-48, và 9-49). Ở bộ phận DCA sẽ có những bộ khuếch đại thực hiện với các transistor T_I, T_{II}, T_{III}, T_{VI}. Phụ tải của chúng là những cuộn rơle với tiếp điểm không khí Z_{bobI}, Z_{bobII}, Z_{bobIII}, Z_{bobIV}. (Ở hình 9-49 bộ phận DCA được biểu thị một phần, còn việc giới thiệu toàn bộ của bộ phận này được thực hiện ở sơ đồ 9-47).



Hình 9-49

Sau khi trải qua một thời gian trì hoãn được xác định qua vị trí của bộ chuyển mạch, những tín hiệu đo bộ giải mã D truyền đi qua bộ nhớ trung gian M và bộ tổ hợp C sẽ xác định sự chuyển mạch liên tục và sẽ tác động liên tục đến rơle với tiếp điểm không khí.

Sau một thời gian trì hoãn theo nấc II, những tiếp điểm I, I", I"' (hình 9-47a) sẽ mở và những tiếp điểm II, II" và II"' sẽ đóng. Sau một thời gian trì hoãn theo nấc III những tiếp điểm II, II" và II"' sẽ mở và những tiếp điểm III, III", III"' sẽ đóng. Sau một thời gian trì hoãn ở nấc thứ IV, các tiếp điểm III, III", III"' sẽ mở, còn các tiếp điểm IV và IV"' sẽ đóng.

Sự chuyển mạch của các tiếp điểm I, II, III, IV sẽ làm biến đổi chân cắm cung cấp ở cuộn dây sơ cấp của máy biến T_4 mà cuộn dây thứ cấp của T_4 cung cấp cho bộ phát hiện pha DF-3 và DF-4. Sự chuyển mạch của các tiếp điểm I"', II"', III"', và IV"', làm biến đổi

chân cấm cung cấp ở cuộn dây sơ cấp của máy biến T_6 mà thứ cấp của máy biến T_G cung cấp cho chỉnh lưu Rd-3. Thông qua những chuyển mạch này, đường kính của đường đặc tính vòng sẽ dần dần tăng lên.

Sau khi loại bỏ sự cố, thì bộ phát hiện DNC_1 sẽ trở về trạng thái ban đầu và sẽ truyền một tín hiệu đưa trở về trạng thái ban đầu đến ngõ vào của các phần tử P_2, N và M (hình 9-48), tín hiệu này sẽ đảm bảo đưa các phần tử này trở về vị trí không, tức là đưa về trạng thái ban đầu của phần tử thời gian "ET".

Máy phát xung GI ở sơ đồ phần tử thời gian được thực hiện dưới dạng một dao động đa hài không ổn định có tần số làm việc 1000 HZ. (*).

Các phần tử thành phần của phần tử ET như : mạch cửa P_2, bộ giải mã D bộ nhớ M và bộ tổ hợp C là những phần tử loại KHÔNG-HOẶC.

(*) Theo tài liệu : 14

Chương 10

CHỐNG SÉT VÀ NỐI ĐẤT

10-1. Quá điện áp thiên nhiên và đặc tính của sét.

Sét là sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây và đất, hay giữa các đám mây mang điện khác dấu. Trước khi có sự phóng điện của sét đã có sự phân chia và tích lũy rất mạnh diện tích trong các đám mây giông do tác dụng của các luồng không khí nóng thổi bốc lên và hơi nước ngưng tụ trong các đám mây. Các đám mây mang điện là do kết quả của sự phân tích các điện tích trái dấu và tập trung chúng trong các phần khác nhau của đám mây.

Phần dưới của các đám mây giông thường tích điện âm. Các đám mây cùng với đất hình thành các tụ điện mây đất. Ở phần trên của đám mây thường tích lũy các điện tích dương.

Cường độ điện trường của tụ điện mây - đất tăng dần lên và nếu tại chỗ nào đó cường độ đạt tới trị số tới hạn 25 - 30 KV/cm thì không khí bị ion hóa và bắt đầu trở nên dẫn điện.

Sự phóng điện của sét chia thành ba giai đoạn. Phóng điện giữa đám mây và đất được bắt đầu bằng sự xuất hiện một dòng sáng phát triển xuống đất, chuyển động từng đợt với tốc độ 100 ÷ 1000 km/gy. Dòng này mang phần lớn điện tích của đám mây, tạo nên ở đầu cực nó một điện thế rất cao hàng triệu vôn. Giai đoạn này gọi là giai đoạn phóng điện tiên đạo từng bậc.

Khi dòng tiên đạo vừa mới phát triển đến đất hay các vật dẫn điện nối với đất thì giai đoạn thứ hai bắt đầu, đó là giai đoạn phóng điện chủ yếu của sét. Trong giai đoạn này, các điện tích dương của đất di chuyển có hướng từ đất theo dòng tiên đạo với tốc độ lớn ($6.10^4 \div 10^5$ km/gy) chạy lên và trung hòa các điện tích âm của dòng tiên đạo.

Sự phóng điện chủ yếu được đặc trưng bởi dòng điện lớn qua chỗ sét đánh gọi là dòng điện sét và sự lóe mãnh liệt của dòng phóng điện. Không khí trong dòng phóng điện được nung nóng đến nhiệt độ khoảng 10.000°C và dãn nở rất nhanh tạo thành sóng âm thanh.

Ở giai đoạn phóng điện thứ ba của sét sẽ kết thúc sự di chuyển các điện tích của mây mà từ đó bắt đầu phóng điện, và sự lóe sáng dần dần biến mất.

Thường phóng điện sét gồm một loạt phóng điện kế tiếp nhau do sự dịch chuyển điện tích từ các phần khác nhau của đám mây. Tiên đạo của những lần phóng điện sau đi theo dòng đã bị ion hóa ban đầu, vì vậy chúng phát triển liên tục và được gọi là tiên đạo dạng mũi tên.

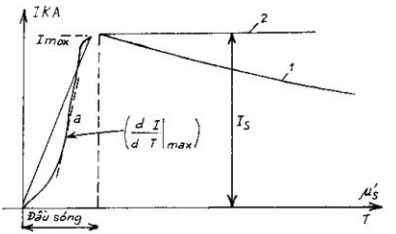
Dòng điện sét ghi được trên các máy hiện sóng cực nhanh có dạng như hình 10-1.

Hai tham số quan trọng nhất của dòng điện sét là biên độ I_s và độ dốc đầu sóng a.

$$a_{max} = \frac{d_{is}}{dt}$$

Biên độ của dòng điện sét không vượt quá 200 - 300 KA, rất hiếm trường hợp dòng diện sét bằng và lớn hơn 100 KA. Do đó, theo tầm quan trọng của vật được bảo vệ, trong tính toán thường lấy dòng điện sét bằng 50 - 100 KA.

Độ dốc cực đại của đầu sóng dòng điện sét thường không vượt quá 50 KA/μgy. Biên độ dòng điện sét lớn thì độ dốc đầu sóng cũng lớn. Vì vậy với dòng điện sét tính toán 100 KA và lớn hơn thường lấy độ dốc đầu sóng trung bình là 30 KA/μgy, còn khi dòng điện sét tính toán nhỏ hơn 100 KA thì độ dốc đầu sóng lấy khoảng 10 KA/μgy.



Hình 10-1. Dòng điện sét
1. Dòng điện sét ghi trên máy hiện sóng
2. Dòng điện sét tính toán I_S biên độ dòng điện sét.

Quá điện áp khí quyển phát sinh khi sét đánh trực tiếp vào các vật đặt ngoài trời (đường dây tải điện, thiết bị phân phối ngoài trời) v.v... cũng như khi sét đánh gần các công trình điện.

Quá điện áp do sét đánh trực tiếp là nguy hiểm nhất.

Đặc điểm của quá điện áp khí quyển là tính chất ngắn hạn của nó. Phóng điện của sét chỉ kéo dài trong vài chục micrô giây và điện áp tăng cao có đặc tính xung.

Mỗi điện áp định mức có mức cách điện của nó; dùng mức cách điện cao một cách quá đáng sẽ làm tăng giá thành thiết bị điện, còn nếu hạ thấp mức cách điện có thể dẫn đến sự cố nặng. Do vậy, mức cách điện phải được xác định tùy theo đặc tính và trị số quá điện áp có thể có và các tham số của thiết bị dùng để hạn chế quá điện áp. Khả năng của cách điện chịu được quá điện áp khí quyển được xác định bởi điện áp thí nghiệm xung kích.

Các thiết bị điện được bảo vệ chống quá điện áp khí quyển bằng hệ thống cột và dây chống sét, giữ cho đối tượng được bảo vệ không bị sét đánh trực tiếp, còn các thiết bị chống sét khác có tác dụng hạ thấp quá điện áp phát sinh trong thiết bị đến trị số thấp hơn điện áp thí nghiệm.

10.2. Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp đối với trạm biến áp - vùng bảo vệ.

Những nguyên tắc bảo vệ thiết bị điện nhờ cột thu sét còn gọi là cột thu lôi đã hầu như không thay đổi từ những năm 1750 khi B. Franklin kiến nghị thực hiện bằng một cột cao có đỉnh nhọn bằng kim loại được nối đến hệ thống nối đất. Trong quá trình thực hiện, người ta đã nghiên cứu và đưa đến những kiến thức khá chính xác về hướng đánh trực tiếp của sét, về và bảo vệ của cột thu sét và việc thực hiện hệ thống nối đất (còn gọi là hệ thống tiếp đất).

Khi có một đám mây tích điện tích âm đi qua trên đỉnh của một cột thu lôi (có chiều cao đối với mặt đất và có điện thế của đất, xem như bằng không), nhờ cảm ứng tĩnh điện thì đỉnh của cột thu lôi sẽ nạp một điện tích dương. Do vì đỉnh cột thu lôi nhọn nên cường độ điện trường trong vùng này khá lớn. Điều này sẽ tạo nên dễ dàng một kênh phóng điện từ đầu cột thu lôi đến đám mây tích điện tích âm, do vậy sẽ có dòng điện phóng từ đám mây xuống đất.

Sét đánh theo quy luật xác suất, và chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Do vậy việc xác định chính xác khu vực hướng đánh của sét là rất khó và không thể đảm bảo xác suất 100% hướng của sét đến thu lôi chống sét.

Những nghiên cứu tỉ mỉ về chống sét cho thấy rằng điều quan trọng là chiều cao của thu lôi chống sét và hệ thống nối đất đảm bảo.

Trên cơ sở nghiên cứu các mô hình, người ta có thể xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi. Khoảng không gian gần cột thu lôi mà vật được bảo vệ đặt trong đó, rất ít khả năng bị sét đánh, gọi là *vùng hay phạm vi bảo vệ của cột thu lôi.*

Phạm vi bảo vệ của một cột thu lôi là hình nón cong tròn xoay có tiết diện ngang là những hình tròn, ở độ cao h_x có bán kính R_x (hình 10-2b) Trị số của bán kính bảo vệ R_x được xác định theo công thức đơn giản sau :

$$\left.\begin{array}{l} - \text{Ở độ cao } h_x < \dfrac{2}{3} h \rightarrow R_x = 1{,}5\ h\ (1 - \dfrac{h_x}{0{,}8h})\ P. \\ - \text{Ở độ cao } h_x > \dfrac{2}{3} h \rightarrow R_x = 0{,}75h\ (1 - \dfrac{h_x}{h}).\ P \end{array}\right\} \qquad (10\text{-}1)$$

Trong các tài liệu gần đây của Nga, trên cơ sở khảo sát mô hình, trị số bán kính bảo vệ lại được xác định theo công thức sau : (hình 10-2c).

$$R_x = 1{,}6\ h_a\ P\ /\ (1 + \frac{h_x}{h}) \qquad (10\text{-}2)$$

Ở đây : h_x chiều cao của đối tượng được bảo vệ nằm trong vùng bảo vệ của cột thu lôi.

h_a – chiều cao hiệu dụng của cột thu lôi.

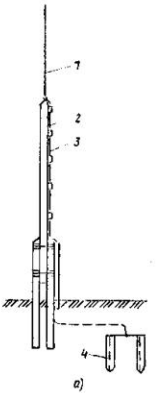
$h_a = h - h_x$

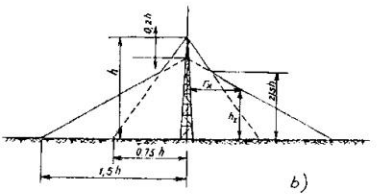
P là hệ số, với $h \leq 30$ m thì $P = 1$

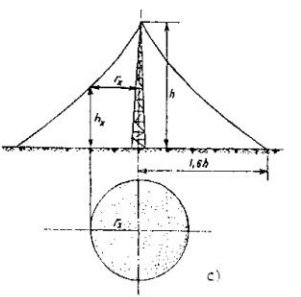
với $h > 30$ m thì $P = 5{,}5\ /\ \sqrt{h}$.

Hình 10-3 a, b cho phạm vi bảo vệ của hai cột thu lôi. Trong đó R_x được xác định theo công thức trên, còn b_x – là bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ ở độ cao h_x, xác định theo công thức :

$$2b_x = 4R_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \qquad (10\text{-}3)$$





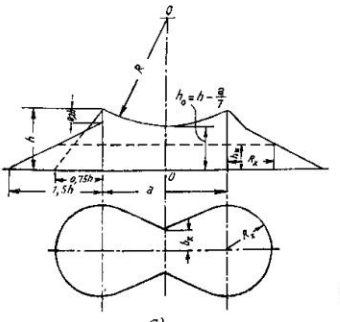


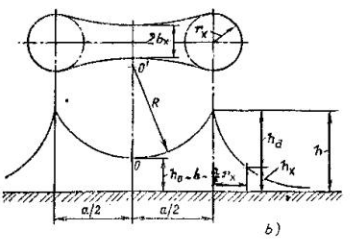
Hình 10-2. Cột thu sét (thu lôi)

a) Cột thu lôi nối đến hệ thống nối đất cho chống sét.

b) Phạm vi bảo vệ của cột thu lôi (theo cách xác định đơn giản).

c) Phạm vi bảo vệ của cột thu lôi xác định theo $r_x = 1{,}6\ h_a\ P / (1 + \frac{h_x}{h})$.





Hình 10-3. Vùng bảo vệ của hai cột thu lôi.

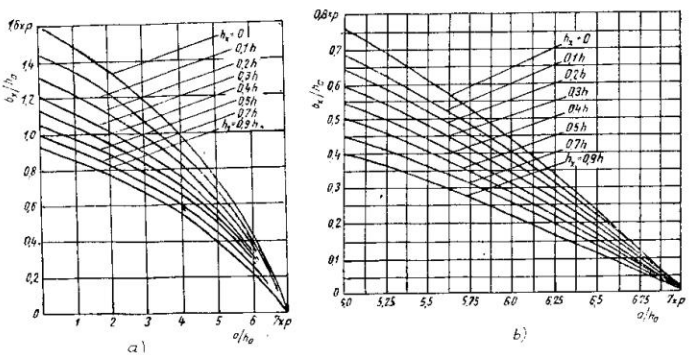
a) Vùng bảo vệ của hai cột thu lôi xác định đơn giản.

b) Vùng bảo vệ của hai cột thu lôi, xác định $r_x = 1{,}6\ h_a\ .\ P / (1 + \frac{h_x}{h})$.

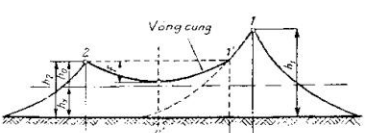
Ở đây a – khoảng cách giữa hai cột thu lôi, tính [m]

h_a – chiều cao hiệu dụng của cột thu lôi, tính [m]

Bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ của cột thu lôi b_x ở độ cao h_x có thể được xác định theo đường cong hình 10-4 a, b. Đối với những cột thu lôi cao đến 30 m thì tỉ lệ a/h_a nằm trong giới hạn 0-7.



Hình 10-4. Đường cong để xác định b_x của hai cột thu lôi.



Hình 10-5. Phạm vi bảo vệ của hai cột thu lôi có độ cao không bằng nhau.

Hai cột thu lôi chỉ có tác dụng tương hỗ lẫn nhau nếu $a/h_a \leq 7$. Muốn xác định bề ngang hẹp nhất b_x người ta xác định tỉ lệ a/h_a. Giả thiết ta có : $a/h_a = 3$, sau đó ta hãy tìm tỉ lệ h_x/h, ví dụ trong trường hợp này tỉ lệ $h_x / h = 0,3$, tức là $h_x = 0,3$ h. Ở hình 10-4a, từ điểm có giá trị 3 ở trục hoành (a/h_a), ta dóng theo một đường song song với trục tung gặp đường cong $h_x = 0,3$ h tại một điểm, điểm này có giá trị $b_x / h_a = 0,9$.

Bây giờ, chúng ta hãy tìm bề ngang hẹp nhất $2.b_x$ ở chiều cao h_x là :

$$2b_x = 0,9 \,.\, 2h_a$$

Khi tính toán tỉ lệ $a/h_a = 5 \div 7$, người ta sử dụng đường cong 10 – 4b.

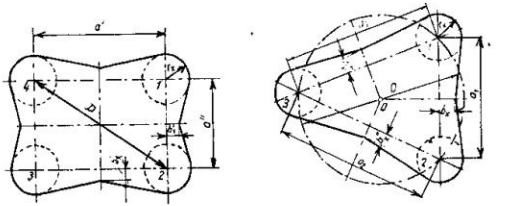
Nếu có một cột thu lôi cao hơn cột thu lôi kia thì phần cao hơn của nó coi như một cột thu lôi đơn và xác định như hình 10-5.

Trường hợp trạm đặt nhiều cột thu lôi (hình 10-6) thì các phần ngoài của khu vực bảo vệ cũng được xác định theo các công thức nêu trên. Cần phải kiểm tra điều kiện bảo

vệ an toàn cho toàn diện tích cần được bảo vệ. Vật có độ cao h_x nằm trong trạm sẽ được bảo vệ nếu thỏa mãn điều kiện :

$D \leq 8\,(h - h_x)$ với $h \leq 30m$

$D \leq 8\,(h - h_x)\,.\,P$. với $h > 30m$.



Hình 10-6. Phạm vi bảo vệ của ba và bốn cột thu lôi

Ví dụ 10.1 Hãy tính toán vùng bảo vệ của hai cột thu lôi có chiều cao h = 10m, khi khoảng cách giữa các cột thu lôi a = 8m; Trang thiết bị được bảo vệ có chiều cao h_x = 8m và hai cạnh cd = 7 × 2m. Vị trí tương đối của thiết bị và hai cột thu lôi được giới thiệu ở hình 10.7.

Bài giải :

Chúng ta hãy xác định chiều cao tác dụng của cột thu lôi.

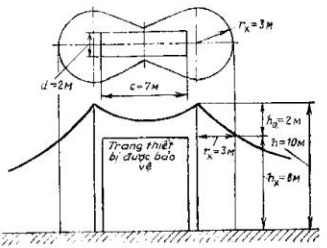
$h_a = h - h_x = 10 - 8 = 2m.$

Hãy xác định bán kính bảo vệ R_x, với P = 1, theo công thức 10-2.

$$R_x = 1{,}6 h_a / \left(1 + \frac{h_x}{h}\right)$$

$$R_x = 1{,}6\,.\,2 / \left(1 + \frac{8}{10}\right) =$$

$R_x = 1{,}77m \approx 1{,}8m.$



Hình 10-7. Bài ví dụ về tính toán vùng bảo vệ của hai cột thu lôi.

Hãy xác định $a/h_a = 8/2 = 4$; $h_x/h = 8/10 = 0{,}8$.

Trên đường cong hình 10 – 4 a, chúng ta tìm được :

$b_x / h_a = 0{,}58$ do đó : $b_x = 58\,.\,h_a =$

Vậy $b_x = 0{,}58\,.\,2 = 1{,}16m$

Nếu chúng ta tìm b_x theo (10-3) khi đã có $R_x = 1{,}8m$ thì :

$$b_x = 2R_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} = 2\,.\,1{,}8 \frac{7\,.\,2 - 8}{14\,.\,2 - 8} = 1{,}08m$$

Rõ ràng, nếu ta tìm b_x theo công thức (10-3) và tìm b_x theo cách tra đường cong (10-4) thì kết quả có thể coi là tương tự giống nhau (sai số không đáng kể do tra từ đường cong 10-4).

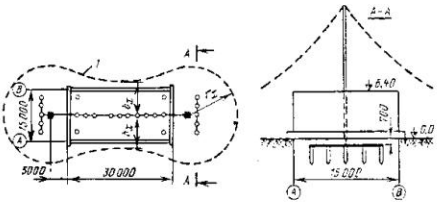
Ví dụ 10-2. Yêu cầu xây dựng vùng bảo vệ của hệ hai cột thu lôi ở độ cao $h_x = 6,4$ m (bằng độ cao của tòa nhà).

Chiều cao của cột thu lôi là 18m. Khoảng cách giữa các cột thu lôi a = 40m (hình 10-8).

Bài giải :

– Tìm chiều cao hiệu dụng của cột thu lôi :

$$h_a = h - h_x = 18 - 6,4 = 11,6m$$



Hình 10-8. Bảo vệ tòa nhà bằng hệ hai cột thu lôi.
1. Vùng bảo vệ ở độ cao 6,4m

Xác định bán kính R_x của vùng bảo vệ ở độ cao h_x :

$$R_x = h_a \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}} = 11,6 \frac{1,6}{1 + \frac{6,4}{18}} = 13,7m$$

Xác định bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ ở độ cao h_x

$$2b_x = 4R_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} = 4 \cdot 13,7 \frac{7 \cdot 11,6 - 40}{14 \cdot 11,6 - 40} = 18,4m$$

Theo các số liệu tính toán trên, ta sẽ vẽ được mặt cắt của vùng bảo vệ như hình 10-8.

10.3. Bảo vệ chống sét đường dây tải điện.

Trong vận hành, sự cố cắt điện do sét đánh vào các đường dây tải điện trên không chiếm tỉ lệ lớn trong toàn bộ sự cố của hệ thống điện. Do đó, bảo vệ chống sét cho đường dây có tầm quan trọng trong việc bảo đảm vận hành an toàn và liên tục cung cấp điện.

Để bảo vệ chống sét cho đường dây, ta treo dây chống sét trên toàn bộ tuyến đường dây; dây là biện pháp tốt nhất, song rất tốn kém. Do vậy, nó chỉ được dùng cho các đường dây 110 – 220 KV cột sắt và cột bêtông cốt sắt.

Đối với đường dây điện áp đến 35KV cột sắt và bêtông cốt sắt ít được bảo vệ toàn tuyến.

Tuy nhiên, các cột của các đường dây này cũng như cột đường dây 110 – 220 KV đều phải nối đất. Để tăng cường khả năng chống sét cho các đường dây, có thể đặt chống sét ống hoặc tăng thêm bát sứ ở những nơi cách điện yếu, ở những cột vượt cao, ở chỗ giao chéo với đường dây khác hay ở những đoạn tới trạm.

Dây chống sét. Tùy theo cách bố trí dây dẫn trên cột có thể treo một hay hai dây chống sét. Các dây chống sét được treo ở bên trên đường dây tải điện sao cho dây dẫn của cả ba pha đều nằm trong phạm vi bảo vệ của dây chống sét. Phạm vi bảo vệ của một và hai dây chống sét được trình bày ở hình 10-9. Dãi bảo vệ b_x của cột treo một dây chống sét được tính theo công thức đơn giản sau : với $h \leq 30m$

$$- \text{Ở độ cao } h_x > \frac{2}{3} h \rightarrow b_x = 0{,}6\, h \left(1 - \frac{h_x}{h}\right) \qquad (10\text{-}4)$$

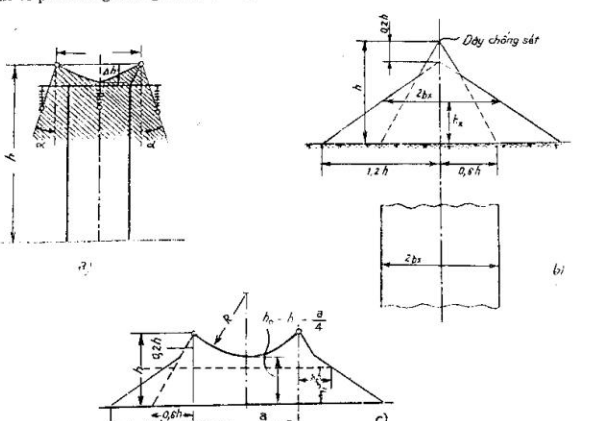
$$- \text{Ở độ cao } h_x < \frac{2}{3} h \rightarrow b_x = 1{,}2\, h \left(1 - \frac{h_x}{0{,}8h}\right)$$

Bán kính bảo vệ phạm vi ngoài của hai dây chống sét cũng xác định theo công thức (10-4). Phía trong giữa hai dây, phạm vi bảo vệ được giới hạn bởi một cung tròn đi qua các dây chống sét và điểm giữa có độ cao $\Delta h = \frac{a}{4}$

Theo một số tài liệu xuất bản gần đây của Nga thì đối với dây chống sét đặt ở độ cao $h \leq 30m$, dãi bảo vệ được xác định theo công thức sau :

$$b_x = 0{,}8 h_a / \left(1 + \frac{h_x}{h}\right)$$

Đối với các cột điện thông thường, dây dẫn sẽ được bảo vệ chắc chắn nếu góc bảo vệ α không quá 25^0; giảm góc bảo vệ sẽ làm giảm xác xuất đánh vào dây dẫn nhưng phải tăng giá thành vì phải tăng cường chiều cao cột.

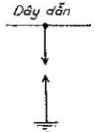


Hình 10-9. Góc bảo vệ và phạm vi bảo vệ của dây chống sét.

10-4. Bảo vệ chống sét từ đường dây truyền vào trạm.

Các đường dây trên không dù có được bảo vệ chống sét hay không thì các thiết bị điện có nối với chúng đều phải chịu tác dụng của sóng sét truyền từ đường dây đến. Biên độ của quá điện áp khí quyển có thể lớn hơn điện áp cách điện của thiết bị, dẫn đến chọc thủng cách điện, phá hoại thiết bị, và mạch điện bị cắt ra. Do vậy, để bảo vệ các thiết bị trong trạm biến áp tránh sóng quá điện áp truyền từ đường dây vào phải dùng các thiết bị chống sét. Các thiết bị chống sét này sẽ hạ thấp biên độ sóng quá điện áp đến trị số an toàn cho cách điện cần được bảo vệ.

Thiết bị chống sét chủ yếu cho trạm biến áp là *chống sét van (CSV)* kết hợp với chống sét ống (CSO) và khe hở phóng điện.



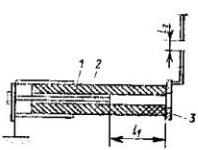
Hình 10-10.
Khe hở phóng điện.

Khe hở phóng điện là thiết bị chống sét đơn giản nhất gồm có hai điện cực, trong đó một điện cực nối với mạch điện, còn điện cực kia nối đất (hình 10-10).

Khi làm việc bình thường, khe hở cách ly những phần tử mang điện (dây dẫn) với đất. Khi có sóng quá điện áp chạy trên đường dây, khe hở phóng điện sẽ phóng điện và truyền xuống đất. Ưu điểm của loại thiết bị này là đơn giản, rẻ tiền. Nhưng vì nó không có bộ phận dập hồ quang nên khi nó làm việc bảo vệ rơle có thể cắt mạch điện. Do vậy nên khe hở phóng điện thường chỉ được dùng làm bảo vệ phụ cũng như làm một bộ phận trong các loại chống sét khác.

Chống sét ống CSO : Sơ đồ nguyên lý cấu tạo như hình 10-11 gồm có hai khe hở phóng điện l_1 và l_2. Khe hở l_1 được đặt trong ống làm bằng vật liệu sinh khí như fibrô bakêlít hay phi-nipolát. Khi sóng điện áp quá cao thì l_1 và l_2 đều phóng điện. Dưới tác dụng của hồ quang, chất sinh khí phát nóng và sản sinh ra nhiều khí làm cho áp suất trong ống tăng tới hàng chục ata và thổi tắt hồ quang.

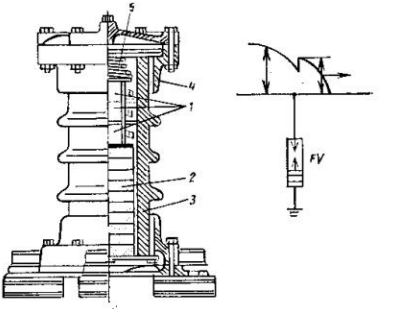
Khả năng dập tắt hồ quang của chống sét ống rất hạn chế. Nếu dòng điện quá lớn, hồ quang không bị dập tắt ngay gây ngắn mạch tạm thời làm cho bảo vệ rơle có thể cắt mạch điện. Chống sét ống chủ yếu dùng để bảo vệ chống sét cho các đường dây không có dây chống sét, hoặc làm phần tử phụ trong các sơ đồ bảo vệ trạm biến áp.



Hình 10-11. Chống sét ống
1. Vỏ; 2. Điện cực; 3. Nắp

Chống sét van (CSV) : gồm có hai phần tử chính là khe hở phóng điện và điện trở làm việc. Khe hở phóng điện của chống sét van là một chuỗi các khe hở nhỏ có nhiệm vụ như đã xét. Điện trở làm việc là điện trở phi tuyến có tác dụng hạn chế trị số dòng điện ngắn mạch chạm đất qua chống sét van khi sóng quá điện áp chọc thủng các khe hở phóng điện. Dòng điện này cần phải hạn chế để việc dập tắt hồ quang trong khe hở phóng điện được dễ dàng sau khi chống sét van làm việc. Chất *vi ltt* thỏa mãn được hai yêu cầu trái ngược nhau : cần có điện trở lớn để hạn chế dòng ngắn mạch và lại cần có điện trở nhỏ để hạn chế điện áp dư, vì điện áp dư lớn khó bảo vệ được cách điện.

Hình 10-12. Giới thiệu một loại chống sét van. Ở đây, hình 10-12a là hình dạng chung, còn hình 10-12b là sơ đồ làm việc. Chi tiết 1 – một chuỗi các khe hở; 2 – các đĩa bằng chất vi-lit; 3 – thân bằng sứ; 4 – nắp; 5 – lò xo.

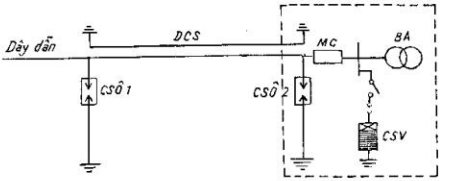


Hình 10-12. Chống sét van CSV
a) Dạng chung
b) Sơ đồ nguyên lý tác động.

Bảo vệ chống sóng quá điện áp truyền từ đường dây vào trạm biến áp được thực hiện bằng cách đặt chống sét van và các biện pháp bảo vệ đoạn dây gần trạm như hình 10-13.

Đoạn gần trạm từ 1 – 2km được bảo vệ bằng dây chống sét để ngăn ngừa sét đánh trực tiếp vào đường dây. Chống sét ống CSO1 đặt ở đầu đoạn đường dây gần trạm nhằm hạn chế biên độ sóng sét. Nếu đường dây được bảo vệ bằng dây chống sét DCS trên toàn tuyến thì không cần đặt CSO1.

CSO2 dùng để bảo vệ máy cắt khi nó ở vị trí cắt. Đối với trạm 3 ÷ 10KV được bảo vệ theo sơ đồ đơn giản hơn, không cần đặt DCS ở đoạn gần trạm mà chỉ cần đặt CSO ở cách trạm khoảng 200m; ở trên thanh cái của trạm hay sát máy biến áp ta đặt CSV.



Hình 10-13. Sơ đồ bảo vệ trạm 35 ÷ 110 KV.

Ngoài ra, để bảo vệ chống quá điện áp cho trạm, ta cần phối hợp cách điện của trạm biến áp.

Nối đất chống sét cho trạm cần phải bảo đảm qui định sau :

– Đối với trạm có trung tính trực tiếp nối đất, điện áp từ 110KV trở lên thì điện trở nối đất cho phép là 0,5 Ω..

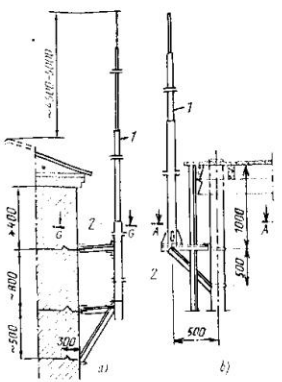
– Đối với trạm có trung tính cách điện, điện áp dưới 110 KV, là 4Ω.

– Đối với trạm có công suất bé (dưới 100 KVA) thì điện trở nối đất cho phép là 10 Ω.

10.5. Một số ví dụ về bảo vệ chống sét cho các công trình.

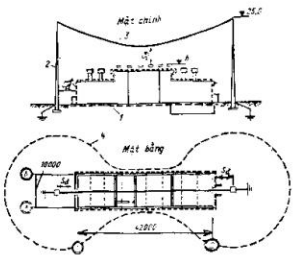
Hình 10-14 : Giới thiệu cơ cấu gắn cột thu lôi lên tường của tòa nhà hay công trình.

Hình 10-15 : Giới thiệu bảo vệ chống sét cho trạm điện phân bằng dây chống sét (còn gọi là thu lôi ăng ten). Khoảng cách $S_d = 0,3\ S_B$ cần thiết để tránh sự di chuyển điện thế cao của sét đến các liên hệ ngầm trong đất. Khoảng cách S_B được xác định như ở phần dây chống sét. Ở đây, dây chống sét để bảo vệ sét đánh thẳng; còn để bảo vệ chống cảm ứng tĩnh điện thì ta có thể đặt thêm các lưới sắt trên mái nhà.



Hình 10-14. Cơ cấu gắn cột thu lôi loại CM lên tường của tòa nhà hay công trình.

a) gắn lên tường gạch; b) gắn lên đường bê tông cốt thép; 1. thanh cột thu lôi loại CM; 2. cơ cấu để gắn cột thu lôi.

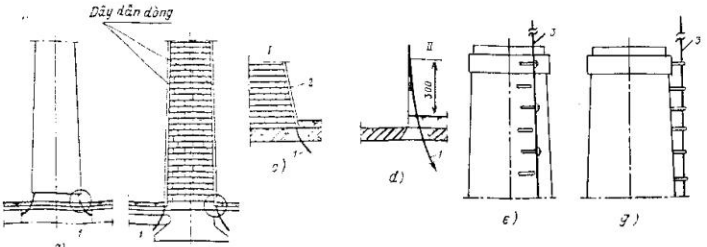


Hình 10-15. Bảo vệ chống sét cho trạm điện phân bằng thu lôi ăng ten.

1. bộ nối đất của bảo vệ chống cảm ứng tĩnh điện; 2. cột thu lôi ăngten kim loại; 3. dây chống sét; 4. vùng bảo vệ ở độ cao h.

Hình 10-16. Giới thiệu bảo vệ chống sét cho ống khói.

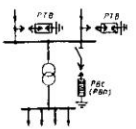
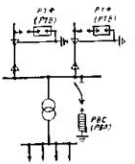
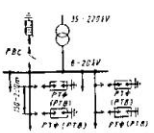
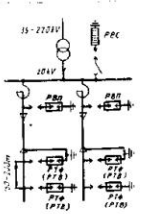
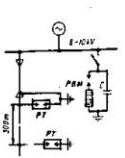
Hình 10-17. Giới thiệu sơ đồ chống sét cho trạm điện.

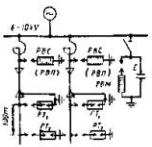
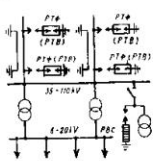
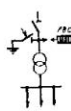
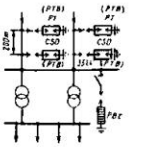
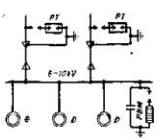
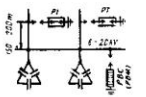


Hình 10-16. Bảo vệ chống sét cho ống khói.

a) ống kim loại; b) ống gạch; c) chi tiết của đay ống gạch; d) chi tiết của đay ống kim loại; e, g) phần trên của ống khói với cột thu lôi; 1. nối tới vòng nối đất; 2. dây dẫn dòng; 3. cột thu lôi.

***Giới thiệu sơ đồ chống sét** - H. 10-17*

	Đối tượng bảo vệ	Đặc tính chống sét
1	2	3
1 	*Điện áp 3 – 20 KV* Trạm biến áp phân xưởng và trạm phân phối được cung cấp bằng đường dây trên không.	Đặt PTB ở các đầu vào mỗi đường dây trên không. Trong trường hợp này nếu dòng ngắn mạch lớn hơn dòng điện giới hạn mở của chống sét ống, thì trên thanh góp của trạm bố trí PBC hoặc PB.
2 	Trạm biến áp phân xưởng và trạm phân phối được cung cấp bằng đường dây trên không đi qua cáp nối.	Bố trí CSOF (chống sét ống phibrô) hay PTB trên cáp nối và PBC hoặc CSVT trên thanh góp của trạm.
3 	Trạm hạ áp chính có đường dây trên không đi ra phía điện áp thấp.	Đặt PBC trên thanh góp của trạm, PT ◁▷ hay PTB trên đầu vào của trạm và đặt thêm ở khoảng cách ba – bốn khoảng vượt từ đầu vào.
4 	Trạm hạ áp chính có đường dây trên không dẫn ra, có lắp cáp ở đoạn sắp vào trạm.	Đặt PBC ở thanh góp của trạm PB II sau kháng điện. PT ◁▷ hay PTB ở đầu nối cáp và ở cách ba – bốn khoảng vượt; khi chiều dài cáp nối lớn hơn 100m không cần bộ phóng điện PT thứ hai.
5 	Máy phát tới 12000 KW của trạm phát điện xí nghiệp. Đường dây dẫn trên không nối với thanh góp qua một đoạn cáp, không có cuộn kháng. Cấm nối đường dây trên không với thanh góp máy phát lớn hơn 12000 KW.	Đặt PBM (chống sét van khử từ) trên thanh góp trạm phát điện một diện dung khoảng 1μF. PT - ở đầu cáp và ở cuối đoạn sắp vào trạm được cột chống sét bảo vệ, chiều dài của cáp nối không được nhỏ hơn 100m. Đoạn đường dây trên không dài 300m trước khi đi vào trạm được cột chống sét bảo vệ. Trường hợp này nếu đoạn vào của đường dây tới nhà máy điện hoặc trạm được chắn bởi các công trình xung quanh thì không nhất thiết phải bảo vệ bằng cột chống sét.

6 	Máy phát đến 12000 KW của trạm phát điện xí nghiệp công nghiệp. Đường dây có kháng điện. Dây trên không nối tới thanh góp điện áp máy phát qua cáp nối.	Đặt PBM ở thanh góp điện áp máy phát. PBC hay PB TI sau cuộn kháng, trên các đường dây : PT_2 – cách PT_1 300m. Trên thanh góp của trạm, ngoài chống sét ống còn đặt thêm điện dung khoảng 1μF. Chiều dài cáp nối không dưới 50m.
7 	*Điện áp 35 – 110 KV* Trạm hạ áp chính 35 – 110 KV	Đặt PBC ở thanh góp. PTΦ hay PTB ở đầu vào và ở cuối phần dây chống sét. Đoạn vào của đường dây trên không được bảo vệ bằng dây chống sét. Nếu đoạn vào được chắn bởi các công trình bao quanh thì không nhất thiết phải bảo vệ bằng cột chống sét. Chống sét đặt dưới dao cách ly chung với máy biến điện áp đo lường.
8 	Trạm hạ áp chính 35 – 110 KV theo sơ đồ đơn giản dùng dao ngắn mạch thay cho máy cắt.	Đặt PBC không cần dao cách ly.
9 	Trạm hạ áp phân xưởng dẫn sâu 35 KV có máy biến áp tới 630 KVA.	Đặt PBC ở thanh góp của trạm, PT hoặc PTB – ở đầu vào trạm và ở cách 200m.
10 	Trạm bơm của xí nghiệp công nghiệp có động cơ 3 – 10 KV cấp bằng đường dây trên không không qua máy biến áp hạ áp (không có trạm cung cấp chính ở trạm bơm, vì 35/6 KV).	Đặt PBM ở thanh góp của trạm với điện dung khoảng 1μF ; trên đường dây cung cấp điện đặt PT.
11 	Đối với tất cả các trạm có đặt tụ nối với thanh góp, khi đầu vào là đường dây trên không.	Đặt PT ở các đường dây trên không cách thanh góp của trạm 150 – 200m và PBC hoặc PBM ở thanh góp.

10.6. Nối đất.

Hệ thống cung cấp điện làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ dùng điện. Do vậy nên đặc điểm quan trọng của nó là phân bố trên diện tích rộng và thường xuyên có người làm việc với các thiết bị điện. Cách điện của các thiết bị điện bị chọc thủng, người vận hành không tuân theo các quy tắc an toàn v.v... là những nguyên nhân chính dẫn đến tai nạn điện giật. Sét đánh trực tiếp hoặc gián tiếp vào thiết bị điện không những làm hư hỏng các thiết bị điện mà còn gây nguy hiểm cho người vận hành. Do đó nên trong hệ thống cung cấp điện nhất thiết phải có biện pháp an toàn chống điện giật và chống sét. Một trong những biện pháp an toàn có hiệu quả và tương đối đơn giản là thực hiện việc nối đất cho thiết bị điện và đặt các thiết bị chống sét.

Trang bị nối đất bao gồm các điện cực và dây dẫn nối đất. Các điện cực nối đất bao gồm điện cực thẳng đứng được *đóng sâu* vào trong đất và điện cực ngang được chôn ngầm ở một độ sâu nhất định. Các dây nối đất dùng để nối liền các bộ phận được nối đất với các điện cực nối đất.

Khi có trang bị nối đất, dòng điện ngắn mạch xuất hiện do cách điện của thiết bị điện với vỏ bị hư hỏng, sẽ chạy qua vỏ thiết bị theo dây dẫn nối đất xuống các điện cực và chạy tản vào trong đất (hình 10-18).

Ở hình 10-18 cho đường cong phân bố thế trên đất. Mặt đất tại chỗ đặt điện cực (điểm O) có điện thế lớn nhất, càng xa điện cực, thế càng giảm dần. Tại a và a' cách O khoảng 15 - 20 m, thế nhỏ đến mức không đáng kể, có thể coi như bằng không.

Nếu tay người hoặc một bộ phận nào đó của cơ thể người chạm vỏ thiết bị thì điện áp tiếp xúc U_{tx} là điện áp giữa chỗ chạm ở cơ thể người với chân người được xác định :

$$U_{tx} = \varphi_d - \varphi \qquad (10\text{-}5)$$

Ở đây φ_d - điện thế lớn nhất tại điểm O.

φ - thế tại điểm trên mặt đất, chỗ chân người đứng.

Khi người đi đến gần thiết bị bị hỏng cách điện thì xuất hiện điện áp bước giữa hai chân U_b.

Điện áp bước xác định theo :

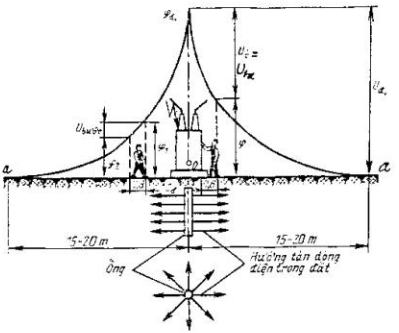
$$U_b = \varphi_1 - \varphi_2 \qquad (10\text{-}6)$$

Để tăng an toàn, tránh khi U_{tx} và $U_{bước}$ còn khá lớn có thể gây nguy hiểm đến tính mạng, ta dùng hình thức nối đất phức tạp hơn bằng cách bố trí thích hợp các điện cực trên diện tích đặt thiết bị điện và nối đất hình vòng xung quanh thiết bị điện (hình 10-19).

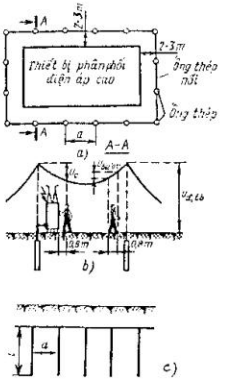
Đối với thiết bị điện có điện áp dưới 1000 V, việc dùng bảo vệ nối đất được xác định bởi chế độ làm việc của trung tính. (*)

Đối với các thiết bị điện có điện áp dưới 1000 V, bảo vệ nối đất phải dùng trong mọi trường hợp không phụ thuộc vào chế độ làm việc của trung tính.

(*) Xin tham khảo cuốn "Kỹ thuật an toàn cung cấp và sử dụng điện" của tác giả, do Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật xuất bản 4-1997.



Hình 10-18. Phân bố điện thế khi dòng điện chạy trong đất qua một thanh nối đất đóng thẳng đứng.



Hình 10-19. Bố trí điện cực nối đất thẳng đứng thành hàng theo hình vòng.

Hệ thống nối đất cho chống sét và hệ thống nối đất cho thiết bị nhằm đảm bảo an toàn cho người vận hành hoàn toàn riêng rẽ nhau. Hai hệ thống này có điểm ngoài cùng cách nhau ít nhất từ 6m trở lên. (*)

10.7. Tính toán trang bị nối đất.

10.7.1. Cách thực hiện nối đất.

Có hai loại : nối đất tự nhiên và nối đất nhân tạo.

Nối đất tự nhiên là sử dụng các ống dẫn nước hay các ống bằng kim loại khác đặt trong đất (trừ các ống dẫn nhiên liệu lỏng và khí dễ cháy), các kết cấu kim loại của công trình nhà cửa có nối đất, các vỏ bọc kim loại của cáp đặt trong đất v.v... làm trang bị nối đất.

Khi xây dựng trang bị nối đất cần phải tận dụng các vật liệu tự nhiên có sẵn. Điện trở nối đất này được xác định bằng cách đo thực tế tại chỗ hay dựa theo các tài liệu để tính gần đúng.

Nối đất nhân tạo thường được thực hiện bằng cọc thép, thanh thép dẹt hình chữ nhật hay hình thép góc dài từ 2 ÷ 3m đóng sâu xuống đất sao cho đầu trên của chúng cách mặt đất khoảng 0,5 ÷ 0,7. (tài liệu 13).

Để chống ăn mòn kim loại, các ống thép và các thanh thép dẹt hay thép góc có chiều dày không nên bé hơn 4mm.

Dây nối đất cần có tiết diện thỏa mãn độ bền cơ khí và ổn định nhiệt, chịu được dòng điện cho phép lâu dài. Dây nối đất không được bé hơn 1/3 tiết diện dây dẫn pha, thường dùng thép có tiết diện 120 mm^2, nhôm 35 mm^2 hoặc đồng 25 mm^2.

(*) Theo quy phạm Tiệp Khắc và một số nước châu Âu.

Điện trở nối đất của trang bị nối đất không được lớn hơn các trị số đã quy định trong các quy phạm.

Đối với lưới điện trên 1000V có dòng điện chạm đất lớn, nghĩa là trong các mạng có điểm trung tính trực tiếp nối đất hay nối đất qua một điện trở nhỏ (mạng điện 110KV trở lên) thì khi xảy ngắn mạch, bảo vệ rơle tương ứng sẽ cắt bộ phận hư hỏng hay thiết bị điện bị sự cố ra khỏi mạng điện. Sự xuất hiện điện thế trên các trang bị nối đất khi ngắn mạch chạm đất chỉ có tính chất tạm thời. Xác xuất xảy ra ngắn mạch chạm đất đồng thời tại thời điểm đó người tiếp xúc với vỏ thiết bị điện có mang điện áp rất nhỏ nên quy phạm không quy định điện áp lớn nhất cho phép mà chỉ đòi hỏi ở bất kỳ thời gian nào trong năm của trang bị nối đất cũng phải thỏa mãn $R_d \leq 0,5\ \Omega$.

Trong mạng điện có dòng chạm đất lớn, buộc phải có nối đất nhân tạo trong mọi trường hợp không phụ thuộc vào nối đất tự nhiên, điện trở nối đất nhân tạo không được lớn hơn 1 Ω.

Ở lưới điện có điện áp lớn hơn 1000 V, trung tính không nối đất trực tiếp hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang, thường bảo vệ rơle không tác động cắt bộ phận hay thiết bị điện có chạm đất một pha. Do vậy nên chạm một pha có thể kéo dài, điện áp U_N trên thiết bị chạm đất cũng sẽ tồn tại lâu dài làm tăng xác xuất người tiếp xúc với thiết bị có điện áp. Do đó quy phạm quy định điện trở của trang thiết bị nối đất tại thời điểm bất kỳ trong năm như sau :

Khi dùng trang bị nối đất chung cho cả điện áp dưới và trên 1000V :

$$R_d \leq \frac{125}{I_d} \qquad (10\text{-}7)$$

Khi dùng riêng trang bị nối đất cho các thiết bị có điện áp trên 1000 V :

$$R_d \leq \frac{250}{I_d} \qquad (10\text{-}8)$$

Ở đây : 125 và 250 là điện áp lớn nhất cho phép của trang bị nối đất. I_d - dòng điện tính toán chạm đất một pha.

Trong cả hai trường hợp, điện trở nối đất không vượt quá 10 Ω.

Đối với mạng điện có điện áp dưới 1000 V, điện trở nối đất tại mọi thời điểm trong năm không được vượt quá 4 Ω (riêng với các thiết bị nhỏ, công suất tổng của máy phát điện và máy biến áp không quá 100 KVA cho phép đến 10Ω).

Nối đất lập lại của dây trung tính trong mạng 380/220V phải có điện trở không được quá 10Ω.

Đối với thiết bị điện áp cao hơn 1000 V có dòng điện chạm đất bé và các thiết bị có điện áp đến 100 V nên sử dụng nối đất tự nhiên có sẵn.

Đối với đường dây tải điện trên không, cần nối đất các cột bê tông cốt thép và cốt sắt của tất cả các đường dây tải điện 35 KV, còn các đường dây 3-20KV chỉ cần nối đất ở khu vực có dân cư. Cần nối đất tất cả các cột bêtông cốt thép, cốt sắt, cột gỗ của tất cả các loại đường dây ở mọi cấp điện áp khi có đặt thiết bị bảo vệ chống sét hay dây chống sét. Điện trở nối đất cho phép của cột phụ thuộc vào điện trở suất của đất và bằng 10-30 Ω.

Trên các đường dây ba pha bốn dây, điện áp 380/220V có điểm trung tính trực tiếp nối đất, các cột sắt, xà sắt của cột bê tông cốt thép cần phải được nối với dây trung tính.

Trong các mạng điện có điện áp dưới 1000V, có điểm trung tính cách điện, các cột sắt và bêtông cốt thép cần có điện trở nối đất không quá 50 Ω.

Điện trở nối đất chủ yếu xác định bằng điện trở suất của đất, hình dạng kích thước điện cực và độ chôn sâu trong đất.

Điện trở suất của đất phụ thuộc vào thành phần, mật độ, độ ẩm và nhiệt độ của đất và chỉ có thể xác định chính xác bằng đo lường. Các trị số gần đúng của điện trở suất của đất $\rho_{đất}$ tính bằng [Ωcm] như sau :

Đất sét, đất sét lẫn sỏi (độ dày của lớp đất sét từ 1 ÷ 3m)	$\rightarrow 1.10^4$
Đất vườn, đất ruộng	$0,4.10^4$
Đất bùn	$0,2.10^4$
Cát	$(7 \div 10)\ 10^4$
Đất lẫn cát	$(3 \div 5)\ 10^4$

Điện trở suất của đất không luôn cố định trong năm mà thay đổi do ảnh hưởng của độ ẩm và nhiệt độ của đất. Do vậy, điện trở của trang bị nối đất cũng thay đổi. Vì vậy trong tính toán nối đất phải dùng điện trở suất tính toán là trị số lớn nhất trong năm.

$$\rho_{tt} = K \cdot \rho_{đo\ của\ đất} \quad (10\text{-}9)$$

Ở đây K là hệ số tăng cao, phụ thuộc vào điều kiện khí hậu ở nơi sẽ xây dựng trang bị nối đất :

Bảng 10-1 cho ta hệ số K hiệu chỉnh tăng cao điện trở suất của đất :

Bảng 10-1

Loại cọc nối đất	*Loại đất*		
	Đất rất ướt	Đất ướt trung bình	Đất khô
- Các thanh dẹt nằm ngang (điện cực ngang) đặt ở độ sâu cách mặt đất 0,3 ÷ 0,5 m	6,5	5,0	4,5
- Thanh dẹt chôn nằm ngang đặt ở độ sâu 0,5 m ÷ 0,8 m	3,0	2,0	1,6
- Cọc đóng thẳng đứng đóng ở độ sâu cách mặt đất ≥ 0,8 m	2,0	1,5	1,4

10.7.2. Tính toán nối đất nhân tạo

Điện trở nối đất nhân tạo được thực hiện khi nối đất tự nhiên đo được không thỏa mãn điện trở nối đất cho phép lớn nhất $[R]_{max}$ của trang bị nối đất. Khi đó điện trở nối đất nhân tạo được tính theo công thức sau :

$$R_{nhân\ tạo} = \frac{[R.]_{max} \cdot R_{tự\ nhiên}}{R_{tự\ nhiên} - [R]_{max}} \quad (10\text{-}10)$$

Bảng 10-2

Kiểu nối đất	Cách đặt điện cực	Công thức tính, tính bằng [Ω]	Chú thích
Chôn thẳng đứng, làm bằng thép tròn, đầu trên tiếp xúc với mặt đất		$R_d = \frac{0,366}{l}\rho_{tt} lg\frac{4l}{d}$	l > d
Chôn thẳng đứng, làm bằng thép tròn đầu trên nằm sâu cách mặt đất một khoảng.		$R_d = \frac{0,366}{l}\rho_{tt}\left(lg\frac{2l}{d} + \frac{1}{2} lg\frac{4t+l}{4t-l}\right)$	l > d
Chôn nằm ngang, làm bằng thép dẹt, dài, nằm sâu cách mặt đất một khoảng.		$R_{ng} = \frac{0,366}{l}\rho_{tt} lg\frac{2l^2}{b.t}$	$\frac{l}{2t} \geq . 2,5$ b – chiều rộng của thanh dẹt, nếu điện cực tròn có đường kính d thì b = 2d.
Tấm chôn thẳng đứng, sâu cách mặt đất một khoảng		$R_d = 0,25\frac{\rho_{tt}}{\sqrt{ab}}$	a và b là kích thước dài x rộng của tấm.
Vành xuyến, làm từ thép dẹt, đặt nằm ngang, sâu cách mặt đất một khoảng.		$R_{ng} = \frac{\rho_{tt}}{2\pi^2 D} ln\frac{8D^2}{bt}$	b – chiều rộng của cực t < D/2. Nếu điện cực tròn, đường kính d thì b = 2d

Điện trở nối đất nhân tạo gồm hệ thống cọc đóng thẳng đứng (điện cực thẳng đứng) và thanh đặt nằm ngang (điện cực ngang) được xác định theo công thức :

$$R_{nhân\ tạo} = \frac{R_đ \cdot R_{ng}}{R_đ + R_{ng}} \qquad (10\text{-}11)$$

Ở đây $R_đ$ – điện trở khuếch tán của hệ thống cọc đóng thẳng đứng.

R_{ng} – điện trở khuếch tán của hệ thống cọc chôn nằm ngang.

Bảng 10-2 cho ta các công thức để xác định điện trở khuếch tán của các điện cực khác nhau.

Đối với thép góc, đường kính đẳng trị được tính theo :

$$d = 0{,}95\ b$$

với b – bề rộng của các cạnh thép góc.

Khi xác định điện trở nối đất tổng của tổng toàn bộ mạch vòng cần phải xét tới ảnh hưởng của màn che giữa các cọc. Trong trường hợp này, ta có hệ số sử dụng của điện cực đứng $\eta_đ$ và của điện cực ngang hay của thanh nằm ngang η_{ngang}.

Các hệ số sử dụng của các cọc đóng thẳng đứng và của các điện ngang cho ở bảng 10-3.

Điện trở khuếch tán của n cọc có xét đến ảnh hưởng màng che được tính theo.

$$R_đ = \frac{R_{1đ}}{n.\eta_đ} \qquad (10\text{-}12)$$

Ở đây $R_{1đ}$ – điện trở của một cọc hay một điện cực thẳng đứng.

$\eta_đ$ hệ số sử dụng của các điện cực thẳng đứng.

Điện trở khuếch tán của thanh nằm ngang nối giữa các điện cực đóng thẳng đứng có xét đến ảnh hưởng màn che :

$$R_{ng} = \frac{R'_{ngang}}{\eta_{ng}} \qquad (10\text{-}13)$$

Ở đây : – R'_{ngang} điện trở khuếch tán của thanh nối chưa xét tới ảnh hưởng màn che.

η_{ngang} – hệ số sử dụng của thanh nối nằm ngang.

10.7.3. Trình tự tính toán nối đất.

Trình tự tính toán nối đất như sau :

1. Xác định điện trở nối đất cho phép cần thiết [R] theo tiêu chuẩn.

2. Xác định điện trở nối đất tự nhiên $R_{tự\ nhiên}$.

3. Nếu $R_{tự\ nhiên} < [R]$ như đã nêu ở phần trên, trong các thiết bị cao áp trên 1000V có dòng điện chạm đất bé và trong các thiết bị điện áp dưới 1000V thì không cần đặt thêm nối đất nhân tạo. Còn trong các thiết bị điện áp trên 1000V có dòng điện chạm đất lớn, nhất thiết phải nối đất nhân tạo với điện trở không lớn hơn 1 Ω.

Nếu $R_{tự\ nhiên} > [R]$ thì phải xác định nối đất nhân tạo.

4. Qui định diện tích bố trí các điện cực, chọn số lượng và kích thước các điện cực đóng thẳng đứng và các điện cực ngang; chú ý đến việc giảm điện áp bước và điện áp tiếp xúc; tính điện trở khuếch tán của cọc, thanh nằm ngang và toàn bộ hệ thống nối đất theo các công thức nêu trên.

5. Đối với thiết bị điện áp cao hơn 1000V có dòng điện chạm đất lớn phải kiểm tra độ bền nhiệt của dây dẫn theo công thức sau :

$$S = I_{\infty} \cdot \frac{\sqrt{t_{qd}}}{c} \qquad (10\text{-}14)$$

Ở đây : I_{∞} – dòng điện ngắn mạch xác lập, trong tính toán lấy dòng điện lớn nhất đi qua dây dẫn khi ngắn mạch ở thiết bị đang xét hoặc là ngắn mạch một pha chạm đất.

t_{qd} – thời gian qui đổi hay thời gian giả thiết của dòng điện đi vào đất, [gy].

c – hằng số, đối với thép là 74; dây đồng trần là 195; dây cáp ruột đồng, điện áp dưới 10KV là 182, dây nhôm trần và cáp ruột nhôm điện áp dưới 10KV là 112. Bảng 10-3 : Hệ số sử dụng của cọc thẳng đứng η_d và điện cực ngang η_{ng}.

Bảng 10-3

Số cọc chôn thẳng đứng	Tỉ số a/l (a – khoảng cách giữa các cọc, l – chiều dài cọc)					
	1		2		3	
	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}	η_d	η_{ng}
A. Khi đặt các cọc theo chu vi mạch vòng						
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64
8	0,58	0,36	0,71	0,43	0,78	0,60
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,47
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41
50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,20	0,54	0,26	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33
B. Khi đặt các cọc thành dẫy						
3	0,78	0,80	0,86	0,92	0,91	0,95
4	0,74	0,77	0,83	0,87	0,88	0,92
5	0,70	0,74	0,81	0,86	0,87	0,90
6	0,63	0,72	0,77	0,83	0,83	0,88
10	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82
15	0,54	0,50	0,70	0,64	0,78	0,74
20	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68
30	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58

Để bảo vệ đối với quá điện áp của sét, người ta quan tâm đến điện trở tản của hệ thống nối đất có dòng điện sét đi xuống. Điện trở này là điện trở xung ký hiệu : R_{xung}.

R_{xung} được xác định theo tỉ lệ giữa biên độ điện thế ở hệ thống nối đất chống sét và biên độ của dòng điện sét đi vào hệ thống nối đất.

Giá trị điện trở xung của hệ thống nối đất chống sét khác với giá trị điện trở của hệ thống nối đất thông thường dùng cho bảo vệ an toàn. Sự khác nhau đó là do mật độ dòng điện chạy qua hệ thống nối đất trong thời gian sét đánh sẽ rất lớn và tính chất của xung dòng điện này.

Điện trở xung của một điện cực được xác định thông qua hệ số xung của hệ thống nối đất α.

$$R_{xung} = \alpha R$$

Ở đây R là giá trị của điện trở tính toán hay đo được trong chế độ tĩnh tại. Việc tính toán hệ thống nối đất trong chế độ quá độ là rất khó khăn và đòi hỏi sử dụng nhiều phần tử gần đúng.

Giá trị của hệ số xung tùy theo loại và chiều dài của điện cực nối đất, tùy thuộc vào dòng điện xung chạy và hệ thống nối đất, đồng thời phụ thuộc vào điện trở suất của đất cho ở bảng 10-4 và 10-5.

Bảng 10-4 – Giá trị gần đúng của hệ số xung α đối với cọc nối đất đóng thẳng đứng khi sóng xung có phần đầu sóng 3 – 6 μgy :

Bảng 10-4

Điện trở suất của đất Ωcm	I, [KA]			
	5	10	20	40
10^4	0,85 ÷ 0,90	0,75 ÷ 0,85	0,60 ÷ 0,75	0,5 ÷ 0,6
$5 . 10^4$	0,6 ÷ 0,7	0,50 ÷ 0,60	0,35 ÷ 0,45	0,25 ÷ 0,30
10^5	0,45 ÷ 0,55	0,35 ÷ 0,45	0,25 ÷ 0,30	–

Nhận xét : Những giá trị lớn nhất được tính đối với các điện cực có chiều dài 3m, còn giá trị bé nhất đối với các điện cực có chiều dài 2m.

Bảng 10-5. Giá trị gần đúng của hệ số xung α đối với các điện cực nằm ngang khi sóng xung có phần đầu sóng 3 ÷ 6μgy.

Bảng 10-5

Điện trở suất của đất [Ωcm]	l [m]	I, [KA]		
		10	20	80
1	2	3	4	5
10^4	5	0,75	0,65	0,50
	10	1,00	0,90	0,80
	20	1,15	1,05	0,95
	5	0,55	0,45	0,30
	10	0,75	0,60	0,45

1	2	3	4	5
5.10^4	20	0,90	0,75	0,60
	30	1,00	0,90	0,80
$10.^5$	10	0,55	0,45	0,35
	20	0,75	0,60	0,50
	40	0,95	0,85	0,75
	60	1,15	1,10	0,95
2.10^5	20	0,60	0,50	0,40
	40	0,75	0,65	0,55
	60	0,90	0,80	0,75
	80	1,05	0,95	0,90
	100	1,20	1,10	1,05

10.8. Ví dụ :

Bài toán 1. Yêu cầu tính nối đất mạch vòng cho trạm 110/10KV có các số liệu sau :

– dòng điện lớn nhất đi qua vật nối đất khi ngắn mạch chạm đất ở phía 110 KV là 3,2 KA; dòng điện lớn nhất đi qua vật nối đất khi ngắn mạch ở phía 10 KV là 42 A; loại đất ở nơi đặt trạm là đất sét; để nối đất phụ ta sử dụng hệ thống cáp – cọc có điện trở nối đất là 1,2Ω.

Bài giải : Ở phía 110 KV, yêu cầu điện trở nối đất bằng 0,5Ω. Ở phía 10 KV, ta xác định $R_đ$ theo công thức 10-7.

$$R_đ \le \frac{125}{I_đ} = \frac{125}{42} \approx 3\Omega$$

Ở đây điện áp tính toán trên thiết bị nối đất : U_{tt} = 125 V, vì dùng trang bị nối đất chung cho cả điện áp dưới và trên 1000 V.

– Điện trở nối đất nhân tạo khi xét đến sử dụng hệ thống cáp cọc có điện trở nối đất phụ là 1,2Ω.

$$R_{nhân\ tạo} = [R]_{max} \cdot \frac{R_{tự\ nhiên}}{R_{tựnhiên} - [R]_{max}} \qquad (10\text{-}10)$$

Thay vào ta được : $R_{nhân\ tạo} = \frac{0,5 \cdot 1.2}{1,2 - 0,5} = 0,857\Omega$

– Để tính toán sơ bộ, ta lấy điện trở suất của đất tại chỗ đặt tiếp đất (đất sét – tra bảng : $10^4\Omega$cm). Hệ số tăng cao hiệu chỉnh K là 4,5 đối với điện cực ngang khi chôn sâu 0,3 ÷ 0,5m, đất khô, và đối với điện cực đóng thẳng đứng dài 2 ÷ 3m đóng ở độ sâu cách mặt đất ≥ 0,8m là K = 1,4 (đối với đất khô).

Điện trở suất tính toán đối với điện cực ngang $\rho_{tt\ ngang} = 4,5 \cdot 10^4$, và đối với điện cực thẳng đứng là : $\rho_{tt\ đứng} = 1,4 \cdot 10^4 = 1,4 \cdot 10^4\Omega$cm.

– Xác định điện trở tản của một điện cực thẳng đứng dùng thép góc L50, dài 2m5 khi chôn sâu cách mặt đất 0,8m theo công thức cho ở bảng 10-2 :

$$R_{1\,đứng} = \frac{0,366}{l}\rho_{tt}\left(\lg\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t+l}{4t-l}\right)$$

Ở đây $d_{đẳng\ trị} = 0,95b = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475m$.

$$t = 0,8 + \frac{2,5}{2} = 2,05m.$$

$$R_{1đ} = \frac{0,366}{2,5} \cdot 140 \cdot \left(\lg\frac{2 \cdot 2,5}{0,0475} + \frac{1}{2}\lg\frac{4 \cdot 2,05 + 2,5}{4 \cdot 2.05 - 2,5}\right)$$

$R_{1đ} = 44,52\Omega$.

– Xác định sơ bộ nối đất thẳng đứng khi hệ số sử dụng $\eta đ$ cho cọc thẳng đứng là 0,6

$$\rightarrow n = \frac{44,52}{0,6 \cdot 0,857} \approx 87\ cọc.$$

– Xác định điện trở khuếch tán của điện cực ngang (thép thanh 40 × 4mm^2) được hàn ở đầu trên của thép góc. Hệ số sử dụng thanh nối thành vòng khi số điện của thẳng đứng bằng 85 cọc. Hệ số sử dụng thanh nối thành vòng khi số điện cực thẳng đứng bằng 85 cọc (thay vì đã tính sơ bộ : 87 cọc) và tỉ số a/l = 2; tra bảng 10-3 và dùng phép nội suy ta được hệ số sử dụng η_{ngang} : 0,25 :

Điện trở tản của thanh có chu vi vòng : L = 85a = 85 . 2 .2,5 = 425m. Theo biểu thức 10-13 và ở bảng 10-2 ta được :

$$R_{ng} = \frac{1}{\eta_{ng}} \cdot R'_{ng} = \frac{1}{\eta_{ng}} \cdot \frac{0,366}{1}\rho_{tt}\lg\frac{2l^2}{b_t}$$

$$R_{ng} = \frac{1}{0,25} \cdot \frac{0.366 \cdot 450}{425} \cdot \lg\frac{2 \cdot 425^2}{0,04 \cdot 0,8} = 9,688\Omega$$

Tính chính xác điện trở của điện cực thẳng đứng :

$$R_đ = \frac{0,857 \cdot 9,688}{9,688 - 0,857} = 0,940\Omega$$

Tính chính xác số điện cực thẳng đứng khi hệ số sử dụng $\eta đ$ lấy từ bảng 10-3 khi $\frac{a}{l} = 2$ và n = 85, lúc đó $\eta đ = 0,53$.

$$n = \frac{44,52}{0,53 \cdot 0,94} \approx 89\ cọc.$$

Cuối cùng ta lấy 89 thanh ghép góc 50 × 50 × 4 làm 89 điện cực thẳng đứng.

Kiểm tra độ bền nhiệt của thanh 40 × 4mm^2 Tiết diện bé nhất của thanh theo điều kiện bền nhiệt khi xảy ra ngắn mạch chạm đất theo công thức (10-14) với thời gian qui đổi dòng điện ngắn mạch chạy qua tqđ = 1,1 gy :

$$S = I\infty\frac{\sqrt{t_{qd}}}{c} = 3200\ \frac{\sqrt{1.1}}{74} \approx 45,5mm^2$$

Do đó tiết diện $40 \times 4mm^2 = 160mm^2$ thỏa mãn điều kiện bền nhiệt.

Bài toán ví dụ 2 :

Yêu cầu tính nối đất lập lại ở cuối đường dây 380/220 V có trung tính nối đất, công suất của máy biến áp cung cấp là 100 KVA, đặt trong vùng đất có $\rho do = 2.10^4 \Omega cm$, hệ số K (tăng cao) là : K = 2, đối với thanh nằm ngang, và K = 1,5 đối với điện cực thẳng đứng. (Bảng 10-1). Ở đây không có nối đất tự nhiên.

Bài giải : Theo qui phạm đối với máy biến áp công suất 100 KVA, điện trở nối đất lập lại không được vượt quá 10Ω.

Trước tiên ta ước đoán sơ bộ dùng 10 điện cực thẳng đứng dùng thép góc L 60 × 60 × 6 dài l = 2,5m.

Điện trở khuếch tán của một cọc là :

$$R_{1d} = \frac{0,366}{l} \rho_{do} K \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l}{4t - l}\right) =$$

$$R_{1d} = \frac{0,366}{2,5} 200 . 1,5 \left(\lg \frac{2 . 2,5}{0,95 . 0,06} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 . 2,05 + 2,5}{4 . 2,05 - 2,5}\right)$$

Ở đây $t = 0,8 + \frac{2,5}{2} = 2,05m$

$\rho_{dằng\ trị} = 0,95b = 0,95 . 0,06.$

$R_{1d} \approx 84\Omega.$

Các cọc được đóng thành mạch vòng, cách nhau a = 2l = 5m (vì a/l = 2), tra bảng 10-3 ta được :

$$\eta_d = 0,69$$

Điện trở khuếch tán của cả mười cọc :

$$R_d = \frac{84}{10 . 0,69} = 12\Omega.$$

Thanh nối dùng thép tròn có đường kính 8mm, chiều dài thanh nối tính đến cột điện gần bằng 60m (l = 6000 cm) và được chôn sâu 0,8m = 80 cm. Điện trở khuếch tán của thanh nối nằm ngang khi chưa xét đến ảnh hưởng màn che :

$$R'_{ng} = \frac{0,366}{6000} . 20000 . 2 . \lg \frac{2 . 6000^2}{2 . 80 . 0,8} \approx 14,3\Omega$$

(Ở đây ta dùng công thức 3 ở bảng 10-2 với b = 2d).

Hệ số sử dụng của điện cực ngang tra theo bảng 10-3, số cọc 10, với a/l = 2 ta được $\eta_{ngang} = 0,4$.

Điện trở khuếch tán của thanh ngang

$$R_{ngang} = \frac{14,3}{0,4} = 36,2\Omega$$

Điện trở nối đất của trang bị nối đất

$$R = \frac{12 \,.\, 36{,}2}{12 + 36{,}2} \approx 9\Omega < [10\Omega]$$

Do vậy số cọc chọn 10 cọc là phù hợp.

10.9. Giới thiệu một số nét về kỹ thuật chống sét mới xuất hiện gần đây trên thế giới

10.9.1. Những vấn đề thực tế hiện nay

Sự cảm ứng quá điện áp, quá trình quá độ do bởi sét đánh, các hậu quả của đóng ngắt mạch điện, của sự cố lưới điện v.v... và nhiều hiện tượng khác do người ta tạo nên có thể là một trong nhiều nguyên nhân làm hư hỏng các trang thiết bị động lực, các máy vi tính, các thiết bị trong mạng lưới thông tin viễn thông v.v... mà trong quá trình vận hành rất khó phát hiện. Sơ bộ, qua thống kê cho thấy rằng khoảng 70% các sự cố về thông tin liên lạc, về máy vi tính v.v... là do bởi quá điện áp và quá trình quá độ từ các đường dây điện lực và từ các đường dây dữ liệu đi vào các thiết bị động lực và các thiết bị thông tin viễn thông v.v...

Nhiều vấn đề đã được đề cập đến một cách cấp bách trong những năm gần đây vì các trang thiết bị điện tử đã trở thành các trang thiết bị được sử dụng ngày càng nhiều và rất phổ biến, mạng lưới vi tính đã phát triển rộng khắp và nhiều ngành công nghiệp đã được đặt hệ thống điều khiển và thông tin liên lạc sử dụng linh kiện điện tử.

Hậu quả không mong muốn do sét đánh hoặc do quá điện áp thường gây thảm họa cho các công ty và xí nghiệp. Điều này không chỉ dẫn đến kết quả là các trang thiết bị có giá trị buộc phải được thay thế mà còn gây tổn thất kinh tế do phải nghỉ, không vận hành trong thời gian phát hiện và khắc phục sửa chữa, và mất nhiều cơ hội doanh nghiệp.

Tháng 5 năm 1997, hai doanh nghiệp kỹ thuật lớn là : Doanh nghiệp kỹ thuật chống sét trên toàn thế giới gọi tắt là GLT (Global Lightning Technologies) và Doanh nghiệp Hợp tác quốc tế gọi là ERICO (ERICO – International Corporation) đã tuyên bố liên kết nhau để trở thành liên doanh lớn chuyên sản xuất các sản phẩm bảo vệ thuộc ngành điện.

Liên doanh kỹ thuật chống sét ERICO được thành lập gần đây, bây giờ đã trở thành : "Trung tâm chuyên ngành bảo vệ chống sét, bảo vệ quá điện áp quá trình quá độ và kỹ thuật chuyển đổi năng lượng". Liên doanh này có các tiềm năng sau :

- Bảo vệ chống sét trên phạm vi toàn thế giới - LPI (Lightning Protection International).

- Bảo vệ quá điện áp và trang thiết bị điều phối năng lượng CRITEC

- Sản xuất những sản phẩm thi công trong lĩnh vực nối đất CADWELD

- Sản xuất các chi tiết phục vụ cho lắp đặt hệ thống điện ERIFLEX ERI TECH.

- Cung cấp các chuyên viên thực hiện thi công và lắp đặt các sản phẩm trên.

Theo các thông tin được biết, cho đến nay, với những kết quả đạt được trong các lĩnh vực trên đã chứng tỏ Liên doanh kỹ thuật chống sét ERICO có nhiều thiết bị chất lượng tốt và đáng tin cậy.

10.9.2. Hướng dẫn thiết kế hệ thống bảo vệ chống sét và bảo vệ quá điện áp phù hợp với tiêu chuẩn Úc : N Z /AS 1768/1991 - Thực hiện kế hoạch 6 điểm

Tiêu chuẩn Úc dành cho bảo vệ chống sét đã luôn luôn được thế giới quan tâm. Đo cũng là một tài liệu có uy tín về thiết kế bảo vệ chống sét. Tiêu chuẩn mới nhất là tiêu chuẩn NZS / AS 1768 - 1991. Nội dung chính gồm phương pháp thiết kế theo "thể tích tập hợp" và những giới thiệu về trang thiết bị lắp đặt phục vụ bảo vệ quá điện áp và quá trình quá độ. Tiêu chuẩn này được thể hiện như là sự nghiên cứu hiện đại nhất và rất đáng tin cậy đối với những kỹ sư thiết kế bảo vệ chống sét.

Kinh nghiệm thực tế rộng rãi trong hai thập niên qua đã chứng tỏ rằng : "Việc bảo vệ chống sét một cách có hiệu quả các cấu trúc, các trang thiết bị bao gồm cả các trang thiết bị điện tử yêu cầu phải thực hiện một cách có phương pháp theo nội dung kế hoạch 6 điểm.

Hướng dẫn đã đề cập đến việc bảo vệ chống sét đánh trực tiếp và quá điện áp cảm ứng đối với đường dây điện lực và đường cáp tín hiệu liên quan đến tiêu chuẩn AS 1768-1991. Những vấn đề rất quan trọng về nối đất và sự hoàn chỉnh của công tác thiết kế cũng đã được đề cập ở tiêu chuẩn này.

A. CÁC HỆ THỐNG BẢO VỆ CHỐNG SÉT HIỆN NAY

Hệ thống bảo vệ chống sét cơ bản gồm : một bộ phận thu đón bắt sét đặt trong không trung, được nối đến một dây dẫn đưa xuống, đầu kia của dây dẫn này lại nối đến mạng lưới nằm trong đất (còn gọi là hệ thống nối đất).

Điểm 4.2.1 trong qui phạm của Úc chỉ rõ rằng : "hệ thống bảo vệ được đặt ở vị trí nhằm đạt được yêu cầu bảo vệ trước sự tấn công đột ngột trực tiếp của sét. Vai trò của bộ phận đón bắt sét nằm trong không trung rất quan trọng và sẽ trở thành điểm đánh thích ứng nhất của sét. Dây dẫn nối từ bộ phận đón bắt sét (hay còn gọi là đầu thu) từ trên đưa xuống có nhiệm vụ đưa dòng sét xuống hệ thống lưới kim loại nằm trong đất và tỏa nhanh vào trong đất. Như vậy hệ thống lưới này dùng để khuếch tán năng lượng của sét vào khối đất.

Nhà khoa học Benjamin Franklin đã có công khám phá ra những nguyên tắc cơ bản của việc bảo vệ sét đánh từ năm 1750. Mặc dù có nhiều tiến bộ khổng lồ trong nhiều lĩnh vực của các ngành kỹ thuật xảy ra trong hơn 240 năm qua. Song mới chỉ qua ba thập kỷ sau này, trong lĩnh vực chống sét, mới xuất hiện sự phát triển nhiều loại đầu thu đặt trang không trung. Nhìn chung, chúng được xếp vào hai loại chính :

+ Loại theo tập quán kinh điển, đó là dạng đầu thu của cột thu lôi thông thường đặt cơ sở trên những phát minh của Franklin.

+ Loại không theo tập quán hay loại được tăng cường. Loại được tăng cường có phẩm chất tốt hơn, xuất hiện trong những năm sau này; đó là những đầu thu mang tính tích cực hơn, bản thân những đầu thu này sẽ làm phát ra các dải sớm hơn hoặc còn gọi là các ESE (emission streamer early).

Những cột thu lôi theo tập quán của Franklin, thường có chiều cao từ 2 ÷ 3 hoặc hơn nữa. Một số cột ở phía đầu lại có nhiều điểm đưa ra hoặc có dạng chân chim, nhằm mục đích trang trí. Nhiều dạng khác theo tập quán có thể là các sợi dây đơn giản hoặc các dải băng dẹt đặt dọc theo các bờ tường hay trên mái của tòa nhà (còn gọi là dây chống sét như đã nêu ở các mục trước đây).

Trong những năm gần đây, do thực tế xảy ra nên có nhiều người nghĩ rằng đầu thu sét của cột thu lôi kiểu tập quán cũ của Franklin đặt trong chân không kém hiệu quả.

Thật vậy, có một số trường hợp xảy ra trong thực tế thể hiện rõ sự mất tin tưởng vào các cột thu lôi kiểu Franklin. Đã có những bức ảnh chụp được thể hiện các trường hợp mà ở đấy sét đã đi vòng qua các cột kiểu theo tập quán của Franklin để đánh vào các bờ tường, các mái hoặc các cấu trúc ở phía bên dưới.

Đã xảy ra trường hợp như ở tháp truyền hình, sự hoạt động của cột thu lôi kiểu Franklin không đạt được yêu cầu chống sét mong đợi và cũng cho ta một kinh nghiệm đắt giá.

10.9.2.1. Quá trình sét đánh.

Cơn dông bão và sấm sét xảy ra thông thường dưới những điều kiện khí tượng nhất định nào đó và xuất hiện sự phân chia điện tích trong đám mây dông. Trong đại đa số các trường hợp, các điện tích dương được tách riêng ra và đưa lên phía trên đỉnh của đám mây trong khi các điện tích âm đã được tách ra và đưa về phía dưới đám mây. Sét đánh là hiện tượng phóng điện giữa các vùng được tích điện trái dấu nhau trong đám mây hoặc giữa các vùng phía dưới của đám mây với đất, quá trình diễn biến như đã nêu ở 10.1. Khi điện trường đạt đến một giá trị quyết định, ở khoảng 100m đối với mặt đất, thì tại một điểm của mặt đất sẽ phóng một luồng đón bắt lên phía trên hướng về dòng tiên đạo.

Khoảng cách làm xuất hiện hiện tượng này gọi là *khoảng cách đánh*. Ngay khi hiện tượng đón bắt sét xảy ra thì vệt sáng xuất hiện và sự phóng điện chính cũng xảy ra.

10.9.2.2. Các phương pháp thiết kế.

1. Phương pháp thiết kế theo "quả cầu lăn" (hình 10-20).

Phương pháp thiết kế rất phổ biến được các nhà thiết kế bảo vệ chống sét theo tập quán của Franklin sử dụng là phương pháp *"quả cầu lăn"*. Phương pháp này đã được mô tả sơ lược ở phần trên của chương này và cũng được mô tả trong phần A5.3.1 tiêu chuẩn Úc. Đây là quả cầu tưởng tượng; nó được lăn qua cấu trúc của công trình (như hình 10-20).

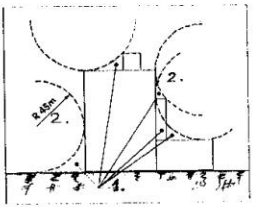
Quả cầu này có bán kính khoảng 45m đối với mức bảo vệ tiêu chuẩn (dòng điện sét đánh 10KA và hơn nữa, ở mức xác xuất thống kê đến 93%). Đối với việc bảo vệ cho những cấu trúc công trình dễ cháy và nổ, người ta thiết kế theo "quả cầu lăn" có bán kính 20m.

Giới hạn chính của phương pháp này là : cho rằng khả năng khởi xướng của tia tiên đạo đến tất cả các điểm chạm của cấu trúc là như nhau bất kể sự tăng cường của trường điện phụ thuộc vào dạng hình học.

Hệ thống bảo vệ thiết kế dựa trên phương pháp quả cầu lăn khá tốn kém và đắt tiền, vì phương pháp thiết kế này muốn đạt được yêu cầu bảo vệ thì có thể dẫn đến tình trạng khá tốn kém và có thể đưa đến trạng thái quá mức yêu cầu do đó có thể gây lãng phí.

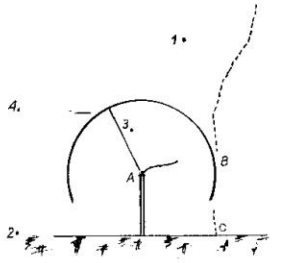
2. Phương pháp thiết kế theo "thể tích tập hợp".

Một phương pháp tính toán khác với Franklin theo "quả cầu lăn" và cũng là phương pháp hầu như đạt được các tiêu chuẩn quốc tế hiện nay, đó là phương pháp theo *"thể tích tập hợp"*.



Hình 10-20. Thiết kế bảo vệ chống sét theo phương pháp "quả cầu lăn"

1. Vùng được bảo vệ
2. Quả cầu lăn



Hình 10-21. Dòng tiên đạo của sét từ trên đi xuống đến gần điểm đất.

1. Dòng tiên đạo; 2. Đất
3. Khoảng cách đánh; 4. Bề mặt hình cầu

Phương pháp thiết kế này đặt cơ sở trên những thành tựu nghiên cứu của tiến sĩ A.J. Eriksson. Nó được trình bày chi tiết trong phần A8 của tiêu chuẩn NZS/AS 1768-1991.

Những thông số thiết kế được sử dụng ở phương pháp "thể tích tập hợp" bao gồm : chiều cao cấu trúc công trình, sự tăng cường trường của hình dáng và hình chiếu của cấu trúc, điện tích dòng tiên đạo, chiều cao địa điểm và vận tốc lan truyền tương đối của dòng sét đánh tiên đạo.

Hình 10-21 giới thiệu dòng tiên đạo đi xuống và đến gần một điểm trên mặt đất. Một bán cầu khoảng cách đánh được thiết lập kế từ điểm này. Bán kính của nó phụ thuộc vào điện tích ở đầu dòng tiên đạo và tương ứng với khoảng cách mà ở đấy sự tăng cường trường điện sẽ vượt quá *giá trị tới hạn*.

Giá trị này đánh dấu sự tăng cường của trường điện đã trở nên khá đầy đủ để phóng một dòng đón bắt lên phía trên hướng về dòng tiên đạo.

Bán cầu khoảng cách đánh để lộ ra rằng những dòng điện tiên đạo của sét với điện tích điện yếu sẽ tiến đến gần sát *điểm đất* trước khi đạt được những điều kiện tới hạn để bắt đầu xuất phát phóng dòng đón bắt lên phía trên hướng về dòng tiên đạo.

Khi những điều kiện tới hạn đã đạt được, nếu mức độ điện tích càng lớn thì khoảng cách giữa dòng tiên đạo và điểm đất càng lớn.

Bán kính bán cầu có liên quan đến mức độ yêu cầu của bảo vệ.

Phương pháp thiết kế *"theo thể tích tập hợp"* đưa vào trong tính toán tốc độ tương đối của dòng hướng lên trên và dòng tiên đạo hướng xuống dưới.

Không phải tất cả những dòng tiên đạo đi đến một bán cầu khoảng cách đánh đều được đón bắt. Những dòng tiên đạo nào đi vào phía ngoài chu vi của các bán cầu đều có thể tiếp tục chuyển động của mình để đi xuống phía dưới (hình 10-21) và đến gần sát điểm đất thì bắt gặp một dòng đi chuyển khác đi lên phía trên. Do vậy, từ điểm này dẫn

đến sự phát triển của một hình parabol giới hạn. Nếu có một dòng tiên đạo của sét tiến dần xuống phía dưới và đi thẳng vào thể tích tập hợp này thì sẽ đảm bảo chắc chắn được đón bắt (hình 10-22).

Thiết kế với phương pháp "thể tích tập hợp" sử dụng một cách thống kê các thông số đúc kết được thông qua sự kiện sét đánh như ở bảng 10-6.

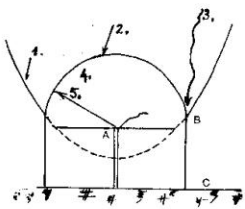
Bảng 10-6

Điện tích dòng tiên đạo $Q_{tiên\ đạo}$	Dòng điện đỉnh $I_{đỉnh}$	Giá trị vượt quá tính theo phần trăm	Mức độ bảo vệ
0,5 C	6,5 KA	98%	Cao
0,9 C	10 KA	93%	Trung bình
1,5 C	16 KA	85%	Theo tiêu chuẩn

Bảng 10-6 cung cấp cho người thiết kế con số phân tích các trường hợp rủi ro nhất. Các mức độ của thể tích tập hợp đã được xác định tùy thuộc vào giá trị của dòng điện đỉnh $I_{đỉnh}$. Thật vậy nếu người thiết kế mong muốn ở mức cao của bảo vệ (dòng điện đỉnh $I_{đỉnh}$ = 6,5 KA) thì 98% của toàn bộ sự kiện sét đánh vượt quá giá trị này. Sự phóng điện của dòng sét ở cường độ cao hơn sẽ có những *thể tích tập hợp* rộng lớn hơn và nó sẽ tạo thành sự phủ chồng lớn hơn trong khu vực đón bắt của những đầu thu nằm trong không trung.

Thiết kế mà hiệu quả đạt được 98% (mức độ bảo vệ cao) không có nghĩa là tất cả sét đánh có dòng điện đỉnh nhỏ hơn giá trị này sẽ trượt khỏi đầu thu đón bắt sét. Chúng ta cũng có thể dễ dàng hiểu rằng do sự ngẫu nhiên của thống kê, thì một số lần sét có thể không được đón bắt do vì dòng tiên đạo hướng lên phía trên và bị loại trừ ra khỏi phạm vi của thể tích tập hợp.

Hiện nay có một số đầu thu đã được chế tạo rất thành đạt. Những đầu thu này chứng tỏ có khả năng để tạo nên "thể tích tập hợp" rất rộng lớn và hơn hẳn cả những thu lôi kiểu tập quán Franklin.



Hình 10-22. "Thể tích tập hợp được tạo bởi quỹ tích xác xuất bằng nhau (khối parabôn) và diện tích mặt cầu :

1. Quỹ tích xác xuất bằng nhau
2. Bề mặt hình cầu
3. Dòng tiên dao
4. Thể tích tập hợp
5. Khoảng cách đánh.

Một hoặc nhiều đầu thu kiểu đón bắt sét như vậy đã được đặt phía trên cấu trúc để các "thể tích tập hợp của chúng phủ chồng lên trên những thể tích bé nhỏ tự nhiên của hình thể cấu trúc.

Phương pháp này rõ ràng hấp dẫn hơn và rất thuận lợi cho việc áp dụng để thiết kế bảo vệ chống sét.

Hình 10-23 Giới thiệu khái niệm về thể tích tập hợp khi ứng dụng vào cấu trúc.

** So sánh phương pháp tính toán thiết kế theo thể tích tập hợp với tính toán thiết kế theo quả cầu lăn*

- Pp quả cầu lăn :

+ Việc lắp đặt tốn kém hơn

+ Áp dụng khó khăn hơn

+ Yêu cầu người kỹ sư đã được đào tạo thực hiện công việc thiết kế

+ Tốn nhiều thời gian trong công tác thiết kế

+ Có những tiêu tốn không cần thiết khác.

+ Yêu cầu bảo trì liên tục và thực hiện công việc bảo trì trong phạm vi rộng hơn.

- Pp thể tích tập hợp :

+ Tiết kiệm trong lắp đặt

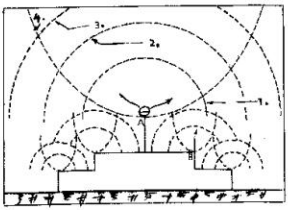
+ Dễ dàng trong áp dụng

+ Khách hàng có thể tự thực hiện được việc thiết kế

+ Đỡ tốn thời gian trong tính toán và thiết kế

+ Do vì khả năng của đầu thu đón bắt mới đã tạo nên "thể tích tập hợp" rộng lớn hơn so với đầu thu thông thường của cột thu lôi kiểu Franklin nên chỉ cần một đầu thu đón bắt là đảm bảo yêu cầu bảo vệ đối với những cấu trúc rộng hơn.

+ Thiết kế được dựa trên nền kỹ thuật tiên tiến nhất.



Hình 10-23. Khái niệm về thiết kế theo phương pháp thể tích tập hợp.

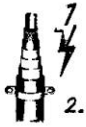
1. Khoảng cách đánh đối với điện tích dòng tiên đạo 0,5C
2. Khoảng cách đánh đối với điện tích dòng tiên đạo 0,9C
3. Khoảng cách đánh đối với điện tích dòng tiên đạo Q = 1,5 C
4. Quỹ tích xác xuất bằng nhau (khối parabôn)

10.9.2.4. Cụ thể kế hoạch thực hiện 6 điểm

Bảng 10-7 giới thiệu các phần cơ bản của kế hoạch bảo vệ chống sét đánh 6 điểm. Kinh nghiệm cho thấy người kỹ sư thiết kế phải nghiên cứu nội dung 6 điểm này để hoàn tất công việc bảo vệ toàn bộ.

Bảng 10.7

1. Đón bắt sét đánh trên những đầu thu sét đặt trong không trung tại những vị trí mong muốn.



2. Dẫn dòng điện sét đi xuống đất một cách an toàn nhờ dây dẫn được thiết kế đặc biệt để đưa xuống đất mà không bị nguy hiểm do sự quá đốt nóng.

3. Tiêu tán năng lượng sét vào trong đất với sự tăng lên ít nhất về điện thế trong đất.

4. Loại trừ các vòng mạch (lưới) nằm trong đất và sự chênh lệch điện thế đất bằng cách tạo nên một tổng trở thấp, hệ thống nối đất đẳng thế.

5. Bảo vệ trang thiết bị được nối đến các đường dây điện lực khỏi bị ảnh hưởng tăng vọt và quá trình quá độ, để phòng hư hỏng trang thiết bị và đình trệ sản xuất.

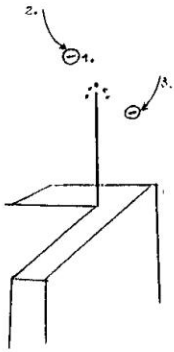
6. Bảo vệ các mạch điện thoại, mạch dữ liệu và mạch tín hiệu đưa đến khỏi bị ảnh hưởng tăng vọt và quá trình quá độ, để phòng hư hỏng thiết bị và ngừng phục vụ.

Sau đây chúng tôi xin giới thiệu từng điểm trong kế hoạch 6 điểm này.

Điểm 1 : *Đón bắt sét đánh trên những đầu thu sét đặt trong không trung*

Vai trò của đầu thu trong không trung là khi có dấu hiệu sét đánh thì nó sẽ phóng một dòng dẫn đưa lên phía trên để đón bắt sét một cách hiệu quả.

Khả năng của cột thu lôi kiểu Franklin là tập trung trường điện và tạo thành dạng quầng điện trường mà chúng ta đã biết. Quầng này chỉ quan sát được ở vùng lân cận đỉnh thu lôi và nó sẽ được giảm nhanh chóng theo khoảng cách. Hiệu quả của điện tích không gian như đã trình bày ở hình 10-24. Ở đây, thể hiện trường điện được quan sát ở đầu thu lôi được nối đất trong lúc dòng tiên đạo đến gần. Khi dòng tiên đạo đến gần, điện tích cảm ứng được tăng lên và ta có thể quan sát ở hình vẽ (ở đầu thu của cột thu lôi). Cuối cùng dòng tiên đạo có thể đi đến gần hơn nữa và đạt đến mức độ là có thể phát động dòng đón bắt từ phía đầu thu lôi và hướng dòng này lên phía trên.



Hình 10-24 Hiệu quả điện tích không gian đối với cột thu lôi dạng tập quán Franklin
1. Dòng tiên đạo tiếp tục đi xuống dưới cho đến khi dòng từ dưới hướng lên trên được xuất phát;
2. Sự tiến gần từ trên xuống.
3. Sự tiến gần chếch cạnh.

Để đáp ứng với tiến bộ kỹ thuật mới và sự đòi hỏi của thị trường, loại không theo tập quán Franklin hay loại tăng cường với đầu thu đón bắt đặt trong không trung đã được nghiên cứu và phát triển áp dụng. Một trong những loại này là quả cầu thu đón bắt sét đặt trong không trung kiểu Dyna. Đây là một khái niệm tương đối mới và có tác dụng làm giảm bớt sự biến dạng của trường điện và quầng kết quả.

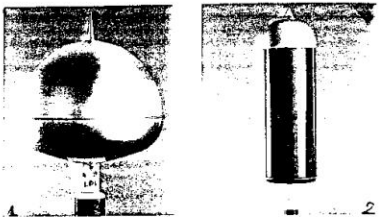
Sự việc nghiên cứu rộng rãi và thử nghiệm *"đầu thu đón bắt này"* đã được thực hiện ở Úc, Indonésia và ở Mỹ. Các thử nghiệm này đã được tiến hành ở các phòng điện áp cao, ở đấy xung sét đã được tạo ra trong những điều kiện khí quyển giống như điều kiện thực tế tự nhiên để nhằm mục đích phân tích so sánh đầu thu với những dạng mẫu của loại không theo tập quán và loại theo tập quán (dạng cũ).

Việc thử nghiệm tiến hành ở trong môi trường điện từ các nước này và đầu thu đón bắt sét cũng đã được phân tích dưới những điều kiện dông bão thực tế cùng với việc sử dụng những trang thiết bị ghi có bộ số hóa tốc độ cao để ghi sự phát xuất của dòng đón bắt hướng lên phía trên. Những kết quả đều cho thấy rằng sự phát xuất của dòng đón bắt hướng lên trên của đầu thu là sớm hơn (về thời gian) và biên độ cũng lớn hơn biên độ của đầu thu kiểu tập quán Franklin. Gần đây nhất, hàng loạt những thử nghiệm trường điện được thực hiện ở Trung tâm không gian John. F. Kennedy, Florida cùng với đội nghiên cứu NASA.

Sự nghiên cứu của trường điện loại này đã thực hiện và vẫn đang tiếp tục tiến hành với những trang thiết bị thử nghiệm của nhiều nước khác nhau trong những khoảng thời gian mùa mưa bão tương ứng của những nước này. Qua thí nghiệm của hàng trăm trang thiết bị chống sét với những đầu thu đón bắt loại này ở một số nơi trên thế giới, ở khu vực nhiều sét nhất cũng đã chứng tỏ thành quả đạt được rất cao của loại đầu thu đón bắt kiểu quả cầu Dyna hoặc kiểu hình trụ "Interceptor" này. (hình 10-25).

Hình 10.26 giới thiệu hệ thống bảo vệ chống sét với đầu thu đón bắt kiểu quả cầu Dyna đặt trong không trung theo kỹ thuật mới.

Khi người kỹ sư thiết kế hệ thống bảo vệ theo phương pháp "Thể tích tập hợp" thì bản thiết kế sẽ đạt kết quả rất khả quan. Bản thiết kế cho phép đầu thu đón bắt này được đặt ở vị trí nào đó thật mỹ quan nhất và cũng được hài lòng nhất vì phạm vi bảo vệ của nó khá rộng. Thông thường và đại đa số các trường hợp vị trí đặt sẽ là ở trung tâm các tòa nhà trên phần nhô cao lên của cấu trúc. Trên những cấu trúc hoặc công trình rất rộng lớn thì người thiết kế có thể đặt vài đầu thu đón bắt kiểu này.



Hình 10-25. Hình dạng hai đầu thu đón bắt sét kiểu quả cầu *Dyna (1)* và kiểu hình trụ *Interceptor (2).*

* *Ưu điểm của các đầu thu đón bắt đặt trong không trung theo kỹ thuật mới so sánh với những đầu thu theo tập quán kiểu Franklin.*

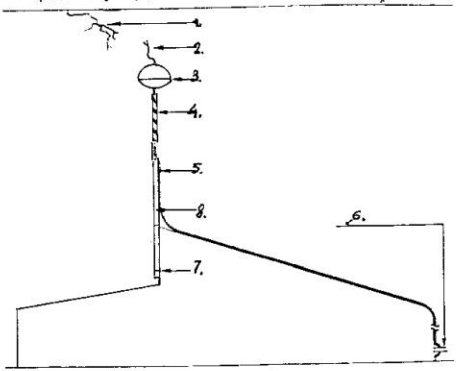
– Đầu thu theo tập quán Franklin.

+ Đặt cơ sở trên những thiết kế từ năm 1752.

+ Mỗi một cột yêu cầu khoảng cách trung bình 5 ÷ 15m.

+ Hình dáng bên ngoài không hấp dẫn.

+ Khó khăn và tốn nhiều thời gian để đặt trang thiết bị.



Hình 10-26. Chống sét dùng quả cầu Dyna đặt trong không trung.

1. Dòng tiên đạo của sét đi xuống; 2. Dòng đón bắt hướng lên trên; 3. Quả cầu đón bắt sét Dyna; 4. Cột đỡ quả cầu dài 1,15m; 5. Đường dây đưa xuống (3 trục); 6. Máy đếm sự kiện sét đánh; 7. Vòng giữ; 8. Cột kim loại phía dưới.

+ Ít tin tưởng trong vận hành.

+ Mức độ hiệu quả không rõ rệt.

+ Khá đắt tiền do trang thiết bị tiêu tốn khá cao.

– Đầu thu đón bắt sét theo kỹ thuật mới.

+ Đặt cơ sở trên kỹ thuật mới nhất.

+ Thông thường chỉ cần có một đầu thu đón bắt.

+ Hình dáng dễ chấp nhận, không dễ nhận thấy vẻ bên ngoài.

+ Dễ đặt trên công trình.

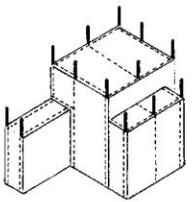
+ Dễ dàng trong công tác duy trì bảo quản.

+ Hiệu quả hơn và tin tưởng trong vận hành.

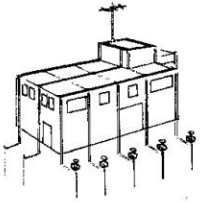
+ Thành tựu đạt được thể hiện rõ ràng.

+ Rẻ tiền hơn vì thông thường chỉ cần có một đầu thu đã thỏa mãn.

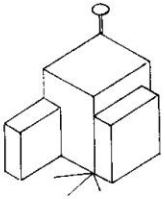
Hình 10-27 giới thiệu ba hình vẽ sử dụng theo phương pháp chống sét kiểu dùng cột thu lôi Franklin (hình a); kiểu lưới dây chống sét hay gọi là kiểu lồng Faraday (hình b); và kiểu dùng quả cầu Dyna áp dụng thành tựu nghiên cứu mới (hình c).



Hình 10-27a : Dùng cột thu lôi theo kiểu tập quán cũ Franklin.



Hình 10-27b. Dùng kiểu dây chống sét (lồng Faraday) kiểu cũ.

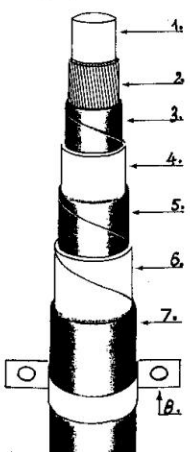


Hình 10-27c. Dùng quả cầu đón bắt sét kiểu Dyna.

Điểm 2 : Truyền dẫn dòng điện sét đi xuống đất một cách đảm bảo

a) Đường dây dẫn dòng điện sét xuống hệ thống nối đất được che chở và bảo vệ.

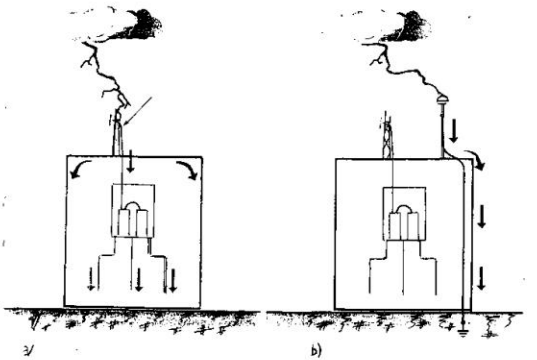
Kỹ thuật gần đây nhất của sự truyền dẫn năng lượng sét xuống đất là dùng một dây dẫn để đưa xuống và dây dẫn này được bảo vệ cách ly. Trong trường hợp này, dây dẫn đưa xuống rõ ràng là hai vành đồng hình vành khăn, hay còn gọi là vành đồng kép. Đường dây đưa xuống loại mới này có tính dẻo và được bọc bằng nhiều lớp ngăn cách điện như hình 10-28, do đó làm cho dòng điện sét được ngăn cách khỏi khu vực bị ảnh hưởng mạnh (hình 10-29).



Hình 10-28. Dây dẫn đưa dòng điện sét xuống đất gồm nhiều lớp, trong đó có phần dẫn chính là vành đồng tiết diện 50mm^2 và có màn chắn bằng băng đồng.

1. Vật liệu chất dẻo để tăng đường kính hiệu quả của dây dẫn chính (cảm ứng, hiệu quả mặt ngoài).
2. Lớp vành dẫn chính (đồng, tiết diện 50mm^2)
3. Lớp kiểm tra ứng suất bán dẫn.
4. Lớp ngăn cách điện áp cao polyethylene.
5. Lớp kiểm tra ứng suất bán dẫn điện.
6. Dải màn chắn bằng băng đồng chính.
7. Lớp bọc bằng chất dẻo.
8. Kim loại để giữ và định vị dây dẫn đưa dòng điện sét xuống đất.

– Một số người có thể có cảm giác rằng những dường dây cáp như vậy là đáng ngơ và không thể tin được vì vật liệu cách điện bố trí như hình vẽ 10-28 có thể không chịu đựng nổi điện áp cao do phóng điện của sét. Thế nhưng qua thử nghiệm chỉ cho thấy rằng việc kết hợp khả năng giữa cấu trúc của các lớp bọc với dây đồng dẫn dòng điện sét là nguyên nhân tạo điều kiện cho dòng điện di chuyển trên bề mặt dây dẫn đồng một cách dễ dàng và cũng tạo điều kiện làm giảm sự chênh lệch điện áp.



Hình 10-29. Dòng điện sét chạy trong dây dẫn
a) Dòng điện sét chạy khắp công trình; b) Lộ trình đi xuống đất của dòng sét được bảo vệ do dây 3 trục

Dây dẫn dòng điện sét đi xuống đất loại có bảo vệ này gồm có một dây dẫn chính bằng đồng có tiết diện 50 mm^2 (vành đồng chính lớp thứ hai kể từ trong ra). Ưu điểm về phương diện mỹ quan ta thấy rõ rệt. Trong tuyệt đại đa số các trường hợp ta chỉ cần có một dây dẫn đưa xuống và nó được bọc lớp ngăn cách điện để nó không làm ảnh hưởng phiền phức do chạm phải như dây đồng trần như đã dùng cho thu lôi kiểu tập quán Franklin.

Loại dây bọc này cũng có thể được dấu kín khi đặt ở bên trong tường.

Những ưu điểm tương đối của một dây dẫn đưa dòng điện sét xuống được bảo vệ so với dây dẫn đưa xuống loại thông thường như sau :

- Dây dẫn đưa xuống thông thường :

+ Mỗi một dây dẫn yêu cầu thường quá 30m, và thường dùng nhiều dây (hình 10-27b).

+ Lộ trình dòng điện sét chạy bên trong dây có thể làm ảnh hưởng hư hỏng cấu trúc

+ Xác xuất của những sự tăng vọt do cảm ứng của những thiết bị có độ nhạy là cao hơn.

+ Một số băng đồng trần hay dây đồng trần dẫn sét đặt ở bên ngoài cấu trúc có thể làm xấu mất vẻ thẩm mỹ của công trình.

+ Yêu cầu có những chi tiết nối ghép bằng kim loại đối với dây dẫn đưa xuống.

+ Tốn kém vì dùng nhiều dây dẫn đưa xuống,

- *Loại dây dẫn bọc ba trục (triaxial conductor) (hình 10-28)*

+ Thông thường chỉ cần có một dây.

+ Lộ trình dòng điện sét chạy bên trong không làm ảnh hưởng hư hỏng cấu trúc

+ Xác xuất của sự lóe sáng cạnh hầu như được loại trừ.

+ Làm hài lòng về mỹ quan.

+ Không yêu cầu những chi tiết nối ghép đặc biệt.

+ Thông thường rẻ tiền hơn vì chỉ cần có một dây dẫn đưa xuống.

Điểm 3. Hệ thống nối đất có điện trở thấp làm tiêu tán năng lượng sét vào trong đất dễ dàng.

Những vật liệu dùng cho hệ thống nối đất có điện trở thấp là phần rất quan trọng làm cho hệ thống bảo vệ chống sét có hiệu quả. Nếu hệ thống nối đất có điện trở càng thấp là tạo dễ dàng cho sự tiêu tán năng lượng của sét vào trong khối đất càng nhanh.

Theo tiêu chuẩn của Úc (mục 4.12.2 về những yêu cầu chi tiết nối đất) thì mức điện trở tối đa cho phép là 10Ω đối với hệ thống nối đất chống sét. Điều này có thể đạt được trước tiên là nhờ sự liên kết của hệ thống nối đất chống sét với những hệ thống được đặt trong đất khác hoặc liên kết với phần kim loại của cấu trúc được gia cố (hình 10-30). Người ta luôn luôn tạo mọi điều kiện để đạt được điện trở nối đất là thấp nhất và mong muốn đạt được không quá 1 Ω.

Có rất nhiều phương pháp khác nhau để thực hiện điện trở của hệ thống nối đất chống sét đạt yêu cầu thấp. Hệ thống nối đất tạo thành mạng lưới thông thường bao gồm các điện cực đất, các dải băng và các chi tiết ghép nối với một số xử lý nhân tạo.

Trước khi thiết kế hệ thống nối đất thì có một số vấn đề liên quan đến các điều kiện địa phương phải nghiên cứu và tìm hiểu rõ ràng (trình bày ở mục 4-13-1 của tiêu chuẩn Úc) như sau :

+ Điện trở vùng đất : những số liệu đo và thử nghiệm về đất của địa phương và khu vực.

+ Đặc điểm vật lý tạo nên lớp đất : ví dụ : đá, đất sét, cát v.v... cần xác minh rõ.

+ Các chướng ngại nằm trong khu vực : đường xá, cây, rào, các đường cáp ngầm và các dịch vụ có các đường dây chôn ngầm.

+ Hệ thống nối đất theo thiết kế mới này có hậu quả gì đối với hệ thống lưới đang nằm trong đất không.

+ Sự gia cố thêm cho cấu trúc có dễ dàng để đạt được không ?

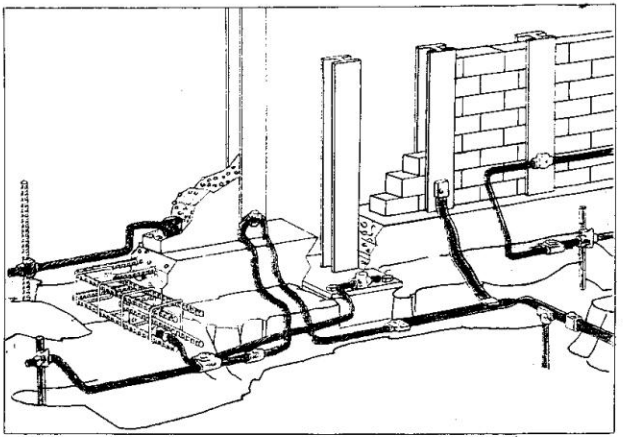
+ Sự an toàn : ví dụ các hố đất sẽ thực hiện có thể bị can thiệp hay không ?

Cần nhớ rằng nếu hệ thống nối đất được đặt đúng và thiết kế tốt sẽ tạo nên điện thế bước đạt được sẽ bé nhất.

* *Về điện cực yêu cầu phải* :

- đạt được điện trở thấp nhất.

- có sức bền cơ khí và khả năng chống ăn mòn để có tuổi thọ phục vụ cao đối với bất kỳ môi trường loại nào.

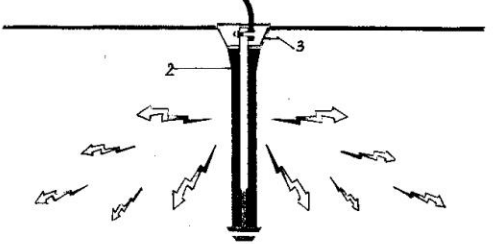


Hình 10-30. Sự liên kết của hệ thống nối đất với các cấu trúc kim loại của công trình và với các hệ thống khác bằng kim loại được đặt trong đất.

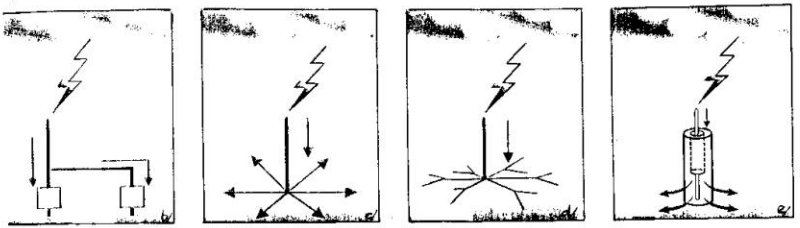
- có khả năng tải được dòng điện phóng xuống đất của sét và tỏa ra vùng đất xung quanh được dễ dàng.

Một số ví dụ của hệ thống nối đất được giới hiệu ở hình 10-31

Hình 10-31a : Trình bày sự tiêu tán năng lượng dòng sét được dây dẫn đưa xuống và tỏa ra trong đất.



Hình 10-31a - Sự tiêu tán năng lượng dòng sét xuống đất.
1. Dây dẫn bọc 3 trục loại mới, dẫn dòng sét xuống
2. Hợp chất tăng cường để giảm điện trở hệ thống nối đất.
3. Hố đất.



Hình 10-31b. Một phương pháp có hiệu quả của cọc nối đất - Dòng điện đi xuống đất được rẽ nhánh.

Hình 10-31c. Hệ thống nối đất lý tưởng dạng tia dùng cho những nơi có điện trở suất của đất loại trung bình - Dòng điện đi xuống đất được phân ra 6 đường.

Hình 10-31d. Hệ thống nối đất lý tưởng dạng tia có chân rết dùng cho những nơi có điện trở suất của đất khá cao. Dòng điện đi xuống đất sẽ tỏa ra xung quanh một khu vực rộng lớn bằng nhiều tia và nhiều chân rết.

Hình 10-31e. Hệ thống nối đất trong diện tích giới hạn. Người ta khoan những hố sâu. Kết quả làm giảm sự tăng điện áp ở bề mặt.

Đối với những địa điểm không thuận lợi ví dụ ở những nơi có đá, cát hay đá đất sét lẫn lộn chung, thì người ta sử dụng *hợp chất tăng cường tiếp đất*. Hợp chất này có tác dụng làm giảm điện trở tiếp đất khá nhiều. Hợp chất tăng cường tiếp đất này không hòa tan và dễ dàng thực hiện. Thông thường dùng nó thì rẻ tiền hơn nhiều so với dùng khá lớn khối lượng đồng đất tiền.

Hợp chất tăng cường tiếp đất là hợp chất lý tưởng đối với phương pháp tiếp đất loại này. Hợp chất gồm dung dịch hóa chất có độ dẫn điện tốt mà đối với nó khi đã hòa tan với nước rồi rót vào hệ thống nối đất và vùng đất xung quanh thì nó sẽ trở thành một khối keo đông đặc gelatin tạo nên một khối hệ thống nối đất hoàn thiện.

Hợp chất tăng cường tiếp đất điển hình bao gồm hai túi riêng biệt, một túi gồm vật chất cấu tạo từ dung dịch đồng, còn túi kia là hợp chất hóa học có tác dụng giúp cho giai đoạn đông quánh thành thạch.

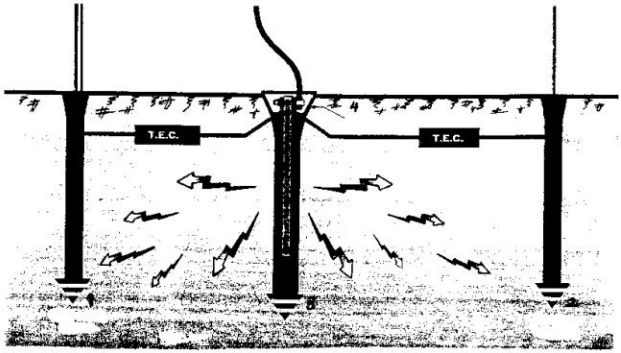
Điểm 4 : Việc loại trừ các vòng mạch (lưới) nằm trong đất và sự chênh lệch điện thế đất bằng cách tạo nên một tổng trở thấp, hệ thống nối đất đẳng thế

Một cấu trúc xây dựng có thể gồm có một số các hệ thống dịch vụ được đặt trong đất, cũng có thể là các ống cung cấp nước hay cung cấp hơi nóng. Dịch vụ nằm trong đất cũng có thể bao gồm : điện thoại, đường dây cáp điện, đường dây thông tin hoặc những dịch vụ phục vụ mục đích đặc biệt nào đó đang nằm trong đất. Tất cả những hệ thống nằm trong đất này có thể được bổ sung vào hệ thống nối đất bảo vệ chống sét.

Việc sử dụng nhiều hệ thống nằm trong đất này có thể là nguyên nhân duy nhất làm cho trang thiết bị điện ngừng hoạt động. Khi sự chênh lệch điện áp xuất hiện giữa một trong nhiều hệ thống nằm trong đất này thì sự hư hại trang thiết bị sẽ xảy ra sớm hơn. Với phương pháp thực hiện qui định : *"Sự liên kết đẳng thế"* cho tất cả những hệ thống nối đất làm chức năng bảo vệ và những hệ thống nằm trong đất làm chức năng dịch vụ thì vấn đề chênh lệch điện thế có thể được loại trừ (hình 10-32).

Chúng ta hãy xem xét đối với trường hợp một đài phát thanh bị sét đánh. Tia chớp đi xuống dọc theo tháp và theo cả đường dẫn sóng. Nếu hệ thống nối đất nối vào võ

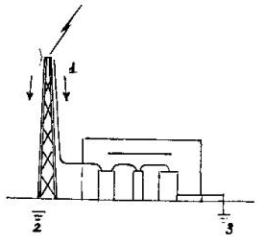
trang thiết bị thì một phần lượng dòng điện sét sẽ chạy đến hệ thống nối đất và đến vỏ trang thiết bị. Hình 10-33 cho thấy rõ dòng điện sét đi như thế nào để qua các phòng thiết bị và đó chính là lý do làm đại đa số trang thiết bị bị hư hỏng.



Hình 10-32. Dùng phương pháp "sự liên kết đẳng thế" để loại trừ sự chênh lệch điện thế đất và các lưới (vòng mạch) nằm trong đất.

1. Hệ thống nối đất của đường dây thông tin và liên lạc viễn thông
2. Hệ thống nối đất của đường dây phục vụ cho cung cấp điện.
3. Hệ thống nối đất bảo vệ chống sét.
4. Hố nối đất.

Việc tạo ra một mặt phẳng hệ thống nối đất cân bằng điện thế dưới những điều kiện của quá trình quá độ thực chất là để bảo vệ cho người và trang thiết bị. Mặc dù trong những điều kiện vận hành bình thường, người ta mong muốn các hệ thống nối đất hoặc nằm trong đất được tách ra riêng biệt, song khi sét đánh hoặc xuất hiện điện áp của quá trình quá độ thì sự chênh lệch điện áp giữa các hệ thống nối đất riêng biệt này sẽ xảy ra và không thể tránh được. Điều này có thể gây hủy hoại trang thiết bị và tạo nên rất nguy hiểm đối với người. Để khắc phục tình trạng này người ta dùng con nối đặc biệt gọi là TEC (The transient Earth clamp). Nó hoạt động như một mạch hở có hiệu quả lúc bình thường. Nhưng khi có sự chênh lệch điện thế dưới những điều kiện của quá trình quá độ thì mạch này sẽ đóng lại ngay và tạo nên sự cân bằng điện thế.



Hình 10-33. Dòng điện sét chạy xuống đất thông qua đường dây tương tác.

1. Đường dẫn sóng sét đi qua phòng trang thiết bị để xuống hệ thống nối đất tín hiệu.
2. Hệ thống nối đất bảo vệ chống sét cho tháp truyền hình

Sau đây là một số các hệ thống nằm trong đất thực hiện nhiệm vụ của mình phải được nối liên kết với nhau :

- Hệ thống nối đất phục vụ cho cung cấp điện
- Hệ thông nằm trong đất phục vụ cho thông tin liên lạc.
- Những đường ống nước và ống dẫn hơi nóng (nếu bằng kim loại).
- Cấu trúc của các xưởng bằng thép.
- Hệ thống nối đất bảo vệ chống sét.

Tất cả những liên kết trên phải đi theo một con đường ngắn nhất có thể được và phải thực hiện đúng tiêu chuẩn. Một số các công trình phục vụ nêu trên có thể phải được thực hiện các biện pháp chống ăn mòn theo qui định của Nhà nước.

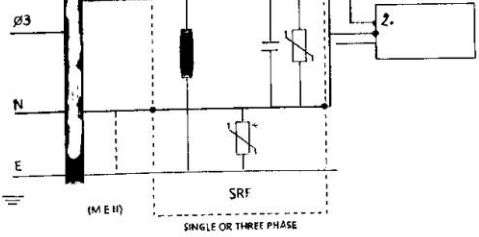
B. BẢO VỆ TRANG THIẾT BỊ BÊN TRONG

Điểm 5 : Bảo vệ trang thiết bị được nối đến các đường dây điện lực khỏi bị ảnh hưởng tăng vọt và quá trình quá độ, để phòng hư hỏng trang thiết bị và đình trệ sản xuất.

Nếu sét đánh làm hỏng một số đoạn của đường dây điện lực hoặc đã cảm ứng vào đường dây thì sự tăng áp này sẽ đi theo cả hai hướng và đi vào cả các trang thiết bị điện tử nằm ở các đoạn đấy. Kinh nghiệm cho thấy rằng những trở kháng mắc rẽ đơn giản được đặt ở tủ cầu dao chính không thể đáp ứng được sự bảo vệ một cách đầy đủ. Chúng có tác dụng kiểm soát sự tăng cao mức điện áp được định trước, nhưng vẫn kéo theo đầu sóng nâng cao nhanh. Các bộ lọc làm giảm sự tăng cao SRF hay các bộ lọc đường dây điện lực PLF tạo nên một tổ hợp kiểm soát và lọc ở quá trình quá độ. Những khối này đã được dùng để lọc cho các mạch một pha cỡ nhỏ từ 1 Ampe đến 3 pha có cường độ đến 300 Ampe. Những khối cỡ nhỏ đã được dùng để bảo vệ cho PABX / Facsimile / Modems / máy tính cá nhân v.v...

Những khối lọc lớn dùng bảo vệ sơ cấp cho những phần cung cấp chính đặt gần tủ cầu dao chính.

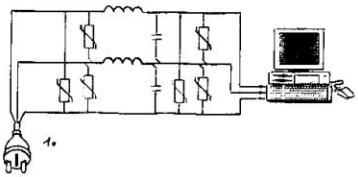
Hình 10-34. Sơ đồ nguyên lý bộ lọc làm giảm sự tăng cao SRF (Surge Reduction Filters) dùng để bảo vệ các đường dây điện lực đi đến.



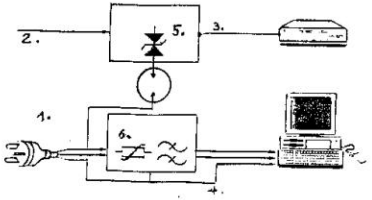
Hình 10-34. Sơ đồ nguyên lý bộ lọc làm giảm sự tăng cao SRF
1. Thiết bị vi tính; 2. Trang thiết bị thông tin liên lạc & điện tử

Hình 10-35. Sơ đồ nguyên lý bộ lọc đường dây điện lực PLF (Power Line Filter)

Hình 10-36. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ máy fax và bảo vệ máy tính



Hình 10-35



Hình 10-36.

1. Phích cắm lấy điện từ đường dây đến và nối đất.
2. Đường điện thoại và dữ liệu đưa đến.
3. Đường đi ra của đường dây điện thoại và dữ liệu được bảo vệ.
4. Đường đi ra chính được bảo vệ.
5. Mạch bảo vệ dữ liệu.
6. Mạch bảo vệ đường dây điện đưa đến.

Điểm 6. Bảo vệ các mạch điện thoại, mạch dữ liệu và mạch tín hiệu đưa đến khỏi bị ảnh hưởng tăng vọt và quá trình quá độ, đề phòng hư hỏng thiết bị và ngừng phục vụ

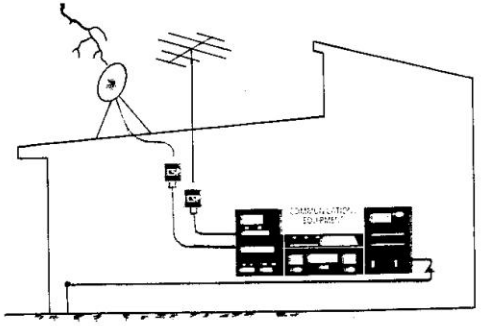
Hình 10-37. Giới thiệu bảo vệ tất cả các đường dây tín hiệu và thông tin viễn thông đi đến. Ở sơ đồ này người ta sử dụng thiết bị có tên là *thiết bị bảo vệ vượt quá điện áp đồng trục CSP* (Coaxial Surge Protectors).

Hình 10-38 chi tiết CSP (hình dạng bên ngoài).

Tóm lại :

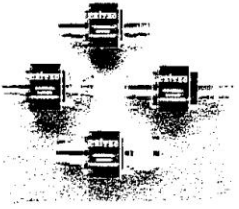
Những khái quát về kế hoạch 6 điểm đã được trình bày ở trên chứng tỏ rằng không có một biện pháp đơn điệu duy nhất nào sẽ có thể thỏa mãn và đảm bảo hoàn toàn tất cả những khía cạnh của sự hủy hoại do vì quá điện áp của sét. Sự bảo vệ một cách đầy đủ chỉ có thể đạt được nếu như biết phối hợp và thực hiện tất cả 6 điểm nêu trên.

Hình 10-39. Giới thiệu một giải pháp hoàn chỉnh kế hoạch bảo vệ 6 điểm đã nêu ở các mục trên :



Hình 10-37. Bảo vệ đường dây thông tin viễn thông

1. Đầu thu đón bắt sét loại quả cầu Dyna
2. Dây dẫn năng lượng sét xuống đất
3. Tiêu tán năng lượng sét trong đất
4. Loại trừ các vòng mạch (lưới) nằm trong đất
5. Bảo vệ các trang thiết bị được nối đến đường dây điện lực đưa đến khỏi bị ảnh hưởng tăng vọt và quá trình quá độ sóng quá điện áp của sét.
6. Bảo vệ các trang thiết bị tiếp nhận tín hiệu và dữ liệu, mạch điện thoại v.v... khỏi bị ảnh hưởng ta tăng vọt và quá trình quá độ sóng quá điện áp của sét

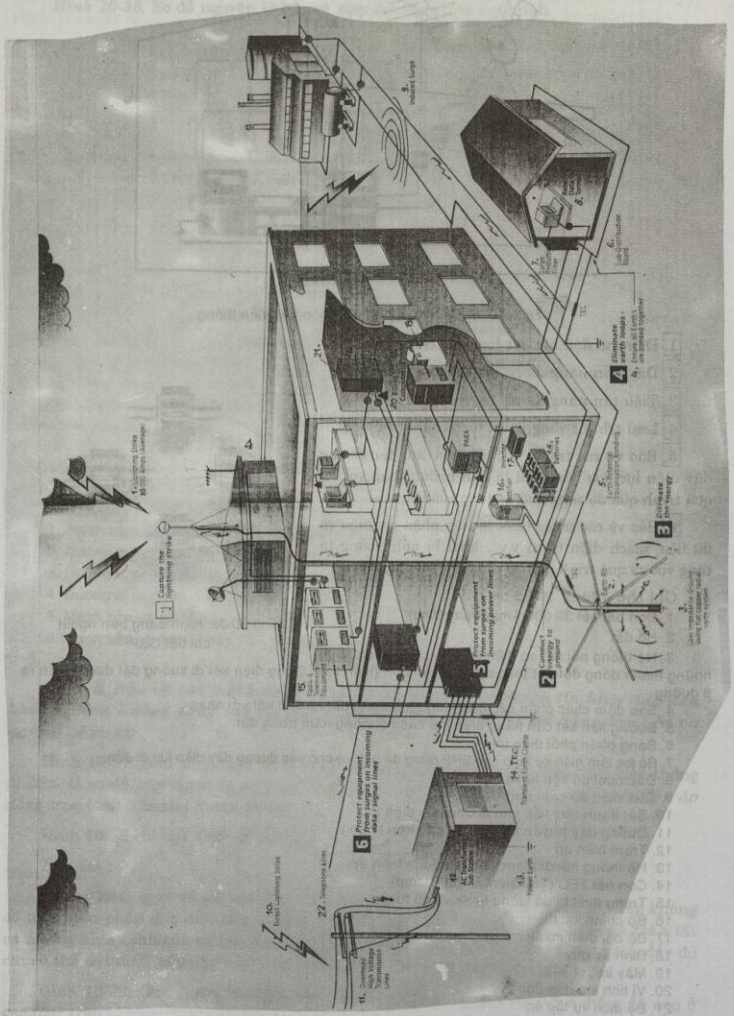


Hình 10-38. Hình dạng bên ngoài chi tiết CSP

Ghi chú ở hình 10-39 :

1. Đón bắt sét 30.000 Amp (trung bình)
2. Hố đất
3. Hệ thống nối đất có điện trở nhỏ bằng cách dùng những thanh đồng dẹt đặt theo dạng xuyên tâm (hình tia) - Dòng điện sét đi xuống đất được phân ra 6 đường.
4. Bảo đảm chắc chắn các hệ thống nằm trong đất có liên kết với nhau
5. Đường liên kết cân bằng điện thế các hệ thống nằm trong đất
6. Bảng phân phối điện phụ
7. Bộ lọc làm giảm sự tăng cao SRF dùng để bảo vệ cho các đường dây điện lực đi đến.
8. Đầu cuối dữ liệu từ xa
9. Quá điện áp cảm ứng.
10. Sét đánh trực tiếp vào đường dây điện lực
11. Đường dây truyền tải điện áp cao trên không
12. Trạm biến áp
13. Hệ thống nối đất làm việc của trạm biến áp
14. Con nối TEC (Transient Earth Clamp)
15. Trang thiết bị đo lường từ xa và vô tuyến
16. Bộ chỉnh lưu điện
17. Bộ đổi điện inverter
18. Bình ắc quy
19. Máy in
20. Vi tính lập hóa đơn
21. Bộ dịch vụ tập tin
22. Đường dây điện thoại

- Thiết bị bảo vệ chống sét từ đường dây điện đưa đến
- Thiết bị bảo vệ chống sét từ đường dây viễn thông đưa đến : CSP, TLP v.v...



Hình 10-39

10.9.3. Một số nét về đầu thu đón bắt sét dạng hình trụ "Interceptor"

Bộ phận đầu thu đón bắt sét dạng hình trụ "interceptor" có kích thước cao 460 mm, đường kính 100 mm và nặng 2,5 kg. Nó là loại đầu thu mới, ứng dụng kỹ thuật tiên tiến và đáp ứng được những yêu cầu sau :

1. Diện tích đón bắt sét được tăng cường

Thành đạt nhờ nâng cao được tính hiệu quả của hệ thống nối đất. Việc kích các iôn dẫn chỉ xuất hiện khi luồng sét đến gần. Những ion ở các điểm dưới đất đưa lên sẽ tạo cho việc khởi xướng dãi đón bắt hướng lên phía trên và do đó làm cho diện tích đón bắt được tăng cường.

2. Thiết kế đơn giản

Đầu thu đón bắt dạng hình trụ này được thiết kế đặc biệt dành cho những tòa nhà cỡ thấp và trung bình nên trang thiết bị thì đơn giản và chỉ cần một đầu thu đón bắt sét (phụ thuộc vào các cấu trúc - xem các bảng 10-8A và 10-8B

Bảng 10-8A

Chiều cao của tòa nhà	Chiều cao của đầu thu đón bắt sét cao hơn cấu trúc		
	5m	8m	10m
10	48	53	54
15	56	59	60
20	63	63	65
25	67	68	69
30	70	72	73

Chú ý : Ở bảng 10-8A các cột từ 2 đến 4 chỉ rõ *các bán kính bảo vệ thực tế* được xác định bởi "Bộ Phận đón bắt sét"- "interceptor" được đặt ở các chiều cao khác nhau ở phía trên cấu trúc.

Bảng 10-8B

Chiều cao của tòa nhà	Chiều cao của đầu thu đón bắt sét cao hơn cấu trúc		
	5m	8m	10m
10	63	68	69
15	70	75	78
20	72	80	84
25	78	84	90
30	83	90	92

Ở bảng 10-8B các cột từ 2 đến 4 chỉ rõ các bán kính bảo vệ thực tế được xác định bởi "Bộ phận đón bắt sét"- "interceptor" được đặt ở các chiều cao khác nhau ở phía trên cấu trúc

3. Không có tiếng ồn cho đài phát thanh

Vì đầu thu khởi xướng dãi đón bắt trước khi sự đến gần của cú giáng của tia sáng sét xuống đất độ vài phần nghìn giây nên nó không gây tiếng ồn cho đài phát thanh.

4. Không yêu cầu bình acquy, tế bào mặt trời hoặc thiết bị áp điện (piezoelectric)

Khi có cơn dông ở trên cao, thiết bị đầu thu này đã khám phá ra dãi tia chớp sẽ đến gần trước đó vài phần dây và đồng thời kích sự sản sinh ra ion từ nguồn năng lượng rất lớn được chứa trong hiện tượng sự phóng điện đến gần.

5. Dây dẫn đưa xuống

Loại đầu thu này không yêu cầu loại dây dẫn đặc biệt nào khác ngoài dây dẫn thông thường theo tiêu chuẩn của Úc.

6. Những vấn đề liên quan đến đầu thu đón bắt sét dạng hình trụ

– Đầu thu này là kết quả áp dụng thành tựu nghiên cứu gần đây nhất vào trong kỹ thuật bảo vệ chống sét. Đây là kết quả có được do việc ứng dụng năng lượng động học của tia sáng đến gần.

– Cách đặt rất linh động và tùy theo sự thích ứng với thực tế và mong muốn của người sử dụng.

– Không yêu cầu bảo dưỡng hay làm công tác duy tu. Thời gian phục vụ khá dài và cao hơn kiểu cột chống sét theo tập quán cũ Franklin

– Lắp đặt đơn giản. Đầu thu này được nối đến hệ thống nối đất chống sét và lợi dụng các công trình chìm trong đất để giảm điện trở nối đất. Yêu cầu điện trở dưới giá trị tối đa là 10Ω

– Giá thành của trang thiết bị nối đất chống sét và đầu thu này rẻ hơn so với trang thiết bị và hệ thống chống sét kiểu cũ Franklin

7. Diện tích được bảo vệ

Diện tích được bảo vệ là một bán kính cho ở các bảng 10-8A và 10-8B ở bên trên. Tùy theo yêu cầu bảo vệ ở mức độ nào mà ta dùng bảng A hay B cụ thể :

- Bảo vệ ở mức độ cao dùng Bảng 10-8A

- Bảo vệ ở mức độ tiêu chuẩn : dùng Bảng 10-8B

Đối với các cấu trúc có kích thước vượt quá diện tích được bảo vệ như ở bảng A hay B cho bởi một đầu thu đón bắt sét thì chúng ta có thể sử dụng hai hay ba đầu thu đón bắt sét cho đến khi toàn bộ cấu trúc hoặc diện tích được bảo vệ thỏa mãn yêu cầu.

8. Lắp đặt

Việc lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét với đầu thu loại này yêu cầu một hay nhiều dây dẫn đưa xuống và một số lượng tương ứng các cọc tiếp đất.

Số lượng cọc tiếp đất phải phù hợp với quy định về điện trở nối đất của hệ thống nối đất. Ngoài ra, cũng cần phải thường xuyên kiểm tra hệ thống chống sét, đặc biệt là những tháng vào mùa khô.

10.9.4. Một số nét về thiết bị chống sét tạo tia tiên đạo PREVECTRON-2 do Hãng nghiên cứu sản xuất Indelec - Cenes - Pháp - chế tạo

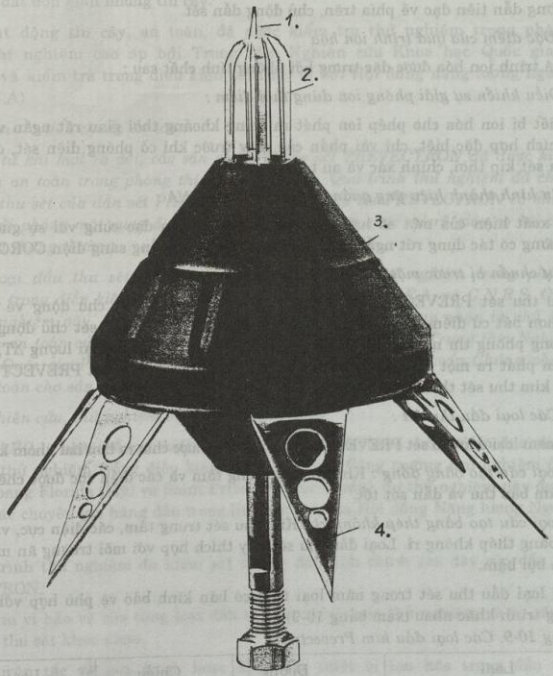
a) Cấu tạo của thiết bị chống sét PREVECTRON - 2 (hình 10-40)

Thiết bị chống sét tạo tia tiên đạo PREVECTRON 2 bao gồm :

• Kim thu sét trung tâm bằng đồng điện phân hoặc thép không rỉ, kim này có tác dụng tạo một đường dẫn dòng sét liên tục từ tia tiên đạo xuống đất theo dây dẫn sét. Kim thu sét này được gắn trên trụ đỡ cao tối thiểu là 2m.

• Hộp bảo vệ bằng đồng hoặc thép không rỉ, có tác dụng bảo vệ thiết bị tạo ion bên trong. Hộp này được gắn vào kim thu sét trung tâm.

• Thiết bị tạo ion, giải phóng ion và phát tia tiên đạo : đây là thiết bị có tính năng đặc biệt của đầu thu sét PREVECTRON 2. Nhờ thiết bị này mà đầu thu sét PREVECTRON 2 có thể tạo ra được một vùng bảo vệ rộng lớn với mức độ an toàn cao.



Hình 10-40. Thiết bị chống sét tạo tia tiên đạo Prevectron-2
1. Kim thu sét trung tâm
2. Hệ thống các điện cực phía trên
3. Hộp bảo vệ bằng đồng và thiết bị tạo ion
4. Hệ thống các điện cực phía dưới.

• Hệ thống các điện cực phía trên : Có tác dụng phát tia tiên đạo.

• Hệ thống các điện cực phía dưới : Có tác dụng thu năng lượng điện trường khí quyển, giúp cho thiết bị chống sét hoạt động

b) Nguyên tắc hoạt động của đầu thu sét Prevectron-2

Trong trường hợp dông bão xảy ra, điện trường khí quyển gia tăng nhanh chóng khoảng vài ngàn (Vôn/mét), đầu thu sét PREVECTRON 2 sẽ thu năng lượng điện trường khí quyển bằng hệ thống điện cực phía dưới. Năng lượng này được tích trữ trong thiết bị ion hóa.

Trước khi xảy ra hiện tượng phóng dòng điện sét (mà ta thường gọi là "sét đánh"), có một sự gia tăng nhanh chóng và đột ngột của điện trường khí quyển, ảnh hưởng này tác động làm thiết bị ion hóa giải phóng năng lượng đã tích lũy dưới dạng các ion, tạo ra một đường dẫn tiên đạo về phía trên, chủ động dẫn sét.

c) Đặc điểm của quá trình ion hóa

Quá trình ion hóa được đặc trưng bởi những tính chất sau :

• *Điều khiển sự giải phóng ion đúng thời điểm :*

Thiết bị ion hóa cho phép ion phát ra trong khoảng thời gian rất ngắn và tại thời điểm thích hợp đặc biệt, chỉ vài phần của giây trước khi có phóng điện sét, do đó đảm bảo dẫn sét kịp thời, chính xác và an toàn.

• *Sự hình thành hiệu ứng quầng sáng điện CORONA :*

Sự xuất hiện của một số lượng lớn các electron tiên đạo cùng với sự gia tăng của điện trường có tác dụng rút ngắn thời gian tạo hiệu ứng quầng sáng điện CORONA.

• *Sự chuẩn bị trước một đường dẫn sét về phía trên :*

Đầu thu sét PREVECTRON-2 phát ra một đường dẫn sét chủ động về phía trên nhanh hơn bất cứ điểm nhọn nào gần đó. Do đó sẽ đảm bảo dẫn sét chủ động và chính xác. Trong phòng thí nghiệm, đặc điểm này được đặc trưng bằng đại lượng ΔT, độ lợi về thời gian phát ra một đường dẫn sét về phía trên giữa đầu thu sét PREVECTRON-2 và các loại kim thu sét thông thường khác.

d) Các loại đầu thu sét :

Có năm loại đầu thu sét PREVECTRON 2, mỗi loại được chia ra làm hai nhóm khác nhau :

• *Loại cấu tạo bằng đồng :* Kim thu sét trung tâm và các điện cực được chế tạo bằng đồng, đảm bảo thu và dẫn sét tốt.

• *Loại cấu tạo bằng thép không rỉ :* Kim thu sét trung tâm, các điện cực, và hộp bảo vệ làm bằng thép không rỉ. Loại đầu thu sét này thích hợp với môi trường ăn mòn và nơi có nhiều bụi bặm.

Mỗi loại đầu thu sét trong năm loại trên có bán kính bảo vệ phù hợp với từng cấu trúc công trình khác nhau (xem bảng 10-9).

Bảng 10-9. Các loại đầu kim Prevectron2

Loại đầu kim Prevectron2	Đường kính [mm]	Chiều cao H[mm]	Loại đầu kim bằng
S.6.60	185	385	đồng
S.4.50	185	385	thép không rỉ (inox)
S.3.40	185	385	đồng
TS3.40	100	330	Thép không rỉ (inox)
TS2.25	100	330	đồng

e) Các ưu điểm

- Bán kính bảo vệ rộng.
- Khả năng bảo vệ công trình ở mức cao nhất.
- Tự động hoạt động hoàn toàn, không cần nguồn điện cung cấp, không cần bảo trì.
- Nối đất đơn giản nhưng tin cậy.
- Hoạt động tin cậy, an toàn, đã được kiểm tra thử nghiệm trong phòng thí nghiệm thí nghiệm cao áp bởi Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Quốc gia Pháp (C.N.R.S) và kiểm tra trong điều kiện sét thực tế bởi Hội đồng năng lượng nguyên tử Pháp (C.E.A)

f) Kiểm tra tiêu chuẩn an toàn

Ngay từ khi mới ra đời, các sản phẩm chống sét PREVECTRON đã được kiểm tra tiêu chuẩn an toàn trong phòng thí nghiệm cao áp. Quá trình thử nghiệm đã chứng tỏ khả năng thu sét của dẫn sét PREVECTRON : Đầu thu sét PREVECTRON có khả năng thu sét, giải phóng một xung điện áp cao nhanh hơn vài chục micrô giây so với các loại kim thu sét thông thường.

Các loại đầu thu sét PREVECTRON-2 cũng được thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và trong điều kiện sét thực tế ngoài Công trình bởi C.E.A. và C.N.R.S. Qua quá trình thử nghiệm này, đầu thu sét PREVECTRON-2 đã được công nhận là phù hợp với tiêu chuẩn an toàn của Pháp NFC 17-102 (ra đời tháng 7-1995). Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Quốc gia Pháp (C.N.R.S) đã tiến hành thử nghiệm và cấp Chứng nhận tiêu chuẩn an toàn cho sản phẩm PREVECTRON-2.

g) Nghiên cứu, thử nghiệm và phát triển thiết bị

INDELEC là nhà chế tạo thiết bị chống sét duy nhất trên thế giới đã đưa sản phẩm của mình thử nghiệm trong điều kiện sét thực tế tại Công trường thử nghiệm ở Camp Blanding bang Florida (Mỹ) và Saint Privat d'Allier (Pháp). Sự thử nghiệm này được thực hiện bởi các chuyên gia hàng đầu trong lĩnh vực sét của Hội đồng Năng lượng Nguyên tử Pháp.

Quá trình thử nghiệm đã khảo sát những đặc tính chính sau đây của đầu thu sét PREVECTRON.

- Phạm vi bảo vệ của từng loại đầu thu sét thông qua thử nghiệm và so sánh trên nhiều đầu thu sét khác nhau.
- Nguyên tắc và quá trình hoạt động của thiết bị ion hóa trong đầu thu sét PREVECTRON.
- Khả năng thu sét và độ bền trong điều kiện sét thực tế : được thử nghiệm với nhiều lần phóng điện sét với những cường độ khác nhau.

Thông qua sự nghiên cứu và thử nghiệm đối với các sản phẩm PREVECTRON trước đây, sản phẩm PREVECTRON-2 được cải tiến và có vùng bảo vệ, độ tin cậy cao hơn.

h) Tính toán vùng bảo vệ

Bán kính bảo vệ Rp của đầu kim dẫn sét PREVECTRON-2 được tính theo công thức đã được định bởi tiêu chuẩn Quốc gia Pháp NFC 17-102 (tháng 7-1995).

** Bán kính bảo vệ Rp :*

$$Rp = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

D = 20m, 45m, 60m tùy thuộc vào cấp bảo vệ được yêu cầu.

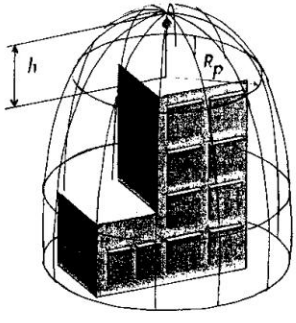
h : chiều cao thực của đầu kim

PREVECTRON tính tại mặt bằng phải bảo vệ (tính bằng m).

$$\Delta L = 10^6 . \Delta T$$

Bán kính bảo vệ Rp phụ thuộc vào các thông số sau :

• Độ lợi về thời gian ΔT của từng loại đầu kim PREVECTRON (xem bảng thông số của INDELEC : đánh giá hiệu quả của PREVECTRON trong phòng thí nghiệm) cho phép tính giá trị của ΔL theo công thức :



Hình 10-41. Chiều cao thực của đầu kim h và bán kính bảo vệ Rp

$$\Delta L(m) = 10^6 . \Delta T(\mu s)$$

• Cấp bảo vệ (I, II hoặc III) theo yêu cầu của từng loại công trình và được xác định theo tài liệu hướng dẫn về nguy cơ sét đánh (xem tiêu chuẩn NFC17-102).

• Chiều cao thực của cột thu lôi tính từ mặt bằng phải bảo vệ là h.

Bảng 10-10. Thông số kỹ thuật

Loại đầu thu sét	Giá trị ΔT (s)	Mã số loại đồng	Mã số loại thép	Trọng lượng (kg)
S 6.60	60	1241	1242	4,2
S 4.50	50	1231	1232	4,0
S 3.40	40	1221	1222	3,8
TS 3.40	40	1211	1212	2,5
TS 2.25	25	1201	1202	2,3

Bảng 10-10 - Thông số kỹ thuật dùng để tính Rp.

Bảng 10-11 - Bảng tính sẵn bán kính bảo vệ Rp của từng loại đầu thu sét PREVECTRON-2 đối với các cấp bảo vệ và chiều cao thực của đầu kim h.

Bảng 10-11 Bán kính bảo vệ Rp

• Cấp bảo vệ cao nhất : D = 20m

h (m) >>	2	3	4	5	6	7	8	10	15	Max 20m
S 6.60	31	47	63	79	79	79	79	79	80	80
S4.50	27	41	55	68	69	69	69	69	70	70
S 3.40	23	35	46	58	58	59	59	59	60	60
TS 3.40	23	35	46	58	58	59	59	59	60	60
TS 2.25	17	25	34	42	43	43	43	44	45	45

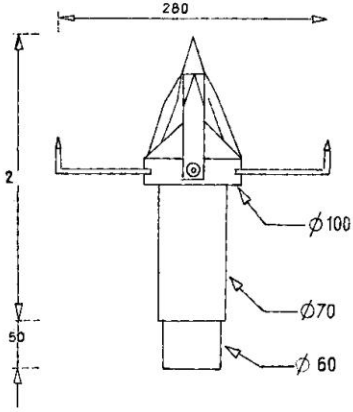
• Cấp bảo vệ trung bình : D = 45m

h >>	2	3	4	5	6	8	10	15	20	Max 45m
S 6.60	39	58	78	97	97	98	99	101	102	105
S 4.50	34	52	69	86	87	87	88	90	92	95
S 3.40	30	45	60	75	76	77	77	80	81	85
TS 3.40	30	45	60	75	76	77	77	80	81	85
TS 2.25	23	34	46	57	58	59	61	63	65	70

• Cấp bảo vệ tiêu chuẩn : D = 60m

h (m) >	2	3	4	5	6	8	10	15	45	Max 60m
S 6.60	43	64	85	107	107	108	109	113	119	120
S 4.50	38	57	76	95	96	97	98	102	109	110
S 3.40	33	50	67	84	84	85	87	92	99	100
TS 3.40	33	50	67	84	84	85	87	92	99	100
TS 2.25	26	39	52	65	66	67	69	75	84	85

Ngoài ra, chúng ta còn thấy trên thị trường có nhiều loại khác nữa, như loại đầu thu sét của * E.F * International S.A. Thụy sĩ, nó có dạng như hình 10-42. Điện trở của hệ thống nối đất tại điểm đưa dòng sét xuống đất phải dưới 5 Ω. Trong bất kỳ hoàn cảnh nào, điện trở của hệ thống nối đất của loại này không bao giờ được quá 10Ω. Công nghiệp chế tạo thiết bị chống sét của * E.F * International SA - Thụy Sĩ - đạt tiêu chuẩn ISO9001/EN 29000.



Hình 10-42. Đầu thu sét * E.F * nặng 2 kg, chiều dài tổng cộng 345 mm.

Chương 11

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG

11.1. Đặt vấn đề

Nền kinh tế quốc dân ngày càng phát triển, do đó đòi hỏi ngày càng nhiều năng lượng điện. Điều đó đặt ra cho hệ thống cung cấp điện một nhiệm vụ khó khăn là vừa phải thỏa mãn lượng điện năng tiêu thụ, vừa phải đảm bảo chất lượng của nó. Vì vậy khi thiết kế và vận hành cần phải xét tới các biện pháp đảm bảo và nâng cao chất lượng điện năng.

Chất lượng điện năng có quan hệ tới nhiều yếu tố. Vì thế giải quyết hợp lý vấn đề đảm bảo và nâng cao chất lượng điện năng có lẽ là một trong những vấn đề khó khăn nhất khi thiết kế cung cấp điện.

Chất lượng điện năng được đánh giá trên hai chỉ tiêu là chất lượng điện áp và chất lượng tần số. Chất lượng điện năng là mức độ trùng hợp của điện áp và tần số so với giá trị chuẩn đã quy định.

* Với lưới điện ba pha xoay chiều người ta quy định chất lượng điện áp theo 5 đại lượng sau đây :

1. Độ lệch điện áp (khi tốc độ biến đổi của điện áp nhỏ hơn 1% trong 1 giây) so với giá trị định mức :

$$qU = \frac{U - U_{đm}}{U_{đm}} . 100\%$$

2. Độ dao động điện áp (khi tốc độ biến đổi của điện áp không nhỏ hơn 1% trong 1 giây).

$$\delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{đm}} . 100\%$$

3. Độ không hình sin của dạng đường cong điện áp.

$$K_{K.Sin} = \frac{U_{\gamma\Sigma}}{U_1} . 100\%$$

trong đó $U_{\gamma\Sigma} = \sqrt{\sum_{\gamma=2}^{\infty} U_\gamma^2}$

U_1 – Điện áp thành phần cơ bản

Khi $K_{K.Sin} \leq 5\%$ thì dạng của đường cong điện áp được xem như là hình sin. Khi xác định không hình sin của điện áp thường chỉ cần tính đến sóng bậc 13 là đủ.

4. Độ không đối xứng của điện áp :

$$K_2 = \frac{U_2}{U_{pha\ định\ mức}} . 100\%$$

$$= \frac{\overset{o}{U}_A + a^2 \overset{o}{U}_B + a\overset{o}{U}_C}{\sqrt{3}U_{\text{định mức}}} \cdot 100\%$$

trong đó U_2 – điện áp thứ tự nghịch :

$$a = e^{j120^0};\ a^2 = e^{j240^0}.$$

Nếu điện áp có $K_2 \leq 1\%$ thì có thể xem thực tế như là đối xứng.

5. Độ lệch trung tính.

$$K_0 = \frac{U_0}{U_{\text{pha định mức}}} \cdot 100\% = \frac{|\ (\overset{o}{U}_A + \overset{o}{U}_B + \overset{o}{U}_C)\ |}{\sqrt{3}\ U_{đm}} \cdot 100\%$$

trong đó U_0 – điện áp thứ tự không.

* Chất lượng tần số được đánh giá theo 2 đại lượng sau đây :

1. Độ lệch tần số (lấy trong khoảng thời gian là 10 phút)

$$q_f = \frac{f - f_{đm}}{f_{đm}} \cdot 100\%$$

2. Độ dao động tần số (khi tốc độ biến đổi của tần số nhỏ hơn 0,2 HZ trong thời gian một giây)

$$p_f = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{đm}} \cdot 100\%$$

Ngoài ra, chất lượng điện năng còn được đánh giá bằng chỉ tiêu là độ tin cậy của hệ thống điện, tức là tính liên tục cung cấp điện. Giữ cho độ lệch và dao động của tần số nằm trong phạm vi cho phép là nhiệm vụ của các nhà máy phát điện, các hộ dùng điện ít ảnh hưởng tới tần số, vì vậy về sau này chúng ta sẽ không đề cập đến các biện pháp đảm bảo chất lượng về mặt tần số.

Nâng cao chất lượng điện năng sẽ trực tiếp ảnh hưởng tới số lượng và chất lượng các sản phẩm làm ra. Vì vậy khi thiết kế, người thiết kế phải tìm hiểu kỹ quá trình công nghệ, xác định ảnh hưởng của chất lượng điện năng đối với chất lượng sản phẩm và sự làm việc bình thường của xí nghiệp. Trên cơ sở đó người thiết kế lựa chọn một cách hợp lý các biện pháp nâng cao chất lượng điện năng. Khi vận hành cần tuân thủ chặt chẽ các quy trình quy phạm để đảm bảo cho hệ thống cung cấp điện đạt được những chỉ tiêu đã xác định lúc thiết kế.

Sau đây chúng ta lần lượt phân tích các chỉ tiêu đánh giá chất lượng điện năng và các biện pháp để đảm bảo và nâng cao chúng.

11.2. Độ lệch điện áp

Độ lệch điện áp tại một điểm trong hệ thống cung cấp điện là độ chênh lệch giữa điện áp thực tế U và điện áp định mức $U_{đm}$ với điều kiện là tốc độ biến thiên của điện áp nhỏ hơn 1% $U_{đm}$/giây.

Vậy $\Delta U = U - U_{đm}$, V ;

$$qU = \Delta U\% = \frac{U - U_{đm}}{U_{đm}} 100\ ,\ \%. \qquad (11\text{-}1)$$

Độ lệch điện áp ΔU có dấu âm khi điện áp thực tế nhỏ hơn điện áp định mức và có dấu dương trong trường hợp ngược lại. Thông thường có nhiều nguyên nhân gây ra độ lệch điện áp. Vì vậy độ lệch điện áp tại một điểm nào đó trong hệ thống cung cấp điện có thể được coi như là tổng đại số các độ lệch điện áp thành phần.

$$\Delta U = \sum_{i=1}^{n} \Delta U_i; \qquad (11\text{-}2)$$

trong đó ΔU_i – độ lệch điện áp do nguyên nhân thứ i gây ra được tính theo biểu thức (11-1). Chú ý khi tính ΔU theo (11-2) các ΔU_i phải được tính cùng một pha và cùng một thời điểm.

Độ lệch điện áp cho phép $\Delta U_{cp}\%$ được quy định như sau :

– Đối với các thiết bị chiếu sáng – 2,5% ÷ + 5%;

– Đối với động cơ điện – 5% ÷ + 10%;

– Đối với các thiết bị điện khác ± 5%;

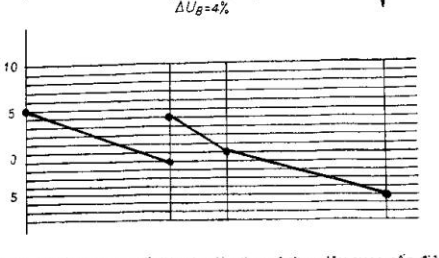
– Trường hợp động cơ khởi động hoặc mạng ở tình trạng sau khi xảy ra sự cố -10% ÷ 20%.

Những quy định trên cần phải được đảm bảo chặt chẽ, bởi vì độ lệch điện áp có ảnh hưởng rất lớn đến sự làm việc bình thường của các thiết bị điện. Ví dụ khi điện áp giảm 10%, thì mômen quay của động cơ không đồng bộ giảm 19%, độ trượt tăng 27,5%, dòng trong roto tăng 14% trong stato tăng 10%.

Các thiết bị chiếu sáng rất nhạy cảm đối với điện áp. Khi điện áp giảm 2,5% thì quang thông của đèn dây tóc giảm 9%, còn khi điện áp tăng 10% thì tuổi thọ của nó giảm 30 – 35%. Chính vì thế độ lệch điện áp cho phép đối với các thiết bị chiếu sáng được quy định nhỏ hơn so với các thiết bị điện khác.

Để xác định độ lệch điện áp tại một điểm nào đó trong hệ thống cung cấp điện chúng ta phải xác định tổn thất điện áp trên các phần tử từ nguồn đến điểm đó (chủ yếu là trên đường dây và máy biến áp, xem chương 6), đồng thời phải kể đến việc nâng cao điện áp do chọn đầu phân áp của máy biến áp và các biện pháp điều chỉnh điện áp khác.

Vậy $$\Delta U\% = \sum \delta U\% - \sum \Delta U_{đd}\% - \sum \Delta U_B\%; \qquad (11\text{-}3)$$



Hình 11-1. Đồ thị phân bố điện áp dọc theo đường dây cung cấp điện.

trong đó δU% – độ tăng điện áp do điều chỉnh đầu phân áp và các biện pháp điều chỉnh điện áp khác, ΔU_{dd}% – tổn thất điện áp trên đường dây; ΔU_B – tổn thất điện áp trên máy biến áp. Chú ý rằng các điện áp trong công thức (11-3) phải được quy về cấp điện áp tại điểm xét.

Hình 11-1, trình bày một ví dụ về phân bố điện áp dọc theo đường dây cung cấp điện và các độ lệch điện áp do các phần tử trong hệ thống cung cấp điện gây ra. Trong đó δU_1 = 5 % – độ lệch điện áp trên thanh cái trạm biến áp khu vực; δU_B = 5% – độ lệch điện áp do đầu phân áp của máy biến áp gây ra.

ΔU_1 = 6% – tổn thất điện áp trên đường dây điện áp cao;

ΔU_B = 4% – tổn thất điện áp trên máy biến áp; ΔU_2 = 5% – tổn thất điện áp trên đường dây điện áp thấp.

Từ hình 11-1 chúng ta thấy rõ rằng để duy trì điện áp trên cực của phụ tải nằm trong phạm vi cho phép, chúng ta phải áp dụng các biện pháp điều chỉnh điện áp để bù vào các tổn thất điện áp do các phần tử trong hệ thống cung cấp điện gây ra.

11-3. Các biện pháp điều chỉnh điện áp trong hệ thống cung cấp điện

Điện áp là một trong các chỉ tiêu quan trọng của chất lượng điện năng, nó có quan hệ tới nhiều mặt của hệ thống cung cấp điện. Vì thế cũng có nhiều biện pháp để tiến hành điều chỉnh điện áp. Muốn giữ cho điện áp luôn luôn nằm trong phạm vi cho phép chúng ta phải phối hợp nhiều biện pháp điều chỉnh điện áp với nhau.

Việc lựa chọn các biện pháp đó phải dựa trên cơ sở so sánh kinh tế – kỹ thuật.

1. Các biện pháp điều chỉnh điện áp

Tùy tình hình cụ thể mà chúng ta lựa chọn và phối hợp các biện pháp điều chỉnh điện áp sau đây :

1. Giảm tổn thất điện áp ΔU bằng cách chọn sơ đồ cung cấp điện hợp lý (ví dụ dùng sơ đồ "dẫn sâu", phân nhỏ công suất trạm biến áp và đưa chúng vào gần trung tâm phụ tải v.v...). Biện pháp này chủ yếu được dùng trong giai đoạn thiết kế và có ảnh hưởng sâu sắc đến toàn bộ hệ thống cung cấp điện.

2. Thay đổi thiết diện dây dẫn. Biện pháp này được dùng đối với mạng điện áp thấp, nơi trực tiếp cung cấp điện cho các phụ tải. Chúng ta biết rằng ở mạng điện áp thấp vì R >> X nên khi ta tăng tiết diện dây dẫn thì tổn thất điện áp trên dây dẫn đó giảm đi rõ rệt. Biện pháp này bị hạn chế ở chỗ làm tăng nhanh số vốn đầu tư và tác dụng điều chỉnh điện áp của nó rất hẹp, vì thế thường chỉ áp dụng đối với những phụ tải quan trọng mà thôi.

3. Điều chỉnh đồ thị phụ tải. Trong vận hành chúng ta nên cố gắng sắp xếp các phụ tải một cách hợp lý sao cho đồ thị phụ tải của xí nghiệp tương đối bằng phẳng. Như vậy tránh được hiện tượng điện áp bị sụt quá mức khi phụ tải tăng vọt. Biện pháp này rất có hiệu quả và không đòi hỏi tăng số vốn đầu tư.

4. Điều chỉnh điện áp máy phát điện. Biện pháp này chỉ dùng đối với các nhà máy phát điện.

5. Dùng tụ điện tĩnh để điều chỉnh điện áp. Tụ điện tĩnh không những được dùng để bù công suất phản kháng nhằm nâng cao hệ số công suất của mạng điện mà còn được dùng để điều chỉnh điện áp.

Có hai cách mắc tụ điện vào mạng điện.

- Mắc song song hay còn gọi là biện pháp bù ngang;
- Mắc nối tiếp hay còn gọi là biện pháp bù dọc.

a) Tụ điện mắc song song.

Trong trường hợp này tổn thất điện áp trên đường dây được tính theo công thức (xem chương 12) :

$$\Delta U\% = \frac{PR + (Q - Q_{bù})X}{U^2}$$

Rõ ràng, bằng cách tăng hay giảm lượng $Q_{bù}$ chúng ta sẽ thay đổi được tổn thất điện áp $\Delta U\%$. Trong thực tế người ta thường dùng những sơ đồ điều khiển để tự động đóng cắt tụ điện theo mức điện áp của mạng.

b) Tụ điện mắc nối tiếp.

Trong trường hợp này tổng trở của đường dây sẽ bằng $Z = R + j(X_L - X_C)$; trong đó X_L – điện kháng của đường dây : X_C – điện kháng của tụ điện bù. Do X_C có tính chất ngược với X_L nên kết quả là tổng trở của đường dây giảm xuống, do đó giảm được tổn thất điện áp. Biện pháp này hiện nay chưa được dùng rộng rãi vì còn một số vấn đề kỹ thuật chưa được giải quyết tốt như vấn đề ổn định, bảo vệ trong mạng.

6. Dùng máy bù đồng bộ. Máy bù đồng bộ có thể bù thêm công suất phản kháng cho mạng điện (có tác dụng như tụ điện bù ngang) để nâng cao điện áp, hoặc tiêu thụ bớt công suất phản kháng để hạ điện áp. Vì vậy máy bù đồng bộ là một thiết bị tốt để điều chỉnh điện áp. Máy bù đồng bộ vận hành phức tạp, giá thành cao, nó thường chỉ được sản xuất với cỡ công suất lớn, và vì thế nó được dùng để điều chỉnh điện áp tại các nút quan trọng của hệ thống điện.

7. Dùng máy biến áp có tự động điều chỉnh điện áp. Chúng ta biết rằng một cách gần đúng có thể viết

$$U_2 = \frac{U_1}{k};$$

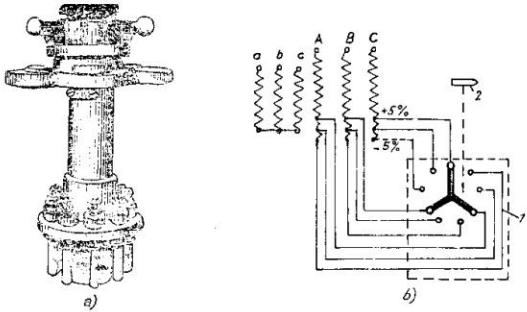
trong đó U_1 – điện áp đầu vào của máy biến áp; U_2 – điện áp đầu ra của máy biến áp; $k = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ – hệ số biến áp với ω_1 – số vòng dây cuộn sơ cấp; ω_2 – số vòng dây của cuộn thứ cấp.

Như vậy khi điện áp nguồn (U_1) không đổi, bằng cách thay đổi tỷ số k, ta có thể thay đổi điện áp đầu ra (U_2) của máy biến áp. Chính vì vậy cuộn sơ cấp của các máy biến áp thường có nhiều đầu ra – gọi là đầu phân áp – dùng để điều chỉnh điện áp đầu ra của máy biến áp (hình 11-2).

Thông thường các máy biến áp có hai đầu phân áp để điều chỉnh điện áp trong phạm vi ± 5% hoặc bốn đầu phân áp để điều chỉnh điện áp trong phạm vi $2 \times \pm 2{,}5\%$.

Ở những máy biến áp có bộ phận tự động thay đổi đầu phân áp – thường gọi là máy biến áp có tự động điều chỉnh điện áp dưới tải – đầu phân áp được tự động thay đổi tùy theo sự biến đổi của điện áp, việc này xảy ra trong quá trình máy biến áp đang mang tải. Những máy biến áp loại này đắt hơn máy biến áp thông thường cùng công suất, vì thế nó chỉ dùng ở những nơi quan trọng.

Đối với những máy biến áp thông thường khi muốn thay đổi đầu phân áp trước tiên phải cắt điện, sau đó công nhân vận hành quay tay vặn 2 (hình 11-2) về vị trí đã định. Thay đổi đầu phân áp phải thao tác phức tạp như vậy nên trong thực tế người ta phải tính toán chọn trước một đầu phân áp nào đó sao cho trong các chế độ vận hành của mạng điện (chế độ mạng có phụ tải lớn nhất và bé nhất) điện áp đầu ra của máy biến áp dao động trong phạm vi cho phép, dưới đây sẽ trình bày cách chọn đầu phân áp đó.



Hình 11-2. Bộ phận thay đổi đầu phân áp của máy biến áp.
a) Hình dáng bề ngoài; b) sơ đồ kết cấu; A, B, C – các đầu vào của cuộn sơ cấp;
a, b, c – các đầu ra của cuộn thứ cấp;
1. Bộ phận thay đổi đầu phân áp; 2. Tay vặn để thay đổi đầu phân áp, đặt trên nắp máy biến áp.

2. Cách chọn đầu phân áp cho máy biến áp hạ áp

Ở các xí nghiệp và nhà máy phần lớn người ta dùng các máy biến áp không có bộ phận tự động điều chỉnh đầu phân áp. Vì thế cần chọn trước một đầu phân áp sao cho trong chế độ vận hành với phụ tải lớn nhất và bé nhất của mạng điện, điện áp phía hạ áp của máy biến áp vẫn nằm trong phạm vi cho phép. Sau đây sẽ trình bày cách chọn đầu phân áp cho các máy biến áp hạ áp nói trên.

Các ký hiệu ghi trên hình 11-3 có ý nghĩa như sau :

$U_{1(min)}$, $U_{1(max)}$ điện áp phía điện áp cao của máy biến áp ứng với trường hợp mạng điện vận hành với phụ tải lớn nhất và nhỏ nhất;

$U'_{2(min)}$, $U'_{2(max)}$ – điện áp phía điện áp thấp của máy biến áp, đã quy đổi về phía điện áp cao, ứng với trường hợp mạng điện vận hành với phụ tải lớn nhất và bé nhất;

ΔU_B – tổn thất điện áp trên máy biến áp (đã quy đổi về phía điện áp cao).

Từ sơ đồ thay thế trên hình 11-3 ta có thể viết được

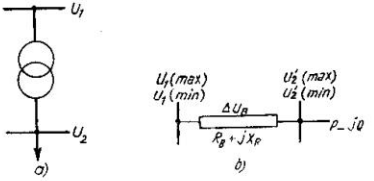
$$U'_{2(max)} = U_{1(max)} - \Delta U_{Bmin} \qquad (11\text{-}4)$$

$$U'_{2(min)} = U_{1(min)} - \Delta U_{Bmax}; \qquad (11\text{-}5)$$

trong đó ΔU_{Bmin}, ΔU_{Bmax} – tổn thất điện áp trên máy biến áp ứng với lúc phụ tải nhỏ nhất và lớn nhất.

Một cách gần đúng chúng ta có thể lấy $k = \frac{U_1}{U_2}$, trong đó U1 – điện áp phía điện áp cao của máy biến áp, lấy bằng điện áp của đầu phân áp định chọn, tức $U_1 = U_{phân\ áp}$; U_2 – điện áp phía điện áp thấp của máy biến áp, lấy bằng điện áp không tải, tức $U_2 = U_{20}$, thường chọn $U_{20} = 1{,}1\ U_{2đm}$; k – tỷ số biến áp của máy biến áp.

Vậy có thể viết $k = \frac{U_{phân\ áp}}{U_{20}}$



Hình 11-3. Máy biến áp hạ áp và sơ đồ thay thế.

Từ đó chúng ta có thể xác định được điện áp thứ cấp của máy biến áp ứng với trường hợp phụ tải nhỏ nhất và lớn nhất :

$$U_{2\,(max)} = \frac{U'_{2(max)}}{k} = U'_{2(max)} \frac{U_{20}}{U_{phân\ áp}};$$

$$U_{2(min)} = \frac{U'_{2(min)}}{k} = U'_{2(min)} \frac{U_{20}}{U_{phân\ áp}}$$

Từ các biểu thức trên chúng ta tìm được đầu phân áp ứng với

– Lúc phụ tải nhỏ nhất

$$U_{phân\ áp\ 1} = U'_{2max} \frac{U_{20}}{U_{2(max)}};$$

– Lúc phụ tải lớn nhất

$$U_{phân\ áp\ 2} = U'_{2(min)} \frac{U_{20}}{U_{2(min)}}$$

Thay (11-4) và (11-5) vào các biểu thức trên ta có :

$$U_{phân\ áp\ 1} = (U_{1(max)} - \Delta U_{Bmin}) \frac{U_{20}}{U_{2(max)}}; \qquad (11\text{-}6)$$

$$U_{phân\ áp\ 2} = (U_{1(min)} - \Delta U_{Bmax}) \frac{U_{20}}{U_{2(min)}} \qquad (11\text{-}7)$$

trong đó $U_{1(max)}$, $U_{1(min)}$ – các số liệu do hệ thống điện cung cấp;

$U_{2(max)} = U_{2đm} + 5\%\ U_{2đm} = 1{,}05\ U_{2đm}$;

$U_{2(min)} = U_{2đm} - 5\%\ U_{2đm} = 0{,}95\ U_{2đm}$;

$U_{20} = 1{,}1\ U_{2đm}$.

Giá trị đầu phân áp trung bình tìm được :

$$U_{\text{phân áp}} = \frac{U_{\text{phân áp 1}} + U_{\text{phân áp 2}}}{2} \qquad (11\text{-}8)$$

Căn cứ vào $U_{\text{phân áp}}$ tính được theo (11-8), chúng ta chọn một đầu phân áp tiêu chuẩn gần đúng với giá trị trên nhất. Sau đó dựa theo (11-6) và (11-7) để kiểm tra lại xem $U_{2(max)}$, $U_{2(min)}$ thực tế có nằm trong phạm vi cho phép không.

Ví dụ : Hãy chọn đầu phân áp cho một máy biến áp hạ áp (hình 11-4) với các tham số như sau :

$U_{1dm} / U_{2dm} = 35/10,5$ KV; $\Delta P_o = 7,4$ KW ;

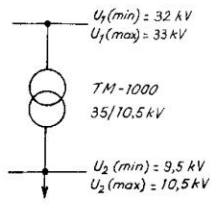
$\Delta P_N = 22$ KW ; $U_N\% = 6,5$; $i_o\% = 5$;

$S_{dm} = 1000$ KVA

Phụ tải

$S_{max} = 1200 + j\ 900$ KVA ;

$S_{min} = 420 + j\ 495$ KVA.



Hình 11.4. Hình vẽ của ví dụ

Giải :

1. Tính tham số của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_N U_{1dm}^2}{S_{dm}^2} 10^3 = \frac{22 \cdot 35^2}{1000^2} \cdot 10^3 = 9,3\Omega$$

$$X_B = \frac{U_N\% U_{1dm}^2}{S_{dm}} 10 = \frac{6,5 \cdot 35^2}{1000} \cdot 10 = 43,5\Omega$$

2. Tính điện áp tổn thất trong máy biến áp

$$\Delta U_{Bmin} = \frac{420 \cdot 9,3 + 495 \cdot 43,5}{35} \cdot 10^{-3} = 0,725KV;$$

$$\Delta U_{Bmax} = \frac{1200 \cdot 9,3 + 900 \cdot 43,5}{35} \cdot 10^{-3} = 1,435KV.$$

3. Tính đầu phân áp

- Lúc phụ tải nhỏ nhất, theo (11-6)

$$U_{\text{phân áp 1}} = (33 - 0,725) \frac{11}{10,5} = 33,8\ KV;$$

- Lúc phụ tải lớn nhất, theo (11-7)

$$U_{\text{phân áp 2}} = (32 - 1,435) \frac{11}{9,5} = 35,4KV$$

Đầu phân áp trung bình

$$U_{\text{phân áp}} = \frac{33,8 + 35,4}{2} = 34,6KV$$

Máy biến áp TM-1000 có các đầu phân áp tiêu chuẩn sau 33,25 KV; 35 KV và 36,75 KV. Vậy ta chọn đầu phân áp gần trị số tính toán nhất là :

$$U_{\text{phân áp}} = 35 \text{ KV}$$

4. Kiểm tra điện áp thực tế phía thứ cấp :

- Lúc phụ tải nhỏ nhất

$$U_{2\,(max)} = (33 - 0{,}725)\frac{11}{35} = 10{,}2 \text{ KV}$$

Vậy $\Delta U\% = \dfrac{10{,}2 - 10}{10} 100 = +2\%$

- Lúc phụ tải lớn nhất

$$U_{2\,(min)} = (32 - 1{,}435)\frac{11}{35} = 9{,}6 \text{ KV}$$

Vậy $\Delta U\% = \dfrac{9{,}6 - 10}{10} 100 = -4\%.$

Độ lệch điện áp trong hai chế độ làm việc giới hạn đều nằm trong phạm vi cho phép ($\Delta U\% < \pm 5\%$). Vì vậy đầu phân áp chọn như trên là hợp lý.

3. Vị trí tiến hành điều chỉnh điện áp.

Để đảm bảo chất lượng điện áp, chúng ta có thể tiến hành điều chỉnh điện áp ở các điểm khác nhau của mạng điện. Sau đây phân tích ưu khuyết điểm của các vị trí đó.

a) Điều chỉnh điện áp ở thanh cái trạm phát điện hoặc trạm biến áp trung gian. Bằng cách thay đổi kích từ của máy phát điện, chúng ta có thể điều chỉnh được điện áp ở thanh cái của trạm phát điện. Biện pháp này thực hiện đơn giản và có ảnh hưởng chung trong toàn mạng. Nhưng gặp khó khăn là mức điều chỉnh cho điện áp hợp với phụ tải ở gần thì không phù hợp với phụ tải ở xa và ngược lại. Vì thế biện pháp này phải phối hợp với các biện pháp khác nữa mới đảm bảo được chất lượng điện áp trong toàn mạng.

Các máy biến áp trung gian (hoặc khu vực) cấp điện cho một vùng rộng lớn, vì vậy nên dùng máy biến áp có tự động điều chỉnh điện áp dưới tải. Trong trường hợp chỉ có máy biến áp thường thì ở thanh cái phía hạ áp của máy biến áp nên đặt các máy bù đồng bộ công suất lớn để tiến hành điều chỉnh điện áp.

b) Điều chỉnh điện áp riêng cho từng điểm trong mạng điện.

Ở những nơi phụ tải yêu cầu cao về chỉ tiêu điện áp, chúng ta có thể đặt các thiết bị để điều chỉnh điện áp như : máy biến áp có tự động điều chỉnh điện áp, máy bù đồng bộ, tụ điện tĩnh v.v... Phương pháp điều chỉnh này sát hợp với yêu cầu của từng phụ tải, song có nhược điểm là phải dùng nhiều thiết bị điều chỉnh phân tán.

Trong thực tế phải phối hợp giữa điều chỉnh ở trung tâm và cục bộ của mạng điện. Đồng thời ngoài việc dùng các thiết bị điều chỉnh điện áp chúng ta phải áp dụng các biện pháp tổng hợp khác (xem 11-3-1) để đảm bảo chất lượng điện áp của hệ thống cung cấp điện.

11.4. Dao động điện áp.

Dao động điện áp là sự biến thiên của điện áp xảy ra trong khoảng thời gian tương đối ngắn. Phụ tải chịu ảnh hưởng của dao động điện áp không những về biên độ dao động mà cả về tần số xuất hiện các dao động đó.

Nguyên nhân chủ yếu gây ra dao động điện áp là do các phụ tải lớn làm việc đòi hỏi sự đột biến về tiêu thụ công suất tác dụng và phản kháng. Các lò điện hồ quang, các máy hàn, các máy cán thép cỡ lớn v.v... là các thiết bị thường gây ra dao động điện áp.

Tùy theo biên độ và tần số dao động, người ta quy định những giá trị cho phép sau đây :

– Tần số xuất hiện 2 ~ 3 lần/giờ, $\delta U = 3 \sim 5\% U_{đm}$;

– Tần số xuất hiện 2 ~ 3 lần/phút, $\delta U = 1 \sim 1{,}5\% U_{đm}$;

– Tần số xuất hiện 2 ~ 3 lần/giây, $\delta U = 0{,}5\% U_{đm}$.

Mức độ dao động điện áp phụ thuộc vào tỷ số giữa công suất nguồn và công suất của những phụ tải biến thiên. Nói chung khi tỷ số nói trên từ 10 trở lên thì biến thiên của phụ tải thực tế chỉ gây ra dao động điện áp cục bộ tại điểm phụ tải làm việc mà thôi.

Tính toán giá trị của biên độ dao động điện áp khá phức tạp vì nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố bất định. Có thể sử dụng các công thức gần đúng nhằm đánh giá sơ bộ dao động điện áp lúc thiết kế cung cấp điện sau đây.

Dao động điện áp khi các động cơ làm việc có sự biến đổi phụ tải lớn được tính theo công thức

$$\delta U\% = \frac{\Delta Q}{S_N} 100; \qquad (11\text{-}9)$$

– Dao động điện áp khi lò điện hồ quang làm việc

$$\delta U\% = \frac{S_B}{S_N} 100 \qquad (11\text{-}10)$$

trong các công thức trên ΔQ – lượng phụ tải phản kháng biến đổi của động cơ; S_B – Công suất của máy biến áp lò điện hồ quang; S_N – Công suất ngắn mạch tại điểm có phụ tải làm việc.

Khi trong hệ thống cung cấp điện có những hộ tiêu thụ có sự biến đổi phụ tải thì người thiết kế phải áp dụng các biện pháp hạn chế dao động điện áp. Thông thường người ta áp dụng phối hợp các biện pháp sau đây :

a) Tăng công suất nguồn lớn gấp nhiều lần công suất của phụ tải có sự biến đổi phụ tải lớn nhất.

b) Cung cấp cho các phụ tải lớn bằng các đường dây và máy biến áp riêng. Tránh tập trung các phụ tải lớn đó vào một điểm của hệ thống cung cấp điện.

c) Để tăng S_N (xem công thức 11-9 và 11-10) nên cố gắng giảm điện kháng của đường dây cung cấp cho các phụ tải lớn, bằng cách dùng đường cáp hoặc thanh dẫn.

d) Dùng các thiết bị điều chỉnh điện áp nhanh để chống dao động điện áp.

e) Đặt các thiết bị bù công suất phản kháng để nhanh chóng cung cấp cho phụ tải khi có yêu cầu.

f) Áp dụng các biện pháp giảm dao động điện áp khi thiết kế truyền động điện, nhất là khi dùng các hệ truyền động van. Sử dụng các biện pháp hạn chế dòng điện mở máy của các động cơ lồng sóc công suất lớn.

11.5. Độ không hình sin của đường dường cong điện áp và sóng điều hòa bậc cao

Sóng điều hòa bậc cao của dòng điện và điện áp sẽ gây tổn hao phụ về năng lượng điện, làm phát nóng thiết bị điện, tăng nhanh quá trình già hóa của vật liệu cach điện, gây ảnh hưởng xấu đối với chế độ làm việc của các bộ biến đổi van (đổi chiều không hoàn toàn), làm cho các thiết bị đo lường, bảo vệ, điều khiển trong hệ thống cung cấp điện tác động không chính xác.

Nguồn gây ra sóng điều hòa bậc cao thường là do các bộ biến đổi van, lò điện hồ quang, máy hàn, tăcte của đèn ống v.v...

Khi thiết kế cung cấp điện cũng như lúc vận hành phải xét tới các biện pháp hạn chế sóng điều hòa bậc cao.

Khi trong hệ thống cung cấp điện có các bộ biến đổi van thì biện pháp hữu hiệu để chống sóng điều hòa bậc cao là dùng các sơ đồ chỉnh lưu nhiều pha (12, 24, 36 hoặc 48 pha).

Các bộ lọc cộng hưởng động lực cũng có tác dụng rất tốt để lọc các sóng điều hòa bậc cao. Bộ lọc được tạo thành từ điện kháng L và tụ điện C và được chỉnh để cộng hưởng với sóng điều hòa bậc cao muốn lọc. Ngoài nhiệm vụ hạn chế sóng điều hòa bậc cao, các tụ điện trong bộ lọc công hưởng còn có tác dụng bù công suất phản kháng.

11.6. Chế độ không cân bằng

Nếu trong mạng điện có các phụ tải một pha công suất lớn như : máy hàn, lò điện v.v... thì chúng thường gây ra hiện tượng phụ tải không cân bằng, do đó kéo theo điện áp không cân bằng, làm lệch điểm trung tính của mạng điện.

Để đánh giá mức độ phụ tải không cân bằng có thể dùng biểu thức sau : độ không cân bằng sẽ nằm trong phạm vi cho phép nếu có tỷ số

$$\frac{S_N}{S_{1fa}} \geq 50;$$

trong đó S_N – công suất ngắn mạch tại điểm có các phụ tải một pha;

$S_{1\ pha}$ – phụ tải một pha.

Vì vậy để giảm độ không cân bằng chúng ta phải cố gắng phân đều phụ tải một pha lên ba pha của mạng điện, đồng thời phân định lịch vận hành của các phụ tải một pha sao cho chúng làm việc rải đều trong các ca sản xuất của xí nghiệp.

11.7. Độ tin cậy cung cấp điện

Độ tin cậy cung cấp điện là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng điện năng. Rõ ràng rằng nếu các chỉ tiêu về điện áp, tần số v.v... được đảm bảo, nhưng điện năng không được cung cấp liên tục thì một hệ thống điện như vậy không những không đưa lại hiệu quả kinh tế mà còn gây thiệt hại lớn cho nền kinh tế quốc dân. Chính vì vậy vấn đề độ tin cậy cung cấp điện phải được xét tới trong giai đoạn thiết kế cũng như vận hành và phải áp dụng nhiều biện pháp để giải quyết tốt vấn đề đó.

1. Các chỉ tiêu để đánh giá độ tin cậy cung cấp điện.

Độ tin cậy cung cấp điện là khả năng của hệ thống cung cấp điện đảm bảo liên tục cung cấp điện với chất lượng điện định trước trong quãng thời gian định trước.

Các chỉ tiêu cơ bản để đánh giá độ tin cậy cung cấp điện là tổn thất kinh tế do ngừng cung cấp, cường độ hỏng hóc, thời gian phục hồi, xác suất làm việc tin cậy, thời gian làm việc tin cậy v.v... Sau đây chúng ta sẽ lần lượt xét tới các chỉ tiêu đó.

a) Tổn thất kinh tế do ngừng cung cấp điện C_{md} (xem chương 2). Đây là chỉ tiêu rất cơ bản để đánh giá độ tin cậy cung cấp điện song tính toán rất phức tạp và nhiều khi không đủ số liệu căn cứ để tính toán. Vì vậy trong thiết kế và vận hành, người ta thường dùng các chỉ tiêu định lượng khác dễ tính toán hơn.

b) Cường độ hỏng hóc λ (l/năm). Hỏng hóc ở đây hiểu là tình trạng sự cố ngừng cung cấp điện. Cường độ hỏng hóc của hệ thống cung cấp điện phụ thuộc vào cấu trúc hệ thống và cường độ hỏng hóc của các phần tử trong hệ thống. Lúc tính toán chúng ta giả thiết rằng các phần tử trong hệ thống cung cấp điện làm việc ở trạng thái ổn định nên cường độ hỏng hóc của chúng là hằng số. Giá trị cường độ hỏng hóc của các phần tử trong hệ thống cung cấp điện có thể tìm được trong các sổ tay.

c) Thời gian phục hồi trung bình T_{ph}. Các phần tử trong hệ thống cung cấp điện thuộc loại có phục hồi, có nghĩa khi xảy ra hỏng hóc thì chúng được sửa chữa phục hồi chức năng để đưa trở lại làm việc. Thời gian phục hồi phụ thuộc vào tính chất của hỏng hóc và thời gian phục hồi của hệ thống cung cấp điện bằng tổng thời gian phục hồi của các phần tử gây ra hỏng hóc ngừng cung cấp điện cho hệ thống.

Khi biết hai chỉ tiêu cơ bản là cường độ hỏng hóc λ và thời gian phục hồi T_{ph} chúng ta có thể tìm ra được một số chỉ tiêu phụ khác để đánh giá độ tin cậy cung cấp điện ở các khía cạnh khác nhau như :

– Xác suất làm việc tin cậy

$$P_{(t)} = e^{-\lambda t} \qquad (11\text{-}11)$$

nói lên khả năng làm việc của hệ thống cung cấp điện giảm dần theo thời gian theo quy luật hàm mũ;

– Thời gian làm việc tin cậy trung bình T_{tb}, là khoảng thời gian trung bình giữa các lần hỏng hóc

$$T_{tb} = \frac{1}{\lambda}; \qquad (11\text{-}12)$$

– Hệ số sẵn sàng k_{ss}, nói lên khả năng làm việc tốt của hệ thống trong một chu kỳ làm việc

$$k_{ss} = \frac{T_{tb}}{T_{tb} + T_{ph}} \qquad (11\text{-}13)$$

Dùng các chỉ tiêu kể trên chúng ta có thể đánh giá độ tin cậy của các phương án cung cấp điện và tiến hành so sánh giữa chúng với nhau.

2. Các biện pháp để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện.

Nâng cao độ tin cậy phải được quán triệt trong mọi giai đoạn : thiết kế, chế tạo và vận hành hệ thống cung cấp điện. Áp dụng càng sớm các biện pháp nâng cao độ tin cậy và phối hợp hài hòa giữa chúng thì đưa tới hiệu quả kinh tế càng lớn.

Trong giai đoạn thiết kế cung cấp điện thường dùng các biện pháp sau :

– Dùng sơ đồ đơn giản nhất. Trên cơ sở đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật chúng ta nên chọn phương án có sơ đồ nối dây đơn giản nhất. Đây là vấn đề khó nhưng rất quan trọng.

– Chọn sơ đồ nối dây có khả năng hạn chế được hiện tượng xảy ra hỏng hóc liên tiếp. Ví dụ ở sơ đồ hình tia, sự cố ở nhánh này ít có khả năng gây ra hỏng hóc ở nhánh khác.

– Đặt các mạch dự phòng. Việc đặt các mạch dự phòng (đường dây, máy biến áp v.v...) là biện pháp rất có hiệu quả để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Tùy tình hình cụ thể chúng ta có thể đặt một hay nhiều mạch dự phòng và dùng các hình thức dự phòng khác nhau như : dự phòng nóng (phần tử chính và phần tử dự phòng làm việc song song với nhau), dự phòng nguội (phần tử dự phòng chỉ làm việc khi phần tử chính hỏng), dự phòng chung và dự phòng riêng v.v...

Trong giai đoạn chế tạo hoặc lựa chọn các thiết bị điện, chúng ta nên dùng loại có chất lượng tốt, phù hợp với hoàn cảnh làm việc của chúng.

Trong giai đoạn vận hành cần áp dụng các biện pháp sau đây để nâng cao độ tin cậy.

– Áp dụng quy chế thao tác vận hành chặt chẽ, tránh xảy ra sự cố do thao tác nhầm lẫn. Thường xuyên kiểm tra, bảo quản sửa chữa để các thiết bị luôn luôn ở trạng thái sẵn sàng làm việc.

– Áp dụng các biện pháp điều khiển tự động, tín hiệu hóa v.v... để nhanh chóng phát hiện và xử lý kịp thời các sự cố.

– Tích lũy kinh nghiệm vận hành, kiến nghị với cơ quan thiết kế và nhà máy sản xuất thiết bị điện để có được các hệ thống cung cấp điện với độ tin cậy ngày càng cao hơn.

3. Tính toán độ tin cậy của hệ thống cung cấp điện.

Tính toán độ tin cậy của hệ thống cung cấp điện theo những bước sau đây :

1. Phân tích độ tin cậy của phần tử : xác định vị trí của từng phần tử trong hệ thống, hoàn cảnh làm việc và trạng thái hỏng hóc của chúng. Coi các phần tử đều làm việc ở trạng thái ổn định nên lấy cường độ hỏng hóc của chúng là hằng số. Cường độ hỏng hóc của các phần tử có thể tìm thấy trong các sổ tay, nếu điều kiện làm việc thay đổi nhiều so với điều kiện chuẩn thì phải hiệu chỉnh lại cường độ hỏng hóc cho phù hợp. Xác định thời gian sửa chữa phục hồi khi phần tử bị hỏng hóc T_{ph}.

Xác suất làm việc tin cậy của phần tử được tính theo công thức (11-11)

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

2. Phân tích độ tin cậy của hệ thống cung cấp điện.

Trước tiên chúng ta xác định trạng thái hỏng hóc của hệ thống. Tùy theo mục đích tính toán mà chúng ta xác định trạng thái hỏng hóc : có thể là trạng thái ngừng cung cấp điện với $t > t_{cp}$ – trong đó t_{cp} – là thời gian ngừng cung cấp điện cho phép, độ lệch điện áp vượt quá giá trị cho phép $\Delta U > \Delta U_{cp}$ v.v...

Trên cơ sở xác định trạng thái hỏng hóc mà xác định sơ đồ logic theo nghĩa độ tin cậy, nó bao gồm các phần tử trong hệ thống có ảnh hưởng trực tiếp đến trạng thái hỏng hóc. Khi xác định sơ đồ lôgic theo nghĩa độ tin cậy cần chú ý đến mấy điểm sau :

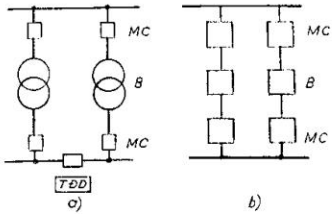
– Bỏ qua những phần tử không trực tiếp ảnh hưởng đến trạng thái hỏng hóc của hệ thống;

– Phân biệt phần tử chính và phần tử dự phòng, phần tử dự phòng được coi là nối song song với phần tử chính. Hình 11-5 nêu lên một ví dụ minh họa.

Phía điện áp thấp của hai máy biến áp không nối với nhau nhưng đặt thiết bị tự động đóng dự trữ nên chúng được coi là dự phòng lẫn nhau. Vì thế ở sơ đồ logic (Hình 11-5b) hai mạch phải nối song song với nhau.

3. Tính các chỉ tiêu tin cậy của hệ thống.

– Tính xác xuất làm việc tin cậy của hệ thống.



Hình 11-5. Sơ đồ trạm biến áp
a) Sơ đồ nguyên lý;
b) Sơ đồ logic theo nghĩa độ tin cậy.

Xác xuất làm việc tin cậy của phần tử và hệ thống đều được tính theo hàm mũ (công thức (11-11) do đó có thể viết.

$$P_{ht}(t) = \exp(-\lambda_{ht}t) \qquad (11\text{-}14)$$

Trong các trường hợp sơ đồ logic gồm các phần tử nối nối tiếp và nối song song thì được tính cụ thể như sau :

Nếu sơ đồ logic gồm các phần tử nối nối tiếp thì :

$$P_{ht(t)} = \prod_{i=1}^{n} P_i(t) = \exp\left(-t\sum_{i=1}^{n}\lambda_i\right) \qquad (11\text{-}15)$$

trong đó n – số phần tử trong mạch logic; λ_i – cường độ hỏng hóc của phần tử thứ i; $P_i(t)$ – Xác xuất làm việc tin cậy của phần tử thứ i.

Nếu sơ đồ logic gồm các phần tử nối song song thì :

$$P_{ht} = 1 - \prod_{i=1}^{m}(1 - P_i(t)) = 1 - \prod_{i=1}^{m}(1 - e^{-\lambda_i t}) \qquad (11\text{-}16)$$

trong đó : – m – số phần tử nối song song trong mạch logic.

– Tính cường độ hỏng hóc của hệ thống. Từ (11-14) có thể rút ra được công thức để tính cường độ hỏng hóc của hệ thống như sau :

$$\Lambda\, ht = -\ln P_{ht}\,(t = 1),\ 1/giờ \qquad (11\text{-}17)$$

nếu hệ gồm các phần tử nối tiếp từ (11-15) ta rút ra.

$$\Lambda\, ht = \sum_{i=1}^{n}\lambda_i \quad ,\ 1/giờ$$

Nếu hệ gồm các phần tử song song từ (11-16) ta rút ra

$$\Lambda\, ht = -\ln\left[1 - \prod_{i=1}^{m}(1 - e^{-\lambda_i})\right],\ 1/giờ.$$

– Tính thời gian làm việc tin cậy trung bình của hệ thống

$$T_{tb} = \frac{1}{\Lambda ht} \qquad (11\text{-}18)$$

– Tính ghời gian phục hồi.

Thời gian phục hồi của hệ thống trong một năm bằng tổng thời gian phục hồi của các lần sửa chữa.

$$T_{ph} = \frac{8760}{\Lambda_{ht}} t_{ph}; \qquad (11\text{-}19)$$

trong đó t_{ph} – thời gian một lần phục hồi, giờ.

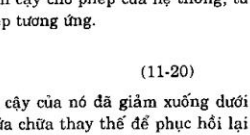
– Tính thời gian vận hành cho phép. Gọi P_{cp} là độ tin cậy cho phép của hệ thống, từ (11-14) chúng ta có thể rút ra thời gian vận hành cho phép tương ứng.

$$t_{cp} = -\frac{1}{\Lambda_{ht}} \ln P_{cp} \qquad (11\text{-}20)$$

Hệ thống vận hành đến thời điểm $t > t_{cp}$ thì độ tin cậy của nó đã giảm xuống dưới mức vận hành cho phép nên phải tiến hành bảo quản, sửa chữa thay thế để phục hồi lại độ tin cậy ban đầu. Vì vậy căn cứ vào t_{cp} chúng ta lập được lịch bảo dưỡng định kỳ cho hệ thống.

Ví dụ 11-1. Cho một hệ thống cung cấp điện gồm một mạch làm việc và một mạch dự phòng (hình 11-6).

Tính độ tin cậy của hệ thống sau thời gian làm việc $t = 10^4$ giờ ứng với trường hợp không có và có mạch dự phòng. Biết cường độ hỏng hóc của cầu dao và máy cắt là $\lambda_1 = 0{,}40 \cdot 10^{-6}$ 1/giờ cường độ hỏng hóc của máy biến áp là $\lambda_2 = 1{,}88 \cdot 10^{-6}$ 1/giờ.



Hình 11-6. Sơ đồ cung cấp điện cho ví dụ 11-1.
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Sơ đồ logic

Giải :

Độ tin cậy của hệ thống không có dự phòng

$$P_1(t) = e^{-t \sum_{i=1}^{5} \lambda_i} = e^{-3{,}48 \cdot 10^{-6} t}$$

Độ tin cậy của hệ thống có dự phòng

$$P_2(t) = 1 - \prod_{i=1}^{2} (1 - P_1(t)) = 1 - (1 - e^{-3{,}48 \cdot 10^{-6} t})^2$$

Độ tin cậy ứng với $t = 10^4$ giờ

$$P_1(10^4) = e^{-3{,}48 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4} = 0{,}965$$

$$P^2(10^4) = 1 - (1 - 0{,}965)^2 = 0{,}998.$$

Từ kết quả trên chúng ta thấy rằng khi có dự phòng độ tin cậy của hệ thống tăng rõ rệt.

Ví dụ 11-2. Cho một mạch điện gồm năm phần tử nối tiếp như hình 11-7. Hãy tìm số mạch dự phòng nếu độ tin cậy cho phép của hệ thống $P_{cp} = 0{,}7$. Biết độ tin cậy của các phần tử đều bằng nhau và bằng $p = 0{,}9$.

Giải :

Độ tin cậy của một mạch.

$P_1 = p^5$

Độ tin cậy của hệ thống có m mạch dự phòng

$P_{ht} = 1 - (1 - p^5)^{m+1}$

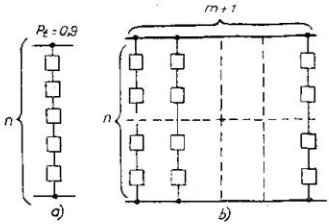
Theo đầu bài, giá trị m phải thỏa mãn bất phương trình :

$P_{ht} \geq P_{cp}$

tức $1 - (1 - p^5)^{m+1} \geq P_{cp}$

$(1 - p^5)^{m+1} \leq 1 - P_{cp}$

$(m + 1) \ln (1 - p^5) \leq \ln (1 - P_{cp})$



Hình 11-7. Hình vẽ cho ví dụ 11-2
a) Sơ đồ một mạch; b) Sơ đồ của hệ thống

vậy : $m \geq \dfrac{\ln (1 - P_{cp})}{\ln (1 - p^{5})} - 1$

Thay số $m \geq \dfrac{\ln (1 - 0,7)}{\ln (1 - 0,9^{5})} - 1$

$m \geq 0,3$

Vậy nên chọn số mạch dự phòng m = 1.

11.8. Ảnh hưởng của chất lượng điện năng đến sự làm việc của hộ tiêu thụ.

Tùy theo loại hộ tiêu thụ mà ảnh hưởng của chất lượng điện áp và tần số cũng có mức độ khác nhau.

1. Các dụng cụ đốt nóng, các bếp điện trở :

Tổn thất công suất đối với các dụng cụ một pha sẽ là : $\Delta P = I^2R = \dfrac{U^2}{R}$ còn đối với hộ tiêu thụ 3 pha :

$$\Delta P = 3I^2R = 3\left(\frac{U}{\sqrt{3}R}\right)^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Như vậy tổn thất công suất trong các hộ tiêu thụ loại này sẽ tỉ lệ thuận với bình phương của điện áp đặt vào. Khi điện áp giảm, hiệu quả của các phần tử đốt nóng sẽ giảm xuống rõ rệt.

2. Đèn sợi tim còn gọi là đèn nung sáng :

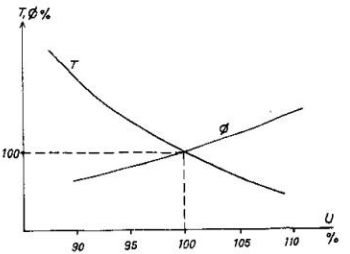
Quang thông Φ và thời hạn phục vụ của đèn T phụ thuộc vào điện áp đặt vào, có thể xây dựng được bằng thực nghiệm cho ở bảng 11-1.

Bảng 11-1

Điện áp đặt vào %	90	95	100	105	110
Quang thông Φ %	68	82	100	120	135
Thời hạn phục vụ của đèn sợi tim T	360	150	100	55	30

Đặc tính của đèn điện sợi tim cho ở hình 11-8

Với các đèn huỳnh quang, khi điện áp tăng lên 10% định mức thì tuổi thọ của đèn giảm 20 – 25%. Với các đèn có khí, khi điện áp giảm xuống quá 20% định mức thì nó sẽ tắt. Với các ống đèn hình, khi điện áp giảm nhỏ hơn 95% điện áp định mức thì chất lượng hình ảnh sẽ bị méo mó. Các đài phát hoặc thu vô tuyến, các thiết bị liên lạc bưu điện, các thiết bị tự động hóa rất nhạy cảm với sự thay đổi của điện áp. Các tivi nhạy cảm với điện áp và cả với tần số.



Hình 11-8. Đặc tính của đèn sợi tim.

3. Tụ điện tĩnh :

Công suất phản kháng của tụ điện tĩnh tỉ lệ thuận với tần số và bình phương của điện áp đặt vào :

$$Q_{bù} = \frac{U^2}{X_c} U^2 \omega C = U^2 2\pi f C \qquad (11\text{-}21)$$

a) Động cơ điện :

Như đã biết, tốc độ quay của từ trường trong động cơ điện xoay chiều được xác định bởi tần số của lưới điện. Cho nên, điện áp đặt vào và tần số của lưới đều ảnh hưởng trực tiếp đến sự làm việc của động cơ và làm thay đổi tốc độ của nó.

Với động cơ điện không bộ ta có :

$$U \approx E = 4{,}44\ W_1 f_1 K_w \Phi 10^{-8} = A f_1 \Phi \qquad (11\text{-}22)$$

và $U_{dm} \approx E_{dm} = 4{,}44\ W_1 f_{1dm} K_w \Phi_{dm} 10^{-8}$ (11-23)

$$= A f_{1dm} \Phi_{đm}$$

Trong đó A – hằng số.

f_{1dm} – tần số định mức.

Φ_{dm} – từ thông định mức.

Từ (11-22) và (11-23) ta có :

$$\frac{U}{U_{đm}} = \frac{f_1 \Phi}{f_{1dm} \Phi_{đm}}$$

Đặt hệ số $K\Phi = \frac{\Phi}{\Phi_{đm}} = \frac{K_U}{K_f}$ (11-24)

Để xem xét ảnh hưởng của sự biến đổi điện áp và tần số đến đường đặc tính mô men điện từ của động cơ, chúng ta tìm hiểu một số quan hệ sau đây của động cơ không đồng bộ :

- Hệ số trượt $S = \frac{n_o - n}{n_o}$ (11-25)

trong đó n_o - tốc độ đồng bộ của động cơ.

n - tốc độ quay của rôto.

Ta có $n = n_o (1 - S)$

và tần số quay của động cơ là $f = Sf_o$

- Công suất điện từ truyền qua khoảng không khí giữa stato và rôto là :

$$P_a \equiv M. n_o \quad (11\text{-}26)$$

trong đó M - mômen điện từ.

Công suất cơ học làm quay cơ cấu truyền động cũng được xác định qua mômen điện từ :

$$P \equiv M n = M n_o (1 - S) = P_a (1 - S) \quad (11\text{-}27)$$

- Tổn thất trong rôto của động cơ :

$$\Delta P = P_a - P = P_a - P_a (1 - S) = SPa \quad (11\text{-}28)$$

Mặc khác công suất điện từ P_a phụ thuộc vào dòng điện rôto, và điện trở của rôto theo quan hệ :

$$P_a = 3I_r^2 \frac{r_r (S)}{S} \quad (11\text{-}29)$$

Công suất P_a cực đại tương ứng với mômen cực đại, và hệ số trượt tương ứng sẽ là hệ số trượt tới hạn $S = S_{th}$.

Lấy đạo hàm của P_a theo S và tìm P_{amax} ta được :

$$P_{amax} \approx \frac{U^2}{2x_N} \quad (11\text{-}30)$$

trong đó x_N -điện kháng động cơ khi ngắn mạch ở đầu cực.

và $$S_{th} \approx \frac{\overset{o}{r}_{rôto}}{x_N} \quad (11\text{-}31)$$

$$m = \frac{M}{M_{dm}} \approx \frac{2b}{\frac{S}{S_{th}} + \frac{S_{th}}{S}} \quad (11\text{-}32)$$

trong đó $b = \frac{M_{max}}{M_{đm}}$ được gọi là bội số của mômen cực đại.

* Khi động cơ đứng im (n = o; S = 1) mômen của động cơ được gọi là mômen mở máy.

$$m_{mở\ máy} = \frac{M_{mở\ máy}}{M_{dm}} = \frac{2b}{\frac{1}{S_{th}} + \frac{S_{th}}{1}} \approx \frac{2b\ S_{th}}{1 + S_{th}^2} = 2b\ S_{th} \quad (11\text{-}33)$$

Chúng ta hãy xét các đại lượng trên sẽ thay đổi như thế nào khi điện áp và tần số thay đổi.

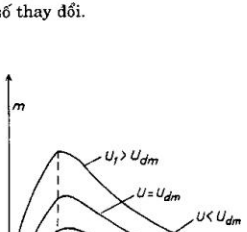
$$P_{a\ max} = P_{a\ max\ dm} \frac{k_u^2}{k_f} = \frac{k_u^2}{k_f} \qquad (11\text{-}34)$$

$$b \equiv \frac{k_u^2}{k_f^2} \qquad (11\text{-}35)$$

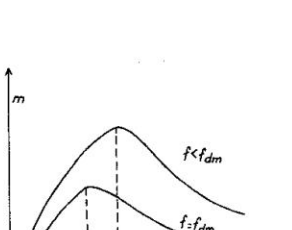
Bởi vì : $M \equiv \frac{P_a}{n_o} ; \frac{S_{th}}{S_{th\ dm}} = \frac{1}{k_f}$

nên $$m_{mở\ máy} \equiv \frac{k_u^2}{k_f^3} \qquad (11\text{-}36)$$

Trên hình 11-9 và hình 11-10 trình bày đặc tính mômen của động cơ khi điện áp và tần số thay đổi.



Hình 11-9
Biến đổi của đặc tính mômen động cơ điện không đồng bộ khi thay đổi điện áp



Hình 11-10
Biến đổi đặc tính mômen điện từ của động cơ điện không đồng bộ khi tần số thay đổi

Đối với động cơ điện có mang tải nghĩa là đang quay các công cụ khác thì ảnh hưởng của điện áp và tần số còn phụ thuộc vào mômen cản cơ cấu truyền động. Mômen cản này có thể mô tả dưới dạng phương trình tổng quát :

$$m_c = m_{c1} + (m_{co} - m_{c1})(1 - S)^{\alpha} \qquad (11\text{-}37)$$

trong có m_{c1} - mô men cản khi S = 1

m_{c0} - mômen cản khi S = 0

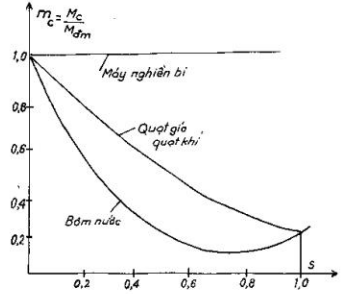
có thể gần đúng xem : $m_{co} \approx m_{c\ định\ mức}$

α - hệ số mũ ≤ 2

Phần lớn các động cơ bơm quạt li tâm (trừ bơm có cột nước tĩnh lớn) có đặc tính mômen cản như sau :

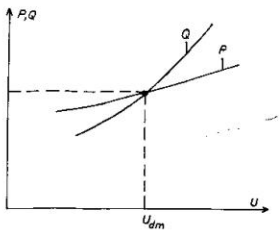
$$m_c = m_{co}[0{,}15 + 0{,}85(1 - S)^2] \qquad (11\text{-}38)$$

Trên hình 11-11 trình bày mô men cơ của các loại cơ cấu truyền động khác nhau.

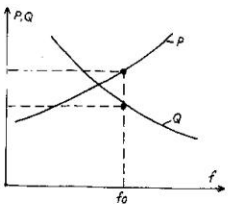


Hình 11-11.

Có thể nói rằng năng suất của một cơ cấu truyền động nào đấy đều tỉ lệ thuận với số vòng quay, cho nên tỉ lệ với tần số và điện áp đặt vào. Ngoài ra, ở phụ tải điện bao giờ cũng có hiệu ứng điều chỉnh, nghĩa là công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q phụ thuộc vào điện áp đặt vào U theo đường đặt tính tĩnh (hình 11-12).



Hình 11-12. Hiệu ứng điều chỉnh của phụ tải (đặc tính tĩnh).



Hình 11-13. Đặc tính tần số của phụ tải tổng hợp.

Cho nên các động cơ điện yêu cầu đòi hỏi chất lượng điện năng cao.

Khi phân tích ảnh hưởng của tần số đến nút phụ tải tổng hợp cần phải xây dựng bằng thực nghiệm đặc tính tần số (hình 11-13).

Khi không có đặc tính tần số, một cách gần đúng ta có thể cho rằng khi biến đổi tần số 1% thì sẽ biến đổi công suất của phụ tải là 0,5%. Con số này gần phù hợp với trị số trung bình có trong hệ thống điện hiện nay. Khi giảm tần số của hệ thống điện sẽ đưa đến việc giảm sản phẩm hàng hóa của các xí nghiệp công nghiệp. Cho nên việc cân bằng trong hệ thống điện với tần số hạ thấp không phải là giải pháp tốt đối với hộ tiêu thụ. Khi nâng cao tần số trong hệ thống điện sẽ kèm theo việc tăng tiêu thụ công suất tác dụng, làm tăng thêm lượng nhiên liệu đưa vào các nhà máy nhiệt điện. Phần tăng công suất của hộ tiêu thụ thì lại với hiệu suất thấp bởi vì các thiết bị của các xí nghiệp công nghiệp đều tính toán với tốc độ quay định chuẩn. Có thể nói rằng khi tần số lệch ra

ngoài giá trị định mức đều gây thiệt hại phá hỏng các sản phẩm (đặc biệt là sản phẩm ngành dệt) và thường là nguyên nhân dẫn đến sự rối loạn trong các quá trình công nghệ sản xuất.

11.9. Tối ưu hóa các chỉ tiêu chất lượng điện năng.

Hệ thống điện cần phải bảo đảm cung cấp cho các hộ tiêu thụ điện năng có chất lượng. Nếu chất lượng điện năng vượt ra ngoài giới hạn qui định thì thiết bị điện có thể sẽ bị sự cố, hư hỏng hoặc không thực hiện được yêu cầu đề ra hoặc làm việc kém hiệu năng và không kinh tế.

Mỗi một thiết bị dùng điện đều có một giá trị điện áp và tần số định mức là tương ứng với chi phí của hộ tiêu thụ nhỏ nhất, đồng thời hộ tiêu thụ cũng yêu cầu điện năng cung cấp cho họ chỉ cỗ thể lệch trong một giới hạn kỹ thuật nào đó.

Hệ thống điện hoàn toàn có khả năng tăng cường thiết bị và kỹ thuật của mình để điều chỉnh tần số và điện áp sao cho hộ dùng điện đạt được chỉ tiêu chất lượng tốt nhất. Tuy nhiên, điều yêu cầu này sẽ dẫn đến chi phí quá đắt để tăng cường lưới điện và các thiết bị điều khiển. Cho nên, cũng phải chấp nhận cho phép có một độ lệch nào đó ngoài giá trị tối ưu về chỉ tiêu chất lượng đối với thiết bị dùng điện. Độ lệch cho phép này càng lớn, chi phí trong hệ thống điện càng ít nhưng hộ dùng điện lại phải bị tổn thất nhiều. Rõ ràng là sẽ có một giá trị độ lệch tối ưu tương ứng với chi phí tổng cộng của nền kinh tế quốc dân là nhỏ nhất.

Ngoài đại lượng độ lệch của thông số chất lượng so với giá trị tối ưu, sẽ gây thiệt hại cho hộ tiêu thụ, còn có đại lượng số lần và thời gian lâu dài của lệch điện áp.

Chúng ta có thể xác định thiệt hại của hộ tiêu thụ do điện áp không đủ chất lượng bằng hiệu số của chi phí tương ứng với điện áp U và điện áp tối ưu U_0. Khai triển hàm chi phí theo điện áp U ta có :

$$\mathfrak{z} = \mathfrak{z}_0 + \frac{\partial \mathfrak{z}}{\partial U}\delta U + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 \mathfrak{z}}{\partial U^2}(\delta U)^2 + \ldots \qquad (11\text{-}39)$$

Trong đó $\mathfrak{z}$ và $\mathfrak{z}_0$ là chi phí tương ứng với điện áp U và điện áp tối ưu $U = U_0$

$$\delta U = U - U_0$$

Thiệt hại do điện áp U không đủ chất lượng là :

$$H = \mathfrak{z} - \mathfrak{z}_0 = \frac{\partial \mathfrak{z}}{\partial U}\delta U + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 \mathfrak{z}}{\partial U^2}(\delta U)^2 + \qquad (11\text{-}40)$$

Nếu chi phí $\mathfrak{z}$ khi điện áp đúng bằng điện áp tối ưu $U = U_0$ thì $\frac{\partial \mathfrak{z}}{\partial U} = 0$ cho nên :

$$H = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 \mathfrak{z}}{\partial U^2}(\delta U)^2 + \frac{1}{6}\frac{\partial_2 \mathfrak{z}}{\partial U^3}(\delta U)^3 + \ldots \qquad (11\text{-}41)$$

Bỏ qua thành phần khai triển bậc cao khi giá trị δU bé và $U = U_0$ ta có :

$$H = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 \mathfrak{z}}{\partial U^2}(\delta U)^2 = \frac{1}{2}\frac{\partial_2 \mathfrak{z}}{\partial U^3}(U - U_0)^2 \qquad (11\text{-}42)$$

Như vậy, đại lượng thiệt hại tỉ lệ với bình phương độ lệch điện áp U so với điện áp tối ưu U_0. Ở đây chúng ta giả thiết rằng trong thời gian xem xét điện áp U không thay đổi.

Đặt hệ số tỉ lệ :

$$K = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 I}{\partial U^2} \qquad (11\text{-}43)$$

Ta có : $H \approx K\,(U-U_0^2)$

Thiệt hại trong khoảng thời gian T được xác định bằng :

$$H_T = \int_0^T K\,(U - U_0)^2 dt = K \int_0^T (U^2 - 2UU_0 + U_o^2)\,dt$$

$$= K\left(\int_0^T U^2\,dt + \int_0^T U_o^2\,dt - 2\int_0^T UU_o\,dt\right)$$

$$= KT\left(\frac{1}{T}\int_0^T U^2\,dt - 2U_0\frac{1}{T}\int_0^T U\,dt + U_o^2\right) \qquad (11\text{-}44)$$

Điện áp ở nút phụ tải thay đổi theo thời gian t và là một đại lượng ngẫu nhiên có đặc trưng là giá trị trung bình hay kỳ vọng toán U_{tb}, phương sai U^2_{tbbp} (bình phương của độ lệch trung bình bình phương so với giá trị trung bình) và giá trị trung bình bình phương U_{tbbp}.

$$U_{tb} = \frac{1}{T}\int_0^T U\,dt \qquad (11\text{-}45)$$

Đặt giá trị : $D(U) = \frac{1}{T}\int_0^T (U - U_{tb})^2\,dt$

$$= \frac{1}{T}\left(\int_0^T U^2\,dt - 2U_{tb}\int_0^T U\,dt\right) + U_{tb}^2 \qquad (11\text{-}46)$$

$$U_{tbbp} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T U^2\,dt}$$

$$U^2_{tbbp} = \frac{1}{T}\int_0^T U^2\,dt$$

Do đó $D(U) = U^2_{tbbp} - 2\,U^2_{tb} + U^2_{tb} = U^2_{tbbp} - U^2_{tb}$ (11-47)

Thay D (U) vào (11-44) ta nhận được :

$$H_T = KT\left(U^2_{tbbp} - 2\,U_o\,U_{tb} + U_o^2\right)$$

$$= KT\left(D_{(U)} + U^2_{tb} - 2\,U_o\,U_{tb} + U_o^2\right)$$

$$= KT\left[D(U) + (U_{tb} - U_o)^2\right]$$

$$= KT\left[D(U) + (\delta U)^2_{tb}\right]$$

$$= K\int_0^T (U - U_{ô})^2\,dt \qquad (11\text{-}48)$$

trong đó $(\delta U)_{tb} = U_{tb} - U_o = \frac{1}{T}\int_0^T (U - U_o)\,dt$ (11-49)

Như vậy, thiệt hại chất lượng điện áp gồm có 2 phần :

Một phần tỉ lệ thuận với phương sai, nghĩa là với độ lệch trung bình bình phương so với giá trị trung bình và phần kia là bình phương của độ lệch trung bình so với giá trị điện áp tối ưu U_o. Cho nên để giảm thiệt hại cần phải giảm độ lệch của điện áp so với giá trị trung bình (giảm phương sai) và giảm độ lệch của giá trị trung bình U so với mức tối ưu. Giảm thành phần thứ nhất bằng cách đặt các thiết bị điều chỉnh đặc biệt, còn giảm thành phần thứ hai bằng cách thay đổi hệ số biến áp của các máy biến áp và điều chỉnh công suất các thiết bị bù. Nếu ở các giờ khác nhau trong chu kỳ T có các giá trị điện áp tối ưu thay đổi thì cần phải chia T ra các đoạn với các giá trị điện áp tối ưu cố định. Do đó :

$$\frac{1}{T}\int_0^T (U - U_o)^2\,dt = D(U) + \left[\frac{1}{T}\int_0^T (U - U_o)\,dt\right]^2 \qquad (11\text{-}50)$$

Đại lượng D (U) xác định trực tiếp trên hệ thống điện rất khó, nên nó phải đo qua hai tích phân ($\int_0^T (U - U_o)\,dt$ và $\int_0^T (U - U_o)^2 . dt$

Hai tích phân này có thể đo nhờ một vôn mét tích phân.

11.10. Giá trị tối ưu của điện áp và tần số.

Để tối ưu hóa các chỉ tiêu chất lượng điện năng trong hệ thống điện cần phải xây dựng các chỉ tiêu chất lượng, các giá trị tối ưu cho từng nút của hệ thống cũng như các đặc tính thiệt hại gây bởi sự lệch của chất lượng chệch ngoài giá trị tối ưu.

Tần số tối ưu thường chọn là tần số định mức. Điều này có thể không được đúng đắn lắm theo quan điểm của một số hộ tiêu thụ. Tuy nhiên, tần số trong toàn bộ hệ thống điện là như nhau và sự dao động của tần số sẽ dẫn đến tổn thất nhiều về kinh tế ở các nhà máy sản xuất điện.

Trong phần lớn các trường hợp thường thấy thì điện áp tối ưu của lưới điện không phải là điện áp tối ưu cho các thiết bị tiêu thụ điện. Cho nên vấn đề điện áp tối ưu ở các nút phụ tải là phức tạp. Mỗi một nút phụ tải bao gồm nhiều hộ tiêu thụ khác nhau sẽ có một điện áp tối ưu riêng và việc chọn nhiều điểm kiểm soát trong lưới điện để giữ điện áp ở đấy là tối ưu là không thể được bởi vì mỗi điểm như vậy là một nguồn độc lập điều chỉnh điện áp (máy biến thế điều áp dưới tải, máy bù đồng bộ, thiết bị bù tĩnh) và chi phí thiết bị điều chỉnh rất lớn.

Để tính toán giá trị điện áp tối ưu ở mỗi một điểm nút của phụ tải và các tổn thất thiệt hại do điện áp cung cấp lệch ra ngoài giá trị tối ưu, phải tính toán tổng hợp các chỉ tiêu chất lượng điện áp do lệch ngoài giá trị tối ưu ở các loại hộ phụ tải nối vào mỗi nút và tìm chi phí tương ứng với điện áp tối ưu.

Chúng ta sẽ xem xét hộ phụ tải chiếu sáng làm ví dụ :

Gọi a – tiền khấu hao của một bóng đèn cháy khi đã tiêu thụ 1kwh (đ).

b – giá tiền 1kwh điện năng

$P_{đm}$, P – công suất định mức và công suất thực tế của bóng đèn.

$T_{đm}$, T thời gian cháy của bóng đèn với điện áp định mức và với điện áp thực tế.

$\Phi_{ođm}, \Phi_o$: quang thông định mức và quang thông thực tế đối với 1W, $\left[\frac{\text{lumen}}{\text{W}}\right]$, với giả thiết rằng :

$$\Phi_o = \Phi_{odm}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{1,9} \qquad (11\text{-}51)$$

Chúng ta hãy xem sự làm việc của bóng đèn qua 1 giờ với điện áp U. Bởi vì công suất tiêu thụ của bóng đèn có thể xác định như là một hàm phụ thuộc điện áp theo phương trình :

$$P \approx P_{dm}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{1,6} \qquad (11\text{-}52)$$

Do đó, quang thông (lumen) sẽ được xác định tương ứng là :

$$F = P\Phi_o = P_{dm}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{1,6} \Phi_{odm}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{1,9}$$

$$= P_{dm} \cdot \Phi_{odm}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{3,5} \qquad (11\text{-}53)$$

Giả thiết rằng số giờ làm việc của bóng đèn với điện áp U, khác với điện áp tối ưu, thì tuổi thọ của bóng đèn có thể xác định gần đúng :

$$T = T_{dm}\left(\frac{U_{dm}}{U}\right)^{13,3} \qquad (11\text{-}54)$$

Như vậy tiền khấu hao của bóng đèn khi đã cháy trong 1 giờ với điện áp U là :

$$A = a.P_{dm} \cdot \frac{1}{T} = a\,P_{dm}\,\frac{1}{T_{dm}}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{13,3} \qquad (11\text{-}55)$$

Ta thấy rằng :

Hiệu quả kinh tế trong 1 giờ có thể rất nhỏ so với tiền khấu hao của bóng đèn rất nhiều cho nên chi phí tính toán cho 1 giờ có thể xác định :

$$\mathcal{Z} = \frac{bP}{1000} + a\,P_{dm}\,\frac{1}{T_{dm}}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{13,3} \qquad (11\text{-}56)$$

$$= b \cdot \frac{P_{dm}}{1000}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{1,6} + \frac{aP_{dm}}{T_{dm}}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{13,3}$$

Suất chi phí hay là chi phí cho 1 lumen-giờ bằng :

$$z = \frac{\mathcal{Z}}{F} = \frac{\dfrac{b}{1000}\left(\dfrac{U}{U_{dm}}\right)^{1,6} + \dfrac{a}{T_{dm}}\left(\dfrac{U}{U_{dm}}\right)^{13,3}}{\Phi_{odm}\left(\dfrac{U}{U_{dm}}\right)^{3,5}}$$

$$= \frac{b}{1000\Phi_{odm}}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{-1,9} \frac{a}{T_{dm} \cdot \Phi_{odm}}\left(\frac{U}{U_{dm}}\right)^{9,8} \qquad (11\text{-}57)$$

Điện áp tối ưu U_o thích hợp cho bóng đèn được tính bằng cách lấy đạo hàm $\frac{dz}{d\left(\frac{U}{U_{đm}}\right)} = 0$ nghĩa là :

$$-1,9\,\frac{b}{1000\Phi_{ođm}}\left(\frac{U}{U_{đm}}\right)^{-2,9} + 9,8\,.\,\frac{a}{T_{đm}\,\Phi_{ođm}}\left(\frac{U_o}{U_{đm}}\right)^{8,8} = 0 \qquad (11\text{-}58)$$

Giải ra ta có :

$$\frac{U_o}{U_{đm}} = \sqrt[11,7]{\frac{1,9b\,T_{đm}}{9,8a\,.\,1000}} = \sqrt[11,7]{0,194\,.\,\frac{bT_{đm}}{1000a}} \qquad (11\text{-}59)$$

Thí dụ :

Một bóng đèn 100W giá 2000 đồng thời gian sử dụng $T_{đm} \approx 1000$ giờ.

$$a = \frac{2000đ}{0,100\,.\,1000} = 20đ$$

giá tiền điện 1 Kwh là b = 230 đ/Kwh (tính theo thời giá trước 1987).(*)

Ta có :

$$U_o = U_{đm}\,.\,\sqrt[11,7]{0,194\,.\,\frac{230\,.\,1000}{20\,.\,1000}}$$

$$= U_{đm}\,.\,\sqrt[11,7]{2,231} = 1,07\,U_{đm} \qquad (11\text{-}60)$$

Như vậy điện áp tối ưu của bóng đèn phụ thuộc vào giá tiền điện năng, giá tiền mua bóng đèn và tuổi thọ của bóng đèn.

Nếu giá tiền điện rẻ hơn và giá tiền bóng điện đắt hơn thì điện áp tối ưu của bóng đèn sẽ giảm xuống.

Bây giờ chúng ta khảo sát điện áp tối ưu cho phụ tải động cơ không đồng bộ là loại phụ tải thông dụng nhất :

Giả thiết chúng ta không tính đến hiện tượng bảo hòa trong động cơ và không tính đến giá tiền tổn thất công suất phản kháng.

Nếu đánh giá hiệu quả kinh tế của động cơ đối với nền kinh tế quốc dân bằng hệ số α^d/Kwh. Do tốc độ của động cơ thay đổi khi điện áp thay đổi, năng suất của động cơ thay đổi. Sự giảm năng suất gây nên thiệt hại H :

$$H = \left[\left(\frac{S}{U}\right)^2 (r_1 + r_2)\,\frac{b}{100} + U^2\,(b_M\,.\,r_1 + g)\,\frac{b}{100} + \alpha sP\right] S_{đm} \qquad (11\text{-}61)$$

(*) Hiện nay giá điện đã thay đổi.

trong đó : S – công suất của động cơ

U – điện áp trên đầu cực động cơ

b – giá tiền tổn thất điện năng đ/Kwh

r_1, r_2 – điện trở của stato và rôto của động cơ

b_M – điện dẫn phản kháng từ hóa của động cơ

g – điện dẫn tác dụng tương ứng với tổn thất trong thép

s – hệ số trượt.

Thành phần thứ nhất của (11-61) tương ứng với thiệt hại cho cuộn dây stato và rôto : thành phần thứ hai tương ứng với thiệt hại trong dòng từ hóa và thành phần thứ ba tương ứng với thiệt hại do không hoàn thành sản phẩm.

Một cách gần đúng cho $s = Pr_2/U^2$ ta có :

$$H = \left[\left(\frac{S}{U}\right)^2 (r_1 + r_2) \frac{b}{100} + U^2 (b_M^2 r_1 + g) \frac{b}{100} + \alpha \left(\frac{P}{U}\right)^2 r_2 \right] S_{dm} \qquad (11\text{-}62)$$

Điện áp tối ưu sẽ tìm được bằng cách lấy đạo hàm của (11-62) theo điện áp U, và cho bằng 0.

Sau khi đã tính toán điện áp tối ưu U_0 cho từng loại phụ tải có thể xác định điện áp tối ưu ở các nút trung gian và các đặc tính thiệt hại trong toàn bộ lưới điện khi điện áp lệnh khỏi giá trị tối ưu.

Chương 12

TIẾT KIỆM ĐIỆN NĂNG VÀ NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT COSφ

12.1. Đặt vấn đề

Điện năng là năng lượng chủ yếu của các xí nghiệp công nghiệp. Các xí nghiệp này tiêu thụ khoảng trên 70% tổng số điện năng được sản xuất ra, vì thế vấn đề sử dụng hợp lý và tiết kiệm điện năng trong các xí nghiệp công nghiệp có ý nghĩa rất lớn. Về mặt sản xuất điện năng vấn đề đặt ra là phải tận dụng hết khả năng của các nhà máy phát điện để sản xuất ra được nhiều điện nhất; đồng thời về mặt dùng điện phải hết sức tiết kiệm điện, giảm tổn thất điện năng đến mức nhỏ nhất, phấn đấu để một kWh điện ngày càng làm ra nhiều sản phẩm hoặc chi phí điện năng cho một đơn vị sản phẩm ngày càng giảm.

Tính chung trong toàn hệ thống điện thường có 10 - 15% năng lượng được phát ra bị mất mát trong quá trình truyền tải và phân phối. Bảng 12-1 phân tích tổn thất điện năng trong hệ thống điện (chỉ xét đến đường dây và máy biến áp). Từ bảng phân tích chúng ta thấy rằng tổn thất điện năng trong mạng có U = 0,1 – 10KV (tức mạng trong các xí nghiệp) chiếm tới 64,4% tổng số điện năng bị tổn thất. Sở dĩ như vậy, bởi vì mạng điện xí nghiệp thường dùng điện áp tương đối thấp, đường dây lại dài phân tán đến từng phụ tải nên gây ra tổn thất điện năng lớn. Vì thế việc thực hiện các biện pháp tiết kiệm điện trong xí nghiệp công nghiệp có ý nghĩa rất quan trọng, không những có lợi cho bản thân các xí nghiệp, mà còn có lợi chung cho nền kinh tế quốc dân.

Bảng 12-1

Phân tích tổn thất điện năng trong hệ thống điện

Mạng có điện áp	Tổn thất điện năng (%) của		
	Đường dây	Máy biến áp	Tổng
U ≥ 110KV	13,3	12,4	25,7
U = 35KV	6,9	3,0	9,9
U = 0,1 ÷ 10KV	47,8	16,6	64,4
Tổng cộng	68,0	32,0	100

Hệ số công suất cosφ là một chỉ tiêu để đánh giá xí nghiệp dùng điện có hợp lý và tiết kiệm hay không. Do đó Nhà nước đã ban hành các chính sách để khuyến khích các xí nghiệp phấn đấu nâng cao hệ số công suất cosφ. Hệ số công suất cosφ của các xí nghiệp nước ta hiện nay nói chung đang còn thấp (khoảng 0,6 – 0,7), chúng ta cần phấn đấu để nâng cao dần lên (đến trên 0,9).

Cần thấy rằng việc thực hiện tiết kiệm điện và nâng cao hệ số công suất cosφ không phải là những biện pháp tạm thời đối phó với tình trạng thiếu điện, mà phải coi đó là một chủ trương lâu dài gắn liền với mục đích phát huy hiệu quả cao nhất quá trình sản

xuất, phân phối và sử dụng điện năng. Mặt khác cũng không vì thấy chi phí về điện năng chỉ chiếm phần rất nhỏ trong giá thành sản phẩm (khoảng 2% trừ các sản phẩm được sản xuất bằng phương pháp điện phân) mà coi thường vấn đề tiết kiệm điện. Ý nghĩa của việc tiết kiệm điện không những chỉ ở chỗ giảm giá thành sản phẩm, có lợi cho bản thân xí nghiệp, mà còn ở chỗ có thêm điện để sản xuất ngày càng nhiều, có lợi chung cho nền kinh tế quốc dân. Tất nhiên trong lúc thực hiện các biện pháp tiết kiệm điện và nâng cao hệ số công suất cosφ chúng ta cần chú ý không gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng và số lượng sản phẩm hoặc làm xấu điều kiện làm việc bình thường của công nhân.

12.2. Ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất cosφ

Nâng cao hệ số công suất cosφ là một trong những biện pháp quan trọng để tiết kiệm điện năng. Sau đây chúng ta sẽ phân tích hiệu quả do việc nâng cao hệ số công suất đem lại.

Phần lớn các thiết bị dùng điện đều tiêu thụ công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q. Những thiết bị tiêu thụ nhiều công suất phản kháng là :

– Động cơ không đồng bộ, chúng tiêu thụ khoảng 60 – 65% tổng công suất phản kháng của mạng;

– Máy biến áp tiêu thụ khoảng 20 – 25%;

– Đường dây trên không, điện kháng và các thiết bị điện khác tiêu thụ khoảng 10%.

Như vậy động cơ không đồng bộ và máy biến áp là hai loại máy điện tiêu thụ nhiều công suất phản kháng nhất. Công suất tác dụng P là công suất được biến thành cơ năng hoặc nhiệt năng trong các máy dùng điện; còn công suất phản kháng Q là công suất từ hóa trong các máy điện xoay chiều, nó không sinh ra công. Quá trình trao đổi công suất phản kháng giữa máy phát điện và hộ dùng điện là một quá trình dao động. Mỗi chu kỳ của dòng điện, Q đổi chiều bốn lần, giá trị trung bình của Q trong 1/2 chu kỳ của dòng điện bằng không. Cho nên việc tạo ra công suất phản kháng không đòi hỏi tiêu tốn năng lượng của động cơ sơ cấp quay máy phát điện. Mặt khác công suất phản kháng cung cấp cho hộ dùng điện không nhất thiết phải lấy từ nguồn (máy phát điện). Vì vậy để tránh truyền tải một lượng Q khá lớn trên đường dây, người ta đặt gần các hộ dùng điện các máy sinh ra Q (tụ điện, máy bù đồng bộ) để cung cấp trực tiếp cho phụ tải, làm như vậy được gọi là *bù công suất phản kháng*. Khi có bù công suất phản kháng thì góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp trong mạch sẽ nhỏ đi, do đó hệ số công suất cosφ của mạng được nâng cao, giữa P, Q và góc φ có quan hệ sau :

$$\varphi = \text{arctg}\,\frac{Q}{P}$$

Khi lượng P không đổi, nhờ có bù công suất phản kháng, lượng Q truyền tải trên đường dây giảm xuống, do đó góc φ giảm, kết quả là cosφ tăng lên.

Hệ số công suất cosφ được nâng lên sẽ đưa đến những hiệu quả sau đây :

1. Giảm được tổn thất công suất trong mạng điện. Chúng ta đã biết tổn thất công suất trên đường dây được tính như sau (xem chương 6) :

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}R = \frac{P^2}{U^2}R + \frac{Q^2}{U^2}R = \Delta P_{(P)} + \Delta P_{(Q)}$$

Khi giảm Q truyền tải trên đường dây, ta giảm được thành phần tổn thất công suất $\Delta P_{(Q)}$ do Q gây ra.

2. Giảm được tổn thất điện áp trong mạng điện. Tổn thất điện áp được tính như sau (chương 6) :

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)}$$

giảm lượng Q truyền tải trên đường dây, ta giảm được thành phần $\Delta U_{(Q)}$ do Q gây ra.

3.Tăng khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp. Khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng, tức phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng. Dòng điện chạy trên dây dẫn và máy biến áp được tính như sau :

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}\ U}$$

Biểu thức này chứng tỏ rằng với cùng một tình trạng phát nóng nhất định của đường dây và máy biến áp (tức I = const) chúng ta có thể tăng khả năng truyền tải công suất tác dụng P của chúng bằng cách giảm công suất phản kháng Q mà chúng phải tải đi. Vì thế khi vẫn giữ nguyên đường dây và máy biến áp, nếu cosφ của mạng được nâng cao (tức giảm lượng Q phải truyền tải) thì khả năng truyền tải của chúng sẽ được tăng lên.

Ngoài việc nâng cao hệ số công suất cosφ còn đưa đến hiệu quả là giảm được chi phí kim loại màu, góp phần làm ổn định điện áp, tăng khả năng phát điện của máy phát điện v.v...

Vì những lý do trên mà việc nâng cao hệ số công suất cosφ, bù công suất phản kháng đã trở thành vấn đề quan trọng, cần phải được quan tâm đúng mức trong khi thiết kế cũng như khi vận hành hệ thống cung cấp điện.

12.3. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất cosφ

1. Các định nghĩa về hệ số công suất cosφ

1. Hệ số công suất tức thời là hệ số công suất tại một thời điểm nào đó, đo được nhờ dụng cụ đo cosφ hoặc nhờ các dụng cụ đo công suất, điện áp và dòng điện.

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}\ UI}. \qquad (12\text{-}1).$$

Do phụ tải luôn luôn biến động nên cosφ tức thời cũng luôn luôn biến đổi theo. Vì thế cosφ tức thời không có giá trị trong tính toán.

2. Hệ số công suất trung bình là cosφ trung bình trong một quãng thời gian nào đó (1 ca, 1 ngày đêm, 1 tháng v.v...),

$$\cos\varphi_{tb} = \cos\text{arctg}\ \frac{Q_{tb}}{P_{tb}} \qquad (12\text{-}2)$$

Hệ số $\cos\varphi_{tb}$ được dùng để đánh giá mức độ sử dụng điện tiết kiệm và hợp lý của xí nghiệp.

3. Hệ số công suất tự nhiên là hệ số cosφ trung bình tính cho cả năm khi không có thiết bị bù. Hệ số cosφ tự nhiên được dùng làm căn cứ để tính toán nâng cao hệ số công suất và bù công suất phản kháng.

2. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất cosφ

Các biện pháp nâng cao hệ số công suất cosφ được chia làm hai nhóm chính : nhóm các biện pháp nâng cao hệ số cosφ tự nhiên (không dùng thiết bị bù) và nhóm các biện pháp nâng cao hệ số cosφ bằng cách bù công suất phản kháng.

1. Nâng cao hệ số công suất cosφ tự nhiên. Nâng cao hệ số công suất cosφ tự nhiên là tìm các biện pháp để các hộ dùng điện giảm bớt được lượng công suất phản kháng Q tiêu thụ như : áp dụng các quá trình công nghệ tiên tiến, sử dụng hợp lý các thiết bị điện v.v....

Như vậy nâng cao hệ số cosφ tự nhiên rất có lợi vì đưa lại hiệu quả kinh tế mà không phải đặt thêm thiết bị bù. Vì thế khi xét đến vấn đề nâng cao hệ số công suất cosφ bao giờ cũng phải xét tới các biện pháp nâng cao hệ số cosφ tự nhiên trước tiên, sau đó mới xét tới biện pháp bù công suất phản kháng.

2. Nâng cao hệ số công suất cosφ bằng phương pháp bù. Bằng cách đặt các thiết bị bù ở gần các hộ tiêu dùng điện để cung cấp công suất phản kháng cho chúng, ta giảm được lượng công suất phản kháng phải truyền tải trên đường dây do đó nâng cao được hệ số cosφ của mạng. Biện pháp bù không giảm được lượng công suất phản kháng tiêu thụ của các hộ dùng điện mà chỉ giảm được lượng công suất phản kháng phải truyền tải trên đường dây mà thôi. Vì thế chỉ sau khi thực hiện các biện pháp nâng cao cosφ tự nhiên mà vẫn không đạt yêu cầu thì chúng ta mới xét tới phương pháp bù. Nói chung hệ số cosφ tự nhiên của các xí nghiệp cao nhất cũng không đạt tới 0,9 (thường vào khoảng 0,7 - 0,8), vì thế ở các xí nghiệp hiện đại bao giờ cũng phải đặt thêm thiết bị bù.

Cần chú ý rằng bù công suất phản kháng Q ngoài mục đích chính là nâng cao hệ số công suất cosφ để tiết kiệm điện còn có tác dụng không kém phần quan trọng là điều chỉnh và ổn định điện áp của mạng cung cấp.

Bù công suất phản kháng đưa lại hiệu quả kinh tế như trên đã phân tích nhưng phải tốn kém thêm về mua sắm thiết bị bù và chi phí vận hành chúng. Vì vậy quyết định phương án bù phải dựa trên cơ sở tính toán và so sánh kinh tế - kỹ thuật.

12.4. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất cosφ tự nhiên

1. Thay đổi và cải tiến quy trình công nghệ để các thiết bị điện làm việc ở chế độ hợp lý nhất.

Căn cứ vào điều kiện cụ thể cần sắp xếp quy trình công nghệ một cách hợp lý nhất. Việc giảm bớt những động tác, những nguyên công thừa và áp dụng các phương pháp gia công tiên tiến v.v... đều đưa tới hiệu quả tiết kiệm điện, giảm bớt điện năng tiêu thụ cho một đơn vị sản phẩm.

Ví dụ, phương pháp đúc tiên tiến cho phép giảm độ dư của phôi do đó giảm bớt được các nguyên công cắt gọt. Phương pháp gia công cắt gọt tốc độ cao hoặc phương pháp gia công nhiều dao có thể rút ngắn thời gian gia công và giảm được điện năng tiêu hao.

Trong xí nghiệp, các thiết bị có công suất lớn thường là nơi tiêu thụ nhiều điện năng nhất, vì thế cần nghiên cứu để các thiết bị đó vận hành ở chế độ kinh tế và tiết kiệm điện nhất.

Ở các nhà máy cơ khí lớn, máy nén khí thường tiêu thụ 30 - 40% điện năng cung cấp cho toàn nhà máy. Vì vậy định chế độ vận hành hợp lý cho máy nén khí có ảnh hưởng lớn đến vấn đề tiết kiệm điện. Theo kinh nghiệm vận hành khi hệ số phụ tải của máy nén khí gần bằng 1 thì điện năng tiêu hao cho một đơn vị sản phẩm sẽ giảm tới

mức tối thiểu. Vì vậy cần bố trí sao cho các máy nén khí luôn luôn làm việc đầy tải; lúc phụ tải của xí nghiệp nhỏ (ca 3) thì nên cắt bớt máy nén khí.

Máy bơm và máy quạt cũng là những hộ tiêu thụ nhiều điện. Khi có nhiều máy bơm hay máy quạt làm việc song song thì phải điều chỉnh tốc độ, lưu lượng của chúng để đạt được phương thức vận hành kinh tế và tiết kiệm điện nhất. Các loại lò điện (điện trở, điện cảm, hồ quang) thường có công suất lớn và vận hành liên tục trong thời gian dài. Vì thế cần sắp xếp để chúng làm việc phân bố đều trong ba ca, tránh tình trạng làm việc cùng một lúc gây tình trạng căng thẳng về phương tiện cung cấp điện.

2. Thay thế động cơ không đồng bộ làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn.

Khi làm việc động cơ không đồng bộ tiêu thụ lượng công suất phản kháng bằng :

$$Q = Q_o + (Q_{đm} - Q_o)k_{pt}^2 \qquad (12\text{-}3)$$

trong đó : Q_o – công suất phản kháng lúc động cơ làm việc không tải.

$Q_{đm}$ – công suất phản kháng lúc động cơ làm việc định mức.

k_{pt} – hệ số phụ tải.

Công suất phản kháng không tải Q_o thường chiếm khoảng 60 – 70% công suất phản kháng định mức $Q_{đm}$.

Hệ số công suất của động cơ được tính theo công thức sau :

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \dfrac{Q_o + (Q_{đm} - Q_o)\,k_{pt}^2}{P_{đm} \cdot k_{pt}}}} \qquad (12\text{-}4)$$

Từ các công thức trên chúng ta dễ thấy rằng nếu động cơ làm việc non tải (k_{pt} bé) thì $\cos\varphi$ sẽ thấp.

Ví dụ, nếu một động cơ có $\cos\varphi = 0,8$ thì $k_{pt} = 1$ khi $k_{pt} = 0,5$ thì $\cos\varphi = 0,65$ và khi $k_{pt} = 0,3$, thì $\cos\varphi = 0,51$.

Rõ ràng rằng thay thế động cơ làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn ta sẽ tăng được hệ số phụ tải k_{pt}, do đó nâng cao được $\cos\varphi$ của động cơ.

Điều kiện kinh tế cho phép thay thế động cơ là : việc thay thế phải giảm được tổn thất công suất tác dụng trong mạng và động cơ, vì có như vậy việc thay thế mới có lợi. Các tính toán cho thấy rằng :

– Nếu $k_{pt} < 0,45$ thì việc thay thế bao giờ cũng có lợi;

– Nếu $0,45 < k_{pt} < 0,7$ thì phải so sánh kinh tế kỹ thuật mới xác định được việc thay thế có lợi hay không.

Điều kiện kỹ thuật cho phép thay thế động cơ là : việc thay thế phải đảm bảo nhiệt độ động cơ nhỏ hơn nhiệt độ cho phép, đảm bảo điều kiện mở máy và làm việc ổn định của động cơ.

3. Giảm điện áp của những động cơ làm việc non tải.

Biện pháp này được dùng khi không có điều kiện thay thế động cơ làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn.

Công suất phản kháng mà động cơ không đồng bộ tiêu thụ được tính như sau :

$$Q = k \frac{U^2}{\mu} fV \qquad (12\text{-}5)$$

trong đó k – hằng số; U – điện áp trên cực động cơ; μ – hệ số dẫn từ; f – tần số của dòng điện; V – thể tích mạch từ.

Từ biểu thức (12-5) chúng ta thấy rằng công suất phản kháng Q tỷ lệ với bình phương điện áp U, vì vậy nếu ta giảm U thì Q giảm đi rõ rệt và do đó cosφ của động cơ được nâng lên.

Trong thực tế người ta thường dùng các biện pháp sau đây để giảm điện áp đặt lên các động cơ không đồng bộ làm việc non tải :

– Đổi nối dây quấn stato từ tam giác sang sao;

– Thay đổi cách phân nhóm của dây quấn stato;

– Thay đổi đầu phân áp của máy biến áp để hạ thấp điện áp của mạng phân xưởng.

Khi đổi nối dây quấn stato từ tam giác sang sao ($\Delta \rightarrow Y$) thì điện áp đặt lên một pha của động cơ sẽ giảm đi $\sqrt{3}$ lần, do đó cosφ và hiệu suất của động cơ đều được nâng lên. Đồng thời mômen cực đại của động cơ sẽ giảm đi ba lần so với trước, vì vậy chúng ta phải kiểm tra lại khả năng mở máy và làm việc ổn định của động cơ. Biện pháp này thường được dùng cho động cơ có U < 1000 V và hệ số phụ tải nằm trong khoảng 0,35 – 0,4.

Biện pháp thay đổi các phân nhóm của dây quấn stato thường được dùng đối với động cơ công suất lớn có nhiều mạch nhánh song song trong một pha. Biện pháp này khó thực hiện vì phải tháo động cơ ra mới thay đổi được cách đấu dây của stato.

Biện pháp thay đổi đầu phân áp của máy biến áp để giảm điện áp của mạng phân xưởng chỉ được phép thực hiện khi tất cả các động cơ trong phân xưởng đều làm việc non tải và phân xưởng không có các thiết bị yêu cầu cao về mức điểm áp. Trong thực tế biện pháp này ít khi được dùng.

4. Hạn chế động cơ chạy không tải.

Các máy công cụ, trong quá trình gia công thường nhiều lúc phải chạy không tải, chẳng hạn như khi chuyển từ động tác gia công này sang động tác gia công khác, khi chạy lùi dao hoặc rà máy v.v... Cũng có thể do thao tác của công nhân không hợp lý mà nhiều lúc máy phải chạy không tải. Nhiều thống kê cho thấy rằng đối với máy công cụ, thời gian chạy không tải chiếm khoảng 35 – 65% toàn bộ thời gian làm việc. Chúng ta đã biết khi động cơ chạy non tải thì cosφ của nó rất thấp. Vì thế hạn chế động cơ chạy không tải là một trong những biện pháp tốt để nâng cao cos φ của động cơ.

Biện pháp hạn chế động cơ chạy không tải được thực hiện theo hai hướng :

– Hướng thứ nhất là vận động công nhân hợp lý hóa các thao tác, hạn chế đến mức thấp nhất thời gian máy chạy không tải;

– Hướng thứ hai là đặt bộ hạn chế chạy không tải trong sơ đồ khống chế động cơ. Thông thường nếu động cơ chạy không tải quá thời gian chỉnh định t_o nào đó thì động cơ bị cắt ra khỏi mạng.

5. Dùng động cơ đồng bộ thay thế động cơ không đồng bộ.

Ở những máy sản xuất có công suất tương đối lớn và không yêu cầu điều chỉnh tốc độ như máy bơm, máy quạt, máy nén khí v.v... ta nên dùng động cơ

đồng bộ – Vì động cơ đồng bộ có những ưu điểm rõ rệt sau đây so với động cơ không đồng bộ :

– Hệ số công suất cao, khi cần có thể cho làm việc ở chế độ quá kích từ để trở thành một máy bù cung cấp thêm công suất phản kháng cho mạng.

– Mômen quay tỷ lệ bậc nhất với điện áp của mạng, vì vậy ít phụ thuộc vào sự dao động của điện áp. Khi tần số của nguồn không đổi, tốc độ quay của động cơ không phụ thuộc vào phụ tải, do đó năng suất làm việc của máy cao.

Khuyết điểm của động cơ không đồng bộ là cấu tạo phức tạp, giá thành đắt. Chính vì vậy động cơ đồng bộ mới chỉ chiếm khoảng 20% tổng số động cơ dùng trong công nghiệp. Ngày nay nhờ đã chế tạo được những động cơ tự kích từ giá thành hạ và có giải công suất tương đối rộng nên người ta có xu hướng sử dụng ngày càng nhiều động cơ đồng bộ.

6. Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ.

Do chất lượng sửa chữa động cơ không tốt nên sau khi sửa chữa các tính năng của động cơ thường kém trước : tổn thất trong động cơ tăng lên, cosφ giảm v.v... Vì thế cần chú trọng đến khâu nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ góp phần giải quyết vấn đề cải thiện hệ số cosφ của xí nghiệp.

7. Thay thế những máy biến áp làm việc non tải bằng những máy biến áp có dung lượng nhỏ hơn.

Máy biến áp là một trong những máy điện tiêu thụ nhiều công suất phản kháng (sau động cơ không đồng bộ). Vì vậy, nếu trong tương lai tương đối dài mà hệ số phụ tải của máy biến áp không có khả năng vượt quá 0,3 thì nên thay nó bằng máy có dung lượng nhỏ hơn. Đứng về mặt vận hành mà xét thì trong thời gian phụ tải nhỏ (ca ba) nên cắt bớt các máy biến áp non tải, biện pháp này cũng có tác dụng lớn để nâng cao hệ số cosφ tự nhiên của xí nghiệp.

12.5. Dùng phương pháp bù công suất phản kháng để nâng cao hệ số công suất cosφ

1. Đương lượng kinh tế của công suất phản kháng

Việc bù công suất phản kháng sẽ đưa lại hiệu quả là nâng cao được hệ số cosφ và giảm được tổn thất công suất tác dụng trong mạng. Để đánh giá hiệu quả của việc giảm tổn thất công suất tác dụng chúng ta đưa ra một chỉ tiêu gọi là đương lượng kinh tế của công suất phản kháng k_{kt}.

Đương lượng kinh tế của công suất phản kháng k_{kt} là lượng công suất tác dụng (KW) tiết kiệm được khi bù KVAR công suất phản kháng.

Như vậy nếu biết được k_{kt} và lượng công suất bù $Q_{bù}$ thì chúng ta tính được công suất tác dụng tiết kiệm được do bù là :

$$P_{tiết\ kiệm} = k_{kt} \cdot Q_{bù} \qquad (12\text{-}6)$$

Sau đây chúng ta sẽ phân tích xem đương lượng kinh tế của công suất phản kháng phụ thuộc vào những yếu tố nào.

Chúng ta biết rằng tổn thất công suất tác dụng trên đường dây được tính theo công thức sau :

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R.$$

Sau khi bù, do lượng tổn thất ΔP giảm nên công suất tác dụng truyền tải trên đường dây cũng giảm, do đó lượng tổn thất $\frac{P^2}{U^2} R$ giảm. Song lượng thay đổi này không đáng kể nên ta có thể bỏ qua, mà chỉ quan tâm đến thành phần tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra : $\frac{Q^2}{U^2} R$ mà thôi.

Trước khi bù, thành phần tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra là :

$$\Delta P_1 = \frac{Q^2}{U^2} R$$

Sau khi bù một lượng $Q_{bù}$, thành phần tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra là :

$$\Delta P_2 = \frac{(Q - Q_{bù})^2}{U^2} R.$$

Vậy lượng công suất tác dụng tiết kiệm được là :

$$\Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 = \frac{Q^2}{U^2} R - \frac{(Q - Q_{bù})^2}{U^2} R.$$

Theo định nghĩa :

$$K_{kt} = \frac{\Delta P}{Q_{bù}} = \frac{QR}{U^2}\left(2 - \frac{Q_{bù}}{Q}\right) (KW/KVAR) \qquad (12\text{-}7)$$

từ công thức trên chúng ta nhận xét rằng :

- Nếu dung lượng $Q_{bù}$ nhỏ hơn nhiều so với công suất phản kháng truyền tải trên đường dây Q (điều này thường xảy ra trong thực tế), tức là có thể coi $\frac{Q_{bù}}{Q} = 0$, lúc này dương lượng kinh tế của công suất phản kháng được tính theo công thức đơn giản sau

$$k_{kt} = 2\frac{QR}{U^2} \qquad (12\text{-}8)$$

- Nếu Q và R càng lớn thì k_{kt} càng lớn, nghĩa là *nếu phụ tải phản kháng càng lớn và càng ở xa nguồn thì việc bù càng có hiệu quả kinh tế.*

Giá trị của k_{kt}, thường nằm trong khoảng 0,02 – 0,12KW/KVAR. Trong tính toán có thể lấy các giá trị như sau đối với các loại hộ dùng điện.

- Hộ dùng điện do máy phát điện cung cấp.

$k_{kt} = 0,02 – 0,04;$

- Hộ dùng điện qua một lần biến áp.

$k_{kt} = 0,04 – 0,06;$

- Hộ dùng điện qua hai lần biến áp.

$k_{kt} = 0,05 – 0,07;$

- Hộ dùng điện qua ba lần biến áp.

k_{tc} = 0,08 – 0,12.

2. Xác định dung lượng bù.

Dung lượng bù được xác định theo công thức sau :

$$Q_{bù} = P(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)\alpha, \text{ KVAR} \qquad (12\text{-}9)$$

trong đó P – phụ tải tính toán của hộ tiêu thụ điện, KW; φ_1 – góc ứng với hệ số công suất trung bình ($\cos\varphi_1$) trước khi bù ; φ_2 – góc ứng với hệ số công suất ($\cos\varphi_2$) muốn đạt được sau khi bù; α = 0,9 – 1 – hệ số xét tới khả năng nâng cao $\cos\varphi$ bằng những phương pháp không đòi hỏi đặt thiết bị bù.

Hệ số công suất $\cos\varphi_2$ nói ở trên thường lấy bằng hệ số công suất do cơ quan quản lý hệ thống điện quy định cho mỗi hộ tiêu thụ phải đạt được, thường nằm trong khoảng $\cos\varphi$ = 0,8 – 0,95.

Cần chú ý rằng đứng về mặt tổn thất công suất tác dụng của hộ dùng điện, thì dung lượng bù có thể xác định theo quan điểm tối ưu sau đây :

Do bù có thể tiết kiệm được một lượng công suất tác dụng là :

$$\Delta P_{tk} = k_{kt}Q_{bù} - k_{bù}Q_{bù} = Q_{bù}(k_{kt} - k_{bù}),$$

trong đó : k_{kt} – đương lượng kinh tế của công suất phản kháng, KW/KVAR

$k_{bù}$ – suất tổn thất công suất tác dụng trong thiết bị bù, KW/KVAR.

Như vậy $\Delta P_{tk} = f(Q_{bù})$, từ đó chúng ta có thể tìm được dung lượng bù tối ưu ứng với ΔP_{tk} đạt cực đại là :

$$Q_{bù.t.ưu} = Q - \frac{U^2}{2R} k_{bù}$$

Từ công thức (12-8) rút ra thành phần $\frac{U^2}{2R}$ và thay vào công thức trên, chúng ta có :

$$Q_{bù.t.ưu} = Q\left(1 - \frac{k_{bù}}{k_{kt}}\right). \qquad (12\text{-}10)$$

$Q_{bù.t.ưu}$ không nhất thiết trùng với $Q_{bù}$ được tính theo công thức (12-9). Đứng về nội bộ hộ tiêu thụ mà nói thì nên bù một lượng bằng $Q_{bù.t.ưu}$ là kinh tế hơn cả. Song do lợi ích chung của toàn hệ thống điện, thường Nhà nước quy định hệ số công suất tiêu chuẩn mà các hộ tiêu thụ nhất thiết phải đạt được, mặc dù đối với từng hộ dùng điện cụ thể $\cos\varphi$ tiêu chuẩn đó chưa phải là tốt nhất. Vì vậy, trong thực tế thường người ta tính dung lượng bù theo công thức (12-9).

Bảng 12-2

Suất tổn thất công suất tác dụng của các loại thiết bị bù

Loại thiết bị bù	$k_{bù}$, KW/KVAR
Tụ điện	0,003 – 0,005
Máy bù đồng bộ S = 5000 – 30.000 KVA	0,002 – 0,027
Máy bù đồng bộ S < 5000 KVA	0,03 – 0,05
Động cơ dây quấn được đồng bộ hóa	0,02 – 0,08
Máy phát đồng bộ dùng làm máy bù	0,1 – 0,15
Máy phát đồng bộ dùng làm máy bù, không tháo động cơ sơ cấp	0,15 – 0,3

3. Chọn thiết bị bù.

Thiết bị bù phải được chọn trên cơ sở tính toán so sánh về kinh tế kỹ thuật. Bảng 12-2 trình bày các loại thiết bị bù và suất tổn thất công suất tác dụng của chúng.

1. Tụ điện là loại thiết bị điện tĩnh, làm việc với dòng điện vượt trước điện áp, do đó nó có thể sinh ra công suất phản kháng Q cung cấp cho mạng. Tụ điện có nhiều ưu điểm như suất tổn thất công suất tác dụng bé, không có phần quay nên lắp ráp bảo quản dễ dàng. Tụ điện được chế tạo thành từng đơn vị nhỏ, vì thế có thể tùy theo sự phát triển của phụ tải trong quá trình sản xuất mà chúng ta ghép dần tụ điện vào mạng, khiến hiệu suất sử dụng cao và không phải bỏ nhiều vốn đầu tư ngay một lúc.

Nhược điểm của tụ điện là nhạy cảm với sự biến động của điện áp đặt lên cực tụ điện (Q do tụ điện sinh ra tỷ lệ với bình phương của điện áp). Tụ điện cấu tạo kém chắc chắn, dễ bị phá hỏng khi xảy ra ngắn mạch, khi điện áp tăng đến 110% $U_{đm}$ thì tụ điện dễ bị chọc thủng, do đó không được phép vận hành. Khi đóng tụ điện vào mạng trong mạng sẽ có dòng điện xung, còn khi cắt tụ điện ra khỏi mạng, trên cực của tụ điện vẫn còn điện áp dư có thể gây nguy hiểm cho nhân viên vận hành.

Tụ điện được dùng rất rộng rãi nhất là ở các xí nghiệp trung bình và nhỏ, đòi hỏi dung lượng bù không lớn lắm. Thông thường nếu dung lượng bù nhỏ hơn 5000 KVAR thì người ta dùng tụ điện, còn nếu lớn hơn thì cần phải so sánh giữa tụ điện và máy bù đồng bộ. Tụ điện được sản xuất để dùng ở cấp điện áp 6 ÷ 15 KV và 0,4 KV.

2. Máy bù đồng bộ. là một động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ không tải. Do không có phụ tải trên trục nên máy bù đồng bộ được chế tạo gọn nhẹ và rẻ hơn so với động cơ đồng bộ cùng công suất. Ở chế độ quá kích thích máy bù sản xuất ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng, còn ở chế độ thiếu kích thích máy bù tiêu thụ công suất phản kháng của mạng. Vì vậy ngoài công dụng bù công suất phản kháng máy bù còn là thiết bị rất tốt để điều chỉnh điện áp, nó thường được đặt ở những điểm cần điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện.

Nhược điểm của máy bù là có phần quay nên lắp ráp, bảo quản và vận hành khó khăn. Để cho kinh tế, máy bù thường được chế tạo với công suất lớn, do đó máy bù đồng bộ thường được dùng ở những nơi cần bù tập trung với dung lượng lớn.

3. Động cơ không đồng bộ rôto dây quấn được đồng bộ hóa. Khi cho dòng một chiều vào rôto của động cơ không đồng bộ dây quấn, động cơ sẽ làm việc như một động cơ đồng bộ với dòng điện vượt trước điện áp. Do đó nó có khả năng sinh ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng. Nhược điểm của loại động cơ này là tổn thất công suất khá lớn (xem bảng 12-2) khả năng quá tải kém, vì vậy thường động cơ chỉ được phép làm việc với 75% công suất định mức. Với những lý do trên, động cơ không đồng bộ rôto dây quấn được đồng bộ hóa được coi là loại thiết bị bù kém nhất, nó chỉ được dùng khi không có sẵn các thiết bị bù khác.

Ngoài các thiết bị bù kể trên, còn có thể dùng động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ quá kích từ hoặc dùng máy phát điện làm việc ở chế độ bù để làm máy bù. Ở các xí nghiệp có nhiều tổ máy diezen - máy phát làm nguồn dự phòng, khi chưa dùng đến có thể lấy làm máy bù đồng bộ. Theo kinh nghiệm thực tế, việc chuyển máy phát thành máy bù đồng bộ không phiền phức lắm, vì vậy biện pháp này cũng được nhiều xí nghiệp ưa dùng.

12.6. Phân phối dung lượng bù trong mạng điện

1. Vị trí đặt thiết bị bù.

Sau khi tính dung lượng bù và chọn loại thiết bị bù thì vấn đề quan trọng là bố trí thiết bị bù vào trong mạng sao cho đạt hiệu quả kinh tế nhất. Thiết bị bù có thể được đặt ở phía điện áp cao (lớn hơn 1000V) hoặc ở phía điện áp thấp (nhỏ hơn 1000V), nguyên tắc bố trí thiết bị bù là làm sao đạt được chi phí tính toán nhỏ nhất.

Máy bù đồng bộ, vì có công suất lớn nên thường được đặt tập trung ở những điểm quan trọng của hệ thống điện. Ở xí nghiệp lớn, máy bù nếu có thường được đặt ở phía điện áp cao của trạm biến áp trung gian.

Tụ điện có thể được đặt ở mạng điện áp cao hoặc ở mạng điện áp thấp.

a) Tụ điện điện áp cao (6-15KV) được đặt tập trung ở thanh cái của trạm biến áp trung gian, hoặc trạm phân phối. Nhờ đặt tập trung nên việc theo dõi vận hành các tụ điện dễ dàng và có khả năng thực hiện việc tự động hóa điều chỉnh dung lượng bù. Bù tập trung ở mạng điện áp cao còn có ưu điểm nữa là tận dụng được hết khả năng của tụ điện, nói chung các tụ điện vận hành liên tục nên chúng phát ra công suất bù tối đa. Nhược điểm của phương án này là không bù lược công suất phản kháng ở mạng điện áp thấp, do đó không có tác dụng giảm tổn thất điện áp và công suất ở mạng điện áp thấp.

b) Tụ điện điện áp thấp (0,4 KV) được đặt theo ba cách : đặt tập trung ở thanh cái phía điện áp thấp của trạm biến áp phân xưởng, đặt thành nhóm ở tủ phân phối động lực, và đặt phân tán ở từng thiết bị dùng điện.

Đứng về mặt giảm tổn thất điện năng mà xét thì việc đặt phân tán các tụ bù ở từng thiết bị điện có lợi hơn cả. Song với cách đặt này khi thiết bị điện nghỉ thì tụ điện cũng nghỉ theo, do đó hiệu suất sử dụng không cao. Phương án này chỉ được dùng để bù cho những động cơ không đồng bộ có công suất lớn.

Phương án đặt tụ điện thành nhóm ở tủ phân phối động lực hoặc đường dây chính trong phân xưởng được dùng nhiều hơn vì hiệu suất sử dụng cao, giảm được tổn thất cả trong mạng điện áp cao lẫn mạng điện áp thấp. Vì các tụ được đặt thành từng nhóm nhỏ (khoảng 30 - 100 KVAR) nên chúng không chiếm diện tích lớn, có thể đặt chúng trong những tủ như tủ phân phối động lực, hoặc trên xà nhà các phân xưởng. Nhược điểm của phương pháp này là các nhóm tụ điện nằm phân tán khiến việc theo dõi chúng trong khi vận hành không thuận tiện và khó thực hiện việc tự động điều chỉnh dung lượng bù.

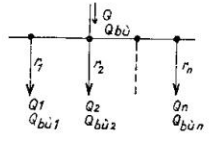
Phương án đặt tụ điện tập trung ở thanh cái điện áp thấp của trạm biến áp phân xưởng được dùng trong trường hợp dung lượng bù khá lớn hoặc khi có yêu cầu tự động điều chỉnh dung lượng bù để ổn định điện áp của mạng. Nhược điểm của phương án này là không giảm được tổn thất trong mạng phân xưởng.

Trong thực tế tùy tình hình cụ thể mà chúng ta phối hợp cả ba phương án đặt tụ điện kể trên.

2. Phân phối dung lượng bù trong mạng hình tia.

Bài toán đặt ra là trong một mạng hình tia có n nhánh, tổng dung lượng bù là $Q_{bù}$, hãy phân phối dung lượng bù trên các nhánh sao cho tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra là nhỏ nhất để hiệu quả bù đạt được lớn nhất.

Giả sử dung lượng bù được phân phối trên các nhánh là $Q_{bù\ 1}$, $Q_{bù\ 2}$... $Q_{bù\ n}$. Phụ tải phản kháng và điện trở của các nhánh lần lượt là Q_1, Q_2... Q_n và r_1, r_2... r_n (hình 12-1).



Hình 12-1. Phân phối dung lượng bù trong mạng hình tia.

Tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra được tính theo biểu thức sau :

$$\Delta P = \frac{(Q_1 - Q_{bù\ 1})^2}{U^2} r_1 + \frac{(Q_2 - Q_{bù\ 2})^2}{U^2} r_2 + \ldots$$

$$+\frac{(Q_n - Q_{bù\ n})^2}{U^2} r_n$$

$$= f(Q_{bù\ 1}, Q_{bù\ 2}, \ldots, Q_{bù\ n})$$

Với điều kiện ràng buộc về cân bằng công suất bù là

$$\varphi(Q_{bù\ 1}, Q_{bù\ 2} \ldots Q_{bù\ n}) = Q_{bù\ 1} + Q_{bù\ 2} + \ldots + Q_{bù\ n} - Q_{bù} = 0$$

Để tìm cực tiểu của hàm nhiều biến

$\Delta P = f(Q_{bù\ 1}, Q_{bù\ 2} \ldots Q_{bù\ n})$ chúng ta có thể dùng phương pháp nhân tử Lagrangiơ.

Chọn nhân tử λ bằng

$$\lambda = \frac{2L}{U^2}$$

trong đó L - là hằng số sẽ được xác định sau.

Theo phương pháp nhân tử Lagrangiơ, điều kiện để ΔP có cực tiểu là các đạo hàm riêng của hàm

$$F = f(Q_{bù\ 1}, Q_{bù\ 2}..., Q_{bù\ n}) + \lambda\, \varphi\,(Q_{bù\ 1}, Q_{bù\ 2}..., Q_{bù\ n})$$

đều triệt tiêu. Do đó, ta có hệ phương trình sau :

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial F}{Q_{bù1}} = -\frac{2(Q_1 - Q_{bù1})}{U^2} r_1 + \frac{2L}{U^2} = 0 \\
&\frac{\partial F}{Q_{bù2}} = -\frac{2(Q_2 - Q_{bù2})}{U^2} r_2 + \frac{2L}{U^2} = 0 \\
&\text{----------} \\
&\frac{\partial F}{Q_{bùn}} = -\frac{2(Q_n - Q_{bù\ n})}{U^2} r_n + \frac{2L}{U^2} = 0
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Giải hệ phương trình (1) chúng ta có

$$L = [(Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n) - (Q_{bù\ 1} + Q_{bù\ 2} + \ldots + Q_{bù\ n})] \times \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots + \frac{1}{r_n}\right)^{-1}$$

Đặt $\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q$ - Tổng phụ tải phản kháng của mạng;

$\sum_{i=1}^{n} Q_{bùi} = Q_{bù}$ - Tổng dung lượng bù của mạng;

$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots + \frac{1}{r_n}\right)^{-1} = R_{td}$ - Điện trở tương đương của những nhánh có đặt thiết bị bù của mạng.

Vậy có thể viết

$$L = (Q - Q_{bù}) R_{td}.$$

Thay L vào hệ phương trình (1), chúng ta tìm được dung lượng bù tối ưu của các nhánh :

$$\begin{aligned} Q_{bù1} &= Q_1 - \frac{(Q - Q_{bù})}{r_1} R_{td} \\ Q_{bù2} &= Q_2 - \frac{(Q - Q_{bù})}{r_2} R_{td} \\ &\text{- - - - - - - - - - - - - -} \\ Q_{bùn} &= Q_n - \frac{(Q - Q_{bù})}{r_n} R_{td} \end{aligned} \qquad (12\text{-}11)$$

Để thuận tiện trong vận hành và giảm bớt các thiết bị đóng cắt, đo lường cho các nhóm tụ, người ta quy định rằng nếu dung lượng bù tối ưu của một nhánh nào đó nhỏ hơn 30KVAR thì không nên đặt tụ điện ở nhánh đó nữa mà nên phân phối dung lượng bù đó sang các nhánh lân cận.

Ví dụ 1 : Một mạng hình tia có 4 nhánh, điện áp 6 KV. Điện trở và phụ tải phản kháng của từng nhánh như sau :

$r_1 = 0,1\Omega$, $Q_1 = 400$ KVAR

$r_2 = 0,05\Omega$, $Q_2 = 400$ KVAR

$r_3 = 0,06\ \Omega$, $Q_3 = 500$ KVAR

$r_4 = 0,2\ \Omega$, $Q_4 = 200$ KVAR

Dung lượng bù của mạng $Q_{bù} = 1200$ kVAR. Hãy tính dung lượng bù của từng nhánh.

Giải : Tổng phụ tải phản kháng của mạng :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 400 + 600 + 500 + 200 = 1700 \text{ KVAR}$$

Điện trở tương đương của mạng :

$$R_{td} = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,2}\right)^{-1} = 0,0194\ \Omega$$

Dung lượng bù tối ưu của từng nhánh :

$$Q_{bù\,1} = 400 - (1700 - 1200)\frac{0,0194}{0,1} = 303 \text{ KVAR}$$

$$Q_{bù\,2} = 600 - (1700 - 1200)\frac{0,0194}{0,05} = 406 \text{ KVAR}$$

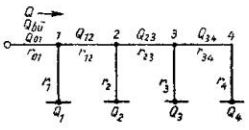
$$Q_{bù\,3} = 500 - (1700 - 1200)\frac{0,0194}{0,06} = 338 \text{ KVAR}$$

$$Q_{bù\,4} = 200 - (1700 - 1200)\frac{0,0194}{0,2} = 153 \text{ kVAR}$$

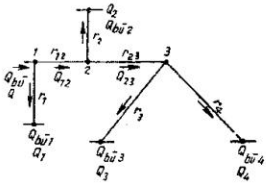
3. Phân phối dung lượng bù trong mạng phân nhánh.

Một mạng phân nhánh như ở hình 12-2 có thể coi là do nhiều mạng hình tia ghép

lại. Ví dụ tại điểm 3 chúng ta có thể coi như có hai nhánh hình tia r_3 và r_4; tại điểm 2 ta coi như có hai nhánh hình tia, một nhánh r_2 và một nhánh nữa có điện trở tương đương của phần phía sau.



Hình 12-2. Phân phối dung lượng bù trọng mạng phân nhánh.



Hình 12.3. Hình vẽ cho ví dụ 12-2.

Nếu quan niệm như vậy chúng ta có thể áp dụng công thức (12-11) để tính cho trường hợp mạng phân nhánh.

Dung lượng bù của nhánh thứ n được tính theo công thức sau :

$$Q_{bùn} = Q_n - \frac{(Q_{(n-1)n} - Q_{bù\ đặt\ n})\ R_{tđn}}{r_n} \qquad (12\text{-}12)$$

trong đó Q_n – phụ tải phản kháng của nhánh thứ n; $Q_{(n-1)\,n}$ – phụ tải phản kháng chạy trên đoạn từ điểm (n – 1), tới điểm n; $Q_{bùđặtn}$ – dung lượng bù đặt tại điểm n; $R_{tđn}$ – điện trở tương đương của mạng kể từ điểm n trở về sau.

Ví dụ 2 : Cho một mạng phân xưởng như trên hình 12-3. Tổng dung lượng bù $Q_{bù}$ = 300 KVAR. Hãy tính dung lượng bù tối ưu cho từng nhánh, nếu điện trở và phụ tải phản kháng của từng nhánh như sau :

r_{12} = 0,005 Ω, Q_{12} = 350 kVAR

r_{23} = 0,004 Ω, Q_{23} = 250 KVAR

r_1 = 0,010 Ω, Q_1 = 150 KVAR

r_2 = 0,008 Ω, Q_2 = 100 KVAR

r_3 = 0,012 Ω, Q_3 = 200 KVAR

r_4 = 0,025 Ω, Q_4 = 50 KVAR

Giải :

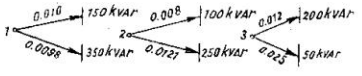
Điện trở tương đương ở các điểm 3, 2 và 1 :

$$R_{td\text{-}3} = \frac{0{,}012 \cdot 0{,}025}{0{,}012 + 0{,}025} = 0{,}008\ \Omega$$

$$R_{td\text{-}2} = \frac{0{,}008\ (0{,}004 + 0{,}0081)}{0{,}008 + 0{,}004 + 0{,}0081} = 0{,}0048\ \Omega$$

$$R_{td-1} = \frac{0,010(0,005 + 0,0048)}{0,010 + 0,005 + 0,0048} = 0,00495\Omega$$

Có thể tách mạng ở hình 12-3 thành ba mạng hình tia như ở hình 12-4.



Hình 12-4. Các mạng hình tương đương tách từ hình 12-3.

Dùng công thức (12-12) chúng ta tìm được dung lượng bù tối ưu cho từng nhánh như sau :

$$Q_{bù1} = 150 - \frac{(500 - 300)\ 0,00495}{0,01} = 51KVAR$$

$$Q_{bù2} = 100 - \frac{(350 - 249)\ 0,0048}{0,008} = 40KVAR$$

$$Q_{bù3} = 200 - \frac{(250 - 209)\ 0,0081}{0,012} = 172KVAR$$

$$Q_{bù4} = 50 - \frac{(250 - 209)\ 0,0081}{0,025} = 36KVAR$$

4. Phân phối dung lượng bù phía sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp phân xưởng.

Vấn đề được đặt ra là khi đã biết dung lượng bù của một nhánh nào đó, cần xác định xem nên phân phối dung lượng bù đó về phía sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp phân xưởng như thế nào để đạt được hiệu quả lớn nhất. Chúng ta đều biết rằng giá thành 1 KVAR tụ điện điện áp cao (6-10KV) rẻ hơn giá thành 1 KVAR tụ điện điện áp thấp (220 V hoặc 380 V), song việc đặt tụ điện phía điện áp thấp lại giảm được tổn thất công suất nhiều hơn so với việc đặt tụ điện phía điện áp cao. Vì vậy chúng ta cần phải giải bài toán tìm dung lượng bù tối ưu phía điện áp thấp.

Gọi $Q_{bù\ thấp}$ là dung lượng bù phía điện áp thấp. Chênh lệch vốn đầu tư khi đặt $Q_{bù\ thấp}$ ở phía điện áp thấp so với khi đặt một dung lượng bù như vậy ở phía điện áp cao là :

$$\Delta V = (a_{thấp} - a_{cao})\ Q_{bù,\ thấp};$$

trong đó $a_{thấp}$, a_{cao} - giá thành 1 KVAR tụ điện áp thấp và cao, đồng/KVAR.

Số tiền tiết kiệm được mỗi năm do đặt tụ điện ở phía điện áp thấp là

$$v = \frac{[Q^2 - (Q - Q_{bù,\ thấp})^2]\ (R_B + R_{tđ})k\beta t}{U^2 \cdot 10^3}, \quad \frac{đồng}{năm},$$

trong đó Q - phụ tải phản kháng của máy biến áp phân xưởng (bao gồm cả ΔQ trong máy biến áp), KVAR; $Q_{bù\ thấp}$ - dung lượng bù phía điện áp thấp, KVAR; R_B - điện trở của máy biến áp được quy đổi về phía điện áp thấp, Ω; $R_{tđ}$ - điện trở tương đương của mạng điện áp thấp, Ω; k - hệ số xét đến số ca làm việc trong ngày (1 ca, k = 0,3; 2 ca, k = 0,55;

3 ca, k = 0,75) ; β - giá 1 KWh điện năng, đồng/KW'ı; t = 8760 h - số giờ làm việc trong năm; U - điện áp định mức của mạng điện thấp, KV.

Gọi n là thời gian thu hồi vốn đầu tư, tính bằng năm. Sau thời gian đó số tiền tiết kiệm được là nv. Số tiền này không những bù đắp được chênh lệch vốn đầu tư V mà còn lớn hơn một lượng bằng F; F chính là hiệu quả kinh tế của việc phân phối dung lượng $Q_{bù\ thấp}$ sang phía điện áp thấp của máy biến áp phân xưởng.

Ta có :

$$F = nv - \Delta V = \frac{[Q^2 - (Q - Q_{bù.\ thấp})^2]\,(R_B + R_{td})k\beta tn}{U^2 . 10^3} - (a_{thấp} - a_{cao})\,Q_{bù\ thấp} = f(Q_{bù\ thấp})$$

Hiệu quả kinh tế của phương án là một hàm đối với $Q_{bù.\ thấp}$. Bằng cách lấy đạo hàm chúng ta có thể dễ dàng tìm được $Q_{bù.\ thấp}$ tối ưu để hàm F đạt cực đại. Giá trị $Q_{bù.\ thấp,\ t.\ ưu}$ được xác định theo biểu thức sau :

$$Q_{bù.\ thấp,\ t.\ ưu} = Q - \frac{(a_{thấp} - a_{cao})\,U^2\,10^3}{2nk\beta t\,(R_B + R_{td})}, \text{ KVAR,} \qquad (12\text{-}13)$$

Đặt $$\frac{M = (a_{thấp} - a_{cao})\,U^2 . 10^3}{2n\,k\beta t}$$

công thức (12-13) có thể viết thành.

$$Q_{bù,\ thấp,\ t.ưu} = Q - \frac{M}{R_B + R_{td}}$$

Thông thường vì chưa biết rõ sẽ đặt trụ điện ở những nhánh nào của mạng điện áp thấp cho nên người thiết kế không có số liệu để tính R_{td}.

Một cách gần đúng, chúng ta có thể tính R_{td} qua điện trở của máy biến áp R_B bằng biểu thức sau :

$$R_{td} = \lambda\, R_B,$$

trong đó λ - hệ số có các giá trị sau

đối với trạm trong hoặc kề phân xưởng :

- Mạng là dây dẫn hoặc cáp λ = 0,4
- Mạng là thanh cái λ = 0,6

đối với trạm ngoài phân xưởng λ = 0,8

Vậy dung lượng bù tối ưu phía điện áp thấp của máy biến áp phân xưởng được tính theo biểu thức sau :

$$Q_{bù,\ thấp,\ t.\ ưu} = Q - \frac{M}{R_B\,(1 + \lambda)}\ , \text{ KVAR.}$$

Do đó

$$Q_{bù\ cao} = Q_{bù} - Q_{bù.\ thấp,\ t.\ ưu}$$

Điện trở của máy biến áp quy về điện áp thấp có thể lấy theo bảng sau :

Bảng 12-3

Điện trở của máy biến áp được quy về phía U = 380 V

S_B,KVA	100	180	320	560	750	1000	1800
R_B, Ω	0,034	0,018	0,0088	0,0034	0,0031	0,0021	0,00106

12.7. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

1. Chọn tụ điện

Tụ điện chủ yếu được chọn theo điện áp định mức. Số lượng tụ điện tùy thuộc vào dung lượng bù. Dung lượng do tụ điện sinh ra được tính theo biểu thức :

$$Q_{td} = 2\pi fU^2C = 0,314U^2C, \text{ KVAR}, \qquad (12\text{-}15)$$

trong đó U - điện áp đặt lên cực của tụ điện, KV.

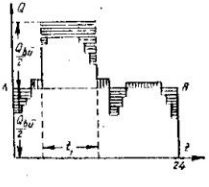
C - điện dung của tụ điện, μF.

Vì công suất phản kháng do tụ điện sinh ra tỷ lệ với bình phương của điện áp đặt lên cực của nó, nên chúng ta cần cho tụ điện làm việc đúng điện áp định mức để tận dụng hiệu suất của nó.

Tụ điện điện áp thấp thường được chế tạo thành tụ ba pha, ba phần tử của nó được nối thành hình tam giác. Tụ điện điện áp cao thường được chế tạo thành tụ một pha, chúng được ghép lại theo hình tam giác, có cầu chì bảo vệ riêng cho từng pha (Hình 12-9 và 12-10).

2. Điều chỉnh dung lượng bù.

Theo mục 12-6 ứng với mỗi trị số phụ tải Q có một dung lượng bù tối ưu. Vì vậy cần phải điều chỉnh dung lượng bù của tụ điện cho phù hợp với phụ tải phản kháng để đạt được hiệu quả kinh tế cao nhất. Song vì phụ tải luôn luôn biến đổi và các tụ điện đã được chế tạo sẵn thành các phần tử có dung lượng nhất định nên việc điều chỉnh liên tục dung lượng bù là điều khó thực hiện được. Trong thực tế, người ta chia tụ điện thành nhiều nhóm nhỏ và tùy theo sự biến đổi của phụ tải mà cho nhiều hay ít nhóm làm việc.



Hình 12-5. Ví dụ về điều chỉnh dung lượng bù.

Ví dụ có đồ thị phụ tải phản kháng hàng ngày như ở hình 12-5. Đồ thị đó đại thể có thể chia làm hai phần : phần phụ tải lớn (trong quãng thời gian t1) và phần phụ tải bé (quãng thời gian còn lại). Vì vậy chúng ta chia tụ điện thành hai nhóm, mỗi nhóm có dung lượng

$\frac{Q_{bù}}{2}$. Ta cho một nhóm làm việc suốt 24 giờ, gọi là nhóm tụ bù nền. Nhóm còn lại chỉ làm việc trong quãng thời gian t_1 có phụ tải lớn mà thôi.

Việc điều chỉnh dung lượng bù nhảy cấp như vậy có khuyết điểm là sẽ có những vùng bù thừa (phần gạch ngang trên hình vẽ) và những vùng bù thiếu (phần gạch dọc trên hình vẽ). Muốn giảm phần bù thừa, bù thiếu ta phải phân tụ điện ra thành nhiều nhóm nhỏ, song như vậy sẽ tốn nhiều thiết bị đóng cắt, đo lường, bảo vệ và việc điều chỉnh

dung lượng bù phức tạp lên. Vì vậy việc phân nhóm tụ điện phải căn cứ vào tình hình cụ thể của phụ tải và dựa trên cơ sở các tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật.

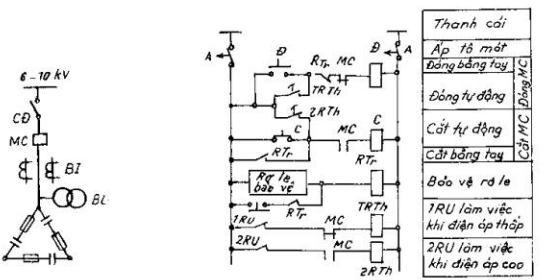
Người ta quy định rằng : nếu dùng máy cắt dầu để đóng cắt và bảo vệ một nhóm tụ điện thì dung lượng của nhóm không nên nhỏ hơn 400 KVAR. Ở mạng điện áp cao nếu dung lượng bù của một nhánh nhỏ hơn 100 KVAR, ở mạng điện áp thấp nếu dung lượng bù của một nhánh nhỏ hơn 30 KVAR thì không nên đặt tụ điện ở nhánh đó, mà nên chuyển sang các nhánh lân cận.

Việc điều chỉnh dung lượng bù của tụ điện có thể được thực hiện bằng tay hoặc tự động.

Việc điều chỉnh tự động dung lượng bù của tụ điện thường chỉ được đặt ra trong trường hợp bù tập trung với dung lượng lớn. Có bốn cách tự động điều chỉnh dung lượng bù : điều chỉnh dung lượng bù theo nguyên tắc điện áp, theo thời gian, theo dòng điện phụ tải và theo hướng đi của công suất phản kháng. Điều chỉnh dung lượng bù theo điện áp và thời gian hay được dùng hơn cả.

a) Điều chỉnh dung lượng bù của tụ điện theo điện áp. Căn cứ vào điện áp trên thanh cái của trạm biến áp để tiến hành điều chỉnh tự động dung lượng bù. Nếu điện áp của mạng sụt xuống dưới định mức, có nghĩa là mạng thiếu công suất phản kháng, thì cần phải đóng thêm tụ điện vào làm việc. Ngược lại khi điện áp quá giá trị định mức thì cần cắt bớt tụ điện, vì lúc này mạng thừa công suất phản kháng. Phương pháp điều chỉnh tự động dung lượng bù theo điện áp vừa giải quyết được yêu cầu bù công suất phản kháng, nâng cao hệ số công suất cosφ vừa có tác dụng ổn định điện áp nên được dùng phổ biến.

Hình 12-6 trình bày một ví dụ về sơ đồ điều chỉnh một cấp dung lượng bù theo nguyên tắc điện áp.



Hình 12-6. Sơ đồ điều chỉnh tự động dung lượng bù theo điện áp.

Cơ cấu đo lường trong sơ đồ này là hai rơle điện áp. Rơle điện áp thấp 1 RU dùng để đóng tụ điện vào làm việc khi điện áp của mạng sụt xuống. Rơle điện áp cao 2 RU dùng để cắt tụ điện ra khi điện áp của mạng vượt quá giá trị định mức. Để tránh cho sơ đồ tác động khi có dao động điện áp (ví dụ khi mở máy động cơ có công suất lớn) trong sơ đồ có bố trí rơle thời gian Rth với tiếp điểm đóng chậm có thời gian trì hoãn 2 – 3 phút.

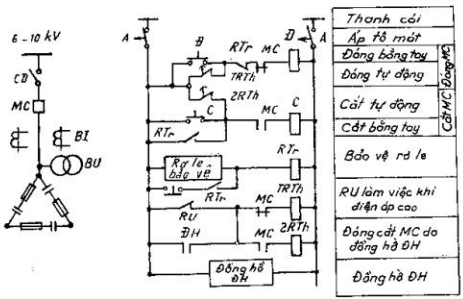
Sơ đồ làm việc như sau : Khi điện áp sụt xuống quá mức cho phép, rơle điện áp thấp 1 RU tác động cấp nguồn cho rơle thời gian 1 RTh. Sau thời gian đã chỉnh định, tiếp điểm của nó đóng lại cấp nguồn cho cuộn dây đóng Đ để đóng máy cắt MC đưa tụ điện vào làm việc. Khi điện áp cao quá định mức ($U \geq 110\% U_{dm}$) rơle điện áp cao 2 RU tác động cấp nguồn cho rơle thời gian 2RTh đóng tiếp điểm của nó lại, cấp nguồn cho cuộn dây cắt C để cắt máy cắt MC ra, tụ được cắt khỏi mạng. Nếu trong quá trình vận hành có sự cố, thiết bị rơle bảo vệ làm việc cấp nguồn cho rơle trung gian RTr. Rơ le RTr tác động đóng mạch cuộn cắt để cắt máy cắt ra.

b) Điều chỉnh tự động dung lượng bù theo nguyên tắc thời gian. Căn cứ vào sự biến đổi của phụ tải phản kháng trong một ngày đêm mà người ta đóng hoặc cắt bớt tụ điện. Phương pháp này được dùng khi đồ thị phụ tải phản kháng hàng ngày biến đổi theo một quy luật tương đối ổn định và người vận hành nắm vững đồ thị đó.

Hình 12-7 đưa ra một ví dụ về sơ đồ điều chỉnh tự động dung lượng bù theo nguyên tắc thời gian.

Cơ cấu để tác động đóng cắt tụ điện trong sơ đồ này là đồng hồ điện ĐH. Các tiếp điểm của đồng hồ xác định chương trình đóng và cắt tụ điện. Căn cứ vào sự biến thiên có tính chu kỳ của phụ tải người ta xác định thời điểm cần đóng và cắt tụ điện và điều chỉnh cơ cấu đồng hồ làm việc theo chương trình đã định.

Giả sử tụ chưa làm việc, MC đang cắt ra, nếu tiếp điểm của đồng hồ ĐH đóng lại thì rơle thời gian 1RTh có điện và tác động đi đóng máy cắt theo trình tự như ở sơ đồ trên hình 12-6. Nếu tụ đang làm việc đến thời gian cần cắt tiếp điểm, ĐH đóng lại và rơle thời gian 2 RTh có điện tác động đi cắt máy cắt tương tự như ở sơ đồ hình 12-6. Rơle điện áp cao RU dùng để bảo vệ tụ điện tránh bị quá điện áp.

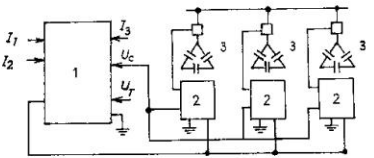


Hình 12-7. Sơ đồ điều chỉnh tự động dung lượng bù theo nguyên tắc thời gian.

Trong thời gian gần đây người ta chế tạo nhiều bộ điều chỉnh tự động dung lượng bù làm việc theo các nguyên tắc hỗn hợp. Một trong những thiết bị đó là bộ điều chỉnh "Arơ-kôn" do Nga chế tạo (hình 12-8).

Bọ "Arơkôn" có thể tiến hành điều chỉnh dung lượng bù theo nguyên tắc điện áp hoặc theo điện áp có hiệu chỉnh theo dòng điện và hệ số cos φ.

Thiết bị "Arơkôn" gồm có bộ tạo lệnh 1 và các cơ cấu điều khiển 2. Các tín hiệu dòng và áp được đưa đến bộ tạo lệch 1, ở đây chúng được so sánh với các giá trị cho trước, đồng thời tạo ra các lệnh đưa đến các cơ cấu điều khiển 2 để đóng cắt các nhóm tụ điện 3.



Hình 12-8. Bộ điều chỉnh tự động dung lượng bù "Arơkôn".

c) Điều chỉnh tự động dung lượng bù theo dòng điện phụ tải được dùng trong trường hợp phụ tải thường biến đổi đột ngột.

Khi dòng điện phụ tải tăng cần đóng thêm tụ điện vào làm việc, khi dòng điện phụ tải giảm cần cắt bớt tụ điện đi.

d) Điều chỉnh dung lượng bù theo hướng đi của công suất phản kháng thường được dùng khi trạm biến áp ở cuối đường dây và xa nguồn. Nếu công suất phản kháng chạy từ nguồn đến phụ tải, chứng tỏ phụ tải cần công suất phản kháng của nguồn, chúng ta cần đóng thêm tụ điện vào làm việc, nếu ngược lại cần cắt bớt tụ điện.

12.8. Vận hành tụ điện.

1. Sơ đồ nối dây và điện trở phóng điện.

Sơ đồ nối dây của tụ điện điện áp cao được trình bày trên hình 12-9. Vì tụ điện điện áp cao là loại một pha nên chúng được nối lại với nhau thành hình tam giác, mỗi pha có cầu chì bảo vệ riêng, khi cầu chì một pha nào đó bị đứt, tụ điện ở hai pha còn lại vẫn tiếp tục làm việc. Thiết bị đóng cắt cho nhóm tụ điện có thể là máy cắt (hình 12-9a) hoặc máy cắt phụ tải có kèm theo cầu chì (hình 12-9b). Để đo lường và bảo vệ người ta đặt các máy biến dòng BI và máy biến điện áp BU. Máy biến điện áp BU ngoài nhiệm vụ đo lường và bảo vệ nói trên còn được dùng làm điện trở phóng điện cho tụ điện khi nó được cắt ra khỏi mạng. Vì vậy BU phải được nối vào phía dưới các thiết bị đóng cắt và ở ngay đầu cực của nhóm tụ điện.

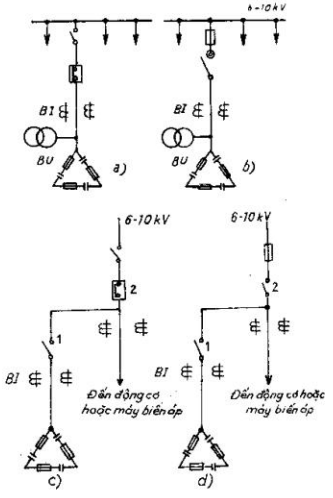
Trong trường hợp tụ điện bù riêng cho động cơ hoặc máy biến áp thì không phải dùng BU để làm điện trở phóng điện, mà có thể dùng ngay cuộn dây stato của động cơ hoặc cuộn sơ cấp của máy biến áp để làm điện trở phóng điện (hình 12-9c,d).

Hình 12-10 trình bày sơ đồ nối dây của tụ điện điện áp thấp.

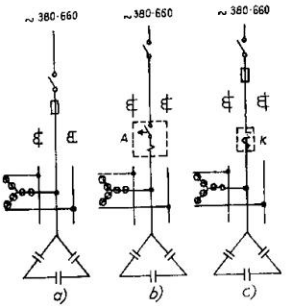
Thiết bị đóng cắt và bảo vệ có thể là cầu dao và cầu chì, áptômát hoặc công-tắc-tơ và cầu chì. Tụ điện điện áp thấp là loại tụ điện ba pha, các phần tử đã nối sẵn thành hình tam giác ở phía trong.

Người ta thường dùng bóng đèn dây tóc công suất khoảng 15 ~ 40W để làm điện trở phóng điện cho tụ điện. Dùng bóng đèn có ưu điểm ở chỗ khi điện áp dư của tụ điện phóng hết thì đèn tắt, do đó dễ theo dõi, nhưng cần chú ý kiểm tra tránh trường hợp đèn hỏng không chỉ thị được. Điện trở phóng điện của tụ điện phải thỏa mãn hai yêu cầu sau : giảm nhanh điện áp dư trên tụ điện để đảm bảo an toàn cho người vận hành, người

ta quy định sau 30 phút điện áp trên tụ điện phải giảm xuống dưới 65V; ở trạng thái làm việc bình thường tổn thất công suất tác dụng trên điện trở phóng điện so với dung lượng của tụ điện không vượt quá trị số 1W/KVAR.



Hình 12-9. Sơ đồ nối dây của tụ điện điện áp cao.



Hình 12.10. Sơ đồ nối dây của tụ điện điện áp thấp.

Điện trở phóng điện được tính theo công thức sau :

$$R_{pt} = 15 \cdot 10^6 \frac{U_{pha}^2}{Q}, \ \Omega; \qquad (12\text{-}16)$$

trong đó Q – dung lượng của tụ điện, KVAR;

U_{pha} – điện áp pha của mạng, KV.

Để có thể sẵn sàng làm việc ngay sau khi tụ điện được cắt ra khỏi mạng, điện trở phóng điện phải được nối phía dưới các thiết bị đóng cắt và ở ngay đầu cực của nhóm tụ điện. Các bóng đèn làm điện trở phóng điện có thể được nối theo hình sao hoặc tam giác. Cách nối tam giác có ưu điểm hơn vì khi một pha của điện trở phóng điện bị đứt thì ba pha của tụ điện vẫn có thể phóng điện qua hai pha còn lại của điện trở.

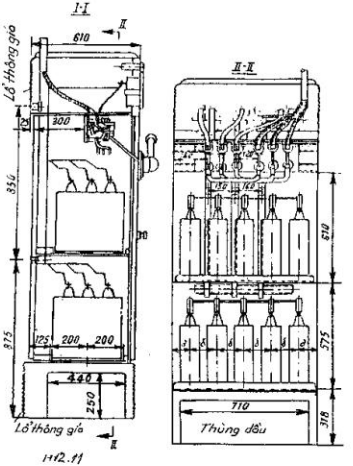
Dòng điện định mức của dây cháy bảo vệ cho tụ điện không vượt quá 110% dòng điện định mức của nhóm tụ điện. Thiết bị bảo vệ quá dòng điện không được chỉnh định quá 120% dòng điện định mức của nhóm tụ điện.

2. Vận hành tụ điện.

Tụ điện phải được đặt ở nơi cao ráo, ít bụi bặm, không dễ nổ, dễ cháy và không có khí ăn mòn.

Tụ điện điện áp cao phải được đặt trong phòng riêng, có biện pháp chống cháy và nổ. Phòng phải có cửa ra vào thuận tiện để phòng khi xảy ra sự cố tụ điện nổ, công nhân vận hành có đường sơ tán nhanh khỏi nơi nguy hiểm. Phòng dài trên 7m phải có từ hai cửa ra vào trở lên. Phòng đặt tụ điện phải được thông gió tốt, giữ cho nhiệt độ không khí trong phòng không vượt quá 35°C. Trong phòng không dùng chiếu sáng tự nhiên để tránh tụ điện bị nắng chiếu trực tiếp, mà dùng đèn để chiếu sáng. Tụ điện được đặt trên giá sắt, có thể đặt thành tầng, nhưng không quá ba tầng. Giữa các tụ điện trong một tầng phải có khoảng cách thích hợp để thông gió dễ dàng.

Tụ điện điện áp thấp khi đặt tập trung thường được bố trí trong các tủ thành một hoặc hai tầng (hình 12-11). Khi dùng phương án bù phân tán, tụ điện được đặt trong các tủ để bên cạnh tủ phân phối động lực, hoặc cũng có thể đặt ngay trên các xà nhà xưởng. Tụ điện điện áp thấp ít có khả năng gây nổ nên không cần đặt chúng vào phòng riêng mà có thể đặt ngay trong nhà xưởng, nhưng nơi đặt cũng cần khô ráo, ít bụi bặm và thoáng mát.



Hình 12-11. Tụ điện điện áp thấp đặt trong tủ.

Nguyên nhân chủ yếu làm tụ điện hỏng là do điện áp đặt lên tụ điện vượt quá giá trị định mức, khiến cường độ điện trường trong tụ điện vượt quá giới hạn cho phép (thường là 12-13 KV/mm). Khi đó trong tụ điện phát sinh hiện tượng ion hóa dầu cách điện dẫn đến sự cố ngắn mạch do cách điện bị chọc thủng. Khi tụ điện làm việc, do có tổn thất công suất tác dụng nên bản thân nó nóng lên. Nếu nhiệt độ của tụ điện vượt quá nhiệt độ cho phép, dầu sẽ bốc hơi làm phình tụ điện, làm hỏng giấy cách điện, gây ngắn mạch và có thể dẫn tới làm nổ tụ điện.

Vì vậy khi vận hành tụ điện phải đảm bảo hai điều kiện :

– Điều kiện nhiệt độ : phải giữ cho nhiệt độ không khí xung quanh tụ điện không vượt quá + 35°C.

– Điều kiện điện áp : phải giữ cho điện áp trên cực của tụ điện không vượt quá 110% điện áp định mức. Khi điện áp của mạng vượt quá giới hạn cho phép nói trên thì phải cắt tụ điện ra khỏi mạng.

Cần chú ý rằng để tránh ảnh hưởng của dao động điện áp, một số tụ điện được chế tạo với điện áp định mức cao hơn điện áp định mức của mạng là 5% (tụ điện 10,5 KV, tụ điện 6,3 KV v.v...). Vì điện áp của mạng không thường xuyên vượt quá mức nên trong thực tế dung lượng của tụ điện thường nhỏ hơn dung lượng định mức ghi trên biển máy là 10%.

Trong lúc vận hành nếu thấy tụ điện bị phình ra thì phải cắt ngay ra khỏi mạng, vì đó là hiện tượng của sự cố nguy hiểm, tụ điện có thể bị nổ.

Chương 13

KỸ THUẬT CHIẾU SÁNG

13.1. Ánh sáng và phép đo

13.1.1 Khái quát

1. Ánh sáng - Đó là những bức xạ điện từ có chiều dài sóng nằm giữa khoảng 400 và 760 nm hay mμ. (1nm = mμ = 10^{-9} m) mà mắt con người có thể cảm nhận trực tiếp; đó là ánh sáng nhìn thấy hoặc gọi đơn giản là ánh sáng.

Sau đây, xin thống kê một số sóng mà chúng ta thường đề cập đến :

quá 3000 m : – sóng dài (tần số dưới 100 KHz).

200 m - 3000 m : sóng trung (tần số 1,5 MHz - 100 kHz)

10 - 200 m : sóng ngắn (tần số 30 - 1,5 MHz)

1 mm - 10 m : sóng cực ngắn (đài FM, rada) (tần số 300.000 - 30 MHz)

0,8 μ - 1000 μ : Hồng ngoại

0,38 μ - 0,78 μ : Ánh sáng nhìn thấy.

0,38 μ - 0,01 m : Tử ngoại.

0,01 A^o - 100 A^o : Tia X

< 0,01 A^o : Tia γ.

2. Quang phổ hay phổ

Quang phổ là một tập hợp của các bức xạ có tần số khác nhau, được xếp theo chiều dài sóng của chúng. Quang phổ có thể *liên tục* hay *gián đoạn*. Do vậy, nó gồm tất cả chiều dài sóng trong một khoảng nhất định hay chỉ có những bức xạ nhất định trong quang phổ. *Quang phổ nhìn thấy được* là một phần của dải quang phổ này chỉ gồm những bức xạ cảm nhận được dưới dạng ánh sáng.

3. Màu sắc

Màu sắc là do sự nhạy cảm của mắt đối với nguồn sáng đã cho và nó phụ thuộc chủ yếu vào sự cấu thành phổ của ánh sáng được phát ra. Do vậy mắt người là một bộ thu quang phổ rất tinh vi và có nhạy cảm màu đi từ màu đỏ đến màu tím.

Bảng 13-1. Cho chúng ta những màu sắc chính của quang phổ nhìn thấy được

Bảng 13-1

Màu sắc	λ, tính [mμ]	Màu sắc	λ, tính [mμ]
Cực tím, tử ngoại	< 380	Vàng	570 - 592
Tím	380 - 440	Da cam	592 - 632
Chàm (indigo)	440 - 465	Đỏ	632 - 780
Xanh da trời	465 - 495	Hồng ngoại	> 780
Xanh lá cây	495 - 570		

4. Ánh sáng một màu, đơn sắc, tập hợp

Theo cách nhìn về phép đo, ánh sáng một màu tương ứng với một phổ mà nó chỉ nằm trong một phạm vi tương đối hẹp của chiều dài sóng sao cho trong khoảng hẹp đó nó không làm thay đổi sự cảm nhận về màu sắc. Hay nói một cách khác, bức xạ đơn sắc là bức xạ chỉ bao gồm trong một chiều dài sóng độc nhất tương ứng với một tần số duy nhất; còn ánh sáng tập hợp là bức xạ tập hợp bao gồm nhiều dải sóng, tương ứng với nhiều tần số.

5. Ánh sáng đồng sắc : cho chúng ta cùng sự cảm nhận giống nhau về màu sắc.

6. Ánh sáng khác màu : cho chúng ta sự cảm nhận khác nhau về màu sắc.

13.1.2. Nguồn sáng và các bức xạ của chúng :

1. Nguồn sáng : là một vật thể mà từ trên bề mặt của nó hay từ khối lượng của nó phát ra chùm phân kỳ ánh sáng.

2. Nguồn ánh sáng sơ cấp : biến đổi dạng năng lượng khác thành ánh sáng.

3. Nguồn ánh sáng thứ cấp : phát trở lại ánh sáng tới, sau khi ánh sáng này đã được giữ lại một phần do hấp thụ và đã bị thay đổi hướng truyền đi do phản xạ hay khúc xạ; bất kỳ sự biến đổi nào của sự phân chia năng lượng trong phổ ánh sáng phát trở lại của chúng đều có thể gán cho lý do vì có hiện tượng hấp thụ, phản xạ hay khúc xạ.

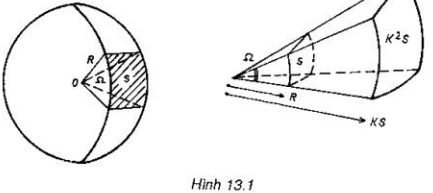
4. Nguồn sáng dạng điểm : Theo quan điểm phép đo, thì nguồn sáng dạng điểm là nguồn sáng được xem như tập trung tại một điểm. Điểm mà ở đó được xem như tập trung nguồn dạng diểm được gọi là trung tâm của nguồn.

Ngoài ra, người ta còn có những *nguồn dạng đường* hay *nguồn dạng trải rộng*.

5. Góc khối hay góc đặc Ω, đơn vị là Steradian, viết tắt Sr

Góc khối hay góc đặc là góc trong không gian, ký hiệu là Ω .

Giả thiết rằng một nguồn điểm đặt ở tâm O của một hình cầu rỗng bán kính R và S và là nguyên tố mặt của hình cầu này (hình 13-1).



Hình 13.1

Hình nón đỉnh O cắt S trên hình cầu biểu diễn góc khối hay góc đặc Ω, nguồn nhìn mặt S dưới góc này.

Định nghĩa : góc đặc Ω là tỉ số của S với bình phương của bán kính :

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

Giá trị cực đại của Ω, khi từ O chắn cả không gian, đó là toàn bộ mặt cầu, khi đó.

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\Pi R^2}{R^2} = 4\Pi \text{ Steradian}$$

Do vậy : Steradian là góc đặc hay góc khối mà dưới góc đó một người quan sát đứng ở tâm một quả cầu có bán kính 1 m nhìn thấy diện tích $1m^2$ trên mặt cầu này. Nếu bán kính là X mét thì mặt chắn là X^2m^2

6. Vật thể nóng sáng : Nguồn sáng sơ cấp mà bức xạ phát ra của nó có thể được hoàn toàn suy ra từ nhiệt độ của vật thể, người ta gọi là *vật thể nóng sáng.*

Vật thể nóng sáng thỏa mãn định luật Kirchhoff $e_\lambda = \alpha_\lambda E_\lambda$. Ở đây năng lượng phát e_λ là năng lượng bức xạ phát của đơn vị diện tích của vật thể đó trong đơn vị góc đặc và trong một khoảng đồng nhất của chiều dài sóng xung quanh chiều dài sóng λ, còn E_λ là năng lượng phát ra của *vật thể đen*

7. Vật thể đen, vật thể xám, bức xạ chọn lọc

Theo cách nhìn của việc phát xuất bức xạ của chúng, thì tất cả những vật thể nóng sáng sẽ được nằm một trong những phạm trù sau đây :

α) Vật thể đen hay bức xạ hoàn toàn

Là vật thể hấp thụ hoàn toàn tất cả những bức xạ đi đến bất kỳ chiều dài sóng và hướng của nó.

Vật thể đen là $\alpha_\lambda = 1$ và $e_\lambda = E_\lambda$

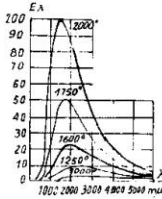
Ở nhiệt độ tuyệt đối T, vật thể đến có năng lượng phát ra :

$$E = 2c_1 \lambda^{-5} \frac{1}{e^{\frac{C_2}{\lambda t}} - 1},$$

Ở đây - $C_1 = 5{,}88\ 10^{-13}$ W/cm^2

C^2 = 1,432 cmgr với tốc độ ánh sáng trong chân không là 299.790 km/s và hằng số Planck: h = $6{,}624.10^{-27}$ erg/s và hằng số Boltzmann k = $1{,}37.10^{-16}$ erg/grd.

Hình 13-2. Trình bày sự phân bố phổ của năng lượng trong phổ vật thể đen.



Hình 13-2. Sự phân bố phổ của năng lượng trong phổ vật thể đen.

β. Vật thể xám hay bức xạ không được lựa chọn

Đối với bất kỳ bức xạ đơn sắc nào sự phát bức xạ của nó thì tỉ lệ với sự phát xuất của vật thể đen có cùng nhiệt độ.

Vật thể xám có $\alpha_\lambda < 1$ và độc lập với λ

Hình 13-3 - Giới thiệu sự phân bố quang phổ của năng lượng trong phổ của vật thể đen của Cacbon và Wolfram.

γ. Bức xạ lựa chọn.

Đối với các bức xạ đơn sắc khác nhau, thì sự phát bức xạ của nó hoàn toàn khác cả vừa sự phát xuất của vật thể đen, cả về sự phát xuất của vật thể xám khi chúng có cùng một nhiệt độ.

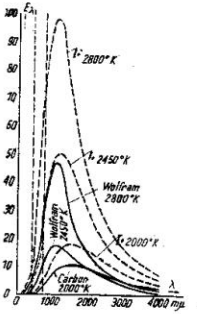
Có rất nhiều vật thể được bức xạ lựa chọn. Đối với tất cả các kim loại khó nóng chảy như Wolfram, thì α_λ giảm khi λ tăng. Kết quả là cực đại của đường cong phân bố phổ sẽ dịch chuyển về phía chiều dài sóng bé hơn (xem hình 13-2), và khi đó định luật Stefan - Bolzmann trở lên :

$$Pr = \varepsilon' (T^n - T_0^n)$$

Ở đây n có giá trị nằm giữa 4,5 và 6 đối với những kim loại khác nhau.

8. Nhiệt độ màu sắc của một số bức xạ lựa chọn là nhiệt độ của vật thể đen mà nó cho cùng độ nhạy cảm màu sắc như là vật thể được xem xét.

Nhiệt độ màu sắc của kim loại khó nóng chảy thì lớn hơn nhiệt độ thực tế của nó. Do vậy, hiệu quả chiếu sáng của bức xạ tổng của chúng thì lớn hơn hiệu quả của vật thể đen ở cùng nhiệt độ.



Hình 13-3. Sự phân bố phổ của năng lượng trong phổ của vật thể đen, của Cacbon và của Wolfram.

9. Sự phát quang

Các nguồn ánh sáng sơ cấp mà sự phát bức xạ của chúng không thể hoàn toàn suy ra từ nhiệt độ của vật thể phát xuất, gọi là *sự phát quang.*

Sự phát quang của khí được xác định trong kỹ thuật chiếu sáng đặc biệt thông qua dòng điện đi qua. Ở áp lực thấp và dòng điện bé (sự giải phóng phát quang) sẽ phát ra những đường phổ rất dễ dàng kích thích – những đường cộng hưởng của khí (λ = 253,7 mμ đối với thủy ngân Hg; λ = 589 mμ đối với Na; λ = 105mμ đối với Ar). Ở áp suất cao và dòng điện lớn (hồ quang điện) sẽ phát ra những đường cực tím từ 365mμ (đối với Hg). Những đường này được khuếch đại khi tăng áp suất và dòng điện, có thể đi vào một quang phổ thực tế liên tục trên một khoảng rộng (hình 13-4).

Sự phát quang của chất rắn gặp trong kỹ thuật ánh sáng đặc biệt như là sự quang phát quang (photoluminescence) được kích thích bởi các bức xạ thấy được hay cực tím.

13.1.3. Phép đo và đơn vị đo

1. Khái quát

Các đơn vị đo của các đại lượng đo quang là một phần của hệ thống chung, chúng đặt cơ sở trên những đơn vị cơ bản của hệ thống MKS và CGS. Theo tiêu chuẩn của nhiều nước thì nó là đơn vị đo thứ tư trong lĩnh vực đo quang, đó là *nến*, viết tắt là *cd* (từ chữ candela).

Vậy candela hay còn được gọi là nến là cường độ sáng theo một phương đã cho của nguồn phát một bức xạ đơn sắc có tần số 540.10^{12} HZ (λ = 555mm) và cường độ năng lượng theo phương này là 1/683W trên steradian.

Sau đây, để thấy rõ hơn về đại lượng này trong thực tế, chúng tôi xin nêu lên một số đại lượng cường độ sáng của các nguồn sáng thông dụng.

- Ngọn nến : 0,8 *cd* (theo mọi hướng)

- Đèn sợi đốt 40W/220V : 35 *cd* (theo mọi hướng)

- Đèn sợi đốt 300W/220V : 400 *cd* (theo mọi hướng)

Có bộ phản xạ 1500 *cd* (ở giữa chùm tia)

- Đèn iốt kim loại 2KW : 14800 cd (theo mọi hướng)

2. Quang thông - Φ, đơn vị lumen, viết tắt [lm]

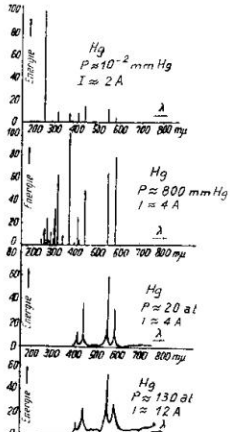
Đại lượng đo quang cơ bản là *quang thông*, nó liên quan đến thông lượng bức xạ thông qua đường cong tương đối có thể nhận được của mắt bình thường.

Đơn vị cường độ ánh sáng là nến hay candela do nguồn dạng điểm phát theo mọi hướng tương ứng với đơn vị quang thông, tính bằng lumen (viết tắt lm).

Lumen là quang thông do nguồn phát ra trong một góc đặc bằng một stéradian.

Quang thông có thể là đơn sắc (monochromatic) Φ_λ hay tập hợp Φ. Gọi $P_\lambda d_\lambda$ thông lượng bức xạ trong khoảng phổ d_λ, quang thông sẽ là :

$$\Phi = \int_\lambda d\Phi = K \int_0^\infty V_\lambda P_\lambda d_\lambda$$



Hình 13-4 Quang phổ của một sự phóng điện trong hơi thủy ngân ở áp suất và cường độ dòng điện khác nhau.

Ở đây V_λ là khả năng nhìn rõ tương đối của các bức xạ đơn sắc và K là hệ số tương đương phép đo quang của bức xạ; nó có giá trị gần đúng là k = 650 lm/W

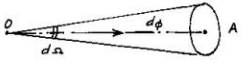
3. Cường độ ánh sáng I - , đơn vị candela [cd]

Cường độ ánh sáng I của một nguồn sáng dạng điểm theo một phương cho là tỉ lệ giữa quang thông dΦ phát từ trong một góc đặc cơ bản ở xung quanh hướng này và giá trị dΩ của góc đặc này :

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}. \qquad \text{(hình 13-5)}$$

Vậy rõ ràng, nếu dΦ tính bằng lumen, góc đặc tính bằng Stéradian (Sr) thì cường độ ánh sáng tính bằng *nến* hay *candela" (cd)*.

$$1\ cd = \frac{1lm}{1Sr}.$$



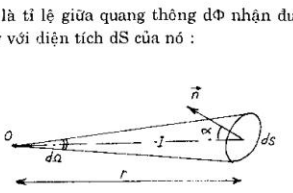
Hình 13-5

4. Độ rọi - E ; đơn vị lux, viết tắt lx

Độ rọi E của một diện tích ở tại một điểm, là tỉ lệ giữa quang thông dΦ nhận được bởi một vi phân diện tích ở xung quanh điểm này với diện tích dS của nó :

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \qquad \text{(hình 13-6)}$$

Do vậy 1 lux = $\frac{1lm}{m^2}$



Hình 13.6

Khi sự chiếu sáng trên bề mặt không đều, ta nên tính trung bình số học ở các điểm khác nhau để tính độ rọi trung bình. Sau đây, xin giới thiệu một số giá trị thông thường khi chiếu sáng tự nhiên hoặc nhân tạo :

- Ngoài trời, buổi trưa trời nắng : 100.000 lx
- Trời có mây : từ 2000 đến 10.000 lx
- Trăng tròn : 0,25 lx
- Phòng làm việc 400 ÷ 600 lx
- Nhà ở 159 ÷ 300 lx

Đường phố được chiếu sáng 20 – 50 lx

Giả thiết có một nguồn sáng O, diện tích được chiếu sáng ds có phương pháp tuyến $\vec{n}$. Thông lượng của nguồn O đi qua điện tích ds là : dΦ = IdΩ

Gọi α là góc hợp bởi pháp tuyến $\vec{n}$ của ds với phương r (hình 13-5). Góc đặc dΩ chắn trên một hình cầu bán kính r, một diện tích bằng ds cosα.

$$d\Omega = \frac{ds\cos\alpha}{r^2}$$

Từ đây ta suy ra :

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{Ids\cos\alpha}{r^2 dS} = \frac{I\cos\alpha}{r^2}$$

Vậy độ rọi của nguồn sáng tỉ lệ thuận với cường độ ánh sáng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ nguồn tới tâm diện tích được chiếu sáng, ngoài ra còn phụ thuộc vào hướng tới của nguồn.

Ở hệ MKS : tính bằng lux, ký hiệu [lx]. Đó là độ rọi trên một diện tích, nó nhận được quang thông là một lumen phân phối đồng đều trên một mét vuông.

Ở hệ CGS : đơn vị là *phốt*, viết ký hiệu [ph], và đơn vị nhỏ hơn là : miliphốt [mph]

và 1 lx = 10^{-4} ph;

1 mph = 10^{-3}ph

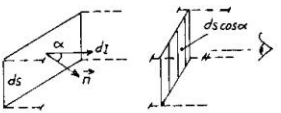
5. Độ chói L, đơn vị $[cd/m^2]$.

Các nguyên tố diện tích của các vật được chiếu sáng nói chung phản xạ ánh sáng nhận được một cách khác nhau và tác động như một nguồn sáng thứ cấp phát các cường độ sáng khác nhau theo mọi hướng. Do đó, để đặc trưng cho các quan hệ của nguồn, nguồn sơ cấp lẫn nguồn thứ cấp đối với mắt, người ta bổ sung cách xuất hiện ánh sáng.

Ví dụ sau đây sẽ minh họa điều này : một đèn sợi đốt 40W, thực tế phát ra cùng một quang thông, do vậy sẽ có cùng một cường độ theo mọi hướng dù bóng đèn là thủy tinh sáng trong hay thủy tinh đục mờ. Rõ ràng đối với mắt, cách xuất hiện của hai loại bóng đèn này rất khác nhau, đối với bóng đèn thủy tinh trong ta nhận thấy chói mắt hơn.

Người ta định nghĩa độ chói L của một diện tích của một nguồn sáng ở một điểm của nó, trong một phương cho trước (phương tạo nên góc α (hình 13-7)) là tỉ lệ giữa cường độ ánh sáng dI theo phương đã được nêu trên của một diện tích vi phân dS xung quanh điểm này, với diện tích $d\sigma = dS\cos\alpha$ của sự chiếu của bề mặt sơ cấp lên trên mặt phẳng thẳng góc theo hướng đã được chọn :

$$L = \frac{dI}{dS\cos\alpha} = \frac{dI}{d\sigma}$$



Hình 13.7

Trong kỹ thuật chiếu sáng, độ chói là cơ sở cho các khái niệm về tri giác và tiện nghi thị giác.

Ở hệ MKS : đơn vị là $\left[\frac{cd}{m^2}\right]$

Ở hệ CGS : đơn vị là Stilb, viết tắt sb

Những đơn vị thường dùng là : apostilb - [asb]; lambert - [La]; mililambert - [mLa]

Quan hệ như sau : $1\ cd/m^2 = 10^{-4}sb$

$1\ La = 1/\Pi\ sb$

$1\ asb = 1/\Pi\ cd/m^2$

$1\ mLa = 10^{-3}\ La$

6. Độ trưng (1). *R*

Độ trưng R của một bề mặt của một nguồn sáng có kích thước giới hạn tại một điểm của nó là tỉ lệ giữa quang thông $d\Phi$ phát từ một bề mặt sơ cấp xung quanh điểm này và diện tích dS của nó :

$$R = \frac{d\Phi}{dS}$$

Như vậy, độ trưng là quang thông bức xạ trên một đơn vị diện tích của nguồn.

7. Lượng ánh sáng dQ

Lượng ánh sáng dQ là lượng ánh sáng phát ra hay nhận được trong một khoảng thời gian dt, là tích giữa quang thông Φ phát ra hay nhận được với khoảng thời gian dt này.

$$dQ = \Phi dt$$

Do vậy lượng ánh sáng Q phát ra hay nhận được trong khoảng thời gian t là :

$$Q = \int_0^t \Phi\, dt$$

Đơn vị là lumen-giây (lm.s)

Bội số là lumen-giờ [lm.h]

1 lm.h = 3600 lm.s

(1) Theo sự thống nhất của Ủy ban quốc tế về chiếu sáng (CIE) vào 5-1955 gọi là độ trưng (emittance) thay vì trước đây được gọi là độ tỏa sáng hay độ bức xạ (radiance)

8. Lượng độ rọi d$\mathcal{L}$

Lượng độ rọi d$\mathcal{L}$ của một bề mặt, trong khoản thời gian dt, là tích giữa độ rọi E của bề mặt và khoảng thời gian dt này.

$$d\mathcal{L} = E.dt$$

Lượng đội rọi $\mathcal{L}$ của một bề mặt, trong khoảng thời gian t sẽ là:

$$\mathcal{L} = \int_0^t Edt$$

Ở hệ MKS : lux-giây [lx.s]

Ở hệ CGS : phot-giây [ph.s]

và 1 lx.s = 10^{-4} ph.s

9. Hệ số phản xạ ρ

Hệ số phản xạ ρ của một vật thể là tỉ lệ giữa quang thông Φr được phản xạ của vạt thể này với quang thông tới Φ.

$$\rho = \frac{\Phi r}{\Phi}$$

10. Hệ số hấp thụ α

Hệ số hấp thụ α của một vật thể là tỉ lệ giữa quang thông Φa được hấp thụ của vật thể này với quang thông tới Φ.

$$\alpha = \frac{\Phi a}{\Phi}$$

11. Hệ số truyền τ

Hệ số truyền của một vật thể là tỉ lệ giữa quang thông Φt được truyền từ vật thể này với quang thông tới Φ.

$$\tau = \frac{\Phi t}{\Phi}$$

12. Quan hệ giữa ρ, α, τ .

Giữa ρ, α và τ, có quan hệ sau : $\rho + \alpha + \tau = 1$

13.1.4. Đặc điểm việc đo quang của vật thể.

1. Đặc điểm việc đo quang của vật thể.

Theo cách nhìn đo quang, thì các vật thể được đặc trưng bởi các hệ số phản xạ, hấp thụ và truyền.

2. Vật thể không có màu

Vật thể không màu nếu việc phản xạ, hấp thụ và truyền *không lựa chọn* ánh sáng, tức là nếu ρ, α, τ không phụ thuộc vào chiều dài sóng λ của bức xạ tới.

3. Vật thể màu

Một vật thể có màu nếu việc phản xạ, hấp thụ và truyền *lựa chọn* ánh sáng, tức là nếu ρ, α, τ thay đổi với chiều dài sóng λ của bức xạ tới.

Để đặc trưng cho việc đếm và đo màu, người ta chú ý đến *phép đo màu.* Bất kỳ số lượng c' của màu C có thể được tái xuất hiện về mặt định lượng và định tính thông qua

sự trộn lẫn một cách thích hợp của 3 lượng x', y', z' của ba màu cơ bản ([1]) : X (đỏ), Y (xanh lá cây), và Z (tím). Nếu C, X, Y và Z là thể hiện lượng đơn vị màu trong một hệ thống đo lường liên kết, hệ thống ba màu (trichromatic), chúng ta có thể viết phương trình biểu tượng ba màu như sau :

$$c'C = x'X + y'Y + z'Z$$

Trong đó : x', y' và z' là những *sự kích thích ba màu* của màu C thỏa mãn phương trình :

$$c' = x' + y' + z'$$

Ở đây c' đặc trưng cho độ sáng của màu.

Thông qua sự phân phối với c' chúng ta sẽ được phương trình đơn vị 3 màu :

$$C = xX + yX + zZ$$

Ở đây x, y, z là những hệ số ba màu của màu C, nó thỏa mãn phương trình $x + y + z = 1$ và đặc trưng cho phẩm chất màu. Các màu này có thể đưa vào trong biểu đồ (hình 13-8); ở đây x và y là tọa độ Đê-các của màu sắc.

Biểu đồ ở hình 13-8 tạo nên sự sắp xếp các màu của các bức xạ đơn sắc của vật thể màu đen ở những nhiệt độ khác nhau và của một số nguồn ánh sáng quan trọng trong hệ thống của Ủy ban Quốc tế về ánh sáng. Từ sự trộn lẫn của hai màu cho kết quả được một màu mà điểm đặc trưng được đặt ở bên phải, màu này chính là sự thể hiện tổng hợp những điểm đặc trưng của các màu cấu thành. Sự kích thích và hệ số ba màu có thể được xác định bằng thực nghiệm với dụng cụ đo màu ba màu (Demkina, Donaldson, Grigorovici-Aricescu), trong đó màu được đo được tái xuất hiện qua sự trộn lẫn của ba màu cơ bản, hoặc có thể được tính toán từ sự phân phối phổ của năng lượng trong phổ của màu được đo.

Đôi khi người ta dùng hệ thống đơn sắc đo màu, trong đó các màu sẽ được nghiên cứu làm tái xuất hiện do sự trộn lẫn của một số bức xạ đơn sắc có chiều dài sóng λ và trắng. Phẩm chất của màu, trong trường hợp này, đặc trưng qua tỉ lệ màu đơn sắc đối với màu tổng toàn bộ (bão hòa) và thông qua chiều dài sóng của bức xạ đơn sắc.

Chiều dài sóng trội mang tính chất chế ngự. Các màu đơn sắc đạt được bão hòa bằng với 1; màu trắng là sự bão hòa bằng 0.

4. Hệ số đo ánh sáng ở vật thể có màu.

Trong trường hợp các vật thể có màu, thì các hệ số phản xạ ρ_λ hấp thụ α_λ và truyền τ_λ đối với ánh sáng đơn sắc có chiều dài sóng λ, được định nghĩa thông qua tỉ lệ giữa quang thông phản xạ $\Phi_{r\lambda}$, hấp thụ $\Phi_{a\lambda}$ hay truyền $\Phi_t\lambda$ trong khoảng chiều dài sóng từ $\lambda \rightarrow \lambda + d\lambda$ với quang thông tới Φ_λ trong cùng một khoảng chiều dài sóng.

$$\rho_\lambda = \frac{\Phi_{r\lambda}}{\Phi_\lambda} ; \alpha_\lambda = \frac{\Phi_{a\lambda}}{\Phi_\lambda} ; \tau_\lambda = \frac{\Phi_{t\lambda}}{\Phi_\lambda}$$

Đối với cùng một loại chiều dài sóng λ, giữa chúng có quan hệ sau :

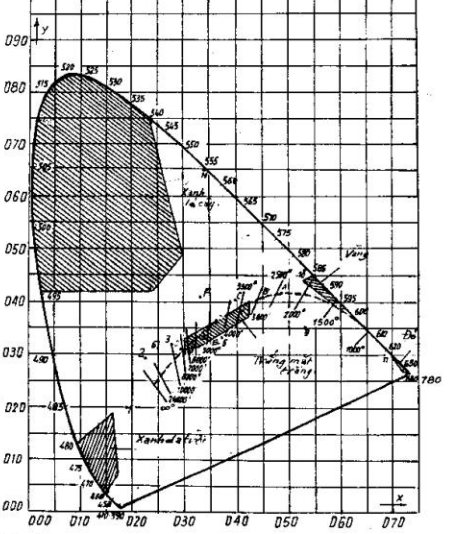
$$\rho_\lambda + \alpha_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

(1) Năm 1931, Ủy ban Quốc tế về chiếu sáng (CIE) đã xác định các màu theo hệ thống RGB là đỏ, xanh lá cây và xanh da trời (RGB viết tắc của Red, Green và Blue).

5. Định luật Lambert.

Dù cho ánh sáng qua bề mặt trong suốt hoặc ánh sáng được phản xạ trên bề mặt mờ, hoặc ánh sáng chịu cả hai hiện tượng trên bề mặt trong mờ, thì một phần ánh sáng được mặt này phát lại theo hai cách sau (ở đây, cách nào chiếm ưu thế hơn là tùy theo vật liệu sử dụng).

- Sự phản xạ hoặc khúc xạ đều tuân theo các định luật của quang hình học hay định luật Đê-các.
- Sự phản xạ hoặc truyền khuếch tán theo định luật Lambert.



Hình 13-8. Biểu đồ tọa độ màu sắc.

A- đèn điện trong chân không; B- đèn điện trong khí; C- đèn điện màu mặt trời; D- đèn màu xanh da trời; E- phổ cân bằng năng lượng; F- đèn hơi thủy ngân áp suất cao; G- đèn ống chiếu sáng với hơi Argon và thủy ngân; H- đèn ống màu nâu; I- đèn hơi Na.

1. xanh da trời; 2. xanh da trời sáng; 3. xanh da trời - lạnh; 4. xanh lá cây; 5. ánh sáng ban ngày, 6500°K; 6. trắng ấm; 7. trắng 4500°K; 8. trắng 3500°K; 9. màu hồng ; 10. màu vàng của vàng; 11. màu đỏ.

Diện tích gạch chéo – màu tín hiệu quang học cho đường sắt.

Chứng minh được $\rho E = L\pi$ (*định luật Lambert*)

Ở đây ρ - hệ số phản xạ

E - độ roi

L - độ chói

Khi độ sáng do khuếch tán, định luật Lambert được tổng quát hóa là :

$M = L\pi$

Ở đây M - độ sáng, tính bằng [lumen.m^{-2}]

Ví dụ minh họa :

Một người ngồi vào bàn đọc sách dưới ánh sáng của một bóng đèn điện có quang thông 1380 lm tỏa tia như nhau theo mọi hướng và được treo ở 1,3m từ giữa bàn.

1. Khoảng cách từ giữa bàn đến chỗ đặt sách bằng bao nhiêu để độ rọi của nó là 50 lux ?

Độ chói bằng bao nhiêu nếu hệ số phản xạ của các trang sách ρ = 0,7 ? (khuếch tán thẳng).

2. Bóng đèn đặt ở tâm một quả cầu mờ có đường kính 0,3m, khuếch tán theo định luật Lambert 80% quang thông của nguồn. Độ chói của dụng cụ bằng bao nhiêu ?

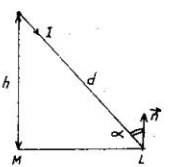
Giải : Cường độ tỏa tia của nguồn theo mọi hướng (hình 13-9) là :

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} = \frac{1380}{4\pi} \approx 110 cd$$

Độ rọi ngang trên cuốn sách là :

$$E = \frac{I}{d^2}\cos\alpha \text{ , với } d.\cos\alpha = h = 1,3m$$

$$\cos\alpha = \sqrt[3]{\frac{E.h^2}{I}} = \sqrt[3]{\frac{50.(1,3)^2}{110}}$$



Hình 13-9. Minh họa áp dụng định luật Lambert.

Cuốn sách cần phải được đặt cách giữa bàn một khoảng ML bằng :

$ML = h.tg\alpha = 1,3.0,438 = 0,57m.$

Cuốn sách khuếch tán ánh sáng theo định luật Lambert, độ chói của nó bằng :

$$L = \frac{\rho E}{\pi} = \frac{0,7.50}{\pi} = 11,1 \, {}^{cd}/_{m^2}$$

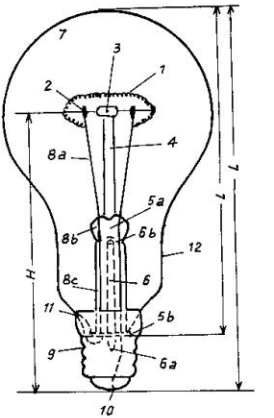
Do vậy quả cầu phát theo mọi hướng một cường độ sáng bằng 0,8 lần cường độ sáng của bóng đèn và độ chói theo phương quan sát bất kỳ là tỷ số của cường độ sáng này trên mặt biểu kiến là vòng tròn lớn của quả cầu :

$$L_{quả cầu} = \frac{0,8.110}{\pi(0,15)^2} = 1245 \, {}^{cd}/_{m^2}$$

13.2. Dụng cụ chiếu sáng

13.2.1. Đèn điện với dây tóc nóng sáng còn gọi nung sáng (hình 13-10).

a) Khái quát : Đèn điện nóng sáng là nguồn sáng, nó có vật thể nóng sáng làm từ một dây dẫn thể rắn, được đốt nóng đến *nóng sáng* nhờ dòng điện chạy qua. Để thực hiện màu trắng với nhiệt độ của màu càng cao và hiệu quả sáng càng lớn, thì cần có nhiệt độ của vật thể đốt nóng phải đạt ít nhất là 2000°K. Vì vậy chúng ta không thể nghiên cứu vật thể đốt cháy nào khác ngoài cacbon và wolfram. Vật liệu đầu tiên được sử dụng trong công nghiệp là cacbon, nó nóng chảy ở nhiệt độ 3850°K.



Hình 13-10

Giữa những kim loại khó nóng chảy và với áp suất bốc hơi giảm ở nhiệt độ cao (osimi, tantan, wolfram), chỉ có wolfram được dùng trong những bóng đèn đốt nóng sáng được dùng hiện nay. Những bóng đèn với dây đốt bằng wolfram đã thể hiện phẩm chất tốt hơn các loại khác trước nó, do vì điểm nóng chảy dây đốt của loại đèn này cao (3650°K) và sự bốc hơi chậm của nó (áp suất của bốc hơi 5.10^{-6}mmHg ở 2800°K) đồng thời sức bền cơ khí lớn của dây đốt. Dây này được gia công theo phương pháp tổng hợp và được kéo nhỏ đến đường kính 0,01mm.

Vật thể nóng sáng (wolfram) 1 (hình 13-10) được giữ bởi các móc bằng molibđen 2 được cắm sâu vào thấu kính 3 ở trên đầu tự do của một thanh thủy tinh 4 gắn vào phần 5a của đĩa thủy tinh 5. Phần 5b của đĩa được gắn với bầu thủy tinh 12 của đèn. Ống tháo bằng thủy tinh 6 được đóng kín ở đầu tự do 6a của nó, sau khi không khí đã được tháo rút khỏi đèn qua lỗ 6b, tương ứng đèn đã được làm đầy bằng khí trơ. Dây dẫn dòng điện (các điện cực) 8a được tạo nên từ đồng Cu (chân không) hay Ni (khí) đặt ở bên trong đèn. Chúng được gắn chặt ở phần 5a thông qua đoạn 8b của chúng được tạo nên từ hợp kim có cùng một hệ số giãn nở như là hệ số giãn nở của thủy tinh. Thực hiện việc tiếp xúc cực để bằng kim loại 9 và cực 10 bằng cách hàn đồng Cu (hay thiếc) với phần 8c. Không gian bên trong bầu thủy tinh 7 là chân không (10^{-3} – 10^{-5} mmHg) hay đầy khí trơ. Khi bóng đèn hút chân không thì tổn hao do đối lưu và chuyển động trong bóng đèn ít, nhưng vì áp suất thấp nên ngay ở nhiệt độ thấp dây tóc cũng dễ bị bay hơi. Ngược lại ở trong bóng đèn nhiệt độ khá cao, dây tóc càng bị bốc hơi nhanh, tuổi thọ giảm nhanh. Mặt khác hơi kim loại bay ra, bám vào vách trong của bóng làm quang thông giảm, hiệu suất phát quang giảm. Bởi vậy trong các bóng đèn thông thường người ta nạp khí Ne và Ar-gon với mục đích tăng áp suất trên mặt ngoài của dây tóc, giảm bớt hiện tượng bốc hơi của dây tóc. Nhưng vì có khí trong bóng, nên lại có hiện tượng đối lưu trong bóng, có sự truyền nhiệt và mất mát năng lượng từ bóng ra ngoài không khí xung quanh. Do đó hiện nay chỉ với bóng đèn có công suất lớn (trên 75 W) người ta mới nạp khí Ne và Ar-gôn, còn các bóng có công suất nhỏ thì hút chân không.

Thông số cơ bản của đèn bao gồm : điện áp, công suất, quang thông, hiệu suất quang và tuổi thọ của đèn.

– Điện áp gồm các cấp 12, 36, 110, 127 và 220 V.

– Công suất từ 15 đến 2000 W.

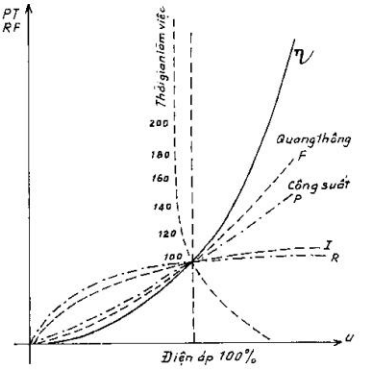
– Đặc tính của đèn, phụ thuộc rất nhiều vào điện áp đặt vào hai cực của bóng đèn.

Qua hình 13-11, ta thấy :

– Khi điện áp đặt vào đèn tăng cao thì dòng điện, nhiệt độ quang thông và hiệu suất quang đều tăng. Nhưng dây tóc sẽ bị bốc hơi nhiều, tuổi thọ giảm nhanh.

– Khi điện áp giảm sẽ có hiện tượng ngược lại.

Do đó để đảm bảo tuổi thọ đúng định mức, hiệu suất quang tốt, điện áp đặt lên hai cực chỉ được giao động trong phạm vi ± 2,5%.



Hình 13-11. Các thông số cơ bản của đèn phụ thuộc vào điện áp đặt vào hai cực của đèn.

b) Dây tóc xoắn.

Để giảm tổn thất nhiệt, dây tóc được quấn xoắn, do đó bề mặt bên ngoài sẽ bé. Tổn thất càng giảm khi đường kính xoắn càng lớn và chiều dài càng nhỏ và đồng thời bề mặt tiếp xúc có hiệu quả với khí càng nhỏ. Đường kính quấn xoắn của dây đồng thời bước xoắn bị giới hạn bởi sức bền cơ khí của dây và bởi sự nguy hiểm do ngắn mạch nối tắt của vòng dây quấn xoắn (đường kính tối đa thường gấp 5 lần đường kính của dây tóc; bước bé nhất thường là 1,3 lần đường kính của dây tóc). Sự tăng hiệu quả của vòng xoắn được thực hiện bằng cách xoắn kép và thực hiện đối với các đèn có công suất giữa 25 và 100 W; song được giới hạn ở công suất lớn hơn do bởi nếu công suất lớn hơn sẽ dẫn đến làm giảm một cách rõ rệt hiệu quả ánh sáng so với những dây tóc quấn xoắn đơn. (hình 13-12 điểm B).

Kích thước của dây tóc có thể thực hiện theo công thức sau :

$$d = \sqrt[3]{\frac{4}{10.\pi} \cdot Rt \cdot \frac{\rho}{\varepsilon} I^2}\ , [mm]$$

$$\frac{l}{U} = \sqrt[3]{\frac{10^4}{4\pi} \cdot Rt^2 \frac{1}{\varepsilon^2.\rho} I}\ , [\frac{cm}{V}]$$

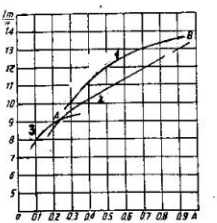
Ở đây : Rt – là công suất bức xạ, tính [W]

ρ – điện trở xuất của dây tóc ở nhiệt độ làm việc, tính [Ω mm^2/m]

ε – bức xạ riêng ở nhiệt độ làm việc, tính [W/cm^2]

I – dòng điện tính bằng [A]

U – điện áp, tính bằng [V]

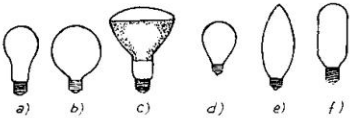


Hình 13-12. Hiệu quả chiếu sáng tùy thuộc vào cường độ dòng điện ở đèn nóng sáng thông thường.
1. Xoắn kép; 2. Khí; 3. Chân không.

Chú ý : những kết quả rút ra từ công thức trên cần phải được hiệu chỉnh bằng thực nghiệm ở việc sản xuất của mỗi loại đèn. Kích thước của dây tóc bằng Wolfram được xác định bằng mg/200 mm, điều này đặc trưng dễ dàng hơn trong việc đo đường kính.

c) Các dạng bầu thủy tinh

Những bóng đền nung sáng có dạng như hình 13-13.

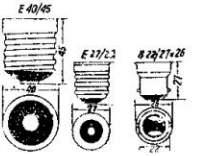


Hình 13-13 Các dạng bầu thủy tinh của bóng đèn hay gặp.

Kích thước của bầu thủy tinh thường cho theo đường kính cực đại tính bằng [mm], đôi khi cho theo chiều dài (tính bằng mm).

d) Đui đèn (đế)

Đui đèn nung sáng (hình 13-14) có hay không có ren vặn xoắn. Với loại có ren vặn xoắn người ta ký hiệu chữ E (Edison) và theo tiêu chuẩn của nhiều nước châu Âu được tập hợp ở bảng 13-2.



Hình 13-14 : Các dạng đui đèn

Bảng 13-2

Tên gọi thông thường của đui đèn	Ký hiệu	Điện áp định mức cực đại [V]
Loại đui bé	E 10/13	Đến điện áp
đui bé có ngạnh	E 10/20 × 13	36 V
Đui nhỏ (loại xinh xắn)	E 14/20	
Đui nhỏ có ngạnh	E 14/25 × 17	Điện áp đến
Đui trung bình (bình thường)	E 27/25	250 V
Đui trung bình có ngạch	E 27/35 × 30	
Đui lớn	E 40 × 45	
Đui lớn có ngạnh	E 40/65 × 47 ÷ 50	

Ở ký hiệu trên, các số sau chữ E thể hiện như sau :

– Số thứ nhất là đường kính ngoài của ren loại vặn xoắn, hoặc đường kính đui đèn loại có ngạnh.

– Số thứ hai gạch chéo là chiều dài tổng của đui đèn.

– Số thứ ba (của loại đui có ngạnh) là đường kính đui đèn cộng với hai ngạnh

Ví dụ : E 10/13, E 40/65 × 47

e) Các loại đèn thông dụng

Bảng 13-3 cho ta đặc tính của các loại đèn thông dụng trên thị trường, công suất từ 15 đến 1000 W, có điện áp 110, 120 và 220V.

α) *Tính hiệu quả ánh sáng :* của đèn loại nung sáng tăng lên theo công suất của đèn và giảm theo điện áp, tức là tăng lên theo dòng điện (nhìn bảng 13-3 và hình 13-12).

β) *Thời gian hiệu dụng :* Thời gian hiệu dụng của một bóng đèn là thời gian làm việc tính bằng giờ kể từ khi đèn cháy sáng đầu tiên đến lúc dây tóc bị oxy hóa hỏng.

Thời gian này được xác định do bởi sự bốc hơi của dây tóc ở điểm tốc độ bốc hơi lớn nhất. (đường kính nhỏ nhất, điện trở suất lớn nhất).

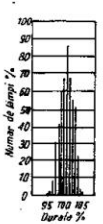
Bảng 13-3

Điện áp [V]	Công suất [W]	Quang thông [lm]	Tính hiệu quả ánh sáng	Đường kính của bầu thủy tinh [mm]	Chiều dài tổng lớn nhất L [mm]	Chiều cao của trung tâm sáng H [mm]	Thời gian giờ [h]	Đui đèn
120	15	120	8,00	61	107	73	800	E 27
	25	218	8,70	61	107	73		E 27
	40	372	9,30	61	102	68		E 27
	60	625	10,40	66	112	76		E 27
	75	840	11,20	71	112	76		E 27
	100	1210	12,10	76	127	85		E 27
	150	2020	13,50	81	139	94		E 27
	200	2880	14,40	91	187	137		E 27
	300	4680	15,60	111	240	178		E 27, E 40
	500	8000	16,00	131	275	202		E40
	750	12600	16,80	151	310	227		E 40
	1000	17700	17,70	151	310	227		E 40
220	25	190	7,60	61	107	73		E 27
	40	312	7,80	61	102	68		E 27
	60	515	8,60	66	112	76		E 27
	75	705	9,40	71	112	76		E 27
	100	1040	10,40	76	127	85		E 27
	150	1770	11,80	81	139	94		E 27
	200	2540	12,70	91	187	137		E 27
	300	4260	14,20	111	240	178		E 27, E 40
	500	7350	14,70	131	275	202		E 40
	750	11800	15,70	151	310	227		E 40
	1000	16700	16,70	151	310	227		E 40

Đại đa số các đèn nung sáng thông dụng được tính toán ở thời gian làm việc 1000 giờ. Chúng ta cần hiểu : đấy là *tuổi thọ trung bình*, do vì sự chế tạo hàng loại lớn nên luôn luôn xuất hiện sác xuất phân tán như hình 13-15.

Tính hiệu quả của ánh sáng giảm theo thời gian làm việc của bóng đèn.

Thời gian hữu ích của một bóng đèn được tính cho đến khi quang thông giảm đến 20%, tức là khi đèn bắt đầu làm việc không mang tính hiệu quả kinh tế nữa. Do đó không nên dùng bóng đèn nung sáng làm việc quá thời hạn này.



Hình 13-15 : Sự phân tán thời gian oxy hóa hỏng đối với tuổi thọ của bóng đèn.

γ) *Tuổi thọ kinh tế của đèn*

Đối với các nước phát triển, người ta tính tuổi thọ kinh tế của đèn căn cứ vào lượng sáng cung cấp của bóng đèn, giá bóng đèn, giá điện năng và công suất đèn. Ta có thể tham khảo công thức sau : (đơn vị tuổi thọ : giờ : *h*)

$$h = \frac{1000\,(\alpha - 1)\,P_l}{W.P_c},\ [h]$$

Ở đây : – P_l – Giá tiền bóng đèn, [đồng]

α – Hệ số 6,5 ÷ 7,5

W – Công suất bóng đèn, [W]

P_c – Giá tiền của năng lượng điện KWh. [đồng/KWh]

δ) *Độ chói*

Độ chói L của đèn nung sáng là lớn. Bảng 13-4 cho ta những số liệu về độ chói của những nguồn sáng khác nhau :

Bảng 13-4. Độ chói L của những nguồn ánh sáng khác nhau

Nguồn ánh sáng	Độ chói, tính [Sb]
1	2
Đèn huỳnh quang 20 W	0,3
Trời quang	0,4
Đèn ống phóng điện trong hơi thủy ngân áp suất thấp	2,
Đèn nung sáng 40 W thủy tinh mờ	7
Đèn với bốc hơi natri 80 W – 1,2A	10
Đèn nung sáng dây tóc cacbon	55
Đèn nung sáng 40 W với dây tóc Wolfram trong chân không	200
Đèn nung sáng 100 W với khí	580
Đến với hơi thủy ngân 2 at	700
Đèn với hơi thủy ngân 20 at – 1,25 A	1000
Đèn nung sáng 500 W	1000
Đèn nung sáng 1000 W	1200

1	2
Đèn nung sáng dùng trong đèn chiếu	2700
Đèn với hơi thủy ngân 35 at – 6A	30.000
Hồ quang giữa cácbon đồng chất	40.000
Đèn với hơi thủy ngân 120 at – 1,5 A	71.000
Hồ quang có cường độ lớn (giá trị tức thời 100 A)	100.000
Mặt trời – (giá trị trung bình)	240.000

Quang phổ được dây tóc Wolfram phát ra là liên tục, rất giàu tia hồng ngoại và rất ít tia cực tím; do vậy những đèn nung sáng được dùng để sấy khô rất tốt.

Năng lượng bức xạ trong phạm vi nhìn thấy được từ 8 – 12% của năng lượng tiêu thụ (bảng 13–5).

Bảng 13-5. Thống kê năng lượng (đèn 100 W)

Phân chia năng lượng	Đèn trong chân không, sợi tóc thẳng	Đèn argon với sợi tóc đơn quấn vòng xoắn	Đèn argon sợi tóc kép quấn vòng xoắn	Đèn kripton sợi tóc kép quấn vòng xoắn
Bức xạ thấy được	7	10	12	13
Bức xạ không thấy được	86	68	74	76
Tổn thất trong hệ thống giữ dây tóc	7	3	2	2
Tổn thất trong khí	0	19	12	9
Tổng cộng	100	100	100	100

c) Hiệu suất ánh sáng

Hiệu suất ánh sáng của đèn nung sáng có giá trị nằm trong khoảng : đối với đèn chân không 1 ÷ 1,5% và đèn với khí 2,5%. Vậy rõ ràng đèn nung sáng là nguồn sáng có tính kinh tế kém.

Bảng 13-6 cho ta đặc tính của các đèn của một số nước châu Âu loại vòng xoắn kép.

Bảng 13-6

Điện áp [V]	Công suất [W]	Quang thông [lm]	Hiệu quả ánh sáng [lm/W]	Đường kính bầu thủy tinh D [mm]	Chiều dài tổng của đèn L [mm]	Chiều cao của trung tâm ánh sáng [mm]	Thời gian sử dụng, giờ [h]	Đui
120	55	650	11,8	61	144	80	1000	E 27/35
	71	900	12,7	66	131	95		
	96	1300	13,9	66	131	95		
220	82	900	11,0	66	131	95		
	109	1300	11,9	66	131	95		

f) Bóng đèn có điện áp thấp

Người ta chế tạo những đèn nung sáng với điện áp thấp 12V, 24V v.v... được dùng trong công nghiệp, những bóng này có sợi đốt lớn, chúng không có hiệu quả ánh sáng quá cao vì những tổn thất ở những đầu sợi đốt lớn. Bảng 13-7 giới thiệu những loại đèn này.

Bảng 13-7. Đặc tính của các đèn điện áp thấp sản xuất ở châu Âu.

Điện áp [V]	Công suất [W]	Quang thông [lm]	Hiệu quả ánh sáng [lm/W]	Đường kính bầu thủy tinh D [mm]	Chiều dài tổng của đèn L [mm]	Chiều cao của trung tâm ánh sáng H [mm]	Thời gian sử dụng giờ [h]	Đui
12	15	140	9,3	50	78	53	1000	E 27/25
	25	250	10,0	50	78	53		
	40	480	12,0	60	103	73		
24	15	110	7,8	50	78	53		
	25	260	8,0	50	78	53		
	40	400	10,0	60	103	73		

g) Bóng đèn mờ đục, màu sữa (màu ngọc mắt mèo) và màu mặt trời.

Tất cả những đèn thông thường có thể sản xuất với bầu thủy tinh mờ đục hay màu sữa (màu ngọc mắt mèo). Những đèn này có độ chói giảm hơn nhiều so với những bóng đèn trong và do vậy nên không nhận ra được vật thể sáng khuếch tán, không làm mệt mắt và khó chịu. Các bóng đèn mờ có hiệu quả ánh sáng khoảng 10%, còn đối với những bóng màu sữa có hiệu quả sáng giảm hơn những bóng đèn sáng trong khoảng 20% khi cùng công suất và điện áp.

Những bóng đèn màu ánh sáng mặt trời sản sinh ra ánh sáng hơi vàng hơn so với những bóng sáng trong. Bầu của nó là một lớp thủy tinh màu hơi xanh da trời - xanh lá cây nhạt hấp thụ các tia đỏ và cho đi qua những tia màu xanh da trời. Ánh sáng sinh ra của những bóng đèn này có nhiệt độ màu khoảng 3700 – 4000°K. Người ta thường dùng những bóng này ở những nơi cần phân biệt rõ màu sắc và trong ánh sáng nhân tạo (công nghiệp dệt, công nghiệp nhuộm v.v...) những bóng đèn màu ánh sáng mặt trời có hiệu quả ánh sáng giảm hơn những bóng đèn sáng trong khoảng 30 ÷ 40% khi cùng công suất và cùng điện áp.

h) Những bóng đèn chống rung động

Những bóng đèn chống rung động được dùng ở các trường hợp đèn được lắp đặt ở những vị trí có sự va đập cơ khí và rung động. Những bóng đèn này được thiết kế có nhiều giá để giữ dây tóc, còn dây tóc được đốt nóng ở nhiệt độ giảm hơn. Những bóng đèn chống rung động có hiệu quả ánh sáng giảm. Những đèn này được sản xuất ở công suất nhỏ, khoảng 15W.

Đối với ánh sáng tàu điện, người ta sản xuất những bóng đèn có sự chống rung đặc biệt. Những đèn này có điện áp định mức 130 – 170 V, và được nối nối tiếp 4 ÷ 5 bóng vào lưới điện áp của tàu điện.

i) Bóng đèn dùng cho xe ôtô, môtô, máy kéo

Những bóng đèn dùng cho ôtô, môtô, máy kéo được sản xuất với các cấp điện áp 6V – 12V (thực tế 6 ÷ 8V và 12 ÷ 16V). Những bóng đèn này có hiệu quả ánh sáng từ 8 – 12 lm/W. Chúng có đui loại một cực lồi lên ở sau đui hay loại hai cực lồi lên ở phía sau (loại đèn pha, cốt).

Một số đèn dùng cho ôtô được sản xuất với loại sợi đốt có hai vòng xoắn, nó có tên là đèn pha cốt. Một trong hai vòng này được đặt sao cho chiếu sáng được trên đường ở khoảng cách 25 ÷ 35m. (gọi là đèn cốt); vòng còn lại được đặt ở vị trí để tạo pha, để có thể có *tia sáng chùm* chiếu sáng trên đường ở khoảng cách 90 ÷ 100m. Cả hai vòng xoắn sợi đốt có thể bật sáng riêng biệt.

Những đặc tính của đèn ôtô cho ở bảng 13-8.

Sau này, người ta đã sản xuất ra những đèn pha ôtô với toàn bộ sợi nung sáng pha được cấu tạo trong một bóng có tráng gương bên trong.

Bảng 13-8. Đặc tính các loại đèn dùng cho ôtô và máy kéo.

Điện áp sử dụng [V]	Điện áp định mức [V]	Cường độ chiếu sáng [cd]	Công suất [W]	Tiêu thụ riêng W/cd	Đường kính bầu thủy tinh D [mm]	Chiều dài tổng L [mm]	Chiều cao của trung tâm chiếu sáng [mm]	Thời gian [h]	Đui
6 – 8	6,85	3	4,15	1,5	18	33,5	–	100	B/15/19
6 – 8	6,85	10	11,5	1,15	25	48	31	100	B/15/19
6 – 8	6,85	15	14,25	0,95	25	48	31		
6 – 8	6,85	21	16,9	0,90	32	53	32	100 B	/15/19
6 – 8	6,5	21	18,9	0,90	32	53	32	100	B/15/19
12 – 16	13,5	3	4,5	1,5	18	33,5	–	100	B/15/19
12 – 16	13,5	15	14,25	0,95	25	48	31	100	B/15/19
12 – 16	13,5	21	18,9	0,90	32	53	32	100	B/15/19

Bảng 13-9. Đặc tính của các loại đèn chiếu

Điện áp [V]	Công suất [W]	Quang thông [lm]	Hiệu quả chiếu sáng [lm/W]	Độ chói nhỏ nhất [sb]	Đường kính bầu thủy tinh D mm	Chiều dài tổng L mm	Chiều cao của trung tâm ánh sáng H, [mm]	Kích thước lớn nhất của thân đèn nung sáng		Tuổi thọ [h]	Đui đèn
								Rộng [mm]	Cao [mm]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				Nhóm I							
110	500	10.500	21,0	540	65	135	75	13,0	14,5		E 27
110	1.000	22.200	22,2	839	70	240	135	18,0	13,5		E 40
110	1.500	34.500	23.0	941	75	305	135	21,5	15,5		"
110	2.000	47.400	23,7	973	80 –105	360	180	32,5	13,5	100	"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
110	3.000	72.300	24,1	1.010	95 – 120	375	180	39,0	16,0		"
220	500	9.800	19,6	455	65	135	75	16,0	14.0		E 27
220	1.000	21.000	21,0	675	70	240	135	19,5	16,0		E 40
220	1.500	33.550	21,7	675	75	305	135	26,5	16,0	"	"
				Nhóm II							
11	100	2.300	23,0	837	55	102	64,5	5,0	5,0		F 24
11	250	6.750	26,5	2.934	65	115	77	3,0	6,5		"
23	100	2.050	26,5	546	55	102	64,5	5,0	6,5	30	"
23	250	6.125	24,5	1.158	65	115	77	6,0	6,0		"
				Nhóm III							
50	25	256	10,0	–	42	65	41	8,0	4,0	300	2 B 22
50	250	4.000	16,0	–	90	120	69	10,0	10,0	500	"

k) Những bóng đèn dùng cho máy chiếu

Thông thường những bóng đèn dùng cho máy chiếu có sợi tóc hình xoắn tập trung. Chúng có công suất trung bình và lớn (đến 5000W). Để có được hiệu quả sáng lớn (20 – 24 lm/W), thì thời gian sử dụng của đèn giảm (< 100 h. Độ chói của nó lớn. Bầu đèn của nó có hình ống. Bảng 13-19, nhóm I cho ta các bóng dùng cho máy chiếu.

Một loại đèn khác cũng dành cho chiếu sáng song được sử dụng trên máy bay và thiết bị hàng không. Những bóng này có điện áp thấp - Bầu thủy tinh có dạng quả cầu với đui đèn có cấu tạo đặc biệt, thời gian sử dụng thấp hơn, hiệu quả ánh sáng rất cao (23 – 26 lm/W) và độ chói rất lớn. Bảng 13-19 nhóm II cho ta những thông số của loại này.

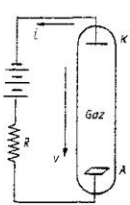
Một nhóm đèn khác được dùng cho đầu máy tàu điện ngầm hay xe lửa. Chúng là những bóng đèn có điện áp thấp, bầu thủy tinh dạng hình cầu và đui đèn có hai cực (xem bảng 13-19 nhóm 3)

13.2.2. Đèn phóng điện trong chất khí

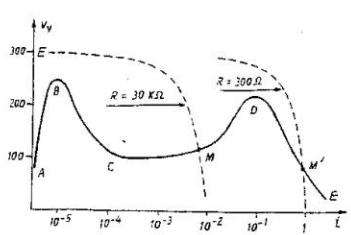
1. Khái quát. Tất cả các chất khí và đặc biệt không khí là loại không dẫn điện ở điện áp tương đối bé. Để thắng được những cản trở tạo nên bởi khí trên đường đi của dòng điện, thì cần phải có một điện áp nhất định được gọi là điện áp "châm mồi" (ví dụ : ở trong không khí ở áp lực khí quyển, trong môi trường đồng nhất, điện áp là 3000 V/mm

Đặc tính của sự phóng điện là đường cong u = f (I)

Ta có thể thấy rõ điều này và vẽ được đường đặc tính theo cách sau :



Hình 13.16



Hình 13.17

Ta lấy một bóng thủy tinh chứa khí trơ hoặc hơi kim loại có áp suất thấp và đạt hai điện cực nối với nguồn điện áp một chiều biến thiên nhờ điện trở R (hình 13-16).

Ta đo điện áp giữa các cực bằng một vôn kế có điện trở trong rất lớn, đồng thời đo dòng điện qua ống i, ta có thể vẽ đặc tính $V_A - V_K = f(i)$ có hình dáng trên hình 13-17. Chú ý trục hoành theo logarit

Đường đặc tính này thể hiện nhiều vùng khác nhau :

+ Vùng AB gọi là vùng phóng điện không tự duy trì. Khí có tác dụng như một chất cách điện và dòng điện cực tiểu do các ion dương và điện tử tách ra.

+ Vùng CD gọi là vùng phóng điện tự duy trì, hay chế độ phóng điện tỏa sáng. Bắt đầu từ điểm B, ứng với điện áp mồi, các điện tử có năng lượng đủ để ion hóa dây chuyền các nguyên tử khác, do đó sinh ra hiện tượng thác điện tử ứng với vùng không ổn định BC.

Các điện tử phát xạ từ catốt được bắn phá bằng các ion dương có năng lượng đủ lớn bao trùm một vùng catốt càng rộng khi dòng điện tăng lên, đồng thời xuất hiện một vùng sáng hướng anốt.

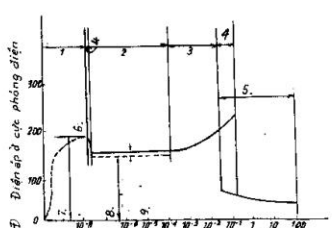
Thực ra, các ion ngày càng tái hợp phát ra năng lượng kích thích dưới dạng bức xạ đặc trưng của khí bay hơi

Vùng DE gọi là chế độ hồ quang.

Kể từ một giá trị nào đó của điện áp $V_A - V_K$, ví dụ từ điểm D, catốt trở nên đủ nóng để phát xạ điện tử bằng hiệu ứng nhiệt ion, khoảng 900^0, xảy ra hiện tượng thác điện tử thứ cấp và được chấn lưu ổn định ở điểm M, kết quả là sinh ra hồ quang trong bóng đèn.

Hình 13-18 giới thiệu đường đặc tính u = f(I) ở bốn chế độ làm việc của phóng điện trong khí : - phóng điện không tự duy trì - phát quang bình thường và không bình thường (bất thường), và phóng điện trong chế độ hồ quang.

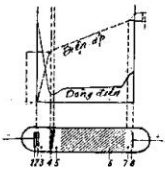
Do vì đường đặc tính điện áp dòng điện có dạng đi xuống nên tất cả những bóng đèn phóng điện trong khí cần thiết phải đưa nối tiếp thêm vào một số những chướng ngại dùng để giới hạn dòng điện (như điện trở, cuộn dây xung v.v...).



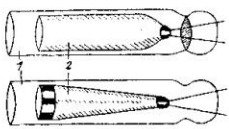
Hình 13-18. Các chế độ làm việc của phóng điện trong chất khí
1. Phóng điện Town send; 2. Làm việc bình thường; 3. Làm việc không bình thường; Quá độ; 5. Hồ quang; 6. Bật sáng; 7. Điện áp bật sáng; 8. Giáng catốt; 9. Giáng trong cột dương.

2. Những bóng đèn ống với khí trơ

Đó là những đèn có điện áp cao, cấu tạo hình ống dài, đầy khí hiếm, làm việc ở điện áp 2000 ÷ 10000 V (dòng điện xoay chiều). Chúng phát ra ánh sáng cho bởi cột dương. Những điện cực thì lạnh được tạo nên từ những bản thép được uốn cong dạng phễu, dạng



Hình 13-19. Hình dáng chung của phóng điện trong ống hình trụ.



Hình 13-20. Catốt lạnh
1. Thủy tinh 2. Catốt

hình trụ (hình 13-20). Các ống này được uốn cong thành các dạng chữ cái, hay theo dạng các hình hoặc các dấu hiệu nào đó.

Màu của ánh sáng phụ thuộc vào sự hợp thành của các khí làm đầy, vào áp suất của nó (2 ÷ 4 mm Hg) vào màu của thủy tinh làm ống (trong, màu v.v...). Ống trong được làm đầy neon cho ánh sáng hồng, làm đầy heli cho ánh sáng vàng, làm đầy với nitơ cho ánh sáng màu da cam.

- Vàng của vàng, làm đầy với CO_2 cho ánh sáng trắng. Một hỗn hợp khí neon và hơi thủy ngân cho ra ánh sáng màu xanh da trời hơi ngã màu lục nhạt v.v...

Điện áp và công suất của bóng đèn ống phụ thuộc vào chiều dài và đường kính của nó, vào dòng điện tiêu thụ, vào dạng khí làm đầy và áp suất của nó. Trị số gradien (1) phụ thuộc vào khí làm đầy, vào áp suất của nó, vào đường kính của ống và vào giá trị của dòng điện (xem bảng 13-10).

Bảng 13-10. Điện áp giáng trong những bóng đèn ống khí trơ

Khí làm đầy	Đường kính ống [mm]	Dòng điện [mA]	Điện áp giáng trên các điện cực [V]	Gradien [V/cm]	Hiệu quả ánh sáng [lm/w]
Neon	17	50	150	3,5	3 – 6
	22	50	150	3,0	
	13	25	150	4,0	
	17	25	150	3,6	
Heli	17	50	240	7,2	2 – 4
	13	50	240	8,6	
Argon	17	50	200	2,5	4 – 5
	22	50	200	2,1	3 – 4
+ neon	17	25	200	2,6	5 – 6
+ thủy ngân	13	25	200	2,9	4 – 5

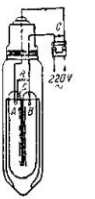
(1) gradien là tỷ số giữa sự thay đổi của một đại lượng này với sự thay đổi của một đại lượng khác mà đại lượng khác đó lại phụ thuộc vào đại lượng đầu tiên. Ví dụ : gradien của điện áp theo một hướng nào đó là tỷ số giữa sự chênh lệch điện thế của hai điểm theo hướng này với khoảng cách giữa hai điểm này.

Thời gian làm việc giới hạn bởi sự hấp thụ dần dần của khí làm đầy đối với các điện cực lên đến 2000 – 4000 giờ.

- Bảng 13-11 cho ta các đặc tính của một bóng đèn ống thông dụng.

3. Những bóng đèn với hơi natri

Đèn với hơi natri (hình 13-21) phát ánh sáng ra bởi hai lần cộng hưởng 589,0 –589,6 m μ. Chúng được làm đầy néon ở áp suất khoảng 3 mmHg (ở áp suất này dễ dàng châm mồi và ở chế độ làm việc bình thường chứa nơi natri ở áp lực khoảng 10^{-3} mmHg do bốc hơi natri chứa trong đèn, đèn được châm mồi bật sáng trong neon lúc "lạnh". Khi đạt đến khoảng 250°C, sự phóng điện sẽ qua hơi natri. Việc đưa vào chế độ làm việc bình thường chiếm khoảng từ 5 ÷ 10 phút.



Hình 13-21

Điện áp cung cấp cho đèn là 120 hay 220 V.

Công suất của đèn này thay đổi giữa 50 và 150 W; nó không thể sản xuất với công suất cao hơn do vì khó khăn về cách nhiệt. Những bóng đèn khí trơ được đặt trong một cái bầu bằng thủy tinh có bờ kép và là chân không giữa các bờ này, mục đích là để cho nhiệt độ của môi trường chân không không làm ảnh hưởng đến chế độ châm mồi của đèn.

Người ta sản xuất hai loại đèn hơi natri, sự khác nhau của hai loại này là do sự bố trí châm mồi. Loại đầu tiên. (dành cho điện áp 220V) có ống phóng bằng thủy tinh đặc biệt, được uốn cong dạng hình U. Đèn sẽ châm mồi bật sáng nhờ sự chênh lệch điện thế giữa một điện cực chính A (hình 13-21) và một điện cực phụ C, giữa chúng sẽ tạo nên sự phóng điện phát quang. Dòng điện phóng này được giới hạn thông qua điện trở R khoảng 1000 Ω. Sau đó vài giây, sự phóng này sẽ đốt nóng điện cực A đến đỏ, từ đây bắt đầu sự phát xuất của các điện tử. Sự phóng điện sau đó được tiến hành giữa các điện cực chính A và B và đèn được cháy sáng.

Điện trở R được đặt giữa các nhánh của ống uốn cong hình U sao cho đèn chỉ có hai cực đi ra để có thể dùng loại đui đèn bình thường. Một vụ điện C để cải thiện hệ số công suất của đèn. Đèn được bật sáng trên mạch điện có điện áp 220V thông qua sự trung gian của một cuộn dây với mục đích ngăn cản bất kỳ lý do nào có khuynh hướng làm tăng dòng điện. Những loại đèn này có ký hiệu Swetotechnic, SO 300 và 500 v.v..

Một loại đèn với hơi natri mà không cần một sự bố trí châm mồi đặc biệt nào, vì việc châm mồi được tiến hành với các điện cực lạnh với một lớp phát xuất điện tử. Ống phóng điện có dạng U và được cố định vào một đui đèn. Chúng được châm mồi bật sáng nhờ một máy biến áp với sự phân tán lớn ở điện áp 470 V.

Máy biến áp còn được dùng để giới hạn dòng điện trong thời gian làm việc của đèn. Những loại đèn này mang ký hiệu SO.250, 400, 650, 1000.

Sự phân phối phổ của bức xạ được phát ra bởi các đèn với hơi natri giống như ở bảng 13-12.

Bảng 13-11. Những đặc tính của một bóng đèn ống thông dụng

Đường kính của ống [mm]	Chiều dài của ống [cm]	Điện áp [V]	Dòng điện [mA]	Công suất [W]	Quang thông [lm]	Hiệu quả ánh sáng [lm/W]	Độ chói Sb	Hệ số công	Khí
19 – 22	200	870	80	69,5	770	5,6	0,2	0,7	neon + argon

Những loại đèn này cung cấp ánh sáng màu vàng tương ứng với chiều dài sóng 589 –590 m μ. Tức là, chúng có hiệu quả ánh sáng lớn, chỉ được dùng ở những chỗ không cần thiết sự phân biệt màu sắc, những đèn với hơi natri được dùng cho việc chiếu sáng đường xá. Ánh sáng vàng của nó xuyên qua sương mù rất tốt và đảm bảo sự tương phản nổi bật giữa những diện tích được chiếu sáng và những diện tích không được chiếu sáng, do đó tạo điều kiện tốt cho mắt người thấy rõ ràng trên mặt đường.

Độ chói của đèn với hơi natri tương đối bé (bảng 13-4) nhiệt độ làm việc tối ưu của những đèn này là khoảng 270° - 280°C.

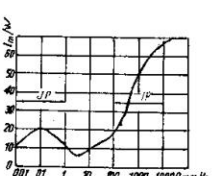
Bảng 13-12. Sự phân phối phổ của bức xạ được phát ra bởi đèn hơi thủy ngân

λ, mμ	Cường độ tương đối
1140,4 – 1138,2	10
819,5 – 818,3	11
616,1 – 615,4	0,3
589,9 – 589,6	100
568,8 – 568,3	0,2
515,4 – 514,9	0,1
498,3 – 497,9	0,2

4. Những bóng đèn với hơi thủy ngân (áp suất thấp)

Sự phân bố năng lượng của phổ của sự phóng điện qua hơi thủy ngân có áp suất thấp và áp suất cao được thể hiện ở hình 13-4. Quang phổ giàu đối với bức xạ cực tím và rất nghèo đối bức xạ đỏ. (với áp suất thấp).

Hiệu quả chiếu sáng của sự phóng điện trong hơi thủy ngân (hình 13-22) thể hiện cực đại ở 0,10 mmHg và sau đó tăng lại giữa 100 –10.000 mmHg. Cực đại từ 0,1 ÷ 1 mmHg tương ứng với chế độ làm việc của đèn hơi thủy ngân áp suất thấp; còn từ 100 mmHg trở đi đến áp suất cao và rất cao thì hiệu quả ánh sáng cũng tăng khá cao từ 20 lm/W đến trên 60 *lm*/W. Độ chói cũng sẽ tăng cùng với áp suất. Những bóng này được sử dụng để phôto trong những máy quang báo, những máy phôtô.

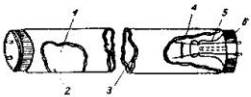


Hình 13-22. Hiệu quả chiếu sáng của sự phóng điện trong hơi thủy ngân tùy theo áp suất (ở cường độ không đổi 4A); JP -- áp suất thấp; IP –áp suất cao.

5. Đèn huỳnh quang (còn gọi là đèn ống)

a) Khái quát

Đèn huỳnh quang là những đèn ống, đặt cơ sở trên sự phóng điện trong hơi thủy ngân áp suất thấp. Chúng biến đổi một phần của các tia bức xạ cực tím của quá trình phóng thành các tia nhận thấy được. Sự biến đổi này thực hiện nhờ màn huỳnh quang ở trên các bờ bên trong của ống. Đèn huỳnh quang nhìn chung có 3 phần rất quan trọng : các điện cực, hơi được nạp đầy ống và chất huỳnh quang (hình 13-23).



Hình 13-23. Những bộ phận của đèn huỳnh quang
1. Màn huỳnh quang; 2 – Thủy ngân; 3 – Thủy tinh; 4 – Catốt; 5 – Chân; 6 –Đui.

b) Các điện cực.

Thông thường, điện cực giống nhau ở cả hai đầu vì đèn làm việc ở dòng điện xoay chiều. Các cực này có tác dụng liên tiếp là các cực anot và catốt trong các bán chu kỳ tương ứng của dòng điện. Theo nhiệt độ làm việc của điện cực, thì các đèn huỳnh quang có thể là các đèn với các điện cực lạnh (catốt lạnh) hay với các điện cực nóng sáng (catốt nóng). Nhiệt độ của chế độ catốt lạnh là 150° –200°C, còn của chế độ catốt nóng là : 900 – 950°C.

Catốt lạnh được tạo nên từ một cái cốc hình trụ hay hình trụ – nón bằng thép (hình 13-20); tùy thuộc, có thể bọc bằng vật chất phát xuất (bari). Ở những catốt này, điện áp giáng ở hai điện cực là khoảng 100 V; chúng làm việc ở cường độ dòng điện giảm (thông thường dưới 0,1A). Thời gian làm việc của chúng lớn.

Catốt nóng (hâm nóng) hình 13-24, được tạo nên vòng xoắn Wolfram kép đôi hay kép ba 1 được phủ bằng một lớp vật chất phát xuất và được giữ bởi hai dây dẫn dòng điện 2. Hai dây dẫn này được kéo dài 3 hay được đội bởi một hộp chắn 4, hộp này có mục đích là bảo vệ vòng xoắn Volfram khỏi bị các điện tử bắn vào xối xả.

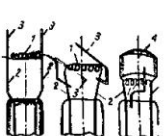
Một loại catốt như vậy, bằng dây tóc xoắn wolfram được đốt nóng trước khi dòng điện chạy qua, đã tạo nên sự phát xuất nhiệt điện tử lớn.

Ở đây, điện áp giáng trên catốt chỉ cần 15 – 18V. Những đèn với catốt nóng làm việc ở dòng điện lớn hơn so với catốt lạnh (quá 0,1A); song thời gian làm việc thì bé hơn.

Catốt nóng (với sự khởi động tức thời) :

Chúng làm việc với lúc khởi động đèn theo dạng catốt lạnh, còn ở chế độ bình thường lại theo dạng catốt nóng. Những catốt này không cần thời gian đốt nóng. Chúng tạo thành từ một vòng dây xoắn bằng Wolfram được phủ một lớp phát xuất, vòng dây xoắn này được nối ngắn mạch (hình 13-25).

Những loại đèn có catốt như vậy khởi động nhờ điện áp đỉnh, được giữ nóng trong thời gian làm việc của nó chỉ khi các ion bắn phá dữ dội (trận oanh tạc của các ion) giống như trường hợp các điện cực catốt được đốt nóng trước.

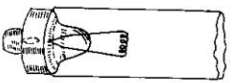


Hình 13-24. Các catốt nóng (nung nóng).

Vì sợi dây đốt vòng xoắn không cần đốt nóng do dòng điện chạy qua, nên người ta có thể cấu tạo nó với dạng to hơn.

c) Khí và hơi trong đèn huỳnh quang.

Đèn huỳnh quang được nạp đầy *argon* (thuần khiết), ở áp suất 3 ÷ 4 mmHg và một vài *mg* thủy ngân. Argon trong đèn đóng vai trò tạo điều kiện dễ dàng cho mồi phóng điện. Tính thuần khiết của nó đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong việc xác định điện thế mồi phóng điện (Ar + 6% H sẽ làm tăng điện áp mồi phóng điện lên 8 lần; còn Ar + 8% N sẽ làm tăng gấp 3 lần).



Hình 13.25

Áp suất của hơi thủy ngân trong đèn phụ thuộc vào nhiệt độ của đèn; Nhiệt độ này được xác định bởi công suất của đèn và tổn thất nhiệt (diện tích đèn, môi trường xung quanh). Áp suất tốt nhất (0,01 mmHg) là áp suất mà ở đấy sự phóng điện trong hơi thủy ngân làm phát xuất đường cộng hưởng với cường độ tương đối cực đại (80 – 90% của năng lượng hấp thụ trong cột dương). Việc duy trì không làm thay đổi áp suất của hơi trong đèn huỳnh quang là rất cần thiết để cho sự làm việc của đèn luôn luôn được tốt. Sự tăng lên (dù rất nhỏ) của áp suất cũng sẽ làm khó khăn cho việc khởi động đèn và sự giảm đi (dù rất nhỏ) của áp suất cũng sẽ làm giảm hiệu quả ánh sáng của nó.

Sự phóng điện trọng hơi thủy ngân có áp suất thấp sẽ là một nguồn bức xạ tia cực tím, đặc biệt kinh tế. Những tia cực tím này sau đó chuyển thành ánh sáng của màn huỳnh quang.

d) Màu của đèn huỳnh quang.

Người ta sản xuất các đèn huỳnh quang có ánh sáng trắng và màu. Những đèn có ánh sáng trắng được phân theo nhiệt độ màu của ánh sáng của nó.

+ Đèn ánh sáng ban ngày 6500°K
+ Ánh sáng trắng 4500°K
+ Ánh sáng trắng 3500°K
+ Ánh sáng trắng nóng.

Các đèn màu cho ánh sáng : xanh lá cây, xanh da trời, hồng, đỏ và màu vàng của vàng. Các đèn màu : xanh da trời, xanh lá cây và hồng sẽ thu được bằng cách tạo ở trong đèn một trong những chất được thống kê ở bảng 13-13.

Bảng 13-13. Đặc tính của các chất huỳnh quang được dùng trong đèn huỳnh quang.

Chất huỳnh quang	Công thức hóa học	Chất hoạt hóa	Khoảng kích thích A^0	Độ nhạy tối đa A^0	Khoảng phát xuất A^0	Phát xuất tối đa A^0	Màu	Q% *	Nhận xét
Wolframat calci	$CaWO_4$	(Pb)	2200 ÷ 2300	2720	3800 ÷ 7000	4400	Xanh da trời	70	
Wolframatmanhêsi	MgWO4	–	2200 ÷ 3200	2850	3800 ÷ 7200	4800	Xanh da trời nhạt	–	
Silicat kẽm	$ZnSiO_3$	Mn	2200 ÷ 2960	2537	4500 ÷ 6200	5250	Xanh lá cây	70	
Silicat kẽm và berili	$(ZnBe)SiO_4$	Mn	2200 ÷ 3000	2537	4500 ÷ 7200	5950	Trắng ngà vàng	55	
Silicat cadmi	$CdSiO_3$	Mn	2200 ÷ 3200	2400	4300 ÷ 7200	5950	Vàng hồng	55	
Borat cadmi	CdB_2O_4	Mn	2200 ÷ 3600	2500	4000 ÷ 7200	6150	Hồng	66	

* Ở đây Q là tỉ lệ giữa quang tử (phôtôn) chứa trong ánh sáng phát ra so với số lượng quang tử hấp thụ của chất huỳnh quang.

Ta có nhận xét ở bảng 13-13 là sự thay đổi tỉ lệ của Zn và Be và nhiệt độ của xử lý thì chúng ta sẽ nhận được từ màu trắng ngả vàng đến màu hồng. Đèn ánh sáng trắng sẽ nhận được bằng cách trộn lẫn các chất như ở bảng 13-13 với những tỉ lệ khác nhau.

Vị trí của các màu sắc ánh sáng của đèn huỳnh quang được cho ở biểu đồ màn hình 13-8.

Đèn ánh sáng ban ngày cho ánh sáng rất gần với ánh sáng tư nhiên.

Ánh sáng đèn trắng 4500°K thể hiện một ít vẻ hơi xanh da trời so sánh với đèn huỳnh quang; còn ánh sáng trắng của đèn trắng 3500°K mà so với ánh sáng ban ngày thì hơi ngả ít vàng.

Đèn ánh sáng trắng "nóng" là ánh sáng có màu sắc da cam - hồng.

Các đèn huỳnh quang có nhiều màu khác nhau được thực hiện bằng cách tổ hợp nhiều màu sắc để nhận được các màu trung gian. Một số tổ hợp thường dùng được thốn kê ở bảng 13-14.

Bảng 13-14. Một số tổ hợp các màu sắc ở đèn huỳnh quang để đạt được các màu trung gian khác.

Nhiệt độ của màu °K	Màu sắc tương đương với	Tổ hợp các màu của đèn huỳnh quang
1900	Ánh sáng ngọn nến	6 màu vàng của vàng + 4 hồng
2360	Ngọn đèn khí	5 màu vàng của vàng + 2 hồng + 2 trắng
2848	Đèn sợi nung sáng 100W	6 màu hồng + 1 xanh lá cây
3500	Đèn huỳnh quang	Trắng 3500; hoặc 2,2 xanh lá cây + 1 xanh da trời + 9 màu hồng; hoặc 4 xanh da trời + 1 da xanh lá cây + 15 màu vàng của vàng.
4500	Đèn huỳnh quang	Trắng 4500; hoặc 1 xanh da trời + 1 xanh lá cây + 3, 4 hồng, hay 4 xanh da trời + 1 xanh lá cây + 10 hồng.
6500	Ánh sáng ban ngày	Trắng 6500
10000	Ánh sáng bầu trời	11 trắng 6500 + 4 xanh da trời
24000	Ánh sáng bầu trời quang	10 xanh da trời + 1 xanh lá cây + 2 hồng
màu trắng "nóng"	Đèn huỳnh quang nóng	2 xanh da trời + 6 hồng + 1 xanh lá cây

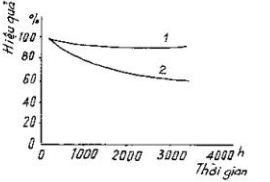
e) Sự mất chất lượng và thời gian phục vụ của đèn.

Giới hạn tuổi thọ bình thường của đèn huỳnh quang là do sự hủy diệt dần dần của chất phát xuất ở trên catốt. Thời gian làm việc của đèn với catốt nóng sẽ bị ảnh hưởng nhiều bởi số lần khởi động, vì trong giai đoạn khởi động sự lấy đi vật chất đối với lớp phát xuất là rất mạnh. (Đèn có đốt nóng trước sẽ cháy 6000 giờ, mỗi lần bật sáng làm việc 12 giờ, còn nó sẽ cháy 4000 giờ nếu mỗi lần bật sáng chỉ làm việc 6 giờ và sẽ cháy 2500 giờ nếu mỗi lần bật sáng chỉ làm việc 3 giờ).

Những bóng đèn với catốt lạnh có tuổi thọ khoảng 10.000 giờ bất kể số lần thắp sáng.

Khi chất tác dụng của một trong các catốt nóng bị hủy diệt, thì đèn cũng sẽ bắt đầu làm việc với nhấp nháy từng lúc.

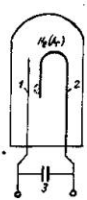
Trong quá trình làm việc, đèn sẽ đen dần và nhiều nhất là ở hai đầu, như vậy sẽ làm giảm quang thông (hình 13-26). Hiệu quả của ánh sáng sẽ giảm nhanh ở 100 giờ làm việc đầu tiên (khoảng 10%).



Hình 13-26. Sự giảm hiệu quả ánh sáng trong thời gian làm việc của đèn huỳnh quang.
1. Với loại đèn huỳnh quang với halogen-phosphat (ánh sáng ban ngày).
2. Ánh sáng ban ngày với WO_4Mg

f) Trang bị phụ của đèn huỳnh quang.

Để mồi bật sáng đèn với catốt nóng, hâm nóng trước, thì cần phải đưa vào catốt ở sợi nóng sáng *một bộ phận ngắt* dòng điện đốt nóng ngay khi đèn đã được cháy sáng. Vai trò của nó là thỏa mãn nhiệm vụ của một bộ phận khởi động *(stắc-te)*, nó làm việc như một ống phóng điện nhỏ; Cái *stắc-te* (hình 13-27) với chức năng phóng điện được tạo thành từ một ống nhỏ, đầy argon hay néon, có một trong hai điện cực được cấu tạo từ thanh lưỡng kim loại 2 mỏng uốn cong hình U.

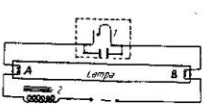


Hình 13-27. Sơ đồ của stắc-te dùng để phóng điện.

Khi đặt điện áp vào hai cực sẽ tạo nên sự phóng điện trong stắc-te. Do nhiệt lượng được tỏa ra, thanh lưỡng kim loại sẽ bị uốn biến dạng và tiếp xúc với điện cực 1, làm ngắn mạch stắc-te và để cho dòng điện cần thiết để sưởi nóng đi qua catốt của đèn. Sự đốt nóng catốt là điều kiện cần thiết cho sự phóng điện trong đèn huỳnh quang. Khi stắc-te đã phóng điện thì điện thế trên hai cực của nó giảm xuống, nhiệt lượng trên stắc-te cũng giảm.

Sau một thời gian ngắn, thanh lưỡng kim loại của stắc-te sẽ bị nguội và sẽ trở về dạng U ban đầu, stắc-te mở ra nên sẽ ngắt mạch điện. Lúc này, sự biến đổi đột ngột của cường độ trường từ của cuộn dây điện kháng sẽ cho một điện thế đỉnh 1000 ÷ 2000V, đủ để thiết lập sự phóng điện trong đèn huỳnh quang. Nếu sự phóng điện không thực hiện được thì *stắc-te* sẽ làm việc lại một cách tự động. Nếu sự phóng điện đã xảy ra thì *stắc-te* sẽ không còn tác động nữa. Cường độ dòng điện của đèn sẽ đạt đến cường độ của chế độ quy định rất nhanh; sự phóng điện được thiết lập ở điểm thuận lợi nhất của catốt và duy trì để catốt được nóng sáng (hình 13-28).

Chúng ta lưu ý rằng hiện tượng quá độ trong mạch điện đã xảy ra làm cho đèn có thể phóng từ cực *A* sang cực *B*. Các sóng điện từ phóng từ *A* sang *B* và ngược lại có tần số lớn, các sóng này đập vào màn huỳnh quang ở vách bóng và phát sinh ra các tia bức xạ thứ cấp (lần 2) ở các bước sóng này, mắt người ta mới cảm thấy được.



Hình 13-28. Mạch điện của đèn huỳnh quang dùng stắc-te.

Ưu điểm và khuyết điểm của đèn huỳnh quang :

Ưu điểm :

– Hiệu suất ánh sáng lớn, dùng ở nơi cần độ rọi lớn.

– Tuổi thọ cao.

– Diện tích phát quang lớn.

– Khi điện áp thay đổi trong phạm vi cho phép, quang thông giảm ít (1%).

Nhược điểm :

– Chế tạo phức tạp, giá thành cao, cosφ thấp.

– Quang thông phụ thuộc vào nhiệt độ, phạm vi phát quang cũng phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ thấp thì stắc-te làm việc cũng khó khăn.

– Khi đóng điện, đèn không thể sáng ngay.

g) Cải thiện hệ số công suất trong đèn huỳnh quang.

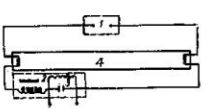
Cuộn kháng (máy biến áp) của mạch đèn huỳnh quang tạo nên một góc lệch pha và một sự biến đổi đường cong dòng điện và điện áp; hệ số công suất của mạch điện đèn huỳnh quang (được lắp theo sơ đồ hình 13-28) thay đổi giữa các giá trị 0,45 ÷ 0,60.

Hệ số công suất của mạch điện đèn huỳnh quang với các điện cực được hâm nóng trước có thể được cải thiện bằng cách đưa vào một tụ điện mắc như hình 13-29.

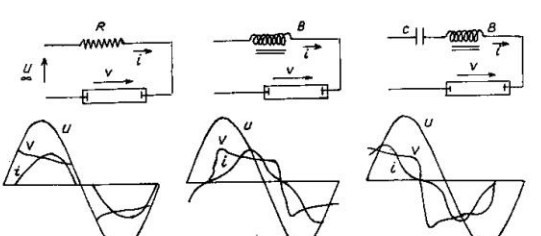
h) Vai trò của cuộn dây chấn lưu (chấn lưu điện cảm).

Chấn lưu điện cảm cho phép san bằng dạng sóng dòng điện. Dòng điện không còn hình sin nữa. Hình 13-30 giới thiệu các dạng sóng dòng điện và điện áp trên các cực của ống phóng điện trong trường hợp ổn định bằng điện trở (hình 13-30a) bằng cảm kháng (hình 13-30b) và tổ hợp cảm kháng và tụ điện (hình 13-30c) sao cho sóng cơ bản dòng điện vượt trước điện áp (bù quá).

Tụ điện mắc nối tiếp với chấn lưu hoặc mắc song song với bộ đèn - chấn lưu phải cho phép đạt được hệ số công suất 0,85.



Hình 13-29. Mạch điện đèn huỳnh quang có hệ số công suất được cải thiện.
1. Bộ phận đóng ngắt (công tắc)
2. Cuộn dây chấn lưu (chấn lưu điện cảm)
3. Tụ điện; 4. Đèn huỳnh quang



Hình 13-30

i) Chấn lưu điện tử.

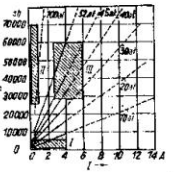
Do sự phát triển của kỹ thuật điện tử nên người ta đã nghiên cứu và thay thế các chấn lưu kiểu cuộn dây - lõi thép bằng một mạch bán dẫn nhẹ hơn và tiêu thụ điện năng ít hơn.

Vấn đề cơ bản ở đây là biến đổi tần số từ 50Hz lên khoảng 20KHz bằng bộ chỉnh lưu - nghịch lưu. Chấn lưu điện tử có kích thước nhỏ hơn nhiều so với các loại chấn lưu cuộn dây lõi thép và loại trừ được hiệu ứng nhấp nháy.

6. Những bóng đèn áp suất lớn.

a) Đèn hơi thủy ngân có áp suất cao và rất cao : Những đèn loại này đặt trong vùng thứ hai của biểu đồ hình 13-22 (vùng áp suất cao). Diện tích được gạch chéo ở hình 13-31 trình bày cả 3 vùng cấu tạo của đèn hơi thủy ngân có áp suất lớn và rất lớn.

Vùng I gồm có những đèn có áp suất lớn và dòng điện lớn được sử dụng trong chiếu sáng chung; vùng II gồm những đèn có áp suất lớn và rất lớn với dòng điện nhỏ; vùng III gồm những đèn có áp suất bé hơn những đèn có áp suất ở vùng II, song có dòng điện lớn hơn (đèn hình cầu). Những bóng đèn hơi thủy ngân ở vùng I có hai điện cực được phủ lớp oxyd kiềm thổ (alcaline - terreux-: Ba, Sr, Ca) được duy trì trong trạng thái nóng sáng thông qua sự phóng điện của đèn.



Hình 13-31. Các vùng của đèn với hơi thủy ngân áp suất lớn và rất lớn.

Cả hai điện cực được lắp trong ống thủy tinh với điểm nóng chảy cao để cho nhiệt độ ở trong đèn sẽ nâng cao hơn 500°C. Sự bật sáng của đèn này thực hiện nhờ một điện cực phụ đặt gần một trong các điện cực chính và được liên hệ với một điện cực chính khác thông qua một điện trở khoảng và nghìn ôm.

Đèn được chứa thêm hơi neon hay argon (bên cạnh hơi thủy ngân) vì rằng khi nguội lạnh, áp suất hơi bảo hòa sẽ không thỏa mãn để tạo nên châm mồi phóng điện - Lượng hơi thủy ngân đưa vào trong đèn được tính toán sao cho ở nhiệt độ làm việc bình thường của đèn, thì tất cả thủy ngân phải được bốc hơi và dưới dạng hơi thủy ngân. Ở loại này, khi sự thay đổi nhiệt độ bên ngoài không lớn quá hay khi sự thay đổi của chế độ dòng điện cung cấp, hoặc mật độ của hơi thủy ngân và do đó điện áp đốt nóng sẽ thay đổi ít. Thời gian đi vào chế độ ổn định chiếm từ 4 – 8 phút.

Ống phóng điện được đặt trong một ống hay bầu thủy tinh thứ hai với mục đích làm đồng đều tổn thất nhiệt.

Đèn loại này làm việc ở điện áp thường lớn hơn 200V và thông qua sự trung gian của một bộ phận giới hạn dòng điện.

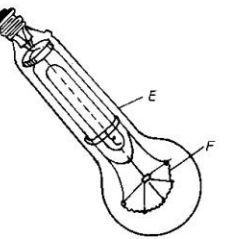
Những đèn loại này có nhược điểm là chỉ có thể bật sáng trở lại sau khi đã "nguội" hoàn toàn (5 - 6 phút). Vị trí làm việc của một số đèn loại này chỉ được phép đặt thẳng đứng. Nếu đặt nghiêng sẽ dẫn đến làm giảm hiệu quả sáng hoặc có thể làm hỏng đèn. Một số loại khác có thể được thiết kế cho phép làm việc ở bất kỳ vị trí nào.

Hiệu quả ánh sáng của chúng là từ 30 ÷ 40 lm/W. Độ chói của ống phóng của đèn từ 200 – 600 sb.

Bức xạ của một số đèn có hơi thủy ngân với áp suất lớn bao gồm các phần của vùng vàng, xanh lá cây, xanh da trời và tím của phổ. Ánh sáng của nó khác với ánh sáng ban ngày do không có bức xạ đỏ. Vì vậy, chúng có thể được dùng trong chiếu sáng các xưởng và chiếu sáng ở các đường giao thông mà ở đấy không cần phân biệt màu sắc.

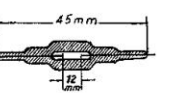
Màu ánh sáng được phát ra bởi đèn này có thể được hiệu chỉnh bằng cách thêm vào cadmi và kẽm ở thủy ngân của đèn, hoặc bằng cách tổ hợp hoặc sử dụng một số chất huỳnh quang mà nó phát ra những màu hơi đỏ khi được kích thích bởi tia bức xạ của cực tím gần đấy do đèn sinh ra. Hai biện pháp đầu tiên nêu ở trên sẽ dẫn đến làm giảm hiệu quả ánh sáng. Thông qua việc phủ bờ bên trong của bầu thủy tinh, chất huỳnh quang như silicat berili, stronti và liti tác dụng với mangan, người ta đã nhận được những bóng đèn huỳnh quang trong bầu thủy tinh với hiệu quả ánh sáng đến 40 lm/W. Những bóng đèn này có màu gần như màu của ánh sáng ban ngày và nó có dạng gần giống với dạng đèn nóng sáng.

Đèn hỗn hợp (hình 13-32) làm việc ở điện áp 200/260V có một công suất tổng 500W (đèn với nóng sáng 200W, đèn với phóng điện 300W) có hiệu quả ánh sáng 30 lm/W. Lớp bọc ngoài (E) của đèn là một bầu thủy tinh hình cầu chứa dây tóc vòng xoắn bằng wolfram (F) trong một không gian với khí argon hay nitơ. Dây tóc vòng xoắn đóng vai trò điện trở khi bật sáng. Một thời gian ngắn sau khi khởi động, một phần của vòng xoắn bị ngắn mạch bởi một tấm lưỡng kim loại, và cuối cùng nó sẽ làm việc với hiệu quả ánh sáng cao hơn. Đèn này có nhược điểm là chiều dài khoảng 40 cm.



Hình 13-32. Đèn hỗn hợp thủy ngân - nóng sáng

Những bóng đèn ở vùng II của biểu đồ hình 13-31, chúng có áp suất 70 – 200 at. Chúng là những chiếc đèn được làm lạnh bằng nước, được cấu tạo từ một cái ống có đường kính trong khoảng 1 - 2mm (hình 13 - 33). Điện áp của đèn là 800 V ở cường độ dòng điện khoảng 2A, chiều dài phóng điện khoảng 10mm, còn công suất tiêu thụ khoảng 1400 W/cm chiều dài. Những đèn loại này đạt đến độ chói 100.000 sb. Song chúng có tuổi thọ rất ngắn (20 ÷ 50 giờ). Những ống có áp suất 100 at, 500W ở 420V và 1,5A có tuổi thọ khoảng 100 giờ; chúng có quang thông 38.000 *lm* và có độ chói 30.000 ÷ 35000 Sb. Chiều dài phóng điện khoảng 20mm



Hình 13-33. Đèn hơi thủy ngân có áp suất rất lớn

Những đèn ở vùng III của biểu đồ hình 13-31 có áp suất 20 ÷ 50 at. chúng là những bóng đèn làm lạnh bằng không khí, được cấu tạo từ một bầu có đường kính 3 – 4cm bờ tường dầy, có hai điện cực với oxýt phát xuất ở một khoảng cách khoảng 4mm (hình 10-34). Những đèn ở vùng II và III được dùng trong đèn chiếu.

b) Đèn hơi natri có áp suất cao

Ở nhiệt độ trên 1000°, có áp suất cao thì natri phát ra các vạch khác trong phổ nhìn

thấy và do đó cho ánh sáng trắng hơn có màu sắc "nóng" hay còn gọi là màu sắc ấm áp, nhiệt độ màu từ 2000 đến 2500°K.

Đèn phóng điện có kích thước giảm tương đối nhiều để duy trì nhiệt độ và áp suất và được làm bằng thủy tinh alumin, thạch anh bị ăn mòn bởi Na. Ống đặt trong bóng hình quả trứng hay hình ống có đui xoáy.

Hình 13-34. Hình dạng của đèn hình quả cầu với hơi thủy ngân, có áp suất rất lớn.

Theo tư liệu của hãng Philips, có đèn hơi natri áp suất cao SON-SON/T (hình 13-35).

Các đặc tính của đèn như sau :

- Hiệu quả ánh sáng có thể đạt đến 120 lm/W

- Chỉ số màu xấu (Ra ≈ 20), nhưng để bù lại, đèn có nhiệt độ màu thấp dễ chịu ở mức độ rọi thấp.

- Tuổi thọ theo lý thuyết là 10.000 giờ

Được dùng chủ yếu để chiếu sáng ngoài trời, trong các vùng dân cư như đường xá, bến đậu xe, bến đậu tàu và trong một số công trình thể thao.

c) Đèn halogen kim loại.

Trong hỗn hợp hơi thủy ngân và halogen áp suất cao như iođua - natri hoặc tali thì sự phóng điện cho ta một màu trắng từ 4000 – 6000°K.

Các đặc tính của đèn như sau :

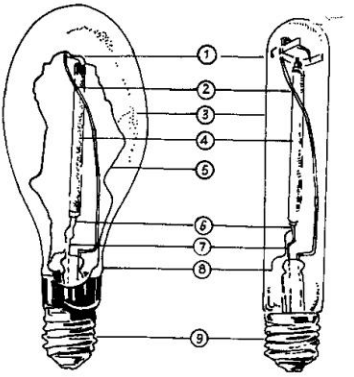
- Hiệu quả ánh sáng có thể đạt đến 95 lm/W

- Tuổi thọ trung bình là 4000 giờ

- Chỉ số màu chấp nhận được và khoảng 60 – 90.

Theo cỡ công suất từ 250 ÷ 2000 W, đèn halogen kim loại được sử dụng để chiếu sáng diện tích lớn với yêu cầu cao trong việc thể hiện màu sắc như chiếu sáng các sân thể thao khi cần truyền hình màu.

Nhược điểm của loại này là giá thành cao và trong quá trình sử dụng bị giảm nhiệt độ màu. Thông thường dùng từ 500 đến 1000 giờ thì nên thay đèn để giữ vững chất lượng màu trong việc truyền hình.



Hình 13-35. Một loại đèn hơi natri cao áp
1. Giá đỡ giữ đèn ống
2. Đầu điện vào
3. Bóng elip hay hình ống bằng thủy tinh bền.
4. Ống phóng điện oxit nhôm để có hiệu suất cao
5. Lớp phủ bên trong
6. Thiết bị dãn nở để khử ứng suất nhiệt trên mối hàn và ống phóng điện
7. Giá đỡ đưa dòng điện vào
8. Chất hút khí để giữ chân không cao, đảm bảo hiệu quả ánh sáng cực đại
9. Đui xoáy

Hình 13-36 là hình dạng một loại đèn halogen kim loại cao áp.

Ở hình này :

1. Vòng cố định

2. Vỏ ngoài hình ống hoặc elip bằng thủy tinh bền

3. Lớp phủ bên trong

4. Ống phóng điện thạch anh

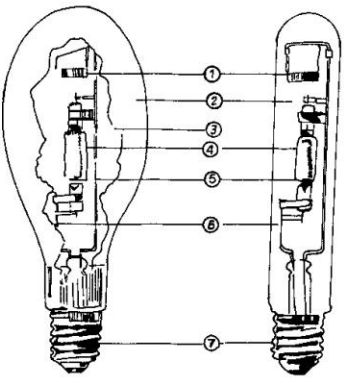
5. Bộ phận bảo vệ giá đỡ

6. Giá đỡ và đưa dòng điện vào

7. Đui xoáy.

7. Các đèn dựa cơ sở trên hồ quang điện

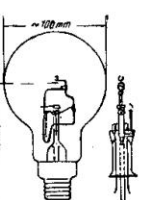
Sự phóng điện trong chế độ hồ quang được đặc trưng thông qua điện áp giáng catot giảm (10 – 20V) do có sự phát xuất của các điện tử từ catốt khá mạnh. Sự xuất hiện hồ quang là do bởi điều kiện cường độ dòng điện lớn và áp suất của khí cao.



Hình 13-36: Đèn halogen kim loại cao áp.

a) Những đèn hồ quang giữa các điện cực bằng Wolfram

Được dùng trong những bóng đèn dạng điểm. Hồ quang tạo nên giữa hai điện cực bằng Wolfram đặt cách nhau 2 ÷ 3 mm trong một bầu đèn (giống như bầu đèn loại nung sáng) đầy khí trơ (argon, Nitơ).



Hình 13-37 : Đèn hồ quang giữa các điện cực Wolfram

Sự bật sáng của đèn thực hiện :

* Thông qua sự phát xuất nhiệt điện tử của một sợi dây đốt phụ.

* Thông qua sự phóng điện phụ, sự phóng điện phụ này sẽ ion hóa khí giữa các điện cực.

* Đặt các điện cực tiếp xúc nhau và sau đó làm các điện cực xa nhau nhờ miếng lưỡng kim loại (hình 13-37).

Hồ quang giữa các điện cực bằng Wolfram có thể làm việc trong dòng điện xoay chiều hay một chiều.

Bảng 13-15 : Cho ta các đặc tính kỹ thuật của các bóng điện hồ quang giữa các điện cực bằng Wolfram.

Bảng 13-15

Loại dòng điện	Cường độ dòng điện [A]	Cường độ ánh sáng cực đại [cd]	Đường kính của các điện cực	Độ chói [Sb] [mm]	Thời gian sử dụng giờ [h]
Một chiều	2	150	3,4	1650	300
	4	350	5,2	1650	300
	7,5	1000	6,0	2100	150
Xoay chiều	2	100	2,8	1650	300
	4	200	4,0	1600	300
	7,5	450	5,2	2100	150

Những bóng đèn này được dùng trong những thiết bị quang học

b) Những đèn điện - phát quang (electroluminescence)

Trong những năm gần đây người ta đã sản xuất ra những loại đèn mà sự phát ánh sáng của nó nhờ vào hiện tượng điện phát quang. Những bóng đèn loại này cấu tạo bởi một lớp mỏng chất động vật phát quang (luminophore) (như sulfua kẽm, silicat v.v...) đặt giữa hai điện cực bằng kim loại, giữa chúng đặt điện áp xoay chiều tần số thấp (50 – 500 Hz) có trị số hàng trăm vôn. Một trong những điện cực kim loại được tạo nên bởi một thanh kim loại được phủ lớp men (email) hay chất dẻo (plastic) trong đó bao hàm chất phát quang (chiều dày của lớp này khoảng vài phần mười μ). Điện cực thứ hai là một lớp kim loại sao cho ánh sáng được phát bởi chất động vật phát quang (luminophore) đi qua được.

Những đèn loại này có dạng tấm bản được lắp trên trần nhà hay trên các bức tường của những căn phòng v.v...

Độ chói của những đèn này đạt đến 0,01 sb, còn hiệu quả ánh sáng của nó được nâng lên ở những đèn cỡ mới đến 10 lm/W.

Màu của ánh sáng có thể được thay đổi trong một giới hạn khá rộng theo trạng thái của động vật phát quang và điện áp đặt.

13.3. Chao đèn

Chao đèn là bộ phận bao bọc ngoài bóng đèn. Nó được dùng để phân phối lại quang thông của bóng đèn một cách hợp lý và theo yêu cầu nhất định. Chao đèn còn có tác dụng bảo vệ cho mắt khỏi bị chói, bảo vệ cho bóng đèn khỏi bị va đập bụi bám và bị phá hủy bởi các chất khí ăn mòn v.v... chao đèn còn có tác dụng về thẩm mỹ, làm tăng vẻ đẹp của hệ thống chiếu sáng.

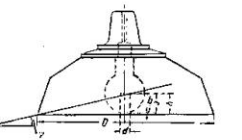
Nhờ có các loại chao đèn khác nhau nên người ta có thể phân bố quang thông của các đèn theo yêu cầu khác nhau. Theo yêu cầu, người ta có thể chiếu rộng, chiếu đều, chiếu sâu hoặc chiếu hẹp. Mỗi nơi làm việc có yêu cầu phân bố quang thông riêng, nếu diện tích làm việc là một khoảng rộng thì phải dùng hình thức chiếu sáng rộng hoặc đều. Khi cần tập trung ánh sáng vào một vùng nào đó thì phải dùng hình thức chiếu sáng sâu và hẹp.

Hai chỉ tiêu chủ yếu của chao đèn là hiệu suất và góc bảo vệ.

13.3.1. Đường giới hạn, góc bảo vệ

Chao đèn mà hệ thống quang học thiết lập một bề mặt hở ở phía dưới như hình 13-38 được gọi là *đường giới hạn*. Góc tạo bởi đường giới hạn và đường nằm ngang được gọi *là góc* bảo vệ trong mặt phẳng kinh tuyến tương ứng :

$\psi = \text{arctg}\frac{2h}{D+d}$; góc này được định nghĩa là góc lớn nhất mà có thể thực hiện từ đó tia trông thấy được với đường nằm ngang trong mặt phẳng kinh tuyến tương ứng, không vướng chao đèn.



Hình 13-38 : Góc bảo vệ ψ của chao đèn nung sáng.
h – là khoảng cách từ sợi dây tóc đến mép dưới của chao đèn; d – đường kính của vòng dây sợi đốt của đèn; D – đường kính của miệng chao đèn.

Đối với những chao đèn đối xứng, các góc bảo vệ của tất cả các mặt phẳng kinh tuyến thực tế bằng nhau.

Hiệu suất của chao đèn R là tỉ số giữa quang thông của đèn có chao Φ_a và quang thông tổng Φ_l của bản thân bóng đèn.

$$R = \frac{\Phi_a}{\Phi_l}.$$

13.3.2. Điều khiển sự phân bố ánh sáng.

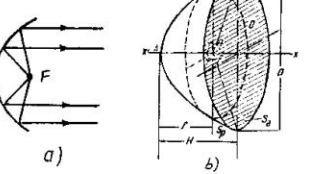
a) Sự phản xạ :

Sự phản chiếu trên một mặt nói chung có nhiều nguyên nhân phối hợp.

– Sự phản xạ đều : tuân theo các định luật quang học, có *góc tới* bằng *góc phản xạ*.

– Cách điều khiển này là do các đèn pha có hình dạng parabôn hoặc elip đơn giản.

Nếu nguồn sáng đặt ở tiêu điểm F thì tia phản xạ sẽ song song đối với một mặt có mặt cắt hình parabol như hình 13 – 39.

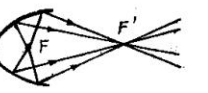


Hình 13-39 : Các yếu tố hình học của đèn chiếu đối với một mặt có mặt cắt hình parabon.

Đối với trường hợp hình elip (hình 13 – 40), ta có tia phản xạ hội tụ về tiêu điểm thứ hai F'.

Hệ số phản xạ ρ_r có thể đạt từ 0,85 đến 0,93 (nếu được tráng gương hay tráng bạc).

Sự phản xạ có thể là đều hay hoàn toàn phân tán. Hình 13.41 là đường cong cường độ phản xạ đối với các dạng phản xạ.

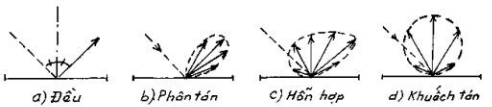


Hình 13-40

b) Sự truyền

Sự truyền có thể có nhiều dạng truyền : như truyền đều, phân tán, hỗn hợp hay khuếch tán.

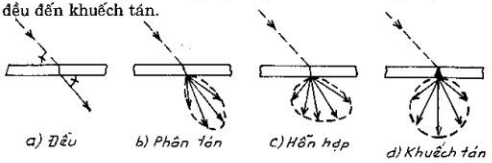
Sự truyền đều không làm thay đổi phương. Hệ số truyền đều ρ_t nằm trong khoảng 0,8 – 0,9.



Hình 13-41 : Đường cong cường độ phản xạ đối với các loại phản xạ

Hệ số truyền khuếch tán ρ_t nằm trong khoảng $0,1 \div 0,6$

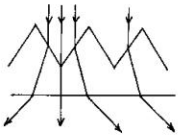
Hình 13-42 cho hình dạng các cường độ truyền đối với các vật liệu có các mặt song song từ truyền đều đến khuếch tán.



Hình 13-42. Hình dạng các cường độ truyền đối với các dạng truyền.

c) Sự khúc xạ.

Khúc xạ là sự thay đổi hướng của các tia sáng liên tiếp qua các tiết diện lăng kính. Bộ khúc xạ thường có rãnh khía, có đáy chung. Hình 13-43 giới thiệu một phần tử loại này.



Hình 13-43

13.4. Các phương pháp để tính toán hệ thống ánh sáng

Tính toán hệ thống chiếu sáng thực chất là tính toán hệ thống chiếu sáng trung bình, tính toán sự phân bố ánh sáng trên những diện tích chiếu sáng khác nhau.

Trong nhiều trường hợp khi tính toán phải quan tâm đến độ chói của nguồn sáng hay của bề mặt được chiếu sáng, vì những đại lượng này có thể làm ảnh hưởng đáng kể đến những điều kiện nhìn thấy theo yêu cầu đặt ra.

13.4.1. Các phương pháp tính toán chiếu sáng và độ chói.

Người ta phân thành hai phạm trù lớn.

a) Bề mặt được chiếu sáng không góp phần đáng kể vào sự chiếu sáng tương hổ của nó.

Trong trường hợp này tính toán chiếu sáng và độ chói có thể thực hiện theo cách *điểm với điểm* trên cơ sở những công thức chung của tính toán ánh sáng, nếu chúng ta biết dạng hình học và đường cong phân phối của cường độ nguồn sáng, cũng như chúng ta biết vị trí tương hổ của nguồn sáng và của bề mặt được chiếu sáng và những phẩm chất quang học của những bề mặt này. Đối với phạm trù này, người ta đưa vào : ánh sáng bên ngoài (đường xá, phố xá, v.v...) ánh sáng do các đèn chiếu có thể có (đèn pha của ôtô, các đèn ở xa), ánh sáng bên trong v.v...

b) Các bề mặt chiếu sáng có phần đóng góp đáng kể vào sự chiếu sáng tương hổ của chúng.

Trong trường hợp này, tính toán chiếu sáng rất phức tạp để có thể thực hiện được trên cơ sở những công thức chung của tính toán ánh sáng. Trong trường hợp này người ta dùng phương pháp tính toán theo các yếu tố sử dụng, để ý đến kinh nghiệm có được khi sử dụng các nguồn sáng (quang thông, sự phân chia cường độ v.v...) của những bề mặt giới hạn các phòng (kích thước phòng, yếu tố phản xạ của trần nhà, các bức tường và nền nhà) và sự duy trì của những đặc điểm này.

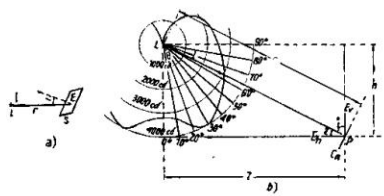
13.4.2. Tính toán chiếu sáng và độ chói khu vực (cục bộ).

a) Nguồn sáng dạng điểm. Theo cách nhìn về tính toán độ rọi, chiếu sáng, một nguồn ánh sáng có thể được xem như dạng điểm, nếu kích thước hình học cực đại của nó chỉ bằng một phần năm khoảng cách r giữa nguồn sáng và bề mặt được chiếu sáng.

Nếu chúng ta biết cường độ I của nguồn sáng L (hình 13-44a) theo hướng bề mặt của ánh sáng S, thì độ rọi E trong mặt sáng S được cho bởi biểu thức sau :

$$E = \frac{I}{r^2} \cos i$$

Ở đây : i – là góc tới của ánh sáng.



Hình 13-44. Độ rọi sinh ra bởi một người sáng dạng điểm.

Thực tế quan trọng là độ rọi sinh ra bởi một nguồn sáng L đặt ở chiều cao h trên một mặt phẳng nằm ngang. Độ rọi ở một điểm P (hình 13-44b) đặt ở khoảng cách nằm ngang l (so với đường thẳng đứng đi qua nguồn sáng) trên bề mặt được đặt bình thường đối với ánh sáng tới (En)... theo chiều nằm ngang (Eh) và thẳng đứng (Ev), phụ thuộc vào góc θ của biểu đồ cực mà nó chứa đường cong chỉ thị của nguồn. Góc θ đồng thời là góc tới i trên mặt phẳng nằm ngang. Từ hình 13-44, chúng ta có kết quả là :

$$\begin{cases} h = r \cos i \\ \dfrac{l}{h} = \text{tg } i \\ \cos \gamma = \sin i \end{cases}$$

Từ đây, chúng ta có : $En = \frac{I}{r^2} = \frac{I}{h^2} \cos^2 i$

$$Eh = \frac{I}{r^2} \cos i = \frac{I}{h^2} \cos^3 i$$

$$Ev = \frac{I}{r^2} \cos\gamma = \frac{I}{h^2} \cos^2 i \,.\, \sin i$$

Bảng 13-16. Hàm số lượng giác dùng khi tính độ rọi.

$\frac{l}{h} = tg\ i$	i		sin i	$sin^2 i$	cos i	$cos^2 i$	$cos^3 i$	$cos^2 i - sin\ i$
	grad	radian						
0,00	0°00'	0,000	0,000	0,0000	1,000	1,0000	1,000	0,000
0,05	2°52'	0,050	0,050	0,0025	0,999	0,9975	0,996	0,050
0,10	5°43'	0,100	0,100	0,010	0,995	0,990	0,985	0,099
0,15	8°32'	0,149	0,148	0,022	0,989	0,978	0,967	0,145
0,20	11°19'	0,197	0,196	0,039	0,981	0,961	0,943	0,189
0,25	14°02'	0,245	0,243	0,059	0,970	0,941	0,913	0,228
0,30	16°42'	0,291	0,287	0,083	0,958	0,917	0,879	0,264
0,35	19°17'	0,337	0,330	0,109	0,944	0,891	0,841	0,294
0,40	21°48'	0,380	0,371	0,138	0,929	0,862	0,800	0,320
0,45	24°14'	0,423	0,410	0,168	0,912	0,832	0,758	0,341
0,50	26°34'	0,464	0,447	0,200	0,894	0,800	0,716	0,358
0,60	30°58'	0,540	0,515	0,265	0,857	0,735	0,630	0,378
0,70	35°00'	0,611	0,574	0,329	0,819	0,671	0,550	0,385
0,80	38°40	'0,675	0,625	0,390	0,781	0,610	0,476	0,381
0,90	41°59'	0,733	0,669	0,447	0,743	0,553	0,411	0,371
1,00	45°00'	0,785	0,707	0,500	0,707	0,500	0,354	0,354
1,10	47°44'	0,833	0,740	0,548	0,673	0,452	0,304	0,335
1,20	50°12'	0,876	0,768	0,590	0,640	0,410	0,262	0,315
1,30	52°26'	0,905	0,793	0,628	0,610	0,372	0,227	0,295
1,40	54°28'	0,951	0,814	0,662	0,581	0,338	0,196	0,275
1,50	56°19'	0,983	0,832	0,692	0,555	0,308	0,171	0,256
1,60	58°00'	1,012	0,848	0,719	0,530	0,281	0,149	0,238
1,80	60°57'	1,064	0,874	0,764	0,486	0,236	0,114	0,206
2,00	63°26'	1,107	0,894	0,800	0,447	0,200	0,0895	0,179
2,20	65°33'	1,144	0,910	0,829	0,414	0,171	0,0709	0,156
2,40	67°23'	1,176	0,923	0,852	0,385	0,148	0,0569	0,137
2,60	68°58'	1,204	0,933	0,871	0,359	0,129	0,0462	0,120
2,80	70°21'	1,228	0,942	0,887	0,336	0,113	0,0380	0,106

3,00	71°34'	1,249	0,949	0,900	0,316	0,100	0,0316	0,095
3,50	74°03'	1,292	0,962	0,924	0,275	0,076	0,0208	0,073
4,00	75°58'	1,326	0,970	0,941	0,242	0,059	0,0143	0,057
4,50	77°28'	1,352	0,976	0,953	0,217	0,047	0,0102	0,046
5,00	78°41'	1,373	0,981	0,961	0,196	0,039	0,0076	0,038
5,50	79°42'	1,391	0,984	0,968	0,179	0,032	0,0057	0,031
6,00	80°32'	1,406	0,986	0,973	0,164	0,027	0,0045	0,027
6,50	81°15'	1,418	0,988	0,977	0,152	0,023	0,0035	0,023
7,00	81°52'	1,429	0,990	0,980	0,141	0,020	0,0028	0,020
7,50	82°24'	1,438	0,991	0,983	0,132	0,017	0,0023	0,017
8,00	82°53'	1,447	0,992	0,985	0,124	0,015	0,0019	0,015
8,50	83°17'	1,454	0,993	0,986	0,117	0,014	0,0016	0,014
9,00	83°40'	1,460	0,994	0,988	0,110	0,012	0,0013	0,012
9,50	83°59'	1,466	0,995	0,989	0,105	0,011	0,0012	0,011
10,00	84°17'	1,471	0,995	0,990	0,100	0,010	0,0010	0,010

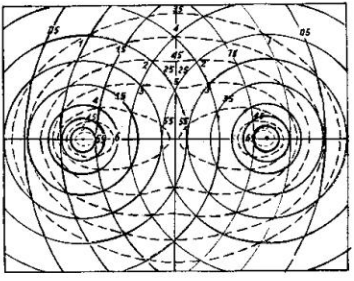
Bài toán áp dụng : Hãy tính độ rọi nằm ngang, sinh ra bởi một nguồn sáng, có sự phân bố cường độ như hình 13-44b và đặt ở chiều cao h = 8m trên mặt phẳng được chiếu sáng, ở một khoảng cách nằm ngang l = 16m.

Giải : Chúng ta được $\frac{l}{h} = 2,0$; Từ bảng 13-16 với $\frac{l}{h} = \text{tg } i = 2,0$ ta có $i = 63^{\circ}26'$ và $\cos^3 i = 0,089$. Từ hình 13-44b, kết quả cho ta $i = \theta = 63^{\circ}26'$ với I giả thiết cho là 3000 cd.

Vậy độ rọi nằm ngang : $Eh = \frac{I}{h^2}\cos^3 i = \frac{3000}{64} . 0,089 = 4,17 lx$

Đối với những nguồn điện có phát xuất ánh sáng với sự đối xứng tròn xoay đối với một trục thẳng góc với mặt phẳng được chiếu sáng (như vậy được gọi là nguồn đối xứng), những đường cong đội rọi bằng nhau (isolux) là những vòng tròn đồng tâm. Những đường cong độ rọi bằng nhau "isolux" lũy tích sẽ nhận được bằng cách tìm trên biểu đồ *isolux* được xếp chồng của những nguồn, những điểm giao nhau của đường cong có tổng độ rọi là hằng số và hãy nối những điểm này thành một đường cong mới. Như vậy, ở hình 13-45, đường cong isolux lũy tích đối với hai nguồn ghi là 5 lx, đi qua các điểm mà ở đấy là giao điểm của các đường cong isolux 4 và 1 lx ; 3,5 và 1,5 lx; 3 và 2 lx; 2,5 và 2,5 lx của cả hai nguồn.

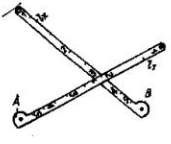
Thực hành, những đường cong isolux lũy tích của một số nguồn đối xứng có thể vạch ra được nhờ hai cây thước có vạch chia độ rọi, sinh ra ở khoảng cách theo chiều nằm ngang của mỗi nguồn. Những cây thước này cố định sao cho ở hai trung tâm chung A và B của đường cong isolux, sao cho có thể quay xung quanh những trung tâm này (hình 13-46). Ví dụ nếu như người ta tìm đường cong isolux lũy tích tương ứng của một độ rọi 5 lx, những điểm của đường cong này tìm thấy ở sự giao nhau của những cây thước đặt sao cho tổng của hai sự phân chia trên hai cây thước phải bằng với 5 lx (1 + 4; 1,5 + 3,5; 2 + 3; 2,5 + 2,5; 3 + 2 v.v...).



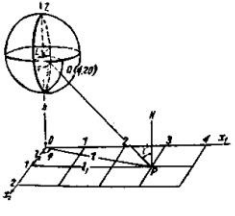
Hình 13-45. Các đường cong isolux lũy tích

Để cho nguồn sáng phát ánh sáng chỉ trong *một mặt phẳng đối xứng* như ở trường hợp rất nhiều chao đèn dùng cho các đường giao thông và một số trường hợp chiếu sáng công nghiệp, chúng ta cần thực hiện theo phương pháp các đường cong đẳng nến (isocandela).

Chúng ta hãy xếp chồng trên mặt phẳng nằm ngang chiếu sáng một hệ trục tọa độ vuông góc x_1, x_2 với góc tọa độ O ở tại điểm mà nó thẳng góc với OZ đi qua nguồn sáng (hình 13-47).



Hình 13-46. Xây dựng đường cong isolux lũy tích.



Hình 13-47. Tính toán độ rọi sinh ra do nguồn sáng không đối xứng.

Mặt phẳng x_2OZ là mặt phẳng đối xứng của sự phân bố cường độ. Nguồn sáng L được đặt ở chiều cao h, còn điểm P là điểm mà ở đấy chúng ta muốn xác định độ rọi, sẽ đặt ở khoảng cách $l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}$.

Ở đây, l_1 là khoảng cách dọc và l_2 là khoảng cách ngang của điểm P đối với O (hình 13-47).

Các tọa độ điểm P là $x_1 = \frac{l_1}{h}$ và $x_2 = \frac{l_2}{h}$, tức là tất cả những khoảng cách trong mặt phẳng nằm ngang đều có tỉ lệ đối với chiều cao của nguồn sáng nằm trên mặt phẳng này.

Để tính được độ rọi sinh ra ở P, thì ngoài chiều cao h của nguồn, chúng ta cần phải biết cường độ của nó theo hướng của P và góc tới i.

Từ hình 13-47, chúng ta được ngay :

$$\frac{l}{h} = \text{tgi} = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$$

Cường độ I của nguồn sáng theo hướng của P có thể tìm trên biểu đồ đường cong đẳng nến (isocandela) nếu chúng ta biết tọa độ cực θ và φ của điểm Q, trong đó tia LP xuyên qua quả cầu đến trung tâm L. Tùy theo tọa độ x_1 và x_2 của điểm P, các giá trị của θ và φ cho bởi biểu thức sau :

$$\text{tg}\,\theta = \text{tg}\,i = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$$

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{x_1}{x_2}$$

Ở bảng 13-17, chúng ta sẽ tìm được các giá trị $\frac{l}{h} = \text{tg}\,i$, θ và φ tùy theo các tọa độ x_1 và x_2. Đối với các giá trị âm của x_2, góc φ là bằng với 180° trừ đi góc được đọc trong bảng 13-17.

Bài tập ứng dụng : Chúng ta hãy tính toán độ rọi ở một điểm P cho trước của một nguồn không đối xứng với sự phân bố cường độ của hình đường cong đẳng nến (isocandela) (hình 13-48). Nguồn được đặt ở chiều cao h = 8m trên các bờ của con đường có chiều rộng 12m. Điểm P sẽ được chọn trên bờ đối diện của con đường (l_2 = 12m), ở một khoảng cách l_1 = 20m được tính theo trục đường của một cột treo đèn.

Giải : Tọa độ của P sẽ là :

$$x_1 = \frac{20}{8} = 2{,}5 \; ; \; x_2 = \frac{12}{8} = 1{,}5$$

Từ bảng 13-17, chúng ta tra được các giá trị (qua cách tính theo phép tam xuất) :

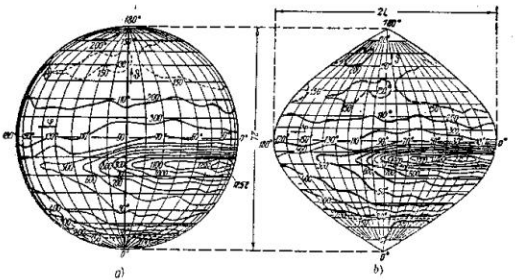
$\frac{l}{h} = \text{tg}\,i = 2{,}917$; $\theta = 71^\circ 04'$ và $\varphi = 59^\circ 04'$

Từ hình 13-48, ta sẽ được kết quả đối với các giá trị θ và φ là I = 1000 cd, trong khi đó, ở bảng 13-16 ta được đối với $\frac{l}{h} = 2{,}917$ thì $\cos^3 i = 0{,}035$. Độ rọi nằm ngang ở trên mặt đường tại điểm cần xét sẽ là :

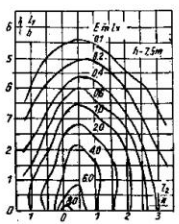
$$Eh = \frac{I}{h^2} = \cos^3 i = \frac{1000}{64} \cdot 0{,}035 = 0{,}547\text{lx}$$

Theo phương pháp này, chúng ta có thể tính toán độ rọi tạo nên bởi một nguồn theo dạng điểm bất kỳ nào trong một mặt phẳng và chúng ta cũng có thể vạch các

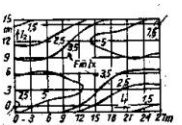
đường cong isolux tương ứng. Hình 13-49 là những đường cong isolux đối với một nguồn sáng không đối xứng và hình 13-50 là những đường cong isolux lũy tích đối với hai nguồn không đối xứng được đặt trên những phần đối diện nhau của một con đường, ở khoảng cách dọc l_1 = 27m.



Hình 13-48. Đường cong đẳng nến isocandela
a) Trên quả cầu đơn vị; b) Trên diện tích được trải ra của nửa quả cầu.



Hình 13-49. Những đường cong isolux đối với một nguồn không đối xứng.



Hình 13-50. Những đường cong isolux lũy tích đối với hai nguồn không đối xứng.

b) Độ rọi trung bình.

Được tạo nên bởi trang thiết bị chiếu sáng. Có thể được tính theo 2 phương pháp :

– Phương pháp 1 : Rút ra từ biểu đồ đường cong isolux lũy tích, độ rọi E ở những vị trí khác nhau được xác định bởi trục tọa độ x_1 và x_2 trên khoảng cách dài dọc theo hai vật thể sáng (hai nguồn sáng hay hai tập hợp nguồn sáng) liên tiếp nhau. Tổng ΣE của chúng phân bố trên diện tích và cho độ rọi trung bình.

- *Phương pháp 2 :* Người ta áp dụng khái niệm *về hệ số sử dụng*. Hệ số sử dụng u của một nguồn sáng sơ cấp trong một trang bị ánh sáng nhất định là tỉ lệ giữa quang thông hữu ích Φ_u được dùng có hiệu quả đối với độ rọi của bề mặt và quang thông tổng Φ_c được phát ra bởi nguồn.

$$u = \frac{\Phi_u}{\Phi_c}$$

Hệ số sử dụng của một trang bị ánh sáng đối với một đại lộ (xa lộ) sẽ là : tỉ lệ giữa quang thông nhận được của con đường với quang thông tổng được phát ra của các ngọn đèn được dùng.

Hệ số sử dụng được xác định một cách dễ dàng là quan hệ của biểu đồ của đường cong đẳng nến "isocandela" vừa ở trong trường hợp vật thể sáng đối xứng (1), và vừa ở trong trường hợp vật thể sáng không đối xứng. Người ta sẽ vạch trên biểu đồ đó những giới hạn của bề mặt do đường đại lộ đã chiếm, đi từ tọa độ x_1, x_2 đến tọa độ θ và φ.

Nhờ sự giúp đỡ của các biểu thức $tg\,\theta = tg\,i = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$ và $tg\,\varphi = \frac{x_1}{x_2}$. hay của bảng 13-17.

Sau đó, người ta xác định hoặc thông qua sự đo diện tích, hoặc thông qua phương pháp vùng – vừa quang thông tổng Φ_c được phát ra bởi nguồn vừa quang thông Φ_u được phát ra trong những giới hạn do đại lộ đã chiếm.

Hệ số sử dụng của trang bị ánh sáng được xác định như sau :

$$u = R_c \frac{\Phi_u}{\Phi_c}$$

(nếu không có sự góp phần phản chiếu trên những đồ vật xung quanh). Ở đây, R_c – hiệu suất của trang bị ánh sáng được sử dụng.

Độ rọi trung bình E_{tb} trên đại lộ có chiều rộng L_2, khoảng cách dọc theo đường giữa những trang bị ánh sáng được tính theo trục đường là L_1; Hệ số sử dụng của trang thiết bị là u và quang thông tổng được phát ra do các bóng đèn được lắp trong mỗi vật thể ánh sáng Φ_o, sẽ là :

$$E_{tb} = \frac{\Phi_o \,.\, u}{L_1 \,.\, L_2}$$

Nếu có nhiều hàng của các vật thể ánh sáng đặt song song nhau, thì quang thông của chúng sẽ được tính toán theo phép tổng.

Phương pháp hệ số sử dụng tránh được động tác vạch ra các đường cong đẳng độ rọi ("isolux") trước khi xác định độ rọi trung bình và do đó cho phép chọn sự thích hợp của vật thể ánh sáng và vị trí đặt chúng trước khi tiến hành nghiên cứu chi tiết hơn trong việc phân bố độ rọi. Cũng tương tự, người ta còn trình bày hệ số sử dụng u của một vật thể sáng tùy thuộc vào chiều rộng l_2 của đường giao thông (hình 13-51). Như vậy, chúng ta sẽ nhận được những hướng dẫn để sử dụng hợp lý một số vật thể sáng nhất định.

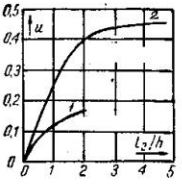
(1) Chúng ta nhớ rằng, đối với trường hợp các nguồn đối xứng, thì những đường cong đẳng nến (isocandela) là những đường thẳng nằm ngang trong biểu đồ đường hình sin.

Chúng ta cũng cần lưu ý là độ rọi được tính toán như vậy là độ rọi ban đầu. Sau một thời gian nào đó, sẽ có bụi bám và do đó sẽ làm giảm hiệu quả ánh sáng của nguồn sáng, hoặc sự biến đổi của các bề mặt phản chiếu v.v.. thì cũng sẽ làm giảm độ rọi ban đầu. Từ đó, để tính đến sự giảm này, thì chúng ta phải nhận độ rọi ban đầu với một hệ số sụt Δ ([1]). Như vậy, chúng ta sẽ nhận được độ rọi trung bình trong phục vụ : ký hiệu là E_{tbs}.

$$E_{tbs} = \frac{\Phi_c \cdot u \cdot \Delta}{L_1 \cdot L_2}.$$

c) Đèn chiếu

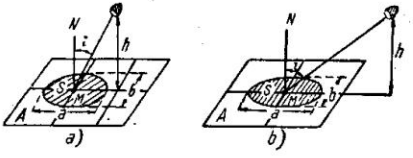
Những dụng cụ chiếu sáng này phát ánh sáng trong góc đặc hẹp, được dùng đối với độ rọi của một số số bề mặt chiếu sáng tương đối gần (mặt trước, tượng đài, ánh sáng phụ v.v...) hay rất xa.



Hình 13-51. Hệ số sử dụng tùy thuộc vào chiều rộng của đường giao thông.
1. Bờ hè, vỉa hè
2. Phần xe cộ đi lại được

α) *Trường hợp đầu tiên* (diện tích chiếu sáng tương đối gần).

Vấn đề được đặt ra là xác định số lượng đèn chiếu cần thiết để chiếu sáng hoàn toàn một diện tích A, tạo ra một độ rọi trung bình : E_{tb}.



Hình 13-52. Ánh sáng với đèn chiếu

Nếu nguồn sáng đặt ở khoảng cách h, tính toán thẳng góc với bề mặt A, như hình 13-52a. Chúng ta quan sát độ rọi trung bình thực hiện xung quanh một điểm M đặt ở phân nửa khoảng cách giữa chân thẳng góc mà nó đi qua máy chiếu và bờ xa nhất của bề mặt được chiếu sáng. Nếu đường thẳng góc đi qua nguồn sáng lại mà chân của đường thẳng góc lại nằm ngoài bề mặt A (hình 13-52b), thì chúng ta hãy quan sát độ rọi trung bình thực hiện ở trung tâm hình học của bề mặt A.

1. Hệ số sụt và hệ số dự trữ có quan hệ chặt chẽ với nhau. Do vì các lý do nêu trên đã làm giảm hiệu quả ánh sáng của nguồn sáng trong quá trình làm việc, nên khi thiết kế ta phải tính đến hệ số dự trữ.

Số lượng N của đèn chiếu giống nhau cần thiết để thực hiện độ rọi trung bình trong phục vụ E_{tbs} trên toàn bộ diện tích A sẽ là :

$$N = \frac{E_{tbs} \cdot A}{\Delta \cdot \Phi_c}$$

Ở đây Φ_c - quang thông tổng được phát ra bởi mỗi một đèn chiếu, còn Δ là hệ số sụt.

Diện tích elip ánh sáng bởi một đèn chiếu có góc mở hữu ích của chùm ánh sáng cho. δ [1] đặt ở khoảng cách thẳng góc h và khoảng cách theo chiều ngang l của một điểm của một mặt phẳng, được tính toán sẵn và cho ở bảng 13-18. Trong bảng này, S là diện tích hình elip, còn a và b là những trục lớn và nhỏ của hình elip. Nếu $\delta = 2\beta$ là góc mở có ích của chùm ánh sáng của đèn chiếu và i là góc tới của ánh sáng (hình 13-52a và b), thì a, b và S có thể tính toán được từ các công thức sau :

$$a = H\frac{\sin 2\beta}{\cos^2\beta - \sin^2 i};\quad b = H\frac{\sin\beta}{\sqrt{\cos^2\beta - \sin^2 i}};\qquad S = \pi H^2 \frac{\sin^2\beta \cdot \cos\beta}{\cos^2\beta - \sin^2 i)^{3/2}}$$

β) Trường hợp thứ hai (bề mặt chiếu sáng rất xa)

Vấn đề nêu lên là : nhờ sự giúp đỡ của một đèn chiếu có góc mở hữu ích δ, rất bé, hãy thiết lập độ rọi trên một diện tích đặt ở khoảng cách r_1 đối với đèn chiếu, sao cho đối với một người quan sát đứng ở khoảng cách r_2 của bề mặt chiếu sáng, bề mặt này có độ rọi biểu kiến E_a, cần thiết để thực hiện thị lực [2] hay tốc độ nhận thấy.

Độ rọi E_r sinh ra trên mặt tròn diện tích A ở khoảng cách r_1 sẽ bằng với quang thông Φ_o phát ra bởi đèn chiếu một góc đặc $\Omega = \frac{A}{r_1^2}$, phân phối ở diện tích A và nhân với hệ số truyền của khí quyển ở khoảng cách r_1 tính bằng km. Nếu ta gọi hệ số truyền của khí quyển khoảng cách 1 km là τ_o (gần bằng 0,9 đối với khí quyển hoàn toàn trong suốt) chúng ta có thể viết :

$$E_r = \frac{\Phi_o}{A} \cdot \tau_o^{r_1}$$

Nếu gọi E_o là độ rọi sinh ra bởi đèn chiếu ở khoảng cách 1 km, không để ý đến sự hấp thụ ánh sáng trong khí quyển, thì công thức trên có thể viết như sau :

$$E_r = \frac{E_o}{r_1^2}\tau_o^{r_1}$$

Độ rọi biểu kiến của bề mặt được chiếu sáng đối với một người quan sát đứng ở khoảng cách r_2 sẽ là :

$$E_a = \frac{E_o}{r_1^2}\tau_0^{(r_1 + r_2)}$$

(1) Góc mở hữu ích của chùm ánh sáng δ được xác định như là một góc ở đỉnh của hình nón tròn; bên trong của góc này, cường độ ánh sáng có một giá trị thỏa mãn để sử dụng.

(2) Khả năng của mắt người có thể phân biệt được hai điểm ở một độ sâu nhất định được gọi là thị lực. Khi thị lực bình thường thì mắt người có thể phân biệt được hai điểm ở khoảng cách (tính theo

Hoặc, nếu người quan sát đứng ở cạnh đèn chiếu, tức là $r_1 = r_2 = R$

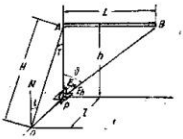
thì : $E_a = \frac{E_o}{R^2} \tau_o^{2R}$

R sẽ được gọi là *tia hoạt động* của đèn chiếu, nếu E_a là độ rọi biểu kiến nhỏ nhất.

d) Nguồn sáng dạng đường

Một nguồn sáng được gọi là dạng đường khi một kích thước của nó như hình 13-53.

Các nguồn sáng dạng đường phổ biến nhất là các đèn ống huỳnh quang. Chúng đồng thời lại là các nguồn sáng hầu như hoàn toàn khuếch tán.



Hình 13-53 Độ rọi sinh ra do một nguồn sáng đường nằm ngang đối với một điểm được đặt thẳng góc dưới một trong hai đầu của nguồn sáng.

Độ rọi ngang E_h sinh ra bởi một nguồn dạng đường nằm ngang, khuếch tán hoàn toàn có chiều dài L, tại một điểm P được đặt ở khoảng cách thẳng đứng h của một trong hai đầu của nguồn sáng (hình 13-53) được cho bởi biểu thức sau :

$$E_h = \frac{I_l}{2h}\left(\frac{hL}{h^2 + L^2} + \text{arctg}\frac{L}{h}\right) = = \frac{I_l}{2h}(\sin\theta \,.\cos\theta + \theta) \qquad (13\text{-}1)$$

Ở đây I_l - cường độ cực đại của một đơn vị chiều dài của bóng đèn ống huỳnh quang theo một hướng bình thường đối với nguồn sáng (hình 13-53), còn θ là góc mà dưới góc đó từ P người ta nhìn thấy đèn ống huỳnh quang. Nó có thể được xác định thông qua tỉ lệ $\frac{L}{h}$ khác nhau nhờ bảng 13-16 Giữa quang thông tổng Φ_o được phát ra bởi một nguồn sáng dạng đường khuếch tán hoàn toàn và I_l có quan hệ sau :

$$\Phi_o = \pi^2 I_l \,.\, L = 9{,}86\, I_l \,.\, L. \qquad (13\text{-}2).$$

Đối với những bóng đèn huỳnh quang mà chúng không phải là những nguồn sáng khuếch tán hoàn toàn, thì hệ số số học có giá trị trung bình 9,25.

Độ rọi E_v sinh ra bởi cùng một nguồn sáng ở tại điểm P, song lại trên một mặt phẳng thẳng góc với đèn (mặt phẳng APQ) của hình 13-53 được tính theo công thức sau :

$$E_v = \frac{I_l}{2h}\left(\frac{L^2}{h^2 + L^2}\right) = \frac{I_l}{2h}\sin^2\theta$$

Bảng 13-18. Kích thước của diện tích được chiếu sáng bởi một đèn chiếu.

Mở		10^0			15^0			20^0			25^0		
h	*l*	*S*	*a*	*b*	*S*	*a*	*b*	*S*	*a*	*b*	*S*	*a*	*b*
	0	5	3	3	10	4	4	18	5	5	30	7	7
	10	8	4	3	20	6	5	33	8	7	50	10	8
15	20	21	7	4	50	11	7	93	16	9	160	20	12
	30	52	14	6	130	21	9	250	30	13	460	41	17
	40	113	22	8	290	37	12	620	55	17	1300	83	23
	0	11	4	4	25	7	7	44	9	9	70	11	11
	20	23	7	5	50	11	8	100	15	12	150	19	14
25	40	71	16	8	170	25	13	330	34	17	540	45	22
	60	195	31	11	490	49	18	1030	73	25	1.960	105	34
	80	450	54	15	1.200	90	24	2.920	145	36	7.270	251	53
	0	38	9	9	90	13	13	155	18	18	210	20	20
	20	47	11	9	110	15	14	195	21	19	320	26	24
50	40	81	14	11	190	22	17	330	30	23	550	38	29
	60	150	22	14	340	33	20	630	45	28	1.070	58	36
	80	260	32	17	600	49	25	1.160	68	35	2.060	90	45
	0	67	13	13	170	20	20	310	26	26	480	33	33
	40	110	17	14	250	25	22	440	34	30	710	43	38
75	80	220	28	18	540	43	29	1.010	59	39	1.630	75	50
	120	530	48	25	1.210	74	38	2.320	102	52	3.930	135	67
	160	1.040	76	32	2.500	119	49	5.050	171	67	9.060	238	88
	0	120	17	17	310	26	26	490	35	35	770	44	44
	40	150	20	19	390	31	28	610	41	38	980	52	48
	80	250	29	22	580	44	34	1.050	59	46	1.700	75	58
100	120	470	43	28	890	66	41	2.000	90	56	3.290	116	72
	160	830	63	33	1.950	98	51	3.700	136	69	6.340	180	89
	200	1.300	80	42	–	–	–	6.650	201	84	–	–	–
	0	270	26	26	610	39	39	1.100	53	53	1.740	67	67
	40	300	28	27	680	42	41	1.230	57	55	1.940	71	69
150	80	400	34	30	900	51	45	1.630	69	60	2.580	87	76
	120	570	43	34	1.310	65	51	2.380	89	68	3.820	113	87
	160	860	57	39	1.970	86	58	3.610	117	79	5.920	151	100
	200	1.280	74	44	–	–	–	5.550	156	91	–	–	–
	0	480	35	35	1.090	53	53	1.940	71	71	3.090	89	89
	40	510	37	36	1.160	55	54	2.080	73	72	3.280	92	91
200	80	600	41	38	1.360	61	57	2.470	82	77	3.910	104	96
	120	770	48	41	1.730	72	61	3.160	97	83	5.030	123	104
	160	1.030	58	45	2.330	87	68	4.240	118	91	6.800	150	115
	200	1.370	71	50	–	–	–	5.800	146	102	–	–	–
	0	1.080	52	52	2.460	79	79	4.400	106	106	6.940	133	133
	40	1.110	53	53	2.520	80	80	4.520	108	107	7.140	136	134
300	80	1.200	56	54	2.720	85	82	4.890	114	110	7.740	143	138
	120	1.350	61	57	3.070	92	85	5.530	123	114	8.790	156	144
	160	1.580	68	60	3.590	102	90	6.480	137	120	10.300	173	152
	0	3.010	87	87	6.810	132	132	12.200	176	176	19.300	222	222
	40	3.030	88	88	6.870	133	132	12.300	177	177	19.500	223	222
500	80	3.120	90	89	7.070	135	133	12.700	181	179	20.100	228	225
	120	3.270	93	90	7.410	139	135	13.300	187	181	21.100	235	228
	160	3.490	97	92	7.900	145	138	14.200	195	185	22.500	246	233

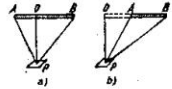
Mở		30°			35°			Mở		40°			50°		
h	*l*	*S*	*a*	*b*	*S*	*a*	*b*	*h*	*l*	*S*	*a*	*b*	*S*	*a*	*b*
	0	45	8	8	60	9	9		0	80	11	11	130	14	14
	10	80	12	10	110	14	12		5	110	13	12	175	17	16
15	20	240	20	14	360	32	17	15	10	150	17	14	260	22	18
	30	790	56	21	1.430	79	27		15	310	25	19	530	33	25
	40	2.900	133	33	8.690	622	50		20	630	43	23	1.250	63	30
	–	–	–	–	–	–	–		25	1.150	65	27	–	–	–
	0	100	13	13	140	16	16		0	185	18	18	305	23	23
	10	140	16	15	170	19	17		10	240	22	20	400	28	26
	20	220	23	18	310	28	20		20	450	33	24	800	44	32
25	30	430	36	21	660	45	27	25	30	970	55	32	2.050	83	44
	40	920	59	28	1.430	75	34		40	2.300	98	42	6.950	187	66
	50	1.930	94	37	3.270	131	45		50	6.450	194	60	–	–	–
	60	3.950	155	46	8.590	249	63	–	–	–	–	–	–	–	
	0	350	27	27	510	32	32		0	320	26	26	520	33	33
	20	450	33	29	650	37	34		10	380	28	27	580	37	32
50	40	800	46	35	1.160	55	41	35	20	510	35	32	890	47	39
	60	1.590	73	44	2.440	90	53		30	850	49	35	1.550	67	47
	80	3.200	117	56	5.300	151	69		40	1.490	71	43	5.000	105	59
	–	–	–	–	–	–	–		50	2.700	106	52	–	–	–
	0	700	40	40	970	47	47		0	470	33	33	780	42	42
	20	790	43	42	1.070	51	49		10	520	35	34	820	44	42
	40	1.060	53	46	1.460	63	54		20	650	40	37	1.070	52	47
75	60	1.590	69	53	2.200	83	61	45	30	890	49	42	1.550	67	53
	80	2.480	93	61	3.620	114	73		40	1.320	66	46	2.460	91	62
	100	4.000	128	72	5.780	160	84		50	2.100	87	55	–	–	–
	120	6.400	175	84	10.100	226	103	–	–	–	–	–	–	–	
	0	1.130	54	54	1.560	63	63		0	640	40	40	1.030	51	51
	40	1.430	63	58	1.980	74	68		20	790	46	44	1.300	59	56
100	80	2.550	92	70	3.560	110	82	55	40	1.320	66	51	2.330	88	88
	120	5.050	146	89	7.510	180	106		60	2.650	104	65	5.250	152	88
	160	10.300	234	112	–	–	–		80	5.600	172	83	–	–	–
	0	1.760	67	67	2.440	79	79		0	1.020	51	51	1.680	65	65
	40	2.130	73	71	2.870	88	83		20	1.180	55	54	1.940	72	69
125	80	3.090	97	80	4.350	116	96	70	40	1.680	71	60	2.860	93	78
	120	5.200	138	96	7.430	167	113		60	2.700	98	70	5.000	135	94
	160	9.140	200	116	–	–	–		80	4.700	142	84	–	–	–
	0	2.540	80	80	3.510	95	95		0	1.500	62	62	2.460	79	79
	40	2.880	86	85	3.900	102	97		20	1.680	67	64	2.750	85	82
150	80	3.820	105	92	5.300	125	108	85	40	2.130	78	69	3.600	102	90
	120	5.700	135	107	8.000	166	123		60	3.080	100	78	5.400	133	103
	160	10.300	234	112	–	–	–		80	4.750	132	92	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–		100	7.500	181	106	–	–	–
	0	4.500	107	107	6.250	126	126		0	2.100	73	73	3.400	93	93
	40	4.800	111	109	6.660	132	129		20	2.280	78	74	3.700	98	96
200	80	5.700	125	116	7.950	149	136	100	40	2.700	86	79	4.500	112	102
	120	7.500	150	127	10.300	178	148		60	3.500	104	87	7.800	138	113
	160	10.200	184	141	–	–	–		80	5.000	130	98	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–		100	7.300	168	110	–	–	–

Đối với một điểm P, mà nó không được đặt trên đường thẳng góc đi qua một trong hai đầu của nguồn sáng dạng đường (hình 13-54) thì độ rọi E_h và E_v có thể thu được từ tổng hay hiệu của hai biểu thức có dạng nêu ở trên. Như vậy, đối với trường hợp của hình 13-54a, độ rọi nằm ngang E_{AB} ở điểm P do toàn bộ đèn ống huỳnh quang AB, là kết quả của tổng độ rọi E_{AO}, do đoạn AO của đèn ống, với độ rọi E_{OB} do đoạn OB của đèn ống.

$$E_{AB} = E_{AO} + E_{OB}$$

E_{AO} và E_{OB} có thể được tính toán nhờ biểu thức (13-1). Tương tự, đối với trường hợp của hình 13-54b, chúng ta có thể viết :

$$E_{AB} = E_{OB} - E_{OA}$$



Hình 13-54. Độ rọi sinh ra do nguồn sáng dạng đường tại một điểm bất kỳ nào.

Độ rọi nằm ngang E_l tại điểm Q của một mặt phẳng song song với nguồn được đặt ở khoảng cách h của nguồn. Điểm Q được đặt ở khoảng cách l so với điểm P (xem hình 13-53) sẽ được tính như sau :

$$E_l = E_H \cdot \cos i$$

Ở đây E_H là độ rọi nằm ngang ở một điểm được đặt ở khoảng cách thẳng đứng :

$$H = \sqrt{h^2 + l^2}$$

Của cùng một đầu của đèn ống, được tính toán theo công thức 13.1, còn i là góc tới của ánh sáng đến Q. Các giá trị của cos i đối với những tỉ lệ $\frac{l}{h}$ khác nhau được tìm ở bảng 13-16.

Bài toán ứng dụng :

Hãy tính toán độ rọi nằm ngang E_l được tạo nên bởi hai đèn huỳnh quang, mỗi đèn có công suất 40W (η = 50 lm/W) được đặt đầu nối đầu ở chiều cao h = 1,60 m trên một cái bàn tại một điểm Q, điểm Q này được đặt trên một đường thẳng nối đến A của đèn, ở một khoảng cách nằm ngang l = 1,2m (hình 13-53).

Bài giải : Quang thông được phát ra của mỗi đèn :

$$\Phi_o = \eta \cdot P = 50 \cdot 40 = 2000 lm$$

Áp dụng công thức (13-2).

$$I_l = \frac{\Phi_o}{9,25\ L} = \frac{2000}{9,25 \cdot 1,50} = 144\ cd$$

Mặt khác : $H = \sqrt{h^2 + l^2} = \sqrt{2,56 + 1,44} = \sqrt{4,00} = 2$ m

Từ bảng 13-16 ta tìm được :

$$\frac{L}{H} = \frac{1,5}{2} = 0,75;\ \theta = 0,643$$

Sin θ = 0,600 ; cos θ = 0,800 và đối với

$$\frac{l}{h} = \frac{1,20}{1,60} = 0,75 \rightarrow \cos i = 0,800$$

Từ quan hệ (13-1), chúng ta tính toán đối với mỗi đèn.

$$E_H = \frac{I_l}{2h}(\sin\theta \cos\theta + \theta) = \frac{144}{4}(0,6.0,8 + 0,643) = 40,5lx$$

Đội rọi nằm ngang $E_l = 2E_H \cdot \cos i = 2 \cdot 40,5 \cdot 0,8 = 64,8$ lx

Chúng ta còn có thể xác định độ rọi nằm ngang ở điểm P khi kích thước L của nguồn sáng dạng dường khuếch tán hoàn toàn lớn hơn nhiều so với h và nguồn lại được kéo dài cả về hai phía của điểm P. Khi đó, tính như sau :

$$E_h^{\infty} = \frac{\pi I_l}{2h} = \frac{\Phi_o}{2\pi hL}$$

Độ rọi thẳng đứng tạo ra ở cùng một điểm P bởi một nguồn dạng dường dài vô tận và hoàn toàn khuếch tán, nó được trải ra bởi một phía của mặt phẳng thẳng góc APQ (hình 13-53) được tính theo công thức sau :

$$E_v^{\infty} = \frac{I_l}{2h} = \frac{\Phi_o}{2\pi^2 hL}$$

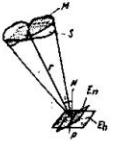
e) Nguồn trải rộng.

Chúng ta gọi nguồn trải rộng là những nguồn có cả hai kích thước song song với bề mặt, nguồn trải rộng này sẽ chiếu sáng trên bề mặt này và giữa nguồn và bề mặt đó có một khoảng cách nào đó. Đồng thời kích thước thẳng góc trên bề mặt được chiếu sáng phải là không đáng kể đối với khoảng cách nguồn sáng - diện tích.

Nếu diện tích của nguồn sáng là khuếch tán hoàn toàn và có độ chói đồng đều B, không phụ thuộc vào các hướng, thì độ rọi pháp tuyến En tạo nên ở một điểm P đặt ở khoảng cách r đối với nguồn (hình 13-55) được tính theo công thức :

$$E_n = B\Omega = B\frac{\Sigma}{r^2}$$

Ở đây : – Ω là góc đặc mà từ P dưới góc đó, người ta sẽ nhìn thấy nguồn. Bằng cách chiếu diện tích S của nguồn sáng lên trên một mặt phẳng M thẳng góc với tia r và chia diện tích Σ nhận được với r^2, ta sẽ tìm được giá trị Ω.



Hình 13-55. Độ rọi tạo nên bởi một nguồn trải rộng khuếch tán hoàn toàn.

Đội rọi nằm ngang ở P sẽ là :

$$E_h = E_n \cdot \cos i$$

Ở đây i là góc tới của ánh sáng.

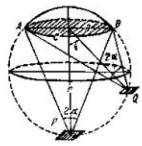
Sau đây là một vài trường hợp thể hiện trên thực tế :

α) *Nguồn sáng là một chiếc đĩa tròn phẳng,* nằm ngang bán kính R và độ chói đồng đều B, tạo nên tại một điểm P được đặt ở khoảng cách r trên trục đối xứng của đĩa (hình 13-56).

Độ rọi nằm ngang E_h sẽ bằng với :

$$E_h^P = \frac{\pi BR^2}{r^2 + R^2} = \frac{\Phi_o}{\pi(r^2 + R^2)} = \pi B \sin^2\alpha$$

Ở đây Φ_o là quang thông được phát ra bởi một nguồn sáng ; góc α là nửa góc mà dưới góc đó từ P người ta có thể thấy đường kính AB của đĩa.



Hình 13-56. Độ rọi tạo nên bởi một nguồn sáng là một chiếc đĩa tròn khuếch tán hoàn toàn.

Bài toán áp dụng :

Nguồn sáng trải rộng là một chiếc đĩa phẳng hoàn toàn khuếch tán có bán kính 0,5m, phát ra một quang thông Φ_o là 2000 lm. Độ rọi tạo nên ở một điểm đặt trên trục đối xứng cách đĩa 1m ở dưới đĩa sẽ là :

$$E_h = \frac{\Phi_o}{\pi(r^2 + R^2)} = \frac{2000}{3,14(1^2 + 0,5^2)} = 509 \text{lux}$$

Độ chói của đĩa bằng với cường độ pháp tuyến của một đơn vị diện tích, tức là :

$$B = \frac{I_n}{\pi R^2}$$

Chú ý rằng $\Phi_o = \pi I_n$ (bảng 13-19) cho ta quang thông được phát ra bởi bề mặt khuếch tán hoàn toàn :

$$B = \frac{\Phi_o}{\pi^2 R^2} = \frac{2000}{9,86.(0,5)^2} = 811 \text{ cd/m}^2$$

Mặt khác : $\sin^2\alpha = \frac{R^2}{r^2 + R^2} = \frac{(0,5)^2}{1^2 + (0,5)^2} = 0,20$

Do vậy, ta sẽ tìm được :

$$E_h = \pi B \sin^2\alpha = 3,14 \,.\, 811 \,.\, 0,2 = 502 \text{lux}$$

Bảng 13-19. Quang thông được phát ra bởi bề mặt khuếch tán hoàn toàn.

Dạng bề mặt	Không gian trong đó được phát ra	Góc đặc tương ứng	Quang thông tổng
- Hình cầu	Đầy không gian	4π	$4\pi I_n$
- Bán cầu	Đầy không gian	4π	$2\pi I_n$
- Mặt phẳng	Bán không gian	2π	πI_n
- Hình trụ	Đầy không gian	4π	$\pi^2 I_n$

Nếu chúng ta quan tâm đặc biệt chỏm cầu của một quả cầu mà nó qua chụ vi C và điểm P, từ bất kỳ điểm Q nào của quả cầu đều có thể nhìn chu vi C dưới cùng một góc đặc. Vậy thì độ rọi pháp tuyến ở bất kỳ điểm nào của quả cầu là không đổi : do vậy, chúng ta có quả cầu đẳng độ rọi isolux. Nếu chúng ta muốn có độ rọi ngang E_h^Q được sinh ra từ một chiếc dĩa tròn phẳng và nằm ngang, khuếch tán hoàn toàn tại một điểm Q của không gian, chúng ta hãy nhìn dĩa có đường kính AB = 2R và điểm Q ở một ví trí bất kỳ nào đó trên chu vi quả cầu (hình 13-56), chúng ta hãy vạch vòng tròn đi qua A, B và Q và chúng ta hãy xác định trên bản vẽ điểm P, mà ở đấy trục đối xứng của đĩa cắt vòng tròn đã được vạch, góc i giữa trục này và tia mà nó đi từ tâm của đĩa đường kính AB này đến điểm Q như hình vẽ (13-56). Độ rọi ngang ở Q sẽ được xác định theo công thức sau :

$$E_h^Q = E_h \cos i = \pi B \frac{R^2}{r^2 + R^2} \cos i = \pi B \sin^2\alpha . \cos i$$

Các công thức trên đây có thể dùng để tính toán độ rọi sinh ra bởi một nguồn sáng hình vành, bằng cách tính toán độ rọi khác nhau sinh ra bởi hai đĩa phẳng có bán kính ngoài và bán kính trong của vành.

β) *Nguồn sáng hình chữ nhật phẳng*

Nguồn sáng hình chữ nhật phẳng nằm ngang hay thẳng đứng, khuếch tán hoàn toàn và độ rọi đồng đều B (cửa sổ, trần nhà ánh sáng gián tiếp và những ánh sáng khác khuếch tán phẳng) tạo nên độ rọi ngang E_h đối với điểm P đặt ở khoảng cách *h* trên pháp tuyến và các kích thước l_1 và l_2 như hình 13-57, có thể được tính toán theo cách sau :

* Đối với mặt phẳng song song với mặt phẳng của ánh sáng (hình 13-57a) ta có :

$$E_h^{\parallel} = \frac{B}{2}\left[\frac{l_1}{\sqrt{h^2 + l_1^2}} \operatorname{arctg} \frac{l_2}{\sqrt{h^2 + l_1^2}} + \frac{l_2}{\sqrt{h^2 + l_2^2}} \operatorname{arctg} \frac{l_1}{\sqrt{h^2 + l_2^2}}\right] = \frac{B}{2}(\gamma_1 \sin\alpha + \gamma_2 \sin\beta)$$

Ở đây γ_1 và γ_2 là những góc được tính theo radian, xác định bởi các quan hệ sau :

$$\operatorname{tg}\gamma_1 = \operatorname{tg}\beta . \cos\alpha \quad \text{và} \quad \operatorname{tg}\gamma_2 = \operatorname{tg}\alpha \cos\beta .$$

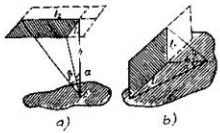
* Đối với mặt phẳng thẳng góc với bề mặt của ánh sáng (hình 13-57b), chúng ta sẽ ta có :

$$E_h^{\perp} = \frac{B}{2}\left[\operatorname{arctg}\frac{l_1}{h} - \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}} \operatorname{arctg} \frac{l_1}{\sqrt{h^2 + l_2^2}}\right] = \frac{B}{2}(\alpha - \gamma \cos\beta)$$

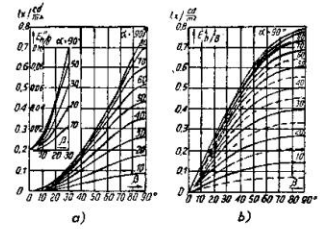
Ở đây α và γ là những góc tính bằng radian, γ được tính theo công thức :

$$\operatorname{tg}\gamma = \operatorname{tg}\alpha . \cos\beta .$$

Những góc α và β có thể rút ra (đối với những tỉ lệ $\frac{l_1}{h}$ và $\frac{l_2}{h}$) ở bảng 13-16. Hình 13-58 a và b trình bày những đồ thị quan hệ $\frac{E_h^{\parallel}}{B}$ và $\frac{E_h^{\perp}}{h}$ tùy theo góc β tính bằng grát với α như là thông số. Độ rọi được cho bởi một hình chữ nhật bất kỳ có độ chói B, người ta sẽ nhận được bằng cách tổng những độ rọi sinh ra bởi những hình chữ nhật từng phần với những góc



Hình 13-57. Độ rọi phát ra bởi một nguồn sáng phẳng hình chữ nhật khuếch tán hoàn toàn



Hình 13-58. Quan hệ $\frac{E_h^{\parallel}}{B}$ và $\frac{E_h^{\perp}}{B}$ với góc β ở độ rọi phát ra bởi một nguồn sáng phẳng dạng chữ nhật khuếch tán hoàn toàn.

trên pháp tuyến mà nó chạy qua điểm P được xét. Biểu đồ 13-58 a, b, được sử dụng các cặp góc α và β tương ứng được xếp với độ chói của bề mặt chiếu sáng.

$$E_h = \left(\frac{E_h}{B}\right) . B$$

Bài toán ứng dụng

Một vật thể sáng công nghiệp, có hiệu suất 83%, chứa hai đèn huỳnh quang 40W, mỗi đèn phát ra 2100 lm và được tráng men mờ đục ở bên trong. Nó có một hình chữ nhật ánh sáng khuếch tán 1,5 m × 0,4 m = 0,6 m^2. Độ chói trung bình của nó là :

$$B = \frac{\Phi}{\pi A} = \frac{0,83 . 4200}{3,14 . 0,6} = 1860 \text{ cd/m}^2.$$

Độ rọi tạo nên trên một mặt phẳng nằm ngang có h = 1m dưới trung tâm của vật phản xạ sẽ bằng với bốn lần độ rọi sinh ra bởi mỗi một phần tư của bề mặt của

$$l_1 . l_2 = 0,75 . 0,2 \text{ m}^2$$

Tỉ lệ $\frac{l_1}{h} = 0,2$ và $\frac{l_2}{h} = 0,75$ tương ứng trong bảng 13-16, những góc tra ra là : α = 11° 19' và β = 36°32'

Trong biểu đồ của hình 13-58a, chúng ta sẽ đọc $\frac{Eh^{\parallel}}{B}$ tương ứng là 0,11. Vậy độ rọi ở điểm xét là :

$$E_h = 4 . 1860 . 0,11 = 818 \text{ lx}$$

13.4.3. Tính toán độ rọi và độ chói trung bình trong không gian giới hạn

a) Các phương pháp tính toán độ rọi trong những căn phòng khối hình hộp

Trong những khoảng không gian giới hạn, ở đấy những bề mặt giới hạn góp phần đáng kể vào sự phản xạ và sự phân bố ánh sáng, việc tính toán chính xác độ rọi ở những

điểm khác nhau của phòng là khó có khả năng thực hiện. Thông thường, một phương pháp tính toán rất được thông dụng là phương pháp *hệ số sử dụng* (Sử dụng phương pháp này khi tính toán độ rọi trung bình của một xa lộ giao thông).

Hệ số sử dụng u của một trang thiết bị ánh sáng được định nghĩa là tỉ lệ giữa quang thông hữu ích Φu, nó chiếu sáng có hiệu quả mặt phẳng sử dụng và quang thông tổng Φ_o phát ra lúc ban đầu của tất cả các đèn được lắp trong vật thể sáng của trang thiết bị.

$$u = \frac{\Phi u}{\Phi_0}$$

Chúng ta cũng cần phải quan tâm đến sự việc cụ thể là : theo thời gian sẽ tạo nên sự giảm của quang thông hữu ích ban đầu Φu được cho bởi trang thiết bị ánh sáng do sự xuống cấp của bóng đèn, của vật thể sáng, và sự khác nhau của bề mặt phản xạ trong phòng. Từ đó, chúng ta phải quan tâm đến hệ số sụt Δ. Hệ số này cần phải đánh giá tùy theo trường hợp cụ thể.

Nếu diện tích của mặt phẳng sử dụng - bằng với diện tích của sàn - có giá trị A, độ rọi trung bình nằm ngang trong phục vụ $E_{tb.s}$ sẽ được tính theo cách sau :

$$E_{tb.s} = \frac{\Phi_o.u.\Delta}{A}$$

Nếu hiệu suất của N vật thể ánh sáng giống hệt nhau được dùng là R_c, còn quang thông tổng được phát ra bởi một vật thể ánh sáng là Φ_c thì công thức tính ở trên sẽ trở nên :

$$E_{tb.s} = \frac{N\Phi_c \,.\, u \,.\, \Delta}{R_c \,.\, A}$$

Công thức này cho phép tính toán số lượng vật thể ánh sáng trên một mét vuông của sàn nhà $\frac{N}{A}$ cần thiết để thực hiện một độ rọi trung bình trong quá trình phục vụ $E_{tb.s}$.

Mặt khác, vì quang thông Φ_o được phát ra bởi các đèn của trang thiết bị ánh sáng sẽ nhận được thông qua việc nhân công suất P được tiêu thụ bởi những đèn này với hiệu quả ánh sáng của nó η, quan hệ ở trên sẽ trở thành :

$$E_{tb.s} = \frac{P.\eta u.\Delta}{A}$$

Tỉ lệ $\frac{P}{A}$ giới thiệu công suất điện, tính bằng W, tiêu thụ để sản sinh ra độ rọi trung bình trong quá trình phục vụ $E_{tb.s}$ trên một thước vuông (m^2) của sàn.

b) Hệ số sử dụng - Hệ số sử dụng đối với một vật thể ánh sáng đã cho, trong một căn phòng đã cho, phụ thuộc vào những yếu tố sau đây :

α) Kích thước của phòng và khoảng cách của vật thể ánh sáng của mặt phẳng sử dụng

Chiều cao của mặt phẳng sử dụng trên sàn nhà sẽ được lấy bằng 0,85m (theo qui ước). Đối với những phòng tương tự giống nhau, trong đó tất cả những kích thước - bao gồm cả khoảng cách của vật thể ánh sáng với mặt phẳng sử dụng - là tỉ lệ, thì hệ số sử dụng là giống nhau.

Bảng 13-21

Vật thể ánh sáng bán gián tiếp và gián tiếp		từ	Chiều cao của trần nhà đối với sàn nhà H, [m]										
		đến	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,5	9,0	11,0	15,0
			3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	11,0	15,0	15,0	
Vật thể ánh sáng trực tiếp bán trực tiếp và khuếch tán			Chiều cao treo đối với sàn nhà										
		từ	2,0	2,3	2,6	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	11,0
		đến	2,3	2,6	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	11,0	15,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_2	L_1		**Chỉ số chữ cái của phòng**										
2,5 – 3,0	2,5 – 3,0		H	I	J	J							
	3,0 – 4,5		H	I	I	J							
	4,5 – 6,0		G	H	I	J	J						
	6,0 – 9,0		G	G	H	I	J	J					
	9,0 – 13,0		F	G	H	I	J	J	J				
	13,0		E	F	G	H	I	J	J				
3,0 – 3,5	3,0 – 4,5		G	H	I	J	J						
	4,5 – 6,0		G	H	I	J	J	J					
	6,0 – 9,0		F	G	H	I	J	J					
	9,0 – 13,0		F	G	G	H	I	J	J				
	13,0 – 18,0		E	F	G	H	I	J	J				
	18,0		E	F	G	H	H	I	J				
3,5 – 4,0	3,0 – 4,5		H	I	I	J	J						
	4,5 – 6,0		F	G	H	I	J	J					
	6,0 – 9,0		F	G	G	H	I	J	J				
	9,0 – 13,0		E	F	G	H	I	J	J				
	13,0 – 18,0		E	F	F	G	H	I	J				
	18,0		E	E	F	G	H	I	J				
4,0 – 4,75	4,5 – 6,0		F	G	H	H	I	J	J				
	6,0 – 9,0		E	F	G	H	I	J	J				
	9,0 – 13,0		E	F	F	G	H	I	J	J			
	13,0 – 18,0		E	E	F	F	H	I	J	J	J		
	18,0 – 27,0		D	E	E	F	G	H	J	J	J		
	27,0		D	E	E	F	F	G	I	J	J		
4,75 – 5,5	4,5 – 6,0		E	F	G	H	I	J	J				
	6,0 – 9,0		E	F	F	G	H	I	J				
	9,0 – 13,0		D	E	F	G	H	H	J	J	J	J	
	13,0 – 18,0		D	E	E	F	G	G	I	J	J	J	
	18,0 – 33,0		D	E	E	F	G	G	I	J	J	J	
	33,0		C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
5,5 – 6,5	6,0 – 9,0		D	E	F	G	H	I	J	J			
	9,0 – 13,0		D	E	E	F	G	H	I	J	J		
	13,0 – 18,0		D	D	E	E	F	G	I	J	J	J	
	18,0 – 27,0		C	D	E	E	F	G	H	J	J	J	
	27,0 – 42,0		C	D	D	E	F	F	H	I	I	J	J
	42,0		C	D	D	E	F	F	H	H	I	J	J

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	6,0 – 9,0		D	E	E	F	G	H	I	J	J		
	9,0 – 13,0		C	D	E	F	G	G	I	J	J		
6,5 – 8,0	13,0 – 18,0		C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
	18,0 – 27,0		C	D	D	E	F	F	H	I	J	J	J
	27,0 – 42,0		C	C	D	E	F	F	G	H	I	J	J
	42,0		C	C	D	E	E	F	G	H	I	I	J
	9,0 – 13,0		C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
	13,0 – 18,0		C	C	D	D	F	F	H	H	I	J	
8,0 – 10,0	18,0 – 27,0		B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
	27,0 – 42,0		B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	42,0 – 55,0		B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	55,0		B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	9,0 – 13,0		B	C	D	E	F	F	H	I	I	J	
	13,0 – 18,0		B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
10,0 – 12,0	18,0 – 27,0		A	C	C	C	E	E	F	H	H	I	J
	27,0 – 42,0		A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	42,0 – 60,0		A	B	C	C	D	E	F	F	G	H	I
	60,0		A	B	C	C	D	E	F	F	G	H	I
	13,0 – 18,0		A	B	C	C	E	F	G	H	I	I	J
	18,0 – 27,0		A	B	B	C	D	E	F	G	H	I	J
12,0 – 14,0	27,0 – 42,0		A	B	B	C	D	D	E	E	G	H	I
	42,0 – 60,0		A	A	B	C	D	D	E	F	G	H	I
	60,0		A	A	B	C	D	D	E	F	F	G	I
	13,0 – 18,0		A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	18,0 – 27,0		A	A	B	C	C	D	F	F	G	H	J
14,0 – 17,0	27,0 – 420		A	A	A	C	C	D	E	F	F	G	I
	42,0 – 60,0		A	A	A	C	C	D	E	E	F	G	I
	60,0		A	A	A	C	C	D	E	E	F	G	I
	18,0 – 27,0		A	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I
17,0 – 20,0	27,0 – 42,0		A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H
	42,0 – 60,0		A	A	A	B	C	C	D	E	E	F	H
	60,0		A	A	A	B	C	C	D	E	E	F	H
	18,0 – 27,0		A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	I
	27,0 – 42,0		A	A	A	A	B	C	D	E	F	F	H
20,0 – 27,0	42,0 – 60,0		A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G
	60,0		A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G
	18,0 – 27,0		A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H
Peste 27,0	27,0 – 42,0		A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G
	42,0 – 60,0		A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G
	60,0		A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F

Các phòng được đặc trưng thông qua dấu hiệu số học hay một chữ cái. Sự tương ứng của chúng cho ở bảng 13-20.

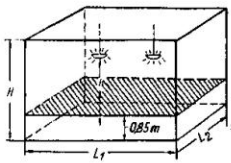
Bảng 13-20. Sự tương ứng của dấu hiệu số học và chữ cái của các phòng.

Dấu hiệu số học	0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Dấu hiệu chữ cái	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A

Dấu hiệu số học i của một căn phòng hình khối hộp chữ nhật có chiều dài L_1, chiều rộng $L_2 < L_1$ và chiều cao H, trong đó, các vật thể ánh sáng được treo ở khoảng cách h so với sàn nhà (hình 13-59), có thể được tính toán nhờ sự giúp đỡ của các công thức sau đây : (tất cả các kích thước tính bằng mét).

$$i = \frac{L_1+2L_2}{6(h-0,85)}$$

Công thức trên đây được sử dụng trong trường hợp : Nếu vật thể ánh sáng được đóng khung trong những loại vật thể sáng trực tiếp, bán trực tiếp hay khuếch tán của sự phân loại CII, tương ứng với những loại D và Md của sự phân loại Belkind.



Hình 13-59. các khoảng cách đặc trưng của một căn phòng

Còn nếu vật thể ánh sáng được đóng khung trong những loại vật thể sáng gián tiếp, bán gián tiếp của sự phân loại CII, tương ứng với những loại I, M_i và M_u của sự phân loại Belkind, mà ánh sáng của chúng đạt đến mặt phẳng sử dụng, đặc biệt thông qua sự trung gian của trần nhà thì ta dùng công thức sau :

$$i = \frac{L_1 + 2L_2}{4(H-0,85)}$$

Những dấu hiệu chữ cái có thể được tìm trực tiếp trong bảng 13-21 đối với bất kỳ giá trị thứ ba nào : L_1, L_2 và h tương ứng H. Nếu một trong các kích thước này vượt quá những giới hạn của bảng thì chúng ta sẽ giảm cả ba kích thước L_1, L_2 và $(h - 0,85)$ tương ứng $(H - 0,85)$ trong cùng một tỉ lệ và sau đó chúng ta sẽ tìm những dấu hiệu tương ứng mới của 3 giá trị L_1, L_2 và h, tương ứng với H nhận được.

β) *Sự phân loại của vật thể ánh sáng.*

**) Phân loại vật thể ánh sáng theo sử dụng :*

Sự phân loại theo tiêu chuẩn này rất hữu ích theo quan điểm thực hành.

Sự phân loại được trình bày trong bảng 13-22 đã phân vật thể ánh sáng thành 4 loại chính. Kết quả của sự phân loại này là những vật thể ánh sáng có thể đặc trưng thông

qua chữ cái (dấu hiệu loại) tiếp theo có chữ số (dấu hiệu nằm trong loại). Những vật thể ánh sáng với nhiều chức năng sử dụng (đa năng) sẽ được phân loại theo sự sử dụng chính của nó.

Để thể hiện rõ những vật thể ánh sáng phù hợp với sự phân loại nêu trên thì cần phải hoàn thiện qua những dấu hiệu sau :

- Dạng lắp đặt : cố định, treo trên trần nhà, trên các tường; loại di động như trên các sàn nhà (các bệ), trên bàn, cầm tay, bỏ túi v.v...

- Dạng vật thể ánh sáng được sử dụng theo mục đích : chung, khu vực cục bộ hay tổ hợp.

- Loại thực hiện : bình thường, được bảo vệ chống bụi, bảo vệ tránh mưa, tránh ẩm, kín đối với quá áp suất, chống nổ v.v...

- Theo cách cung cấp điện : từ lưới điện chung, từ hệ thống cung cấp riêng.

Bảng 13-22. Bảng phân loại vật thể sáng theo cách sử dụng.

Loại	Sử dụng	Chỉ số	Sử dụng
A	Ánh sáng các phòng kín (ánh sáng bên trong)	1)	Ánh sáng nhà ở
		2)	Ánh sáng phòng làm việc, văn phòng
		3)	Ánh sáng các phòng công cộng (các phòng biểu diễn kịch, hát, hoặc các trường, hội trường)
		4)	Ánh sáng các phòng với tính chất y tế, bảo vệ sức khỏe.
		5)	Ánh sáng công nghiệp.
		6)	Ánh sáng thương nghiệp.
		7)	Ánh sáng cho các công việc dưới hầm.
		8)	Ánh sáng cho các con đường vận tải dưới hầm (mêtrô, đường ngầm v.v...)
B	Ánh sáng cho không gian hở (ánh sáng ngoài trời)	1)	Ánh sáng không gian hở được thể hiện ở giao thông công cộng (đường xá, xa lộ v.v...)
		2)	Ánh sáng không gian hở ở trong công nghiệp.
		3)	Ánh sáng ở đường giao thông liên lạc trên mặt đất, đường thủy, đường hàng không.
		4)	Ánh sáng các không gian hở dùng cho thể thao, và các trò chơi giải trí.
C	Ánh sáng cho các phương tiện vận tải	1)	Ánh sáng cho các phương tiện chạy trên đường ray. (đường sắt, tàu điện, tàu điện ngầm)
		2)	Ánh sáng cho ôtô.
		3)	Ánh sáng cho máy bay.
		4)	Ánh sáng cho tàu đường sông và tàu đường biển.
D	Ánh sáng cho các mục đích khác		

β) Phân loại vật thể ánh sáng theo sự phân bố quang thông.

Có rất nhiều cách phân loại tương tự có các tiêu chuẩn cơ bản theo sự phân bố quang thông.

Sau đây xin trình bày 2 cách rất thông dụng. Những cách phân loại này được áp dụng đặc biệt vào những vật thể ánh sáng có sự phân bố đối xứng đối với ánh sáng chung ở bên trong.

Bảng phân loại các vật thể ánh sáng đối xứng theo tiêu chuẩn châu Âu (Bảng 13-23).

Số thứ tự	Tên gọi	Sự phân bố quang thông	
		$\Phi_{\smile}/\Phi_c$, tính %	$\Phi_{\frown}/\Phi_c$, tính %
1	Vật thể ánh sáng với sự phân bố trực tiếp	tối thiểu 90	tối đa 10
2	Vật thể ánh sáng với sự phân bổ nửa (bán) trực tiếp.	giữa 90 và 60	giữa 10 và 40
3	Vật thể ánh sáng với sự phân bố khuếch tán	giữa 60 và 40	giữa 40 và 60
4	Vật thể ánh sáng với sự phân bố nửa (bán) gián tiếp	giữa 40 và 10	giữa 60 và 90
5	Vật thể ánh sáng với sự phân bố gián tiếp	tối đa 10	tối thiểu 90

Chú ý : $\Phi_{\frown}$ (Φ với chỉ số $\frown$) là quang thông bán cầu trên, còn $\Phi_{\smile}$ là quang thông bán cầu dưới. Các quang thông bán cầu trên và dưới này là quang thông phát ra trong nửa không gian phía trên và tương ứng với quang thông phát ra trong nửa không gian phía dưới của nửa mặt phẳng nằm ngang mà mặt phẳng này đi qua trung tâm của nguồn sáng và đồng thời nó cũng nằm thẳng góc trên trục đối xứng của nguồn sáng.

γ) Khoảng cách của vật thể ánh sáng.

Để đảm bảo độ rọi thỏa mãn đồng đều trên mặt phẳng sử dụng, khoảng cách nằm ngang l giữa các vật thể ánh sáng không được phép vượt quá phần xác định của chiều cao h tính từ sàn. Sự đồng đều của độ rọi được đặc trưng thông qua hệ số đồng đều k_u; hệ số này được tính bằng tỉ số giữa độ rọi cực tiểu và độ rọi cực đại được thực hiện trên mặt phẳng sử dụng. Giá trị cực đại của tỉ lệ $\frac{l}{h}$ tùy thuộc vào hệ số đồng đều của độ rọi và vào loại hay các chủng loại nằm trong phạm vi một loại trong đó người ta giới hạn vật thể ánh sáng theo cách nhìn sự phân bố cường độ, được trình bày ở bảng 12-24.

Bảng 12-24. Tỉ lệ cực đại giữa khoảng cách ngang l và chiều cao treo vật thể ánh sáng h.

K_u	Loại vật thể ánh sáng	C.I.I	Gián tiếp, nửa gián tiếp, khuếch tán	Nửa trực tiếp hay trực tiếp		
				Rộng	Trung bình	Tập trung
		Belkind	I, Mi, Mu	Md, Dl	Dm	Dc
0,8	$\frac{l}{h}$		1,2	0,9 - 1,0	0,7 - 0,9	0,5 - 0,7
0,5			1,9	1,5 - 1,6	1,3 - 1,5	1,1 1,3

Khoảng cách l_p giữa vật thể ánh sáng và các tường, thông thường sẽ bằng $\frac{l}{2}$; đối với những trường hợp khi bên cạnh các bức tường có vị trí làm việc (máy móc các ghế dài làm việc, ghế dài lớp học v.v...) thì khoảng cách từ các bờ tường đến vật thể ánh sáng giảm xuống đến $\frac{1}{3}$ hay $l/4$.

Số lượng lớn nhất N_{max} của vật thể ánh sáng cần thiết để thực hiện độ rọi với một hệ số đồng đều nhất định của độ rọi k_u trong một căn phòng khối hình hộp sẽ được tính theo công thức sau :

$$N_{max} = N_1 . N_2$$

Ở đây $N_1 = \frac{L_1 - 2l_p}{l} + 1$ và $N_2 = \frac{L_2 - 2l_p}{l} + 1$

là những số nguyên, kết quả của nó được làm tròn và lấy sao cho phù hợp với bảng 13-24.

c) Tính toán độ chói trung bình trong những phòng có dạng khối hình hộp

Phẩm chất nhìn rõ được thể hiện không chỉ vào độ chói của vật thể mà người ta nhìn nó, mà còn vào độ chói của các mặt phẳng ở xung quanh nữa. Thông thường, sự tương phản quá lớn của độ chói cần phải tránh. Tỉ lệ giữa độ chói của mục tiêu và độ chói của các bề mặt xung quanh không được vượt quá giá trị 3 hay sẽ nên giảm xuống dưới 1/3 để nhìn thấy rõ và tối ưu nhất.

Nếu mục tiêu mà chúng ta nhìn nó và bề mặt tạo nên môi trường xung quanh nằm trong mặt phẳng sử dụng là hoàn toàn khuếch tán trên thực tế, thì độ chói của nó là B_o và B_c được tính toán theo công thức sau :

$$B_o = \frac{E_{tbs}\rho_o}{\pi} \text{ và } B_c = \frac{E_{tbs}\rho_c}{\pi}$$

Ở đây ρ_o và ρ_c là những hệ số phản xạ tương ứng; E_{tbs} là độ rọi trung bình trong quá trình phục vụ, thực hiện trên mặt phẳng sử dụng.

Song nếu bề mặt của mục tiêu và môi trường xung quanh hoặc một trong chúng, là sáng rực (lóng lánh), thì độ chói của chúng sẽ được xác định bởi độ chói của các bề mặt xung quanh của căn phòng. Độ chói này sẽ tìm theo phương phản xạ chính.

Ở các trường hợp khác, các tường sàn nhà hay trần nhà có thể có dạng cấu tạo để làm sao làm rõ mục tiêu, thì độ chói trung bình của chúng sẽ tỉ lệ với độ rọi trung bình E_{tbs} trên mặt phẳng sử dụng và phụ thuộc vào các hệ số sau :

α) + Hệ số phản xạ trung bình của trần ρ_t, của tường ρ_p và của sàn nhà ρ_a.

β) + Dạng ánh sáng : trực tiếp, gián tiếp hay khuếch tán.

γ) + Kích thước của phòng. Từ yếu tố này chúng ta để ý định nghĩa của hệ số phòng b, xác định như sau :

$$b = \frac{H (L_1 + L_2)}{2L_1 L_2}$$

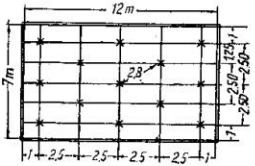
Ở đây L_1 và L_2 là chiều dài và chiều rộng của phòng, còn H là chiều cao.

Bảng 13-25, 13-26; 13-27 và 13-28 cho tá các giá trị độ chói trung bình của sàn nhà B_a, của các bức tường ở chiều cao trung bình $B_{p.m}$ và ở gần trần nhà B_{pt} và của trần nhà

B_t, tính theo cd/m^2, liên quan đến độ rọi trung bình trong quá trình phục vụ $E_{tb.s}$, tính theo *lx*, đối với các tổ hợp khác nhau giữa các hệ số (các điểm α,β,γ (vừa nêu ở trên). Độ chói cần tìm sẽ nhận được bằng cách nhân giá trị tra ra ở các bảng từ 13-25 ÷ 13 - 29 với những giá trị độ rọi trung bình trong quá trình phục vụ E_{tbs}.

Bài toán áp dụng tính toán trang bị ánh sáng chung : Chúng ta hãy tính toán trang bị ánh sáng chung dùng các đèn nung sáng đối với một xưởng trong nông nghiệp có hình 13-60. Các số liệu ban đầu như sau :

- Độ rọi thích hợp với tiêu chuẩn châu Âu E_{tbs} = 100 lx.
- Điện áp cung cấp 220 V
- Hệ số đồng đều của độ rọi chấp nhận k_u = 0,8
- Kích thước phòng :
- dài L_1 = 12 m
- rộng L_2 = 7 m
- cao H = 4,5 m
- Chiều cao treo của vật thể sáng h = 3,25 m



Hình 13 - 60. Sự sắp xếp vật thể ánh sáng (bóng đèn) trong xưởng trong nông nghiệp.

- Hệ số phản xạ :
- trần sơn màu tường : vàng rất nhạt ρ_t = 0,6
- Tường : - 60% vàng - cà phê → ρ = 0,40
  20% gỗ tự nhiên mầu đặm → ρ = 0,20
  10% kính → ρ = 0,10

$[\rho_{tường} = 0,6 . 0,4 + 0,2 . 0,2 + 0,1 . 0,1] = 0,3$

Sàn nhà (gỗ tự nhiên đặm ρ_a → 0,20

Chỗ làm việc cạnh các tường → có chỗ làm việc

Điều kiện bảo dưỡng → trung bình.

13.5. Trang bị ánh sáng

13.5.1. Ánh sáng bên trong

1. Ảnh hưởng của chiếu sáng đối với lao động hoặc làm việc

Chiếu sáng tốt cho ta khả năng làm việc có chất lượng và không thấy bực bội. Những kết quả nghiên cứu cho ta thấy rằng nếu chiếu sáng đạt được các quy định đặt ra sẽ dẫn đến :

- Tăng sản phẩm lao động.
- Cải tiến và hoàn thiện phẩm chất của sản phẩm, đồng thời cũng sẽ làm giảm phế phẩm.
- Giảm tần số xuất hiện tai nạn lao động.
- Tạo điều kiện tốt cho việc đảm bảo các điều kiện vệ sinh, sức khỏe chung.

Tôn trọng các yêu cầu của ánh sáng sẽ duy trì và giữ được thị lực, giảm sự mệt mỏi của con mắt người.

Bảng 13-25. Độ chói trung bình của sàn nhà B_a so với độ rọi trung bình trong phục vụ E_s (được hiểu là E_{tbs}).

ρt	0,8			0,7			0,5		
ρp	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
b	$B_a/E_s \left[\frac{cd/m^2}{lx}\right]$								
Chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,093	0,092	0,091	0,093	0,092	0,091	0,093	0,092	0,091
0,2	0,089	0,088	0,087	0,089	0,088	0,087	0,089	0,088	0,087
0,3	0,086	0,085	0,083	0,086	0,085	0,083	0,086	0,085	0,083
0,4	0,084	0,081	0,079	0,084	0,081	0,079	0,084	0,081	0,079
0,5	0,081	0,078	0,076	0,081	0,078	0,076	0,081	0,078	0,076
0,7	0,075	0,072	0,069	0,075	0,072	0,069	0,075	0,072	0,068
1,0	0,068	0,064	0,060	0,068	0,064	0,060	0,068	0,064	0,060
Chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,031	0,031	0,030	0,031	0,031	0,030	0,031	0,031	0,030
0,2	0,030	0,029	0,029	0,030	0,029	0,029	0,030	0,029	0,029
0,3	0,029	0,028	0,028	0,029	0,028	0,028	0,029	0,028	0,028
0,4	0,028	0,027	0,027	0,028	0,027	0,027	0,028	0,027	0,027
0,5	0,027	0,026	0,025	0,027	0,026	0,025	0,027	0,026	0,025
0,7	0,025	0,024	0,023	0,025	0,024	0,023	0,025	0,024	0,023
1,0	0,022	0,021	0,020	0,022	0,021	0,020	0,022	0,021	0,020
Ánh sáng khuếch tán $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,095	0,094	0,094	0,095	0,094	0,094	0,096	0,095	0,094
0,2	0,094	0,093	0,092	0,094	0,093	0,092	0,095	0,094	0,093
0,3	0,093	0,092	0,090	0,094	0,092	0,091	0,095	0,092	0,092
0,4	0,092	0,090	0,088	0,093	0,091	0,089	0,094	0,091	0,091
0,5	0,091	0,089	0,087	0,092	0,090	0,088	0,094	0,090	0,090
0,7	0,090	0,088	0,086	0,091	0,089	0,086	0,094	0,088	0,088
1,0	0,088	0,086	0,084	0,089	0,087	0,085	0,092	0,088	0,087
Ánh sáng khuếch tán $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,032	0,032	0,031	0,032	0,032	0,031	0,032	0,032	0,032
0,2	0,031	0,031	0,030	0,032	0,031	0,031	0,032	0,032	0,031
0,3	0,031	0,031	0,029	0,031	0,030	0,030	0,032	0,031	0,030
0,4	0,031	0,030	0,029	0,031	0,030	0,030	0,032	0,031	0,030
0,5	0,030	0,030	0,029	0,031	0,030	0,029	0,031	0,031	0,030
0,7	0,030	0,029	0,028	0,030	0,029	0,029	0,031	0,030	0,030
1,0	0,029	0,028	0,028	0,029	0,029	0,028	0,030	0,030	0,029

Bảng 13-26. Độ chói trung bình B_{pm} của các bức tường ở chiều cao trung bình so sánh độ rọi trung bình trong phục vụ E_s.

ρt	0,8			0,7			0,5		
ρp	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
b	$B_{pm}/E_s \left[\frac{cd/m^2}{lx}\right]$								
Chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,106	0,063	0,021	0,106	0,063	0,021	0,106	0,063	0,021
0,2	0,109	0,064	0,021	0,109	0,064	0,021	0,109	0,064	0,021
0,3	0,111	0,065	0,022	0,111	0,065	0,022	0,111	0,065	0,022
0,4	0,114	0,068	0,022	0,114	0,068	0,022	0,114	0,068	0,022
0,5	0,117	0,070	0,023	0,117	0,070	0,023	0,117	0,070	0,023
0,7	0,124	0,074	0,024	0,124	0,074	0,024	0,124	0,074	0,024
1,0	0,136	0,082	0,027	0,136	0,082	0,027	0,136	0,082	0,027
Chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,092	0,055	0,018	0,092	0,055	0,018	0,092	0,055	0,018
0,2	0,096	0,057	0,019	0,096	0,057	0,019	0,096	0,057	0,019
0,3	0,100	0,059	0,020	0,100	0,059	0,020	0,100	0,059	0,020
0,4	0,104	0,062	0,020	0,104	0,062	0,020	0,104	0,062	0,020
0,5	0,108	0,064	0,021	0,108	0,064	0,021	0,108	0,064	0,021
0,7	0,117	0,070	0,023	0,117	0,070	0,023	0,117	0,070	0,023
1,0	0,132	0,079	0,026	0,132	0,079	0,026	0,132	0,079	0,026
Chiếu sáng khuếch tán $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,141	0,085	0,029	0,145	0,087	0,029	0,152	0,092	0,031
0,2	0,145	0,089	0,030	0,148	0,091	0,031	0,156	0,095	0,032
0,3	0,149	0,092	0,032	0,152	0,094	0,032	0,160	0,098	0,034
0,4	0,152	0,095	0,033	0,156	0,097	0,033	0,163	0,100	0,035
0,5	0,156	0,098	0,034	0,160	0,100	0,035	0,167	0,102	0,037
0,7	0,164	0,105	0,037	0,167	0,107	0,038	0,174	0,107	0,040
1,0	0,176	0,115	0,042	0,178	0,116	0,042	0,184	0,113	0,044
Chiếu sáng khuếch tán $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,132	0,080	0,027	0,135	0,082	0,028	0,143	0,086	0,029
0,2	0,136	0,084	0,028	0,139	0,085	0,029	0,148	0,090	0,031
0,3	0,141	0,087	0,029	0,144	0,089	0,031	0,151	0,093	0,032
0,4	0,145	0,090	0,031	0,148	0,092	0,032	0,155	0,097	0,034
0,5	0,149	0,094	0,032	0,152	0,096	0,033	0,160	0,100	0,035
0,7	0,158	0,101	0,036	0,161	0,103	0,037	0,167	0,107	0,038
1,0	0,172	0,112	0,041	0,174	0,114	0,042	0,179	0,117	0,043

Bảng 13-27. Độ chói trung bình B_{pt} của tường ở gần trần nhà so với độ rọi trung bình trong phục vụ E_s.

ρt	0,8			0,7			0,5		
ρp	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
b	$B_{pt}/E_s \left[\frac{cd/m^2}{lx}\right]$								
Chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,112	0,067	0,022	0,112	0,067	0,022	0,112	0,067	0,022
0,2	0,122	0,073	0,025	0,122	0,073	0,025	0,122	0,073	0,025
0,3	0,133	0,081	0,027	0,133	0,081	0,027	0,133	0,081	0,027
0,4	0,146	0,090	0,031	0,146	0,090	0,031	0,146	0,090	0,031
0,5	0,161	0,100	0,035	0,161	0,100	0,035	0,161	0,100	0,035
0,7	0,197	0,127	0,045	0,197	0,127	0,045	0,197	0,127	0,045
1,0	0,268	0,182	0,068	0,268	0,182	0,068	0,268	0,182	0,068
Chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,099	0,060	0,020	0,099	0,060	0,020	0,099	0,060	0,020
0,2	0,112	0,067	0,022	0,112	0,067	0,022	0,112	0,067	0,022
0,3	0,126	0,076	0,026	0,126	0,076	0,026	0,126	0,076	0,026
0,4	0,141	0,086	0,029	0,141	0,086	0,029	0,141	0,086	0,029
0,5	0,157	0,098	0,034	0,157	0,098	0,034	0,157	0,098	0,034
0,7	0,196	0,125	0,045	0,196	0,125	0,045	0,196	0,125	0,045
1,0	0,271	0,182	0,068	0,271	0,182	0,068	0,271	0,182	0,068
Chiếu sáng khuếch tán $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,144	0,087	0,029	0,146	0,089	0,030	0,154	0,093	0,032
0,2	0,151	0,092	0,032	0,153	0,093	0,032	0,159	0,097	0,033
0,3	0,157	0,098	0,034	0,159	0,099	0,034	0,164	0,101	0,035
0,4	0,165	0,103	0,036	0,166	0,104	0,037	0,170	0,105	0,037
0,5	0,172	0,110	0,039	0,173	0,110	0,039	0,175	0,109	0,040
0,7	0,189	0,123	0,045	0,188	0,123	0,045	0,186	0,114	0,045
1,0	0,214	0,145	0,055	0,211	0,143	0,054	0,203	0,130	0,053
Chiếu sáng khuếch tán $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,136	0,082	0,028	0,138	0,084	0,028	0,145	0,088	0,030
0,2	0,143	0,088	0,030	0,146	0,089	0,031	0,151	0,093	0,032
0,3	0,151	0,094	0,032	0,153	0,095	0,033	0,158	0,098	0,034
0,4	0,160	0,097	0,034	0,161	0,098	0,035	0,165	0,104	0,036
0,5	0,168	0,107	0,037	0,169	0,108	0,038	0,171	0,109	0,039
0,7	0,186	0,122	0,044	0,186	0,121	0,044	0,186	0,121	0,044
1,0	0,214	0,145	0,054	0,211	0,143	0,054	0,203	0,138	0,049

Bảng 13-28. Độ chói trung bình B_t của trần nhà so với độ rọi trung bình trong phục vụ E_s.

ρt	0,8			0,7			0,5		
ρp	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
b	$B_t/E_s \left[\frac{cd/m^2}{lx}\right]$								
Chiếu sáng trực tiếp $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,083	0,076	0,069	0,071	0,065	0,059	0,048	0,043	0,039
0,2	0,085	0,070	0,057	0,072	0,061	0,049	0,048	0,041	0,033
0,3	0,086	0,068	0,049	0,074	0,058	0,042	0,049	0,039	0,028
0,4	0,090	0,066	0,043	0,078	0,057	0,037	0,052	0,038	0,024
0,5	0,095	0,067	0,038	0,082	0,057	0,032	0,055	0,038	0,022
0,7	0,110	0,073	0,034	0,094	0,063	0,029	0,063	0,042	0,020
1,0	0,144	0,097	0,038	0,121	0,080	0,032	0,082	0,054	0,022
Chiếu sáng trực tiếp $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,037	0,031	0,025	0,031	0,026	0,021	0,021	0,018	0,014
0,2	0,045	0,034	0,023	0,039	0,029	0,019	0,026	0,019	0,013
0,3	0,055	0,038	0,021	0,047	0,032	0,018	0,031	0,022	0,012
0,4	0,064	0,042	0,021	0,055	0,036	0,018	0,036	0,024	0,012
0,5	0,074	0,048	0,021	0,063	0,041	0,018	0,042	0,027	0,012
0,7	0,095	0,061	0,024	0,082	0,052	0,020	0,055	0,034	0,014
1,0	0,136	0,087	0,033	0,116	0,075	0,028	0,078	0,050	0,019
Chiếu sáng gián tiếp $\rho_a = 0,3$									
0,1	0,353	0,360	0,367	0,353	0,360	0,367	0,353	0,360	0,367
0,2	0,392	0,407	0,423	0,392	0,407	0,423	0,392	0,407	0,423
0,3	0,435	0,461	0,487	0,435	0,462	0,487	0,435	0,462	0,488
0,4	0,483	0,523	0,562	0,483	0,523	0,562	0,483	0,523	0,561
0,5	0,537	0,592	0,648	0,537	0,592	0,648	0,537	0,592	0,647
0,7	0,663	0,761	0,861	0,663	0,761	0,861	0,663	0,761	0,858
1,0	0,913	1,110	1,320	0,913	1,110	1,320	0,913	1,110	1,312
Chiếu sáng gián tiếp $\rho_a = 0,1$									
0,1	0,355	0,362	0,368	0,355	0,362	0,367	0,355	0,362	0,367
0,2	0,396	0,410	0,424	0,396	0,410	0,424	0,396	0,410	0,424
0,3	0,441	0,465	0,488	0,441	0,465	0,488	0,441	0,465	0,488
0,4	0,490	0,527	0,563	0,490	0,527	0,563	0,490	0,527	0,563
0,5	0,545	0,597	0,649	0,545	0,597	0,649	0,545	0,597	0,649
0,7	0,674	0,768	0,863	0,674	0,768	0,863	0,674	0,768	0,863
1,0	0,927	1,118	1,323	0,927	1,118	1,323	0,927	1,118	1,323

Chiếu sáng khuếch tán $\rho_a = 0,3$

0,1	0,202	0,202	0,201	0,188	0,187	0,187	0,153	0,152	0,152
0,2	0,221	0,221	0,220	0,205	0,205	0,206	0,167	0,166	0,167
0,3	0,239	0,242	0,245	0,221	0,224	0,243	0,179	0,180	0,184
0,4	0,257	0,263	0,271	0,238	0,244	0,271	0,192	0,193	0,203
0,5	0,276	0,286	0,299	0,254	0,265	0,300	0,204	0,207	0,222
0,7	0,313	0,336	0,362	0,288	0,309	0,365	0,228	0,236	0,266
1,0	0,372	0,418	0,473	0,339	0,381	0,474	0,263	0,280	0,338

Chiếu sáng khuếch tán $\rho_a = 0,1$

0,1	0,180	0,180	0,179	0,167	0,167	0,166	0,136	0,135	0,135
0,2	0,202	0,203	0,195	0,188	0,189	0,189	0,152	0,153	0,153
0,3	0,224	0,227	0,223	0,208	0,211	0,213	0,168	0,171	0,173
0,4	0,245	0,252	0,253	0,227	0,233	0,240	0,183	0,188	0,194
0,5	0,266	0,277	0,284	0,246	0,256	0,267	0,197	0,206	0,215
0,7	0,308	0,330	0,352	0,283	0,304	0,327	0,225	0,241	0,261
1,0	0,372	0,416	0,467	0,338	0,380	0,429	0,263	0,296	0,337

2. Những điều kiện của chiếu sáng tốt

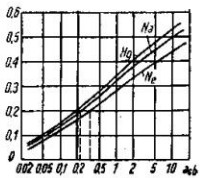
Bất cứ dạng hoạt động nào được trình bày ở dưới ánh sáng tự nhiên ban ngày cũng có thể được tiến hành với hiệu suất thỏa mãn ở dưới ánh sáng nhân tạo, không làm ảnh hưởng đến thị lực, nếu trang bị ánh sáng chú ý đến những yêu cầu sau đây :

a) Độ rọi phải đảm bảo, tức là bề mặt làm việc và môi trường nhìn thấy phải thỏa mãn độ chói để cho mắt có thể phân biệt các chi tiết cần thiết một cách rõ ràng và không bị mệt mỏi.

Giá trị độ chói cần thiết đối với sự nhìn tối ưu được xác định bởi : sự chính xác cần thiết, chi tiết cần được quan sát, màu sắc, dạng phản xạ, cũng như giá trị hệ số phản xạ của đối tượng được nhìn và môi trường xung quanh.

Thông qua việc tăng mức độ rọi, sẽ tăng độ chói của đối tượng được nhìn (và của môi trường xung quanh), tức là tốc độ và sự chính xác của quan sát.

Khả năng của mắt người để phân biệt hai điểm ở một chiều sâu nhất định gọi là *thị lực*. Khi thị lực bình thường, người ta có thể phân biệt hai điểm ở khoảng cách (tính theo góc) 1 phút. Thị lực tăng lên với độ chói của



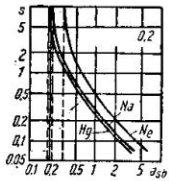
Hình 13-61 : Thị lực tương đối phụ thuộc vào độ chói của môi trường đối với tỉ lệ tương phản 1 : 3

đáy và thay đổi ở cùng một độ tương phản tùy theo nguồn sáng (màu) hình 13-61.

Sự thay đổi tốc độ cảm nhận đối với thị lực 0,2 của hình 13-61 được cho ở hình 13-62

Những giá trị đáng tin cậy của độ rọi có thể tìm được ở bảng 13-29; Bảng này cho ta các con số mang tính định hướng đối với giá trị trung bình của độ rọi trên một mặt phẳng nằm ngang có khoảng cách 0,85 m trên mặt sàn. Do vì, trên thực tế, mức độ rọi của mục tiêu không quan trọng như độ chói của nó nên thay cho độ rọi người ta đã cố định giá trị độ chiếu của bề mặt làm việc và sự tương phản của độ chiếu.

Để thuận tiện cho việc tính toán độ chói, các tiêu chuẩn đã cố định những giá trị đội rọi, và chỉ trong trường hợp của bề mặt làm việc có màu rất đậm ($\rho < 0,06$), thì giá trị của độ chói mới được cố định.



Hình 13-62. Tốc độ cảm nhận tính bằng giây [s] đối với thị lực 0,2 (hình 13-61) tùy theo độ chói của môi trường.

b) Quang thông xác định sự che tối và tỉ lệ của độ chói (tương phản) cần phải được định hướng sao cho mắt người thu nhận được hình ảnh rõ ràng về hình dáng và chung quanh của mục tiêu mà ta nhìn.

c) Ánh sáng cần phải được thỏa mãn đồng đều, tức là quan hệ giữa độ rọi cực đại và cực tiểu của bề mặt không được vượt quá một giới hạn nhất định.

d) Màu của ánh sáng cần phải thích hợp với dạng lao động được tiến hành.

e) Việc bố trí đặt các đèn và độ chói của đèn phải chọn sao cho mắt người ta không bị mệt mỏi do chiếu sáng trực tiếp hay ánh sáng phản xạ.

f) Trong một số trường hợp nhất định, cần phải có những đèn an toàn, bố trí sao cho trong trường hợp ánh sáng chung bị ngắt, thì hệ thống đèn an toàn phải có khả năng tạo cho mỗi người có thể tìm thấy con đường để thoát khỏi khu vực ra ngoài. Độ rọi an toàn không được bé hơn 0,3 lx.

Những yêu cầu nêu trên của chiếu sáng cần phải được thỏa mãn với sự tốn kém ít nhất.

3. Hệ thống chiếu sáng của những nơi làm việc.

Để tạo nên độ rọi ở những chỗ làm việc, người ta dùng chiếu sáng chung chiếu sáng cục bộ (hay khu vực) và chiếu sáng tổ hợp.

a) Chiếu sáng chung đảm bảo độ rọi đồng đều trên toàn bộ diện tích làm việc hay toàn bộ phòng làm việc. Đặc biệt, ở những phòng trong đó có chiếu sáng cục bộ, thì chiếu sáng chung có mục đích là đảm bảo duy trì trong giới hạn đủ thỏa mãn để nhìn.

Những bóng đen huỳnh quang có các cấp công suất tương đối thấp (15 – 100 W, 400 – 4000 lm). Vậy, để nhận được một quang thông tương đương với quang thông đã cho bởi một đèn nung sáng (từ 500 – 1000W), thì cần phải có nhiều bóng đèn huỳnh quang.

Do hình dạng của đèn ống huỳnh quang, nên chúng cần phải được mắc theo hàng đầu nối đầu. Việc tăng mức độ rọi không thể thực hiện giống như trong trường hợp các đèn nung sáng (thông qua sự thay đổi bóng đèn có công suất lớn hơn) mà chỉ có thông

qua việc thêm vào một số đèn. Ở một số vật thể ánh sáng với hai bóng đèn, thì chỉ có thể thêm vào một số đèn phụ có cùng công suất với hai đèn đã có sẵn.

Chiếu sáng chung được dùng trong các phân xưởng có diện tích làm việc rộng, có yêu cầu về độ rọi gần như nhau tại mọi điểm trên bề mặt đó. Chiếu sáng chung còn sử dụng phổ biến ở các nơi mà ở đó quá trình công nghệ không đòi hỏi mất phải làm việc căng thẳng như ở phân xưởng mộc, rèn, hành lang v.v...

Trong chiếu sáng chung, các đèn thường phân bố theo hai cách : phân bố đều và phân bố chọn lọc. Phân bố đều là các bóng đèn được bố trí theo một qui luật nhất định để đạt được yêu cầu về đội rọi trên toàn diện tích.

Phương pháp phân bố này hay dùng ở các phân xưởng có các máy giống nhau, các máy phân bố đều trên toàn phân xưởng. Phân bố chọn lọc là bố trí các đèn ở các nơi thích hợp để tạo ra ánh sáng có lợi nhất cho người công nhân vận hành ở các cụm máy tập trung. Cách này thường dùng trong các phân xưởng có máy móc phân bố không đều hoặc có các máy quá cao gây nên các khoảng tối trong phân xưởng.

b) Chiếu sáng cục bộ.

Ở những vị trí có yêu cầu quan sát tỉ mỉ, chính xác và phân biệt rõ các chi tiết v.v... thì cần có độ rọi cao mới làm việc kết quả. Muốn vậy phải dùng phương pháp chiếu sáng cục bộ, tức là đặt đèn vào gần nơi cần quan sát. Khi để gần, ta chỉ cần bóng đèn có công suất bé cũng tạo nen độ rọi lớn trên bề mặt chi tiết cần quan sát do vậy giảm được chi phí vốn đầu tư.

Chiếu sáng này thường được dùng để chiếu sáng các chi tiết gia công trên máy công cụ, chiếu sáng ở các bộ phận kiểm tra v.v... Tại đây, chiếu sáng chung sẽ không đủ độ rọi cần thiết nên phải sử dụng thêm chiếu sáng cục bộ. Các loại đèn chiếu sáng cục bộ trên máy công cụ hoặc các đèn cầm tay di động thường dùng với điện áp 36V hay 12V.

Ở những nơi quá ẩm ướt, bụi bặm hay có khí dễ cháy và nổ thì người ta thường dùng những loại đèn kiểu kín.

c) Chiếu sáng tổ hợp (hay còn gọi là hỗn hợp).

Đó là kết quả của việc sử dụng đồng thời chiếu sáng chung và chiếu sáng cục bộ. Chiếu sáng hỗn hợp được dùng ở những phân xưởng, có những công việc thuộc cấp 1, 2 và 3 ghi ở bảng phân cấp công việc. Nó cũng được dùng khi cần phân biệt màu sắc, độ lồi lõm v.v... Chiếu sáng loại này thường được dùng ở các phân xưởng gia công nguội, các phân xưởng khuôn mẫu v.v... trong các nhà máy cơ khí.

4) Chiếu sáng trong công nghiệp luyện kim và cơ khí gia công chi tiết trên máy công cụ.

Công nghiệp luyện kim và cơ khí gia công : thể hiện sự đa dạng rất lớn của vị trí làm việc. Theo cách nhìn chiếu sáng, chúng có thể nhóm thành các nhóm sau :

- Những nhóm gia công kim loại khi nguội.

- Những nhóm gia công kim loại khi nóng.

a) Công nghiệp gia công kim loại khi nguội sử dụng rất nhiều loại máy khác nhau. Ở tất cả những máy này, bề mặt cần chiếu sáng gồm có phần bề mặt trên đó người ta gia công các chi tiết và phần bề mặt bị chiếm bởi những bài trí thao tác và kiểm tra. Cả hai phần bề mặt đều là kim loại; sự tương phản giữa những chi tiết này rất nhỏ. Do vậy, để tăng độ tương phản máy móc : đôi khi sẽ được sơn bằng những màu sáng. Diện tích làm

việc cần phải có độ rọi tốt hơn độ rọi của sự bài trí thiết bị. Ở sự gia công các kim loại chứa sắt mà chúng có hệ số phản xạ giảm, người ta yêu cầu một mức độ rọi cao hơn đối với gia công kim loại không chứa sắt. Sự phủ dầu và bụi trên các chi tiết đòi hỏi cần chú ý tăng độ rọi. Cuối cùng chúng ta cũng cần lưu ý những máy móc gia công có thể có khối lượng lớn và rất cao dễ tạo nên bóng tối trên bề mặt lớn. Ở công nghiệp chế tạo, dung sai trong làm việc đôi lúc rất chặt chẽ, do vậy xưởng gia công cơ khí phải được chiếu sáng với hệ thống ánh sáng hỗn hợp.

Một cái băng điều chỉnh cần có những đèn cục bộ và những đèn di động để chiếu sáng bên trong chi tiết hay đồng thời dùng để chiếu sáng rất nhiều bộ phận của chi tiết.

Trong trường hợp làm việc trên băng, mỗi công nhân cần phải thực hiện một thao tác trong một khoảng thời gian nhất định. Với cách làm việc như vậy, số lượng lớn công nhân tập trung trong một không gian rất hẹp và do đó tạo nên một đống và làm cản trở chiếu sáng. Trong trường hợp này, người ta phải xem xét toàn bộ băng và xem đó như chỉ một chỗ làm việc, nên dùng chiếu sáng cục bộ.

Trong công nghiệp gia công các chi tiết nặng nề (chế tạo tuốc bin, đầu máy xe lửa v.v...) lao động được tiến hành trong những gian xưởng rộng. Ở những gian này, các chi tiết được di chuyển nhờ các cầu lăn và các cần cẩu. Trong những gian xưởng rộng này, chiếu sáng chung được đảm bảo nhờ các đèn có công suất lớn (đèn nung sáng, đèn hơi thủy ngân hay tổ hợp v.v...) được đặt ở chiều cao khá cao (quá 6m). Chiếu sáng cục bộ được thực hiện bởi những ngọn đèn treo trên các cột, trên các tường, hay được cố định trên các máy móc.

β) *Công nghiệp gia công kim loại khi nóng* (luyện kim, nhà máy thép, xưởng rèn, xưởng hàn v.v...). Những điều kiện chiếu sáng trong tất cả những công nghiệp này gần như nhau. Độ chói của kim loại nóng sáng, sự khác biệt của độ chói giữa kim loại nung sáng và bên ngoài làm giảm năng lực cảm thấy và do đó có thể sinh ra tai nạn.

Để làm giảm độ tương phản, người ta sẽ dự kiến trong xưởng luyện kim, sự chiếu sáng chung đảm bảo mức độ chiếu sáng nâng cao, có độ rọi 100 – 200 lx. Trong chỗ lao động như vậy, ở một độ cao lớn, người ta có thể đặt những bóng đèn công suất lớn.

Do vì bụi bặm và khói nên người ta sử dụng một số đèn kiểu kín có công suất lớn, dễ dàng làm sạch và bảo quản.

Khuôn kim loại có diện tích độ chói, cần phải sử dụng một số nguồn sáng có độ chói giảm, trong khi khuôn gỗ thông thường được sơn màu đen và nó có sự tương phản giảm so với cát nên có thể được nhìn rõ nhờ một số nguồn có độ chói lớn. Vật thể sáng sẽ được đặt chính xác ở trên diện tích làm việc để nó tạo ra khoảng tối. Mặt bằng cân và nạp kim loại vào lò sẽ được chiếu sáng chỉ với ánh sáng chung. Đối với những vị trí cần kiểm tra các chi tiết được đổ khuôn, người ta sẽ dùng một số nguồn có ánh sáng khuếch tán, diện tích chiếu sáng rộng và được đặt phía trên chỗ cần kiểm tra.

5. Chiếu sáng cho các nhà máy điện và các trạm điện

Chiếu sáng cho các trạm điện cần phải phân ra thành : chiếu sáng làm việc, chiếu sáng an toàn, chiếu sáng nguy hiểm xảy ra sự cố, chiếu sáng sửa chữa.

+ *Chiếu sáng làm việc :* được chiếu sáng trên tất cả các bộ phận bên trong (hoặc bên ngoài) của nhà máy điện hay trạm điện, ở đấy người có thể làm việc hoặc thông qua vị trí đó người ta đến chỗ làm việc. Ở bên trong trong nhà máy hay ở trạm, chiếu sáng cần phải đảm bảo ít nhất bằng với những yêu cầu đã nêu bảng 13-29 sau đây.

Bảng 13-29 : Những giá trị chiếu sáng tối thiểu đối với các nhà máy điện và trạm điện.

Vị trí chiếu sáng	Độ rọi (lx]
1. Phòng điều hành có bảng điều khiển, bảng rơle v.v...	50
2. Vị trí đi vào sau bảng điều khiển	30
3. Các trang thiết bị, khí cụ điện phân phối, cáp, phòng máy biến áp, ắc quy, máy phát	30
4. Đường rãnh hầm của cáp	8
5. Gian để máy (tuốcbin, máy phát)	50
6. Gian để bình chứa nước, bơm, khí nén	20
7. Nồi hơi, quạt v.v...	15
8. Băng chuyền và những bố trí vận chuyển đối với nhiên liệu	8
9. Những vị trí đi qua lại	4
10. Bơm và bình chứa nhiên liệu lỏng	20
11. Bảng điều phối	100
12. Thiết bị dụng cụ đo	150

Các gian để nồi hơi : Ở đấy có thể có khói và bụi, người ta sử dụng các vật thể sáng (bóng đèn) kín được bọc thủy tinh màu ngọc mắt mèo hay màu mờ đục các vòi phun và các hình chứa nhiên liệu được chiếu sáng bằng những đèn được bọc kín bằng thủy tinh.

Các gian máy (tuốc bin, máy phát nhiệt điện v.v...) thông thường được chiếu sáng bằng các vật thể sáng được tráng gương phân phối tập trung được đặt phía trên cầu lăn, ngay phía dưới trần. Sự phân phối ánh sáng được cho bởi những thiết bị phản chiếu gương nhằm bảo đảm chiếu sáng thỏa mãn trên bề mặt của các bảng dụng cụ đo (bên cạnh chiếu sáng chung đã có). Các đèn được bố trí hai hay ba dãy - tùy theo diện tích của gian - để sao cho nó ngăn cản bóng tối của cầu lăn. Vì chiều cao của gian này khá cao nên người ta dùng những bóng đèn có công suất lớn (từ 500 - 1500 W), và phải đảm bảo thu nhận được độ rọi đồng đều đủ thỏa mãn yêu cầu.

Sự lau chùi, bảo trì những bóng đèn này sẽ tiến hành dễ dàng nhờ đứng trên cầu lăn.

Gian bơm. Thông thường, gian này có chiều cao thấp hơn các gian máy, gian này được chiếu sáng bằng những đèn có công suất 200 - 300 W trong vật thể sáng khuếch tán, để ngăn cản việc tạo thành bóng tối của các ống dẫn. Vật thể chiếu sáng cần phải được kín đáo hoàn toàn vì những gian này không khí luôn ẩm.

Chiếu sáng các phòng và bảng điều khiển và kiểm tra phụ thuộc vào kiểu chiếu sáng vào ban ngày. Nếu ban ngày, chiếu sáng là thẳng đứng (thông qua trần), thì vật thể chiếu sáng được đặt giữa các không gian với các tấm kính của trần nhà, nhằm để cho ánh sáng theo cùng hướng với ánh sáng ban ngày. Để đảm bảo sự chiếu sáng khuếch tán, thì vật thể chiếu sáng sẽ chế tạo bằng thủy tinh có màu sữa, hay những ngọn đèn sẽ được dấu phía sau những tấm bằng thủy tinh màu sữa. Nhờ chiếu sáng như vậy nên bảng gắn các dụng cụ có thể có được chiếu sáng đồng đều mà không hề có bóng tối trên các mặt đồng hồ của các dụng cụ.

Nếu chiếu sáng vào ban ngày nhờ vào các cửa sổ nằm cạnh (thẳng góc với trần), thì chiếu sáng điện được thực hiện nhờ các vật thể ánh sáng nửa gián tiếp xem bảng phụ lục bằng thủy tinh màu sữa.

+ Chiếu sáng an toàn

Người ta trang bị ánh sáng ở tất cả các vị trí ở bên trong và bên ngoài nhà máy điện, mà ở đấy, sự làm việc không được phép dừng lại trong trường hợp dòng điện chiếu sáng của lưới điện ánh sáng chung bị ngắt. (ở phòng điều khiển trung tâm, trạm phân phối, gian máy, gian nồi hơi v.v...). Ánh sáng an toàn cần phải đưa vào làm việc (bật sáng) vừa trong thời gian mà ánh sáng làm việc (thông thường) đang làm việc và vừa cả trong khoảng thời gian ánh sáng làm việc thông thường bị ngắt. Mạch điện của chiếu sáng an toàn cần phải được cung cấp từ một người độc lập với nguồn sáng của lưới chung.

Chiếu sáng an toàn không được phép bé hơn 30% giá trị chiếu sáng được giới thiệu ở bảng 13-29 ở trên. Công suất của trang bị chiếu sáng an toàn thông thường bằng từ 10 ÷ 20% công suất của chiếu sáng làm việc. ở những vị trí quan trọng của nhà máy (như chỗ điều phối, bảng đồng hồ, máy phát, tuốc bin v.v... phải đạt đến 50%.

+ Chiếu sáng nguy hiểm

Chiếu sáng nguy hiểm được trang bị ở tất cả những vị trí ở bên trong (và ở bên ngoài) của nhà máy hay trạm điện mà ở đấy có khả năng tồn tại sự nguy hiểm hỏa hoạn hay nổ. Chiếu sáng nguy hiểm cần phải làm việc ở mọi thời gian. Trong thời gian làm việc bình thường của chiếu sáng làm việc, chiếu sáng nguy hiểm và chiếu sáng an toàn có thể được dùng để tăng cường cho chiếu sáng chung đã có; và chúng có thể cùng cấp chung cùng một nguồn điện lưới; nhưng khi dòng điện làm việc thông thường bị ngắt đi thì chiếu sáng nguy hiểm và chiếu sáng an toàn phải được đóng tự động vào nguồn dòng điện độc lập khác.

+ Chiếu sáng dành cho sửa chữa.

Chiếu sáng này được trang bị ở những vị trí bên trong hoặc bên ngoài nhà máy mà ở vị trí đó có thể tiến hành sửa chữa, ở đây cũng cần có một số đèn di động. Chiếu sáng này cần phải làm việc theo yêu cầu và cả trong thời gian ngắt điện, do đó phần của mạch điện này cần phải được nối đến mạch chiếu sáng an toàn hay mạch chiếu sáng nguy hiểm, hoặc tốt nhất nên được cung cấp bởi một nguồn độc lập (hệ thống ắc quy).

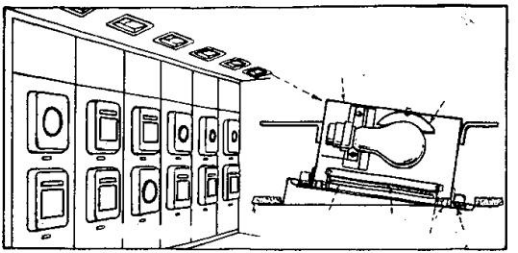
+ Chiếu sáng đường đi và an ninh

Chiếu sáng này được trang bị dọc theo chu vi của mảnh đất nhà máy hay trạm điện để cho người bảo vệ dễ dàng quan sát bất cứ người lạ mặt nhảy vào hay vượt rào vào không gian của nhà máy hay trạm điện. Chiếu sáng này cần phải được cung cấp từ nguồn điện độc lập.

6. Chiếu sáng trong công nghiệp hóa chất

Chiếu sáng chỗ làm việc của công nghiệp hóa chất tổng hợp hay chiết xuất cần phải luôn luôn lưu ý đến hệ số sụt, thông thường hệ số này là từ 0,6 ÷ 0,75. Trong những phân xưởng có bơm, có máy nén và máy lọc v.v... cần phải đảm bảo độ rọi chiếu sáng từ 50 - 100 lx. Khi các đường ống dẫn và trang thiết bị được đặt gần trần, người ta thường dùng những vật thể chiếu sáng không đồng đều và không đối xứng nhằm để tránh các bóng tối.

Ở những gian có hơi ăn mòn nhưng không nổ, người ta sử dụng những bóng đèn đóng kín trong hộp kim loại như hình 13-63. Ở những căn phòng trong đó có khí nổ, người ta sẽ trang bị những loại đèn an toàn (chống nổ). Ở những chỗ như vậy, áp suất ở bên trong vật thể ánh sáng dạng kín sẽ được duy trì ở mức cao hơn mức áp suất có thể có của phòng.



Hình 13-63. Độ rọi của một bảng bố trí trang thiết bị trong gian với không khí ăn mòn.

Những bảng bố trí dụng cụ trên nó (như hỏa kế "pyromètre", đồng hồ đo lưu lượng, áp kế v.v...) nếu có thể được, nên đặt trong những gian riêng của khu vực xưởng làm việc. Giá trị của độ rọi thẳng góc đối với dụng cụ đo trên bảng này ít nhất là 150 lx.

Những bóng đèn ở gian này có thể đặt đối diện với bảng để tránh sự phản xạ của ánh sáng từ trên trang thiết bị vào mắt nhìn quan sát.Người ta có thể sử dụng đèn nung sáng hay huỳnh quang.

Công nghiệp hóa chất cần nhiều loại bố trí ánh sáng đặc biệt, ví dụ người ta lắp những bóng đèn ở bên trong bộ lọc hay những trang thiết bị khác mà trong đó cần phải quan sát sự giải bày của phản ứng hóa học. Ở những nơi cần thực hiện những công việc bảo dưỡng, duy tu, nên bố trí những lỗ cắm để có thể sử dụng những loại đèn di động cầm tay.

7. Chiếu sáng trong công nghiệp dệt

Nhìn chung chiếu sáng trong công nghiệp dệt không phức tạp. Người công nhân dệt làm việc ở nhiều máy dệt, họ cần phải quan sát nhanh và chính xác (hình 13-64) những yêu cầu về chiếu sáng là xác định màu sắc và độ mịn và mảnh của vật liệu và đặc biệt là những động tác mà người thợ phải tiến hành trong quá trình theo dõi máy làm việc. Công nghiệp dệt có thể được nhóm thành các nhóm gia công sau đây : bông, tơ lụa hay len.

α) Chiếu sáng trong công nghiệp gia công bông :

Việc đánh tơi bông, trộn lẫn và chải thô được hiện trong những gian được chiếu sáng chung, đồng đều và sử dụng đèn nung sáng hay huỳnh quang.

Những thao tác xe xoắn chỉ và cuộn thành cúi cần phải quan sát nhanh và xem xét cẩn thận để tránh chỉ đứt; Do đó mức độ sáng cần thiết phải đảm bảo cho các hoạt động này là gần như gấp đôi đối với các hoạt động trên (xem phụ lục 13-1). Chiếu sáng cho các

không gian này phải tương đối đặc biệt. Do không gian làm việc thông thường hẹp và trải dài nên nguồn sáng thường có dạng đường và lắp đặt sao cho loại ra được bóng tối và có sự phân bố ánh sáng thích hợp đối với các hoạt động này. Các thao tác rất phức tạp khi tiến hành *go sợi* và *go cửi* vì vậy đối với những thao tác này, người công nhân phải quan sát rất chi tiết tỉ mỉ, tập trung chú ý trong khoảng không gian khoảng từ 20 - 25 cm^2. Sự hoạt động này cần thiết độ rọi khoảng 500 lx. Chiếu sáng cần phải được khuếch tán đầy đủ, được sử dụng đèn huỳnh quang 40 W được treo trên đầu người công nhân, hoặc có thể dùng đèn nung sáng 60 ÷ 100 W, mắc trong những chao đèn phản xạ hình parabon hay những bóng đèn tráng gương. Dù cho hệ thống chiếu sáng cục bộ được sử dụng, song độ rọi không gian xung quanh cần phải đảm bảo ít nhất là 50 lx. Ở những gian dệt, chiếu sáng cần thực hiện sao cho tốt nhất là không tạo nên các bóng tối. Vì thế nên các bóng đèn không được đặt ở gần các máy dệt mà nên đặt ở phía trên. Để tránh bóng tối, thì nguồn sáng cần phải có diện tích rộng. Để kiểm tra và kiểm soát các sản phẩm dệt, cần phải đảm bảo độ rọi cao (khoảng 250 lx).

β) *Chiếu sáng trong công nghiệp gia công tơ lụa và sợi nhân tạo*

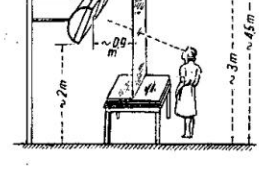
Những hoạt động thao tác thấm nước và sơn các màu sắc không cần có độ rọi quá lớn, tức là ở những vị trí thực hiện các động tác này sẽ được chiếu sáng đồng đều và theo tiêu chuẩn độ rọi cho ở phụ lục. Động tác quấn sợi và tháo chỉ ở con cúi ra cuộn thành cuộn yêu cầu phải quan sát nhanh sự đứt sợi và tìm ra ngay được đầu sợi bị đứt (độ tương phản rất bé), do đó động tác này cần phải được chiếu sáng tốt (150 lx). Những bóng đèn nung sáng hay huỳnh quang cần phải đặt dọc theo hai hàng máy. Động tác ghép sợi và xoắn sợi cần phải có yêu cầu tương tự như động tác quấn sợi và tháo chỉ cuộn thành cuộn ở bên trên, song những máy này thông thường khá cao nên hệ thống chiếu sáng cần phải đặt gần máy. Ở bộ phận lừ sợi, thì vật thể ánh sáng cần phải đặt sao cho toàn bộ hành trình của sợi phải được chiếu sáng đồng đều để có thể tìm thấy dễ dàng sợi chỉ hay đầu sợi chỉ. Ở động tác kéo sợi thông qua go sợi cần phải được chiếu sáng bằng chiếu sáng cục bộ với sự phân phối tập trung. Tốt nhất là những gian dệt cần chiếu sáng bằng đèn huỳnh quang, đặt ở độ cao 3m và bất kỳ trong trường hợp nào cũng phải đặt dưới hệ thống điều hòa nhiệt độ.

Sự kiểm tra sản phẩm dệt tơ lụa thực hiện bằng cách kéo qua một miếng kính được đặt nghiêng 45° được chiếu sáng từ phần đối diện. Độ chói tốt nhất của kính phụ thuộc vào sự chuyển động của tấm tơ lụa, nó cần phải lớn đối với tấm tơ lụa có sự chuyển động thấp. Độ chói của miếng kính có thể thay đổi giữa 0,03 và 0,12 sb.

Đối với dệt kim, thông thường yêu cầu độ rọi khoảng 100 lx.

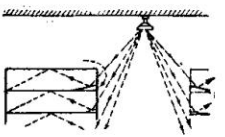
8. Chiếu sáng trong công nghiệp giày dép

Trong công nghiệp giày dép, người ta thực hiện các thao tác mà chúng đòi hỏi sự chiếu sáng rất khác nhau giữa các phân xưởng. Đối với các động tác lựa chọn vật liệu và cắt xén thì cần độ rọi đồng đều 100 lx (đối với vật liệu màu sáng) - 500 lx (đối với vật liệu có màu tối) còn đối với động tác tập hợp các chi tiết để thành sản phẩm (khâu, đóng đế v.v..) thì yêu cầu độ rọi cục bộ 150 lx (màu sáng) và 500 lx (màu tối). Ở động tác tập



Hình 13-64

hợp các chi tiết để thành sản phẩm, người ta cho phép độ rọi cục bộ sẽ đạt đến gấp 10 lần độ rọi chung; song người ta cần tránh các các bóng tối và sự phản xạ trên bề mặt của da hoặc của máy móc. Chỗ kho của các chi tiết bán thành phẩm cần phải có sự chiếu sáng đồng đều với độ rọi khoảng 50 lx. Động tác cắt đế giày thông thường cần độ rọi khoảng 100 lx, được thực hiện nhờ hệ thống đèn cục bộ. Sản phẩm đưa vào kho chứa được đặt trên những cái kệ, độ rọi của chúng được thực hiện nhờ những đèn bố trí ở những khoảng giữa của chúng. Để cho sự chiếu sáng vào đến tận sâu của các kệ thì những cánh cửa của kho này và trên mỗi tấm phản ở bề mặt nên bọc nhôm để sao cho nó phản xạ ánh sáng trong các kệ. (hình 13-65).



Hình 13.65. Sự bố trí độ rọi của các kệ

Ở gia công cao su đối với công nghệ giày dép, máy cán cần phải chiếu sáng cả hai phần, với ánh sáng khuếch tán khoảng 150 lx. Ở những động tác cắt cao su bằng tay, chiếu sáng tốt cần phải đảm bảo đèn được lắp ở một độ cao khá cao để giảm bóng tối. Những động tác tổng ghép các chi tiết để thành hình sản phẩm là những động tác yêu cầu chất lượng tốt và là khó khăn tỉ mỉ nên cần thiết chiếu sáng bằng những đèn chiếu sáng cục bộ, đảm bảo độ rọi 200 - 250 lx. động tác lưu hóa cần thiết độ rọi từ 100 đến 150 lx.

Hình 13-66, 13-67, 13-68 là một vài loại đèn chiếu sáng cầm tay dùng cho một số xưởng cắt may, giày dép loại E27 có công suất 60 - 100 W và 150 W.

Hình 13-66, 13-67, 13-68 là hình dạng vài kiểu đèn dùng trong một số xưởng cắt may và giày dép loại E27 có công suất 60-100 và 150 W. (loại di động cầm tay).

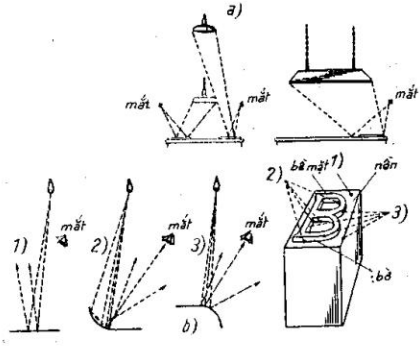
9. Chiếu sáng trong công nghiệp nghệ thuật, họa hình in ấn

** Tập hợp các văn bản.*

Trong nhiều trường hợp, bề mặt của các chữ được phết mực, chúng có một màu đậm hơn nền. Những dạng chữ này hoặc hình được vẽ trên nền chói lóa do hiệu quả của đường nét. Nếu một bề mặt như vậy được chiếu sáng bằng các đèn đặt trong những chao đèn phản xạ công nghiệp, được ở chiều cao trên 2,5 m, thì phần có thể nhìn thấy rõ có diện tích không lớn. Còn nếu đèn được đặt gần các tấm in, thì diện tích được nhìn thấy rõ sẽ tăng lên (hình 13-69a), những đặc tính đường nét sẽ rõ hơn.

Những đường biên (được làm tròn trịa) của những chữ và những hình sẽ tạo nên hàng trăm bề mặt gương lõm và lồi (hình 13-69b), chúng sẽ phản xạ những tia theo tất cả các hướng.

Để tránh tất cả những bất lợi này, thì người ta sử dụng vật thể ánh sáng có bề mặt lớn, nó sẽ trải rộng trên toàn bộ tấm bản, hay đúng hơn trên toàn bộ bàn làm việc. Trường hợp lý tưởng là sử dụng phần diện tích của trần bố trí chiếu sáng mặt.



Hình 13-69. Hiệu quả ở gần của những đèn và độ rọi của chúng với nguồn sáng có bề mặt rộng

Chiếu sáng chỗ làm việc với nội dung tập hợp các văn bản cần phải thỏa mãn các điều kiện sau :

- Vật thể ánh sáng phải có độ chói đồng đều và bé; Không thể dùng vật thể ánh sáng với những đèn trong hay mờ đục, hở theo hướng tấm bản.

- Diện tích chiếu sáng của vật thể ánh sáng phải rộng.

- Toàn bộ mặt bàn phải được chiếu sáng đồng đều.

- Mức độ rọi trên tấm bản không được dưới 250 lx.

* *In ấn* : Những máy in cần phải đảm bảo một mức độ rọi 100 - 150 lx.

Vật thể ánh sáng cần phải có diện tích lớn và độ chói nhỏ.

* *In màu* : Việc kiểm tra màu được tiến hành trên bàn được chiếu sáng từ 200 ÷ 250 lux từ một nguồn sáng mặt có diện tích lớn. Ban ngày cũng như ban đêm, màu sắc cần được kiểm tra cùng một ánh sáng, ánh sáng nhân tạo có màu gần như màu của ban ngày (các đèn mặt trời) hay các đèn huỳnh quang. Bề mặt của bức bình phong cần phải có sự phản xạ không chọn lọc, tức là chúng phải có màu trắng, màu xám tro hay màu hơi đen.

10. Chiếu sáng trong công nghiệp thực phẩm.

Trong công nghiệp thực phẩm, cần phải đảm bảo rất nghiêm ngặt về vệ sinh sạch sẽ, nhằm đảm bảo phẩm chất và sự chế tạo rất vệ sinh các sản phẩm. Với mục đích đó, công nghiệp này cần phải được chiếu sáng ở độ rọi cao (xem phụ lục). Những bóng đèn không bao giờ được đặt trực tiếp trên các bình hay các bể chứa hở.

11. Chiếu sáng cho văn phòng.

Những điều kiện trông thấy được trong văn phòng được xác định bởi rất nhiều yếu tố (xem bảng 13-30). Vậy sự trông thấy có thể được hoàn thiện thông qua hàng loạt những biện pháp rút ra từ lĩnh vực chiếu sáng điện nói riêng. Như vậy việc sử dụng đồ gỗ trang trí trong nhà có màu sáng, của bàn làm việc được phủ bằng vật liệu có màu trắng và mờ đục v.v... có thể làm đơn giản hóa khá nhiều các vấn đề đặt ra giúp cho việc trông thấy được dễ dàng.

Bảng 13-30. Sự tương phản của độ chói thường gặp trong làm việc ở văn phòng.

– Mực tàu đen trên giấy trắng	1 : 18	Bút chì số 4 trên giấy trắng	1 : 2
– Bút chì hóa học trên giấy trắng	1 : 2	Viết trên giấy trắng (đen)	1 : 8
– Mực trên giấy trắng	1 : 10	Viết trên giấy trắng (màu tím)	1 : 8
– In trên giấy báo	1 : 14	Bảng sao, được đánh trên máy đối với giấy trắng	1 : 4
– Bút chì số 2 trên giấy trắng	1 : 3	Bản sao được đánh trên máy đối với giấy pelure	1 : 2

Nguyên tắc chung là : trong chiếu sáng văn phòng phải đảm bảo độ rọi lớn đối với người làm việc trong thời gian dài tại văn phòng và độ rọi bé hơn đối với sự làm việc với thời gian ngắn hay gián đoạn. Như vậy việc ghi chép vào các sổ kế toán làm việc trên những máy đánh chữ v.v..., ghi tốc ký, vẽ, và những công việc thiết kế sẽ được chiếu sáng ở mức độ rọi rất cao (250 lx). Các việc thông thường trong văn phòng, văn thư, công việc làm ở trong các phòng họp, quỹ tài chánh v.v... không yêu cầu độ rọi lớn hơn 150 lx.

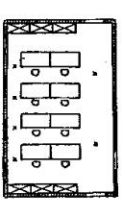
Độ chói của vật thể ánh sáng được mắc trong văn phòng không nên vượt quá 0,12 sb, ở vùng giữa 45 – 90°.

Những bóng tối xảy ra trong văn phòng làm ta rất khó chịu và chúng ta cần phải loại trừ bằng cách sử dụng chiếu sáng trực tiếp hoặc thông qua việc đặt hoàn toàn đầy đủ các đèn có chiếu sáng trực tiếp hay bán trực tiếp v.v...

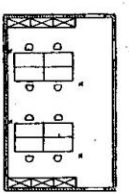
Nếu có nhiều bàn làm việc trong cùng một phòng thì sự bố trí tốt nhất và phù hợp nhất của các vật thể sáng là bố trí như hình 13-70.

Ban ngày, nếu bố trí như vậy thì các bàn làm việc sẽ nhận được ánh sáng từ bên trái, còn các vật thể chiếu sáng tương tự cũng được đặt ở góc bên trái.

Nếu vật thể ánh sáng không được sắp xếp như vậy, thì người ta sẽ sắp xếp các bàn thành các nhóm có từ 4 đến 6 bàn và được chiếu sáng như hình 13-71.



Hình 13-70. Sự bố trí tối ưu các đèn trong trường hợp có nhiều bàn làm việc trong cùng một phòng.



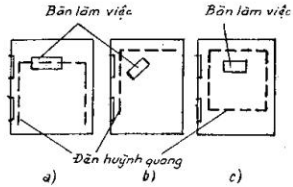
Hình 13-71. Chiếu sáng các bàn làm việc được đặt thành nhóm (từ 4 ÷ 6 bàn).

Trong những gian mà chiếu sáng chung tồn tại nhưng lại không áp dụng một trong các cách bố trí đèn như trên thì chúng ta sẽ dự kiến những đèn chiếu sáng cục bộ đặt phía bên trái bàn làm việc.

Trong trường hợp chiếu sáng phòng có ít bàn làm việc, thông qua các đèn huỳnh quang; các đèn này có thể bố trí dạng hình U, dạng L hay dạng chữ nhật. Bố trí đèn theo dạng hình U (hình 13-72a). Dạng U này thường được bố trí khi phòng có 2 cửa sổ và đặc biệt trong những phòng bé và hẹp.

Bố trí theo dạng L như hình 13-72b đặc biệt sử dụng cho những phòng bé, gần như hình vuông, với bàn làm việc đặt xiên (chéo) trong góc; còn bố trí theo dạng chữ nhật đối với những phòng lớn (hình 13-72c).

Những bàn hội nghị cần phải chiếu sáng với ánh sáng khuếch tán để không sinh ra bóng tối trên mặt bàn hay trên gương mặt của người xung quanh bàn. Sự phản chiếu làm khó chịu trên mặt bàn sẽ tránh được bằng cách phủ trên mặt bàn vật liệu khuếch tán (mờ, đục).



Hình 13-72. Bố trí các đèn huỳnh quang để chiếu sáng các phòng có ít bàn làm việc.
a) Dạng bố trí đèn theo hình U; b) Theo hình L; c) Theo hình chữ nhật.

Vẽ bản vẽ (làm việc trên bàn để vẽ) :

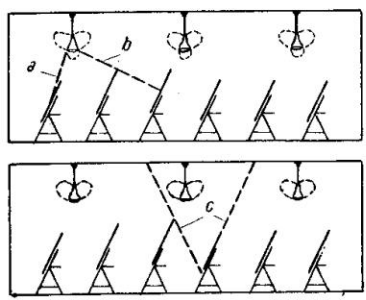
Cần phải có độ rọi cao, không có độ chói. Độ tương phải giữa bề mặt làm việc và bề mặt môi trường xung quanh cần phải rất bé, đặc biệt khi làm việc bằng bút chì.

Chúng ta phải tránh sự phản xạ trên các bề mặt với sự phản xạ của các dụng cụ vẽ, giấy v.v... vì rằng chúng đóng vai trò quan trọng trong việc làm mắt mệt mỏi.

Sự bất lợi này đóng vai trò rất quan trọng đối với các tấm phản để vẽ đặt nằm ngang. Những tấm phản để vẽ cần phải đủ chiều cao.

Ở những phòng vẽ, người ta dùng những đèn chiếu sáng cục bộ trên mỗi tấm phản để vẽ, vì rằng chiếu sáng gián tiếp hay nửa gián tiếp tạo nên trên tấm phản vẽ những diện tích chiếu sáng không đồng đều.

Ở hình 13-73, thể hiện độ rọi của những tấm phản để vẽ. Ở đây a và b là những đường tối trên phản vẽ; c tấm phản vẽ được chiếu sáng tốt.



Hình 13.73

Ở phòng đánh máy.

Người ta thiết kế mức độ rơi cao, không chỉ dành cho những động tác trên máy, mà đặc biệt để loại ra những khó khăn khi đọc các bản nháp, bản viết bằng bút chì hay bút bi mờ, hay những bản sao chép in mờ, tất cả những thứ được nêu trên cho ta độ tương phản giảm (xem bảng 13-30). Trong những trường hợp như vậy, độ rọi phải tăng đến 500 – 600 lx. Người ta sử dụng đèn chiếu sáng cục bộ, với ánh sáng khuếch tán, đèn này có chụp đèn để bảo vệ che phần ánh sáng chiếu vào người đánh máy.

Độ rọi hành lang.

Độ rọi hành lang cần lưu ý là trong trường hợp hành lang qua lại được các văn phòng mở cửa thì do ánh sáng của văn phòng nên hành lang có thể thấy được nên có thể chiếu sáng với độ rọi thấp, song do vì các phòng có thể luôn luôn đóng kín nên chiếu sáng của hành lang cần phải có độ rọi thỏa mãn, mức độ rọi có thể từ 20 lux đến 25 lux; đồng thời để đảm bảo sự đồng đều đủ độ rọi, thì khoảng cách giữa các đèn đối với hành lang dài không được vượt quá 1,5 lần chiều cao của nó kể từ sàn nhà.

Trên các cầu thang lên xuống.

Các đèn cần phải bố trí sao cho người leo lên hay xuống cầu thang sẽ không tạo nên bóng tối. Theo quy định, mỗi một thềm nghỉ của cầu thang cần mắc một đèn được treo hay cố định trên trần, còn ở những đoạn có bậc thang thì phải có những đèn chiếu ánh sáng bên cạnh được cố định trên tường. Độ rọi cần phải đạt được sao cho trong trường hợp cháy một đèn thì vẫn tồn tại mức độ rọi thỏa mãn trên cả đoạn thang có nhiều bậc thang (20 – 25 lux).

Trong các phòng vệ sinh hay phòng rửa tay yêu cầu độ rọi khoảng 20 – 30 lx.

12. Chiếu sáng cho các trường học.

Chiếu sáng trong các trường yêu cầu cần phải đảm bảo mức độ rọi thỏa mãn tương đối cao (xem phụ lục 13.1) với một độ chói bé nhất thích hợp. Chúng ta phải chú ý đặc biệt đến thiết kế sao cho không có bóng tối (nếu dùng chiếu sáng dạng mặt). *Những đèn để hở ra không cho phép sử dụng trong lớp học.* Người ta sử dụng những vật thể ánh sáng có độ chói tối đa như sau đây :

– Giữa đường thẳng đứng và 45° → 0,4 Sb

– Giữa 45 – 60° → 0,16 Sb

– Giữa 60 – 90° → 0,08 Sb

Sự tương phản của độ chói, trong các phòng trong trường học, cần phải bé nhất nếu có thể được, xem bảng.

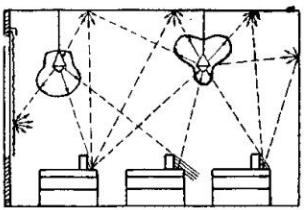
Bảng 13-31. Sự tương phản của độ chói yêu cầu đối với trường học.

Bề mặt	Sự tương phản của độ chói trong môi trường trông thấy
1. Giữa mục tiêu nhìn thấy và chiều sâu (bề mặt bảng, tường v.v...)	1/3 – 3/1
2. Giữa mục tiêu nhìn thấy và vùng rất xa của phòng	1/10 – 10/1
3. Giữa nguồn sáng (đèn) và bề mặt trần và tường ở ngay gần đây	1/20 – 20/1
4. Trong bất kỳ trường hợp nào thì sự tương phản không thể lớn hơn	1/30 – 30/1

Sự phản xạ của trần (80 – 85%) của tường (50 – 60%) của băng ghế ngồi (35 – 50%) của nền (15 – 30%) sẽ làm sao phải càng lớn. Trong lớp, tấm bảng chiếm một vị trí quan trọng trong môi trường trông thấy của học sinh. Bảng được đặt hoặc thẳng góc hoặc ở một góc 10 – 20°. Những bảng treo ở tường sẽ hấp phụ một phần rất đáng kể ánh sáng.

Quang thông của đèn cần phải hướng sao cho sự phản xạ ánh sáng không hề làm khó chịu học sinh ngồi trên ghế dài ở gần nhất. Nhằm mục đích này, các đèn sẽ được mắc cao và gần bảng. Như vậy, người ta sẽ mắc những vật thể ánh sáng có gương trên trần nhà ở một khoảng cách nằm ngang bằng với 3/4 khoảng cách thẳng đứng giữa bảng và đèn.

Để không làm khó chịu việc nhìn thấy của học sinh, thì những vật thể sáng sẽ không nên đặt ở chiều cao nhỏ hơn 2,8m. Bên cạnh cửa sổ, người ta bố trí một dãy vật thể ánh sáng với ánh sáng trực tiếp. Chúng ta có thể tham khảo chiếu sáng lớp học như ở hình 13-74.



Hình 13-74. Chiếu sáng lớp học với ánh sáng tự nhiên có từ bên trái

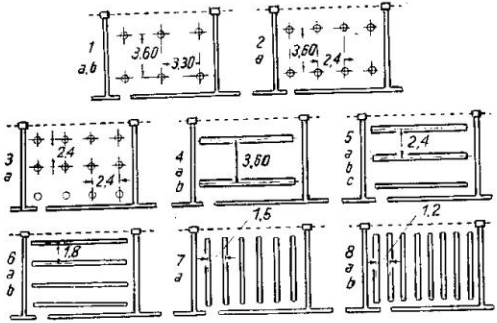
Những chỉ số đối với sự chiếu sáng các lớp học của trường học thông dụng cho ở bảng 13-32 và ở hình 13-75 :

Ở đây ρ trần = 0,75 ; $\rho_{tường}$ = 0,4 hệ số sụt : 0,7

Những phòng vẽ của trường sẽ được tính toán chiếu sáng như tính toán đối với phòng thiết kế.

Những phòng thí nghiệm và xưởng trường thông thường được tính toán chiếu sáng giống như chiếu sáng trong công nghiệp.

Đối với hành lang và các phòng của trường học, chúng ta phải thiết kế ánh sáng an toàn mà nó đảm bảo trong trường hợp bị mất điện ở lưới điện chính thì ánh sáng an toàn này có thể tạo dễ dàng cho người đi lại trên hàng lang và rời khỏi các phòng để ra ngoài một cách an toàn. Độ rọi an toàn không được bé hơn 3 lux



Hình 13-75. Các ví dụ sắp xếp các đèn trong một lớp học của trường học 7/10m

Bảng 13-32. Cho những ví dụ chiếu sáng đối với trường học

Loại độ rọi	Số lượng đèn	Đèn Công suất	Dạng đèn	Hiệu suất của vật thể ánh sáng	Gần đúng [W/m^2]	Độ rọi gần đúng [lx]	Sắp xếp bố trí theo hình 13-75
Gián tiếp	6	500	đèn nung sáng	0,7÷ 0,8	44	160	1a
90 ÷ 100% trong ⌓	6	300	-"-	0,7 ÷ 0,8	27	120	1b
	8	300	-"-	0,7 ÷ 0,8	35	160	2a
10 ÷ 0% trong ⌔	12	200	-"-	0,7 ÷ 0,8	35	160	3a
	56	40	đèn huỳnh quang	0,7 ÷ 0,8	39	300	4a
	30	100	-"-	0,7 ÷ 0,8	51	320	5a
	84	40	-"-	0,7 ÷ 0,8	59	460	5b
	40	100	-"-	0,7 ÷ 0,8	68	440	6a
Bán gián tiếp	12	200	đèn nung sáng	0,7 ÷ 0,8	35	360	3a
60 ÷ 90% trong ⌓	56	40	đèn huỳnh quang	0,7 ÷ 0,8	39	350	4a
40 ÷ 10% trong ⌔	30	100	-"-	0,7 ÷ 0,8	51	360	5a
Khuếch tán	48	40	đèn huỳnh quang	0,65 ÷ 0,75	34	340	4b
40 ÷ 60% trong ⌓	42	40	-"-	0,65 ÷ 0,75	29	300	5c
60 – 40% trong ⌔	72	40	-"-	0,65 ÷ 0,75	51	520	5d
	48	40	-"-	0,65 ÷ 0,75	38	340	6b
Bán trực tiếp	42	40	đèn huỳnh quang	0,6 ÷ 0,70	29	320	5c
10 ÷ 40% trong ⌓	48	40	-"-	0,6 ÷ 0,70	38	360	6b
90 ÷ 60% trong ⌔	60	40	-"-	0,6 ÷ 0,7	42	450	7a
Trực tiếp	60	40	đèn huỳnh quang	0,6 ÷ 0,7	42	530	7a
0 ÷ 10% trong ⌓	40	40	-"-	0,6 ÷ 0,7	28	360	8a
100 – 96% trong ⌔	64	40	-"-	0,6 ÷ 0,7	51	560	8b

13. Chiếu sáng trong các bệnh viện

Những phòng chính của bệnh viện (phòng mổ, phòng khám, phòng điều trị, v.v...) là những phòng theo những yêu cầu riêng biệt (xem phụ lục), còn những phòng phụ như phòng thí nghiệm, phòng chiếu quang tuyến v.v... hành lang v.v...) được chiếu sáng như các văn phòng làm việc hay nhà ở.

Trong các phòng mổ, phòng khám, điều trị cần phải đảm bảo thị lực và sự quan sát tốt nhất. Ở phòng mổ, diện tích làm việc (thao tác mổ) không lớn (100 – 200 cm^2), đối với diện tích thao tác mổ này cần phải đảm bảo chiếu sáng cục bộ, chiếu sáng chung chỉ nhằm mục đích phụ sao cho không tạo ra sự tương phản quá lớn giữa bàn mổ và những phần còn lại của phòng. Để đảm bảo sự nhanh chóng đạt yêu cầu trong phẫu thuật, cần phải có độ rọi cục bộ rất cao (2000 – 5000 lux). Quang thông phải hướng sao cho loại trừ được khả năng tạo thành bóng tối; do vậy, bàn mổ phải được chiếu sáng bằng một hàng vật thể ánh sáng đặt theo hình chữ nhật trên tất cả các cạnh, hoặc dùng những vật thể sáng đặc biệt có bề mặt lớn chiếu vào bàn mổ.

Trong sự chiếu sáng đặc biệt của bàn mổ, cần phải ngăn cản ảnh hưởng của nhiệt sinh ra do đèn đối với người bệnh và những bác sĩ, thầy thuốc thực hiện phẫu thuật. Tương tự, để dễ dàng quan sát vết thương, thì màu của ánh sáng đèn cần phải rất gần màu của ánh sáng ban ngày. Do vậy, những vật thể ánh sáng được treo trên bàn mổ cần có *bộ lọc lộ sáng* trên đường đi tới của ánh sáng. Các bộ lọc này sẽ giữ lại phần lớn nhiệt bức xạ, đồng thời đem lại đường cong phân bố phổ của ánh sáng được phát ra rất gần với ánh sáng ban ngày (đèn ánh sáng mặt trời) chiếu sáng chung trong các phòng mổ cần sử dụng những vật thể ánh sáng mà chúng khó làm bẩn.

Để đảm bảo tuyệt đối sự liên tục của công việc trong những phòng mổ, thì tất cả các đèn cần dự kiến có bộ phận giao hoán chuyển mạch tự động, bộ phận này sẽ thực hiện nối ngay đến nguồn điện riêng (ắc quy) trong trường hợp lưới cung cấp bị mất điện. Đôi khi, những đèn này được cung cấp suốt trong khoảng thời gian ca mổ từ nguồn năng lượng riêng.

Do vì trong các buồng điều trị có các giường bệnh, người bệnh có thể nằm lâu dài, và mắt họ nhìn hướng về trần nhà, do vậy nên không bao giờ được sử dụng các vật thể ánh sáng trực tiếp hay có độ chói lớn. Hệ thống chiếu sáng tốt nhất là hệ thống thu nhận từ những vật thể ánh sáng gián tiếp hay bán gián tiếp, được đặt không gần trần quá. Tương tự chiếu sáng cần phải thực hiện sao cho trong trường hợp cần thiết, đội rọi có thể giảm một cách đồng đều trong toàn phòng để cho người bệnh có thể nghỉ ngơi.

Trong các phòng có các giường bệnh, trong hành lang v.v... ta phải bố trí chiếu sáng an toàn (độ rọi thường lớn hơn 0,3 lx). Trần nhà của những phòng này được quét sơn trắng hay màu kem ($\rho = 0,60$), còn các bức tường thì màu hơi vàng hay màu xám tro nhạt ($\rho = 0,40$).

14. Chiếu sáng trong phòng xem biểu diễn và trong các phòng hội nghị

Thông thường lối đi vào trong các phòng này được chiếu sáng với mức độ rọi cao. Trong những căn phòng từ đường đi vào đầu tiên, mức độ rọi nâng lên từ 100 – 150 lx, còn độ chói cũng lớn do các chao đèn, kính và gương.

Ở phòng ngoài mà từ đó đi thẳng vào phòng xem biểu diễn, độ rọi cần phải giảm đến 50 ÷ 75 lx.

Trong phòng xem biểu diễn, độ rọi cần phải thiết kế sao cho độ chói nhỏ nhất, những đèn phải bố trí sao cho từ bất kỳ nơi nào của phòng, người ta phải thấy rõ buổi biểu diễn (xem phụ lục 13-1).

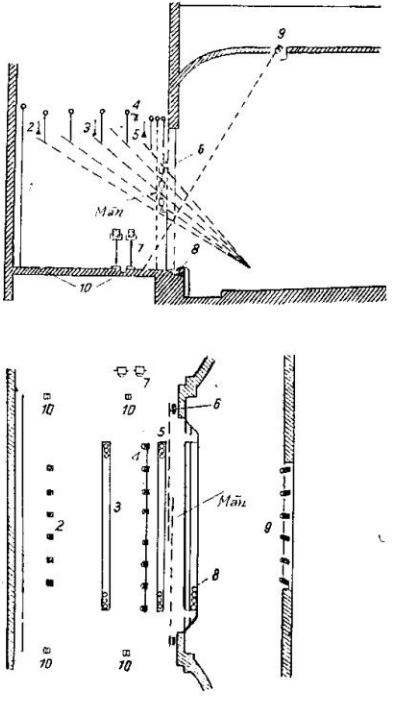
Ở những phòng chiếu bóng, chiếu sáng cần phải hướng sao cho khi chiếu trên màn ảnh thì toàn phóng sẽ tối, còn trong lúc nghỉ giải lao, độ chói không được vượt quá 0,005 Sb. Mức độ rọi trong phòng chiếu bóng thay đổi giữa 2,5 lx ở chiều sâu của phòng, còn ở gần màn ảnh thì 0,5 lx.

Ở trong rạp hát cần đảm bảo độ rọi 25 lx trong thời gian nghỉ giao lao. Trong thời gian biểu diễn, độ rọi của phòng vào khoảng 5 lx.

Đối với những phòng xem biểu diễn và phòng họp dạng hội nghị (hội trường) người ta dùng ánh sáng trang trí gián tiếp, nó là nguồn sáng dạng bề mặt lớn của toàn bộ trần nhà. Như vậy, chúng ta sẽ nhận được độ chói giảm, độ rọi đồng đều, không có bóng tối.

Chiếu sáng gián tiếp sẽ tổ hợp với chiếu sáng bán trực tiếp hay bán gián tiếp ở trong phòng xem biểu diễn và phòng họp để làm tăng tính chất sang trọng và tôn nghệ thuật kiến trúc của phòng.

Độ rọi sân khấu : là vấn đề khá phức tạp và khá thích thú, người ta thường sử dụng nhiều loại đèn, như đèn chiếu với góc lớn, các chao đèn cũng khá đặc biệt để tạo sự chiếu tập trung, và người ta còn sử dụng những đèn ở dưới sàn sân khấu (hình 13-76).



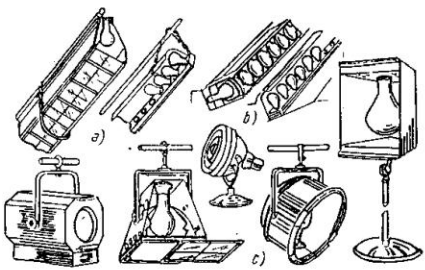
Hình 13-76. Sự bố trí chiếu sáng của một sân khấu lớn.
1. Bình phong ở sâu sân khấu.
2. Đèn chiếu có diện tích lớn, di động, với đèn 500 W.
3. Dãy đèn 100 – 200 W, đỏ, xanh da trời, xanh lá cây.
4. Đèn chiếu tập trung di động, với các bóng 500 – 1000W.
5. Dãy đèn 100 – 200W.
6. Đèn chiếu công suất lớn, tập trung 500 – 1000W với chiếu sáng màu hồng hay xanh da trời.
7. Đèn chiếu tập trung.
8. Dãy đèn trước màn kéo 60 – 100W màu sáng, hồng và xanh da trời.
9. Đèn chiếu công suất lớn 500 – 1000W trên ban công hay trên trần.
10. Đèn dưới sàn.

Các dãy đèn trên sân khấu nhằm đảm bảo chiếu sáng chung của sân khấu; những dãy đèn này mắc song song với bức màn kéo, số lượng đèn phụ thuộc vào chiều sâu của sân khấu.

Dãy đèn đầu tiên cần được treo ở sau bức màn, càng gần càng tốt. Tất cả các dãy đèn cần phải di động theo chiều thẳng đứng, để có thể đặt ở một chiều cao tương ứng với độ rọi cần thiết và với sự sắp xếp trong sân khấu. Những bóng đèn được đặt trong vật thể sáng dài (hình 13-77a). Chúng có nhiều màu và hay được phủ bằng những tấm lọc màu. Tất cả những đèn có cùng một màu được nối trên cùng một mạch điện sao cho bất kỳ màu sắc nào cũng sẽ đảm bảo độ rọi đầy đồng đều trên dọc cả dãy. Những đèn được sử dụng được đặt ở khoảng cách chừng 20 cm.

Đối diện với bức màn kéo, người ta đặt một dãy đèn được chôn sâu để cho độ rọi chiếu vào trước sân khấu. Mục đích của dãy đèn này là loại ra được các bóng tối có thể tạo trên các gương mặt của nghệ sĩ. Việc đặt dãy đèn ở dưới sàn sân khấu này giống như dãy đèn được treo (hình 13-77b).

Những đèn chiếu được đặt ở bên trong sân khấu, trên ban công hay trên trần. Chúng có mục đích tập trung độ rọi của một số không gian trên sân khấu (hình 13-77c) nguồn sáng của đèn chiếu được tạo nên từ những bóng đèn nung sáng 200 ~ 2000 W hay đèn hồ quang điện. Màu sắc thường được cho bởi bộ lọc lộ sáng.



Hình 13-77. Các loại đèn dùng cho chiếu sáng sân khấu.
a) Dãy đèn; b) Đèn dùng cho lan can; c) Đèn chiếu.

* *Sự chiếu phim :*

Độ chói của hình ảnh trên màn ảnh cần phải đủ lớn để tạo nên độ tương phản. Sự tương phản này không bị ảnh hưởng bởi ánh sáng hay bóng tối của phòng.

Vị trí và độ lớn của khoảng không gian dùng để xem và chiếu phim sẽ xác định độ chói, loại màn ảnh và mức độ rọi cần thiết cho sự chiếu phim. Độ chói của màn ảnh có thể thay đổi trong những gian chiếu bóng từ 0,003 ÷ 0,005 Sb; còn trong trường học, trong hội thảo v.v... thì giữa 0,0015 ÷ 0,006 Sb. Bề mặt của màn ảnh có màu mờ đục và được viền màu sáng kim loại.

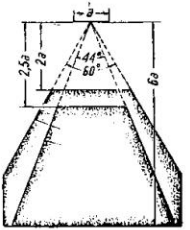
Những màn ảnh mờ đục phản chiếu ánh sáng tới sao cho trên thực tế cùng độ chói ở bất kỳ hướng nhìn nào.

Những màn ảnh như vậy được dùng cho những phòng mà ở đấy khán giả chiếm một góc lớn (hình 13-78). Loại màn ảnh này rất thông dụng.

Khoảng cách từ thính giả đến màn ảnh sẽ nhiều nhất là bằng 6 lần chiều rộng của màn ảnh, tức là chiều rộng của màm ảnh cần phải gần bằng 1/6 khoảng cách từ màm ảnh đến hàng ghế cuối cùng.

Nếu thính giả ngồi quá gần thì sự nhìn thấy không đều của hình ảnh được chiếu sẽ làm cho mắt chóng mệt mỏi.

Trong trường hợp *chiếu* trong lớp học, ở trong phòng hội nghị v.v... thì hàng ghế đầu tiên không được phép quá gần màn ảnh mà chỉ nên gấp đôi chiều rộng màn ảnh (trong trường hợp màn ảnh màu mờ đục).



Hình 13-78. Vị trí thích hợp của người xem (khán giả) đối với chiều rộng của màn ảnh.

Ở điện ảnh, người ta bố trí hàng ghế đầu tiên đối diện với màn ảnh ở một khoảng cách bằng với chiều rộng của màn ảnh.

Để cho hình ảnh được chiếu không nhìn thấy bị vặn vẹo hay méo, người ta thường thiết kế góc nhìn không vượt quá 30° (đối với đường pháp tuyến của mặt màn ảnh).

Tỉ lệ giữa chiều cao và chiều rộng của màn ảnh ở điện ảnh cần phải là 3/4. Ở những lớp học tốt nhất là dùng màn ảnh hình vuông.

Quang thông cần thiết cho đèn chiếu được xác định bởi độ lớn cần thiết của hình ảnh được chiếu và hệ số phản xạ trung bình của màn ảnh trong góc nhìn, tức là :

$$\Phi = \frac{\pi BS}{\rho}$$

Ở đây : B – là độ chói, tính bằng Sb.

S – bề mặt của màn ảnh, tính cm^2.

ρ – hệ số phản xạ.

Ở điện ảnh, độ chói ở giữa của màn ảnh phải là 0,003 – 0,005 Sb, không có phim trong máy chiếu. Để đảm bảo độ chói này trên màn ảnh thì cần thiết nguồn sáng phải có một độ chói rất lớn. Do đó, người ta dùng đèn hồ quang điện, sự phân phối phổ của nó tương ứng và dành cho việc chiếu các phim màu.

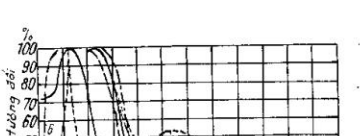
Bảng 13-33. Cho ta những giá trị của quang thông cần thiết đối với việc sử dụng đèn chiếu trong lớp.

Kích thước màn ảnh, tính [cm]	Màn ảnh mờ đục		Kích thước màn ảnh tính [cm]	Màn ảnh mờ đục	
	0,0015 Sb	0,006 Sb		0,0015 Sb	0,006 Sb
75 × 100	55	210	200 × 270	385	1540
90 × 125	75	305	230 × 300	480	1915
115 × 150	120	475	270 × 370	690	2750
140 × 180	170	690	320 × 430	935	3745
160 × 210	235	940	360 × 490	1230	4920
180 × 240	305	1225			

15. Chiếu sáng ở phòng chụp ảnh và kỹ thuật in nắng.

Nguồn chiếu sáng thích hợp nhất dành cho chụp ảnh là nguồn sáng mà nó phát ra bức xạ cực đại để in vào phim ảnh; tiêu thụ ít năng lượng.

Mức độ in của phim ảnh phụ thuộc vào mức độ xếp chồng của đường cong phát ra phổ của nguồn sáng. Những đường cong của độ nhạy phổ của các ảnh, phim và giấy được dùng phổ biến được trình bày ở hình 13-79.



Hình 13-79. Đường cong độ nhạy phổ của vật liệu nhiếp ảnh thông dụng.

1. Giấy thông thường, (nhạy cảm đối với màu xanh da trời).
2. Chính sắc (orthochromatique) : nhạy cảm ở màu xanh lá cây, vàng, không nhạy cảm ở màu da cam và màu đỏ.
3. Toàn sắc (panchromatique) : nhạy cảm ở tất cả các màu.
4. Giành cho hồng ngoại : nhạy cảm ở màu đỏ và hồng ngoại.
5. Với lớp bichromate : (nhạy cảm đối với cực tím).
6. Giấy Ozalid : nhạy cảm ở cực tím và tím.
7. Giấy dành cho chép lại (copie) : màu xanh da trời nhạy cảm ở cực tím.

Nguồn sáng được dùng vào mục đích chụp hình có thể phân thành :

* Nguồn sử dụng được lập lại mà thực tế nó không hề làm thay đổi đường đặc tính khi sử dụng lần sau.

* Nguồn được sử dụng chỉ một lần.

Nguồn sáng được sử dụng lập lại nhiều lần : hoặc là đèn điện loại nung sáng, hoặc là đèn với sự phóng điện trong khí hay đèn với hồ quang.

+ Đèn nung sáng dùng cho mục đích chụp ảnh là loại đặc biệt, với hiệu quả sáng năng cao (20 – 30 lm/W) và thời gian tuổi thọ giảm (8 – 50 giờ).

+ Đèn với sự phóng điện trong khí dùng sử dụng để in giấy ảnh nhạy.

Chiếu sáng dành cho chụp ảnh cơ bản khác với chiếu sáng dành cho trông thấy bình thường. Chiếu sáng dành cho chụp ảnh yêu cầu có mức độ rọi phải gấp 10 lần lớn hơn so với độ rọi của chiếu sáng trông thấy bình thường.

Trong trường quay điện ảnh :

Chiếu sáng đóng vai trò chủ yếu. Thiết bị chiếu sáng trong trường quay cần phải rất cơ động và phải hoàn toàn thỏa mãn để cho một giai mức độ độ rọi rộng.

Đôi khi cần phải chiếu sáng bề mặt rất lớn, tức là cần thiết một nguồn ánh sáng rất mạnh.

Trong trường quay, người ta dùng đèn hồ quang và đèn nung sáng. Hồ quang cho ánh sáng có những màu khác nhau tùy theo chất của lõi các bon. Để biến đổi màu ánh sáng của đèn nung sáng, người ta dùng các màn lọc. Sân khấu để đóng phim thông thường được chiếu sáng với ánh sáng nhân tạo, và có lúc được chiếu sáng với ánh sáng tự nhiên. Đối tượng hay mục tiêu hoặc người biểu diễn được chiếu sáng phụ bằng đèn chiếu. Độ rọi chung là 1000 – 2000 lx, còn chiếu sáng phụ thì có giá trị từ 2 ÷ 4 lần giá trị này. Đối với phim màu chiếu sáng chung cần có là 2500 – 2700 lx.

Trong những trường hợp quay điện ảnh, người ta dùng những đèn chiếu cho ánh sáng cục bộ (góc 10 – 50^0) và đèn chiếu dành cho chiếu sáng chung (góc đến 180^0).

16. Chiếu sáng cho nhà bảo tàng và triển lãm.

Trong nhà bảo tàng và triển lãm, độ rọi trên mặt phẳng thẳng đứng và mặt phẳng nghiêng cần cụ thể đối với từng loại đối tượng cần chiếu sáng.

Bảng 13-34 cho ta mức độ rọi đối với các mục tiêu nghệ thuật trong nhà bảo tàng và triển lãm (chỉ tiêu hướng dẫn).

17. Chiếu sáng cho cửa hàng và cửa kính.

Chiếu sáng cho cửa hàng cần phải đảm bảo sự quan sát nhanh các đối tượng một cách tương đối tỉ mỉ và chi tiết. Vì vậy nên đối tượng cần phải được chiếu sáng với mức độ rọi khá cao, nó sẽ tương phản với chiều sâu có thể nhìn thấy và sao cho độ chói không làm cho người xem khó chịu.

Mức độ độ chói ở cửa hàng cho ở phụ lục 13-1. Độ tương phản cần phải đảm bảo đặt đối tượng có màu sáng đối diện với chiều sâu màu tối hay ngược lại.

Những vật thể (mục tiêu) có bề mặt sáng ngời sẽ được chiếu sáng với ánh sáng khuếch tán, còn mục tiêu bề mặt mờ đục thì chiếu sáng trực tiếp. Trong những cửa hàng quần áo hoặc trong những cửa hàng trong đó người ta bán vật liệu màu, người ta sử dụng ánh sáng của đèn nung sáng tráng 4500 Sb, ánh sáng trắng ban ngày hay ánh sáng trắng ấm áp.

Trong nhiều cửa hàng, chiếu sáng cần thực hiện vừa trên mặt phẳng nằm ngang vừa

trên mặt phẳng thẳng đứng. Những đối tượng được trưng bày thẳng đứng (quần áo v.v...) cần được chiếu sáng phụ bằng những đèn có vật thể ánh sáng không đối xứng.

Những đối tượng được đặt trong kính (hay trong tủ kính) của các cửa hàng không nên chiếu sáng với mức độ gấp đôi mức độ được nhìn thấy khi lấy ra khỏi tủ kính.

18. Chiếu sáng khách sạn

Chiếu sáng khách sạn không đặt thành vấn đề quá đặc biệt. Chiếu sáng các phòng thực hiện giống như chiếu sáng các nhà ở, còn chiếu sáng cho những phòng phụ (hành lang, phòng ngồi chơi tiếp khách v.v...) thì thiết kế giống như chiếu sáng cho những phòng trong các tòa nhà có văn phòng. Mức độ rọi đối với khách sạn được cho ở phụ lục 13-1).

Bảng 13-34. Mức độ rọi đối với các đối tượng mang tính nghệ thuật.

Loại đối tượng	Vật liệu	Loại và cách đặt diện tích được chiếu sáng	Độ rọi [lx]	Nhận xét
Tranh màu Cá thể hay nhóm Không đóng khung	vải gỗ Tơ lụa	Thẳng đứng, mờ đục	150 250 150	Những đèn sáng rực bị đặt ở vị trí không đúng sẽ có thể cho hình ảnh được phản chiếu làm cho khó chịu người xem
Đóng khung	Vải	Thẳng đứng mờ đục	150	
Không đóng khung	Gỗ	Thẳng đứng chiếu sáng rực	250	Tránh phản xạ
Cá thể	Vải	Thẳng đứng chiếu sáng rực	150 – 250	
Màu nước thành nhóm được đóng khung hay không đóng khung		Thẳng đứng mờ đục hay chiếu sáng rực	100	
Tranh tượng Cá thể hay nhóm	Trát Vữa (xây dựng)	Thẳng đứng hay nằm ngang mờ đục hay sáng rực	100÷250	Tránh phản xạ
Điêu khắc Nhóm đóng khung hay không đóng khung	Gỗ Đá	Thẳng đứng mờ đục hay sáng rực	100 – 150	Tránh phản xạ
Bình gốm nhóm	Đồ sứ mịn v.v...	Nghiêng mờ đục hay sáng rực	100	Thông thường được trưng bày trong tủ kính được chiếu sáng
Chạm trổ hay cẩn, cá thể	- Cẩm thạch - Sành - Vữa xây dựng - Gỗ - Đồng thanh màu sáng - Đồng thanh màu tối - Đồng đỏ - Đồng xanh lá cây - Đồng thau - Vàng - Bạc - Sáp	Thẳng đứng, mờ đục hay sáng rực	150 – 500 150 – 250 150 – 500 100 – 500 1.000 2500 1500 2500 1000 500 500 150 – 250	

19. Chiếu sáng cho nhà ở

Bảng phụ lục cho ta độ rọi cần thiết cho các loại phòng. Sự phân bố quang thông trong các phòng nhà ở cần phải thực hiện sao cho không tạo nên những điểm có độ chói lớn hay những góc tối. Những cảm giác làm khó chịu cho người ta thường là những đèn không có chao, hở hoàn toàn. Thông qua sự phân bổ ánh sáng trên toàn bộ bề mặt của phòng mà chúng ta sẽ nhận được độ chói giảm, đấy là yêu cầu quan trọng đối với phòng ngủ.

Mức độ sử dụng chiếu sáng trong phòng phụ thuộc vào hệ số phản xạ của tường của sào và của trần. Chiếu sáng cho hiệu quả thú vị nhất khi trần nhà có hệ số phản xạ lớn nhất, sàn nhà nhỏ nhất, còn tường có hệ số phản xạ trung bình. Thông thường, trần nhà có hệ số phản xạ từ 0,65 – 0,80; sàn nhà từ 0,10 – 0,20, còn tường có hệ số 0,35 – 0,50. Chúng ta sẽ lấy các giá trị trên trong những phòng mà ở đấy có sự hoạt động yêu cầu tăng cường sự trông thấy được coi trọng (các phòng có yêu cầu đọc viết, hoặc may vá v.v...).

Bề ngoài của mục tiêu bị ảnh hưởng của màu sắc ánh sáng tới. Những đèn nung sáng sẽ biến đổi màu sắc bề ngoài của mục tiêu, những màu vàng và hơi đỏ được nhấn mạnh; trong khi đối với đèn huỳnh quang có thể cho ánh sáng có màu gần với màu ánh sáng ban ngày. Trong những khu nhà ở, người ta thích sử dụng đặc biệt ánh sáng của đèn huỳnh quang màu trắng ấm, trắng 3500.

Phòng ở được chiếu sáng với những vật thể ánh sáng được treo trên trần hay gắn trên tường. Những vật thể ánh sáng được treo hay gắn trên trần sẽ đảm bảo cho ánh sáng chung của phòng và đồng thời có thể dùng cả chiếu sáng cục bộ ở những bàn được đặt ở giữa hay góc phòng. Phòng được chiếu sáng với ánh sáng khuếch tán. Những vật thể ánh sáng có thể là hình những vòng gồm có nhiều đèn hay hình tia nhiều nhánh được bố trí các bóng đèn ở các nhánh. Những vật thể ánh sáng được lắp trên tường dùng để tăng mức độ chung của độ rọi, đặc biệt trong những gian phòng dài và hẹp, ở đấy vật thể ánh sáng được treo ở trung tâm không thể chiếu sáng trên các bức tường với độ rọi đồng đều. Những vật thể sáng này được lắp thông thường có chiều cao khoảng 2m hay hơn một ít so với mặt sàn.

Những đèn để bàn được dùng để đảm bảo chiếu sáng có độ rọi cục bộ cần thiết để đọc sách, viết lách hay may vá v.v... Chúng được đặt ít nhất ở khoảng cách 75 cm đối với vị trí được chiếu sáng và cần phải được phủ bằng vật chất màu sáng trắng hay màu nhạt.

Bàn ăn được chiếu sáng thông thường bằng vật thể ánh sáng ở vị trí 75 – 100 cm so với mặt bàn và ở trung tâm của bàn. Các bóng đèn đặt ở phía trên của bàn cần hướng một phần của ánh sáng trực tiếp lên trên bàn và dĩ nhiên dùng ánh sáng khuếch tán.

Ánh sáng trong nhà bếp. Chiếu sáng chung sẽ được thực hiện nhờ vật thể ánh sáng gắn hay treo trên trần nhà, v.v... Những chỗ cần thao tác có thể được chiếu sáng phụ nhờ vật thể ánh sáng gắn ở tường.

Phòng ngủ thông thường bố trí có ánh sáng dịu, độ chói rất bé – và thường dùng chiếu sáng chung, nếu có bàn ngủ, nhỏ đặt ở cạnh đầu giường thì nên dùng thêm đèn bàn.

Chiếu sáng cho buồng tắm

Chúng ta cần thiết kế sao cho chiếu sáng rõ cho người đứng trước gương. Bố trí thích hợp nhất phục vụ mục đích này là dùng hai vật thể ánh sáng gắn trên tường ở một phía, còn phía kia là gắn ở trên gương soi. Những buồng tắm 5m^2 thì nên có vật thể ánh sáng

được giữ trên trần. Nếu chỉ dùng một vật thể ánh sáng thì bất kỳ trường hợp nào cũng nên đặt nó ngay phía trên gương soi. Vật thể ánh sáng ở buồng tắm nên dùng loại kín.

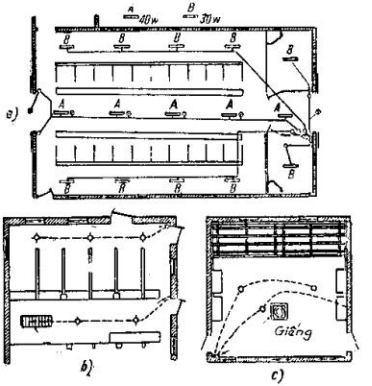
20. Chiếu sáng cho một ngôi nhà nông nghiệp.

Chúng ta sẽ thiết kế chiếu sáng đặc biệt đối với những cánh cửa đi vào đi ra trong khu nhà nhằm đảm bảo giao thông. Những vật thể sáng được treo trên những phần cố định của ngôi nhà hay trên những cột điện ngoài ngôi nhà, sao cho ánh sáng sẽ chiếu sáng một diện tích rộng.

Phía trong các ngôi nhà : Các ngôi nhà mà ở đấy người ta chứa các bình sữa thì cần chiếu sáng tốt, vì rằng điều này giúp cho việc duy trì các điều kiện vệ sinh. Những ngôi nhà như vậy chúng ta sẽ dùng đèn nung sáng 100 – 150 W đối với chiếu sáng chung và 60 – 75 W đối với chiếu sáng cục bộ. Chiếu sáng cục bộ cho công việc phải là 15 – 50 lx.

Chuồng ngựa, chuồng bò, chuồng heo v.v... chăn nuôi súc vật

Ở đây, chúng cần phải được chiếu sáng với ánh sáng nhân tạo. Hình 13-80 giới thiệu sự bố trí các đèn trong chuồng chăn nuôi súc vật. Thông thường người ta dùng vật thể ánh sáng là các đèn 40 – 60 W, được đặt cách nhau 3 ÷ 5 m giữa chúng.



Hình 13-80. Sơ đồ bố trí đèn trong chuồng nuôi súc vật.
a – Đối với bò; b – Đối với ngựa. c – Đối với gà.
Các ký hiệu : ⊗ đèn nung sáng; ▭ đèn huỳnh quang
◉ Vật thể chiếu sáng; o cầu dao

Ở gian nuôi gà, để được một số lượng lớn trứng qua nhiều ngày gà đẻ, người ta bố trí khoảng 5W/m^2 diện tích chiếu sáng.

Kho chứa các sản phẩm nông nghiệp

Chiếu sáng thiết kế sao cho tất cả những vị trí của kho đều có thể thấy đường để đi đến được. Những bóng được dùng có công suất từ 75 – 100 W.

13.5.2. Chiếu sáng ngoài trời.

1. Nhận xét chung. Thông thường những công việc thực hiện ở bên ngoài trời không yêu cầu độ tinh vi cao. Không gian xung quanh tối tạo cho mắt người tiếp nhận một cách thích ứng ở độ chói giảm. Do vậy độ rọi của những công việc bên ngoài sẽ được sử dụng nguồn sáng với độ chói rất nhỏ.

Những quy định đối với chiếu sáng bên ngoài cho những giá trị tối thiểu của độ rọi tùy thuộc vào hệ số phản xạ của diện tích được chiếu sáng và tùy theo kích thước của mục tiêu mà ta cần quan sát. Đôi khi, chúng ta phải lưu ý đến tốc độ cảm nhận, đặc biệt là đối với những lao động cơ khí máy móc, ở đấy xác xuất tai nạn khá lớn.

Bảng 13-35. Cho ta độ rọi tối thiểu ở những vị trí lao động ngoài trời ở một số nước châu Âu.

Cấp công việc	Đặc điểm lao động và vị trí lao động	Độ rọi tối thiểu [lux]		Nhận xét
		Thẳng đứng	Nằm ngang	
I	Những công việc cần phân biệt chi tiết sản phẩm (tỉ lệ giữa kích thước tối thiểu của chi tiết và khoảng cách đến mắt là 0,01 – 0,1)	15	8	Độ rọi thẳng đứng trên cả hai phía
II	Những công việc cơ khí cần phân biệt chi tiết : – Hệ số phản xạ của bề mặt < 0,15 Hệ số phản xạ của bề mặt 0,15 – 0,30 – Hệ số phản xạ của bề mặt > 0,30	 10 5 3	 15 1,5 1	
III	Những công việc làm tay không cần phân biệt chi tiết – Hệ số phản xạ của bề mặt < 0,15 Hệ số phản xạ của bề mặt 0,15 – 0,30 – Hệ số phản xạ của bề mặt > 0,30	 3 1,5 1	 1 0,50 0,3	
IV V	Quan sát vận chuyển bằng cơ khí (máy nâng hàng, băng tải v.v...) Những vị trí nạp và giải phóng vật liệu v.v...	5 4	2 2	Chiếu sáng thẳng đứng trên cả hai phía
VI	Bến bãi với sự giao thông ít	2	1	
VII	Chiếu sáng cho lối đi	1	–	
VIII	Pha chiếu trong các sân của xí nghiệp	1	–	
IX	Chỗ đi qua – Với giao thông mật độ cao – Với giao thông mật độ trung bình – Với giao thông mật độ nhỏ	 0,75 0,50 0,30	 0,5 0,3 0,2	
X	Vị trí thao tác	0,30	–	
XI	Hàng rào chỗ lao động	0,20	–	
XII	Lối đi, cầu tàu	–	0,5	

Những quy định của các nước châu Âu đối với chiếu sáng cho những công việc ngoài trời đặt cơ sở trên giả thiết là góc bảo vệ của các chao đèn đảm bảo bảo vệ tránh độ chói quá nhiều. Những quy định này thiết lập độ rọi tối thiểu nằm ngang và thẳng đứng của bề mặt làm việc.

Độ rọi tối thiểu đối với chỗ làm việc ngoài trời cho ở bảng 13-35 yêu cầu vật thể chiếu sáng có góc bảo vệ dưới 10^0. Nếu góc bảo vệ lớn hơn thì giá trị cho ở bảng sẽ được lấy phân nửa.

Căn cứ vào tính chất công việc, vào khả năng cung cấp điện, nhà nước ta đã ban hành những tiêu chuẩn về độ rọi cho các công việc khác nhau trong các gian phòng sản xuất và ở những khu vực ngoài trời. Bảng 13-36 giới thiệu tiêu chuẩn nhà nước ta về độ rọi nhỏ nhất trên bề mặt làm việc trong các gian phòng sản xuất – Bảng 13-37, giới thiệu tiêu chuẩn độ rọi ở những khu vực làm việc ngoài trời. Bảng 13-38, giới thiệu hệ số dự trữ khi thiết kế tính toán; khi đó ta cần quan tâm đến các hệ số này.

2. Chiếu sáng công trường

Chiếu sáng công trường vừa sử dụng chiếu sáng chung, vừa sử dụng chiếu sáng khu vực. Để tăng độ rọi và giảm hiệu quả độ chói, người ta thực hiện tỉ lệ giữa khoảng cách các đèn và chiều cao treo nó, so với tầm mắt là 15/1. Đối với chiếu sáng khu vực, người ta thiết kế sao cho bán kính hoạt động của mỗi đèn không vượt quá 5 lần chiều cao đèn đối với tầm mắt của người công nhân.

Đối với những công việc quan trọng hay nguy hiểm người ta bố trí chiếu sáng an toàn với độ rọi tối thiểu 0,2 lx.

Ở những trang bị chiếu sáng, mà vật thể sáng bằng thủy tinh màu sữa hay mờ đục không có góc bảo vệ thì tỉ lệ giữa khoảng cách và chiều cao của vật thể ánh sáng không được quá 6.

Đối với chiếu sáng công trường người ta dùng hoặc đèn nằm trong các chao đèn, hoặc đèn chiếu.

Chiếu sáng dùng đèn chiếu được sử dụng đặc biệt trong các trường hợp mà ở đấy đèn không đặt gần chỗ lao động được hoặc ở đấy bề mặt chiếu sáng rất lớn. Để tăng bán kính hoạt động của nó, và để làm cho mắt người cảm nhận dễ chịu, thì những đèn chiếu cần mắc thành nhóm trên các tòa nhà hay trên các cột có chiều cao 20 – 30 m. Theo cách nhìn để cảm thấy dễ chịu, chiều cao tối thiểu H được mắc đèn chiếu là (tính bằng thước) :.

$$H = \sqrt{\frac{2{,}88\ I_{max} \cdot 10^3}{(S-1)\left(1+\frac{\varphi}{\theta}\right)^2 \cdot (B_{min} \cdot 10^4 - 0{,}207)}} + 1{,}5[m],$$

Ở đây : I_{max} – là cường độ ánh sáng lớn nhất của đèn chiếu, tính cd

φ – Góc giữa trục nhìn của người quan sát và mặt phẳng nằm ngang (trên công trường, thông thường $\varphi = 8{,}5^0$).

θ – Góc giữa trục của đèn chiếu và phương nằm ngang ($10 - 20^0$ đối với độ rọi chiếu sáng nằm ngang; $6 \div 12^0$ đối với độ rọi thẳng đứng

S – Hệ số làm tối mờ mắt = 4

$B_{min} = \dfrac{E_{min\rho} \cdot \varphi}{\pi \cdot 10^4}$ – Độ chói nhỏ nhất trong phạm vi nhìn, tính Sb.

Bảng 13-36 : Tiêu chuẩn độ rọi nhỏ nhất trên bề mặt làm việc trong các gian phòng sản xuất

Tính chất công việc	Kích thước của vật cần phân biệt mm	Cấp công việc	Phân cấp	sự tương phản giữa vật và nền	Nền	Đèn rọi nhỏ nhất, l_x			
						Đèn huỳnh quang		Đèn nung sáng	
						Chiếu sáng hỗn hợp	Chiếu sáng chung độc nhất	Chiếu sáng hỗn hợp	Chiếu sáng chung độc nhất
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rất chính xác	Từ 0,1 và nhỏ hơn	I	a	Nhỏ	Tối	2000	500	1000	200
			b	Nhỏ	Sáng	1000	500	750	200
				Trung bình	Tối	1500	500	750	200
			c	Trung bình	Sáng	1000	400	500	200
				Lớn	Tối	1000	400	500	200
			d	Lớn	Sáng	500	200	300	100
Chính xác cao	Trên 0,1 đến 0,3	II	a	Nhỏ	Tối	1500	500	750	200
			b	Nhỏ	Sáng	750	300	400	100
				Trung bình	Tối	750	300	400	100
			c	Trung bình	Sáng	500	150	300	75
				Lớn	Tối	500	150	300	75
			d	Lớn	Sáng	400	100	200	50
Chính xác	Trên 0,3 đến 1	III	a	Nhỏ	Tối	500	200	400	100
			b	Nhỏ	Sáng	500	150	300	75
				Trung bình	Tối	500	150	300	75
			c	Trung bình	Sáng	400	100	200	50
				Lớn	Tối	400	100	200	50
			d	Lớn	Sáng	300	100	150	30]
Chính xác vừa	Trên 1 đến 10	IV	a	Nhỏ	Tối	100	100	100	30
			b	Nhỏ	Sáng	100	100	100	30
				Trung bình	Tối	100	100	100	30
			c	Trung bình	Sáng	75	75	75	20
				Lớn	Tối	75	75	75	20
			d	Lớn	Sáng	75	75	75	20
Thô sơ	Trên 10	V		Không phụ thuộc vào hệ số phản xạ của nền và sự tương phản giữa vật với nền		75	75	75	20
Chỉ yêu cầu quan sát theo đường vận chuyển của quá trình sản xuất. Không yêu cầu phải phân biệt các chi tiết riêng của phụ tùng		VI		Không phụ thuộc vào hệ số phản xạ của nền và sự tương phản giữa vật với nền		50	50	–	10
Làm việc với các thiết bị vật liệu và dụng cụ tự phát sáng		VII		Không phụ thuộc vào hệ số phản xạ của nền và sự tương phản giữa vật với nền		100	100	–	30

Bảng 13-37. Tiêu chuẩn độ rọi ở những khu vực làm việc ngoài trời.

Cấp công việc	Tính chất công việc phải làm	Độ rọi nhỏ nhất trên bề mặt làm việc, lx
I	Những công việc đòi hỏi độ chính xác cao, cần phân biệt sự khác nhau giữa các chi tiết khi tỷ số giữa kích thước nhỏ nhất của các chi tiết đó với khoảng cách từ vật tới mắt người công nhân nhỏ hơn 0,005	30
II	Những công việc chính xác, cần phân biệt sự khác nhau giữa các chi tiết khi tỷ số giữa kích thước nhỏ nhất của các chi tiết đó với khoảng cách từ vật tới mắt người công nhân trong phạm vi 0,005 ÷ 0,02	20
III	Những công việc ít chính xác và thô sơ khi tỉ số giữa kích thước nhỏ nhất của các chi tiết với khoảng cách từ vật tới mắt người công nhân trong phạm vi 0,02 ÷ 0,05.	10
IV	Những công việc cơ khí, máy móc, không đòi hỏi phải phân biệt sự khác nhau giữa các chi tiết trong quá trình sản xuất.	5
V	Những công việc chỉ yêu cầu phân biệt sự khác nhau giữa các vật lớn ở gần người công nhân, hoặc những công việc chỉ cần quan sát chung trên bề mặt làm việc mà không cần phân biệt các chi tiết trên bề mặt đó.	2

Bảng 13-38. Hệ số dự trữ

TT	Tính chất của công trình	Số lần lau bóng ít nhất trong một tháng	Hệ số dự trữ	
			Đèn huỳnh quang	Đèn nung sáng
1	Các phòng có nhiều bụi, khói, tro hoặc bồ hóng	4	2	1,7
2	Các phòng có bụi, khói, tro hoặc bồ hóng trung bình	3	1,8	1,5
3	Các phòng ít bụi, trói tro hoặc bồ hóng	2	1,5	1,3

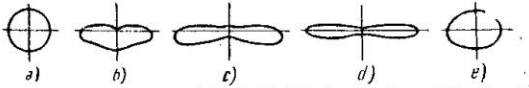
Chiếu sáng phục vụ bảo vệ và kiểm soát

Để thực hiện an toàn và bảo vệ, kiểm soát tốt, về ban đêm hay lúc tối trời, người ta thiết kế hai hệ thống chiếu sáng.

- Chiếu sáng bảo vệ các bờ rào của công trường hay xí nghiệp

- Chiếu sáng toàn bộ bề mặt hay một số phần diện tích của công trường hay xí nghiệp để quan sát các điểm trọng tâm.

Đối với chiếu sáng bảo vệ và kiểm soát, người ta dùng đèn chiếu hay đèn treo đặt trong vật thể ánh sáng. Những đèn chiếu này có thể là chiếu thành chùm, loại trung bình hay chùm rộng đối với khoảng cách nhỏ hay lớn, còn các vật thể ánh sáng có các đường cong phân bố như hình 13-81 và sự phân bố cho ở bảng 13-39.



Hình 13-81. Các đường cong phân bố của vật thể ánh sáng dùng trong chiếu sáng phục vụ bảo vệ và kiểm soát

Ở hình 13-81 :

a - dùng ở chiếu sáng chung; b - dùng ở chiếu sáng hàng rào và tường rào (các đèn có thể đặt gần nhau) và dành cho chiếu sáng không gian giữa các tòa nhà với khoảng cách bé hơn 45m; c - chiếu sáng bảo vệ và chiếu sáng cho khoảng không gian giữa các tòa nhà gần nhau; d - đối với chiếu sáng bảo vệ ở khoảng cách lớn; e - dành cho chiếu sáng thẳng đứng của các tòa nhà.

Bảng 13-39. Bố trí chiếu sáng phục vụ bảo vệ và kiểm soát

Nguồn ánh sáng	Phân bố ánh sáng	Bố trí	Chiều cao [m]	Khoảng cách [m]	Công suất đèn [w]	Độ rọi ngang
Đèn chiếu	Chùm hẹp	20 ÷ 30m từ hàng rào trong phạm vi của bảo vệ	6 – 7	50 – 60	500	–
Đèn chiếu	Chùm hẹp hay trung bình	1,5 – 3m	7 – 9	90 – 120	500 1000	2,0 3,3
Vật thể ánh sáng được khúc xạ	Xem bảng phụ lục 13 2. hình 7	4,5 ÷ 6m từ hàng rào, trong phạm vi cần phải bảo vệ	5 – 6	40	300 500	3,0 5,0
Vật thể ánh sáng được khúc xạ	Xem bảng phụ lục 13,2 hình 7	2 ÷ 3m từ hàng rào trong thành phạm vi cần bảo vệ	8	40	300 500	1,8 3,0
Vật thể ánh sáng được khúc xạ	Xem bảng phụ lục 13,2 hình 7	Trực tiếp trên hàng rào	8	40	300 500	2,0 3,4

3. Chiếu sáng mặt ngoài hay mặt trước

Chiếu sáng này thực hiện nhằm mục đích tạo sự chú ý của người xem đối với mặt ngoài hay mặt trước đối với những công trình có tính chất nghệ thuật.

Sự bố trí chiếu sáng mặt ngoài tiến hành theo những giai đoạn sau đây :

- Thiết lập hiệu quả mong muốn và vị trí gần đúng của người xem đối với diện tích chiếu sáng, xác định vị trí của đèn chiếu, thiết lập mức độ rọi mong muốn, thiết lập số lượng đèn cần có và công suất của chúng, thiết lập độ rọi đồng đều và hiệu quả mà nó sinh ra sự đồng đều đó.

Mỗi một diện tích mặt ngoài được chiếu sáng của tòa nhà hay của một tượng đài cần phải có một độ chói nhất định để tạo nên sự nổi bật phối cảnh. Chiếu sáng với độ rọi đồng đều sẽ hủy hoại khả năng tạo cho những phần khác nhau của cấu trúc có thể nhìn thấy rõ nét trong phối cảnh.

Mức độ rọi của mặt ngoài phụ thuộc và vật liệu mặt ngoài và phụ thuộc và độ chói của các diện tích xung quanh.

Bảng 13-40. Giới thiệu mức độ rọi được sử dụng đối với mặt ngoài.

Bảng 13-40

Vật liệu mặt ngoài (mặt trời)	Hệ số phản xạ	Diện tích xung quanh		
		Sáng chói	Trung bình	Tối
- Đất nung trắng hay màu kem, vữa trắng, cẩm thạch có màu sáng	0,6 – 0,8	75	50	25
- Vôi xám nhạt, gạch màu ngà vàng, vữa hồng hay vàng	0,4 – 0,6	100	75	50
- Đá sỏi vụn, gạch xám tro, vôi xám đậm	0,2 – 0,4	150	100	75
- Gạch thông thường (hồng), vôi, đá màu hạt dẻ, đá hoa cương	0,1 – 0,2	250	150	100
- Bản, biển ghi	màu nhạt màu đậm	250 500	150 350	100 250

Những bề mặt có hệ số phản xạ bé hơn 0,2, thì việc chiếu sáng sẽ khó khăn hơn. Nếu tòa nhà được đặt trong một vị trí có mật độ giao thông lớn, thì đòi hỏi phải giảm độ chói ở các phần dưới của nó - nhằm để tránh bị lóa (không thấy gì) một cách tình cờ đối với người bộ hành hay người tài xế xe ô tô.

Để đảm bảo độ rọi đối với mặt ngoài, ta thường dùng đèn nung sáng bình thường và đèn chiếu.

4. Chiếu sáng đối với bản, biển ghi (hình 13-82)

Cần đảm bảo một độ rọi đồng đều trên toàn diện tích của bản, biển ghi. Bảng 13-41 giới thiệu cách bố trí đèn đối với những bản, biển ghi.

- Độ chói của bản biển được chiếu sáng phải đủ thỏa mãn để làm nổi bật đối với các diện tích nằm cạnh nó.

- Không được tạo sự lóa mắt thông qua độ chói (trực tiếp hay phản xạ).

5. Chiếu sáng cho công viên

Trong trường hợp này, người ta cần tạo độ rọi cho những mục tiêu cần chú ý như độ rọi của nước, của các công trình nghệ thuật, của các tượng đài kỷ niệm v.v...

Độ rọi đồng đều của các vườn và công viên như các chao đèn phản xạ sẽ không thỏa mãn. Thông thường, người ta bố trí một số đèn có công suất nhỏ và sẽ có điểm có độ chói giảm thay vì chỉ có vài điểm mà độ chói lại nâng cao. Trong những trường hợp này, thông thường người ta không quan tâm đến hiệu quả chiếu sáng. Sự đồng đều là không cần thiết; Thỉnh thoảng người ta lại muốn tạo nên có những khoảng tối và sáng thay đổi nhau.

Như qui định, người quan sát cũng không cần quan tâm đến nguồn sáng thế nào. Mức độ rọi được giới thiệu đối với công viên được cho ở phụ lục 13-1.

6. Chiếu sáng đường giao thông liên lạc - Độ rọi của đường xá và đại lộ.

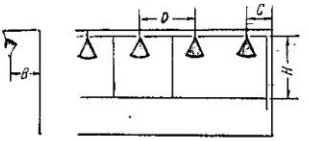
Đây là vấn đề khá phức tạp trong chiếu sáng. Những yếu tố mà nó ảnh hưởng đến khả năng nhìn rõ trên đường xá và đại lộ là độ chói của mục tiêu từ trên hay bên cạnh đường, kích thước của mục tiêu mà là cần quan sát, độ tương phản giữa các mục tiêu và khoảng không gian xung quanh, khoảng thời gian cần được quan sát mục tiêu, sự lóa mắt thông qua độ chói quá mức.

Khả năng nhìn rõ trên đường xá về ban đêm có thể được đảm bảo thông qua độ rọi mà nó cho một độ chói hoàn toàn đầy đủ trên đường, bởi sự đồng đều khá tốt, và không hề sinh ra sự lóa mắt làm không thấy được của độ chói.

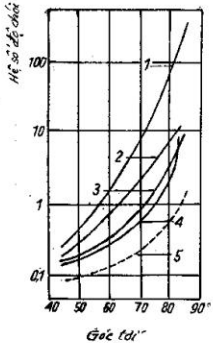
Trên đại lộ, sự nhìn thấy được là do ở sự phân biệt chi tiết của mục tiêu được chiếu sáng, hoặc hiệu quả của đường nét.

Nếu độ chói của đại đa số các bề mặt của vật thể giảm hơn nhiều so với độ chói của nền (mà ở đấy người ta nhìn thấy) thì sự trông thấy được thực hiện nhờ kết quả của đường nét (hay hình bóng).

Thông thường, sự nhìn thấy mục tiêu ở xa trên đường được thực hiện thông qua hiệu quả của đường nét. Sự trông thấy thông qua hiệu quả của đường nét phụ thuộc phần lớn vào hệ số phản xạ của bề mặt đại lộ. Bảng 13-42 cho ta hệ số phản xạ của bề mặt đường xá và xa lộ.



Hình 13-82. Bố trí các đèn và chao đèn phản xạ để đạt được độ rọi của bản, biển ghi.



Hình 13-83. Sự thay đổi hệ số độ chói cực đại của bề mặt đại lộ tùy theo góc tới.
1 – Nhựa đường khô; 2- gỗ; 3 – bêtông khô, 4 – bitum; 5 – lát đá sỏi.

Hệ số phản xạ tăng khi tia bức xạ càng nghiêng hơn. Độ chói tăng cùng với sự tăng lên của góc tới. (hình 13-83). Bề mặt khô của đường được xem như khuếch tán. Những đo đạt thực hiện trên đường xá cho ta thấy sự phụ thuộc của hệ số độ chói với góc tới i, góc phản xạ ε và góc phương vị của tia được phản xạ đối với mặt phẳng tới.

Bảng 13-41. Sự bố trí các đèn đối với các bản biển chỉ đường hay ghi chép.

Kích thước [m]				Công suất đèn, [W]		
H	B	C	D	Bề mặt xung quanh		
Chiều cao của bản biển	Khoảng cách các đèn đến bản biển	Khoảng cách đèn cuối đến bờ viền bản, biển	Khoảng cách giữa các đèn	Tối	Trung bình	Ánh sáng
0,6 – 1,2	0,75	0,75	1,50	60	75	100
1,5 – 1,8	1,00	0,90	1,80	75	100	150
2,0 – 2,5	1,20	1,00	2,00	100	150	200
2,7 – 3,6	1,40	1,20	2,40	150	200	300
3,9 – 4,9	2,00	1,50	3,00	200	300	500
5,0 – 6,4	2,75	2,00	4,00	300	500	750
6,6 – 7,6	3,50	2,60	5,00	500	750	1000
7,7 – 9,0	4,50	3,00	6,00	750	1000	–

Bảng 13-42. Hệ số phản xạ của bề mặt đường xá và xa lộ

Bề mặt đường xá	Hệ số phản xạ	
	Trạng thái khô	Trạng thái ẩm ướt
– Cát	0,31	0,18
– Đất sét	0,15	0,075
– Cỏ xanh	0,14	0,09
– Bêtông cứng gồ ghề – ít sử dụng	0,37	0,23
– Bêtông sáng loáng bóng, ít sử dụng	0,37	0,15
– Lát đá hoa cương, đã mòn	0,20	–
– Nhựa đường	0,10	0,05
– Bitum	0,08	–

Hình 13-83. Giới thiệu sự thay đổi của hệ số độ chói cực đại trong mặt phẳng tới tùy thuộc vào góc tới trong trường hợp lát đường.

Khó khăn rất quan trọng và chủ yếu mà các phương tiện giao thông chạy trên đường và đại lộ cần phải tránh là người bộ hành. Giả thiết là các tia sáng phát ra từ các đèn pha của phương tiện là gần như nằm ngang và chiếu trên mặt phẳng thẳng đứng của quần áo (bề mặt khuếch tán), thì độ chói của người bộ hành sẽ tỉ lệ với độ rọi của chúng. Hệ số phản xạ của quần áo thông thường rất bé 0,01 – 0,03.

Thông thường, sự phân loại đường xá tùy thuộc vào mật độ phương tiện giao thông và lưu lượng đi lại của người bộ hành (bảng 13-43).

Bảng 13-43. Phân loại giao thông trên đường xá

Phương tiện giao thông		Người đi bộ	
Loại thông thường	Số lượng phương tiện đi qua lại hai chiều trong 1 giờ	Loại thông thường	Giải thích
– Rất giảm – Giảm – Trung bình – Lớn – Rất lớn	dưới 150 150 – 500 500 – 1200 1200 – 2400 quá 2400	Giảm Trung bình Lớn	– Ở các đường làng – Ở thành phố, đường phụ – Ở thành phố, đường chính

Sự đồng đều đối với độ rọi chiếu sáng là một yếu tố quan trọng ở độ rọi của đường xá và đại lộ. Trên những đường mà sự giao thông khác nhau, mức độ rọi ở bất kỳ điểm nào cũng không được bé hơn một phần tư của giá trị cho ở bảng 13-44.

Bảng 13-44. Độ rọi của đường xá (tính đơn vị lx)

Sự giao thông của người bộ hành	Phân loại giao thông của phương tiện			
	Rất giảm	Giảm	Trung bình	Lớn và rất lớn
– Lớn	4	4	5	6
– Trung bình	3	3	4	5
– Giảm	1	2	3	4

Ở trường hợp đại lộ, mức độ rọi không được bé hơn 1/4 mức độ đã ghi ở phụ lục 13-1.

Thông thường, ở chiếu sáng đường xá và đại lộ, những vật thể ánh sáng được sử dụng, với sự phân bố quang thông được chỉ ra ở hình 13-84.

Ở hình này ta thấy :

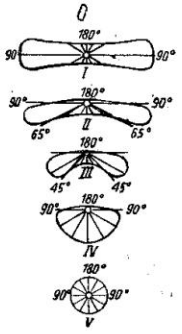
– Vật thể ánh sáng loại I dùng để mắc ở phía trên gần giữa đường. Nó cho chùm ánh sáng dọc theo đường theo hai hướng trái ngược nhau.

– Vật thể ánh sáng loại II được sử dụng để mắc ở một phía bờ đường, có sự phân bố hẹp (giữa $65 \div 90^{o}$).

– Vật thể ánh sáng loại III, giống như loại II với sự phân bố rộng hơn một ít ($45 - 90^{o}$) được mắc trên những bờ đường rộng hơn.

Vật thể ánh sáng loại IV, phân bố rộng hơn loại III.

Vật thể ánh sáng loại V được dùng để mắc ở giữa những con đường rộng hay ở chỗ giao nhau của các con đường.



Hình 13-84. Những đường cong phân bố quang thông của vật thể ánh sáng được dùng để chiếu sáng đường xá.

Màu ánh sáng đối với đường xá và đại lộ, xa lộ v.v... có thể tùy ý với điều kiện là đảm bảo cùng một độ rọi và sự phân phối theo qui định yêu cầu. Vậy nên, các con đường này có thể dùng đèn nung sáng, đèn hơi thủy ngân hay hơi natri.

Tính toán độ rọi cho đường xá, xác định sự phân bố phù hợp nhất, các thông số của đèn, khoảng cách giữa các vật thể ánh sáng và kiểu lắp đặt (trên một phần đường, đối diện nhau hay theo Zic-zắc. Có thể thực hiện theo các hướng dẫn đã được trình bày ở mục 13-4-1 và 13-4-2.

Bảng 13-45 Giới thiệu những giá trị tham khảo đối với sự bố trí các vật thể ánh sáng cho chiếu sáng đường xá của một số nước phát triển ở Châu âu.

Bảng 13.45.

Loại vật thể ánh sáng	Công suất được đặt [KW/Km]	Công suất đèn (nung sáng) [W]	Quang thông của đèn [lm]	Khoảng cách giữa các vật thể ánh sáng [m]	Chiều cao của vật thể ánh sáng [m]	Bố trí các vật thể ánh sáng	Chiều rộng của đường
Không đối xứng đại đa số quang thông chếch nghiêng	75	1500	28000	40	10	Zic-Zắc	60
	60	1000	18000	35	10	-"-	50
	50	750	12500	30	8	-"-	40
	50	1000	19000	40	10	-"-	60
	45	750	13.000	35	8	-"-	50
	33	500	8.500	30	8	-"-	40
	29	500	8.000	35	7	đối diện	30
	20	300	5.000	30	7	-"-	24
Không đối xứng, đại đa số quang thông dọc theo đường	14,5	500	8000	35	7	Trung tâm	18
Không đối xứng, đại đa số quang thông chếch nghiêng	23	400	6500	35	8	Zig-Zắc	50
	20	300	4500	30	8	-"-	40
	17,5	300	4500	35	7	đối diện	30
Không đối xứng, đại đa số quang thông dọc theo đường	8,7	300	5500	35	7	trung tâm	24
	8,0	200	3000	25	7	-"-	18
	7,6	200	3000	30	7	-"-	30
	5,0	150	2000	30	7	-"-	24
	3,3	100	1300	30	7	-"-	18

* *Chiếu sáng cho các xa lộ, đại lộ*

Tính chất giao thông trên các đại lộ, xa lộ khác với giao thông trên các đường xá của thành phố ở chỗ tốc độ của phương tiện giao thông khá lớn, người bộ hành đi lại cũng ít hơn nhiều và những tuyến vạch trên xa lộ rất rõ ràng, qui định theo từng tốc độ trên các tuyến này v.v...

Ở những đường cong người ta đã nghiên cứu và rút ra kết luận là : khả năng trông thấy sẽ tốt hơn nếu như vật thể ánh sáng được đặt ở phần cong phía ngoài (có bán kính cong lớn hơn) (hình 13-85).

Sự bố trí này sẽ có lợi đặc biệt trong trường hợp đường cong có bán kính nhỏ.

Ở những chỗ giao nhau độ rọi cần bố trí lớn hơn do nguy hiểm tai nạn rất phổ biến xảy ra thường ở những vị trí này.

Người ta thường bố trí như hình 13-85.

Chỗ giao nhau giữa đường xa lộ và đường sắt

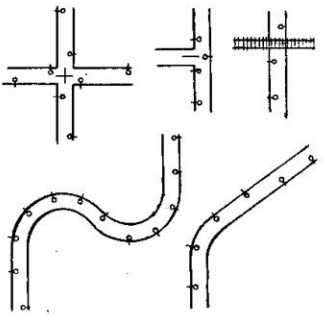
Yêu cầu cần phải được chiếu sáng tốt, ở cả hai phía của đường sắt nên dùng 2 đèn có khoảng 2500 lm.

Độ rọi chiếu sáng trên các cầu hay các cầu cạn

Yêu cầu độ rọi ít nhất phải bằng với độ rọi trên xa lộ cùng lưu thông. Phần dành cho người bộ hành cần phải được chiếu sáng riêng biệt nếu những đèn của phần xe cộ đi lại không phục vụ đủ độ sáng yêu cầu.

Sự đi qua dưới những cầu tạm hay đường hầm ngầm

Nếu cầu tạm hay đường hầm ngầm ngắn thì có thể chiếu sáng bằng cách bố trí các ngọn đèn ở hai đầu cầu hay hầm ngầm của nó. Nếu cầu tạm hay đường hầm ngầm dài thì cần chiếu sáng tốt, dùng chiếu sáng chung, độ rọi ít nhất phải là 150% (tức là 50% lớn hơn) so với độ rọi của đường xa lộ cùng chiều lưu thông.



Hình 13-85. Bố trí đèn ở đường cong và ở chỗ giao nhau

7. Chiếu sáng sân bay

Phần lớn chiếu sáng sân bay nhằm mục đích tín hiệu và chỉ có một số vị trí nhất định trong sân bay có độ rọi mà thôi. Tuyệt đại đa số các đèn được sử dụng như là những phương tiện để định hướng cho phi công và không dùng để chiếu sáng diện tích hay vật thể trên sân bay. Mức độ rọi cần thiết dành cho mục đích này thường là bé; hướng đặt những đèn và màu của ánh sáng là những yếu tố cần phải tôn trọng nghiêm ngặt. Vì trang bị đánh tín hiệu bằng ánh sáng nhằm phục vụ cho mục đích, nên ở bất kỳ điều kiện khí trời như thế nào, những đèn này phải có độ chói được điều chỉnh.

8. Chiếu sáng cho những chỗ thể thao

Chiếu sáng cần đảm bảo sao cho độ chói của đối tượng chơi (như quả bóng, quả banh v.v...) và của sân phải được trông thấy rõ ràng đặc biệt là tốc độ, và hướng chuyển động của đối tượng. Để thực hiện được điều này, chúng ta phải quan tâm đến dạng của đối tượng cần được thấy trong suốt quá trình chơi, (xem bảng 13-46), độ chói của nền (sân bóng) và vị trí của người quan sát.

Bảng 13-46. Hệ số phản xạ và kích thước quả banh

Đối tượng (banh)	Hệ số * phản xạ	Kích thước gần đúng [cm]
- Bóng rổ	0,3	Φ 25
- Bóng đá	0,3	Φ 20
- Khúc côn cầu (hockey)	0,01	Φ 7
- Tenis	0,75	Φ 6
- Bóng bàn	0,80	Φ 3,5

*Chỉ có giá trị này đối với trang bị mới, còn đối với trang bị cũ sẽ lấy giá trị 2/3

Đối với các trò chơi thể thao trong không khí tự do, ở đấy cần có độ rọi vừa của đất, vừa của không gian trên miếng đất đó; người ta sử dụng đèn chiếu hay nhóm đèn chiếu đặt trên một cột tháp nằm ngoài sân chơi. Cột tháp này phải cao, để tránh hiệu quả lóa sáng không nhìn thấy gì, chiều cao của nó phải đến 25m.

Người ta mong muốn nhận được độ rọi trung bình 50 – 100 lx trên các mặt phẳng nằm ngang và độ rọi 80 – 150 trên mặt phẳng thẳng đứng.

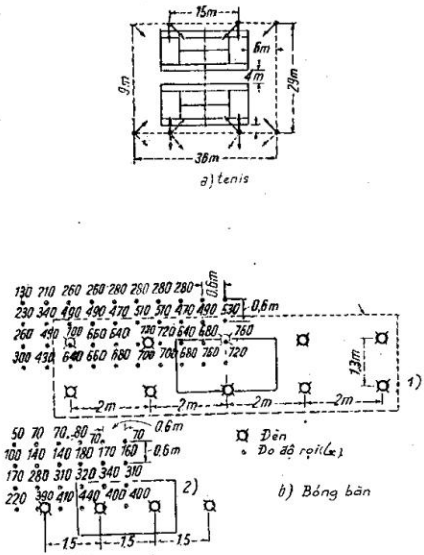
Chiếu sáng cho chỗ chơi thể thao sẽ tính toán như bất kỳ chiếu sáng bên trong, hay bên ngoài tương ứng với trò chơi bên trong nhà hay ngoài trời, song cần lưu ý mấy điểm sau :

+ Người ta không nhìn ở một vị trí cố định mà hướng nhìn sẽ thay đổi theo trò chơi do vậy sẽ bắt gặp thường xuyên các đèn (độ chói đồng nhất).

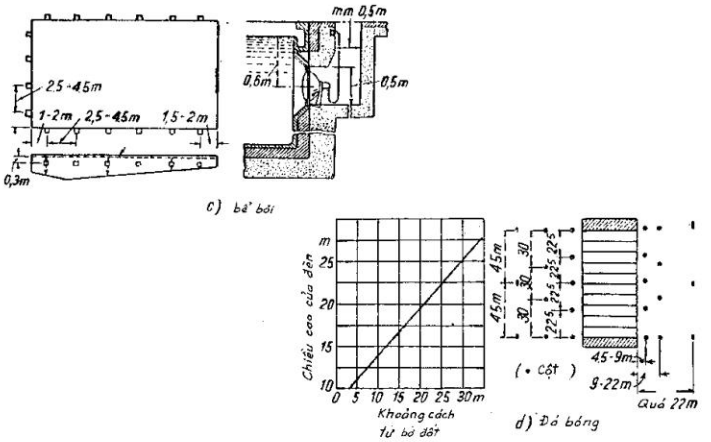
+ Đối tượng được nhìn là trong quá trình hoạt động và chuyển động, và xuất hiện trên sàn hay nền luôn luôn thay đổi.

+ Tốc độ của đối tượng.

Sau đây, hình 13-86 giới thiệu sơ đồ bố trí vị trí của vật thể ánh sáng ở môn chơi tenis, bóng bàn, bể bơi và bóng đá.



Hình 13-86. Sơ đồ bố trí vị trí đặt của các vật thể ánh sáng đối với sân chơi.
a) Tenis; b) Bóng bàn (1. Thi đấu dành quán quân. 2. Dành cho tập luyện)



Hình 13-86. Sơ đồ bố trí vị trí đặt của các vật thể ánh sáng đối với sân chơi.
c) Bể bơi; d) Đá bóng.

Phụ lục 13.1. Bảng phụ lục về chương kỹ thuật chiếu sáng.

Hộ tiêu thụ và vị trí	Mức độ rọi [lx]
A. CHIẾU SÁNG BÊN TRONG	
1. Lò heo	50
2. Công nghiệp hàng không	
– Chuẩn bị dụng cụ	
+ Sản xuất	250
+ Kiểm tra	500
– Chế tạo chi tiết	
+ Bulông, đinh tán	150
+ Bố trí bản nhôm, sự hoàn thiện các phần nhỏ của thân máy bay, cánh	250
– Hàn	
+ Chiếu sáng chung	100
+ Chiếu sáng phụ	5000
– Tổng thành nhóm cụm thân máy bay, cánh và những phần khác	150
– Tổng thành cuối cùng	
+ Đặt động cơ, cánh quạt, cánh v.v... và ghép các cụm	150
– Kiểm tra máy bay đã được lắp xong tổng thành	250
3. Đóng gói	
– Gói lớn	40
– Gói trung bình	60
– Gói nhỏ	100
4. Chế tạo ôtô	
– Băng lắp ráp	500
– Tổng thành cụm vỏ	150
– Kết thúc và kiểm tra	1000
5. Nhà băng	
– Phòng đợi, chỗ chờ chung	100
– Văn phòng, ghi sê (cửa thu tiền)	200
8. Thư viện	
– Phòng đọc	100
– Kho để sách	50
7. Văn phòng	
– Kế toán, đánh máy	250
– Phòng họp	150
– Văn phòng để viết và đọc...	150
– Phòng để tính toán, thiết kế, nghiên cứu đọc các bản vẽ	250
– Phòng ghi chép tốc ký	250
8. Công nghệ nhuộm	
– Phân loại, chọn	100
– Làm sạch hóa học, sơn	50
– Kiểm tra	1000
– Là (ủi)	200
9. Bánh mì	100
10. Phòng khám bác sĩ	
– Phòng đợi	100
– Phòng khám + Ánh sáng chung	150
+ Ánh sáng phụ	500
– Ghế làm răng	1000
11. Công nghiệp thịt và chế biến	100
12. Nghề làm các tông, đóng bìa	
Cắt xén gấp hộp màu sáng	100
Cắt xén gấp hộp màu đậm	250
Kho chứa	25
13. Công nghiệp cao su	
– Chuẩn bị chất dẻo	100
– Xay bột, ép chi tiết bé	150
– Chế tạo ống và băng	100
– Chế tạo vỏ xe và ruột	250
– Kiểm tra cuối cùng, ống, vỏ	500
– Đóng kiện	100
– Kho	25
14. Sửa đồng hồ, sản xuất đồng hồ	1000
15. Nhà máy điện	
– Phòng máy	100
– Phòng điều khiển, điều hành	150
– Bình (nồi) hơi, quạt, hút nước, bơm nước	100
16. Công nghiệp hóa chất	
– Lò, bộ lọc, máy chưng cất	50
– Nồi hơi, bộ lọc, phân tích, điện phân	100
17. Câu lạc bộ	
– Phòng đọc	100
– Phòng họp	50
18. Công nghiệp xi măng, gốm	100
19. Công nghiệp cắt may	
Cắt và may :	
– Vật liệu màu sáng	150

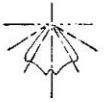
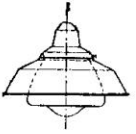
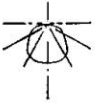
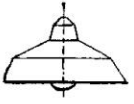
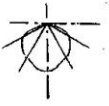
Hộ tiêu thụ và vị trí	Mức độ rọi [lx]
– Vật liệu màu ít tối	500
– Vật liệu màu tối nhiều	1000
Hoàn thiện và ủi (là)	
– Vật liệu màu sáng	100
– Vật liệu màu ít tối	250
– Vật liệu màu rất tối	500
20. Công nghiệp đồ hộp	
– Chuẩn bị đồ hộp	150
– Làm đầy hộp, lọ	100
– Xử lý nhiệt	100
– Kho	50
21. Cấu trúc kim loại	50
22. Kiểm tra nhiệt	
– Ép lớn, thô	100
– Máy ép trung bình	250
– Máy ép mịn	500
– Máy ép rất mịn	1000
23. Hành lang	25
24. Phòng nhảy, vũ trường	25
25. Phòng vẽ, thiết kế	250
26. Công nghiệp đồ ngọt	200
27. Công nghiệp kỹ thuật điện	
– Tẩm	150
– Cách điện cuộn dây	500
– Phòng thí nghiệm, thử nghiệm	250
– Gia công cơ khí (xem cơ khí)	
– Tổng thành (xem lắp ráp)	
– Kiểm tra (xem kiểm tra kỹ thuật)	
28. Thang máy	50
29. Triển lãm, trưng bày	
– Chiếu sáng chung	50
– Đối tượng trưng bày	250
30. Nông trang, trang trại	50
31. Sự lên men (công nghiệp)	
– Khu lên men	25
– Sự sôi	50
– Lau chùi, rửa rảy	50
– Làm đầy chai	100
32. Xưởng rèn	50
33. Uốn cắt tóc	250
34. Mạ điện	50
35. Gara ôtô	
– Chỉ làm gara để đỗ xe ôtô	10
– Gara làm bảo dưỡng	200
36. Sản xuất nước đá (công nghiệp)	
– Phòng nén và bơm	50
37. Công nghiệp giấy xenlulô	
– Phòng trộn	50
– Ngâm	50
– Quay ly tâm làm khô, phòng sử lý	50
– Cắt, làm trắng	100
– Đếm, quấn tròn và bọc	150
– Kiểm tra, thí nghiệm	250
– Kho	50
38. Khách sạn	
– Phòng chờ, phòng nghỉ xem tivi công cộng	100
– Nhà bếp	150
– Các phòng	150
– Hành lang	50
39. Công nghiệp giày dép	
– Trên các bàn cắt	100
– Kiểm tra và lựa chọn vật liệu ban đầu (sơ bộ) màu nhạt	300
– Đóng gói	50
40. Phòng thí nghiệm, kiểm tra	
– Máy lớn, khí cụ lớn	100
– Máy nhỏ, khí cụ nhỏ, tinh	150
– Máy rất tinh, khí cụ tinh	500
41. Phòng họp	
– Chỉ dành để họp	50
– Dành cho trưng bày	150
42. Tòa án, phòng phán xét	100
43. Hồ, sơn (công nghiệp)	
– Chiếu sáng chung	100
– So sánh màu	500
44. Dát mỏng và ép	
– Sản phẩm	150
– Kiểm tra dát mỏng và ép	250
45. Công nghiệp sữa	
– Làm sạch bình, hộp	250
– Làm đầy hộp, bình	50
– Tiệt trùng	100
– Thí nghiệm	250
46. Lấy sữa, vắt sữa	100

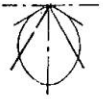
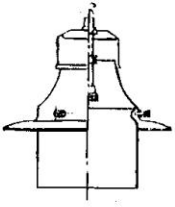
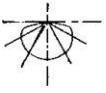
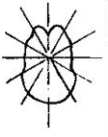
Hộ tiêu thụ và vị trí	Mức độ rọi [lx]	Hộ tiêu thụ và vị trí	Mức độ rọi [lx]
47. Đóng sách, làm bìa	150	*52. Bảo tàng*	
48. Công nghiệp gỗ		– Chiếu sáng chung	50
– Cưa gỗ loại lớn	100	– Chiếu sáng phụ trên đối tượng	250
– Cắt	150	*53. Nhà máy thép*	
– Bào, làm hoàn thiện	250	– Rót thép	50
49.a. Khu vực nhà ở		– Dát mỏng (xem gia công luyện kim)	
– Phòng ăn, phòng khách, phòng ngủ, tắm, cầu thang, chiếu sáng chung	25	*54. Đá (xây dựng)*	
Các chiếu sáng phụ :		– Nghiền, đập nhỏ	25
– Đọc, thời gian ngắn	100	– Rây, sàng	50
– Đọc thời gian dài, chữ nhỏ	200	*55. Công nghiệp da*	
– Viết	100	– Ủi (là), làm bóng da	
– Học cho trẻ em	200	- Màu sáng	150
– May vá giai đoạn ngắn	100	- Màu trung bình	250
– May vá giai đoạn dài	200	- Màu đậm, tối	500
– May vá vật có màu đậm hay rất mịn, tinh vi	500	– Cắt và khâu da	
– Gương soi (để mặc quần áo) chiếu sáng từ phía trước	100	- Màu sáng	150
– Gương tắm	200	- Màu trung bình	500
– Nhà bếp - Chiếu sáng chung	50	- Màu tối, đậm	1000
- Chiếu sáng phụ	200	*56. Bưu điện*	
– Giặt ủi (là) - Chiếu sáng phụ	200	– Phòng chờ, ghiseê thu	100
49.b. Cửa hàng		– Chọn thư	250
– Không gian lưu thông	100	– Đóng gói	150
– Tủ bán hàng, kệ trưng bày	250	– Hành lang, cầu thang	25
– Giá có kính bên trong	500	*57. Ép kim loại*	150
– Kho	50	*58. Tiệm ăn*	
50. Công nghiệp cơ khí		– Không gian với dẫy bàn	50
– Gia công thô trên băng và máy	100	– Tủ kính trưng bày thức ăn, uống	250
– Gia công trung bình trên băng và máy	150	– Nhà bếp	100
– Gia công mịn trên băng và máy	500	*59. Chế tạo xà phòng*	
– Gia công rất mịn trên băng và máy	1000	– Nồi nóng, cắt thành miếng	50
51. Luyện kim		– Đóng gói	100
– Dát mỏng thô khi nóng, rèn	50	*60. Trường học*	
– Dát thành băng, thanh, ống, kéo thành sợi	100	– Giảng đường chỉ dành cho lớp ít người	50
– Phòng thí nghiệm hóa lý	150	– Giảng đường lớn dành cho lớp và phổ biến có trình bày hiện vật	150
52. Lắp ráp cơ khí		– Phòng vẽ	150
– Chi tiết lớn	100	– Phòng thể thao, thể dục	100
– Chi tiết trung bình	250	– Lớp có ghế và bảng	150
– Chi tiết nhỏ	500	– Phòng thí nghiệm	
– Chi tiết rất nhỏ, tinh vi	1000	- Chiếu sáng chung	150
		- Chiếu sáng phụ	250
		– Phòng đọc	

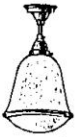
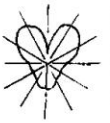
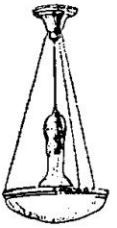
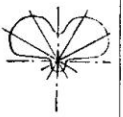
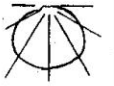
Hộ tiêu thụ và vị trí	Mức độ rọi [lx]
- Chiếu sáng chung	150
- Chiếu sáng cục bộ	250
– Xưởng	
- Chiếu sáng chung	150
- Chiếu sáng cục bộ	300
61. Bệnh viện	
– Hành lang	25
– Phòng thí nghiệm	
- Chiếu sáng chung	150
- Chiếu sáng phụ	250
– Phòng đợi	100
– Phòng mổ, khám bệnh	
- Chiếu sáng chung	250
- Bàn dành cho tiểu phẫu thuật	2000
- Bàn cho đại phẫu thuật	5000
– Phòng điều trị có giường	150
62. Công nghiệp thủy tinh	
– Phòng trộn, lò, thổi và ép thủy tinh	50
– Cắt, nung nóng và mạ bạc thủy tinh	150
– Đánh bóng	250
– Trang trí, vẽ, đánh bóng mịn	500
63. Hàn	
– Chiếu sáng chung	100
– Chiếu sáng phụ	5000
64. Ngành thuộc da	
– Chậu	25
– Làm sạch, thuộc da, trải căng	50
– Cắt, cạo lông da để thuộc	100
– làm hoàn thiện	150
65. Nghề làm thảm	150
66. Rạp hát	
– Phòng trong lúc giải lao	25
– Trong phòng khi giới thiệu chương trình	5
– Phòng đợi, tiền sảnh	75
67. Công nghiệp dệt	
– Kéo sợi, trộn, làm sạch v.v...	50
– Xoắn, cuộn thành cúi, chải thô	100
– Dệt, nối dây với tốc độ chậm	100
– Dệt, nối dây với tốc độ nhanh	500
– Kéo sợi mảnh, mịn yêu cầu quan sát tỉ mỉ	500
– Kiểm tra	250
68. Tơ lụa	
– Nhúng, nhuộm màu	50
– Cuộn tròn, se kép, bện xoắn	100
– Kéo sợi, mắc lờ :	
- Màu nhạt	150
- Màu đậm	200
69. Len	
– Lau chải, chải thô	50
– Bện xoắn, nhuộm màu	100
– Kéo sợi, mắc lờ :	
- Màu nhạt	100
- Màu đậm	250
- Màu rất đậm	500
– Máy dệt	100
70. In ấn	
– Chụp ảnh, in trên kim loại	10000
– Khắc ảnh	500
– Đọc thử, in litô	500
– Sắp chữ trên máy	500
71. Vận chuyển (xem chiếu sáng ngoài trời)	
Phòng giải quyết chuyển hàng	50
72. Đúc	
– Sàn thực hiện, phòng rót, chiếu sáng chung	50
- Đúc thô	100
- Đúc tinh vi	150
73. Công nghiệp thuốc lá	
– Làm khô, chiếu sáng chung	50
– Cắt, sắp xếp	500
74. Làm kính	
– Làm kính ngăn cách	250
– Làm kính nhỏ	500
– Làm kính lớn, khó	2000
75. Sơn (xưởng sơn, máy)	
– Chuẩn bị bề mặt, làm sạch, sơn	100
– Sơn tay mịn	250
– Sơn rất mịn (ôtô)	500
76. Chế tạo sơn	
– Chiếu sáng chung	100
– So sánh trộn lẫn	500
77. Đường (đường kết tinh)	
– Chiếu sáng chung	150
– Kiểm tra đo calo	500
B. CHIẾU SÁNG BÊN NGOÀI	

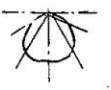
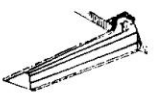
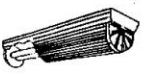
Hộ tiêu thụ và vị trí	Mức độ rọi [lx]
78. Tòa nhà	
+ Chiếu sáng bề mặt với không gian xung quanh sáng :	
- Bề mặt màu nhạt	50
- Bề mặt màu sẫm	100
+ Không gian xung quanh tối :	
- Bề mặt màu nhạt	25
- Bề mặt màu sẫm	50
79. Vườn, công viên (xem ở phần công viên đã trình bày)	
80. Treo cờ, cờ	
– Mặt trước với	
+ Không gian xung quanh sáng	
- Bề mặt màu nhạt	250
- Bề mặt màu đậm	500
+ Không gian xung quanh tối	
- Bề mặt màu nhạt	100
- Bề mặt màu đậm	250
81. Giám sát	
Lối vào chính	10
82. Bình chữa nước	
– Vật liệu không dễ cháy	100
– Vật liệu dễ cháy	200
83. Công trường xây dựng	
– Chiếu sáng chung	50
– Dùng cuốc để cuốc	10
84. Công trường thi công tàu, thuyền, đường thủy	
– Chiếu sáng chung	25
– Chỗ làm việc	100
85. Thể thao	
– Bóng rổ	150
– Quyền Anh	1000
– Đá banh	250
– Thể dục	250
– Trường đua ngựa	100
– Khúc côn cầu trên tuyết (hockey)	150
– Bơi lội	50
– Trượt patin	25
– Mã cầu trên nước (water polo)	100
– Trượt tuyết	5
– Tenis	100
– Bóng bàn	150
– Trường đua xe đạp	100
– Bóng chuyền	150
86. Vận chuyển	
– Giải phóng hàng hóa và hành khách	25
– Kho chứa hàng (đường sắt)	100
– Kho tạm giữ hàng hóa	25
– Gara (ôtô)	
- Chỉ dành cho chứa ôtô	50
- Ngoài ra còn dùng sửa chữa, lau chùi, bảo dưỡng	250
87. Nhà để máy bay	
– Nếu chỉ dùng để đỗ	50
– Dùng để sửa chữa, bảo dưỡng	250
88. Đường xá (xem bảng 13-44)	
– Trên đoạn thẳng	1,5
– Trong đoạn cong, chỗ giao nhau	2,0
89. Trạm, nhà ga đường sắt	
– Phòng đợi	100
– Phòng bán vé	250
– Phòng giao hàng hóa	100
– Kho chứa hàng hóa	25
– Tuyến trong nhà ga	25
– Vệ sinh, rửa ráy	50
– Trạm nhiên liệu	100
90. Đường xá trong thành phố	
– Giao thông mật độ ít	4
– Giao thông mật độ trung bình	5
– Giao thông mật độ nhiều	6
91. Bên trong các phương tiện vận chuyển	
– Máy bay	150
– Ôtô, ánh sáng bật lên toàn bộ	25
– Ôtô buýt	150
* *Toa tàu đường sắt*	
– Toa giải khát, toa ngủ	150
– Toa hành lý	25
– Xe điện bánh hơi, tàu điện	150

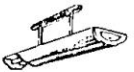
Phụ lục 13.2. Các đặc tính quan trọng của vật thể ánh sáng thông dụng

Số thứ tự	Ký hiệu phân loại	Hình dạng phác họa	Đường cong trắc quang	Phân phối gắn dùng % Φ đèn	Hệ số sụt Công tác lau chùi bảo dưỡng		
					tốt	trung bình	kém
1	2	3	4	5	6	7	8
A. Vật thể ánh sáng với đèn nung sáng (hay đèn hơi thủy ngân)							
1	Dc			0/80	0,75	0,60	0,40
2	Dm			0/58	0,70	0,60	0,45
3	DI			0/80	0,75	0,60	0,40
4	DI			0/75	0,75	0,65	0,55

1	2	3	4	5	6	7	8
5	DI Dm			$\frac{0}{70}$	0,75	0,65	0,55
6	DI		***) 	$\frac{0}{79}$	0,75	0,65	0,55
7	DI		***)	$\frac{8}{62}$	0,70	0,65	0,60
8	Hu		***) 	$\frac{37}{45}$	0,75	0,70	0,65

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Hi		* * *) 	$\frac{50}{23}$	0,75	0,65	0,60
10	Hi			$\frac{70}{10}$	0,65	0,60	0,55
11	I			$\frac{80}{0}$	0,70	0,65	0,55
B - Vật thể ánh sáng dùng đèn huỳnh quang thông dụng							
12	Dm			$\frac{0}{79}$	0,65	0,55	0,45

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Dm			0/64	0,65	0,55	0,45
14	Dm			0/60	0,70	0,65	0,55
15	Dm hay Dc			0/72	0,70	0,60	0,55
16	Dm			8/77	0,75	0,65	0,55
17	Hd			9/55	0,75	0,65	0,55
18	Hd			18/49	0,70	0,60	0,50

1	2	3	4	5	6	7	8
19	HI			$\frac{46}{33}$	0,65	0,55	0,50
20	I			$\frac{80}{0}$	0,60	0,50	0,40

13.6. THIẾT KẾ CHIẾU SÁNG CÔNG NGHIỆP

13.6.1. Những vấn đề chung :

Trong bất kỳ xí nghiệp nào, ngoài chiếu sáng tự nhiên còn phải dùng chiếu sáng nhân tạo, phổ biến nhất là dùng đèn điện để chiếu sáng nhân tạo.

Như đã nêu ở các phần trước, thiết kế chiếu sáng công nghiệp cũng phải đáp ứng yêu cầu về độ rọi và hiệu quả của chiếu sáng đối với thị giác. Ngoài ra, chúng ta còn phải quan tâm đến màu sắc ánh sáng, lựa chọn các chao chụp đèn, sự bố trí chiếu sáng vừa đảm bảo tính kinh tế, kỹ thuật và còn phải đảm bảo mỹ quan. Thiết kế chiếu sáng phải đảm bảo các yêu cầu sau :

1. Không lóa mắt : Vì với cường độ ánh sáng mạnh sẽ làm cho mắt có cảm giác lóa, thần kinh bị căng thẳng, thị giác mất chính xác.

2. Không lóa do phản xạ : Ở một số vật công tác có các tia phản xạ khá mạnh và trực tiếp. Do đó khi bố trí đèn cần chú ý tránh.

3. Không có bóng tối. Ở nơi sản xuất, các phân xưởng không nên có bóng tối mà phải sáng đồng đều để có thể quan sát được toàn bộ phân xưởng. Muốn khử các bóng tối cục bộ, như đã nêu ở phần trước, thường sử dụng bóng mờ và treo cao đèn.

4. Độ rọi yêu cầu phải đồng đều. Nhằm mục đích khi quan sát từ vị trí này sang vị trí khác mắt người không phải điều tiết quá nhiều, gây mỏi mắt.

5. Phải tạo được ánh sáng giống ánh sáng ban ngày : để thị giác đánh giá được chính xác.

13.6.2. Những số liệu ban đầu :

Muốn thiết kế chiếu sáng cần có các số liệu sau :

- Mặt bằng của xí nghiệp, của phân xưởng, vị trí các máy đặt trên mặt bằng phân xưởng.

- Mặt bằng và mặt cắt nhà xưởng để xác định vị trí treo đèn.

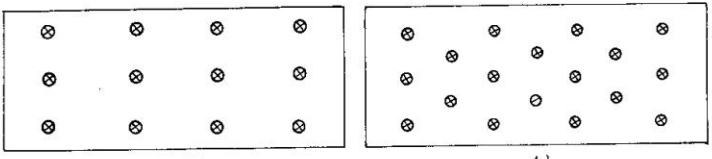
- Những đặc điểm của quá trình công nghệ (làm việc chính xác, cần phân biệt màu sắc v.v...). Các tiêu chuẩn về độ rọi của các khu vực làm việc.

- Số liệu về nguồn điện, nguồn vật tư.

13.6.3. Bố trí đèn

Chiếu sáng cục bộ khá đơn giản và phải căn cứ vào hoàn cảnh cụ thể để quyết định. Dưới đây sẽ trình bày cách bố trí đèn cho chiếu sáng chung.

Chiếu sáng chung sẽ phải dùng nhiều đèn. Vấn đề đặt ra là phải xác định được vị trí hợp lý của các đèn và khoảng cách giữa đèn với trần nhà và mặt công tác. Hình 13-87 giới thiệu hai cách bố trí đèn trong chiếu sáng chung hay được sử dụng.



Hình 13-87. Cách bố trí đèn
a) Bố trí theo hình chữ nhật.
b) Bố trí theo hình thoi.

Phương án 1 : Đèn đặt ở 4 góc của hình vuông (Hình 13-87a). Nếu bố trí như phương án này mà độ rọi đạt yêu cầu công nghệ thì công suất chiếu sáng sẽ là nhỏ nhất.

Phương án 2. (Hình 13-87b). Các đèn đặt theo hình thoi.

Trong thực tế việc bố trí đèn còn phụ thuộc vào các xà ngang của xưởng, đường di chuyển của cần trục trong phân xưởng (nếu có). Quan hệ về độ treo cao của đèn so với mặt công tác, có mấy số liệu gợi ý sau (hình 13-88).

- Gọi khoảng cách từ đèn đến mặt công tác là H.

- Gọi khoảng cách từ đèn đến trần là h_c.

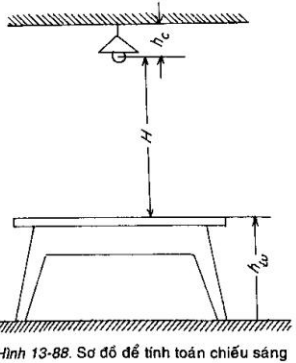
- Độ cao của mặt công tác so với nền nhà : h_{lv}

- Khoảng cách nhỏ nhất giữa các đèn : L

Người ta đã chứng minh được rằng :

Tỷ số $\frac{L}{h_c}$ không được vượt quá 5 hoặc 6.

Trị số tốt nhất là : $\frac{L}{h_c} = 1,4 - 1,6$



Hình 13-88. Sơ đồ để tính toán chiếu sáng

Trị số $\frac{L}{H}$ phụ thuộc vào các loại đèn và chao đèn, tham khảo ở các sổ tay hoặc bảng 13-48.

Chú ý : khi $\frac{L}{h_c} > \frac{L}{H}$ sẽ có độ rọi không đều trên trần nhà, như vậy sẽ không sử dụng hết được các tia khuếch tán từ trần xuống.

Khoảng cách l từ tường đến đèn nên lấy trong phạm vi

$$l = (0,3 - 0,5)\ L$$

Bảng 13-48. Trị số $\frac{L}{H}$ hợp lý

Loại đèn và nơi sử dụng	L/H bố trí nhiều dãy		L/H bố trí 1 dãy		Chiều rộng giới hạn của phân xưởng khi bố trí một dãy
	Tốt nhất	Cho phép cực đại	Tốt nhất	Cho phép cực đại	
- Chiếu sáng ngoài nhà dùng chao mờ hoặc sắt tráng men	2,3	3,2	1,9	2,5	1,3H
- Chiếu sáng phân xưởng, chao đèn vạn năng	1,8	2,5	1,8	2,0	1,2H
- Chiếu sáng cho các cơ quan văn hóa, hành chính	1,6	1,8	1,5	1,8	1,0H

13.6.4. Các phương pháp tính toán chiếu sáng được sử dụng khi tính chiếu sáng công nghiệp

a) Phương pháp hệ số sử dụng. Phương pháp này dùng để tính toán chiếu sáng chung, không chú ý đến hệ số phản xạ của tường, của trần và của vật cảnh. Thường dùng để tính chiếu sáng cho các phân xưởng có diện tích lớn hơn $10m^2$, không thích hợp để tính chiếu sáng cục bộ và chiếu sáng ngoài trời. Tính theo phương pháp này sẽ dùng biểu thức sau :

$$F = \frac{ESkZ}{nk_{sd}},$$

trong đó :

F - là quang thông của mỗi đèn, lu-men;
E - độ rọi.
S - diện tích cần chiếu sáng, m^2;
k - hệ số dự trữ;
n - số bóng đèn;
k_{sd} - hệ số sử dụng của đèn, nó phụ thuộc vào loại đèn, kích thước và điều kiện của phản xạ của phòng;

$Z = E_{tb}/E_{min}$ - hệ số tính toán, E_{min} cho trong bảng 13-36 và 13-37. Hệ số Z phụ thuộc vào loại đèn và tỷ số $\frac{L}{H}$, thông thường lấy Z = 0,8 ÷ 1,4.

Khi tra bảng để tìm hệ số sử dụng sẽ phải xác định trị số được gọi là chỉ số của phòng.

$$\varphi = \frac{ab}{H(a+b)},$$

trong đó :

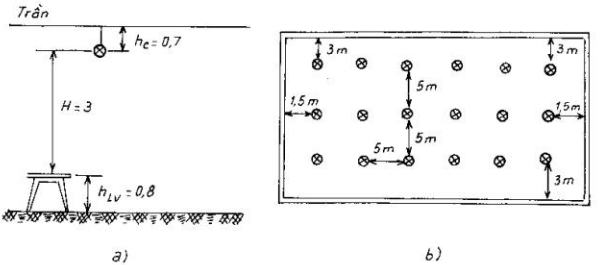
a, b - chiều dài, rộng của phòng, m;

h - là khoảng cách từ đèn đến mặt công tác, m.

Như vậy, theo yêu cầu công nghệ, xác định được độ rọi tối thiểu, căn cứ công thức trên tìm được quang thông của mỗi đèn. Căn cứ trị số quang thông để đi xác định công suất mỗi đèn. Khi chọn công suất đèn tiêu chuẩn, người ta có thể cho phép quang thông chênh lệch từ -10% đến +20%.

Ví dụ 13.6.1 : Có một phòng a = 28m, b = 16m, cao = 4,5m. Điện áp 220V. Xác định công suất đèn. Sử dụng đèn Y_m. Yêu cầu E tối thiểu là 30 lx . k = 1,3, h_c = 0,7, H = 3, h_{lv} = 0,8.

Giải : Tra bảng 13-48 ta chọn được $\frac{L}{H}$ = 1,8, từ đó L = 5m. Căn cứ vào mặt cắt và mặt bằng của nhà ta bố trí đèn như hình 13-89. Lấy hệ số phản xạ của tường và trần : ρ_{tg} = 50% và ρ_{tr} = 30%.



Hình 13-89. Hình vẽ cho ví dụ 13.6.1

Chỉ số của phòng : $\varphi = \frac{ab}{H(a+b)} = \frac{28 \cdot 16}{3(28+16)} = 3,5$

Sử dụng bảng tra một số loại đèn của Liên Xô cũ tìm được hệ số sử dụng k_{sd} = 0,46 và lấy Z = 1,2

Quang thông của một đèn :

$$F = \frac{ESkZ}{nk_{sd}} = \frac{30 \cdot 448 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{18 \cdot 0,46} = 2520 \text{ lu-men}$$

Chọn đèn 200 W có quang thông F = 2510 lu-men.

Phương pháp tính từng điểm. Phương pháp này dùng để tính chiếu sáng cho các phân xưởng có yêu cầu quan trọng và khi tính không quan tâm đến hệ số phản xạ. Để đơn giản trong tính toán người ta coi đèn là một điểm sáng để áp dụng được định luật bình phương khoảng cách. Trong phương pháp này ta phải phân biệt để tính độ rọi cho ba trường hợp điển hình sau :

- Tính độ rọi trên mặt phẳng ngang, E_{ng}

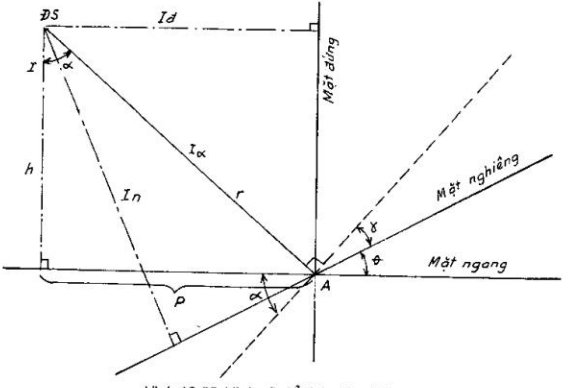
- Tính độ rọi trên mặt phẳng đứng, $E_đ$

- Tính độ rọi trên mặt phẳng nghiêng một góc 0, E_{ngh}.

Theo định luật về bình phương khoảng cách đã giới thiệu ở các phần trên, khi quang thông rọi theo phương thẳng góc với mặt phẳng S ta sẽ có độ rọi.

$$E = \frac{F}{S} = \frac{I\omega}{r^2\omega} = \frac{I}{r^2}$$

Nhưng nếu điểm mà ta đang xét có đường pháp tuyến không trùng với trục quang của nguồn điểm thì I phải thay bằng I_α (hình 13-89).



Hình 13-89. Hình vẽ để tính độ rọi E.

Nguyên tắc chung bao giờ cũng phải quy tia I_α về tia có phương vuông góc với mặt phẳng ta đang xét.

1. Tính độ rọi của điểm A trên mặt phẳng ngang

$$E_{ng} = \frac{I_\alpha \cos\alpha}{r^2}$$

mà $r_2 = \frac{h^2}{\cos^2\alpha}$, do đó ta có

$$E_{ng} = \frac{I_\alpha \cos^2\alpha}{h^2}$$

2. Tính độ rọi của điểm A trên mặt phẳng đứng.

$$E_đ = \frac{I_\alpha \sin\alpha}{r^2} = \frac{I_\alpha \sin\alpha}{h^2/\cos^2\alpha} = \frac{I_\alpha \sin\alpha \cos^3\alpha}{h^2 \cos\alpha}$$

$$E_đ = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2} \operatorname{tg}\alpha = E_{ng} \operatorname{tg}\alpha$$

3. Tính độ rọi tại điểm A trên mặt phẳng nghiêng.

$$\text{và } E_{ngh} = \frac{I_\alpha \cos\gamma}{r^2} = \frac{I_\alpha \cos\gamma \cdot \cos^2\alpha}{h^2} = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2} \cdot \frac{\cos\gamma}{\cos\alpha}$$

mà $\cos\gamma = \cos(\alpha - \theta) = \cos\alpha.\cos\theta + \sin\alpha \cdot \sin\theta$;

$$\frac{\cos\gamma}{\cos\alpha} = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\theta + \sin\alpha \cdot \sin\theta}{\cos\alpha} = \cos\theta + \operatorname{tg}\alpha \sin\theta$$

do đó ta có :

$$E_{ngh} = E_{ng}(\cos\theta + \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\theta);$$

trong đó : $\operatorname{tg}\alpha = \frac{P}{h}$

Sử dụng công thức trên ta phải biết I_α. Trong các sổ tay người ta đã cho sẵn các giá trị Iα ứng với các loại đèn khác nhau và đều tính với loại bóng đèn có 1000 lu-men. Trường hợp cụ thể đang tính toán nếu bóng đèn có giá trị quang thông khác 1000 lu-men thì phải tính quy đổi theo biểu thức :

$$E_{ng} = \frac{I\alpha \cdot \cos^3\alpha}{k \cdot h^2} \cdot \frac{F_đ}{1000};$$

trong đó : k – là hệ số an toàn;

$F_đ$ – Là quang thông thực của đèn sẽ sử dụng.

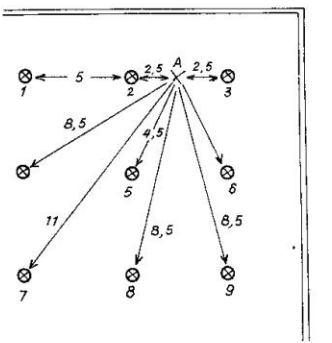
Các công thức trên là để tính độ rọi trên một diểm đang xét với trường hợp có một đèn. Nếu có nhiều đèn thì quang thông của một đèn cần có để đáp ứng độ rọi yêu cầu E :

$$F_{1đ} = 1000 \frac{E_{min} k}{\mu \Sigma E},$$

trong đó :

$F_{1đ}$ – quang thông một đèn cần có; E_{min} – độ rọi tối thiểu tại điểm đang xét; E – độ rọi tính toán ứng với bóng đèn có 1000 lu-men.

(với mặt phẳng ngang thì $E = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2}$);



Hình 13-90. Hình vẽ cho ví dụ 13-6-2

k – Hệ số an toàn, tùy tình trạng bụi nhiều hoặc ít; μ – Hệ số kể đến độ rọi của các đèn khác ảnh hưởng tới điểm đang xét nhưng chưa được tính trong Σ E. (μ thường lấy bằng 1,1 – 1,2); 1000 – hệ số quy đổi.

Ví dụ : 13.6.2. Chọn đèn cho một phòng muốn được chiếu sáng đồng đều. Dùng loại bóng mờ có U = 200 V. Chao đèn Y_m (loại Liên Xô cũ). Độ treo cao h = 3m 5. Độ rọi tối thiểu.

$$E_{min} = 30 \text{ lx}, \quad k = 1,3.$$

Sơ đồ bố trí đèn như hình 13-90. Hãy tính độ rọi của điểm A do 9 đèn gần nhất gửi đến. Biết h = 3,5, các giá trị của p' ghi trên hình vẽ.

Giải : $\text{tg}\,\alpha = \dfrac{p}{h}$. Từ α tra ra I_α và $\cos^3\alpha$. Cụ thể đối với bóng đèn 1.

$$\text{tg}\alpha_1 = \frac{p_1}{h} = \frac{7,5}{3,5} = 2,14.$$

Tra ra $\alpha_1 = 65^0$; $\cos\alpha_1 = 0,423$; $\cos^3\alpha_1 = 0,0755$.

Với đèn Y_m ứng với $\alpha_1 = 65^0$ ta tra được $I\alpha_1 = 76$ Nến

$$E1 = \frac{I\alpha_1 \cos^3\alpha}{kh^2} = \frac{76.0,0755}{1,3\ .\ 3,5^2} = 0,33$$

Tương tự tính với các bóng khác.

$$E_1 = 1\ .\ 0,33 = 0,33$$
$$E_4 = E_8 = E_9 = 3\ .\ 0,3 = 0,9$$
$$E_7 = 1\ .\ 0,1 = 0,1$$
$$E_2 = E_3 = 2\ .\ 6,3 = 12,6$$
$$E_5 = E_6 = 2\ .\ 2,0 = 4,0$$
$$\Sigma E = 17,93$$

Theo đầu bài E_{min} = 30lx. Vậy quang thông của mỗi đèn.

$$F_d = 1000\,\frac{E_{min}\,k}{\mu\Sigma E} = 1000\,\frac{30\ .\ 1,3}{1,1\ .\ 17,93} = 1980 \text{ lu–men}$$

Tra sổ tay ta chọn được bóng đèn 150 W có quang thông 1900 lu-men.

c) Phương pháp tính gần đúng. Phương pháp này thích hợp để tính chiếu sáng cho các phòng nhỏ hoặc chỉ số phòng nhỏ hơn 0,5; yêu cầu tính toán không cần chính xác lắm. Phương pháp gần đúng này cũng có hai cách tính.

1. Cách tính thứ nhất. Phương pháp này khá thích dụng trong khi thiết kế và tính toán sơ bộ. Sử dụng phương pháp này chỉ cần xác định được công suất ánh sáng trên đơn vị diện tích (W/m^2) theo từng yêu cầu chiếu sáng khác nhau, sau đó nhân với diện tích cần chiếu sáng là được công suất tổng. Được công suất tổng rồi mới xác định số đèn, loại đèn và độ treo cao của đèn v.v... khi cần thiết thì kiểm tra lại tiêu chuẩn độ rọi theo phương pháp tính độ rọi từng điểm đã nêu ở trên.

$$P_{tổng} = pS, \text{ [W]}$$

Trong đó : p – là công suất trên đơn vị mét vuông $W/,m^2$
S – diện tích cần chiếu sáng, m^2

2. Cách tính thứ hai. Cách tính này chủ yếu là dựa vào một bảng đã tính toán sẵn với công suất 10W một mét vuông. Khi thiết kế nếu lấy độ rọi phù hợp với độ rọi trong bảng đã tính sẵn thì không phải hiệu đính. Nếu khác nhau về độ rọi thì công suất phải hiệu đính theo biểu thức :

$$p = \frac{10E_{min}\,k}{E},\ W/m^2;$$

trong đó :

p = công suất, W/m^2, tính theo độ rọi yêu cầu;

E_{min} - độ rọi tối thiểu cần có đối với nơi tính toán chiếu sáng;

E - độ rọi tra bảng tính sẵn với tiêu chuẩn 10 W/m^2, với các bóng đèn khác nhau. Tham khảo bảng 13-49; k - hệ số an toàn.

Bảng 13-49. Bảng độ rọi theo tiêu chuẩn 10W/m^2

Công suất đèn, W	Độ rọi khi chưa có hệ số an toàn, lx					
	Điện áp định mức					
	127 V			220 V		
	Trực xạ	Khuếch tán	Phản xạ	Trực xạ	Khuếch tán	Phản xạ
40	26	22,5	16,5	23	19,5	14,5
60	29	25	18,4	25	21	15,5
100	35	30	22	27	23	17
150	39,5	34	24,5	31	26,5	19,5
200	41,5	35,5	26	34	29,5	21,5
300	44	38	27,5	37	32	23,5
500	48	41	30	41	35	25,5
750	50	42,5	31,5	44,5	38	28
1000	52	44	42,5	47	40	29,5

Sau khi tính được p ta phải nhân với diện tích của phòng mà ta thiết kế để được công suất đặt $P_đ$. Từ trị số $P_đ$ sẽ tìm lại công suất đèn tương ứng với công suất đã dự tính khi sử dụng bảng 13-49. Sau đó mới tính số đèn, xác định cách bố trí đèn v.v... công suất đặt : $P_đ = p \,.\, S$;

Số lượng đèn $n = \frac{P_đ}{p}$;

trong đó :

p - là công suất mỗi đèn mà ta đã dự tính chọn khi sử dụng bảng 13-49

Ví dụ 13.6.3. Tính số đèn cần thiết đặt ở một phòng trong kịch viện có diện tích 60 m^2. Độ rọi tối thiểu E_{min} = 50 lx. Dùng cách phối quang phản xạ. Dùng bóng 40 W, điện áp 127 V.

Tra bảng 13-49 với đèn 40 W điện áp 127V được E = 16,5, lấy k = 1,3. Công suất trên 1 mét vuông là :

$$p = 10\frac{E_{min}}{E}k = 10\frac{50}{16,5}1,3 = 39,5\ W/m^2$$

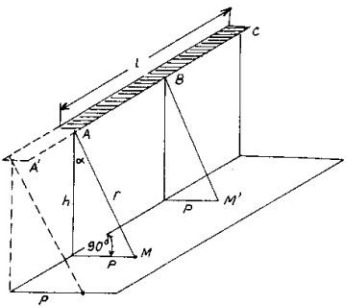
Công suất đặt : $P_đ = p \cdot S =$

$= 39,5 \cdot 60 = 2370$ W

số đèn; $n = \frac{P_đ}{p} = \frac{2370}{40} =$

= 60 ngọn đèn.

d) Phương pháp tính toán với đèn ống



Hình 13-91. Hình vẽ để tính độ rọi của đèn ống.

Đèn ống hay dùng để chiếu sáng chung, đèn ống có ưu điểm là công suất tiêu thụ ít nhưng có độ rọi cao, ánh sáng dịu mát. Đèn ống là một nguồn quang có kích thước chứ không phải là nguồn điểm, do đó trong tính toán đã phải chấp nhận một số giả thiết cần có, tuy vậy phương pháp tính dưới đây không gây sai số quá 5%.

Người ta giả thiết rằng nguồn quang song song với mặt phẳng ta khảo sát. Như vậy độ rọi tại điểm M (hình 13-91) xác định theo biểu thức :

$$E = \frac{I'_\alpha \cos^2\alpha}{2h}\left(\frac{lr}{l^2 + r^2} + \text{arctg}\frac{l}{r}\right);$$

trong đó :

I'_α – là cường độ ánh sáng của một thước nguồn quang; r – là cự ly từ nguồn quang tới điểm M; h – độ treo cao so với mặt công tác; α – góc giữa r và h; l – chiều dài của nguồn quang;

Qua hình 13-91, ta có thể suy luận rằng : Muốn tính độ rọi tại điểm M' ta phải tính độ rọi với chiều dài của đèn là A' C, sau đó trừ đi độ rọi ứng với nguồn quang có độ rọi là A' A, nghĩa là :

$$E''_M = E_{A'C} - E_{A'A}.$$

Trường hợp muốn tính độ rọi tại điểm E'_M ta sẽ dùng phương pháp tương tự.

$$E'_M = E_{AB} + E_{BC}$$

Qua biểu thức trên ta nhận thấy độ rọi là hàm số của $\frac{P}{h}$ và $\frac{l}{h}$. Người ta vẽ được đồ thị biểu diễn quan hệ giữa :

$$\frac{\cos^2\alpha}{2}\left(\frac{l}{l^2 + r^2} + \text{arctg}\frac{l}{r}\right) = f\left(\frac{P}{h}, \frac{l}{h}\right).$$

Trị số I'_α là cường độ ánh sáng của nguồn quang có quang thông là F. Do đó phải quy đổi về nguồn có quang thông là 1000 lu-men.

$$I'_\alpha = \frac{F}{1000} I_\alpha;$$

trong đó :

I_α – cường độ ánh sáng ứng với nguồn có quang thông 1000 lu-men;

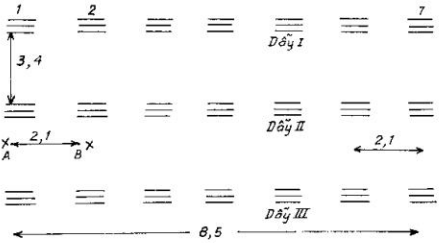
F – quang thông thực tế trên đơn vị dài của nguồn sáng.

Như vậy ta có :

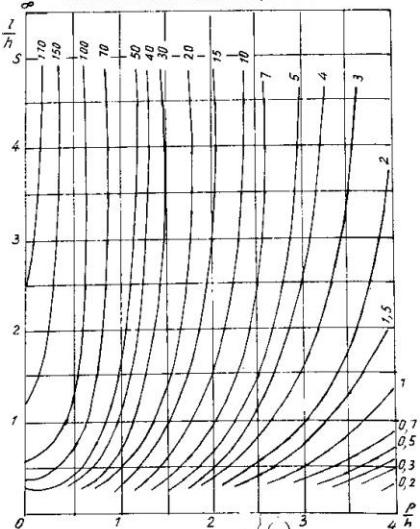
$$E = \frac{F}{1000h} \cdot I_\alpha f\left(\frac{l}{h}, \frac{P}{h}\right) = \frac{F}{1000h}\varepsilon$$

trong đó :

ε – là độ rọi tương đối trên đơn vị dài của một nguồn sáng dài *1 mét có quang thông 1000 lm*, treo ở độ cao 1 mét.



Hình 13-92. Hình vẽ cho ví dụ 13-6-4



Hình 13-93. Quan hệ $\frac{l}{h} = f\left(\frac{P}{h}\right)$

Tóm lại chỉ cần tính $\frac{P}{h}$; $\frac{l}{h}$ tra được ε là tính được độ rọi E cần thiết.

Ví dụ 13.6.4. Một phòng thí nghiệm đặt ba dãy đèn ống, mỗi dãy 7 cụm, mỗi cụm có ba đèn ống. Tìm độ rọi tại điểm A và B. Biết độ treo cao h = 2,2m, Điện áp 220V. Mỗi đèn có công suất 30W, quang thông mỗi đèn F = 1450 lm.

Bố trí đèn như hình 13-92.

Quang thông trên đơn vị nguồn quang là :

$$\frac{7 \cdot 3 \cdot 1450}{8,5} = 3600 \text{ lm/mét}$$

a) Xét độ rọi tại điểm A.

– Với dãy 1 và 2.

$$\frac{P}{h} = \frac{1,7}{2,2} = 0,77 ; \frac{l}{h} = \frac{8,5}{2,2} = 3,86$$

Tra hình 13-15, tìm được độ rọi tương đối của mỗi dãy.

$$\varepsilon = 85 \text{ lx}$$

– Với dãy thứ 3.

$$\frac{P}{h} = \frac{5,1}{2,2} = 2,31 ; \frac{l}{h} = \frac{8,5}{2,2} = 3,86$$

Tra hình 13-93. Tìm được độ rọi tương đối của dãy 3.

$$\varepsilon = 10 \text{ lx}$$

Tổng độ rọi tương đối trên điểm A là $\Sigma E = 2 \cdot 85 + 10 = 180$ lx

Độ rọi trên điểm A.

$$E_A = \frac{F}{1000h} \Sigma E = \frac{8600}{1000 \cdot 2,2} \cdot 180 = 294 \text{ lx}$$

b) Xét độ rọi tại điểm B.

- Xét phần quang bên phía trái của 2 dãy 1 và 2 rọi vào điểm B.

$\frac{P}{h} = \frac{1,7}{2,2} = 0,77$; $\frac{P}{h} = \frac{2,1}{2,2} = 0,955$. Tra bảng, được $\varepsilon = 65$ lx

- Xét phần quang bên phía phải của 2 dãy 1 và 2 rọi vào điểm B.

$\frac{P}{h} = \frac{1,7}{2,2} = 0,77$; $\frac{l}{h} = \frac{6,4}{2,2} = 2,91$.. Tra bảng, có $\varepsilon = 85$ lx

- Xét phần quang phía bên trái của dãy 3 rọi vào điểm B.

$\frac{P}{h} = \frac{5,1}{2,2} = 2,31$; $\frac{l}{h} = \frac{2,1}{2,2} = 0,955$. Tra bảng có $\varepsilon = 45$lx

- Xét phần quang phía bên phải của dãy 3 rọi vào điểm B.

$$\frac{P}{h} \simeq \frac{5,1}{2,2} = 2,31 \; ; \; \frac{l}{h} = \frac{6,4}{2,2} = 2,91.$$ Tra bảng có $\varepsilon = 9$lx.

Tổng độ rọi tương đối của ba dãy tại điểm B.

$$\sum E = 2 \,.\, 65 + 2 \,.\, 85 + 45 + 9 \simeq 313,5 \text{ lx}$$

Độ rọi tại điểm B.

$$E_B = \frac{F}{1000h} \Sigma E = \frac{3600}{1000 \,.\, 2,2} \,.\, 313,5 = 513\text{lx}$$

d) Phương pháp tính gần đúng đối với đèn ống. Ở phương pháp này người ta đã tính sẵn đối với một phòng được chiếu sáng bởi hai đèn ống 30 W (30 . 2 = 60 W) có độ rọi định mức $E_{đm} = 100$ lx. Dùng đèn 60/220V có quang thông 1230 lx. Trong tính toán người ta đã chấp nhận quy định sau :

Phòng gọi là rộng, khi $\frac{a}{H_o} \geq 4$;

Phòng gọi là vừa, khi $\frac{a}{H_o} = 2$;

Phòng gọi là hẹp, khi $\frac{a}{H_o} \leq 1$

Hệ số phản xạ của trần màu thẫm : $\rho_{tr} = 0,7$

Hệ số phản xạ của trần màu trung bình : $\rho_{tr} = 0,5$

Hệ số phản xạ của tường màu thẫm : $\rho_{tg} = 0,5$

Hệ số phản xạ của tường màu trung bình : $\rho_{tg} = 0,3$

Hệ số an toàn k :

Khi phối quang trực xạ $k = 1,3$;

Khi phối quang phản xạ $k = 1,5$;

Khi chủ yếu là dùng phối quang trực xạ $k = 1,4$

Trị số a là chiều rộng, H_o là chiều cao của phòng.

Khi dùng loại đèn ống có trị số rọi khác $E_{đm}$ là 100 lx thì công suất tổng của các đèn cần thiết kế sẽ tính theo tỷ lệ.

$$\frac{P}{P_{đèn}} = 1,25 \frac{2460/S_o}{F_{đèn}/S} \cdot \frac{E}{E_{đm}} ;$$

$$P = 30,8 \frac{P_{đèn} \,.\, S \,.\, E}{S_o F_{đèn}} , \text{KW};$$

trong đó :

1,25 – là hệ số xét tới công suất tổn hao trên cuộn cản; $P_{đèn}$ – công suất của đèn dùng trong thiết kế; $F_{đèn}$ – Quang thông của một đèn dùng trong thiết kế ; S – Diện tích được chiếu sáng ; E – Độ rọi tối thiểu; S_o – Diện tích được chiếu sáng bởi một đèn ống có

E_{dm} = 100 công suất mỗi đèn 30W, quang thông 2 . 1230 = 2460 lm. Trị số S_o có thể tra ở bảng 13-50.

Số đèn được xác định theo biểu thức :

$$n = \frac{P}{1,25 \cdot p'};$$

trong đó p' – là công suất mỗi đèn ống.

Bảng 13-50. Diện tích S_o theo điều kiện tính toán chuẩn

Loại phối quang và loại đèn	Diện tích S_o, m^2					
	Rộng		Vừa		Hẹp	
	Loại thẩm	Loại trung bình	Loại thẩm	Loại trung bình	Loại thẩm	Loại trung bình
– Phối quang trực xạ dùng chao sắt tráng men	12	11,5	10,4	9,4	8,4	7,8
– Chủ yếu là phối quang trực xạ, nhiều đèn có gương phản quang	10,3	9,2	8,7	7,6	7,0	6,5
– Chủ yếu là phối quang phản xạ, khuếch tán, chao đục	7,8	6,1	6,1	5,0	5,0	3,9

Ví dụ 13.6.5. Dùng chao đèn sắt tráng men, phản xạ, công suất đèn p' = 30 W. Độ rọi tối thiểu E_{min} = 150 lx. Chiều rộng của phòng gấp ba chiều cao. Màu của trần và tường vào loại trung bình. Diện tích S = 1000m^2.

Giải : $\frac{a}{H_o} = 3$

Tra bảng 13-10 ta thấy : $\frac{a}{H_o} = 4$ thì $S_o = 11,5$

$\frac{a}{H_o} = 2$ thì $S_o = 9,4$

Thực tế thì : $\frac{a}{H_o} = 3$ nên ta lấy :

$$S_o = \frac{11,5 + 9,4}{2} = 10,5m^2$$

Tổng công suất của đèn :

$$P = 30,8 \frac{P_d S \cdot E}{S_o \cdot F_d} = 30,8 \frac{30 \cdot 100 \cdot 150}{10,5 \cdot 1250} = 1063$$

Số lượng đèn :

$$n = \frac{P}{1,25 p'} = \frac{1063}{1,25 \cdot 30} = 28 \text{ đèn}$$

PHỤ LỤC 1

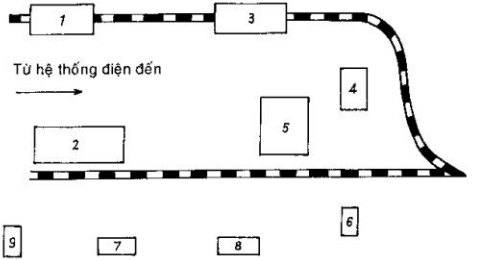
ĐỀ THIẾT KẾ MÔN HỌC VÀ VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Phần này đưa ra một ví dụ tính toán tương đối hoàn chỉnh để các bạn đọc tham khảo khi làm thiết kế môn học.

Thiết kế cung cấp điện cho nhà máy cơ khí hạng trung bình.

1. Số liệu ban đầu :

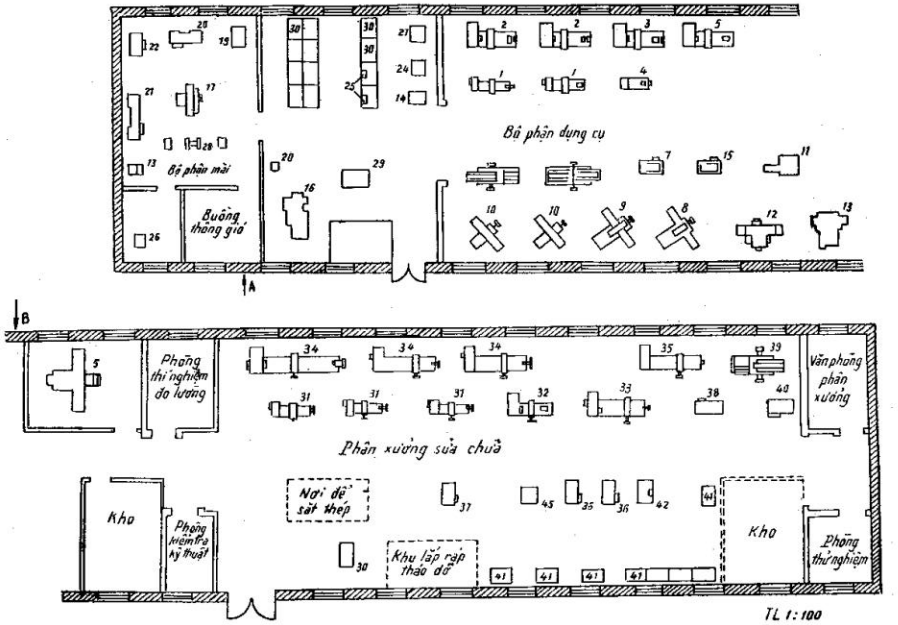
- Mặt bằng nhà máy cho trên hình PL1-1.
- Mặt bằng lắp đặt các thiết bị của phân xưởng sửa chữa cơ khí cho trên hình PL1-2.
- Phụ tải các phân xưởng cho trong bảng PL1-1.
- Phụ tải của phân xưởng sửa chữa cơ khí trong bảng PL1-2.
- Nhà máy lấy điện từ trạm biến áp khu vực ở cách nhà máy l = 1 km.
- Điện áp ở thanh cái hạ áp của trạm biến áp khu vực U = 6,3 KV.
- Công suất của hệ thống $S_{ht} = \infty$.
- Công suất ngắn mạch tại thanh cái của trạm biến áp khu vực S_N = 250 MVA.
- Nhà máy làm việc ba ca có T_{max} = 5000 h.



Hình PL1-1. Mặt bằng nhà máy cơ khí hạng trung bình

Bảng PL1-1. Phụ tải của nhà máy cơ khí hạng trung

Số trên mặt bằng	Tên phân xưởng	Công suất đặt, KW
1	Phân xưởng kết cấu kim loại	2500
2	Phân xưởng lắp ráp cơ khí	2200
3	Phân xưởng đúc	1800
4	Phân xưởng nén khí	800
5	Phân xưởng rèn	1600
6	Trạm bơm	450
7	Phân xưởng sữa chữa cơ khí	Theo tính toán
8	Phân xưởng gia công gỗ	400
9	Ban quản lý nhà máy	120
10	Chiếu sáng phân xưởng	Xác định theo diện tích



Hình PL 1-2. Mặt bằng phân xưởng sửa chữa cơ khí.

Bảng PL1-2. Danh sách thiết bị của phân xưởng sửa chữa cơ khí

Số thứ tự	Tên thiết bị	Số lượng	Kiểu	$P_{đm}$, KW	Ghi chú
	BỘ PHẬN DỤNG CỤ				
1	Máy tiện ren	2	IA616	7,0	
2	Máy tiện ren	2	IA62	7,0	
3	Máy tiện ren	2	IA62	10,0	
4	Máy tiện ren cấp chính xác cao	1	Ип6П	1,7	
5	Máy doa tọa độ	1	2A450	2,0	
6	Máy xọc	1	7A420	2,8	
7	Máy phay vạn năng	1	6H82	7,0	
8	Máy phay ngang	1	6H82	7,0	
9	Máy phay đứng	2	6H11	2,8	
10	Máy mài trong	1	3A240	4,5	
11	Máy mài phẳng	1	311Ш	2,8	
12	Máy mài tròn	1	3130	2,8	
13	Máy khoan đứng	1	2A125	2,8	
14	Máy khoan đứng	1	2135	4,5	
15	Máy cắt mép	1	866A	4,5	
16	Máy mài vạn năng	1	3A64	1,75	
17	Máy mài dao cắt gọt	1	3818	0,65	
18	Máy mài mũi khoan	1	36652	1,5	
19	Máy mài sắc mũi phay	1	3667	1,0	
20	Máy mài dao chuốt	1	360	0,65	
21	Máy mài mũi khoét	1	3659	2,9	
22	Thiết bị để hóa bền kim loại	1	П П 58	0,8	
23	Máy dũa	1		2,2	
24	Máy khoan bàn	2	HC125	0,65	
25	Máy mài tròn	1		1,2	
26	Máy mài thô	1	3M634	2,8	
27	Bàn đánh dấu	1			
28	Bàn thợ nguộn	10			
	BỘ PHẬN SỬA CHỮA				
29	Máy tiện ren	3	1616	4,5	
30	Máy tiện ren	1	1A62	7,0	
31	Máy tiện ren	1	1624M	7,0	
32	Máy tiện ren	3	1Д63A	10,0	
33	Máy tiện ren	1	163	14,0	
34	Máy khoan đứng	2	2A135	4,5	
35	Máy khoan hướng tâm	1	2A53	4,5	
36	Máy bào ngang	1	7A35	2,8	
37	Máy bào ngang	1	7A36	10,0	
38	Máy mài phá	1	3M634	4,5	
39	Bàn	8			
40	Máy khoan bàn	1	HC12A	0,65	

2. Xác định phụ tải tính toán của các phân xưởng và của nhà máy.

1. Xác định phụ tải tính toán của phân xưởng sửa chữa cơ khí.

Phụ tải điện của phân xưởng bao gồm phụ tải chiếu sáng và phụ tải động lực, chủ yếu là các máy cắt gọt kim loại.

Căn cứ vào vị trí lắp đặt, vào tính chất và chế độ làm việc của các thiết bị, có thể chia chúng thành năm nhóm. Phụ tải của các nhóm thiết bị điện và phụ tải tính toán của chúng được ghi trong bảng PL1-3. Phụ tải tính toán của các nhóm được tính theo phương pháp số thiết bị hiệu quả.

Để cho việc tính toán được đơn giản, ở đây lấy chung các hệ số $k_{sd} = 0,16$ $\cos\varphi = 0,6$, $tg\varphi = 1,33$ cho tất cả nhóm máy.

Ví dụ : Tính phụ tải tính toán cho nhóm 1.

Tổng số thiết bị tham gia trong nhóm n = 8.

Thiết bị có công suất đặt lớn nhất $P_{đmmax} = 10$ KW.

Thiết bị có công suất đặt nhỏ nhất $P_{đmmin} = 1,7$ KW.

$$m = \frac{P_{đmmax}}{P_{đmmin}} = \frac{10}{1,7} \approx 6$$

Vì $m > 3$, $k_{sd} < 0,2$ nên khi xác định phụ tải tính toán tiến hành theo các bước sau :

- Xác định $P_* = \frac{P_{đm1}}{P_{đm}} = \frac{48}{51,7} = 0,92.$

$$n_* = \frac{n_1}{n} = \frac{6}{8} = 0,75.$$

Tra bảng hoặc tra đường cong $n_{hq*} = f(n_*, P_*)$ được $n_{hq*} = 0,85$.

- Xác định số thiết bị điện có hiệu quả

$n_{hq} = n_{hq*} \cdot n = 0,85 \cdot 8 = 6,8 \simeq 7$.

Tra bảng hoặc tra đường cong $k_{max} = f(k_{sd}, n_{hq})$ tìm được $k_{max} = 2,48$.

- Xác định phụ tải tính toán của nhóm theo công thức :

$$P_{tt.nh} = k_{max} \cdot k_{Sd} \sum_{i=1}^{n} P_{đmi}$$

$P_{tt.nh} = 2,48 \cdot 0,16 \cdot 51,7 = 20,5$ KW.

$Q_{tt.nh} = P_{tt.nh} \cdot tg\varphi = 20,6 \cdot 1,33 = 27,3$ KVAR

$$S_{tt.nh} = \sqrt{P_{tt.nh}^2 + Q_{tt.nh}^2} = \sqrt{20,6^2 + 27,3^2} = 34,2 \text{ KVA}$$

$$I_{tt.nh} = \frac{S_{tt.nh}}{\sqrt{3}\,U} = \frac{34,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 52A$$

- Xác định dòng điện đỉnh nhọn (dùng để chọn dây chảy cho cầu chì bảo vệ) theo công thức :

$$I_{đn} = \sum_{i=1}^{n-1} I_{đm\,i} + k_{kd} \cdot I_{đmmax}$$

$$I_{dn} = 104,25 + 6 \cdot 25 = 154,25 \text{ A}$$

trong đó hệ số khởi động $k_{kd} = 6$.

Công suất dùng cho chiếu sáng phân xưởng được xác định theo phương pháp suất chiếu sáng trên một đơn vị diện tích phân xưởng theo công thức.

$$P_{ttcs} = P_o \cdot F$$

trong đó F – diện tích phân xưởng xác định theo bản vẽ mặt bằng, m^2.

Suất chiếu sáng $P_o = 12 \text{ W/m}^2$

$$P_{ttcs} = 12 \cdot 700 = 8400 \text{ W} = 8,4 \text{ KW}$$

Công suất tính toán của toàn phân xưởng tính theo công thức :

$$S_{ttpx} = k_{dt} \sqrt{(\Sigma P_{ttnh} + P_{ttcs})^2 + (\Sigma Q_{ttnh})^2}$$

$$S_{ttpx} = 0,8 \sqrt{(84,2 + 8,4)^2 + 113,7^2} = 146,3 \cdot 0,8 = 125,04 \approx 125 \text{ KVA}$$

trong đó hệ số xét tới sự làm việc đồng thời giữa các nhóm máy trong phân xưởng $k_{dt} = 0,8$.

$$I_{ttpx} = \frac{S_{ttpx}}{\sqrt{3}U} = \frac{125}{\sqrt{3}.0,38} \approx 190\text{A}.$$

2. Xác định phụ tải tính toán của các phân xưởng khác và toàn nhà máy.

Phụ tải tính toán của các phân xưởng còn lại trong nhà máy được xác định theo phương pháp hệ số nhu cầu.

$$P_{ttpx} = k_{nc} \cdot P_d$$

trong đó : k_{nc} – hệ số nhu cầu của phân xưởng;

P_d – tổng công suất đặt của phân xưởng.

Phụ tải chiếu sáng cũng được xác định theo phương pháp suất chiếu sáng trên một đơn vị diện tích.

$$P_{ttcs} = P_o \cdot F$$

Phụ tải tính toán của các phân xưởng được ghi trong bảng PL1-4.

Phụ tải tính toán của toàn nhà máy được xác định theo công thức.

$$S_{ttn.m} = k_{dt} \sqrt{(\Sigma P_{ttpx})^2 + (\Sigma Q_{ttpx})^2}$$

$$S_{ttn.m} = 0,8 \cdot \sqrt{5042,6^2 + 4460,4^2} = 5390\text{KVA}$$

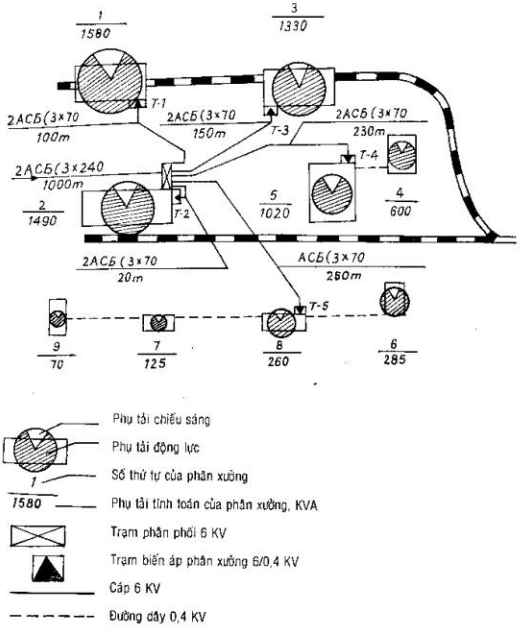
trong đó : k_{dt} – hệ số đồng thời, xét tới khả năng phụ tải lớn nhất của các phân xưởng không xuất hiện đồng thời cùng một lúc.

3. Thiết kế mạng điện áp cao của nhà máy.

1. Chọn vị trí đặt, số lượng và dung lượng máy biến áp.

Phụ tải tính toán của các phân xưởng và toàn nhà máy đã được xác định và cho trong bảng PL1-4.

Căn cứ vào phụ tải của các phân xưởng vẽ được bản đồ phụ tải cho trên hình PL1-3.



Hình PL1-3. Mặt bằng, bản đồ phụ tải và sơ đồ đi dây của mạng điện áp cao của nhà máy.

Bán kính của vòng tròn đồ thị phụ tải xác định theo.

$$R_i = \sqrt{\frac{S_i}{\pi \cdot m}};$$

trong đó : Ri - bán kính của vòng tròn bản đồ phụ tải của phân xưởng thứ i, mm

Si - công suất tính toán của phân xưởng thứ i, KVA;

m - tỉ lệ xích, m = 20 KVA/mm^2

Tâm của phụ tải tính toán của nhà máy nằm vào khoảng giữa các phân xưởng 1, 2, 3, 5. Phụ tải tính toán của nhà máy : S_{tnm} = 5390 KVA. Do nhà máy ở gần trạm biến áp khu vực có điện áp ở thanh cái hạ áp là 6,3 KV nên chỉ cần xây dựng trạm phân phối 6,3 KV mà không cần đặt trạm biến áp trung gian.

Bảng PL1-3. Phụ tải điện của phân xưởng sửa chữa cơ khí

Tên nhóm và thiết bị điện	Số lượng trên mặt bằng	Ký hiệu trên mặt bằng	Công suất đặt (định mức) Pđm, KW: Một thiết bị	Công suất đặt (định mức) Pđm, KW: Tất cả thiết bị	Iđm, A thiết bị	m = Pm / P	Hệ số ksd	Hệ số cosφ/tgφ	Công suất trung bình Ptt KW	Công suất trung bình Qtb KVAR	Số thiết bị hiệu quả nhq	Hệ số cực đại Kmax	Phụ tải tính toán Ptt KW	Phụ tải tính toán Qtt KVAR	Phụ tải tính toán Stt KVA	Phụ tải tính toán Itt A	Dòng đỉnh nhọn Iđn A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nhóm I																	
Máy tiện ren	2	1	7	14	17,5.2	–	0,16	0,6/1,33	–								
Máy tiện ren	2	2	7	14	17,5.2		0,16	0,5/1,33									
Máy tiện ren	2	3	10	20	25.2		0,16	0,6/1,33									
Máy tiện ren cấp chính xác cao	1	4	1,7	1,7	4,25		0,16	0,6/1,33									
Máy doa tọa độ	1	5	2	2	5,0		0,16	0,6/1,33									
Cộng theo nhóm 1	8			51,7	129,25	6	0,16	0,6/1,33	8,3	11	7	2,48	20,6	273	34,2	52	254,25
Nhóm II																	
Máy xọc	1	7	2,8	2,8	7,0		0,16	0,6/1,33									
Máy phay vạn năng	1	9	7	7	17,5		0,16	0,6/1,33									
Máy phay ngang	1	8	7	7	17,5		0,16	0,6/1,33									
Máy phay đứng	2	10	2,8	5,6	7,0.2		0,16	0,6/1,33									
Máy mài trong	1	15	4,5	4,5	11,25		0,16	0,6/1,33									
Máy mài phẳng	1	12	2,8	2,8	7,0		0,16	0,6/1,33									
Máy mài tròn	1	13	2,8	2,8	7,0		0,16	0,6/1,33									
Máy khoan đứng	1	11	4,5	4,5	11,25		0,16	0,6/1,33									
Cộng theo nhóm II	9			37	81,5	2,5	0,16	0,6/1,33	6	9	9	2,2	13,2	19,8	23,8	36	169
Nhóm III																	
Máy khoan đứng	1	22	2,8	2,8	7,0	–	0,16	0,6/1,33									
Máy cắt mép	1	16	4,5	4,5	11,25		0,16	0,6/1,33									
Máy mài vạn năng	1	17	17,5	17,5	4,28		0,16	0,6/1,33									
Máy mài dao cắt gọt	1	18	0,65	0,65	1,63		0,16	0,6/1,33									
Máy mài mũi khoan	1	19	1,5	1,5	3,75		0,16	0,6/1,33									
Máy mài mũi phay	1	20	1,0	1,0	2,5		0,16	0,6/1,33									
Máy mài dao chuốt	1	21	0,65	0,65	1,65		0,16	0,6/1,33									
Máy mài mũi khoét	1	22	2,9	2,9	7,25		0,16	0,6/1,33									
Thiết bị bến hóa																	
Kim loại	1	23	0,8	0,8	2,0		0,16	0,5/1,33									
Máy dũa	1	24	2,2	2,2	5,5		0,16	0,6/1,33									
Máy khoan bàn	2	25	0,65	1,3	1,65.2		0,16	0,6/1,33									
Máy mài tròn	1	26	1,2	1,2	3		0,16	0,6/1,33									
Máy mài thô	1	28	2,8	2,8	7		0,16	0,6/1,33									
Cộng theo nhóm III	14			24,5	60,21	7	0,16	0,6/1,33	4	5,3	11	2,1	8,4	11,1	14	21	116,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nhóm IV																	
Máy tiện ren	3	31	4,5	13,5	11,25.3		0,16	0,6/1,33									
Máy tiện ren	1	32	7	7	17,5		0,16	0,6/1,33									
Máy tiện ren	3	34	10	30	25.3		0,16	0,6/1,33									
Cộng theo nhóm IV	7			50,5	126,25	2,2	0,16	0,6/1,33	8,1	10,8	7	2,45	20	26,5	33,2	50	251,25
Nhóm V																	
Máy tiện ren	1	33	7	7	17,5	–	0,16	0,6/1,33									
Máy tiện ren	1	35	14	14	35		0,16	0,6/1,33									
Máy khoan đứng	2	36	4,5	9	11,25.2		0,16	0,6/1,33									
Máy khoan hướng tâm	1	17	4,5	4,5	11,25		0,16	0,6/1,33									
Máy bào ngang	1	38	2,8	2,8	7,0		0,16	0,6/1,33									
Máy bào ngang	1	39	10	10	25		0,16	0,6/1,33									
Máy mài phá	1	40	4,5	4,5	11,25		0,16	0,6/1,33									
Máy khoan bàn	1	42	0,65	0,65	1,65		0,16	06/1,33									
Cộng theo nhóm V	9			52,45	134,0	23	0,16	0,6/1,33	8,4	11,2	6	2,6	2,2	29	36,4	55	259
Tổng cộng	47			216,15	531,4	–	0,16	0,6/1,33	34,8	47,3			84,2	113,7	141		

Bảng PL1-4. Bảng phụ tải tính toán của các phân xưởng

Ký hiệu trên mặt bằng	Tên phân xưởng	Diện tích m^2	Công suất đặt $P_đ$ KW	Hệ số nhu cầu k_{nc}	cosφ/tgφ	Công suất chiếu sáng P_o,W/m^2	Công suất tính toán, P_{tt}, kW			Q_{tt} kVAr	S_{tt}, KVA	I_{tt}, A
							chiếu sáng	Động lực	Tổng			
1	Phân xưởng kết cấu kim loại	2700	2500	0,5	0,80/0,74	10	27	1250	1277	925	1580	2393
2	Phân xưởng lắp ráp cơ khí	3500	2200	0,4	0,6/1,33	12	42	880	922	1170	1490	2257
3	Phân xưởng đúc	3000	1800	0,5	0,7/1,02	10	30	900	930	948	1330	2015
4	Phân xưởng nén khí	1350	800	0,6	0,8/0,74	10	13,5	480	493,5	358	600	910
5	Phân xưởng rèn	3250	1600	0,5	0,8/0,74	10	32,5	800	832,5	592	1020	1545
6	Trạm bơm	600	450	0,5	0,8/0,74	10	6	225	231	166	285	432
7	Phân xưởng sửa chữa cơ khí	700	216	–	0,6/1,33	12	8,4	84,2	92,6	113,7	125	190
8	Phân xưởng gia công gỗ	900	400	0,5	0,5/0,74	10	9	200	209	148	260	394
9	Ban quản lý nhà máy	700	120	0,4	0,8/0,74	10	7	48	55	39,7	70	106
	Cộng	16700	10085	–	–		175,4	4867,2	5042,6	4460,4	–	–

Phụ tải của các phân xưởng là phụ tải động lực có điện áp định mức U_{dm} = 0,38 KV và phụ tải chiếu sáng, không có phụ tải điện áp cao, do đó chỉ cần chọn các máy biến áp phân xưởng có điện áp định mức 6,3/04KV là được.

Để cung cấp điện cho các phân xưởng hợp lý nhất là đặt các trạm biến áp phân xưởng. Các trạm này đặt kề với phân xưởng để tiết kiệm mặt bằng trong phân xưởng.

Chọn dung lượng máy biến áp theo điều kiện :

- Đối với trạm một máy : $S_{dmB} \geq S_{tt}$

- Đối với trạm đặt nhiều máy :

$$nS'_{dmB} \geq S_{tt}$$

trong đó : S'_{dmB} – Công suất định mức của máy biến áp sau khi đã hiệu chỉnh theo nhiệt độ.

S'_{dmB} – được tính theo công thức :

$$S'_{dmB} = S_{dmB}\left(1 - \frac{\theta_{td} - 5}{100}\right)\left(1 - \frac{\theta_{cd} - 35}{100}\right);$$

trong đó : θ_{tb} – Nhiệt độ trung bình nơi đặt máy khác với điều kiện chế tạo;

θ_{cd} – Nhiệt độ cực đại của môi trường nơi đặt máy.

Ở đây lấy $\theta_{tb} = 20^oC$, $\theta_{cd} = 40^oC$

$$S'_{dmB} = \left(1 - \frac{20 - 5}{100}\right)\left(1 - \frac{40 - 35}{100}\right) S_{dmB} = 0,81\ S_{dmB};$$

S_{tt} – Công suất tính toán của phân xưởng.

Căn cứ vào phụ tải tính toán của các phân xưởng (bảng PL1-4) để lựa chọn số lượng và dung lượng các máy biến áp cung cấp điện cho các phân xưởng. Các phân xưởng 1, 2, 3 có phụ tải tính toán lớn lên ở mỗi phân xưởng đặt một trạm biến áp riêng. Các phân xưởng 4 và 5 đặt chung một trạm ở phân xưởng 5. Các phân xưởng 6, 7, 8 đặt chung một trạm ở phân xưởng sửa chữa cơ khí 8. Còn khu vực ban quản lý nhà máy 9 lấy điện hạ áp từ phân xưởng 2 sang, số lượng và dung lượng máy biến áp chọn được cho trong bảng PL1-5.

Phụ tải tính toán của nhà máy

$$S_{ttn.m} = 5390\ KVA.$$

Dung lượng định mức của tất cả các trạm biến áp sau khi đã hiệu chỉnh theo nhiệt độ nơi đặt :

$$S'_{dmB} = 7290\ KVA.$$

Dung lượng các trạm biến áp lớn hơn phụ tải tính toán của nhà máy

$$\Delta S = S'_{dmB\Sigma} - S_{ttn.m};$$

$$\Delta S = 7290 - 5390 = 1900\ KVA.$$

Dung lượng này là dung lượng dự trữ cho khả năng mở rộng nhà máy sau này với mức độ :

$$\frac{1900}{7290} \cdot 100\% = 26\%$$

Bảng PL1-5. Bảng tính toán số lượng, dung lượng máy biến áp trong các trạm biến áp phân xưởng

Ký hiệu trên mặt bằng	Tên phân xưởng	Công suất tính toán, Stt, KVA	Công suất tính toán của trạm biến áp, KVA	Tên trạm biến áp,	Số lượng máy biến áp máy bộ	Dung lượng của trạm biến áp, KVA		Hệ số hiệu chỉnh	Dung lượng của trạm biến áp sau khi hiệu chỉnh, KVA
						Một máy	Toàn bộ		
1	Phân xưởng kết cấu kim loại	1500	1580	T-1	2	1000	2000	0,81	1620
2	Phân xưởng lắp ráp cơ khí	1490	1490	T-2	2	1000	2000	0,81	1620
3	Phân xưởng đúc	1330	1330	T-3	2	1000	2000	0,81	1620
4	Phân xưởng nén khí	600							
5	Phân xưởng rèn	1020	1631*	T-4	2	1000	2000	0,81	1620
6	Trạm bơm	285							
7	Phân xưởng sửa chữa cơ khí	125	751**	T-5	1	1000	1000	0,81	810
8	Phân xưởng gia công gỗ	260							
9	Ban quản lý nhà máy	70							
	Cộng	–	–	–	9	–	9000	0,81	7290

Ghi chú : * $S_{tt\Sigma} = \sqrt{(P_4 + P_5)^2 + (Q_4 + Q_5)^2}$. Máy biến áp bị quá tải 0,9% nằm trong phạm vi cho phép.

** $S_{tt} = \sqrt{(P_6 + P_7 + P_8 + P_9)^2 + (Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9)^2}$

Bảng PL1-6. Đặc tính kỹ thuật của trạm biến áp hợp bộ một máy kiểu КТП-1000

Điện áp định mức, KV	Công suất định mức, KVA	Kiểu máy biến áp	Kiểu tủ đấu vào 6KV	Thiết bị đóng cắt đầu vào 6KV	Tủ 0,4 KV				Giá, 10^3đ
					Tủ đấu ra	Áptômát đầu ra	Tủ đường dây	Áptômát đường dây	
6/0,4	1000	TM3	ШВВ-3	ВН-16	ШН-81	АВМ-20В	2ШН-2	А3120В	100

Bảng PL1-7. Đặc tính kỹ thuật của trạm biến áp hợp bộ hai máy kiểu КТП-1000

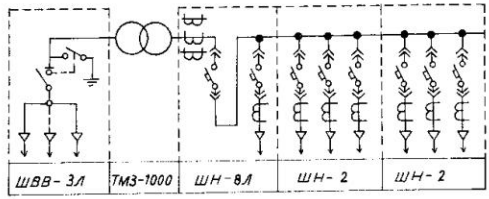
Điện áp định mức, KV	Công suất định mức, KVA	Kiểu máy biến áp	Tủ vào 6 KV			Tủ 0,4 KV					Giá 10^3đ
			Kiểu đường dây	Thiết bị	Tủ đấu ra	Áptômát đầu ra	Tủ phân đoạn	Áptômát phân đoạn	Tủ đường dây	Áptômát đường dây	
6/0,4	1000	TM3	2ШВВ-3	2ВН-16	2ШН-8	АВМ-20В	ШН-10	АВМ-20В	4ШН-2	А3130В	211

Bảng PL1-8. Đặc tính kỹ thuật của máy biến áp

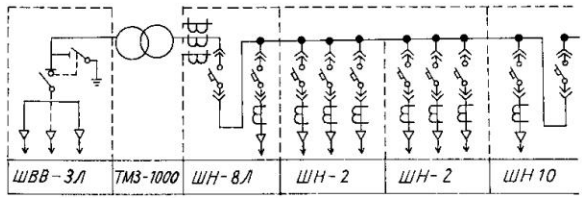
Kiểu	Công suất KVA	Điện áp, KV		Tổn thất, KW		i_0% 10^3đ	U_N%	Giá
		Cao áp	Hạ áp	Không tải	Ngắn mạch			
TM3-1000/6	1000	6,3	0,4	2,3	12,2	1,5	8	16

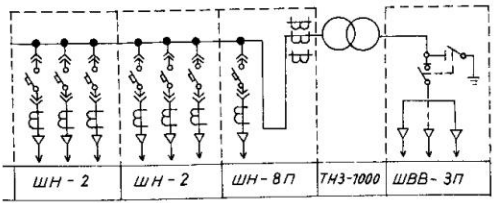
Để bố trí các trạm biến áp phân xưởng được đơn giản và gọn, chọn các trạm biến áp hợp bộ, kiểu KTП-1000 loại trạm 1 máy và loại trạm 2 máy.

Với các trạm 1 máy sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho trên hình PL1-4. Đặc tính kỹ thuật của trạm cho trong bảng PL1-6. Với các trạm 2 máy – sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho trên hình PL1-5. Đặc tính kỹ thuật của trạm cho trong bảng PL1-7. Sơ đồ cung cấp điện chung toàn nhà máy cho trên hình PL1-6. Đặc tính kỹ thuật của máy biến áp cho trong bảng PL1-8.

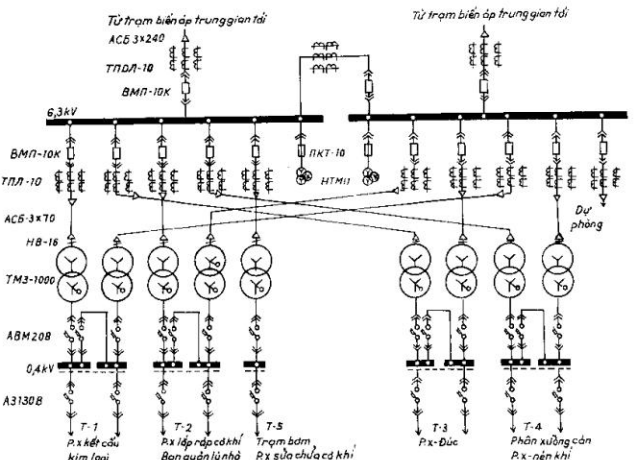


Hình PL1-4. Sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho các phân xưởng số 6, 7, 8, 9 dùng trạm biến áp hợp bộ kiểu KTП-1000.





Hình PL1-5. Sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho các phân xưởng số 1, 2, 3, 4, 9, dùng trạm biến áp hợp bộ hai máy biến áp kiểu KTП-1000.



Hình PL 1-6. Sơ đồ nguyên lý mạng điện áp cao của nhà máy.

2. Lựa chọn phương án và các thiết bị điện chủ yếu cho mạng điện áp cao của nhà máy.

**. Chọn phương án cung cấp điện :* Nhà máy sẽ phải xây dựng trạm phân phối trung gian 6,3 KV để phân phối điện cho 5 trạm biến áp phân xưởng. Các thiết bị đóng cắt và bảo vệ đặt tập trung tại trạm phân phối trung gian này. Tại trạm phân phối trung gian có bố trí người trực để theo dõi và điều khiển chung mạng điện áp cao của nhà máy.

Do khoảng cách giữa trạm phân phối tới các trạm biến áp phân xưởng ngắn nên ở trạm phân xưởng không cần bố trí thiết bị bảo vệ cũng như người trực. Nhà máy thuộc hộ tiêu thụ loại II. Để đảm bảo an toàn cung cấp điện có thể dùng hai đường dây cung cấp cho các trạm biến áp phân xưởng đặt hai máy biến áp. Trạm phân phối trung gian cũng được nhận điện từ hệ thống về bằng hai đường dây. Sơ đồ nối dây mạng điện áp cao của nhà máy được thực hiện theo sơ đồ hình tia. Phương án cung cấp điện cho nhà máy được nêu trên hình PL1-6.

a) Chọn các thiết bị phân phối điện 6KV. Chọn máy cắt điện và tủ phân phối 6KV. Máy cắt điện được chọn theo điều kiện.

$U_{đmm.c} \geq U_{đm.mạng}$; $I_{đmm.c} \geq I_{lvmax}$; $I_{đmcắt} \geq I''$; $S_{đmcắt} \geq S_N$; $i_{ôđđ} \geq i_{xt}$;

$$I_{ôđn} \geq I_\infty \sqrt{\frac{tgt}{t_{đmôđnh}}}$$

– Chọn máy cắt điện đầu vào trạm phân phối trung gian. Việc chọn máy cắt điện đặt ở đầu vào trạm phân phối 6,3 KV phải đảm bảo sao cho khi nhà máy mở rộng thêm có khả năng tận dụng được hết dung lượng dư thừa của các trạm biến áp. Dùng 2 cáp cung cấp cho 2 phân đoạn thanh cái.

$$S'_{đmB\Sigma} = 7290KVA$$

$$I_{lvmax} = \frac{S'_{đmB\Sigma}}{2 \cdot \sqrt{3}\ U} = \frac{7290}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 351,6A$$

– Chọn máy cắt điện ở các đường dây ra từ trạm phân phối 6,3 KV để cung cấp điện cho các máy biến áp. Các máy biến áp trong nhà máy được chọn cùng một loại.

$$S'_{đmB} = 810KVA$$

$$I_{lvmax} = \frac{1,3S_{đmB}}{\sqrt{3}\ U} = \frac{1,3 \cdot 810}{\sqrt{3} \cdot 6} = 100A.$$

Ở đây chọn các tủ phân phối hợp bộ 6KV kiểu KPY2-10 trong đó có đặt sẵn các máy cắt, dao cách ly kiểu kéo, bộ phận truyền động, máy biến dòng điện...

Các thông số của tủ phân phối KPY2-10 cho trong bảng PL1-9.

Bảng PL1-9. Đặc tính kỹ thuật của tủ phân phối KPY2-10

$U_{đm}$, KV	$I_{đm}$, A	$I_{đm}$ thanh cái A	Số và tiết diện cáp nối, mm^2	$I_{đm}$ cắt KA	$I_{ođ}$, KA	Kiểu máy cắt	Kiểu truyền động	Kích thước, mm			Giá $\times 10^3$
								Rộng	Dài	Cao	
6	600	2000	5(3 × 240)	20	52	BMП –10K	ПП-10	900	1664	2350	19

b) Chọn cáp cao áp.

Cáp điện áp cao được chọn theo điều kiện

$$U_{đmC} \geq U_{đm\ mạng};$$

$$I_{cp} \geq I_{lvmax};$$

$$F = \frac{I_{lvmax}}{j_{kt}};$$

trong đó :$U_{đmC}$, $U_{đmmạng}$ – điện áp định mức của cáp và của mạng điện; KV;

I_{cp}, I_{lvmax} – dòng điện lâu dài cho phép và dòng điện làm việc lớn nhất của cáp, A.

J_{kt} – mật độ dòng điện kinh tế, A/mm^2 nhà máy làm việc 3 ca, T_{max} = 5000h, dùng cáp lõi nhôm, chọn.

$$j_{kt} = 1,4.$$

Do đặt cáp ở môi trường khác với môi trường chuẩn khi chế tạo nên cần phải hiệu chỉnh dòng điện làm việc lâu dài cho phép của cáp theo nhiệt độ.

$$I'_{cp} = k_1 \cdot k_2\ I_{cp}$$

trong đó : k_1 – hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ với cáp chôn trong đất, nhiệt độ của môi trường $\theta_{mt} = 15^oC$, nên $k_1 = 1$.

k_2 – số cáp đặt song song trong đất, khi có 2 cáp đặt song song $k_2 = 0,9$; khi có 1 cáp $k_2 = 1$.

Ngoài ra phải kiểm tra ổn định nhiệt của cáp đối với dòng ngắn mạch. Thiết diện tối thiểu của cáp đảm bảo được ổn định nhiệt.

$$F_{min} = \alpha I_\infty \sqrt{t}$$

trong đó : α – hệ số xác định bởi nhiệt độ phát nóng giới hạn cho phép của cáp với cáp lõi nhôm $\alpha = 12$;

I_∞ – trị số hiệu dụng của dòng ngắn mạch ở chế độ xác lập;

t – thời gian tồn tại dòng ngắn mạch chạy qua cáp. Trị số của t tra theo đồ thị

$t = f(\beta'')$; $\beta'' = \dfrac{I''}{I_\infty}$

Trong đó I" dòng điện ngắn mạch siêu quá độ.

– Chọn cáp đầu vào trạm phân phối trung gian.

$$I_{lvmax} = \frac{S'_{dmB\Sigma}}{2\sqrt{3}\ U} = \frac{7290}{2\sqrt{3}\ .\ 6} = 351,6A$$

$$F = \frac{I_{lvmax}}{J_{Kt}} = \frac{351,6}{1,4} = 244mm^2$$

chọn cáp có thiết diện tiêu chuẩn : $F = 240mm^2$

có $I_{cp} = 390A$

$$I'_{cp} = k_1 \,.\, k_2 \,.\, I_{cp} = 1 \,.\, 0,9 \,.\, 390 = 351\ A$$

chọn cáp ACБ– 3.240 – 6 KV

– Chọn cáp nối từ trạm phân phối trung gian tới máy biến áp phân xưởng :

$$I_{lvmax} = \frac{k_{qt} \,.\, S'_{dmB\Sigma}}{\sqrt{3}\ U} = \frac{1.3 \,.\, 810}{\sqrt{3}\ .\ 6} = 100A$$

$$F = \frac{100}{1,4} = 71mm^2$$

Bảng PL1-10. Đặc tính kỹ thuật của đường cáp 6KV

Tên đường dây	I_{lv}, A	I'_{cp}, A	Mã cáp	Thiết diện, mm^2	Chiều dài, m	Giá tiền 10^3đ
Trạm khu vực – Trạm phân phối	2.351,6	2.351	AC б	2(3 . 240)	1000	78,6
Trạm phân phối – T1	2.100	2.171	AC б	2(3 . 70)	2.100	
Trạm phân phối – T2	2.100	2.171	AC б	2(3 . 70)	2.120	
Trạm phân phối – T3	2.100	2.171	AC б	2(3 . 70)	2.150	20,4
Trạm phân phối – T4	2.100	2.171	AC б	2(3 . 70)	2.230	
Trạm phân phối – T5	100	171	AC б	(3 . 70)	250	

Chọn cáp có thiết diện tiêu chuẩn F = 70 mm^2

có I_{cp} = 190 A

$I'_{cp} = k_1 . k_2 I_{cp} = 1 . 0,9 . 190 = 171$ A

Chọn cáp АСБ– 3 . 70 – 6 KV

3. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của phương án cung cấp điện của mạng điện áp cao của nhà máy.

a) Tính toán vốn đầu tư : Vốn đầu tư tính được cho trong bảng PL1-11.

Bảng PL1-11. Bảng tổng kết vốn đầu tư.

TT	Tên thiết bị	Số lượng	Giá đơn vị $\times 10^3$đ	Thành phẩm $\times 10^3$đ
1	Tủ phân phối 6KV КРУ2-10	13	19	247
2	Tủ máy biến điện áp НТМИ-6	2	11	22
3	Trạm máy biến áp 6/0,4 KV, một máy	1	100	100
4	Trạm máy biến áp 6/0,4 KV, 2 máy	4	211	844
5	Cáp 6KV АСБ(3.240)	2 km	39,3	78,6
6	Cáp 6KV АСБ(3.70)	1,25 km	16,3	20,4
	Tổng cộng			1312,0

b) Tính toán chi phí vận hành hàng năm và tổn thất điện áp.

– Tổn thất điện năng trên đường dây được xác định theo công thức :

$$\Delta A_{dd} = \frac{S^2}{U^2} . R . \tau = \frac{S^2}{U^2} . r_o l \tau$$

trong đó : S - công suất tính toán chạy trên đường dây, KVA.

U - điện áp định mức của mạng, KV.

r_o - điện trở của 1 km đường dây, Ω/km

l - chiều dài đường dây, km.

τ - thời gian tổn thất công suất lớn nhất, h.

với T_{max} = 5000 h, cosφ = 0,7, τ = 3000 h

– Tổn thất điện áp trên đường dây được xác định theo công thức :

$$\Delta U\% = \frac{PR + QX}{U^2} . 100$$

Các số liệu tính toán tổn thất của đường dây cho trong bảng PL1-12.

– Tổn thất điện năng trong máy biến áp được xác định theo công thức :

$$\Delta A_B = n . \Delta P_o . t + \frac{1}{n} . \left(\frac{S_{tt}}{S_{dmB}}\right)^2 . \Delta P_N . \tau$$

Bảng PL1-12. Tổn thất điện năng và điện áp trên đường dây.

Tên đường dây	Công suất tính toán, KVA	Mã và thiết diện dây, mm^2	r_o, Ω/km	x_o, Ω/km	l, km	ΔA KWh	ΔU%
Trạm khu vực							
Trạm phân phối	5390	2ACĐ(3.240)	0,129	0,071	1,000	156150	2,96
Trạm phân phối T-1	1580	2ACĐ(3.70)	0,443	0,08	0,100	4560	0,09
Trạm phân phối T-2	1490	2ACĐ(3.70)	0,443	0,08	0,020	810	0,003
Trạm phân phối T-3	1330	2ACĐ(3.70)	0,443	0,08	0,150	4860	0,1
Trạm phân phối T-4	1631	2ACĐ(3.70)	0,443	0,08	0,230	11100	0,21
Trạm phân phối T-5	751	AX (3.70)	0,443	0,08	0,250	5170	0,1
Tổng cộng						182790	3,17

trong đó : n - số máy biến áp vận hành song song trong trạm;

ΔP_o, ΔP_N - tổn thất không tải và tổn thất ngắn mạch định mức, KW;

t, τ - thời gian đóng máy biến áp và thời gian tổn thất công suất lớn nhất, h;

S_{tt}, S_{dmB} - công suất tính toán và công suất định mức của máy biến áp, KVA;

t = 8760 h, τ = 3000 h.

Các số liệu tính toán được cho trong bảng PL1-13.

Bảng PL1-13. Tổn thất điện năng trong máy biến áp.

Tên trạm	Công suất tính toán, KVA	Số lượng và công suất máy biến áp KVA	Tổn thất trong máy biến áp KW		Tổn thất điện năng, ΔA_B KWh
			ΔP_o	ΔP_N	
T-1	1580	2 × 1000	2,3	12,2	85980
T-2	1490	2 × 1000	2,3	12,2	80922
T-3	1330	2 × 1000	2,3	12,2	72668
T-4	1631	2 × 1000	2,3	12,2	88920
T-5	751	1000	2,3	12,2	40735
Tổng cộng					369225

Tổn thất điện năng hàng năm trong toàn nhà máy.

$$\Delta A = \Delta A_{dd} + \Delta A_B$$

$$= 182790 + 369225 = 552015 \text{ KWh}$$

chi phí do tổn thất điện năng hàng năm.

$$C = \Delta A \cdot \beta = 552015 \cdot 0,1 = 55201,5 \text{ đ};$$

Trong đó β = 0,1 đ/KWh – giá tiền điện

Tổn thất điện áp cực đại trong lưới điện cao áp :

$$\Delta U_{max} = 2,96 + 0,21 = 3,17\% < \Delta U_{cp} = 5\%.$$

Chi phí vận hành hàng năm của mạng điện áp cao được xác định theo :

$$Z = (a_{vh} + a_{tc}) . K + C$$

trong đó : a_{vh}, a_{tc} - các hệ số khấu hao do vận hành và hệ số thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn.

$a_{vh} = 0,1$; $a_{tc} = 0,125$

K - tổng số vốn đầu tư cho mạng điện :

$$Z = (0,1 + 0,125) . 1312 . 10^3 + 55,2 . 10^3$$

$$= (295,3 + 55,2) . 10^3 = 350,5 . 10^3 \text{ đ}$$

4. Thiết kế mạng điện của phân xưởng sửa chữa cơ khí.

1. Chọn phương án cung cấp điện cho phân xưởng.

Các thiết bị điện trong phân xưởng phần lớn là các máy cắt gọt kim loại, công suất loại vừa và nhỏ, không có các máy móc quan trọng, yêu cầu cung cấp điện không cao lắm, nên ở đây chọn phương án cung cấp điện theo kiểu hỗn hợp cả mạng hình tia lẫn mạng phân nhánh. Sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho phân xưởng cho trên hình PL1-7. Sơ đồ đi dây trong phân xưởng cho trên hình PL1-8.

2. Lựa chọn các thiết bị điện và dây dẫn cho mạng điện phân xưởng.

a) Chọn tủ động lực và tủ phân phối điện áp thấp cho phân xưởng. Chọn tủ động lực căn cứ vào điện áp, dòng điện, số lộ ra cũng như các thiết bị đóng cắt và bảo vệ đặt sẵn trong tủ. Để phân phối điện cho 5 nhóm máy trong phân xưởng dùng 5 tủ động lực loại CII62 - 5/II có 8 lộ ra (8.60A). Lộ vào có cầu dao loại P-400 và cầu chì loại ΠH-2 để bảo vệ. Các lộ ra có cầu chì loại ΠH-2. Sơ đồ nguyên lý của tủ động lực cho ở hình PL1-7.

Để cung cấp điện cho 5 tủ động lực dùng tủ phân phối hạ áp loại ш059-13 có 6 lộ ra (6 . 100A) có thiết bị đóng cắt và bảo vệ áptômát loại A.3120.

b) Chọn dây dẫn và dây chảy của cầu chì bảo vệ cho các máy và các nhóm máy.

1. Chọn dây dẫn.

Dây dẫn cung cấp trong mạng điện áp thấp của phân xưởng chọn theo điều kiện phát nóng (dòng điện làm việc lâu dài cho phép). Vì khoảng cách từ tủ động lực tới các thiết bị cũng như khoảng cách từ tủ phân phối hạ áp tới các tủ động lực ngắn, thời gian làm việc của các máy công cụ ít, nếu chọn theo mật độ dòng điện kinh tế sẽ gây lãng phí kim loại màu nên dây dẫn chỉ cần chọn theo điều kiện phát nóng là đủ.

Điều kiện chọn dây dẫn :

$$I_{lvmax} \le k_1 k_2 k_3 I_{cp}$$

trong đó : I_{lvmax} - dòng điện làm việc lớn nhất, A; Đối với các dây dẫn cung cấp cho từng máy riêng lẻ dòng I_{lvmax} lấy bằng $I_{đm}$. Đối với dây dẫn cung cấp cho từng nhóm máy lấy I_{lvmax} bằng I_{tt} của nhóm

I_{cp} – Dòng điện làm việc lâu dài cho phép của cáp hoặc dây dẫn, A;

k_1, k_2, k_3 – hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ của môi trường, nhiệt độ của đất khác với nhiệt độ tiêu chuẩn khi chế tạo dây dẫn hoặc cáp và số lượng cáp hoặc dây dẫn chạy song song trong cùng một rãnh hoặc trong cùng một ống thép.

Khi chọn dây dẫn theo điều kiện trên phải kiểm tra tổn thất điện áp trong điều kiện nặng nề, nhất là khi có động cơ công suất lớn khởi động.

Để đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt phải xét kết hợp với cầu chì hoặc áptômát bảo vệ đường dây.

Dây dẫn từ tủ động lực tới các máy chọn loại dây bọc cách điện lõi nhôm có mã hiệu АПРТО, dây điện đặt trong ống thép chôn ngầm dưới đất.

Mã hiệu, thiết diện dây dẫn cung cấp cho mạng điện phân xưởng sửa chữa có khí chọn được cho trong bảng PL1-14.

2. Chọn dây chảy của cầu chì.

Dây chảy của cầu chì bảo vệ riêng rẽ cho từng máy tính theo công thức :

$$I_{dmdc} \geq \frac{I_{kd}}{1,6 \div 2,5}$$

trong đó I_{dmdc} – dòng định mức của dây chảy, A;

I_{kd} – dòng điện làm việc ở chế độ làm việc nặng nề nhất (dòng khởi động của động cơ). Dây chảy của cầu chì bảo vệ chung cho một vài máy được tính theo công thức :

$$I_{dmdc} \geq \frac{\sum_{i=1}^{n-1} I_{dmi} + I_{kd} \cdot I_{dmmax}}{1,6 \div 2,5}$$

Trong đó $\sum_{i=1}^{n-1} I_{dmi}$ – tổng dòng điện định mức của các máy trừ máy có dòng điện định mức lớn nhất;

I_{dmmax} – dòng điện định mức của máy, có công suất lớn nhất.

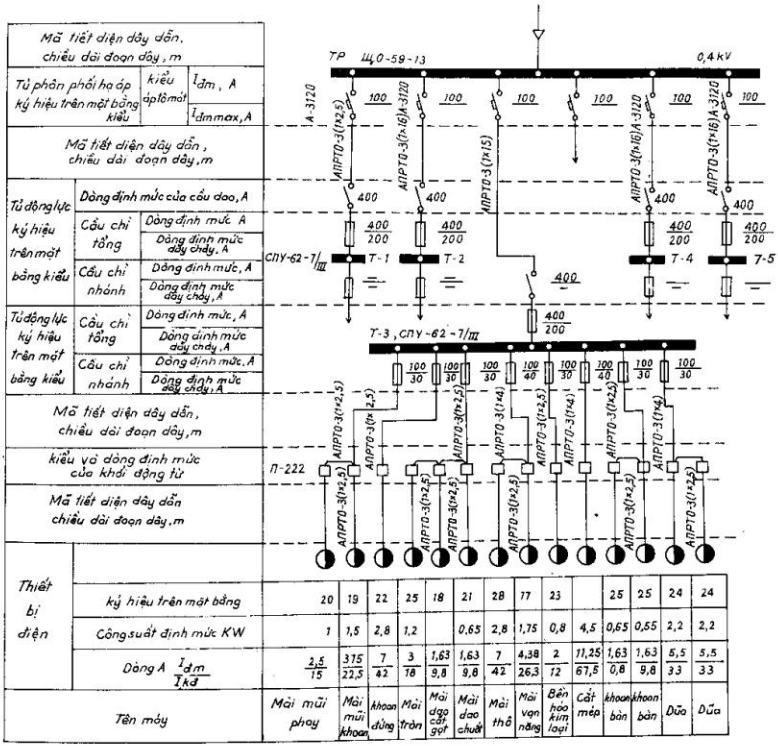
K_{kd} – hệ số khởi động của động cơ.

Dây chảy của cầu chì bảo vệ chung cho cả nhóm thiết bị, ngoài điều kiện chọn như trên cần kiểm tra thêm điều kiện :

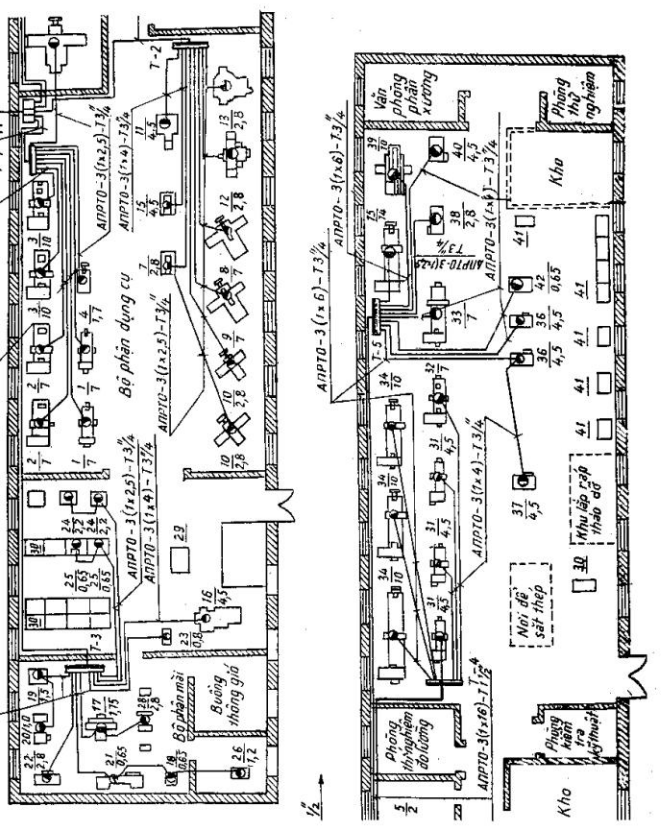
$$I_{dmdc} \geq I_{ttnh},$$

trong đó I_{ttnh} – dòng điện tính toán của cả nhóm máy.

Mã hiệu cầu chì và dòng điện định mức của dây chảy đặt trong các tủ động lực cung cấp cho các máy trong lưới điện phân xưởng sửa chữa có khí cho trong bảng PL1-14.



Hình PL1-7. Sơ đồ nguyên lý mạng điện phân xưởng cơ khí sửa chữa.



Hình PL1-8. Mặt bằng và sơ đồ đi dây của mạng điện phân xưởng cơ khí sửa chữa.

Bảng PL1-14. Bảng lựa chọn dây dẫn và cầu chì

Tên máy	Phụ tải		Dây dẫn			Cầu chì	
	P_{tt}, KW	I_{tt}, A	mã hiệu	thiết diện mm^2	đường kính ống thép	mã hiệu	$\frac{I_{vỏ}}{I_{dc}}$, A
1	2	3	4	5	6	7	8
Nhóm 1							
Máy tiện ren	7	17,5	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/60
Máy tiện ren	10	25,0	АПРТО	6	3/4"	ПН-2	100/80
Máy tiện ren cấp chính xác cao	1,7	4,25	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy doa tạo độ	2	5,0	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Tủ động lực T-1	22,8	57,6	АПРТО	16	1/2"	ПН-2	400/200
Nhóm 2							
Máy sọc	2,8	7,0	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy phay vạn năng	7	17,5	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/60
Máy phay ngang	7	17,5	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/60
Máy phay đứng	2,8	7,0	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy mài trong	4,5	11,25	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/40
Máy mài phẳng	2,8	7,0	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy mài tròn	2,8	7,05	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy khoan đứng	4,5	11,25	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/40
Tủ động lực T-2	13,75	34,7	АПРТО	16	1/2"	ПН-2	400/200
Nhóm 3							
Máy khoan đứng	2,8	7	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy cắt mép	4,5	11,25	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/40
Máy mài vạn năng	1,75	4,38	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/40
Máy mài thô	2,8	7	АПРТО	2,5	3/4"		

1	2	3	4	5	6	7	8
Máy mài dao chuốt	0,65	1,63	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy mài dao cắt gọt	0,65	1,65					
Máy mài tròn	1,2	3					
Máy mài mũi phay	1,5	3,7	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy mài sắc mũi	1,0	2,5					
Máy khoan bàn	2 × 0,65	2 × 1,65	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy dũa	2 × 2,2	2 × 5,5	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/30
Thiết bị bền hóa kim loại	0,8	2	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Tủ động lực T-3	8,08	20,4	АПРТО	16	1/2"	ПН-2	400/200
Nhóm 4							
Máy tiện ren	4,5	11,25	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/40
Máy tiện ren	7	17,5	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/60
Máy tiện ren	10	25,0	АПРТО	6	3/4"	ПН-2	100/80
Tủ động lực T-4	21,3	53,2	АПРТО	16	1/2"	ПН-2	400/200
Nhóm 5							
Máy khoan đứng	4,5	11,25	АПРТО	6	3/4"	ПН-2	100/50
Máy khoan hướng tâm	4,5	11,25	АПРТО	4	3/4"		
Máy khoan đứng	4,5	11,25	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/40
Máy khoan bàn	0,65	1,65	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/40
Máy tiện ren	7	17,5	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/60
Máy bào ngang	2,8	7,0	АПРТО	2,5	3/4"	ПН-2	100/30
Máy mài phá	4,5	11,25	АПРТО	4	3/4"	ПН-2	100/40
Máy bào ngang	10	25	АПРТО	6	3/4"	ПН-2	100/30
Máy tiện ren	14	35,0	АПРТО	6	3/4"	ПН-2	100/100
Tủ động lực T-5	20,8	52,5	АПРТО	16	1/2"	ПН-2	400/200

PHỤ LỤC 2

Bao gồm :

1. Một số thông số phục vụ cho tính toán cung cấp điện.

- Các hệ số tính toán của các nhóm thiết bị điện (bảng 2-1).

- Các giá trị trung bình k_{sd} và cosφ của các hộ tiêu thụ điện (bảng 2-2).

- Giá trị trung bình của các hệ số k_{nc}, cosφ và T_{max} của một số xí nghiệp (bảng 2-3).

- Suất phụ tải của một số phân xưởng (bảng 2-4).

- Suất phụ tải chiếu sáng của một số phân xưởng (bảng 2.5).

2. Một số thiết bị và khí cụ điện do Nga (Liên Xô cũ) và Việt Nam chế tạo.

- Thiết bị phân phối điện áp cao đặt trong nhà, một thanh cái loại KCO-3 và KCO-2YM (bảng 2-6a và 2.6b).

- Thiết bị phân phối điện áp thấp (bảng 2-7).

- Tủ phân phối điện áp thấp loại ПР - 9000, áptômát đường dây kiểu A3 120, A3 130 (bảng 2-8).

- Tủ phân phối động lực loại СП-58 (bảng 2-9)

- Tủ phân phối động lực loại СП-62 và СПУ-62 (bảng 2-10).

- Máy biến áp 3 pha hai cuộn dây do Liên Xô chế tạo (bảng 2-11).

- Máy biến áp 3 pha ba cuộn dây làm mát bằng dầu do Liên Xô chế tạo (bảng 2-12).

- Máy biến áp 3 pha ba cuộn dây có tự động điều chỉnh điện áp do Liên Xô chế tạo (bảng 2-13).

- Máy biến áp 3 pha hai cuộn dây do Việt Nam chế tạo (bảng 2-14).

- Máy biến điện áp do Liên Xô chế tạo (bảng 2-15).

- Máy biến dòng điện do Liên Xô chế tạo (bảng 2-16).

- Máy biến dòng điện kiểu cấp ТНП do Liên Xô chế tạo (bảng 2-17).

- Tham số kỹ thuật của các loại máy cắt do Liên Xô chế tạo (bảng 2-18).

- Tham số kỹ thuật của các loại cơ cấu truyền động điện từ (bảng 2-19).

- Tham số của các cuộn dây đặt trong cơ cấu truyền động (bảng 2-20).

- Tham số kỹ thuật của các máy cắt phụ tải ВН-16 do Liên Xô chế tạo (bảng 2-21).

- Tham số kỹ thuật của các máy cắt phụ tải ВНП-16 và ВНП-17 do Liên Xô chế tạo (bảng 2-22).

- Tham số kỹ thuật của dao cách ly điện áp cao đặt trong nhà do Liên Xô chế tạo (bảng 2-23).

- Tham số kỹ thuật của dao cách ly điện áp cao đặt ngoài trời do Liên Xô chế tạo (bảng 2-24).

- Tham số kỹ thuật của sứ đỡ đặt trong nhà do Liên Xô chế tạo (bảng 2-25).

- Tham số kỹ thuật của sứ đỡ và sứ đứng đặt ngoài trời do Liên Xô chế tạo (bảng 2-26).

- Tham số kỹ thuật của áptômát kiểu AB do Liên Xô chế tạo (bảng 2-27).

– Số liệu kỹ thuật của áptômát kiểu АП-25 do Liên Xô chế tạo (bảng 2-28).

–Số liệu kỹ thuật của áptômát kiểu A3100 do Liên Xô chế tạo (bảng 2-29).

– Số liệu kỹ thuật kiểu cầu chì điện áp cao loại ГК, ПКН, ПКЭ đặt trong nhà do Liên Xô chế tạo (bảng 2-30).

– Số liệu kỹ thuật của cầu chì điệp áp thấp kiểu ống ГР-2 do Liên Xô chế tạo (bảng 2-31).

– Số liệu kỹ thuật của cầu chì điện áp thấp kiểu ống ПР-2 do Liên Xô chế tạo (bảng 2-31).

– Số liệu kỹ thuật của cầu chì điện áp thấp kiểu ПН-2 và НПН do Liên Xô chế tạo (bảng 2-32).

– Điện trở và điện kháng của dây đồng trần (bảng 2-33).

– Điện trở và điện kháng của dây nhôm trần (bảng 2-34).

– Điện trở và điện kháng của dây nhôm lõi thép (bảng 2-35).

– Điện trở và điện kháng của dây dẫn và cáp có lõi đồng và nhôm điện áp đến 500V, Ω/km (bảng 2-36).

– Điện kháng của cáp điện ba lõi, dây dẫn có bọc cách điện, mắc trên sứ hoặc puli, Ωkm (bảng 2-37).

– Điện kháng ngoài $x_o^{'}$ của dây thép mắc trên không, Ω/km (bảng 2-38).

– Điện trở và điện kháng trong $x_o^{''}$ của dây thép mắc trên không, Ω/km (bảng 2-39).

– Điện trở và điện kháng của thanh cái phẳng (bảng 2-40).

– Điện trở và điện kháng của máy biến áp hạ áp, công suất dưới 1000KVA (bảng 2-41).

– Điện trở và điện kháng của cuộn dây bảo vệ quá dòng điện của áptômát, mΩ (bảng 2-42).

– Điện trở tiếp xúc của cầu dao và áptômát, mΩ (bảng 2-43).

– Điện trở và điện kháng cuộn dây sơ cấp của các máy biến dòng điện kiểu ТКФ (bảng 2-44).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây đồng, cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp (bảng 2-45).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây nhôm cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp (bảng 2-46).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây đồng cách điện bằng cao su, vỏ bảo vệ bằng kim loại và của cáp đồng cách điện bằng cao su, vỏ bằng chì, nhựa tổng hợp và cao su không cháy, bọc sắt hoặc không bọc sắt (bảng 2-47).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp nhôm, cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp, vỏ bằng cao su không cháy, bọc sắt hoặc không bọc sắt (bảng 2-48).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp đồng cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm đặt trong đất (bảng 2-49).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì, đặt trong nước (bảng 2-50).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm đặt trong không khí (bảng 2-51).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp nhôm cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm đặt trong đất (bảng 2.52)

– Dòng điện lâu dài cho phép của cáp nhôm cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì, đặt trong nước (bảng 2-53).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp nhôm, cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm, đặt trong không khí (bảng 2-54).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây đồng, dây nhôm, dây nhôm lõi thép không có cách điện (nhiệt độ lớn nhất cho phép là 70°C) do Liên Xô sản xuất (bảng 2-55).

– Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của thanh cái bằng đồng và bằng nhôm (nhiệt độ tiêu chuẩn của môi trường xung quanh là + 25°C) (bảng 2-56).

– Hệ số hiệu chỉnh k_1 về nhiệt độ của môi trường xung quanh đối với phụ tải của cáp, dây dẫn cách điện và không cách điện (bảng 2-57).

– Hệ số hiệu chỉnh k_2 về số dây cáp cùng đặt trong một hầm cáp hoặc một rãnh dưới đất (bảng 2-58).

– Đặc tính cấu tạo và phạm vi ứng dụng của cáp cách điện bằng cao su, điện áp 0,5 – 6 KV do Liên Xô chế tạo (bảng 2-59).

– Đặc tính cấu tạo và phạm vi ứng dụng của cáp ruột bằng đồng hoặc nhôm, điện áp 1 – 35 KV, do Liên Xô chế tạo (bảng 2-60).

– Số liệu kỹ thuật của rơ le dòng điện do Liên Xô chế tạo (bảng 2-61).

– Số liệu kỹ thuật của rơ le điện áp do Liên Xô chế tạo (bảng 2-62).

– Số liệu kỹ thuật của rơ le thời gian do Liên Xô chế tạo (bảng 2-63).

– Số liệu kỹ thuật của rơ le trung gian do Liên Xô chế tạo (bảng 2-64).

– Điện trở suất của đất:ρ đất (bảng 2-65).

– Hệ số hiệu chỉnh điện trở suất của đất k_{max} (bảng 2-66).

– Kích thước tối thiểu của các cọc và thanh nối đất bằng thép (bảng 2-67).

– Số liệu kỹ thuật của các loại tụ điện do Liên Xô chế tạo (bảng 2-68).

– Hệ số sử dụng của một số loại đèn k_{sd} (bảng 2-69).

– Trị số ξ, ρ và ρ^3 dùng để tính chiếu sáng đèn pha (bảng 2-70).

– Đặc tính tụ bù hạ thế do xí nghiệp Liên doanh VELFA - Việt Nam - Ý TP. Hồ Chí Minh sản xuất (bảng 2-71).

– Bảng tính công suất tụ bù (bảng 2-72).

3. Một số thông số và đặc tính kỹ thuật của thiết bị và khí cụ điện do các nước Tây Âu sản xuất dùng trong cung cấp điện.

1. Máy biến áp có công suất từ 200 đến 2500KVA do hãng AEG sản xuất theo DIN IEC 14-39/VDE.0532. (bảng 3.1), với điện áp sơ cấp cực đại đối với trang thiết bị là 12 hay 24 KV, điện áp thứ cấp là 0,4 KV.

2. Máy cắt điện áp cao có kim loại bao quanh SF6. điện áp 72,5KV đến 420 KV (bảng 3.2) do AEG sản xuất.

3. Máy cắt điện được treo trên cột kiểu SF6-PMR3 (bảng 3.3) do hãng Hawker Siddeley - Anh quốc sản xuất.

4. Máy cắt điện chân không kiểu VMH do hãng Hawker Siddely – Anh quốc sản xuất – theo dạng tủ. (bảng 3.4).

5. Máy cắt phụ tải dạng treo trên cột kiểu NPS, dòng điện từ 400A - 630A điện áp đến 52KV do hãng ABB sản xuất và chào hàng (bảng 3.5).

6. Máy cắt trung thế (điện áp 12 – 24KV) đặt trong tủ kéo loại MH do hãng ABB sản xuất và chào hàng (bảng 3.6).

7. Tủ cầu dao điện áp thấp – từ 800A – 4000A. với điện áp định mức 380V, 500V, 690V, 1000V, kiểu MD do hãng ABB sản xuất và chào hàng (bảng 3-7).

8. Áptômát hạ áp ngắt mạch trong không khí loại AE.SS của hãng Mitsubishi – Nhật chào hàng năm 1993. (các bảng 3-8).

9. Áptômát hạ áp kiểu MCCBs và ELCBs của hãng Mitsubishi chào hàng vào năm 1993 (bảng 3-9).

10. Áptômát hạ áp kiểu "OPTIMAL 25-GK2-CF06 của Pháp, chào hàng năm 1988 (bảng 3-10); AMT200 – và DITA 1000 (bảng 3-10).

11. Côngtắctơ và khởi động từ loại SK và MSO-K và MSO-2xK của hãng Mitsubishi (bảng 3-11).

12. Côngtắctơ của Pháp và một số nước Tây Âu.

- Loại sử dụng với dòng điện xoay chiều AC1, AC3, AC4, AC2.

- Loại sử dụng đối với động cơ một chiều DC1, DC2, DC3, DC4, DC5.

13. Khởi động từ của Pháp và một số nước Tây Âu sản xuất.

14. Hợp kim làm dây chảy với điểm nóng chảy thấp.

15. Thời gian nóng chảy của cầu chì loại nhanh và loại chậm có công suất cắt lớn.

16. Số liệu kỹ thuật của dây chảy chì tròn.

17. Kích thước lá kẽm đường làm dây chảy.

18. Một số loại cầu chì có dung lượng cắt bé, cầu chì nóng chảy phích cắm, cầu thì loại tác động nhanh, cầu chì có công suất lớn do các nước Tây Âu sản xuất.

Bảng 2-1. Các hệ số tính toán của các nhóm thiết bị điện.

Tên thiết bị	Hệ số		
	k_{sd}	Cosφ	k_{nc}
1	2	3	4
A. Xí nghiệp liên hợp làm giàu quặng và xưởng đóng bánh			
Bơm, quạt gió, máy nén khí, máy thổi, khí, máy hút khí			
Bơm nước	0,7 – 0,8	0,8 – 0,85	0,75 – 0,9
Bơm cát	0,9	0,8	0,91
Bơm chân không	0,95	0,85	0,95
Quạt gió	0,6 - 0,8	0,75 - 0,85	–
Quạt áp suất cao cho xưởng đóng bánh	0,75	0,85	–

1	2	3	4
Quạt gió của máy nghiền	0,4 – 0,5	0,7 – 0,75	–
Máy hút gió của thiết bị đóng bánh	0,5 – 6,6	0,6 – 6,7	0,6 – 0,7
Máy dập, máy nghiền			
Máy dập búa	0,8	0,85	–
Máy dập nón	0,6 – 0,7	0,75 – 0,8	–
Máy dập bốn trục	0,9	0,9	–
Máy nghiền bi	0,8	0,8	–
Máy nghiền thanh	0,7	0,75	–
Máy sàng	0,5 – 0,6	0,6 – 0,7	–
Máy vận chuyển liên tục			
Băng tải công suất trên 170 KW	0,5 – 0,6	0,7 – 0,8	–
Băng tải công suất dưới 170 KW	0,5 – ,0,6	0,65 – 0,75	–
Băng tải dưới 10 KW	0,4 – 0,5	0,6 – 0,7	–
Băng tải trên 10 KW	0,55 – 0,76	0,7 – 0,8	–
Băng tải cho máy dập loại lớn	0,5 - 0,65	0,6 - 0,85	–
Gầu nâng, máy vận chuyển xoắn ốc	0,6	0,7	–
Máy lọc và làm giàu quặng			
Máy cô đặc	0,7	0,8	–
Máy trộn hình trống	0,6 – 0,7	0,8	–
Máy làm nguội	0,7	0,85	–
Máy làm khô kiểu trống và kiểu phân ly	0,6	0,7	–
Máy phân loại hình xoắn ốc	0,65	0,8	–
Máy tuyển nổi	0,9	0,8	–
Máy lọc điện	0,4	0,87	–
Máy phân ly từ	0,4	–	–
Động cơ – máy phát	0,7	0,8	–
Máy lọc chân không	0,3	0,4	–
Cần trục	0,2	0,6	–
Quang lật	0,6	0,5	–
Xưởng cốc			
Máy vận chuyển	0,3 – 0,7	0,4 – 0,85	0,5 – 0,8
Máy vận chuyển bằng dây	0,3	0,75	0,4
Máy dập búa	0,8	0,8	0,9

1	2	3	4
Bàn phối liệu	0,25	0,5	0,35
Máy xếp đống	0,16	0,6 – 0,75	0,35
Máy tải than	0,14	0,5	0,2
Máy đẩy cốc	0,1	0,75	0,2
Toa chất liệu	0,3	0,6	0,4
Tời	0,5	0,7	0,55
B. Xí nghiệp luyện kim đen và màu			
Bơm quạt gió, máy nén khí			
Bơm nước	0,7 – 0,8	0,8 – 0,85	0,8
Bơm của phân xưởng lò máctanh	0,9	0,9	0,95
Quạt hút khói của phân xưởng lò mác tanh	0,9	0,9	0,95
Quạt của phân xưởng lò cao	0,7 – 0,95	0,7 – 0,87	–
Quạt khí cháy	0,65	0,85	–
Quạt phân xưởng cán	0,6 – 0,75	0,75 – 0,9	0,7 – 0,9
Quạt thổi cưỡng bức	0,5 – 0,7	0,7 – 0,8	0,7 – 0,8
Quạt của gian máy	0,65	0,8	–
Máy nén	0,65	0,8	0,8
Máy vận chuyển liên tục			
Băng tải	0,35	0,7	0,55
Thiết bị phụ của phân xưởng cán và các phân xưởng khác			
Băng lăn (lấy trung bình)	0,17	–	–
Máy biến tần cung cấp cho động cơ băng lăn	0,2 – 0,5	–	–
Máy dảo liệu	0,2	0,7	–
Cái manip, thiết bị nén	0,2	–	–
Máy đẩy	0,12	–	1,14
Cần đẩy các thỏi mỏng	0,32	–	–
Bàn xếp chồng	0,1	0,8	0,16
Bàn nâng	0,15	–	0,19
Động cơ đóng mở nắp	0,1	0,65	–
Dao cắt nguội	0,45	0,65	0,5
Cưa và dao cắt nóng	0,15	0,9	–
Dao của máy cán thô	0,25	0,5	–

1	2	3	4
Vận chuyển của dao cắt	0,25	0,9	–
Máy cắt phần nguội	0,3	0,5	–
Quay và chuyển dịch lưỡi cưa cắt nóng	0,5		0,5
Đường dẫn và máy nén của hộp cán bóng	0,01	0,75	–
Máy cuộn xoắn ốc	0,2 – 0,4		0,5
Máy kéo thép	0,25	0,7	0,35
Nắp khuôn, van, van peoxit, cửa lò van đĩa	0,1	0,6	–
Cửa lò mác tanh	0,25	0,6	–
Máy vận chuyển các phôi	0,1 – 0,22	–	–
Thiết bị quay lò đúc gang	0,03	0,7	–
Máy sàng cốc	0,12	0,5	–
Máy nghiền cát phân xưởng đúc gang	0,7	0,65	–
Những máy móc khác của phân xưởng đúc gang	0,3	0,6	–
Máy quạt của phân xưởng đúc	0,5	0,82	–
Máy lọc không khí của phân xưởng đúc gang	0,7	0,7	–
Cầu trục			
Cầu trục sân ra gang	0,35	0,7	0,5
Cầu trục bốc đất	0,35	–	–
Các cầu trục khác	0,07 – 0,15	0,6	0,11 – 0,18
Các máy nhiệt và hàn			
Lò điện trở nạp liệu liên tục	0,8	1,0	0,85
Lò điện trở nạp liệu chu kỳ	0,5 – 0,6	1,0	0,7
Lò hồ quang 3 ÷ 10 tấn, tự động điều chỉnh điện lực			
– Loại luyện thép tốt nạp liệu cơ giới hóa	0,75	0,9	–
– Loại luyện thép tốt nạp liệu không cơ giới hóa	0,6	0,87	–
– Loại đúc định hình nạp liệu cơ giới hóa	0,75	0,9	–
– Loại đúc định hình nạp liệu không cơ giới hóa	0,65	0,87	–
Lò hồ quang 0,5 ÷ 1,5 tấn, loại đúc định hình trong các phân xưởng phụ có tự động điều chỉnh điện cực	0,5	0,8	–
Lò hồ quang luyện kim loại màu 0,25 ÷ 0,5 tấn, điều chỉnh điện cực bằng tay	0,7	0,75	0,78
Lò đốt nóng quặng dùng máy biến áp ba pha 6; 7,5; 9 MVA	0,9	0,9	–
Tủ sấy	0,8	1,0	–

1	2	3	4
Thiết bị đốt nóng loại nhỏ	0,6	1,0	0,7
Máy biến áp hàn của máy hàn hồ quang	0,2	0,4	0,3
Máy biến áp hàn của máy hàn tự động	0,4	0,5	–
Máy hàn đường	0,25	0,65	–
Máy hàn điểm	0,35	0,6	–
C. Công nghiệp chế tạo và gia công kim loại			
Máy cắt gọt kim loại trong sản xuất quy mô nhỏ, làm việc ở chế độ định mức - các máy tiện loại nhỏ, máy bào dọc, máy phay, máy khoan, máy đúc kiểu đứng, máy mài, v.v...	0,12 – 0,14	0,4 – 0,05	0,14 – 0,16
Như trên, nhưng trong sản xuất quy mô lớn	0,16	0,5 – 0,6	0,2
Như trên, khi làm việc ở chế độ nặng : rơ-vonve, máy dập thô, v.v... máy phay răng, ép thủy lực và những máy tiện, bào, phay, dao cỡ lớn	0,17	0,65	0,25
Như trên, nhưng làm việc trong chế độ đặc biệt nặng như : truyền động máy búa, máy rèn, máy kéo, máy chuốt, v.v...	0,2 – 0,24	0,65	0,35 – 0,4
Dụng cụ điện cầm tay	0,06	0,5	0,1
Quạt gió, máy hút gió	0,6 – 0,65	0,8	0,65 – 0,7
Máy bơm, máy nén khí, tổ diezen, máy phát	0,7	0,85	0,75
Cầu trục với ε% = 25	0,05	0,5	0,1
Như trên với ε% = 40	0,1	0,5	0,2
Máy nâng, băng tải không có khóa liên động	0,4	0,75	0,5
Như trên, có khóa liên động	0,55	0,5	0,65
Máy biến áp hàn của máy hàn hồ quang	0,2	0,4	0,3
Tổ động cơ máy phát của máy hàn một mỏ hàn	0,3	0,6	0,35
Tổ động cơ máy phát của máy hàn nhiều mỏ hàn	0,5	0,7	0,7
Máy hàn đường	0,2 – 0,5	0,7	–
Máy hàn nối và hàn điểm	0,2 – 0,25	0,6	–
Máy hàn hồ quang tự động kiểu A4C	0,35	0,5	0,5
Lò điện trở, tủ sấy	0,75 – 0,8	0,95	0,75 – 0,9
Lò điện trở không tự động nạp các chi tiết cần nung	0,5	0,95	0,8
Lò cảm ứng tần số thấp	–	0,35	0,8
Tổ động cơ – máy phát của lò cảm ứng tần số cao	–	0,8	0,8

1	2	3	4
Đèn phát của lò cảm ứng tần số cao	–	0,65	0,8
D. Công nghiệp xây dựng			
Máy đổ bê-tông	0,15	0,6	0,2 – 0,3
Máy uốn và cắt dây thép tự động	0,15	0,6	0,2 – 0,4
Máy làm khuôn	0,15	0,6	0,2 – 0,25
Băng tải	0,15	0,5	0,17 – 0,2
Băng lăn	0,1	0,5	0,1
Băng đào đất	0,25 – 0,9	0,69 – 0,7	–
Thang điện	–	0,5 – 0,6	0,4 – 0,6
Cần trục tháp	–	0,5	0,2
Tổ động cơ máy phát của máy hàn	–	0,6	0,35
Máy biến áp hàn	0,2	0,4	0,3

Bảng 2-2. Giá trị trung bình k_{sd} và cosφ của các hộ tiêu thụ điện.

Hộ tiêu thụ	Thiết bị	k_{sd}	cosφ
1	2	3	4
Các động cơ mang tải đẩy làm việc liên tục	Quạt gió, máy bơm, máy nén khí, động cơ máy phát...	0,65	0,8
Các động cơ điện của các máy gia công kim loại	Máy vạn năng (tiện, phay bào, khoan, xọc...)	0,14	0,6
	Các máy chuyên dùng, máy tự động, máy tổ hợp	0,22 – 0,25	0,65
	Các dây chuyền tự động	0,6	0,7
Các động cơ rèn	Các máy của phân xưởng rèn (máy dập trục khuỷu máy rèn, máy rèn khuôn nóng...)	0,25 – 0,35	0,66
Các động cơ máy đúc	Phân xưởng đúc (các tang trống quay mài, máy nghiền bi...)	0,3	0,6 – 0,65
Các động cơ điện của các máy vận chuyển liên tục	Băng tải, băng năng, truyền và các máy ghép bộ với chúng	0,6	0,7
Các động cơ làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại	Cần trục, cầu trục, palăng điện trong các phân xưởng cơ khí, phân xưởng lắp ráp và các máy của phân xưởng cơ khí, phân xưởng lắp ráp và các phân xưởng tương tự	0,06	0,45
Cũng như trên	Trong các phân xưởng đúc, rèn và các phân xưởng tương tự	0,09	0,45

1	2	3	4
Các lò điện tôi bề mặt và nung cao tần	Các lò điện trở thiết bị nung nóng, tủ sấy khô làm việc chu kỳ, thùng nung nóng		
	Lò điện trở làm việc liên tục có băng tải, máy đẩy	0,7	0,95
	Lò cảm ứng tần số thấp	0,75	0,35
	Lò cao tần có động cơ máy phát	0,6	0,7
	Lò có máy phát bằng đèn	0,75	0,87
	Lò nấu chảy bằng hồ quang	0,88	0,87
Máy hàn điện	Các máy biến áp hồ quang	0,3	0,35
	Các thiết bị hàn nối, hàn đường hàn điểm, thiết bị nung tán dinh	0,35	0,55
	Các động cơ máy phát hàn một mỏ hàn	0,35	0,65
	Các động cơ máy phát hàn nhiều mỏ hàn	0,7	0,7
Chiếu sáng điện	Đèn sợi đốt	0,8 – 0,85	1,0
	Đèn huỳnh quang	0,85 – 0,9	0,95

Bảng 2-3. Giá trị trung bình của các hệ số k_{nc}, cos φ và T_{max} của một số xí nghiệp

Ngành công nghiệp	k_{nc}	cosφ	T_{max}
Nhà máy hóa chất	0,26	0,82	6200
Nhà máy gia công gỗ	0,19	0,68	2440
Nhà máy bánh mỳ	0,34	0,73	4800
Xí nghiệp đóng giày	0,43	0,75	3150
Nhà máy in	0,28	0,80	2975
Nhà máy làm lạnh	0,41	0,82	4000
Xí nghiệp thủy tinh	0,50	0,84	4200
Ngành chế tạo máy hạng nặng	0,22	0,73	3770
Nhà máy chế tạo dụng cụ	0,32	0,79	3080
Nhà máy chế tạo máy	0,23	0,68	4345
Nhà máy dụng cụ	0,22	0,69	4140
Nhà máy vòng bi	0,40	0,83	5300
Nhà máy kỹ thuật điện	0,31	0,82	4280
Nhà máy sửa chữa tự động	0,20	0,65	4370
Nhà máy sửa chữa toa xe	0,22	0,69	3560
Xí nghiệp bánh kẹo	0,33	0,75	4400
Nhà máy thiết bị nâng - vận chuyển	0,19	0,35	3330
Nhà máy ô tô máy kéo	0,22	0,79	3960

Bảng 2-4. Suất phụ tải của một số phân xưởng

Tên phân xưởng	p_o, VA/m^2
Các phân xưởng nhiệt luyện và hàn điện	300 - 600
Các phân xưởng cơ khí và lắp ráp	200 - 300
Các phân xưởng tiện, phay, dập, rèn khuôn	150 - 300
Các phân xưởng dụng cụ và đồ gá	50 - 100
Các phân xưởng dập, ép chất dẻo	100 - 200
Các phân xưởng dập, nén, ép kim loại	250 - 300
Các phân xưởng mộc, gia công gỗ	48
Các phân xưởng đúc	250 - 300
Các phân xưởng sửa chữa, tiện	80 - 100

Bảng 2-5. Suất phụ tải chiếu sáng của một số phân xưởng
(dùng đèn sợi đốt)

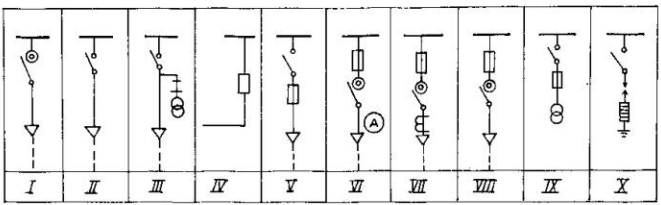
Tên phân xưởng	p_o, W/m^2
Phân xưởng cơ khí và hàn	13 - 16
Phân xưởng rèn dập và nhiệt luyện	15
Phân xưởng chế biến gỗ	14
Phân xưởng đúc	12 - 15
Phân xưởng nồi hơi	8 - 10
Trạm bơm và trạm khí nén	10 - 15
Trạm axêtilen (nhà máy)	20
Trạm axít (nhà máy)	10
Các trạm biến áp và biến đổi	12 - 15
Gara ôtô	10 - 15
Trạm cứu hỏa	10
Cửa hàng và các kho vật liệu	10
Kho vật liệu dễ cháy	16
Các đường hầm cấp nhiệt	16
Phòng thí nghiệm trung tâm của nhà máy	20
Phòng làm việc	15
Phòng điều khiển nhà máy	20
Các tòa nhà sinh hoạt của phân xưởng	10
Đất đai trống của xí nghiệp, đường đi	0,15 - 0,22
Trung tâm điều khiển nhà máy điện và trạm biến áp	25 - 30

Bảng 2-6. Thiết bị phân phối điện áp cao đặt trong nhà, một thanh cái, loại KCO-3 và KCO-2YM

Thiết bị phân phối được chế tạo thành tủ hợp bộ, có một hệ thống thanh cái, điện áp 6 - 10 KV. Vỏ tủ làm bằng các tấm thép dày 2 - 3 mm, mặt trước có lưới, bên trái là các panen đứng, trên đó đặt bộ truyền của dao cách ly, máy cắt, thiết bị bảo vệ và tín hiệu. Các tủ làm việc ở một phía.

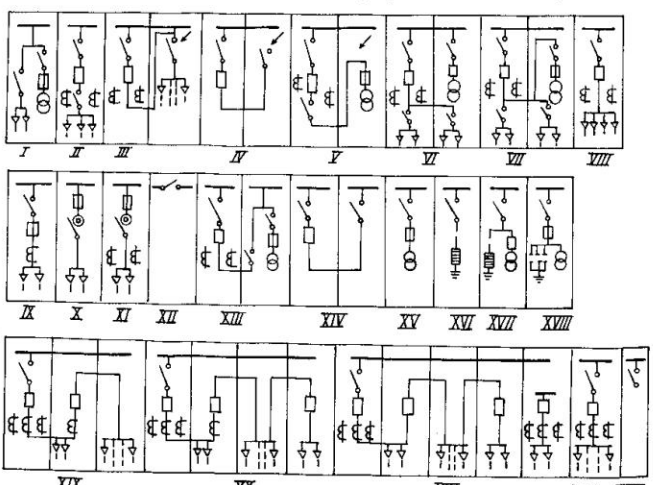
Loại KCO-3 (Hình PL-2-6a) có dòng điện định mức đến 600A. Loại này dùng cho các trạm có công suất nhỏ, và được tính toán với sơ đồ nối dây có dao cách ly và cầu chì hoặc máy cắt

phụ tải BH-16, BH-17. Loại KCO-2YM (Hình PL2-6b) có dòng điện định mức đến 1000A. Loại này dùng cho các trạm có công suất trung bình và lớn và được tính toán với sơ đồ nối dây có thiết bị đóng cắt là máy cắt ít dầu BMГ-133 hoặc máy cắt phụ tải BH-16, BH-17.



Hình PL2-6a - Sơ đồ nối dây của tủ phân phối KCO-3,

I - Đầu vào có máy cắt phụ tải; II - Đầu vào có dao cách ly; III - Đầu vào có dao cách ly và BU; IV - Đầu vào hay ra có máy cắt dầu BMГ- 133 và hai BI; V - Đường dây ra; VI - Đường dây ra có ampemét; VII - Đường dây ra có BI; VIII - Đường dây ra, IX-BU;IX - Chống sét.



Hình PL-2-6b. Sơ đồ nối dây của tủ phân phối KCO-2YM.

I - Đầu vào và BU; II - Đầu vào hay đường dây ra; III - Đầu vào hay đường dây ra; IV - Đầu vào từ máy biến áp; V - Đầu vào từ máy biến áp và biến áp tự dùng; VI - Đầu vào và BU; VII - Đầu vào dự trữ và BU; VIII, IX, X, XI - Đường dây ra; XII - Dao cách ly phân đoạn; XIII - Máy cắt phân đoạn và BU : XIV - Máy cắt phân đoạn; ; XV - BU; XVI - Chống sét; XVII - BU và chống sét; XVIII - BU và tụ điện; XIX - Để khởi động động cơ; XX - Để khởi động và hãm động cơ; XXI - Để khởi động và hãm động cơ; XXII - Đường dây đi ra máy biến áp; XXIII - Buồng dự trữ.

Bảng 2-7. Thiết bị phân phối điện áp thấp loại Ш$_н$ О-59

Kiểu	Số đường dây và dòng định mức, A	Thiết bị đóng cắt và bảo vệ	Rộng, mm	Khối lượng, kg
		Tủ đường dây		
Ш$_н$ О-59-1	2.100 + 2.250	Cầu dao với cầu chì ПН-2	800	132
Ш$_н$ О-59-2	4.250	-nt-	800	138
Ш$_н$ О-59-3	2.250 + 2.400	-nt-	800	145
Ш$_н$ О-59-4	1.600	-nt-	800	129
Ш$_н$ О-59-13	6.100	A3120	800	130
Ш$_н$ О-59-14	4.200	A3130	800	139
Ш$_н$ О-59-15	2.600	A3140	800	126
Ш$_н$ О-59-16	1.400	ABM-4	800	149
Ш$_н$ О-59-17	1.100	ABM-10	800	179
		Tủ đầu vào (dùng thanh dẫn)		
Ш$_н$ О-59-5	600	Cầu dao với cầu chì ПН-2	800	138
Ш$_н$ О-59-6	1000	Cầu dao	800	138
Ш$_н$ О-59-19	1000	ABM-10	800	203
Ш$_н$ О-59-20	1500	ABM-15	800	272
		Tủ đầu vào (dùng cáp)		
Ш$_н$ О-59-7	600	Cầu dao với cầu chì ПН-2	800	156
Ш$_н$ О-59-8	1000	Cầu dao	800	151
Ш$_н$ О-59-21	1000	ABM-10	800	193
Ш$_н$ О-59-22	1500	ABM-15	800	246
		Tủ phân đoạn		
Ш$_н$ О-59-11	600	Cầu dao	800	45
Ш$_н$ О-59-12	1000	Cầu dao	800	50
Ш$_н$ О-59-23	1000	ABM-10	800	181

Tủ phân phối điện áp thấp có U_{dm} = 380/220V dòng điện ổn định động $I_{ôđ}$ = 30KA. Thanh cái có thiết diện 100. 10mm. Tủ làm việc một phía.

Bảng 2-8. Tủ phân phối điện áp thấp loại ПР-900

Có các áptômát đường dây kiểu A3120, A3130

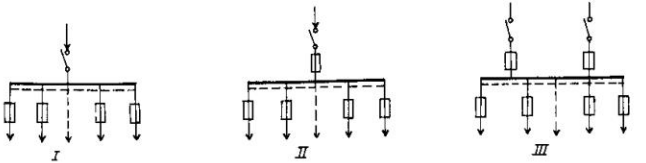
Kiểu tủ phân phối		Số áptômát				
Kết cấu			Đầu vào		Đường dây	
Treo	Đặt trên nền	A3120	A3130	A3140	A3120	A3130
1	2	3	4	5	6	7
ПР-9262	–				4	
ПР-9262	–				6	
ПР-9272	ПР-9322				8	
ПР-9282	ПР-9332				10	

1	2	3	4	5	6	7
–	ПР-9332				12	
ПР-9272	ПР-9322					3
ПР-9282	ПР-9332					4
ПР-9262	–				2	1
ПР-9272	ПР-9322				2	2
ПР-9282	ПР-9332					3
ПР-9272	ПР-9322					1
ПР-9282	ПР-9332					2
ПР-9272	ПР-9322					1
ПР-9282	ПР-9332					2
ПР-9282	ПР-9332					1
ПР-9262	–	1			4	
ПР-9272	ПР-9322	1			6	
ПР-9272	ПР-9322		1		4	
ПР-9272	ПР-9322		1		6	
ПР-9282	ПР-9332		1		8	
–	ПР-9332		1		10	
–	ПР-9332		1		12	1
ПР-9272	ПР-9332		1			
ПР-9272	ПР-9322			1	4	
ПР-9272	ПР-9322			1	6	
ПР-9282	ПР-9332			1	8	
–	ПР-9332			1	10	
–	ПР-9332			1	12	
ПР-9282	ПР-9332			1	–	3
–	ПР-9332			1		4
ПР-9272	ПР-6322			1	2	1
ПР-9282	ПР-9332			1	2	2
–	ПР-9332			1	2	3
ПР-9282	ПР-9232			1	4	1
–	ПР-9332			1	4	2
ПР-9282	ПР-9332			1	6	1
–	ПР-9332			1	6	2
–	ПР-9332			1	8	1

Bảng 2-9. Tủ phân phối động lực lại СП-58

Tủ phân phối động lực được chế tạo theo kiểu kín, thiết bị đóng cắt và bảo vệ dùng cầu dao và cầu chì. Sơ đồ nối dây của tủ phân phối động lực trình bày trên hình PL2-9.

Loại tủ tương ứng với sơ đồ			Dòng định mức của thiết bị đầu vào, A		Số đường dây và Dòng định mức, A
I	II	III	Cầu dao	Cầu chì	
СП58-1-I	–	–	200	–	5.40
СП58-2-I	–	–	200	–	2.40 + 3.100
СП58-3-I	–	–	200	–	5.100
СП58-4-I	–	–	400	–	4.250
СП58-5-I	СП58-5-II	СП58-5-III	400	400	8.40
СП58-6-I	СП58-6-II	СП58-6-III	400	400	4.40 + 4.100
СП58-7-I	СП58-7-II	СП58-7-III	400	400	8.100
СП58-8-I	СП58-8-II	СП58-8-III	400	400	2.40 + 4.100 + 2.250
СП58-9-I	СП58-9-II	СП58-9-III	400	400	5.100 + 2.250
СП58-10-I	СП58-10-II	СП58-10-III	400	400	6.250
СП58-11-I	СП58-11-II	СП58-11-III	400	400	2.100 + 2.250 + 2.400



Hình PL2-9. Sơ đồ nối dây của tủ phân phối động lực.
I – Tủ có một cầu dao đầu vào;
II – Tủ có một cầu dao, cầu chì đầu vào;
III – Tủ có hai cầu dao, hai cầu chì đầu vào.

Bảng 2-10. Tủ phân phối động lực loại СП-62 và СПУ-62

(Sơ đồ nối dây của tủ СП-62 xem ở hình PL-2-9)

Kiểu tủ			$I_{đm}$ của tủ, A (thiết bị đầu vào)		Số nhóm và $I_{đm}$ của cầu chì A,	Kích thước mm	
I - Có 1 cầu dao	II - Có 2 cầu dao	III - có 3 cầu dao	Cầu dao	Cầu chì,		A	B
СП62-1/I СП62-1/I			250	400 (chỉ đối với các tủ theo sơ đồ	5.60	380	500
СП62-2/I СП62-2/I					2.60 + 3.100		
СП62-3/I СП62-3/I					5.100		
СП62-4/I СП62-4/I					4.250		
СП62-5/I СП62-5/I	СП62-5/II СП62-5/II	СП62-5/III СП62-5/III	400		8.60	580	700
СП62-6/I СП62-6/I	СП62-6/II СП62-6/II	СП62-6/III СП62-6/III			4.50 + 4.100		
СП62-7/I СП62-7/I	СП62-7/II СП62-7/II	СП62-7/III СП62-7/III			8.100		
СП62-8/I СП62-8/I	СП62-8/II СП62-8/II	СП62-8/III СП62-8/III			2.60 + 4.100 + 2.250		
СП62-9/I СП62-9/I	СП62-9/II СП62-9/II	СП62-9/III СП62-9/III III)			5.100 + 2.250		
СП62-10/I СП62-10/I	СП62-10/II СП62-10/II	СП62-10/III СП62-10/III			6.250		
СП62-11/I СП62-11/I	СП62-11/II СП62-11/II	СП62-11/III СП62-11/III			2.100 + 2.160 + 2.400		

Bảng 2-11. Máy biến áp ba pha hai cuộn dây do Liên Xô chế tạo

Mã hiệu máy biến áp	Dung lượng định mức KVA	Điện áp giới hạn trên (KV) của cuộn dây		Tổn thất, KW		Điện áp ngắn mạch $U_{N\%}$	Dòng điện không tải $i_o\%$
		sơ cấp	thứ cấp	không tải ΔP_o	ngắn mạch ΔP_N		
1	2	3	4	5	6	7	8
TM-20/6	20	6,3	0,4	0,18	0,6	5,5	9
TM-20/10	20	10,5	0,4	0,22	0,6	5,5	10
TM-30/6	30	6,3	0,4	0,25	0,85	5,5	8
TM-30/10	20	10,5	0,4	0,3	0,85	5,5	9
TM-50/6	50	6,3	0,525	0,35	1,3	5,5	7

1	2	3	4	5	6	7	8
TM-50/10	50	10	0,4	0,44	1,3	5,5	8
TM-100/6	100	6,3	0,525	0,6	2,4	5,5	6,5
TM-100/10	100	10,5	0,525	0,73	2,4	5,5	7,5
TM-100/35	100	35	0,525	0,9	2,4	6,5	8
TM-180/6	180	6,3	0,525	1,0	4,0	5,5	6
TM-180/10	180	10,5	0,525	1,2	4,1	5,5	7
TM-180/35	180	35	10,5	1,5	4,1	6,5	8
TM-320/6	320	6,3	0,525	1,6	6,0	5,5	6
TM-320/10	320	10,5	0,525	1,9	6,2	5,5	7
TM-320/35	320	35	10,5	2,3	6,2	6,5	7,5
TM-560/10	560	1,05	0,525	2,5	9,4	5,5	6
TM-560/10	560	10	6,3	3,35	9,4	5,5	6,5
TM-560/35	56	35	10,5	3,35	9,4	6,5	6,5
TC-180/10	180	10,5	0,525	1,6	3,0	5,5	4
TC-320/10	320	10,5	0,525	2,6	4,9	5,5	3,5
TC-560/10	560	10,5	0,525	3,5	7,4	5,5	3
TC-750/10	750	10,5	0,525	4,0	8,8	5,5	2,5
TCM-20/6	20	6,3	0,4	0,15	0,51	4,5	9,5
TCM-20/10	20	10,5	0,4	0,15	0,51	4,5	9,5
TCM-35/6	35	6,3	0,4	0,23	0,83	4,5	8,5
TCM-35/10	35	10,5	0,4	0,23	0,83	4,5	8,5
TCM-60/6	60	6,3	0,525	0,35	1,3	4,5	7,5
TCM-60/10	60	10,5	0,525	0,35	1,3	4,5	7,5
TCM-100/6	100	6,3	0,525	0,5	2,07	4,5	6,5
TCM-100/10	100	10,5	0,525	0,5	2,07	4,5	6,5
TCM-180/6	180	6,3	0,525	0,8	3,2	4,5	6
TCM-180/10	180	10,5	0,525	0,8	3,2	4,5	6
TCM-320/6	320	6,3	0,525	1,35	4,85	4,5	5,5
TCM-320/10	320	10,5	0,525	1,35	4,85	4,5	5,5
TCM-560/6	560	6,3	0,525	2,0	7,2	4,5	5
TCM-560/10	560	10,5	0,525	2,0	7,2	4,5	5
TM-750/10	750	10,5	0,525	4,1	11,9	5,5	6
TM-1000/10	1000	10	6,3	4,9	15,9	5,5	5
TM-1000/35	1000	35	10,5	5,1	15,0	6,5	5,5
TM-1800/10	1800	10	6,3	8,0	24,0	5,5	4,5
TM-1800/35	1800	35	10,5	8,3	24,0	6,5	5
TM-3200/10	3200	10	6,3	11,0	37,0	5,5	5
TM-3200/35	3200	38,5	10,5	11,5	37,0	7,0	4,5

1	2	3	4	5	6	7	8
TM-5600/10	5600	10	6,3	18,0	56,0	5,5	4
TM-5600/35	5600	38,5	10,5	18,5	57,0	7,5	4,5
TM-7500/35	7500	38,5	11	24,0	75,0	7,5	3,5
TM-10000/35	10000	38,5	11	29,0	92,0	7,5	3
TM-15000/35	15000	38,5	11	39,0	122,0	8,0	3
TД-20000/35	20000	38,5	11	48,0	148,0	8,0	2
TД-31500/35	31500	38,5	11	73,0	180,0	8,0	2
TД-40500/35	40500	38,5	11	94,0	222,0	8,5	2,3
TMГ-5600/110	5600	121	11	25,5	62,5	10,5	4,5
TMГ-7500/110	7500	121	11	33,0	77,0	10,5	4
TДГ-10000/110	10000	121	11	38,5	97,5	10,5	3,5
TДГ-15000/110	15000	121	11	50,0	133,0	10,5	3,5
TДГ-20000/110	20000	121	11	60,0	163,0	10,5	3
TДГ-31500/110	31500	121	38,5	56,0	200,0	10,5	2,7
TДГ-40500/110	40500	121	11	115,0	22,0	10,5	2,6
TДГ-60000/110	60000	121	38,5	150,0	300,0	11,0	3,6
TДГ-75000/110	75000	121	10,5	165,0	400,0	10,5	4

Bảng 2-12. Máy biến áp ba pha cuộn dây làm mát bằng dầu do Liên Xô chế tạo

Mã hiệu máy biến áp	Dung lượng định mức MVA	Điện áp giới hạn trên của các cuộn dây, KV			Tổn thất, KW		Dòng điện không tải i_o%
		Cuộn 1	Cuộn 2	Cuộn 3	không tải ΔP_o	ngắn mạch ΔP_N	
1	2	3	4	5	6	7	8
			Ba pha				
TMTГ-5600/110	5,6	121	38,5	11	30	69,5	5
		121	38,5	11	29	69,5	5
TMTГ-7500/110	7,5	121	38,5	11	35	82	4,6
		121	38,5	11	35,5	81,5	4,6
TДTГ-10000/110	10	121	38,5	11	45	97	4,4
	15	121	38,5	11	43	97	4,4
TДTГ-15000/110	15	121	38,5	11	63	132	4
		121	38,5	11	59	132	4
TДTГ-20000/110	20	121	38,5	11	76	163	3,5
		121	38,5	11	75	163	3,5
TДTГ-20000/110	20	110	38,5	6,6	67	145	3,5

1	2	3	4	5	6	7	8
ТДТГ-31500/110	31,5	121	38,5	11	110	233	3
		121	38,5	11	105	233	3
ТДТГ-40500/110	40,5	121	38,5	11	130	300	3
		121	38,5	11	130	300	3
ТДТГ-60000/110	60	121	38,5	13,8	150	410	3
ТДТНГ-10000/110	10	115	38,5	11	52	103	5,5
		115	39,5	11	5	98	5,5
ТДТНГ-15000/110	15	112	38,5	11	65	137	5
		112	38,5	11	65	137	5
ТДТНГ-20000/110	20	112	38,5	6,6	78	181	5
		112	38,5	6,3	78	181	5
ТДТНГ -31500/110	31,5	115	38,5	11	125	260	5
		115	38,5	11	125	245	5
ТДТНГ-40500/110	40,5	112	38,5	10,5	145	305	4
		112	38,5	11	145	300	4
ТДТНГ-60000/110	60	115	38,5	10,5	190	355	4
ТДТНГ-75000/110	75	115	38,5	10,5	210	438	-
ТМТГН 10000/100	10	110	38,5	11	-	-	-
ТДТГ-15000/150	15	150	38,5	6,6	77,8	117,3	4,87
ТДТГ-31500/150	31,5	150	38,5	6,3	131	227,3	3,3
ТДТГ-60000/150	60	140	38,5	11	190,5	-	4
ТМТГ-20000/220	20	220	38,5	11	107	135	-
			Một pha				
ОМТГ-5000/110	5	121	38,5	11	20,5	54,5	4,2
ОМТГ-6667/110	6,67	121	38,5	11	27	66	4
		121	38,5	11	25	66	4
ОДТГ-10500/110	10,5	121	38,5	11	35,5	96,5	3,6
		121	38,5	11	32,5	96,5	3,6
ОДТГ-13500/110	13,5	121	38,5	11	41	116	3
		121	38,5	11	38,5	116	3
ОДТГ-20000/110	20	121	38,5	11	59	147	2,8
ОДТГ-30000/220	30	220	115	38,5	112	197	-
ОДТГ-10000/220	40	220	121	38,5	130	243	4,5
ОДТГ-60000/220	60	220	115	11	198	285	3,5
ОДТГ-90000/400	90	410	115	11	400	300	3,5

Bảng 2-13. Máy biến áp ba pha ba cuộn dây có tự động điều chỉnh điện áp do Liên Xô chế tạo

Mã hiệu máy biến áp	Dung lượng định mức, KVA	Điện áp giới hạn trên KV			Điện áp ngắn mạch U_N %			Tổn thất KW		Dòng điện không tải i_o %
		Cuộn 1	Cuộn 2	Cuộn 3	Giữa cuộn 1-2	Giữa cuộn 1-3	Giữa cuộn 2-3	Không tải ΔP_o	Ngắn mạch ΔP_N	
ТДТНГ	10.000	115	38,5	11	17	10,5	6,4	50	104	6
ТДТНГ	10.000	115	38,5	11	10,5	17	6,4	50	104	6
ТДТНГ	15.000	112	38,5	11	10,8	18,2	6,6	65	140	5
ТДТНГ	15.000	112	38,5	11	18,2	10,8	6,6	65	140	5
ТДТНГ	20.000	112	38,5	6,3	11,7	19	6,7	78	182	5
ТДТНГ	20.000	112	38,5	6,6	18,4	11,2	6,5	78	182	5
ТДТНГЭ	31.500	110	27,5	11	10,5	17	6,0	125	255	5
ТДТНГ	31.500	115	38,5	11	17,4	10,5	6,2	125	255	5
ТДТНГ	31.500	115	38,5	11	10,7	17,1	6,2	125	255	5
ТДТНГ	31.500	115	6,3	6,3	10,5	10,5	20	95	195	4
ТДТНГ	40.500	112	38,5	10,5	17	10,5	6,0	135	300	4
ТДТНГЭ	40.500	112	27,5	11	10,5	17	6,0	135	300	4
ТДТНГ	60.000	115	38,5	13,8	17,5	10,5	7,0	190	355	4
ТДТНГ	75.000	115	38,5	10,5	20	12	7,5	210	450	4

Bảng 2-14. Máy biến áp ba pha hai cuộn dây do Việt Nam chế tạo

Loại	Công suất định mức, KVA	Điện áp định mức (KV)		Tổn thất, W		Hiệu suất định mức (%)	U_N % của U_{dm}	i_o, % của I_{dm}	Đơn giá (đồng)
		Cao áp	Hạ áp	Không tải khi U_{dm}	Ngắn mạch khi U_{dm}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20 – 6,6/0,4	20	6,6	0,1	180	600	96,25	5,5	9	
50 – 6,6/0,4	50	6,6	0,4	350	1325	96,75	5,5	7	4100
50 – 10/0,4	50	10	0,4	440	1325	96,50	5,5	8	5500
50 – 35/0,4	50	35	0,4	520	1325	96,85	6,5	9	5700
100 – 6,6/0,4	100	6,6	0,4	600	2400	97,09	5,5	6,5	5500

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100 – 10/0,4	100	10	0,4	730	2400	96,96	5,5	7,5	6800
100 – 35/0,4	100	35	0,4	900	2400	96,8	6,5	8,0	7050
180 – 6,6/0,4	180	6,6	0,4	1000	4000	97,30	5,5	6,0	6800
180 – 10/0,4	180	10	0,4	1200	4100	97,14	5,5	7,0	8200
180 – 35/0,4	180	35	0,4	1500	4100	96,97	6,5	8,0	9200
320 – 6,6/0,4	320	6,6	0,4	1600	6070	97,66	5,5	6,0	10600
320 – 10/0,4	320	10	0,4	1900	6200	97,54	5,5	7,0	11000
320 – 35/0,4	320	35	0,4	2300	6200	97,11	6,5	7,5	11600
320 – 35/6,6	320	35	6,6	2300	6200	97,11	6,5	7,5	12500
320 – 35/10,5	320	35	10,5	2300	6200	97,11	6,5	7,5	
560 – 6,6/0,1	560	6,6	0,4	2500	9400	97,87	5,5	6,0	14000
560 – 10/0,4	560	10	0,4	2500	9400	97,77	5,5	6,0	15500
560 – 35/0,4	560	35	0,4	3350	9400	97,77	6,5	6,5	17600
560 – 35/6,6	560	35	0,6	3350	9400	97,77	6,5	6,5	17600
560 – 35/10,5	560	35	10,5	3350	9400	97,77	6,5	6,5	17600
750 – 6,6/0,4	750	6,6	0,4	4100	14900	97,91	5,5	6,0	17600
750 – 10/0,4	750	10	0,4	4100	14900	97,91	5,5	6,0	17600
750 – 35/0,4	750	35	0,4	4100	14900	97,91	6,5	6,5	19000
750 – 35/6,6	750	35	0,6	4100	14900	97,91	6,5	6,5	20500
1000 – 10/0,4	1000	10	0,4	4900	15000	98,05	5,5	5,0	26600
1000 – 10,5/6,3	1000	10,5	6,3	1900	15000	98,95	5,5	5,0	26600
1000 – 35/0,4	1000	35	0,4	5400	15000	98,03	6,5	5,5	31600
1000 – 35/6,6	1000	35	6,6	5100	15000	98,03	6,5	5,5	32500
1000 – 35/10,5	1000	35	10,5	5100	15000	98,93	6,5	5,5	32500
1800 – 31,5/6,3	1800	31,5	6,3	8300	24000	98,3	6,5	5,0	45000
1800 – 35/6,6	1800	35	6,6	8300	24000	98,3	6,5	5,0	45000
1800 – 38,5/6,3	1800	38,5	6,3	8300	24000	98,3	6,5	5,0	45000
3200 – 35/6,6	3200	35	6,6	11500	37000	98,51	7,0	4,5	90000
3200 – 35/10,5	3200	35	10,5	11500	37000	98,51	7,0	4,5	90000
5600 – 35/6,6	5600	35	6,6	18500	57000	98,67	7,5	4,5	120000
5600 – 35/10,5	5600	35	10,6	18500	57000	98,67	7,5	4,5	120000

Bảng 2-15. Máy biến điện áp (do Liên Xô chế tạo)

Loại	Điện áp định mức, V		Công suất định mức (VA) khi cấp chính xác			Công suất lớn nhất, VA	Khối lượng, kg
	Sơ cấp	Thứ cấp	0,5	1	3		
		Một pha trong nhà					
HOM-15	15000	100	80	150	320	840	81
HOM-15	18000	100	80	150	320	810	81
		Ba pha trong nhà					
HTC-0,5	380	100	50	80	200	500	20
HTC-0,5	500	100	50	80	200	500	20
HTMK-6-48	3000	100	50	80	200	600	4,75
HTMK-6-48	6000	100	80	150	320	750	47,5
HTMK-10	10000	100	120	200	480	1000	100
HTM -6	3000	100 – 100 : 3	50	80	200	450	105
HTM -6	6000	100 – 100 : 3	80	150	320	700	105
HTM -10	16000	100 – 100 : 3	120	200	480	1200	190
HTM -18	13800	100 – 100 : 3	120	200	480	1200	300
HTM -18	15000	100 – 100 : 3	120	200	480	1200	300
HTM -18	18000	100 – 100 : 3	120	200	480	1200	300
		Một pha ngoài trời					
HOM-35	35000	100	150	250	600	2000	248
HOM-35-54	35000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$ – 100	150	250	600	1500	200
HKΦ–110	110000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$ – 100	–	500	1000	2000	875
HKΦ–220	154000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$ – 100	–	500	1000	2000	2650
HKΦ–220	220000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$ – 100	–	500	1000	2000	2650
HKΦ–400	400000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$ – 100	300	500	1000	2000	6500
HKΦ–500	500000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$ –100	–	500	–	–	6960

Ghi chú :

H – máy biến áp đo lường; O – một pha; C – khô; M – dầu; T – ba pha;

K – có cuộn bù; И – năm trụ; Φ– vỏ sứ.

Bảng 2-16. Máy biến dòng (do Liên Xô chế tạo)

Loại	$U_{đm}$ KV	$I_{đm}$, A	Cấp chính xác của lõi thép	Công suất định mức (VA) và phụ tải thứ cấp (Ω) khi cấp chính xác								Số cuộn dây thứ cấp
				0,5		1		3		10		
				VA	Ω	VA	Ω	VA	Ω	VA	Ω	
ТКМ-0,5	0,5	5 – 800	1	–	–	20	0,8	–	–	–	–	1
ТКМ-0,5	0,5	5 – 800	0,5	10	0,4	–	–	–	–	–	–	1
ТКЛ-0,5	0,5	5 – 300	0,5	5	0,2	–	–	–	–	–	–	1
ТКЛ-10	10	5 – 400	0,5	10	0,4	20	0,8	–	–	–	–	1 và 2
ТПЛ-10	10	10 – 100	0,5	10	0,4	20	0,8	–	–	–	–	1 và 2
ТПОЛ-10	10	600 – 1500	0,5	10	0,4	20	0,8	–	–	–	–	1 và 2
ТФ -10	10	15 – 600	1	–	–	20	0,8	50	2	75	3	1 và 2
ТФ Y -10	10	15 – 300	1	–	–	20	0,8	50	2	75	3	1 và 2
ТПФ-10	10	5 – 400										
ТПФМ Y-10	10	5 – 300	0,5	15	0,6	30	1,2	75	3	–	–	1 và 2
ТПФ Y -10	10	5 – 300										
ТПФ-10	10	5 – 400										
ТПФМ Y-10	10	5 – 300	1	–	–	15	0,6	40	1,6	–	–	1 và 2
ТПФ Y -10	10	5 – 300										
ТПОФ -10	10	600 – 1.500	0,5	20	0,8	50	2	150	6	–	–	1 và 2
ТПОФ Y -10	10	600 – 1000										
ТПОФ -10	10	600 – 1000	1			20	0,8	50	2			1 và 2
ТПОФ Y -10	10	400 – 1000										
ТПШФА -20	10	2000 – 5000	0,5	30	1,2	75	3	150	6			1 và 2
ТПШФА -10	20	2000 – 5000										

Chú thích :
T – Máy biến dòng
O – một vòng dây
K – Kiểu cuộn dây
Y – Tăng cường
П – Kiểu xuyên tường
Ш – Kiểu thanh cái
Ф – Cách điện bằng sứ

Bảng 2-17. Máy biến dòng điện thứ tự không kiểu cáp THП, do Liên Xô chế tạo.

Kiểu	Số cáp được bao	Đường kính cáp max, mm	Số vòng dây thứ cấp	Công suất từ hóa, VA	Khối lượng kg
ТНП-2	1 – 2	50	20	20	60
ТНП-4	3 – 4	50	20	45	128
ТНП-7	5 – 7	50	27	50	152
ТНП-12	8 – 12	60	27	70	225
ТНП-16	13 – 16	60	27	85	280

Bảng 2-18. Tham số kỹ thuật của các loại máy cắt do Liên Xô chế tạo, ГОСТ-687-41

Loại máy cắt	Điện áp định mức KV	Dòng điện định mức A	Dòng điện xung kích KA	Trị số hiệu dụng của dòng điện toàn phần, KA	Dòng điện ổn định nhiệt, KA			Dòng điện và công suất cắt định mức KA/MVA khi điện áp, KV			Khối lượng kg		Loại cơ cấu truyền động
					1_s	5_s	10_s	3	6	10	không dầu	dầu	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ВМЭ -6	3 – 6	200	16,8	10	10	8,5	6,0	3,3 17	1,4 15	–	55	15	ПРБА hay ПС-10
ВМЭ -6-50	3 – 6	200	12,4	7,2	7,2	4,8	3,4	4,8 25	4,8 50	2,9 50	58	18	ПРБА
ВМЭ -10-50	10	200	12,4	7,2	7,2	4,8	3,4	4,8 25	4,8 50	2,9 50	60	18	ПРБА
ВМЭ -10	6 – 10	200 400 600	25 25 25	15 15 15	15 15 15	10 10 10	6 10 10	9,7 50 20	9,7 100 20	5,8 100 20	120 125 100	50 50 50	ЛС-10 hay ПРА-10 ПС-10
ВМГ -10	10	600 1000	52 52	30 30	30 30	20 20	14 14	100 20 100 20	200 20 200 20	350 11,6 200 20	165 175	8 8	hay ПБАР
ВМГ -133-I	10	600	52	30	30	20	14	100 20	200 20	350 –	170	5	Như trên
ВМГ -133-II	10	600	52	30	30	20	14	100 20	200 20	250 20	190	10	Như trên hay ПБ-10
ВМГ113-III	10	1000	52	30	30	20	14	100 29	200 29	350 39	200	10	Như trên
МГГ-10	10	2000 3000	75	43,5	43,5	30	21	150	300	500	580 600	20 20	ПЗ-2 ПЗ-2
МГГ-220	10	4000 3000	200	116	116	116	85	–	90 940	90 1500	1900	55	ПС-30
МГГ-229М	10	400	198	120	–	120	85	–	120 1250	90 1150	2150	55	ПС-30
	Khi điện áp là							20	35	110			
ВМ -35	35	600	17,3	10	10	10	7,1	6,6 230	6,6 400	–	100	300	НР-35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ВМ $Д_у$-35	35	600	17,3	10	10	10	7,1	6,6 230	6,6 400	–	1025	300	ШПС-10
ВМР-35-690	35	600	26	15	15	10	7,1	9,9 340	9,9 600	–	1100	300	ШПС-10 ШнауПР
МКП-35	35	600	30	17,3	17,3	12,5	9	12,5 430	12,5 750	–	2600	800	ШП3-2
МКП-35	35	1000	45	24	24	16,5	11,7	16,3 570	16,5 1000	–	2000	800	ШП3-2
МКП-35-1250	35	1000	53	31	31	20,5	17,5	20,7 720	20,7 1250	–	2750	800	ШП3-31
МКП-110	110	600	50	29	29	18,4	13	–	–	13,2 2500	9830	8000	ШП3-33

Bảng 2-19. Tham số kỹ thuật của các loại cơ cấu truyền động điện từ

Loại cơ cấu truyền động	Dùng cho loại máy cắt	Điện áp, V		Dòng điện tiêu thụ, A		Số tiếp điểm	Khối lượng, kg	Thời gian, s		Thời gian đóng lặp lại, s
		Cuộn dây đóng	Cuộn dây cắt	Cuộn dây đóng	Cuộn dây cắt			Cắt	Đóng	
ПЭ-2	МГГ-10	220	220	146	2,5	8 – 12	190	0,12	0,35	0,6
		110	110	292	5		275			
ПС-10	ВМГ-133	220	220	98	2,5	6 – 10	45	0,1	0,24	0,38 – 0,42
		110	110	195	5					
ПС-30	МГГ-229	220	220	115	2,5	4 – 12	475	0,32	0,7	1,02
		110	110	310	5					
ШПЭ-2	МКП-35	220	220	80	2,5	4 – 12	360	0,08	0,4 – 0,45	0,6 – 0,65
		110	110	160	5					
ШПЭ-31	МКП-35	220	220	124	5	10	450	0,08	0,43	0,5 – 0,6
		110	110	218	10					
ШПЭ-33	МКП-110	220	220	244	5	6	595	0,08	0,5 – 0,6	0,7 – 0,8
		110	110	488	10					

Bảng 2-20. Tham số của các cuộn dây đặt trong các cơ cấu truyền động

ПРА, ПРАМ, ПРБА, ПГ-10, ПГМ-10, ПГПМ-10

Tên cuộn dây cắt	Ký hiệu	Dòng điện và điện áp định mức	Dòng điện cho phép, A	Công suất tiêu thụ, VA	Giới hạn điều chỉnh	Điện trở lúc 20°C, Ω
Cuộn dây dòng điện cực đại có trì hoãn thời gian bằng cơ cấu cơ khí	PTB	5A	10	50	5; 6; 7; 8; 9; 10A	0,3
Cuộn dây dòng điện cực đại không trì hoãn thời gian	PTM	5A	15	50	5; 7; 8; 10; 12,5 và 15A	0,27
Cuộn dây điện áp thấp	PH	110-127V 220 V 380V	–	30	0,35 – 0,65U_{dm}	53 190 715

Chú thích :

1. Công suất tiêu thụ cho ứng với dòng điện định mức;

2. Độ chính xác của các thang điều chỉnh đạt tới + 10%;

3. Cuộn dây điện áp thấp cho phép đóng cơ cấu truyền động khi điện áp bằng 0,65 – 0,85U_{dm}.

Bảng 2-21. Tham số kỹ thuật của máy cắt phụ tải BH - 16 do Liên Xô chế tạo

Điện áp định mức, KV	Dòng điện cắt định mức, A	Dòng điện cắt lớn nhất, A	Các giới hạn ổn định khi dòng điện ngắn mạch chạy qua			Dòng điện đóng (trị số) tính toán của dòng điện ngắn mạch) KA
			Giới hạn của dòng điện chạy qua, KA		Dòng điện ổn định nhiệt 10s, KA	
			Dòng điện xung kích	Trị số hiệu dụng của dòng điện toàn phần		
6	400	800	25	14,5	6	5
10	200	400	25	14,5	6	2,5

Bảng 2-22. Tham số kỹ thuật của máy cắt phụ tải ВНП-16 và ВНП-17 do Liên Xô chế tạo

Điện áp định mức, KV	Loại cầu chì	Dòng điện làm việc lớn nhất A	Giới hạn dòng điện cắt, KA (trị số hiệu dụng),	Giới hạn dòng điện cắt, (có hạn chế), KA	Công suất cắt (ba pha) MVA		Dòng điện đóng (trị số tính toán của dòng ngắn mạch), KA
					Không tính đến thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch	Có tính đến thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch	
6	ПК-6/30 ПК-6/75 ПК-6/150	30 75 150	20	6,7 14 30	200	300	20 20 20
10	ПК-10/30 ПК-10/50 ПК-10/100	30 50 100	12	5,8 8,6 100	200	300	9 9 6,5

Bảng 2-23. Tham số kỹ thuật của dạo cách ly điện áp cao đặt trong nhà do Liên Xô chế tạo

KIỂU	Dòng ổn định động, KA		$I_{ôđn}$ 10_s, KA	Khối lượng kg
	i_{xk}	I_{xk}		
PBO-6/400	50	29	10	6
PBO-6/600	60	35	14	6
PBO-6/1000	120	71	28	13
PBO-10/400	50	29	10	6
PBO-10/600	60	35	14	6
PBO-10/1000	120	71	28	13
PB-6/400	50	29	10	24
PB-6/600	60	35	14	25
PB-6/1000	120	71	28	50
PB-10/400	50	29	10	26
PB-10/600	60	35	14	27
PB-10/1000	81	47	28,5	50
PB-35/400	42	–	10	105
PB-35/600	42	30	14	110
PB-35/1000	64	–	20	124
PB3-1/35/400	42	30	10	110
PB3-2/35/45	42	30	14	115
PB3-2-35/600	42	30	14	120
PB3-2-35/600	42	30	14	120
PB3-1-35/1000	64	-	20	130

Chú thích : P - Dao cách ly, 0 - một pha; Chữ số : tử số - U_{dm}, KV; mẫu số - I_{dm}, A
B - Đặt trong nhà.
3 - Có dao nối đất : 1. Nối đất phía dao chính;
2. Nối đất 2 phía

Bảng 2-24. Tham số kỹ thuật của dao cách ly điện áp cao đặt ngoài trời do Liên Xô chế tạo

KIỂU	Dòng ổn định động, KA		$I_{ôdn}$ 10s, KA	Khối lượng kg
	i_{xk}	I_{xk}		
РОН-10К/4000	250	–	65	105
РОН3-35/600-1000	50	29	10	145
РОН3-35/2000	120	47	29	160
РОН3-1-35/2000	120	47	29	170
РОН3-2-35/2000	120	47	29	180
РОН3-2-35/2000	120	47	29	160
РЛН-6/200	15	9	5	12
РЛН-6/400	25	15	9	20
РЛН-10/200	15	9	5	20
РЛН-10/400	25	15	9	20
РЛН-10/600	35	21	14	20
РЛН-35	50	29	15	145
РЛН-35/600	80	31	12	60
РЛН3-1-35/600	80	31	12	63
РЛН3-2-35/600	80	31	12	66
РЛН3-35/1000	80	31	15	65
РЛН3-1-35/630	64	–	20(4s)	67,2
РЛН3-2-35/630	64	–	20(4s)	80,3
РЛН3-1-35/1000	64	–	20(4s)	68,5
РЛН3-2-35/1000	64	–	25(4s)	81,5

Chú thích : Р - Dao cách ly; О - một pha; Н - đặt ngoài trời, 3. Có dao nối đất; 1. Một dao nối đất phía dao chính; 2. Hai dao nối đất về 2 phía, К - có hệ thống dẫn dòng hình hộp. Chữ số, tử số - điện áp định mức, KV; mẫu số - dòng diện định mức A.

Bảng 2-25. **Tham số kỹ thuật của sứ đỡ, đặt trong nhà, do Liên Xô chế tạo.**

Loại	U, KV		Phụ tải phá hoại, kG	Khối lượng, kg
	$U_{đm}$	$U_{ph\text{-}d}$ khô		
1	2	3	4	5
ОФ-1-375	1	11	375	0,7
ОФ-1-750-ОВ	1	11	750	2,7
ОФ-1-1250-ОВ	1	11	1250	5,0
ОФ-1-2000-ОВ	1	11	2000	7,3
ОФ-1-3000-ОВ	1	11	3000	8,0

1	2	3	4	5
ОФ-6-375-Кр (ОА-6 Кр)	6	36	375	2,2
ОФ-6-375-ОВ (ОА-6 ОВ)	6	36	375	2,5
ОФ-6-750-Кр (ОБ-6 Кр)	6	36	750	4,4
ОФ-10-375 (ОМА-10)	10	47	375	1,5
ОФ-10-750 (ОМБ-10)	10	47	750	2,1
ОФ-10-1250	10	47	1250	7,0
ОФ-10-2000 (ОНД-10)	10	47	2000	6,3
ОФ-10-3000	10	47	3000	11,5
ОФ-35-375	35	110	375	7,1
ОФ-35-750	35	110	750	10,6
ОФ-35-1250	35	110	1250	13,5
ОФ-35-2000	35	110	2000	14,0

Chú thích : О – đỡ; Ф – sứ; А, Б , Д ... đặc trưng cho độ bền cơ học. Chữ số thứ nhất – điện áp định mức, KV, chữ số thứ 2 – độ bền cơ học (phụ tải phá hoại, KG); ОВ – đế ô van

Bảng 2-26. Tham số kỹ thuật của sứ đỡ, và sứ đứng, đặt ngoài trời, do Liên xô chế tạo

Kiểu	U, KV			Phụ tải phá hoại KG	Khối lượng kg
	U_{dm}	$U_{ph.d}$ khô	$U_{ph.d}$ ướt		
ОШН-6-300 (ШН-6)	6	38	28	300	2,54
ОШН-10-500 (ШН-10)	10	50	34	500	4,1
ОШН-10-2000 (ИШД-10)	10	50	4	2000	12,1
ОШН-35-1000 (ШТ-35)	35	–	–	1000	32,6
ОШН-35-2000	35	120	80	2000	44,6
ОШН-35-2000	335	120	80	2000	44,6

Chú thích : О – đỡ; Н – đặt ngoài trời; Ш – có lõi sắt;

Bảng 2-27. Tham số kỹ thuật của áptômát kiểu AB do Liên Xô chế tạo

Kiểu	U_{dm}, V	I_{dm} A	I_{xk}, KA	Thời gian cắt tức thời, s
AB-4	400	400	42	0,06
AB-10	400	1000	42	0,06
AB-15	400	1500	65	0,08
AB-20	400	2000	65	0,09

Bảng 2-28. Số liệu kỹ thuật của áptômát kiểu АП-25 do Liên xô chế tạo

Kiểu	Số cực	Loại Loại dòng điện	Điện áp $U_{đm}$ V	Dòng điện $I_{đm}$, A	Móc bảo vệ kiểu nhiệt có thời gian				Móc bảo vệ kiểu điện từ	
					Giới hạn dòng điện điều chỉnh, A	Thời gian tác động khi quá tải			Dòng điện cắt tức thời	
						1,1 dòng chỉnh định	1,35 dòng chỉnh định	6 dòng chỉnh định	Dòng xoay chiều, A	Dòng một chiều, A
А П-25-3МТ	3	xoay chiều	380	1,6	1 – 1,6	không tác động sau 1 giờ	không lớn hơn 30 phút	từ 1 đến 10 giây	11	14
АП-25-3М				2,5	1,6 – 2,5				17,5	22
АП-25-3				4	2 – 5,4				28	36
АП25-3				6,4	4 – 6,4				45	57
АП-25-2МТ	2	một chiều	220	10	6,4 – 10				70	90
АП-25-2М				16	10 – 16				110	140
АП-25-2				25	16 – 25				175	220

Bảng 2-29. Số liệu kỹ thuật của áptômát kiểu A3100 do Liên Xô chế tạo

Kiểu	Ký hiệu theo kết cấu	Dòng định mức $I_{đm}$, A	Điện áp $U_{đm}$, V		Số cực	Dạng móc bảo vệ dòng điện cực đại	Dòng điện định mức của móc bảo vệ, A	Dòng điện tác động tức thời, A
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A3160	A3161	60	110	220	1	Phần tử nhiệt	15, 20, 25	—
	A3162		220	380	2		30, 40, 50	
	A3163		220	380	3		60	
A3110	A3133/1	100	220	500	2	Tổng hợp	15	150
							20	200
	A3114/1				3		25	250
							30	300
							40	400
							50	500
							60	600
							80	800
							100	1000
A3110	A3113/5		220	500	2	Điện từ	15	150
							20	200
	A3114/5				3		25	250
							40	300, 400
							60	500, 600
							100	1000

1	2	3	4	5	6	7	8	9
A3120	A3123	100	220	500	2	Tổng hợp	15, 20, 25, 30 40, 50, 60, 80	430 600
	A3124				3		100	800
						Điện tử	30 100	430 840 600, 800
A3130	A3133	200	220	500	2	Tổng hợp	120 150	40 1050
	A3134				3		200	1400
						Điện tử	200	840 1050 1400
A3140	A3143	600	200	500	2		300	300
	A3144				3	Tổng hợp	400 500 600	2800 3500 4200
						Điện tử	600	1750 2100 2800 3500 4200

Chú thích : - Khi dòng quá tải bằng 1,1 dòng chỉnh định, áptômát không tác động
- Khi dòng quá tải bằng 1,35 dòng chỉnh định, áptômát tác động không quá 30 phút.

Bảng 2-30. Số liệu kỹ thuật của cầu chì điện áp cao loại П, ПКН П КЭ *đặt trong nhà do Liên Xô chế tạo.*

$U_{đm}$, KV	3				6				10				35		
$I_{đm}$, A	30	100	200	400	30	75	150	300	30	50	100	200	10	20	40
$I_{cắt}$, KA	40				20				12				35		
$S_{cắt}$, MVA	300				300				300				300		
$\frac{I_{cắt min}}{I_{cắt}}$	Không hạn chế		1,3		Không hạn chế		1,3		Không hạn chế		1,3		Không hạn chế		3

Chú thích : Dòng điện định mức của dây chảy A :

2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400

Bảng 2-31. Số liệu kỹ thuật của cầu chì điện áp thấp kiểu ống, ПР-2 do Liên Xô chế tạo

Dòng điện, định mức của cầu chì, A	Dòng điện định mức của dây chảy, A	Dòng điện cắt giới hạn của dòng xoay chiều khi điện áp A		
		220 V	380 V	500 V
15	6, 10, 15,	1200	8000	7000
60	15, 20, 25, 35, 45, 60	5500	4500	3500
100	60, 80, 100	11000	11000	10000
200	100, 125, 160, 200	11000	1100	10000
350	200, 225, 260, 300, 350	11000	13000	11000
600	350, 430, 500, 600	15000	23000	20000
1000	600, 700, 850, 1000	15000	20000	20000

Bảng 2-32. Số liệu kỹ thuật của cầu chì điện áp thấp kiểu ПН.2 và НПН, do Liên Xô chế tạo

Kiểu	Dòng điện định mức, A		Dòng điện cắt giới hạn, KA
	Của cầu chì	Của dây chảy	
НПН	40	6, 10, 15, 20, 30, 40	--
ПН-2-100	100	30 40, 50, 60, 80, 100	50
ПН-2-250	250	80, 100, 120, 150, 200, 250	40
ПН-2-400	400	200, 250, 300, 400	25
ПН-2-600	600	300, 400, 500, 600	25

Bảng 2-33. Điện trở và điện kháng của dây đồng tràn.

Loại dây	M-6	M-10	M-16	M-25	M-35	M-50	M-70	M-95	M-120	M-150	M-185
Điện trở, Ω/km	3,06	1,84	1,20	0,74	0,54	0,39	0,28	0,20	0,158	0,123	0,103
Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn mm	Điện kháng, Ω/km										
400	0,371	0,355	0,333	0,319	0,308	0,297	0,283	0,274	–	–	– –
600	0,397	0,381	0,385	0,345	0,336	0,325	0,309	0,300	0,292	0,287	0,280
800	0,415	0,399	0,377	0,363	0,352	0,341	0,327	0,318	0,310	0,305	0,298
1000	0,429	0,418	0,391	0,377	0,356	0,355	0,341	0,332	0,324	0,319	0,313
1250	0,443	0,427	0,405	0,391	0,380	0,369	0,255	0,346	0,338	0,333	0,327
1500	–	0,438	0,416	0,402	0,391	0,380	0,366	0,357	0,349	0,344	0,338
2000	–	0,457	0,435	0,421	0,410	0,398	0,385	0,376	0,368	0,363	0,357
2500	–	–	0,449	0,435	0,420	0,413	0,399	0,390	0,382	0,377	0,371
3000	–	–	0,460	0,446	0,435	0,423	0,410	0,401	0,393	0,388	0,382

Bảng 2-34. Điện trở và điện kháng của dây nhôm trần

Loại dây	A-6	A-10	A-16	A-25	A-35	A-50	A-70	A-95	A-120	A-150	A-185
Điện trở, Ω/km	5,26	3,16	1,98	1,28	0,92	0,64	0,46	0,34	0,27	0,21	0,17
Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn, mm	Điện kháng, Ω/km										
600	–	–	0,358	0,345	0,336	0,325	0,315	0,303	0,297	0,288	0,279
800	–	–	0,377	0,363	0,352	0,341	0,331	0,319	0,313	0,305	0,298
1000	–	–	0,391	0,377	0,366	0,355	0,345	0,334	0,327	0,319	0,311
1250	–	–	0,405	0,391	0,380	0,369	0,359	0,347	0,341	0,333	0,328
1500	–	–	–	0,402	0,391	0,380	0,370	0,358	0,352	0,344	0,339
2000	–	–	–	0,421	0,410	0,398	0,388	0,377	0,371	0,363	0,355

Bảng 2-35. Điện trở và điện kháng của dây nhôm lõi thép

Loại dây	AC-10	AC-16	AC-25	AC-35	AC-50	AC-70	AC-95	AC-120	AC-150	AC-185
Điện trở, Ω/km	3,12	2,06	1,38	0,85	0,65	0,45	0,33	0,27	0,21	0,17
Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn, mm	Điện kháng Ω/km									
2000	–	–	–	0,403	0,392	0,382	0,371	0,365	0,358	
2500	–	–	–	0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,372	
3000	–	–	–	0,429	0,418	0,408	0,397	0,391	0,384	0,377

Bảng 2-36. Điện trở và điện kháng của dây dẫn và cáp có lõi đồng và nhôm, điện áp đến 500V, Ω/km

Thiết diện (mm^2)	r_o		x_o		Thiết diện (mm^2)	r_o		x_o	
	Nhôm	Đồng	Dây đặt hở	Dây đặt trong ống hay cáp		Nhôm	Đồng	Dây đặt hở	Dây đặt trong ống hay cáp
1,5	22,2	13,35	–	0,10	50	0,67	0,40	0,25	0,06
2,5	13,3	8,0	–	0,09	70	0,48	0,29	0,24	0,06
4	8,35	5,0	0,33	0,09	95	0,35	0,21	0,23	0,06
6	5,55	3,33	0,32	0,09	120	0,28	0,17	0,22	0,06
10	3,33	2,0	0,31	0,07	150	0,22	0,13	0,21	0,06
16	2,08	1,25	0,29	0,07	185	0,18	0,11	0,21	0,06
25	1,33	0,80	0,27	0,07	240	–	0,08	0,20	–
35	0,95	0,57	0,26	0,06	300	0,12	0,07	0,19	0,06

Bảng 2-37. Điện kháng của cáp ruột ba lõi, dây dẫn có bọc cách điện mắc trên sứ, hoặc puly, Ω/km

Thiết diện, mm^2	Cáp điện ba lõi bằng đồng				Dây dẫn bọc cách điện	
	< 1KV	3KV	6KV	10KV	Trên puly	Trên sứ
1,5	–	–	–	–	0,28	0,32
2,5	–	–	–	–	0,26	0,30
4	0,095	0,111	–	–	0,25	0,29
6	0,090	0,104	–	–	0,23	0,28
10	0,073	0,0825	0,11	0,122	0,22	0,26
16	0,0675	0,0757	0,102	0,113	0,22	0,24
25	0,0662	0,0714	0,091	0,099	0,20	0,24
35	0,0637	0,0688	0,087	0,095	0,19	0,24
50	0,0625	0,0670	0,083	0,09	0,19	0,23
70	0,0612	0,0650	0,08	0,086	0,19	0,23
95	0,0602	0,0636	0,078	0,083	0,18	0,23
120	0,0602	0,0626	0,076	0,081	0,18	0,22
150	0,0596	0,0610	0,074	0,079	–	–
185	0,0596	0,0605	0,073	0,077	–	–
210	0,0587	0,0595	0,071	0,075	–	–

Bảng 2-38. Điện kháng ngoài x'_0 của dây thép mắc trên không, Ω/km

Loại dây	CO-3,5	CO-4	CO-5	C-25	C-35	C-50	C-70
Đường kính D, mm	Điện kháng xo, Ω/km						
400	0,341	0,332	0,318	0,311	0,290	0,281	–
600	0,368	0,359	0,345	0,336	0,317	0,308	0,295
800	0,384	0,375	0,361	0,354	0,333	0,324	0,311
1000	0,398	0,389	0,375	0,368	0,347	0,338	0,325
1250	–	0,403	0,389	0,381	0,361	0,352	0,339
1500	–	0,414	0,400	0,393	0,372	0,363	0,350
2000	–	–	–	0,412	0,391	0,382	0,369

Bảng 2-39. Điện trở và điện kháng trong x''_o của dây thép mắc trên không, Ω/km

Dòng điện A	Điện trở r_o,Ω/km							Điện kháng trong x''_o Ω /km						
	ПСО-3,5	ПСО-4	ПС-5	ПС-25	ПС-35	ПС-50	ПС-70	ПСО-3,5	ПСО-4	ПС-5	ПС-25	ПС-35	ПС-50	ПС-70
0,5	14,9	11,5	–	–	–	–	–	1,04	0,69	–	–	–	–	–
1	15,2	11,8	–	5,25	3,66	2,75	1,70	2,27	1,54	–	0,54	0,33	0,23	0,16
1,5	15,7	12,3	7,9	5,26	3,66	2,75	1,70	4,24	2,82	2,13	0,55	0,34	0,23	0,16
2	16,1	12,5	8,35	5,27	3,66	2,75	1,70	6,45	4,38	3,58	0,55	0,35	0,24	0,17
3	17,4	13,4	9,5	5,28	3,67	2,75	1,70	9,60	7,90	6,45	0,56	0,36	0,25	0,17
4	18,5	14,3	10,8	5,30	3,67	2,75	1,70	11,9	9,70	8,10	0,59	0,37	0,25	0,18
5	20,1	15,5	12,3	5,32	3,70	2,75	1,70	14,1	11,50	9,70	0,63	0,40	0,26	0,18
6	21,4	16,5	13,8	5,35	3,71	2,75	1,70	16,3	12,50	11,20	0,67	0,42	0,27	0,19
7	21,5	17,3	15,0	5,37	3,73	2,75	1,70	16,5	13,20	12,30	0,70	0,45	0,27	0,19
8	21,7	18,0	15,4	5,40	3,75	2,76	1,70	16,7	14,20	13,30	0,77	0,48	0,28	0,20
9	21,8	18,1	15,2	5,45	3,77	2,77	1,70	16,9	14,3	13,1	0,84	0,51	0,29	0,20
10	21,9	18,1	14,6	5,50	3,80	2,78	1,70	17,1	14,3	12,4	0,93	0,55	0,30	0,21
15	20,2	17,3	13,6	5,97	4,02	2,80	1,70	18,3	13,3	11,4	1,33	0,75	0,35	0,23
20	–	–	12,7	6,70	4,40	2,85	1,72	–	–	10,5	1,63	1,04	0,42	0,25
25	–	–	–	6,97	4,89	2,95	1,74	–	–	–	1,91	1,32	0,49	0,27
30	–	–	–	7,10	5,21	3,10	1,77	–	–	–	2,01	1,56	0,59	0,30
35	–	–	–	7,10	5,36	3,25	1,79	–	–	–	2,06	1,66	0,69	0,33
40	–	–	–	7,02	5,35	3,40	1,83	–	–	–	2,09	1,69	0,80	0,37
45	–	–	–	6,92	5,30	3,52	1,88	–	–	–	2,08	1,71	0,91	0,41
50	–	–	–	6,85	5,25	3,61	1,93	–	–	–	2,07	1,72	1,00	0,45
60	–	–	–	6,76	5,13	3,69	2,07	–	–	–	2,00	1,70	1,10	0,55
70	–	–	–	–	5,00	3,73	2,21	–	–	–	–	1,64	1,14	0,65
80	–	–	–	–	–	3,70	2,27	–	–	–	–	–	1,15	0,70
90	–	–	–	–	–	3,68	2,20	–	–	–	–	–	1,14	0,72
106	–	–	–	–	–	–	2,33	–	–	–	–	–	–	0,73
125	–	–	–				2,33	–						0,73

Bảng 2-40. Điện trở và điện kháng của thanh cái phẳng

Kích thước (mm)	r_o, khi 65°C, mΩ/m		x_o, (đồng và nhôm) mΩ/m			
			Khi khoảng cách trung bình hình học (mm)			
	Đồng	Nhôm	100	150	200	300
25 × 3	0,268	0,475	0,179	0,200	0,295	0,244
30 × 3	0,223	0,394	0,163	0,189	0,206	0,235
30 × 4	0,167	0,296	0,163	0,189	0,206	0,235
40 × 4	0,125	0,222	0,145	0,170	0,189	0,214
40 × 5	0,100	0,177	0,145	0,170	0,189	0,214
50 × 5	0,080	0,142	0,137	0,156	0,180	0,200
50 × 6	0,067	0,118	0,127	0,156	0,180	0,200
60 × 6	0,056	0,099	0,119	0,145	0,163	0,189
60 × 8	0,042	0,074	0,119	0,145	0,163	0,189
80 × 8	0,031	0,055	0,102	0,126	0,145	0,179
80 × 10	0,025	0,044	0,102	0,126	0,145	0,170
100 × 10	0,020	0,035	0,090	0,113	0,133	0,157

Bảng 2-41. Điện trở và điện kháng của máy biến áp giảm áp, công suất dưới 1000 KVA

Công suất định mức KVA	Điện áp sơ cấp KV	Điện áp thứ cấp KV	U_N%	x, mΩ	r, mΩ	Công suất định mức KVA	Điện áp sơ cấp KV	Điện áp thứ cấp KV	U_N%	x, mΩ	r, mΩ
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10*	6	0,400	5,5	698	536	250	10	0,69	4,7	83,5	32
		0,230		224	172		35	0,230	6,8	13,9	3,58
20*	6	0,400		364	240			0,400		42,4	10,75
		0,230		123	80			0,69		125,5	32
	10	0,400		369	240	320*	6	0,525	5,5	44	16,8
		0,230		123	80			0,400		26	9,7
25	6 – 10	0,400	4,7	244	176			0,230		8,4	3,1
		0,230		80,5	58		10	0,525		44,5	16,7
40	6	0,230		52,5	33			0,400		25,8	9,7
		0,400		159	100			0,230		8,55	3,2
	10	0,230		52,5	33		35	0,525	6,5	53,5	16,3
		0,400		159	100			0,400		31	9,7
50*	6	0,400	5,5	162	81			0,230		10,2	3,2
		0,230		50,6	28	400	10	0,230	4,5	5,6	1,95
	10	0,400		152	84			0,400		17	5,9
		0,230		50,6	28			0,69		50,6	17,6
63	6 – 10	0,230	4,7	39,2	19,6		35	0,230	6,5	8,4	1,95
		0,400		109,5	59,4			0,400		25,4	5,9
	20	0,230	5,3	39,9	19,6			0,69		75,4	17,6
		0,400		121,4	59,4	560*	10	0,525	5,5	25,6	8,3
100*	10	0,400	5,5	78,5	38			0,400		14,9	4,8
		0,230		26,8	13			0,230		4,9	1,58
	35	0,400	6,5	96	38		35	0,525	6,5	30,9	8,3
		0,230		32,8	13			0,400		17,9	4,8
	6	0,230	4,7	21,7	12			0,230		5,9	1,58
		0,400		56,6	63,3	630	10	0,230	5,5	4,5	1,13
100	10	0,230	4,7	21,7	12			0,400		13,6	3,93
		0,400		65,5	36,3			0,690		40,4	10,2
	35	0,230	6,8	33,9	12			3,15		858	213
		0,400		105	36,3		20	0,400	6,5	16,2	3,07
160	6 – 10	0,230	4,7	14,3	5,94			0,69		48,5	9,11
		0,400		43,4	18,0			11		12250	2310
		0,690		129,5	53,5		35	0,400	6,5	16,2	3,07
	35	0,230	6,8	21,6	5,94			0,690		48,5	9,11
		0,400		65,5	18,0	750*	10	0,525	5,5	18,7	5,84
		0,690		195	53,4			0,400		10,8	3,4
180*	6	0,525	5,5	77	34	1000*	10	0,525		14,6	4,14
		0,400		45,2	20			0,400		8,5	2,41
		0,230		15,1	6,7		35	0,525	6,5	17,4	4,14
	10	0,525		77	35			0,400		10,15	1,11
		0,400		44	20	1000	6 – 10	0,400	5,5	8,56	1,95
		0,230		14,5	6,7			0,690		25,5	5,8
	35	0,525	6,5	93,5	35			3,15		532,5	121
		0,400		53,4	20			6,3		2140	484
		0,230		17,8	6,7		35	0,400	6,5	10,4	1,95
250*	10	0,230	4,7	9,3	3,52			0,690		30,3	5,8
		0,400		28,2	10,75			3,15		2510	121

Chú thích : – Trị số điện trở và điện kháng được quy về điện áp thấp.
– Dấu * chỉ các máy biến áp kiểu cũ.

Bảng 2-42. Điện trở và điện kháng của cuộn dây bảo vệ quá dòng điện của Aptômát, mΩ

Dòng điện định mức của cuộn dây, A	50	70	100	140	200	400	600
x (mΩ)	2,7	1,3	0,86	0,55	0,28	0,1	0,094
r (mΩ) ở nhiệt độ 65°C	5,5	2,35	1,30	0,74	0,36	0,15	0,12

Bảng 2-43. Điện trở tiếp xúc của cầu dao và áptômát, mΩ

Dòng điện định mức, A	50	70	100	140	200	400	600	1000
Áptômát	1,3	1,0	0,75	0,65	0,6	0,4	0,25	--
Cầu dao	--	--	0,5	--	0,4	0,2	0,15	0,08

Bảng 2-44. Điện trở và điện kháng cuộn sơ cấp của các máy biến dòng điện kiểu TKΦ

Dòng điện định mức, A		7,5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400	600
Máy biến dòng điện kiểu TKΦ-1, mΩ	r	300	170	75	42	20	11	7	3	1,7	0,75	0,42	0,2	0,11	0,05
	x	480	270	120	67	30	17	11	4,8	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17	0,07
Máy biến dòng điện kiểu TKΦ-3, mΩ	r	130	75	33	19	8,2	4,8	3,0	1,3	0,75	0,33	0,19	0,08	0,05	0,02
	x	120	70	30	17	8	4,2	2,8	1,2	0,7	0,3	0,17	0,08	0,04	0,02

Bảng 2-45. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây đồng, cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp.

Thiết diện dây dẫn, mm²	Dòng điện phụ tải, A					
	Dây dẫn đặt hở	Dây dẫn đặt trong ống (1) với số lượng				
		Hai dây một lõi	Ba dây một lõi	Bốn dây một lõi	Một dây hai lõi	Một dây ba lõi
0,5	11	--	--	--	--	
0,75	15	--	--	--	--	--
1	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	41	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	225	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	--	--	--
185	540	--	--	--	--	--
240	605	--	--	--	--	--
300	695	--	--	--	--	--
400	830	--	--	--	--	--

(1) Số dây dẫn đặt trong một ống không kể dây trung tính trong hệ thống ba pha bốn dây.

Bảng 2-46. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây nhôm cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp

Thiết diện dây dẫn, mm²	Dây dẫn đặt hở	Dòng điện phụ tải, A		
		Dây dẫn đặt trong ống (1) với số lượng		
		hai dây một lõi	ba dây một lõi	bốn dây một lõi
25	24	20	19	19
4	32	28	28	23
6	39	36	32	30
10	55	50	47	39
16	80	60	60	55
25	105	85	80	70
35	130	100	95	85
50	165	140	130	120
70	210	175	165	140
95	255	215	200	175
120	295	245	220	200
150	340	275	255	–
185	390	–	–	–
240	465	–	–	–
300	535	–	–	–
400	645	–	–	–

(1) Số dây dẫn đặt trong một ống không kể dây trung tính trong hệ thống ba pha 4 dây.

Bảng 2-47. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây đồng cách điện bằng cao su, vỏ bảo vệ bằng kim loại và của cáp đồng cách điện bằng cao su, vỏ bằng chì, nhựa tổng hợp và cao su không cháy, bọc sắt hoặc không bọc sắt

Thiết diện dây dẫn, mm²	Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép (A) của dây dẫn và cáp				
	một lõi	hai lõi		ba lõi	
	Khi đặt				
	Trong không khí	Trong không khí	Trong đất	Trongkhông khí	Trong đất
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	175	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	–	–	–	–

Bảng 2-48. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp nhôm cách điện bằng cao su hoặc nhựa tổng hợp, vỏ bằng cao su không cháy, bọc sắt hoặc không bọc sắt

Thiết diện dây dẫn, mm^2	Dòng điện phụ tải của cáp, (A)				
	một lõi	hai lõi		ba lõi	
	Khi đặt				
	Trong không khí	Trong không khí	Trong đất	Trong không khí	Trong đất
2,5	25	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	233	335
185	395	310	440	270	385
240	405	–	–	–	–

Bảng 2-49. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp đồng cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm, đặt trong đất

Thiết diện dây dẫn, mm^2	Dòng điện phụ tải, A(1)					
	Cáp một lõi, dưới 1 KV	Cáp hai lõi, dưới 1 KV	Cáp ba lõi			Cáp bốn lõi, dưới 1 KV
			Dưới 3KV	6KV	10KV	
	Nhiệt độ lớn nhất cho phép của lõi cáp, ^0C					
	80	80	80	65	60	80
2,5	–	45	40	–	–	–
4	80	60	55	–	–	50
6	105	80	70	–	–	60
10	140	105	95	80	–	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	176
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	345	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	–	490	440	400	450
240	880	–	570	510	460	–
300	1000	–	–	–	–	–
400	1220	–	–	–	–	–
500	1400	–	–	–	–	–
625	1520	–	–	–	–	–
800	1700	–	–	–	–	–

(1)Dòng điện phụ tải của cáp một lõi ứng với lúc cáp làm việc với dòng điện một chiều.

Bảng 2-50. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp đồng cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì, đặt trong nước

Thiết diện lõi cáp, mm^2	Dòng điện phụ tải A			
	Cáp ba lõi			Cáp bốn lõi dưới 1 KV
	Dưới 3KV	6KV	10KV	
	Nhiệt độ lớn nhất cho phép của lõi cáp, oC			
	80	65	60	80
16	--	135	120	--
25	210	170	150	195
35	250	205	180	230
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	--
185	615	545	510	--
240	715	625	585	--

Bảng 2-51. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp đồng cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm, đặt trong không khí

Thiết diện lõi cáp, mm^2	Cáp một lõi, dưới 1 KV	Cáp hai lõi, dưới 1 KV	Dòng điện phụ tải, A(1)			
			Cáp ba lõi			Cáp 4 lõi, dưới 1 KV
			Dưới 3KV	6KV	10KV	
	Nhiệt đội lớn nhất cho phép, ^0C					
	80	80	80	65	60	80
2,5	40	30	28	–	–	–
4	5,5	40	37	–	–	35
6	75	55	45	–	–	45
10	95	75	60	55	–	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	176	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	–	375	325	305	340
240	610	–	430	375	350	–
300	720	–	–	–	–	–
400	880	–	–	–	–	–
500	1020	–	–	–	–	–
625	1180	–	–	–	–	–
800	1400	–	–	–	–	–

(1)Dòng điện phụ tải của cáp một lõi ứng với lúc cáp làm việc ở dòng điện một chiều.

Bảng 2-52. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp nhôm cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm, đặt trong đất

Thiết diện lõi cáp mm^2	Dòng điện phụ tải, A(1)					
	Cáp một lõi, dưới 1 KV	Cáp hai lõi, dưới 1 KV	Cáp ba lõi			Cáp bốn lõi, dưới dưới 1 KV
			Dưới 3KV	6KV	10KV	
	Nhiệt độ lớn nhất cho phép của lõi cáp, °C					
	80	80	80	65	60	80
2,5	–	35	31	–	–	–
4	60	46	42	–	–	38
6	80	60	55	–	–	46
10	110	80	75	60	–	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	400	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	585	–	380	340	310	345
240	675	–	440	390	355	–
300	770	–	–	–	–	–
400	940	–	–	–	–	–
500	1080	–	–	–	–	–
625	1170	–	–	–	–	–
800	1310	–	–	–	–	–

(1) Dòng điện phụ tải của cáp một lõi ứng với khi cáp làm việc với dòng điện một chiều.

Bảng 2-53. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp nhôm cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì, đặt trong nước.

Thiết diện lõi cáp, mm^2	Dòng điện phụ tải, A			
	Cáp ba lõi			Cáp bốn lõi, dưới 1KV
	Dưới 3KV	6KV	10KV	
	Nhiệt độ lớn nhất cho phép của lõi cáp, oC			
	80	65	60	80
16	--	105	90	--
25	160	130	115	150
35	190	160	140	175
50	235	195	170	220
70	290	240	210	270
95	340	290	260	315
120	390	330	305	360
150	435	385	345	--
185	475	420	390	--
240	550	480	450	--

Bảng 2-54. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của cáp nhôm cách điện bằng giấy tẩm dầu, vỏ bằng chì hoặc nhôm, đặt trong không khí.

Thiết diện lõi, lõi cáp, mm²	Dòng điện phụ tải, A(1)					
	Cáp một lõi, dưới 1KV	Cáp 2 lõi, dưới 1KV	Cáp ba lõi			Cáp 4 lõi, dưới 1KV
			Dưới 3KV	6KV	10KV	
	Nhiệt độ lớn nhất cho phép của lõi cáp, oC					
	80	80	80	65	60	80
2,5	31	23	22	–	–	–
4	42	31	29	–	–	27
6	55	42	35	–	–	35
10	75	55	46	42	–	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	–	290	250	235	260
240	470	–	330	290	270	–
300	555	–	–	–	–	–
400	675	–	–	–	–	–
500	785	–	–	–	–	–
625	910	–	–	–	–	–
800	1080	–	–	–	–	–

(1)Dòng điện phụ tải của cáp một lõi ứng với khi cáp làm việc ở dòng điện một chiều.

Bảng 2-55. Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của dây đồng, dây nhôm, dây nhôm lõi thép không có cách điện (nhiệt độ lớn nhất cho phép là 70oC) do Liên Xô sản xuất.

Dây đồng			Dây nhôm			Dây nhôm lõi thép		
Mã hiệu dây	Dòng điện phụ tải, A		Mã hiệu dây	Dòng điện phụ tải, A		Mã hiệu dây	Dòng điện phụ tải, A	
	Đặt ngoài trời	Đặt trong nhà		Đặt ngoài trời	Đặt trong nhà		Đặt ngoài trời	Đặt trong nhà
M-4	50	25	A-16	105	75	AC-10	80	50
M-6	70	35	A-25	130	105	AC-16	105	75
M-10	95	60	A-35	170	130	AC-25	130	100
M-16	130	100	A-50	215	165	AC-35	175	135
M-25	180	135	A-70	265	210	AC-50	210	165
M-35	220	170	A-95	320	255	AC-70	265	210
M-50	270	215	A-120	375	300	AC-95	330	260
M-70	340	270	A-150	440	335	AC-120	380	305
M-95	415	335	A-185	500	410	AC-150	445	365
M-120	485	395	A-240	590	490	AC-185	510	425
M-150	570	465	A-300	680	570	AC-240	610	505
M-185	640	530	A-400	815	690	AC-300	690	585
M-240	760	685	A-500	980	800	AC-400	835	715
M-300	880	740	A-600	1070	930	–	–	–
M-400	1050	895	–	–	–	–	–	–

Chú thích : 1. M – dây đồng; A – dây nhôm; AC – dây nhôm lõi thép
2. Chữ số sau các chữ cái M, A, AC chỉ thiết diện của dây dẫn (mm2). Đối với dây nhôm lõi thép (AC) chữ số chỉ thiết diện phần nhôm.

Bảng 2-56. **Dòng điện phụ tải lâu dài cho phép của thanh cái bằng đồng và bằng nhôm** (nhiệt độ tiêu chuẩn của môi trường xung quanh là +25°C)

Kích thước mm^2	Thiết diện của một thanh, mm^2	Khối lượng, kg/m		Dòng điện cho phép, A					
		Đồng	Nhôm	Mỗi pha một thanh		Mỗi pha ghép hai thanh		Mỗi pha ghép ba thanh	
				Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25 × 3	75	0,668	0,203	340	265	–	–	–	–
30 × 3	90	0,800	0,234	405	305	–	–	–	–
30 × 4	120	1,066	0,324	475	365	–	–	–	–
40 × 4	160	1,424	0,432	625	480	–	–	–	–
40 × 5	200	1,780	0,540	700	540	–	–	–	–
50 × 5	250	2,225	0,675	860	665	–	–	–	–
50 × 6	300	2,676	0,810	955	740	–	–	–	–
60 × 5	300	2,670	0,810	1025	705	–	–	–	–
60 × 6	360	3,204	0,972	1125	870	1740	1350	2240	1710
60 × 8	480	4,272	1,295	1320	1025	2160	1680	2790	2180
60 × 10	600	5,340	1,620	1475	1155	2560	2010	3300	2650
80 × 6	480	4,272	1,295	1480	1150	2110	1630	2720	2100
80 × 8	640	5,698	1,728	1690	1320	2620	2040	3370	2620
80 × 10	800	7,120	2,160	1900	1480	3100	2410	3990	3100
100 × 6	600	5,340	1,620	1810	1425	2470	1935	3170	2500
100 × 8	800	7,120	2,160	2080	1625	3060	2390	3930	3050
100 × 10	1000	8,900	2,700	2310	1820	3610	2860	4650	3640
120 × 8	960	8,460	2,600	2400	1900	3400	2650	4340	3380
120 × 10	1200	10,650	3,240	2650	2070	4100	3200	5200	4100

Bảng 2-57. Hệ số hiệu chỉnh k1 về nhiệt độ của môi trường xung quanh đối với phụ tải của cáp, dây dẫn cách điện và không cách điện.

Nhiệt tiêu chuẩn của môi trường xung quanh, °C	Nhiệt độ lớn nhất cho phép của dây, °C	Hệ số k_1 khi nhiệt độ của môi trường xung quanh là °C											
		–5	–0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25		1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,80	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25		1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25		1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54

Bảng 2-58. Hệ số hiệu chỉnh k2 về số dây cáp càng đặt trong một hầm cáp hoặc một rãnh dưới đất.

Khoảng cách giữa các sợi cáp, mm	Số sợi cáp					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Bảng 2-59. Đặc tính cấu tạo và phạm vi ứng dụng của cáp cách điện bằng cao su điện áp 0,5 ~ 6KV, do Liên Xô chế tạo.

Loại cáp	Đặc tính cấu tạo	Phạm vi ứng dụng
СРГ, АСРГ	Cách điện bằng cao su có vỏ chì trần	Lắp đặt trong nhà, trong rãnh, trong tuynen, không chịu lực kéo, môi trường không có chất ăn mòn.
НРГ, АНРГ	Cách điện bằng cao su, có vỏ bằng cao su không cháy	Phạm vi ứng dụng như trên nhưng môi trường có chất ăn mòn.
ВРГ, АВРГ	Cách điện bằng cao su, có vỏ bằng chất dẻo pôlivinin–clorua ngoài bọc băng thép	Lắp đặt trong đất chịu lực căng
СРВГ, АСРВГ ВРБГ, АВРБГ НРБГ, АНРБГ	Như trên, có thêm lớp bảo vệ chống ăn mòn	như trên
СРП, АСРП	Cách điện bằng cao su, có vỏ chì, ngoài bọc dây thép dẹt mạ kẽm, có vỏ bọc bảo vệ	như trên
СРНГ , АСРНГ	Như trên, nhưng không có vỏ bọc bảo vệ bên ngoài chống ăn mòn	như trên

Chú thích : А – Cáp ruột nhôm, không có chữ А có nghĩa là ruột đồng;

Б – Bọc bằng băng thép, bên ngoài có lớp chống ăn mòn;

Г – bên ngoài phần vỏ kim loại không có lớp chống ăn mòn;

С – Vỏ bằng chì.

В – Cách điện bằng chất dẻo polivinin-clorua;

Н – Có bọc lớp không cháy;

Р – Cách điện bằng cao su;

П – Cách điện bằng polyetilen;

О – Vỏ bọc kim loại riêng cho từng pha.

Bảng 2-60. Đặc tính cấu tạo và phạm vi ứng dụng của cáp ruột bằng đồng hoặc nhôm, điện áp 1-35 KV, do Liên Xô chế tạo.

Loại cáp	Đặc tính cấu tạo	Phạm vi ứng dụng	Điện áp KV
ВВГ, АВВГ	Cách điện bằng polyvinin-clorua	Đặt trong nhà, trong rãnh, tuynen – không chịu lực kéo	1
ВВБ, АВББ, ПВБ, АПВБ	Cách điện như trên có bọc bằng băng thép, ngoài có lớp bảo vệ	Đặt trong đất hoặc hào cáp, không chịu lực kéo	
ВВБ АВВБ	như trên	Đặt trong không khí, trong nhà, tuynen không chịu lực kéo	6
ПОВБ, АПОВБ-	Cách điện bằng polyetylen, vỏ bọc bằng polyvinin-Clorua, vỏ bọc băng thép có lớp chống ăn mòn	Đặt trong đất, không chịu lực kéo	10 – 20
ПОПБ/Г АПО ПБГ	Cấu tạo như trên nhưng không có phần bảo vệ chống ăn mòn	Đặt trong không khí trong nhà, trong hào cáp, không chịu lực kéo	35

Chú thích : xem ở Bảng 2-59.

Bảng 6-21. **Số liệu kỹ thuật của rơle dòng điện do Liên Xô chế tạo**

Kiểu rơle	Tham số đầu vào						Tham số đầu ra					
	Công suất tiêu thụ	Giới hạn dòng, A		ktv	ttđ, gy	Số tiếp điểm	Dòng, A		Áp, V		Công suất	
	VA	I_{dm}	$I_{kđ}$				=	~	=	~	= W	~ VA
РТ 40/0,2	0,2	0,5 - 1	0,05 - 0,2	0,8 - 0,85	0,03 - 0,1	Đ1, 1M	2	2	220	220	60	300
РТ 40/0,6		1,6 - 3,2	0,15 - 0,6									
РТ 40/2		5,8 - 7,6	0,5 - 2									
РТ 40/6	0,5	10 - 20	1,5 - 6									
РТ 40/10		16 - 32	2,5 - 10									
РТ 40/20		18 - 36	5 - 20									
РТ 40/50	0 0,8	25 - 50	12,5 - 50	0,7 - 0,85								
РТ 40/100	1,8		25 - 50									
ЭТД551/40	0,08	–	10 - 40	0,5	0,1 - 0,3	тĐ	0,5	0,5	220	220	20	100
ЭТД551/50	0,08	–	12,5 - 50									
ЭТД551/60			15 - 60									
РТ 81/1	10	10	4 - 10	0,8	0,5 - 4			2	220	220	20	100
РТ 81/2		5	2 - 5									
РТ 82/1		10	4 - 10		2 - 16							
РТ 82/2		5	2 - 5									
РТ 83/1		10	4 - 10		1 - 4							
РТ 83/2		5	2 - 5									
РТ 84/1		10	4 - 10		1 - 16							
РТ 84/2		5	2 - 5									

Bảng 2-62. Số liệu kỹ thuật của rơle điện áp do Liên Xô chế tạo

Kiểu rơle	Tham số đầu vào					Tham số đầu ra						
	Công suất tiêu thụ VA	Giới hạn U, V		ktv	t_{td} gy	Số tiếp điểm	Dòng, A		Áp, V		Công suất	
		U_{dm}	$U_{kđ}$				≂	⎓	≂	⎓	≂ W	⎓ VA
PH 53/60		30 - 60	15 - 60									
PH 53/200		100 - 200	50 - 200									
PH 53/400		200 - 400	100 - 400	0,8	0,03 - 0,15							
PH 53/60R		100 - 200	15 - 60			1Đ, 1M	2	2	220	220	300	60
PH 54/48		30 - 60	12 - 48									
PH 54/160		100 - 200	40 - 160									
PH 54/320		200 - 400	80 - 320	1,25	0,15							

Bảng 2-63. **Số liệu kỹ thuật của rơle thời gian do Liên Xô chế tạo**

Kiểu rơle	Tham số đầu vào				Số tiếp điểm
	Công suất tiêu thụ VA	$U_{đm}$, V	$U_{kđ}$, V	Thời gian duy trì, gy	
ЭВ-112	30 một chiều	24 - 220	0,7 $U_{đm}$	0,1 - 1,3	1Đ, 1TC
ЭВ-114					1Đ, 1TC
ЭВ-122				0,25 - 3,5	1Đ, 1M (1ĐC)
ЭВ-124					1Đ, 1TC
ЭВ-132				0,5 - 9	1Đ, 1M (1ĐC)
ЭВ-134					1Đ, 1TC
ЭВ-142				1 - 20	1Đ, 1M (1ĐC)
ЭВ-144					1Đ, 1TC
ЭВ-215	20 VA xoay chiều	100 - 380	0,75	0,1 - 1,3	1Đ, 1TC (1ĐC)
ЭВ-225				0,25 - 3,5	
ЭВ-235				0,5 - 9	
ЭВ-245				1 - 20	

Ký hiệu của tiếp điểm : Đ - đóng tức thời;

M - mở tức thời;

ĐC - đóng chậm;

TC - đóng trượt chậm.

Bảng 2-64. Số liệu kỹ thuật của rơle trung gian do Liên Xô chế tạo

Kiểu rơle	Tham số đầu vào				Tham số đầu ra		
	Công suất tiêu thụ, VA	Giới hạn U, V			Số tiếp điểm	Dòng, A	
		U_{dm}	$U_{kđ}$	$t_{tđ}$ gy		=	~
РП-221	5	110 - 220	0,5 U_{dm}	0,01	2T	2	2
РП-222	6				4Đ		
РП-213							
РП-214	8		0,6 U_{dm}				
РП-215	5		0,5 U_{dm}		2Đ, 2M		
РП-311	8	100, 127, 220	0,7 U_{dm}	0,05	2Đ, 2M		20
РП 351	35	100, 127, 220	0,7 U_{dm}	0,06	2Đ, 2M 2T	2	2

Ký hiệu tiếp điểm : Đ - đóng tức thời; M - mở tức thời;
T - đóng trượt có thời gian; ĐC - đóng chậm.

Bảng 2-65. Điện trở suất ρ của đất

Đất	$\rho \times 10^4$ Ω/cm
Cát	7
Cát pha	3
Đất đen	2
Đất sét, đất sét pha sỏi	1
Độ dày của lớp đất sét (1 - 3m)	1
Đất vườn, ruộng	0,4
Đất bùn	0,2

Bảng 2-66. Hệ số hiệu chỉnh điện trở suất của đất k_{max}

Cực nối đất	k_1	k_2	k_3
- Thanh dẹt chôn nằm ngang cách mặt đất 0,5m	6,5	5,0	4,5
- Thanh dẹt chôn nằm ngang cách mặt đất 0,8m	3,0	2,0	1,6
- Cọc thép, ống thép, cọc thép góc được đóng sâu cách mặt đất 0,5 - 0,8m	2,0	1,5	1,4

Chú thích : k_1 : đất ẩm; k_2 : đất ẩm trung bình; k_3 : đất khô.

Bảng 2-67. Kích thước tối thiểu của các cọc và thanh nối đất bằng thép

Tên gọi	Đặt trong nhà	Đặt ngoài trời	Đặt trong đất
Sắt tròn, đường kính, mm	5	6	6
Sắt góc có :			
Thiết diện, mm^2	24	48	48
Dày, mm	3	4	4
Các ống dẫn hơi nước bằng thép vách dày, mm	2,5	2,5	3,5
Sắt góc, có gờ dày, mm	2	2,5	4

Bảng 2-68. **Hệ số sử dụng của cọc η_c và thanh ngang η_t**

Số cọc chôn thẳng đứng	Tỉ số a/l (a – khoảng cách giữa các cọc) (l – chiều dài cọc)					
	1		2		3	
	η_c	η_t	η_c	η_t	η_c	η_t
Khi đặt các cọc theo chu vi mạch vòng						
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64
8	0,58	0,36	0,71	0,43	0,78	0,60
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,47
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41
50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,20	0,54	0,26	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33
Khi đặt các cọc thành dãy						
3	0,78	0,80	0,86	0,92	0,91	0,95
4	0,74	0,77	0,83	0,87	0,88	0,92
5	0,70	0,74	0,81	0,86	0,87	0,90
6	0,63	0,72	0,77	0,83	0,83	0,88
10	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82
15	0,54	0,50	0,70	0,64	0,78	0,74
20	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68
30	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58

Bảng 2-69. **Số liệu kỹ thuật của các loại tụ điện do Liên Xô chế tạo**

Mã hiệu	Số pha	$U_{đm}$, kV	Điện dung C, μF	Dung lượng Q, kVAr	Kích thước, mm			Khối lượng, kg
					Đáy	Cao		
						Có sứ	Không sứ	
KM 0,22	3	0,22	230; 262; 315	3,5; 4; 4,8	380 × 110	435	370	23
KM 1 – 0,22	3	0,22	276; 329; 394	4,2; 5; 6	318 × 145	530	456	30
KM 2 – 0,22	3	0,22	590; 657; 790	9; 10; 12	318 × 145	930	860	65
KM 0,38	3	0,38	198; 220; 265	9; 10; 12	380 × 110	435	370	23
KM 1 – 0,38	3	0,38	232; 276; 331	10,5; 12,5; 15	318 × 145	530	456	30
KM 2 – 0,38	3	0,38	464; 552; 660	21; 25; 30	318 × 145	930	860	65
KM 0,50	3	0,50	115; 127; 153	9; 10; 12	380 × 110	435	370	23
KM 1 – 0,50	3	0,50	134; 159; 191	10,5; 12,5; 15	318 × 145	530	456	30
KM 2 – 0,50	3	0,50	268; 318; 382	21; 25; 30	318 × 145	930	860	65
KM 1,05	1	1,05	266; 28,8; 34,7	9; 10; 12	382 × 110	460	370	23
KM 1 – 1,05	1	1,05	30,3; 35; 43,2	10,5; 12,5; 15	318 × 145	550	456	30
KM 2 – 1,05	1	1,05	60,7; 72,2; 86,6	21; 25; 30	318 × 145	965	860	65
KM 3,15	1	3,15	2,88 3,22 3,85	9; 10; 12	380 × 110	490	370	23
KM 1 – 3,15	1	3,15	3,36; 4,0; 4,8	10,5; 12,5; 15	318 × 145	560	456	30
KM 2 – 3,15	1	3,15	6,7; 8,0; 9,6	21; 25; 30	318 × 145	995	860	65
KM 6,3	1	6,3	0,72; 0,80; 0,96	9; 10; 12	380 × 110	540	370	23
KM 1 – 6,3	1	6,3	0,84; 1,0; 1,20	10,5; 12,5; 15	318 × 145	640	456	30
KM 2 – 6,3	1	6,3	1,68; 2,0 2,4	21; 25; 30	318 × 145	1045	860	65
KM 10,5	1	10,5	0,26; 0,28; 0,34	9; 10; 12	380 × 110	570	370	25

Chú thích : K – Tụ điện; M – tẩm dầu.

Bảng 2-70. Hệ số sử dụng ksd của một số loại đèn.

Loại đèn		Y			Yм			Гэ			ЛЦ					Đèn huỳnh quang						Đèn huỳnh quang loại kín					
ρtrần %		30	50	70	30	50	70	30	50	70	50			70		30		50		70		30		50		70	
ρtường %		1	30	50	10	30	50	10	30	50	30	50	70	50	70	10	30	30	50	30	50	10	30	30	50	30	50
Chỉ số của phòng φ	0,5	21	24	28	14	17	21	19	21	25	16	20	27	22	29												
	0,6	27	30	34	19	22	26	24	27	37	21	25	32	27	33	28	31	32	37	32	37	23	25	26	28	26	29
	0,7	32	35	38	23	26	29	29	31	34	24	29	35	30	38												
	0,8	35	38	41	26	28	32	32	34	37	26	31	37	33	41	37	41	40	45	41	46	30	32	32	35	32	35
	0,9	38	40	44	28	30	34	34	36	39	29	33	39	35	43												
	1,0	40	42	45	30	32	35	36	38	40	31	34	41	37	44	43	45	46	49	46	50	34	35	36	38	36	38
	1,1	42	44	46	31	33	36	37	39	41	32	36	42	38	46												
	1,25	44	46	48	33	35	37	39	41	43	34	38	43	41	48	47	48	50	53	50	54	37	38	39	41	39	41
	1,5	46	48	51	35	36	40	41	43	46	37	41	46	44	51	50	52	52	56	54	58	39	40	41	42	41	44
	1,75	48	50	53	37	39	41	43	44	48	39	43	48	46	53												
	2,0	50	52	55	39	40	43	44	46	49	41	45	50	48	55	56	57	58	61	59	62	42	44	44	46	45	46
	2,25	52	54	56	40	42	45	46	48	51	43	47	52	50	57												
	2,5	54	55	59	42	44	46	48	49	52	45	48	54	53	58	60	62	63	65	64	67	46	46	47	49	48	50
	3,0	55	57	60	43	45	47	49	51	53	47	51	55	54	60	62	64	64	67	66	69	47	48	48	50	49	51
	3,5	56	58	61	44	46	48	50	52	54	49	52	57	57	63												
	4,0	57	59	62	45	47	49	51	52	55	50	54	58	59	64	65	67	68	70	69	72	48	49	50	52	51	53
	5,0	58	60	63	46	48	51	52	54	57	52	56	60	61	65	67	68	69	72	71	74	49	50	51	53	52	54

Chú thích : Y – đèn "vạn năng";

Yм – đèn "vạn năng";

Гэ – đèn chiếu sâu;

ЛЦ – đèn dùng cho phòng làm việc.

Bảng 2-71. Trị số ξ, ρ và ρ^3 dùng để tính chiếu sáng đèn pha.

θ \ x/h	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1 9	20
	0,81	0,525	0,375	0,285	0,22	0,175	0,14	0,115	0,095	0,175	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,015	0,005	0	0,005
6	1,1	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1	9,6	10,1
	1,33	4,05	9,3	17,4	29,5	46	68	95	130	173	225	203	353	435	520	630	740	870	1020
	0,75	0,485	0,335	0,245	0,185	0,14	0,105	0,08	0,056	0,04	0,025	0,025	0	0,01	0,015	0,025	0,03	0,035	0,04
8	1,13	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,1	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1	9,5	10
	1,43	4,25	9,5	17,8	30,0	46,5	68	97	132	173	3 225	225	353	430	520	625	740	860	1020
	0,7	0,44	0,3	0,21	0,15	0,105	0,07	0,045	0,025	0,005	0,01	0,01	0,035	0,04	0,05	0,06	0,065	0,07	0,075
10	1,16	1,65	2,14	2,64	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,1	7,1	7,6	8,1	8,5	9,1	9,5	10
	1,35	4,5	9,8	18,4	30,5	47,5	69	98	132	174	225	225	353	430	520	625	735	860	1010
	0,65	0,4	0,25	0,175	0,115	0,07	0,035	0,01	0,01	0,03	0,045	0,045	0,07	0,075	0,085	0,095	0,100	1,105	0,11
12	1,18	1,7	2,17	2,65	3,14	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,1	7,05	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10
	1,65	4,7	10,2	18,5	31,0	48	70	98	1302	174	225	225	350	425	515	620	730	850	1000
	0,6	0,355	0,225	0,135	0,008	0,03	0	0,025	0,045	0,065	0,08	0,085	0,105	0,11	0,12	0,18	0,135	0,14	0,145
14	1,21	1,7	2,2	2,67	3,15	3,64	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,1	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	9,9
	1,77	4,9	10,4	19,0	31,0	48	70	98	130	173	220	220	345	425	510	610	720	840	980
	0,56	0,32	0,185	0,1	0,04	0	0,035	0,06	0,08	0,1	0,115	0,115	0,14	0,15	0,115	0,165	0,17	0,175	0,18
16	1,24	1,7	2,2	2,7	3,16	3,64	4,1	4,6	5,1	5,56	6,0	6,0	7,0	7,5	8,0	8,4	8,9	9,4	9,9
	1,89	5,1	10,6	19,0	31,5	48	70	97	130	172	220	220	343	415	500	600	710	830	960
	0,51	0,28	0,15	0,065	0,005	0,035	0,07	0,095	0,12	0,135	6,15	0,15	0,175	0,185	0,19	0,2	0,205	0,21	0,22
18	1,26	1,74	2,2	2,7	3,16	3,64	4,1	4,6	5,1	5,54	6,0	6,0	7,0	7,4	7,9	8,4	8,9	9,3	9,8
	2,0	5,3	10,8	19,4	31,5	48	69	97	130	175	216	216	353	410	495	590	701	810	940

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	0,47	0,245	0,115	0,035	0,025	0,07	0,105	0,13	0,15	0,17	0,185	0,125	0,21	0,22	0,23	0,235	0,24	0,25	0,25	0,26
20	1,28	1,75	2,2	2,7	3,16	3,6	4,1	4,6	5,0	5,5	6,0	6,0	6,9	7,4	7,9	8,3	8,8	9,3	9,7	10,2
	2,1	5,4	11	19,4	31,5	48	68,5	95	128	167	216	216	380	400	485	580	680	800	920	1060
	0,425	0,205	0,08	0,005	0,06	0,105	0,14	0,165	0,19	0,21	0,22	0,22	0,25	0,255	0,265	0,27	0,28	0,285	0,29	
22	1,3	1,77	2,23	2,7	3,16	3,6	4,1	4,55	5	5,5	5,94	5,94	6,9	7,8	7,8	8,2	8,7	9,2	9,6	
	2,2	5,55	11	19,4	31,5	47,5	68	94	125	163	210	210	330	390	470	560	660	770	890	
	0,385	0,17	0,045	0,04	0,1	0,145	0,18	0,205	0,225	0,245	0,26	0,26	0,285	0,295	0,305	0,31	0,32	0,325		
24	1,33	1,8	2,24	2,7	3,05	3,6	4,06	4,5	5,0	5,4	5,9	5,9	6,8	7,3	7,7	8,2	8,6	9,4		
	2,3	5,6	11,2	19,4	31	47	67	92	123	160	205	205	315	380	460	545	640	750		
	0,37	1,135	0,01	0,075	0,135	0,18	0,21	0,24	0,26	0,28	0,3	0,3	0,325	0,335	0,8	0,35	0,36			
26	1,34	1,8	2,24	2,7	3,14	3,6	4,0	4,5	4,9	5,4	5,8	5,7	6,7	7,2	7,6	8,1	8,5			
	2,39	5,9	11,2	19,4	31	45	64	90	120	156	200	200	305	370	445	525	620			
	0,305	0,1	0,025	0,11	0,17	0,215	0,25	0,275	0,8	0,32	0,335	0,335	0,36	0,37	0,38	0,39				
28	1,352	1,8	2,24	2,75	3,1	3,56	4	4,44	4,9	5,3	5,8	5,8	6,65	7,1	7,5	8,0				
	2,47	5,7	11,2	19	30	45	64	87	116	151	192	192	295	355	425	505				
	0,27	0,065	0,08	0,145	0,205	0,25	0,285	0,315	0,34	0,36	0,375	0,775	0,4	0,41	0,42					
30	1,366	1,8	2,23	2,67	3,1	3,6	3,96	4,4	4,8	5,26	5,7	5,7	6,56	7,0	7,4					
	2,53	5,3	11,1	19	30	44	62	85	112	145	184	184	283	34 5	410					

Chú thích : Trong mỗi ô : số trên là ξ

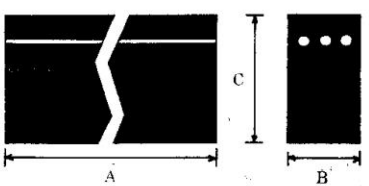
số giữa là ρ

số dưới là ρ^3

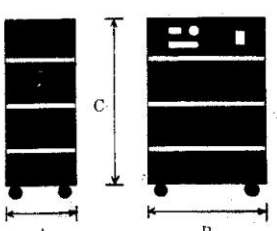
Bảng 2-72. Trị số tham khảo để tính chiếu sáng ngoài trời

$\frac{x}{h}$	x	ξ	ρ	ρ^3	Độ chiếu trên mặt phẳng			Độ chiếu trên mặt phẳng		
					ε	η	y	ε	η	y
1	20	0,56	1,24	1,89	756	–	–	756	–	–
1,5	30	0,32	1,7	5,1	2040	0,47	16	1350	–	–
2	40	0,185	2,2	10,6	4240	0,35	15,5	2120	0,55	24
2,5	50	0,1	2,7	19	7600	0,31	16,5	3000	0,5	27
3,0	60	0,04	3,16	31,5	12600	0,25	16	4200	0,45	28,5
3,5	70	0	3,64	48	19200	0,21	15,5	5500	0,4	29
4,0	80	0,035	4,1	70	28000	0,15	12,5	7000	0,35	29
4,5	90	0,06	4,6	97	38800	0,06	5,5	8600	0,3	27,5
5,0	100	0,08	5,1	130	52000	–	–	10400	0,26	26,5
5,5	110	0,10	5,56	172	68800	–	–	12500	0,22	24,5
6,0	120	0,115	6,0	220	8800	–	–	14500	0,18	21,5
6,5	130	0,13	6,5	277	11100	–	–	17000	0	0

TỤ BÙ HẠ THẾ
CHI TIẾT ĐỂ ĐẶT HÀNG



MODULAR CAPACITOR UNIT



AUTOMATIC CAPACITOR BANK

Bảng 2-73

Mã số Part Number	KVAR	I/Pha	Volt	Kích thước (Dimensions)-mm			
				A	B	C	D
PFC020S400	20	30	400	230	140	270	250
PFC030S400	30	45	400	230	210	270	250
PFC050S400	50	75	400	230	350	270	250
PFC100H400	100	150	400	350	700	1050	
PFC120H400	120	180	400	350	700	1050	
PFC150H400	150	225	400	350	700	1350	
PFC180H400	180	270	400	350	700	1350	
PFC1200H400	200	300	400	350	700	1650	

Ghi chú :

* PFC020S400 : Tụ bù 20 KVAR 400 V loại bộ rời S.

* PFC100H400 : Tụ bù 100 KVAR 400 V loại hợp bộ với đầy đủ thiết bị bảo vệ đóng cắt bằng tay và tự động

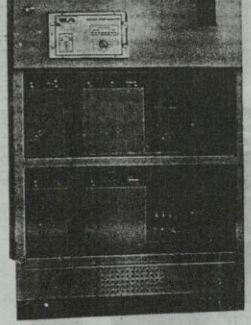
BỘ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG :

Bộ điều khiển tự động do XN VELFA thiết kế và chế tạo có chức năng sau :

* Chỉ thị cho biết trị số HSCS của phụ tải

* Đóng cắt từng nhóm tụ tùy theo tình trạng HSCS phụ tải có 4 hoặc 6 cấp hoạt động.

* Tự động cắt cả bộ tụ khi điện áp vượt quá 10% định mức.



ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA MỘT PHẦN TỬ TỤ

Phim tráng kim loại	Điện môi
400 Vac	Điện áp
66,6 μF	Điện dung
3,33 KVAr	KVAR
-5% – 10%	Dung sai
50/60 Hz	Tần số
-25°C + 45°C	Nhiệt độ
-0,2W/KVAr	Tổn hao
2,15 V_n (10")	Điện áp thử giữa 2 cực
3KV (5")	Điện áp thử giữa cực-vỏ
1,1 V_n	Điện áp tối đa
1,3I_n	Dòng điện tối đa
Bên trong tụ	Bảo vệ chống nổ
CEI 33-5, IEC70-70A	Tiêu chuẩn
BS 1650	
CRM	Loại
ICAR-Ý	Sản xuất

Bảng 2-74. Bảng tính công suất tụ bù

CAPACITOR BANK SIZING TABLE

Cosφ	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
0,50	0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51	0,936	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
0,52	0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
0,53	0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54	0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
0,55	0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56	0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57	0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58	0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59	0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,60	0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61	0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63	0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
0,64	0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
0,65	0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
0,66	0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67	0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68	0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69	0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
0,70	0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1,020
0,71	0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,72	0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,73	0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74	0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,75→	0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,76	0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77	0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,78	0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,79	0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,80		0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,81		0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82		0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,83		0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,84		0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,85		0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,86			0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,87			0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,88			0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,89			0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,90				0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Thí dụ : Thử tính công suất phản kháng KVAR cần đặt cho một xí nghiệp 500 KW để cải thiện cos φ = 0,75 lên cos φ = 0,93 Q_c = 500 × 0,487 = 244 KVAR

Bảng 3-1. Đặc tính kỹ thuật các máy biến áp điện lực do hãng AEG - Cộng hòa Liên bang Đức sản xuất và chào hàng 1995 theo DIN IEC-14-39/VDE 0532, điện áp 12-24/0,4KV, dung lượng từ 200 ÷ 2500 KVA.

Máy biến áp 3 pha, theo DIN

Công suất định mức [KVA]	Điện áp cực đại đối với trang thiết bị, U_m [KV]	Điện áp ngắn mạch $U_{N\%}$	Điện áp chịu đựng ở xung sét định mức, [KV]	Loại	Tổn thất không tải P_o,[W]	Tổn thất ngắn mạch P_K,[W]	Trọng lượng KG
(200)	12	4	75	TG 5341 F	600	2500	1010
	12	6	75	TG 5341 G	570	2600	1090
	24	6	125	TG 5344 G	750	2600	1140
(250)	12	4	75	TG 5441 F	800	2800	1080
	12	6	75	TG 5441 G	700	3100	1170
	24	6	125	TG 5444 G	800	3200	1220
(315)	12	4	75	TG 5541 F	840	3250	1350
	12	6	75	TG 5541 G	800	3300	1470
	24	6	125	TG 5544 G	850	3600	1530
400	12	4	75	TG 5641 F	950	3700	1490
	12	6	75	TG 5641 G	900	4300	1500
	24	6	125	TG 5644 G	1100	4100	1700
(500)	12	4	75	TG 5741 F	1200	4200	1970
	12	6	75	TG 5741 G	1200	5200	1850
	24	6	125	TG 5744 G	1100	5100	2310
630	12	4	75	TG 5841 F	1400	5500	2200
	12	6	75	TG 5841 G	1400	6100	2100
	24	6	125	TG 5844 G	1600	6300	2440
(800)	12	4	75	TG 5941 F	1800	5900	2680
	12	6	75	TG 5941 G	1700	6800	3050
	24	6	125	TG 5944 G	1900	7100	3200
1000	12	4	75	TG 6041 F	2000	7100	3070
	12	6	75	TG 6041 G	2000	8200	3500
	24	6	125	TG 6044 G	2200	8800	3630
(1250)	12	6	75	TG 6141 G	2400	9500	4370
	24	6	125	TG 6144 G	2700	10400	4470
1600	12	6	75	TG 6241 G	2800	11500	5100
	24	6	125	TG 6244 G	2900	12500	5120
(2000)	12	6	75	TG 6341 G	3200	15000	5600
	24	6	125	TG 6344 G	3400	15000	5930
2500	12	6	75	TG 6441 G	3600	18000	6600
	24	6	125	TG 6444 G	3800	19000	6840

Bảng 3-2. Đặc tính kỹ thuật máy cắt điện cao thế 72,5KV đến 420KV SF6 kim loại bao quanh.

	Loại		
	B1	B2	B3
Điện áp định mức, KV	72.5 ÷ 145	170 ÷ 245	245 ÷ 420
Dòng điện định mức, A		2500 ÷ 4000	
Dòng điện cắt định mức, KA	40	40	31.5
Dòng điện xung kích định mức chịu đựng được, KA	125	100	80
Dòng điện thời gian ngắn định mức, KA	31.5	50	50

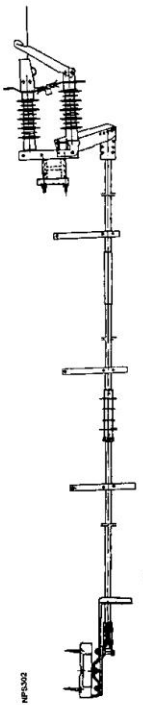
Bảng 3-3. Đặc tính kỹ thuật máy cắt điện được treo trên cột loại PMR3-SF6 do hãng Hawker Siddeley - Anh quốc sản xuất và chào hàng 1981.

Ký hiệu		PMR15	PMR27	PMR38
Điện áp hệ thống định mức	KV	14.4	24.9	34.5
Điện áp cực đại định mức,	KV	15.5	27	38
Tần số	Hz	50/60	50/60	50/60
Dòng điện liên tục định mức	A	560	560	560
Dòng điện cắt ngắn mạch định mức	KA	6 - 12	12	8
Dòng điện xung kích định mức, KA xung kích	KA	15.4 - 30.8	30.6	20.5
Dòng điện thời gian ngắn KA dành cho 3s	KA	6 - 12	12	8
Điện áp xung kích định mức chịu đựng được	KV	110	125	170

Bảng 3-4. Đặc tính kỹ thuật máy cắt điện chân không kiểu VMH do hãng K. Hawker Siddely - Anh quốc sản xuất theo dạng tủ.

Điện áp định mức	12 KV
Chịu đựng xung	75KV (95KV optional)
Dòng điện xung kích tạo nên,	đến 80KA
Dòng điện cắt đối xứng,	đến 31,5KA
Dòng điện trong thời gian ngắn định mức, 3 sec,	đến 31,5KA
Tần số	50Hz
Mức chịu đựng thanh góp	đến 2000A
Mức chịu đựng dòng điện	630A, 1250A và 2000A
Cầu dao nối đất,	đến 31,5KA (3 sec)
Mức độ bảo vệ	IP3X (BSS 5490-IEC 529)
Thiết kế theo đặc điểm IEC 298.	

Bảng 3-5. Giới thiệu máy cắt phụ tải dạng trên cột điện kiểu NPS, dòng điện từ 400A - 630A, điện áp đến 52KV do hãng ABB sản xuất và chào hàng 1996.



A. Cách điện epoxy, 3 pha, dòng điện định mức Idm = 400A.

Loại	Điện áp Un lớn nhất KV	Khoảng cách hồ quang/ trước mm	Phụ tải[1] hoạt động chính (dung lượng cắt)	Kiểm nghiệm sương muối (IEC 507) g/l	Trọng lượng kg
Đối với một hay hai khung sào					
NPS 24 B1 01	24	580/265	40 A/12 KV 32 A/15 KV 25 A/24 KV	28...40	67
NPS 24 B1 01-J2	24	740/272	40 A/12 KV 32 A/15 KV 25 A/24 KV	160	67
Đối với hai khung sào					
NPS 24 B1 05	24	580/265	40 A/12 KV 32 A/15 KV 25 A/24 KV	28...40	50

B. Cách điện dùng sứ cách điện, 3 pha, dòng điện định mức I_{dm} = 630A.

Loại	Điện áp Un lớn nhất KV	Khoảng cách hồ quang/ trước mm	Phụ tải[1] hoạt động chính (dung lượng cắt)	Kiểm nghiệm sương muối (IEC 507) g/l	Trọng lượng kg
Đối với một hay hai khung sào					
NPS 24 A2 01	24	530/212	40 A/12 KV 32 A/15 KV 25 A/24 KV	20...40	103
NPS 24 A2 01-J2	24	620/270	40 A/12 KV 32 A/15 KV 25 A/24 KV	56...80	114
Đối với hai khung sào					
NPS 24 A2 05	24	530/212	40 A/12 KV 32 A/15 KV 25 A/24 KV	20...40	87
NPS 24 A2 05-J2	24	620/270	40 A/12 KV 32 A/15 KV 25 A/24 KV	56...80	98
NPS 36 A 201[2] **NPS 36 A 202**	36 36	900/360 900/360	16 A/36 KV 16 A/36 KV	-	180 180
NPSN 564 B	**52**	2 × 530/ 2 × 212	16 A/36 KV	-	230

Bảng 3-6. Máy cắt trung thế (điện áp 12 - 24 KV) đặt trong tủ kéo loại MH - do hãng ABB sản xuất và chào hàng.

Máy cắt điện kiểu MH12-MH24	Điện áp định mức, KV	Chịu đựng điện áp AC-KV, phút	Chịu đựng điện áp xung, KV	Điện áp thao tác, KV	Chịu đựng dòng điện ổn định nhiệt, KA, 1s	Chịu đựng dòng điện ổn định động, KA	Chịu đựng dòng điện hồ quang liên tục, KA, 1s	Dòng điện định mức trên thanh góp chính A
MH 12	12	28	75	3 6 10 11	12,5 20 25 31,5 40	31,5 50 62,5 80 100	40	630 1250 1600 2000 2500 3150
MH 24	24	50	125	20 22	12,5 16 20 25	31,5 50 62,5	25	1250 2000

Bảng 3-7. Tủ cầu dao điện áp thấp từ 800 A - 4000 A, với điện áp định mức 380 V, 500 V, 690 V, 1000 V, kiểu MD do hãng ABB sản xuất và chào hàng 1989.

Đặc tính kỹ thuật như sau : (Bảng 3-7)

Tiêu chuẩn	SFS 4756, E 3-85, A 1-80, IEC 439-1, SEN 362130, VDE 0660 TEIL 500, BS 5486: 1, PUE
Điện áp định mức	380 V, 500 V, 690 V, 1000 V; 50/60 Hz
Dòng điện định mức :	
- Ở thanh góp chính	800 A...4000 A
- Ở thanh góp thẳng đứng	400 A...2000 A
Chịu đựng dòng điện ngắn mạch,	Ith - dòng ổn định nhiệt : 31,5 KA... 80 KA, 1s Idyn - dòng ổn định động : 67 KA... 176 KA
Chịu đựng hồ quang	(> 50 KA với rơle hồ quang, cửa mở với rơle hồ quang).

Bảng 3-8. Áptômát hạ áp ngắt mạch trong không khí loại AE.SS của hãng Mitsubishi Nhật, chào hàng năm 1993.

LOẠI				LOẠI (general model) S											
Loại				AE630-SS		AE1000-SS		AE1250-SS		AE1600-SS		AE2000-SS		AE2500-SS	
Cỡ, A				630		1000		1250		1600		2000		2500	
Điện áp cách điện định mức VAC				1000		1000		1000		1000		1000		1000	
Điện áp tác động định mức (VAC)				690		690		690		690		690		690	
Số lượng cực (P)				3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Dòng điện định mức (In), A		Dùng tổng hợp (có thể điều chỉnh được khung dòng điện)		315-378-441-504-567-630-250-300-350-400-450-500-157-189-220-252-284-315		500-600-700-800-900-1000		625-750-875-1000-1125-1250		800-960-1120-1280-1440-1600 800-960-1120-1280-1440		1000-1200-1400-1600-1800-2400 800-960-1120-1280-1440-1600 625-750-875-1000-1125-1250		1250-1500 1750-2000 2250-2500	
		Dùng bảo vệ máy phát điện (Current rating fixed)		315<IN≤630 200<IN≤315		500≤IN≤1000		625≤IN≤1250		800≤IN≤1600		1000<IN≤2000 625≤IN≤1000		1250≤IN≤2500	
Dòng điện định mức của cực trung hòa				630		1000		1250		1600		2000		2500	
Dung lượng cắt định mức (KA, đối xứng)	JIS C8372 JEC 160	Với hành trình tức thời	550VAC	50/105		50/105		50/105		50/105		65/143		65/143	
			460VAC	65/143		65/143		65/143		65/143		85/195.5		85/195.5	
		Với MCR	550VAC	50/105		50/105		50/105		50/105		65/143		65/143	
			460VAC	65/143		65/143		65/143		65/143		65/143		65/143	
		Không tức thời	550VAC	25/52.5		25/52.5		25/52.5		25/52.5		45/94.5		45/94.5	
Dung lượng chế tạo định mức chức năng ngắt giá trị đỉnh KA)	IEC 947-2 BS 4752 VDE 0660 (Note2)	Với hành trình tức thời	690VAC	50/105		50/105		50/105		50/105		50/105		50/105	
			600VAC	50/105		50/105		50/105		50/150		65/143		65/143	
			500VAC	65/143		65/143		65/143		65/143		85/187		85/187	
		Với MCR	690VAC	42/88.2		41/88.2		42/88.2		42/88.2		50/105		50/105	
			600VAC	50/105		50/105		50/105		50/105		65/143		65/143	
			500VAC	65/143		65/143		65/143		65/143		65/143		65/143	
		Không tức thời	690VAC	25/52.5		25/52.5		25/52.5		25/52.5		45/52.5		45/52.5	
Dòng điện thời gian ngắn định mức(RMS KA)			1 sec	65		65		65		65		65		65	
			2 sec	40		40		40		50		65		65	
			3 sec	30		30		30		50		65		65	
Thời gian ngắt tổng lớn nhất (sec)				0.04		0.04		0.04		0.04		0.04		0.04	
Thời gian đóng (sec)				0.08		0.08		0.08		0.08		0.08		0.08	
Số lượng của Chu kỳ hoạt động		Với dòng điện định mức		3000		3000		3000		2000		1500		1500	
		Dòng điện không định mức		1000		1000		1000		1000		1000		1000	

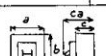
Bảng 3-8 (tiếp theo) – Áptômát hạ áp ngắn mạch loại AE.SS của hãng Mitsubishi – Nhật chào hàng năm 1993

			Loại H (kiểu dung lượng cắt cao)					
AE3200-SS	AE4000-S	AE5000-S	AE1000-H	AE1250-H	AE1600-H	AF2000-H	AE2500-H	AE3200-H
3200	4000	5000	1000	1250	1600	2000	2500	3200
1000	660	660	660	660	660	660	660	660
690	660	660	660	660	660	660	660	660
3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4
1600-1920-2240-2560-2880-3200 1600-1920-2240-2560-2880 App Cabe10-JE (60)	2400-3200-4000 1200-1600-2000	3000-4000-5000	600-800-1000 300-400-500 120-160-200	750-1000-1250	960-1280-1600 600-800-1000 300-400-500	1200-1600-2000	1500-2000-2500	1920-2560-3200 1200-1600-2000 600-800-1000
160 ≤IN≤ 3200	2400 ≤IN≤ 4000	3000 ≤ IN≤ 5000	250 ≤IN≤ 1000	320 ≤IN≤ 1250	600 ≤IN≤ 1600	1200 ≤ IN ≤ 2000	1500 ≤IN ≤ 2500	1920 ≤ IN ≤ 3200
3200	2500	2500	1000	1250	1600	1600	1600	1600
65/143	85/195.5	85/195.5	42/88.2	42/88.2	85/195.5	85/195.5	85/195.5	85/195.5
85/195.5	100/230	100/230	85/195.5	85.195.5	100/230	100/230	100/230	100/230
65/143	85/195.5	85/195.5	–	–	–	–	–	–
65/143	85/195.5	85/195.5	–	–	–	–	–	–
45/94.5	–	–	–	–	–	–	–	–
50/105	65/143	65/143	30/63	30/63	42/88.2	42/88.2	42/88.2	50/105
65/143	85/187	85/187	42/88.2	42/88.2	85/187	85/187	85/187	85/187
85/187	100/220	100/220	85/187	85/187	100/220	100/220	100/220	100/220
50/105	65/143	65/143	–	–	–	–	–	–
65/143	85/187	85/187	–	–	–	–	–	–
65/143	85/187	85/187	–	–	–	–	–	–
45/94.5	–	–	–	–	–	–	–	–
65	85	85	–	–	–	–	–	–
65	85	85	–	–	–	–	–	–
65	85	85	–	–	–	–	–	–
0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1000	300	300	1500	1500	1500	1500	1500	300
10000	4000	4000	10000	10000	5000	5000	5000	4000

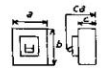
– Áptômát hạ áp kiểu MCCBS và ELCBS của hãng Mitsubishi chào hàng vào năm 1993.

Bảng 3-9. Đặc tính kỹ thuật như sau :

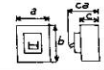
A. Dạng MCCBs – Loại S

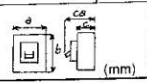
Cấu trúc, cỡ, (A)			30	50		60	100	
Kiểu			NF30-SS	NF50-SH	NF50-HC	NF60-SH	NF100-SS	NF100-S T/A
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45oC), A			3, 5, 10 15, 20, 30	10, 15, 20 30, 40, 50	3, 5 8, 10	10,15, 20, 30 40, 50, 60 (*2)	15, 20, 30, 40 50, 60, 75, 100	16 ~ 25 25 ~ 40 40 ~ 63, 63 ~ 80 80 ~ 100
Số lượng cực			2 | 3	2 | 3	2, 3	2 | 3 | 4	2 | 3 | 4	2 | 3 | 4
Điện áp cách điện định mức		AC	600	600	600	600	660	660
		DC	250(*1) –	250(*1) –	–	250(*1) –	250(*1) –	–
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1 IEC947-2(*5) Icu/Ics	AC	660V –	–	–	–	5	–
			600V –	5	–	5	10	–
			500V 2.5	7.5	–	7.5	15	–
			415V 2.5	10	42/21(*5) 30/15(*5)	10	25(22)(*3)	25(22)(*4)
			380V 5	15	42/21(*5) 30/15(*5)	15	30	30
			240V 5	25	85/43(*5)	25	50	50
		DC	250V 2.5 –	5 –	–	5 –	15 –	–
	JIS	AC	550V 1.5	7.5	25	7.5	15	–
			460V 2.5	10	42 30	10	25 (22) (*3)	–
			220V 5	25	85	25	50	–
		DC	250V 2.5 –	7.5 –	–	7.5 –	15 –	–
	NK, LR (*8) AB, GL	AC	460V 2.5	10	–	10 –	22 –	22 –
			230V 5	25	–	25 –	50 –	50 –
		DC	230V 2.5 –	5 –	–	7.5 –	15 –	–
Kích thước	 (mm)		a 50 75	50 75	90	50 75 100	60 90 120	90 120
			b 130	130	155	130	155	155
			c 68	68	68	68	68	68
			ca 86	86	86	86	86	86

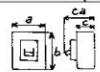
Cấu trúc, cỡ, (A)				100										160					
Kiểu				NF100-SH			NF100-SH T/A			NF100-RS			NF100-RS T/A			NF160-SS			NF160-SS T/A	
Hình dạng chụp																				
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A				15, 20, 30, 40 50, 60, 75, 100			16 ~ 25, 25 ~ 40 40 ~ 63, 63 ~ 80 80 ~ 100			15, 20, 30, 40 50, 60, 75, 100			16~ 25, 25 ~ 40 40 ~ 63, 63 ~ 80 80 ~ 100			50, 63, 75, 100, 125, 150, 160			63 ~ 80, 80 ~ 100 100 ~ 125, 125 ~ 160	
Số lượng cực				2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Điện áp cách điện định mức			AC	660			660			660			660			660			660		
			DC	250 (*1)		–	–			–			–			250 (*1)		–	–		
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1	AC	660V	–			–			–			–			5			–		
			600V	–			–			–			–			15			–		
			500V	35			–			42			–			18			–		
			415V	50			50			65			65			25			25		
			380V	50			50			65			65			30			30		
			240V	85			85			100			100			50			50		
		DC	250V	40		–	–			–			–			40		–	–		
	JIS	AC	550V	35			–			42			–			18			18		
			460V	42			–			65			–			25			25		
			220V	85			–			100			–			50			50		
		DC	250V	40		–	–			–			–			40		–	–		
	NK, LR (*4) AB, GL	AC	460V	2		–	42		–	42		–	42		–	22		–	22		–
			230V	85		–	85		–	100		–	100		–	50		–	50		–
		DC	230V	40		–	–			–			–			40		–	–		
Kích thước		(mm)	a	90		120	90		120	90		120	90		120	105		140	105		140
			b	155			155			155			155			165			165		
			c	86			86			86			86			86			86		
			ca	104			104			104			104			110			110		

Cấu trúc, cỡ, (A)			160						250											
Kiểu			NF160-SH			NF160-SH T/A			NF250-SS			NF250-SS T/A			NF250-SH			NF250-SHT/A		
Hình dạng chụp																				
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A			50, 63, 75, 100 125, 150, 160			63 ~ 80, 80 ~ 100 100 ~ 125, 125 ~ 160			125, 150, 175 200, 225, 250			125 ~ 160, 150 ~ 175 175 ~ 225, 225 ~ 250			125, 150, 175 200, 225, 250			125 ~ 160, 150 ~ 175 175 ~ 225, 225 ~ 250		
Số lượng cực			2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Điện áp cách điện định mức		AC	660			660			660			660			660			660		
		DC	250(*1)		--	--			250(*1)		--	--			250(*1)		--	--		
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1	660V	--			--			5			--			--			--		
		600V	--			--			15			--			--			--		
		500V	35			--			18			--			35			--		
		AC 415V	50			50			25			25			50			50		
		380V	50			50			30			30			50			50		
		240V	85			85			50			50			85			85		
		DC 250V	40		--	--			40		--	--			40		--	--		
	JIS	550V	35			35			18			18			35			35		
		AC 460V	42			42			25			25			42			42		
		220V	85			85			50			50			85			85		
		DC 250V	40		--	--			40		--	--			40		--	--		
	NK, LR(*4) AB, GL	AC 460V	42		--	42		--	22		--	22		--	42		--	42		--
		230V	85		--	85		--	50		--	50		--	85		--	85		--
		DC 230V	40		--	--			40		--	--			40		--	--		
Kích thước	 (mm)	a	105		140	105		140	105		140	105		140	105		140	105		140
		b	165			165			165			165			165			165		
		c	103			103			86			86			103			103		
		ca	127			127			110			110			127			127		

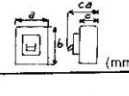
Cấu trúc, cỡ, (A)			250								400					
Kiểu			NF250-SE		NF250-RS			NF250-RS T/A			NF400-SS			NF400-SE		
Hình dạng chụp																
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C A (dùng ở đường thủy 45C),			125-150-175-200-225-250 Có thể điều chỉnh		125, 150, 175, 200, 225, 250			125~ 160, 150 ~ 175, 175 ~ 225, 225 ~ 250			250, 300, 350, 400			200-225-250-300-350-400 Có thể điều chỉnh		
Số lượng cực			3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	3	4	
Điện áp cách điện định mức		AC	660		660			660			660			660		
		DC	--		--			--			250(*1)		--	--		
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1	660V	15		--			--			15			15		
		600V	25		--			--			25			25		
		500V	35		42			--			35			35		
		415V	50		65			65			50			50		
		380V	50		65			65			50			50		
		240V	85		100			100			85			85		
		250V	--		--			--			40		--	--		
	JIS	550V	35		42			42			35			35		
		460V	50		65			65			50			50		
		220V	85		100			100			85			85		
		250V	--		--			--			40		--	--		
	NK,LR,(*4) AB, GL	460V	50	--	42		--	42		--	50		--	50		--
		230V	85	--	100		--	100		--	85		--	85		--
		230V	--		--			--			--			--		
Kích thước	(mm)	a	140	280	105		140	105		140	140		280	140		280
		b	257	275	165			165			257		275	257		275
		c	103		103			103			103			103		
		ca	155		127			127			155			155		

Cấu trúc cỡ, (A)			630		800		1000	
Kiểu			NF630-SS	NF630-SE	NF800-SS	NF800-SSD	NF1000-SS	NF1000-SSD
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (đứng ở đường thủy 45°C), A			500, 600, 630	300-350-400-500, 600, 630 Có thể điều chỉnh	400-450-500-600-700-800 Có thể điều chỉnh	700, 800	500-600-700-800-900-1000 Có thể điều chỉnh	1000
Số lượng cực			2 3 4	3 4	3 4	2	3 4	2
Điện áp cách điện định mức (V)		AC	660	660	660	–	660	–
		DC	250(*1) –	–	–	250	–	250
Khả năng cắt KA	IEC tEC 157-1 P1 BS4752-1	660V AC	15	15	15	–	25	–
		660V AC	25	25	25	–	50	–
		500V AC	35	35	35	–	65	–
		415V AC	50	50	50	–	85	–
		380V AC	50	50	50	–	85	–
		240V AC	85	85	85	–	125	–
		250V DC	40 –	–	–	40	–	40
	JIS	550V AC	35	35	35	–	65	–
		460V AC	50	50	50	–	85	–
		220V AC	85	85	85	–	125	–
		250V DC	40 –	–	–	40	–	40
	NK, LR, AB, GL	460V AC	50 –	50 –	50 –	–	85 –	–
		230V AC	85 –	85 –	85 –	–	85 –	–
		230V DC	–	–	–	–	–	–
Kích thước (mm)		a	210 280	210 280	210 280	210	210 280	210
		b	275	275	275	275	406	406
		c	103	103	103	103	140	140
		ca	155	155	155	155	190	190

Cấu trúc, cỡ (A)			1250		1600		2000	
Kiểu			NF1250-SS	NF1250-SSD	NF1600SS	NF1600-SSD	NF2000-S	NFE2000-S
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40oC (dùng ở đường thủy 45oC) A			600-700-800 1000-1200-1250 Có thể điều chỉnh	1250	800-1000-1200-1400-1500-1600 Có thể điều chỉnh	1600	1800.2000	1200-1400-1600-1800 2000 Có thể điều chỉnh
Số lượng cực			3 | 4	2	3 | 4	2	3 | 4	3 | 4
Điện áp cách điện định mức (V)		AC	660	--	660 (*2)	--	600 (*2)	600
		DC	--	250	--	250 (*3)	250 (*1) --	--
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1	AC 660V	25	--	25	--	--	--
		AC 660V	50	--	50	--	--	--
		AC 500V	65	--	65	--	65	65
		AC 415V	85	--	85	--	85	85
		AC 380V	85	--	85	--	85	85
		AC 240V	125	--	125	--	125	125
		DC 250V	--	40	--	40	50 --	--
	JIS	AC 550V	65	--	65	--	65	65
		AC 460V	85	--	85	--	85	85
		AC 220V	125	--	125	--	125	125
		DC 250V	--	40	--	40	50 --	--
	NK, LR, AB, GL	AC 460V	85 --	--	--	--	--	75 (LR) --
		AC 230V	125 --	--	--	--	--	100(LR) --
		DC 230V	--	--	--	--	--	--
Kích thước	 (mm)	a	210 280	210	210 280	210	305 416	305 416
		b	406	406	406	406	559	559
		c	140	140	140	140	229	229
		ca	190	190	190	190	301	301

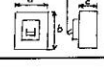
Cấu trúc, cỡ (A)				2500	3000(3200)		4000	
Kiểu				NF2500-S	NF3200-S	NFE3000-S	NF4000-S	NFE4000-S
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40o (dùng ở đường thủy 45oC), A				2500	2800, 3000 3200	1800-2000-2500-3000 Có thể điều chỉnh	3600, 4000	2500-3000-3500-4000 Có thể điều chỉnh
Số lượng cực				3	3	3	3	3
Điện áp cách điện định mức (V)			AC	600(* 2)	600(* 2)	600	600(* 2)	600
			DC	250(* 1)	250(* 1)	–	250(* 1)	–
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1	AC	660V	–	–	–	–	–
			600V	–	–	–	–	–
			500V	65	65	65	65	65
			415V	85	85	85	85	85
			380V	85	85	85	85	85
			240V	125	125	125	125	125
		DC	250V	50	50	–	50	–
	JIS	AC	550V	65	65	65	65	65
			460V	85	85	85	85	85
			220V	125	125	125	125	125
		DC	250V	50	50	–	50	–
	NK,LR, AB, GL	AC	460V	–	–	–	–	–
			230V	–	–	–	–	–
		DC	230V	–	–	–	–	–
Kích thước	 (mm)		a	305	479	479	611	611
			b	559	575	575	660	660
			c	229	254	254	310	310
			ca	301	326	326	381	381

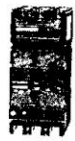
– Loại C

Cấu trúc, cỡ, (A)				30	50	60	100
Kiểu				NF30-CS	NF50-CS	NF60-CS	NF100-CS
Hình dạng chụp							
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A				3,5 10 10, 15. 20. 30	3, 5 10. 15, 20 30, 40, 50	10,15, 20, 30 40, 50, 60(*2)	50, 60, 75, 100
Số lượng cực				2 3	2 3	2 3	2 3
Điện áp cách điện định mức			AC	500	600	600	600
			DC	–	250(*1) –	250(*1) –	250(*1) –
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1 IEC947-2(*5)	AC	500V	–	2.5	2.5	7.5
			415V	1.5/1.5(*5)	2.5	2.5	10
			380V	1.5/1.5(*5)	5	5	18
			240V	2.5/2(*5)	5	5	25
	Icu/Ics	DC	240V	–	2.5 –	2.5 –	7.5 –
	JIS	AC	550V	–	1.5	1.5	7.5
			460V	1.5	2.5	2.5	10
			220V	2.5	5	5	25
		DC	250V	–	2.5 –	2.5 –	7.5 –
	NK, LR AC(*6) AB, GL		460V	1.5	2.5	2.5	10
			230V	2.5	5	5	25
		DC	230V	–	2.5 –	2.5 –	7.5 –
Kích thước	 (mm)		a	45 67.5	50 75	50 75	60 90
			b	96	130	130	155
			c	52	68	68	68
			ca	67	86	86	86

Cấu trúc, cỡ, (A)				250		400	600	800
Kiểu				NF250-CS	NF250-CS T/A	NF400-CS	NF630-CS	NF800-CS
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A				125, 150, 175, 200, 225, 250	125 ~ 160, 150 ~ 175 175 ~ 225, 225 ~ 250	250, 300, 350, 400	500, 600, 630	600 ~ 700 ~ 800 Có thể điều chỉnh
Số lượng cực				2 3	2 3	2 3	2 3	3
Điện áp cách điện định mức			AC	600	600	600	600	600
			DC	250(*1) –	–	250(*1) –	250(*1) –	–
Khả năng cắt KA	IEC IEC 157-1 P1 BS4752-1	AC	500V	10	–	15	18	18
			415V	15	15	25	35	35
			380V	18	18	25	35	35
			240V	25	25	35	50	50
		DC	250V	10 –	–	20 –	20 –	–
	JIS	AC	550V	10	10	15	18	18
			460V	15	15	25	35	35
			220V	30	30	35	50	50
		DC	250V	10 –	–	20 –	20 –	–
	NK, LR (*4) AB, GL	AC	460V	15	15	25	30	30
			230V	25	25	35	50	50
		DC	230V	10 –	–	–	–	–
Kích thước	(mm)		a	105	105	140	210	210
			b	165	165	257	275	275
			c	86	86	103	103	103
			ca	110	110	132	155	155

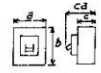
– Loại U

Cấu trúc, cỡ, (A)			50	100			
Kiểu			NF50-UH	NF100-UC	NF100-US	NF100-US T/A	NF100-UH
Hình dạng chụp							
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A			10, 15, 20, 30, 40, 50	50, 60, 75, 100	15, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100	16 ~ 25, 25 ~ 40 40 ~ 63, 63 ~ 80, 80 ~ 100	15, 20, 30, 40 50, 60, 75, 100
Số lượng cực			2 3	2 3	2 3	2 3	2 3 4
Điện áp cách điện định mức Ui		AC	600	600	690	690	690
		DC	250(*1) –	250(*1) –	250(*1) –	–	250(*1) –
Khả năng cắt KA	IEC947-2 Icu/Ics	500V	20/15	–	42/42	–	180/180
		440V	125/125	65/65	125/125	125/125	180/180
		400V	125/125	65/65	125/125	125/125	180/180
		240V	125/125	100/100	125/125	125/125	180/180
		DC 250V	40/20 –	35/35 –	40/40 –	–	40/40 –
	JIS	550V	20	–	42	–	180
		460V	125	65	125	–	180
		220V	125	100	125	–	180
		DC 250V	40 –	40 –	40 –	–	40 –
	NK	500V	–	65	125	–	–
		250V	–	100	125	–	–
		DC 250V	–	–	–	–	–
Kích thước	 (mm)	a	75	90	90	90	90 120
		b	185	216	216	216	216
		c	68	68	68	68	86
		ca	86	86	86	86	104

Cấu trúc, cỡ, (A)				100			160	
Kiểu				NF100-UH T/A	NF100-UR	NF100-UR T/A	NF160-US	NF160-US T/A
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A				16 ~ 25, 25 ~ 40, 40 ~ 63, 63 ~ 80, 80 ~ 100	15, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100	16 ~ 25, 25 ~ 40, 40 ~ 63, 63 ~ 80 80 ~ 100	50, 63, 75, 100 125, 150, 160	63 ~ 80, 80 ~ 100 100 ~ 125, 125 ~ 180
Số lượng cực				2 3 4	2 3 4	2 3 4	2 3	2 3
Điện áp cách điện định mức Ui			AC	690	690	690	690	690
			DC	–	–	–	250[*1] –	–
Khả năng cắt KA .	IEC947-2 Icu/Ics	AC	500V	–	200/200	–	42/42	–
			440V	180/180	200/200	200/200	125/125	125/125
			400V	180/180	200/200	200/200	125/125	125/125
			240V	180/180	200/200	200/200	125/125	125/125
		DC	250V	–	–	–	40/40 –	–
	JIS	AC	550V	–	200	–	42	–
			460V	–	200	–	125	–
			220V	–	200	–	125	–
		DC	250V	–	–	–	40 –	–
	NK	AC	500V	–	200 –	– –	–	–
			250V	–	200 –	– –	–	–
		DC	250V	–	– –	– –	–	–
Kích thước	(mm)		a	90 120	90 120	90 120	105	105
			b	216	216	216	240	240
			c	86	86	86	86	86
			ca	104	104	104	110	110

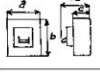
Cấu trúc, cỡ (A)				160		250		
Kiểu				NF160-UH	NF160-UH T/A	NF250-UC	NF250-UC T/A	NF250-US
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A				50, 63, 75, 100, 125, 150, 160	63 ~ 80, 80 ~ 100, 100 ~ 125, 125 ~ 160	125, 150, 175, 200, 225	125 ~ 160, 150 ~ 175, 175 ~ 225	125, 150, 175, 200, 225
Số lượng cực A				2 3 4	2 3 4	2 3	2 3	2 3
Điện áp cách điện định mức (V) Ui			AC	690	690	600	600	690
			DC	250(*1) –	–	250(*1) –	–	250(*1) –
Khả năng cắt KA	IEC947-2 Icu/Ics	AC	500V	180/180	–	–	–	42/42
			440V	180/180	180/180	65/65	65/65	125/125
			400V	180/180	180/180	65/65	65/65	125/125
			240V	180/180	180/180	100/100	100/100	125/125
		DC	250V	40/40 –	–	35/35 –	–	40/40 –
	JIS	AC	550V	180	–	–	–	42
			460V	180	–	65	–	125
			220V	180	–	100	–	125
		DC	250V	40 –	–	40 –	–	40 –
	NK	AC	500V	–	–	–	–	–
			250V	–	–	–	–	–
		DC	250V	–	–	–	–	–
Kích thước	(mm)		a	105 140	105 140	105	105	105
			b	240	240	240	240	240
			c	103	103	86	86	86
			ca	127	127	110	110	110

Cấu trúc, cỡ (A)				250				
Kiểu				NF250-US T/A	NF250-UH	NF250-UH T/A	NF250-UR	NF250-UR T/A
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A				125 ~ 160, 150 ~ 175, 175 ~ 225	125, 150, 175, 200, 225	125 ~ 160, 150 ~ 175, 175 ~ 225	125, 150, 175, 200, 225	125 ~ 160, 150 ~ 175, 175 ~ 225
Số lượng cực				2 | 3	2 | 3 | 4	2 | 3 | 4	2 | 3 | 4	2 | 3 | 4
Điện áp cách điện định mức (V)			AC	690	690	690	690	690
Ui			DC	–	250(*1) –	–	–	–
Khả năng cắt KA	IEC947-2 Icu/Ics	AC	500V	–	180/180	–	200/200	–
			440V	125/125	180/180	180/180	200/200	200/200
			400V	125/125	180/180	180/180	200/200	200/200
			240V	125/125	180/180	180/180	200/200	200/200
		DC	250V	–	40/40 –	–	–	–
	JIS	AC	550V	–	180	–	200	–
			460V	–	180	–	200	–
			220V	–	180	–	200	–
		DC	250V	–	40 –	–	–	–
	NK	AC	500V	–	–	–	–	–
			250V	–	–	–	–	–
		DC	250V	–	–	–	–	–
Kích thước	(mm)		a	105	105 140	105 140	105 140	105 140
			b	240	240	240	240	240
			c	86	103	103	103	103
			ca	110	127	127	127	127

Cấu trúc, cỡ (A)			400	630	800	1250
Kiểu			NF400-UR	NF630-UR	NF800-UR	NF1250-UR
Hình dạng chụp						
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A			200-225-250-300-350-400 Có thể điều chỉnh	300-350-400-500-600-630 Có thể điều chỉnh	400-450-500-600-700-800 Có thể điều chỉnh	600-700-800-1000-1200-1250 Có thể điều chỉnh
Số lượng cực			3 4	3 4	3 4	3 4
Điện áp cách điện định mức (V) Ui		AC	690	690	690	690
		DC	–	–	–	–
Khả năng cắt KA	IEC947-2 Icu/Ics	AC 500V	170/170	170/170	170/170	85/42
		AC 440V	200/200	200/200	200/200	125/65
		AC 400V	200/200	200/200	200/200	125/65
		AC 240V	200/200	200/200	200/200	170/85
		DC 250V	–	–	–	–
	JIS	AC 550V	170	170	170	85
		AC 460	200	200	200	125
		AC 220V	200	200	200	170
		DC 250V	–	–	–	–
		AC 550V	170 –	170 –	–	100 –
		NK 250V	170 –	170 –	–	100 –
		DC 250V	–	–	–	–
Kích thước (mm)		a	140 280	210 280	210 280	240 310
		b	297 322	322	322	406
		c	200	200	200	144
		ca	252	252	252	194

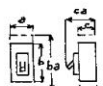
– Loại BH

Kiểu			BH			BH-P		
Số lượng cực			1	2	3	1	2	3
Cấu trúc, cỡ, (A)			70	100	100	70	100	100
Hình dạng chụp								
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C			10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70	15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100	15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100	10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70	10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100	15, 20, 30, 40 50, 60, 70, 100
Điện áp cách điện định mức		AC	240	415	415	240	415	415
		DC	125	125	125	125	125	125
Khả năng cắt KV	BS3871 Parl1 (AC)	240/415V	M3 (3kA)	–	–	M3 (kA)	–	–
		415V	–	M3 (3KA)	M3 (3KA)	–	M3 (3KA)	M3 (3KA)
	DC	125V	1	1	1	1	1	1
Kích thước (mm)		a	25	50	75	25	50	75
		b	95	95	95	74	74	74
		c	57.5	57.5	57.5	60.5	60.5	60.5
		ca	77.5	77.5	77.5	79	79	79
Trọng lượng (kg)			0.14	0.29	0.43	0.13	0.26	0.38

Kiểu		BH- M3			BH- M6		
Số lượng cực		1	2	3	1	2	3
Hình dạng chụp							
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A		5, 10, 15,20, (25), 30, 40, 50, 60	10, 15, 20, (25), 30, 40, 50, 60	15, 20, (25), 30, 40, 50, 60	5, 10, 15, 20, (25) 30, 40, 50, 60	10, 15, 20, (25), 30, 40, 50, 60	15, 20, (25), 30, 40, 50, 60
Điện áp cách điện định mức		240/415	415	415	240/415	415	415
Khả năng cắt M3 (BS3871 Part 1)		M3 (3kA)			M6 (6kA)		
Đặc tính cắt		Loại 1, 2, 3, 4 (*1)					
Kích thước 	a	25	50	75	25	50	75
	b	95			95		
	c	57.5			57.5		
	ca	76			76		
Trọng lượng (kg)		0.15	0.32	0.50	0.15	0.32	0.50

Kiểu		BH-PS M9		
Số lượng cực		1	2	3
Hình dạng chụp				
Dòng điện định mức ở nhiệt độ môi trường xung quanh 40°C (dùng ở đường thủy 45°C), A		6, 10, 16, 20, (25), 32 40, 50, 60	10, 16, 20, (25), 32, 40, 50, 60	10, 16, 20, (25), 32, 40, 50, 60
Điện áp cách điện định mức		240/415	415	415
Khả năng cắt M3 (BS3871 Part 1)		M9 (9kA)		
Đặc tính cắt		Loại 1, 2, 3, 4 (*1)		
Kích thước	a	25	50	75
	b	81.5		
	c	60.5		
	ca	79		
Trọng lượng (kg)		0.15	0.32	0.50

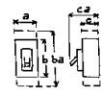
* B - *Dạng ELCBs* - Loại NV-C

Bảo vệ sự cố			Chạm đất		Chạm đất, quá tải và ngắn mạch		
Cỡ, A			30				50
Loại			NV-G2N	NV-G3NA	NV-2F	NV30-CA	NVB 50-P
Hình chụp							
Pha (ph) và dây (w)			1 ph 2w	3ph 3w; 1 ph 3 w 1 ph 2w	1 ph 2w	3ph 3w; 1 ph 3w 1ph 2w	1 ph 2w
Số cực			2	3	2	3	2
Điện áp định mức (VAC)			120-240(*1)				
Dòng điện định mức, A, ở môi trường xung quanh 40°C			30 (max)		5, 10, 15, 20, 30 (*2)	5, 10 15, 20, 30	15, 20, 30 40, 50
Loại tốc độ cao	Độ nhạy dòng điện định mức, (mA)		15, 30				
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.1				
Loại trì hoãn thời gian	Độ nhạy dòng điện định mức, (mA)		–				
	Thời gian tác động cực đại, s,		–				
	Thời gian không tác động quán tính, s,		–				
Hệ thống chỉ thị chạm đất			–		Nút bấm		
Dung lượng cắt (KA) JISC 8371		415V	–		–		
		240V	1.5 Dòng điện quá định mức		1	2.5	2.5
		120V	1.5 Dòng điện quá định mức		1.5	2.5	5
Kích thước	 (mm)	a	68	90	68	70	75
		b	70	80	70	140	74
		ba	70	80	70	150	74
		c	40	40	40	52	60,5
		ca	55	55	55	71	79

Bảo vệ sự cố			Chạm đất, quá tải và ngắn mạch			
Cỡ, A			50	60	100	225
Loại			NV50-CF	NV60-CF	NV100-CF	NV225-CF
Hình chụp						
Pha (ph) và dây (w)			3 ph 3w 1ph 3w; 1 ph 2 w			
Số cực			3	3	3	3
Điện áp định mức (VAC)(*4)			120-240-415(*3)	120-240-415(*3)	120-240-415(*3)	120-240-415(*3)
Dòng điện định mức, A, ở môi trường xung quanh 40°C			5, 10, 15, 20 30, 40, 50	60	60, 75, 100	125, 150, 175 200, 225
Loại tốc độ cao	Độ nhạy dòng điện định mức, mA		15, 30 100-200-500(*1)	15, 30 100-200-500(*1)	15, 30 100-200-500(*1)	30 100-200-500(*1)
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.1	0.1	0.1	0.1
Loại trì hoãn thời gian	Độ nhạy dòng điện định mức, mA		–	–	100-200-500(*1)	100-200-500(*1)
	Thời gian tác động cực đại, s,		–	–	0.3-0.8-1.6(*1)	0.3-0.8-1.6(*1)
	Thời gian không tác động quán tính, s,		–	–	0.1-0.5-1.1	0.1-0.5-1.1
Hệ thống chỉ thị chạm đất			Nút bấm	Nút bấm	Nút bấm	Nút bấm
Dung lượng cắt (KA) JIS C8371		415V	2.5	2.5	10	15
		240V	5	5	25	30
		120V	5	5	25	30
Kích thước	(mm)	a	75	75	90	105
		b	130	130	155	165
		ba	140	140	165	175
		c	68	68	68	86
		ca	86	86	86	110

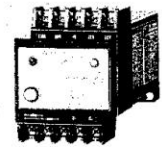
Bảo vệ sự cố			Chạm đất, quá tải và ngắn mạch		
Cỡ, A			400		600
Loại			NV400-CF	NV400-CS	NV600-CA
Hình chụp					
Pha (ph) và dây (w)				3 ph 3w 1ph 3w; 1 ph 2 w	
Số cực			3	3	3
Điện áp định mức (VAC)(*4)			120-240-415(*3)	120-240-415(*3)	240-415(*2)
Dòng điện định mức, A, ở môi trường xung quanh			250, 300 350, 400	200-225-250- 300-350-400 Có thể điều chỉnh	500,600
Loại tốc độ cao	Độ nhạy dòng điện định mức, (mA)		30 100-200-500(*1)	30 100-200-500(*1)	100-500 200-500(*1)
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.1	0.1	0.1
Loại trì hoãn thời gian	Độ nhạy dòng điện định mức, mA		100-200-500(*1)	100-200-500(*1)	200-500(*1)
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.3-0.8-1.6(*1)	0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*1)
	Thời gian không tác động quán tính, s,		0.1-0.5-1.1	0.1-0.5	0.1-0.5
Hệ thống chỉ thị chạm đất			Nút bấm	Nút bấm	Nút bấm
Dung lượng cắt JIS C8371		415V	25	25	18
		240V	35	35	30
		120V	35	35	--
Kích thước		a	140	140	210
		b	257	345	400
		ba	--	--	--
		c	103	103	103
		ca	132	132	139

Bảo vệ sự cố			Chạm đất, quá tải và ngắn mạch						
Cỡ, A			30	50	60	100			
Loại			**NV30-SF**	**NV50-SF**	**NV60-SF**	**NV100-SF**	**NV100-SS**	**NV100-HB**	
Hình chụp									
Pha (ph) và dây (w)			3ph 3w; 1ph 3w; 1ph 2w			3ph 3w 1ph 3w 1ph 2w	3ph 4w	3ph 3w 1ph 3w 1ph 2w	3ph 4w
Số cực			3	3	3	3	4	3	4
Điện áp định mức (VAC)(*4)			120-240-415(*3)	120-240-415(*3)	120-240-415(*3)	120-240-415(*3)	240-415(*2)	240-415(*2)	
Dòng điện định mức, A, ở môi trường xung quanh 40°C			5, 10, 15, 20, 30	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50	60	15(*5), 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100			
Loại tốc độ cao	Độ nhạy dòng điện định mức, (mA		15, 30 100-200-500(*1)	15, 30 100-200-500(*1)	15, 30 100-200-500(*1)	30 200-500(*1)		30, 100-500 200-500(*1)	
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.1	0.1	0.1	0.1		0.1	
Loại trì hoãn thời gian	Độ nhạy dòng điện định mức, mA		–	–	–	100-200-500(*1)		100-200-500(*1)	
	Thời gian tác động cực đại, s,		–	–	–	0.3-0.8-1.6(*1)	0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*1)	
	Thời gian không tác động quán tính, s,		–	–	–	0.1-0.5-1.1	0.1-0.5	0.1-0.5	
Hệ thống chỉ thị chạm đất			Nút bấm	Nút bấm	Nút bấm	Nút bấm		Nút bấm	
Dung lượng cắt (kA) JISC 8371		415V	5	7.5	7.5	25(22)(*6)	22	42	
		240V	10	10	10	50	50	85	
		120V	10	10	10	50	–	–	
Kích thước	(mm)	a	75	75	75	90	120	105	140
		b	130	130	130	155	200	240	
		ba	–	–	–	–		– –	
		c	68	68	68	68	68	86	
		ca	86	86	86	86	86	103	

Bảo vệ sự cố			Chạm đất, quá tải và ngắn mạch			
Cỡ, A			225 (250)		400	
Loại			NV225-SF NV250-SS	NV225-SB	NV400-SS	NV400-SB
Hình chụp						
Pha (ph) và dây (w)			3ph 3w 1 ph 3w 3ph 4w 1ph 2w	3ph 3w 1ph 3w 3ph 4w 1ph 2w	3ph 3w; 1ph 3w 1ph 2w	3ph 4w
Số cực			3 4	3 4	3	4
Điện áp định mức (VAC)(*4)			120-240-415(*2) 240-415(*2)	240-415(*2)	120-240-415(*3)	240-415(*2)
Dòng điện định mức, A, ở môi trường xung quanh			125, 150, 175 200, 225, 250(*5)	125, 150, 175,	200-225-250- 300-350-400 Có thể điều chỉnh	250, 300 350, 400
Loại tốc độ cao	Độ nhạy dòng điện định mức, (mA)		30, 100-200-500(*1)	30, 100-500 200-500(*1)	30, 100-200-500(*1)	30, 100-500 200-500(*1)
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.1	0.1	0.1	0.1
Loại trì hoãn thời gian	Độ nhạy dòng điện định mức, mA		100-200-500(*1)	200-500(*1)	100-200-500(*1)	200-500(*1)
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.3-0.8-1.6 0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*1)
	Thời gian không tác động quán tính, s,		0.1-0.5-1.1 0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	01-0.5
Hệ thống chỉ thị chạm đất			Nút bấm	Nút bấm	Nút bấm	Nút bấm
Dung lượng cắt (kA) JISC 8371		415V	25 25	42	50	42
		240V	50 50	85	85	85
		120V	50 --	--	85	--
Kích thước		a	105 140	140 185	140	280
		b	165 240	345	345	400
		ba	-- --	--	--	--
		c	86 86	103	103	103
	(mm)	ca	110 110	132	155	139

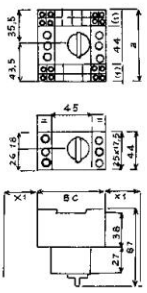
Bảo vệ sự cố		Chạm đất, quá tải và ngắn mạch							
Cỡ, A		600		800		1000		1200	
Loại		NV600-SB		NV800-SB	NV800-SA	NV1000-SB	NV1000-SA	NV1200-SB	NV1200-SA
Hình chụp									
Pha (ph) và dây (w)		3ph 3w 1 ph 3w 3ph 4w 1ph 2w		3ph 3w 1ph 3w 3ph 4w 1ph 2w		3ph 3w 1ph 3w 1ph 2w	3ph 4w	3ph 3w 1ph 3w 1ph 2w	3ph 4w
Số cực		3 4		3	4	3	4	3	4
Điện áp định mức (VAC)		240-415(*2)		240-415(*2)	240-415(*1)	240-415(*2)	240-415(*1)	240-415(*2)	240-415(*1)
Dòng điện định mức, A, ở môi trường xung quanh		500, 600		700, 800,		1000		1200	
Loại tốc độ cao	Độ nhạy dòng điện định mức, (mA)	100-500 200-500(*1)		200-500(*1)		200-500(*1)		200-500(*1)	
	Thời gian tác động cực đại, s,			0.1		0.1		0.1 0.1	
Loại trì hoãn thời gian	Độ nhạy dòng điện định mức, mA	200-500(*1)		200-500(*1)		200-500(*1)		200-500(*1)	
	Thời gian tác động cực đại, s,	0.3-0.8(*1)		0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*3)	0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*3)	0.3-0.8(*1)	0.3-0.8(*3)
	Thời gian không tác động quán tính, s,	0.1-0.5		0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5
Hệ thống chỉ thị chạm đất		Nút bấm		Nút bấm		Nút bấm		Nút bấm	
Dung lượng cắt (kA) JISC 8371	415V	42		85		85		85	
	240V	85		125		125		125	
	120V	--		–		--		–	
Kích thước (mm)	a	210	280	210	280	210	280	210	280
	b	400		515	666	515	666	515	666
	ba	–		–	–	--	--	--	--
	c	103		140	176	140	176	140	176
	ca	139		190	226	190	226	190	226

- Dạng ELRS & 2CTS - Loại NV

Loại	Thay thế được ELR		Dành cho phối hợp bảo vệ
	Loại tự giữ điện	Loại tự giữ cơ khí	Rơle chặn dòng ngược
	NV-ZB	**NV-ZS**	**NV-ZU**
Hình chụp			

Loại	Đường kính cửa ZTC (mm)	15	ZT15A	ZT15A	NV-Z15U
		30	ZT30A	ZT30A	NV-Z30U
		40	ZT40A	ZT40A	NV-Z40U
		60	ZT60A	ZT60A	NV-Z60U
		80	ZT80A	ZT80A	NV-Z80U
		100	ZT100A	ZT100A	NV-Z100U
Pha (ph) và dây			3ph 4w; 3ph 3w; 1ph 3w; 1ph 2w		
Điện áp kiểm tra (VAC)			120-240(*1)	120-240, 240-415(*1)	120-240, 240-415(*1)
Loại tốc độ cao	Độ nhạy dòng điện định mức, mA		30 100-500(*1) 200-500(*1)	100-500(*1) 200-500(*1)	30 200-500(*1)	200-500(*1)	30 200-500-1000(*1)	200-500-1000(*1) 200-500-1000(*1)
	Thời gian tác động cực đại, s,		0.1				0.1 (thời gian trở lại bởi tín hiệu khóa là 0.3 s)	
Loại trì hoãn thời gian	Độ nhạy dòng điện định mức, mA		200-500(*1)		200-500(*1) 500-1000(*1)	200-500(*1) 500-1000(*1)	--	
	Thời gian tác động cực đại, s		0.3		0.3-0.8(*1)			
	Thời gian không tác động quán tính, s,		0.1		0.1-0.5			
Hệ thống chỉ thị nối đất			LED		Button		LED	
Phương pháp thiết lập lại			Nút ấn		Nút ấn		Nút ấn	
Dòng quá tải định mức KA			100 (giá trị đỉnh)					
Các tiếp xúc	Số lượng và loại		1C		Tốc độ cao : 2a (1a1b) Trì hoãn thời gian 1a 1c		1a	
	Khả năng dòng một chiều (A)		5		7		5	
	Dòng điện cắt		Voltage / cos φ = 1 / cos φ = 0.4 L/R = 0.007 120VAC: 5 / 2.5 240VAC: 5 / 2 30VDC: 5 / 2		Voltage / cos φ = 1 / cos φ = 0.4 L/R = 0.007 120VAC: 7 / 7 240VAC: 7 / 7 415VAC: 5 / 2 30VDC: 7 / 6 100VDC: 0.6 / 0.6 200VDC: 0.3 / 0.3		Voltage / cos φ = 1 / cos φ = 0.4 L/R = 0.007 120VAC: 5 / 2.5 240VAC: 5 / 2 415VAC: 1 / 0.6 30VDC: 5 / 2	

GK2-CF06



a) Áptômát OPTIMAL của Pháp dùng cho dòng điện xoay chiều, có kèm cuộn dây điện từ và rơle nhiệt. Hình giới thiệu loại "OPTIMAL 25" – GK2 – CF06 được chào hàng vào cuối năm 1988. Đây là loại áptômát có nhiều ưu điểm : đặc điểm cách điện cao, ngắn mạch ở mạch điện ta sẽ phát hiện được ngay khi nhìn vào khí cụ này. Khả năng cắt mạch điện lớn và cũng là loại rất được ưa dùng hiện nay. Người ta sử dụng nguyên tắc cắt và dập hồ quang khá mới đối với khí cụ này. Chúng ta có thể hiểu qua hình vẽ.

Khi xuất hiện ngắn mạch buồng dập tắt hồ quang sẽ quay để dập hồ quang, đồng thời thì cũng sẽ đẩy tiếp điểm động ra xa.

Số liệu kỹ thuật như sau :

Dòng điện định mức nhiệt	Có từ 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 8; 10; 13; 18; 25A
Điện áp cách điện định mức	GK2 : CF 750V theo IEC - 158. I cat...
Tần số sử dụng định mức	50 - 60 Hz
Tuổi thọ cơ khí	20.000 lần thao tác đóng cắt
Tần số thao tác tối đa	40 lần thao tác đóng cắt/giờ
Khả năng cắt : loại đơn và loại kết hợp với rơle nhiệt	Tùy loại có từ 6KA hiệu dụng đến 100KA hiệu dụng

Loại kết hợp với rơle nhiệt và công tắc tơ.

b) Một số nước đã sản xuất những áptômát cỡ 200 và 400A dùng nam châm điện để tác động, có chỉnh lưu riêng, đối với áptômát cỡ 1000A được cấp điện riêng từ nguồn một chiều. Đối với đường dậy có các loại sau : AMIT 200 - số hiệu 3247 AMT 200 số hiệu 3259M, AMT 400 - số hiệu 3264 M và AMT 400 - số hiệu 3257, hoặc AMT 200 số hiệu 3244 và AMT 400 - số hiệu 3253.

Đối với động cơ có các loại sau : AMT 200 số hiệu 3246, AMT 200 số hiệu 3259.

Số liệu kỹ thuật của loại áptômát AMT 200 và DITA 1000 cho ở bảng 3-10 sau đây :

Bảng 3-10

Đặc tính kỹ thuật		Phần yêu cầu đối với KCĐ	Đơn vị đo	Dòng xoay chiều loại AMT - 200	D òng xoay chiều loại DITA - 1000
Điện áp định mức		Tiếp điểm chính	V	500	500
Dòng điện định mức		Tiếp điểm chính	A	200	1000
Tần số lưới điện		Tiếp điểm chính	Hz	50 ÷ 60	50 ÷ 60
Điện áp định mức		Tiếp điểm phụ	V	500	500
Dòng điện định mức		Tiếp điểm phụ	A	2	2
Điện áp phục vụ		Cuộn điện từ tác động	V	220	220
		Rơle điện áp thấp	V	24; 120;	24; 120; 220;
			220,	380; 500	380; 500
Công suất tiêu thụ	Đóng	Cuộn điện từ tác động	VA	2640	2200
	Mở		VA	2640	2200
	Đóng	Rơle điện áp thấp	VA	8,5	8.5
	Mở		VA	41	41
Dòng điện phục vụ		Rơle nhiệt [điều chỉnh (0,3 ÷ 1) I	số lần thao tác	60; 100; 160; 200	600; 800; 1000 10.000
Tuổi thọ cơ khí		Toàn bộ		8000	
Khả năng đóng cắt	Dòng điện đóng	Tiếp điểm chính	A	8000	25000
	Dòng điện mở		A	8000	25000
	Hệ số công suất		cosφ	0,35	0,35
	Điện áp thử V			550	550
	Thời gian nghỉ giữa 2 chu kỳ		giây [s]	30	30
	Dòng điện đóng	Tiếp điểm phụ	A	2,5	2.5
	Dòng điện mở		A 2,5	2.5	
	Điện áp thử		V	550	550
	Thời gian nghỉ giữa 2 chu kỳ		giây	30	30
Trọng lượng			kg	10 và 15	48 và 65
Dây dẫn nối		Cực chính		Tối thiểu 50mm^2 Tối đa 120mm^2.	Tối thiểu 50 × 10mm^2 Tối đa 2(50 × 10)mm^2
		Cực phụ		Tối thiểu 0,75mm^2; Tối đa 1,5mm2	Tối thiểu 0,75mm^2 Tối đa 1.5mm2
Lắp đặt				Thẳng đứng	Thẳng đứng
Dòng điện giới hạn ổn định lực điện động			A	8000	25.000
Dòng điện giới hạn ổn định nhiệt			A	2000	10.000

11. Công tắc tơ và khởi động từ loại SK và MSO-K và MSO-2xK của hãng Mitsubishi (bảng 3-11) – Đặc tính kỹ thuật của công tắc tơ loại S-K

*** Côngtắctơ. (Bảng 3-11a)**

Bảng 3-11a

Côngtắctơ		Loại	STT	S-K10	S-KR11	S/SD-K11, K12	S-K18	S-K19	S-K20	S/SD-K21	S-K25	S/SD-K35	S/SD-K50
Dòng điện liên tục định mức	(Ith)	A	2	20	20	20	25	32	32	32	50	60	80
Dung lượng định mức cho tải	220-240V	kW(A)	3	7.5(20)	7.5(20)	7.5(20)	9.5(25)	12(32)	12(32)	12(32)	18(50)	20(60)	30(80)
điện trở 3 pha. Loại AC1	380-440V	kW(A)	4	7(11)	7(11)	8.5(13)	13(20)	20(32)	20(32)	20(32)	30(50)	35(60)	50(80)
	500V	kW(A)	5	7(8)	7(8)	9.5(11)	13(16)	13(16)	25(32)	25(32)	40(50)	50(60)	65(80)
	660V	kW(A)	6	7(6)	–	8(8)	11(10)	11(10)	30(32)	30(32)	50(50)	60(60)	80(80)
Dòng điện tác động định	220-240V	A	7	11	12	13	18	22	22	22	30	40	55
mức 3 pha, loại AC3	380-440V	A	8	9	9	12	16	17	22	20	30	40	50
	500V	A	9	7	5	9	13	13	17	17	24	32	33
	660V	A	10	5	–	7	9	9	9	9	12	17	26
Dung lượng định mức dành cho cần đẩy	220-240V kW		11	0.75	1.1	1.1	1.5	1.5	2.2	2.2	3.7	5.5	
của động cơ xoay chiều 3 pha, loại AC4	380-440V kW		12	1.1.	1.1	1.5	2.2	2.2	3.7	3.7	5.5	5.5	7.5
Tuổi thọ điện khoảng 200.000 lần	500V kW		13	1.1	1.1	1.5	2.2	2.2	3.7	3.7	5.5	5.5	7.5
tác động	660V kW		14	1.1	–	1.5	2.2	2.2	3.7	3.7	5.5.	5.5.	7.5
Dòng điện cực đại đối với chế độ AC4 ở	440V	A	15	6	4	9	9	9	13	13	17	24	32
Dòng điện định mức đối với phụ tải không cảm ứng DC			16										
Loại DC1	48V	A	17	10	–	12	12	12	20	20	25	35	50
100 tác động/giờ – cực đại	110V	A	18	8	–	12	12	12	20 20	25	35	50	
500.000 tác động	220V	A	19	8	–	12	2	12	20	20	22	30	40
Dòng điện định mức cho động cơ													
DC-Loại DC2 & DC4	48V	A	20	6	–	10	10	10	20	20	25	30	35
100 tác động/giờ – cực đại	110V	A	21	4	–	8	8	8	15	15	20	20	30
500.000 tác động	220V	A	22	2	–	4	4	4	8	8	10	10	12

1	S/SD-K65	S/SD-K80	S/SD-K95	S/SD-K125	S/SD-K150	S/SD-K180	S/SD-K220	S/SD-K300	S/SD-K400	S/SD-K600	S/SD-K800
2	100	135	135	150	200	260	260	350	450	800[1]	1000[2]
3	35(100)	50(135)	50(135)	55(150)	75(200)	95(260)	95(260)	130(350)	170(450)	250(660)	300(800)
4	65(100)	85(135)	85(135)	90(150)	130(200)	170(260)	170(260)	230(350)	290(450)	430(660)	530(800)
5	85(100)	110(135)	110(135)	120(150)	170(200)	220(260)	220(260)	300(350)	380(450)	570(660)	700(800)
6	100(100)	135(135)	135(135)	150(150)	200(200)	260(260)	260(260)	350(350)	450(450)	660(660)	900(800)
7	65	85	105	125	150	180	250	300	400	630	800
8	62	85	105	120	150	180	250	300	400	630	800
9	45	75	85	90	140	180	200	250	350	500	720
10	35	52	65	70	100	120	150	220	300	420	630
11	7.5	7.5	11	15	18.5	22	22	37	45	65	75
12	11	15	18.5	22	30	37	45	60	75	110	130
13	11	15	18.5	22	37	45	55	60	90	130	150
14	11	15	18.5	22	30	50	55	75	90	130	150
15	47	62	75	90	110	150	180	220	300	400	630
16											
17	65	80	93	120	150	180	220	300	400	630	800
18	65	80	93	100	150	180	220	300	400	630	800
19	50	60	70	80	150	180	220	300	300	630	800
20	40	60	90	90	130	180	220	280	280	630	630
21	35	50	80	80	120	150	150	200	200	630	630
22	15	20	50	50	80	100	100	150	150	630	630

Dòng điện tác động định mức của các tiếp điểm phụ.

Dòng điện liên tục định mức		A	16
Dòng điện tác động định mức			
Loại	120VAC	A	6
AC11	240VAC	A	5
	500VAC	A	3
	660VAC	A	3
Loại	48VDC	A	3
DC11	110VDC	A	1.2
		A	1.0[1]
		A	0.8[2]
	220VDC	A	0.2

Dung lượng định mức đối với 3 pha, tu 15 tác động/giờ – cực đại 100 000 tác động	220-240V	kvar	23	2,2	–	3	4	4	5,5	5,5	8,5	12	17
	380-440V	kvar	24	3.3	–	4	6	6	10	10	14	20	25
	550V	kvar	25	4	–	5	6	6	10	10	14	20	30
	660V	kvar	26	3.3	–	4.5	5.5	5.5	10	10	14	20	30
Điện áp cách điện định mức		V	27	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
Dòng tạo và ngắt 3 pha, cos φ = 0,35	Dòng tạo nên	A	28	110/110	120/120	120/120	180/180	220/220	220/220	220/220	300/300	400/400	550/460
240V/440V	Dòng ngắt	A	29	100/72	100/72	120/100	180/130	200/170	220/220	220/220	300/240	400/320	550/460
Tần số cắt	Loại AC1	Tác động/giờ	30	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.200
	Loại AC2 & AC3	Tác động/giờ	31	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.200
	Loại AC4	Tác động/giờ	32	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Thời gian tác động (ở điện áp cuộn dây định mức)													
AC operated	Đóng	ms	33	11	11	11	11	11	18	18	18	18	25
	Mở	ms	34	10	10	10	10	10	10	10	11	11	53
Tác động DC	Đóng	ms	35	–	–	45	–	–	–	33	–	50	57
	Mở	ms	36	–	–	10	–	–	–	12	–	13	15
Tiêu thụ cuộn dây (ở điện áp cuộn dây định mức)													
AC operated	Ùa vào	VA	37	50	50	50	50	50	142	142	142	142	132
	Niêm phong	VA	38	10	10	10	10	10	20	20	20	20	17
	Oät	W	39	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5.3	5.3	5.3	5.3	2.8
Tác động DC	Ùa vào	VA	40	–	–	7	–	–	–	16	–	18	24
	Niêm phong	VA	41	–	–	7	–	–	–	16	–	18	24
Dung sai điện áp cuộn dây			42	0.85 – 1.1 lần điện áp định mức cuộn dây									
Tuổi thọ điện (loại AC3)	Triệu lần tác động		43	2	2	2	2	1.5	2	2	1	1	1
Tuổi thọ cơ khí			44	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5
Nhiệt độ môi trường xung quanh cho phép °C			45	-25 to +55									
Dao động (10 – 55 Hz)		G	46		2								
Thay đổi đột ngột		G	47		5								
Cỡ dây dẫn đầu cực chính (công tắcto)		mm^2	48	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-6	1-6	1-6	1-6	2-16	2-16	2-25
Đầu cực chính (rơle quá tải)		mm^2	49	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-6	1-6	1-6	1-6	2-16	2-16	2-25
Đầu kiểm tra		mm^2	50	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5
Chiều rộng thanh góp		mm	51	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

23	19	24	30	38	50	60	60	95	115	190	190
24	32	40	55	65	80	120	120	150	200	350	350
25	35	48	60	65	80	150	150	200	250	350	350
26	40	50	60	65	80	150	150	200	200	400	400
27	660	660	660	660	660	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
28	650/620	850/850	1050/1050	1250/1250	1500/1500	1800/1800	2500/2500	3000/3000	4000/4000	6500/6500	8000/8000
29	650/620	800/750	930/930	1000/1000	1200/1200	1450/1450	2000/2000	2400/2400	3200/3200	5040/5040	6400/6400
30	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
31	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
32	600	600	300	300	300	300	300	300	300	300	300
33	25	27	27	25	27	30	30	35	35	65	65
34	53	75	75	85	85	100	100	120	120	75	75
35	57	75	75	125	135	--	145	175	105	105	
36	15	18	18	22	37	–	40	55	55	80	80
37	132	225	225	320	320	480	480	480	480	800	800
38	17	22	22	26	26	44	44	54	54	100	100
39	2.8	3.3	3.3	3.5	3.5	5 5	7.3	7.3	15	15	
40	24	27	27	31	31	--	41	55	55	200	200
41	24	27	27	31	31	–	41	55	55	100	100
42	0.85 -- 1.1 lần điện áp định mức cuộn dây										
43	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5
44	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
45	-25 to +55										
46	2										
47	5										
48	2-25 (2-60)[3]	2-50 (6-70)[3]	2-50 (6-95)[3]	(10-120)[3]	(10-150)[3]	(25-240)[3]	(25-240)[3]	(70-325)[3]	(70-325)[3]		
49	2-25	2-50	2-50	(6-70)[3]	(6-95)[3]	(10-120)[3]	(10-150)[3]	(25-240)[3]	(25-240)[3]	–	–
50	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-2.5	1-4	1-4
51				15	20	25	25	30	30	35	35

Bảng 3-11b - Bảng chọn công tắc tơ - Loại SK □, SD-K□

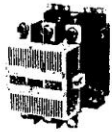
1. Công tắc tơ không đảo chiều

Dòng điện tác động cơ định mức AC3		Dung lượng động cơ 3 pha định mức AC2 & AC3				Tên kiểu		Tiếp điểm phụ (theo chuẩn)	
220 -240 (A)	380 -440V (A)	220 -240V (kW)	380 -440V (kW)	500V (kW)	660V (kW)	Dòng tác động AC	Dòng tác động DC	1	1
11	9	2.5	4	4	4	S-K10 S-K10CX	–	1	–
						S-K1001 S-K1001CX	–	–	1
13	12	3.5	5.5	5.5	5.5	S-K11 S-K11CX	SD-K11 SD-K11CX	1	–
						S-K1101 S-K1101CX	SD-K1101 SD-K1101CX	–	1
13	12	3.5	5.5	5.5	5.5	S-K12 S-K12CX	SD-K12 SD-K12X	1	1
						S-K1220 S-K1220CX	SD-K1220 SD-K1220CX	2	–
18	16	4.5	7.5	7.5	7.5	S-K18(CX)	–	–	–
22	17	5.5	7.5	7.5	7.5	S-K19 S-K1920	–	1 2	1 –
22	22	5.5	11	11	7.5	S-K20 S-K2020	–	2	–
22	22	5.5	11	11	7.5	S-K21	SD-K21	2	2
30	30	7.5	15	15	11	S-K25	–	2	2
40	40	11	18.5	18.5	15	S-K35	SD-K35	2	2
55	50	15	22	22	22	S-K50	SD-K50	2	2
65	62	18.5	30	30	30	S-K65	SD-K65	2	2
85	85	22	45	45	45	S-K80	SD-K80	2	2
105	105	30	55	55	55	S-K95	SD-K95	2	2
125	120	37	60	60	60	S-K125	SD-K125	2	2
150	150	45	75	90	90	S-K150	SD-K150	2	2
180	180	55	90	110	110	S-K180	–	2	2
250	250	75	132	132	132	S-K220	SD-K220	2	2
300	300	90	160	160	200	S-K300	SD-K300	2	2
400	400	125	220	225	250	S-K400	SD-K400	2	2
630	630	190	330	330	330	S-K600	SD-K600	2	2
800	800	220	440	500	500	S-K800	SD-K800	2	2

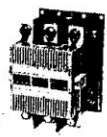
S-K10

S-K21

SD-K65



S-K220



S-K400

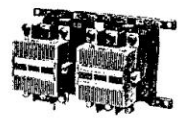
S-K800

S-KR11

SD-2×K21

*2. Công tắc tơ đảo chiều - * Loại -2xK□, SD-2xK□*

Dòng điện tác động định mức AC3		Dung lượng động cơ 3 pha định mức AC2 & AC3				Tên kiểu		Tiếp điểm phụ (theo chuẩn)	
220 -240V (A)	380 -440V (A)	220 -240V (kW)	380 -440V (kW)	500V (kW)	660V (kW)	Dòng tác động AC	Dòng tác động DC		
12	9	3	4	3	–	S-KR11	–	4	2
						S-KR11CX	–		
						S-KR1124	–	2	4
						S-KR1124CX	–		
						S-2 × K18[1]			
						S-2 × K 18CX[1]			
18	16	4.5	7.5	7.5	7.5	S-2 × K1844	–	4	4
						S-2 × K1844CX			
22	17	5.5	7.5	7.5	7.5	S-2 × K19	–	2	2
22	22	5.5	11	11	7.5	S-2 × K20	–	2	2
22	22	5.5	11	11	7.5	S-2 × K21	SD-2xK21	4	4
30	30	7.5	15	15	11	S-2 × K25	–	4	4
40	40	11	18.5	18.5	15	S-2 × K35	SD-2 × K35	4	4
50	50	15	22	22	22	S-2 × K50	SD-2 × K50	4	4
65	62	18.5	30	30	30	S-2 × K65	SD-2 × K65	4	4
85	85	22	45	45	45	S-2 × K80	SD-2 × K80	4	4
105	105	30	55	55	55	S-2 × K95	SD-2 × K95	4	4
125	120	37	60	60	60	S-2 × K125	SD-2 × K125	4	4
150	150	45	75	90	90	S-2 × K150	SD-2 × K150	6	6
180	180	55	90	110	110	S-2 × K180	–	6	6
250	250	75	132	132	132	S-2 × K220	SD-2 × K220	6	6
300	300	90	160	160	200	S-2 × K300	SD-2 × K300	6	6
400	400	125	220	225	250	S-2 × K400	SD-2 × K400	6	6
630	630	190	330	330	330	S-2 × K600	SD-2 × K600	8	8
800	800	220	440	500	500	S-2 × K800	SD-2 × K800	8	8



S-2×K220

S-2×K600

Bảng 3.11c Hướng dẫn lựa chọn khởi động từ động cơ

1. Loại khởi động từ động cơ không đảo chiều, không có vỏ bọc kim loại - Loại MSO-K □

Dòng điện tác động định mức AC3		Dung lượng động cơ 3 pha định mức AC2 & AC3				Tên kiểu			Tiếp điểm phụ		Ký hiệu sợi nung của rơle quá tải	
220 -240V (A)	380 -440V (A)	220 -240V (kW)	380 -440V (kW)	500V (kW)	660V (kW)	Loại bảo vệ sự cố pha	Loại ba sợi nung	Loại hai sợi nung	1	4	Ký hiệu thứ tự	
11	9	2.5	4	4	4	**MSO-K10KP** **MSO-K10KPCX**[1]	**MSO-K10TP** **MSO-K10TPCX**[1]	**MO-K10**	1	--		
13	12	3.5	5.5	5.5	5.5	**MSO-K11KP** **MSO-K11KPCX**[1]	**MSO-K11TP** MSO-K11TPCX[1]	**MSO-K11**	1	--	0.12A, 0.17A 0.24A, 0.35A, 0.5A	11A
13	12	3.5	5.5	5.5	5.5	**MSO-K12KP** **MSO-K12KPCX**[1]	**MSO-K12TP** MS-K12TPCX[1]	**MSO-K12**	1	1	0.7A, 0.9A, 1.3A, 1.7A 2.1A, 2.5A, 3.6A, 5A	
18	16	4.5	7.5	7.5	7.5	**MSO-K18KP** **MSO-K18KPCX**[1]	**MSO-K18TP** MSO-K18TPCX[1]	**MSO-K18**	--	--	6.6A, 9A,	15A
22	17	5.5	7.5	7.5	7.5	**MSO-K19KP**	**KSO-K19KP**	**MSO-K19**	1	1		
22	22	5.5	11	11	7.5	**MSO-K20KP**	–	**MSO-K20**	1	1	0.24A, 0.35A, 0.5A	19A
22	22	5.5	11	11	7.5	**MSO-K21KP**	–	**MSO-K21**	2	2	0.7A, 0.9a, 1.3A, 1.7A,	22A
30	30	7.5	15	15	11	**MSO-K25KP**	–	**MSO-K25**	2	2	2.1A, 2.5A 3.6A 5A	29A
40	40	11	18,5	18.5	15	**MSO-K35KP**	–	**MSO-K35**	2	2	6.6A, 9A, 11A, 15A	35A
55	50	15	22	22	22	**MSO-K50KP**	--	**MSO-K50**	2	2		
65	62	18.5	30	30	30	**MSO-K65KP**	--	**MSO-K65**	2	2	15A, 22A, 29A,	67A
85	85	22	45	45	45	**MSO-K80KP**	--	**MSO-K80**	2	2	35A, 42A, 54A	82A
105	105	30	55	55	55	**MSO-K95KP**	--	**MSO-K95**	2	2		95A
125	120	37	60	60	60	**MSO-K125KP**	--	**MSO-K125**	2	2	42A, 54A, 67A, 82A,	
150	150	45	75	90	90	**MSO-K150KP**	--	**MSO-K150**	2	2	105A	125A
180	180	55	90	110	110	**MSO-K180KP**	–	**MSO-K180**	2	2	82A, 105A, 125A, 150A	
250	250	75	132	132	132	**MSO-K220KP**	--	**MSO-K220**	2	2		180A, 210A
300	300	90	160	160	200	**MSO-K300KP**	--	**MSO-K300**	2	2	105A, 125A, 150A,	
400	400	125	220	225	250	**MSO-K400KP**	--	**MSO-K400**	2	2	180A, 250A	330A

2. Loại khởi động từ động cơ đảo chiều, không có vỏ bọc kim loại – Loại MSO-2xK

Dòng điện tác động định mức AC3		Dung lượng động cơ 3 pha định mức AC2 & AC3				Tên kiểu			Tiếp điểm phụ tự do		Ký hiệu sợi nung của role quá tải	
220 -240V (A)	380 -440V (A)	220 -240V (kW)	380 -440V (kW)	500V (kW)	660V (kW)	Loại bảo vệ sự cố pha	Loại ba sợi nung	Loại hai sợi nung			Ký hiệu thứ tự	
11	9	3	4	3	–	**MSO-KR11KP** **MSO-KR11KPCX**[1]	**MSO-KR11TP** **MSO-KR11KPCX**[1]	**MSO-KR11**	4	–	0.12A, 0.17A 0.24A, 0.35A, 0.5A	
18	16	4.5	7.5	7.5	7.5	**MSO-2xK18KP**[2] **MSO-2xK18KPCX**[1,2] **MSO-2xK1844KP** **MSO-2xK1844KPCX**[1]	**MSO-K18TP**[2] **MSO-2xK18TPCX**[1,2] **MSO-2xK1844TP** **MS-2xK1844TPCX**[1]	**MSO-2xK18**[2]	4	2	0.7A, 0.9A, 1.3A 1.7A, 2.1A, 2.5A, 3.6A, 5A, 6.6A 9A, 11A	15A
22	17	5.5	7.5	7.5	7.5	**MSO-2xK19KP**	**MSO-2xK19TP**	**MSO-2xK19**	2	–		
22	22	5.5	11	11	7.5	**MSO-2xK20KP**	–	**MSO-2xK20**	2	–	0.24A, 0.35A, 0.5A,	19A
22	22	5.5	11	11	7.5	**MSO-2xK21KP**	–	**MSO-2xK21**	4	2	0.7A, 0.9A, 1.3A, 1.7A	22A
30	30	7.5	15	15	11	**MSO-2xK25KP**	–	**MSO-2xK25**	4	2	2.1A, 2.5A, 3.6A, 5A, 6.6A	
40	40	11	18.5	18.5	15	**MSO-2xK35KP**	–	**MSO-2xK35**	4	2	9A, 11A, 15A	29A 35A
55	50	15	22	22	22	**MSO-2xK50KP**	–	**MSO-2xK50**	4	2		
65	62	18.5	30	30	30	**MSO-2xK65KP**	–	**MSO-2xK65**	4	2	15A, 22A, 29A	
85	85	22	45	45	45	**MSO-2xK80KP**	–	**MSO-2xK80**	4	2	35A, 42A, 54A	67A
105	105	30	55	55	55	**MSO-2xK95KP**	–	**MSO-2xK95**	4	2		82A 95A
125	120	37	60	60	60	**MSO-2xK125KP**	–	**MSO-2xK125**	4	2	42A, 54A, 67A	
150	150	45	75	90	90	**MSO-2xK150KP**	–	**MSO-2xK150**	6	4	82A, 105A	125A
180	180	55	90	110	110	**MSO-2xK180KP**	–	**MSO-2xK180**	6	4	82A, 105A, 125A,	
250	250	75	132	132	132	**MSO-2xK220KP**	–	**MSO-2xK220**	6	4	150A	180A, 210A
300	300	90	160	160	200	**MSO-2xK300KP**	–	**MSO-2xK300**	6	4	105A, 125A, 150A,	
400	400	125	220	225	250	**MSO-2xK400KP**	–	**MSO-2xK400**	6	4	180A, 250A	330A

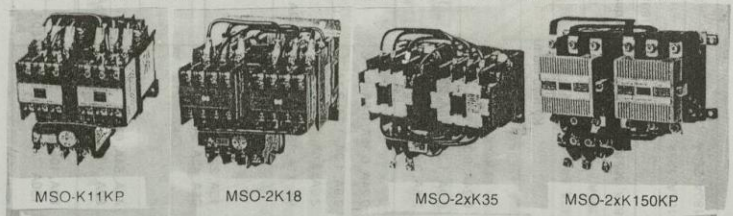
3. *Loại khởi động từ động cơ không đảo chiều có vỏ bọc ngoài – Loại MS-K* □

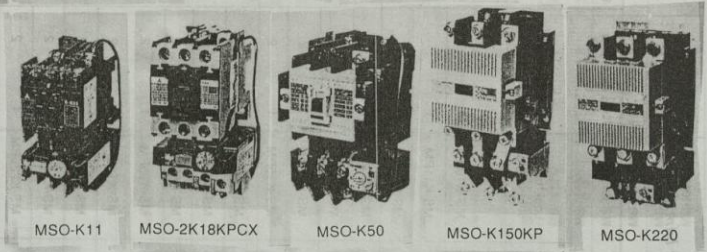
Dòng điện tác động định mức AC3		Dung lượng động cơ 3 pha định mức AC2 & AC3				Tên kiểu			Tiếp điểm phụ		Ký hiệu sợi nung của rơle quá tải	
220 -240V (A)	380 -440V (A)	220 -240V (kW)	380 -440V (kW)	500V (kW)	660V (kW)	Loại bảo vệ sự cố pha	Loại ba sợi nung	Loại hai sợi nung	1	7	Ký hiệu thứ tự	
11	9	2.5	4	4	4	**MS-K10KP** **MS-K10KPCX**	**MS-K10TP** **MS-K10TPCX**	**MS-K10**	–	–	0.24A, 0.35A, 0.5A, 0.7A,	
13	12	3.5	5.5	5.5	5.5	**MS-K11KP** **MS-K11KPCX**	**MS-K11TP** **MS-K11TPCX**	**MS-K11**	–	–	0.9A, 1.3A, 1.7A, 2.1A,	
13	12	3.5	5.5	5.5	5.5	**MS-K12KP** **MS-K12KPCX**	**MS-K12TP** **MS-K12TPCX**	**MS-K12**	–	1	2.5A, 3.6a, 5A, 6.6.A, 9A	11A
22	22	5.5	11	11	7.5	**MS-K20KP**	–	**MS-K20**	–	1	0.24A, 0.35A, 0.5A, 0.7A,	19A
22	22	5.5	11	11	7.5	**MS-K21KP**	–	**MS-K21**	1	2	0.9A, 1.3A, 1.7A, 2.1A,	
30	30	7.5	15	15	11	**MS-K25KP**	–	**MS-K25**	1	2	2.5A, 3.6A, 5A, 6.6A,	22A
40	40	11	18,5	18.5	15	**MS-K35KP**	–	**MS-K35**	1	2	9A, 11A, 15A	29A 35A
55	50	15	22	22	22	**MS-K50KP**	–	**MS-K50**	1	2		
65	62	18.5	30	30	30	**MS-K65KP**	–	**MS-K65**	1	2	15A, 22A, 29A,	
85	85	22	45	45	45	**MS-K80KP**	–	**MS-K80**	1	2	35A, 42A, 54A	67A
105	105	30	55	55	55	**MS-K95KP**	–	**MS-K95**	1	2		82A 95A
125	120	37	60	60	60	**MS-K125KP**	–	**MS-K125**	1	2	42A, 54A, 67A, 82A,	
150	150	45	75	90	90	**MS-K150KP**	–	**MS-K150**	1	2	105A	125A
180	180	55	90	110	110	**MS-K180KP**	–	**MS-K180**	1	2	82A, 105A, 125A, 150A	
250	250	75	132	132	132	**MS-K220KP**	–	**MS-K220**	1	2		180A, 210A
300	300	90	160	160	200	**MS-K300KP**	–	**MS-K300**	2	2	105A, 125A, 150A,	
400	400	125	220	225	250	**MS-K400KP**	–	**MS-K400**	1	2	180A, 250A	330A

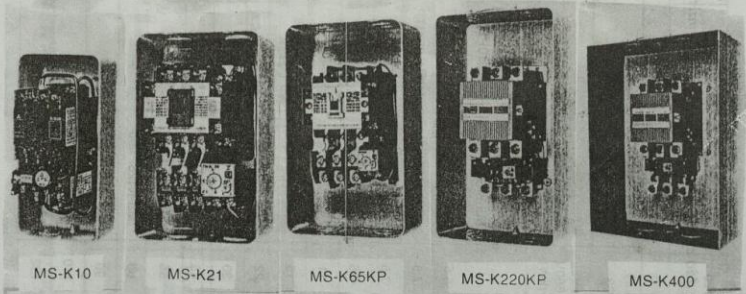
4 - Loại khởi động từ động cơ không đảo chiều với thao tác cắt sẽ đẩy nút bấm. Loại - MS-KPM

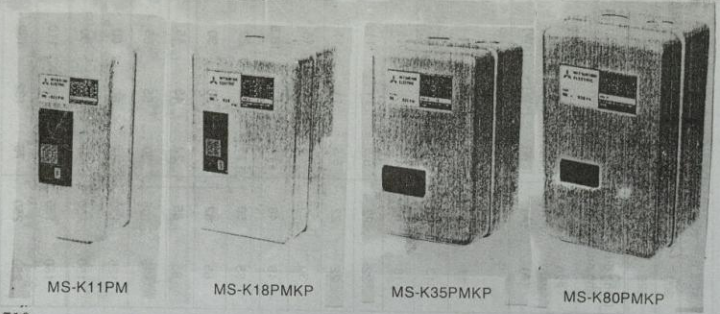
Dòng điện tác động định mức AC3		Dung lượng động cơ 3 pha định mức AC2 & AC3				Tên kiểu			Tiếp điểm phụ tự do		Ký hiệu sợi nung của rơle quá tải	
220 -240V (A)	380 -440V (A)	220 -240V (kW)	380 -440V (kW)	500V (kW)	660V (kW)	Loại bảo vệ sự cố pha	Loại ba sợi nung	Loại hai sợi nung	1	2	Ký hiệu thứ tự	
11	9	2.5	4	4	4	MS-K10PMKP	MS-K10PMTP	MS-K10PM	1	-	0.24A, 0.35A, 0.5A, 0.7A, 0.9A, 1.3A, 1.70A, 2.1A, 2.5A, 3.6A, 5A, 6.6A, 9A	11A
13	12	3.5	5.5	5.5	5.5	MS-K11PMKP	MS-K11PMTP	MS-K11PM	1	-		15A
18	16	4.5	7.5	7.5	7.5	MS-K18PMKP	MS-K18PMTP	MS-K18PM	–	–		
22	22	5.5	11	11	7.5	MS-K20PMKP	–	MS-K20PM	–	1	0.24A, 0.35A, 0.5A, 0.7A, 0.9A, 1.3A, 1.7A, 2.1A, 2.5A, 3.6A, 5A, 6.6A, 9A, 11A, 15A,	19A
22	22	5.5	11	11	7.5	MS-K21PMKP	–	MS-K21PM	1	2		22A
30	30	7.5	15	15	11	MS-K25PMKP	–	MS-K25PM	1	2		29A
40	40	11	18.5	18.5	15	MS-K35PMKP	–	MS-K35PM	1	2		35A
55	50	15	22	22	22	MS-K50PMKP	–	MS-K50PM	1	2	15A, 22A, 29A, 35A, 42A, 54A	67A
65	62	18.5	30	30	30	MS-K65PMKP	–	MS-K65PM	1	2		
85	85	22	45	45	45	MS-K80PMKP	–	MS-K80PM	1	2		82 A
105	105	30	55	55	55	MS-K95PMKP	–	MS-K95PM	1	2		95 A
125	120	37	60	60	60	MS-K125PMKP	–	MS-K125PM	1	2	42A, 54A, 67A 82A, 105A	125A
150	150	45	75	90	90	MS-K150PMKP	–	MS-K150PM	1	2		
180	180	55	90	110	110	MS-K180PMKP	–	MS-K180PM	1	2	82A, 105A, 125A, 150A	180A, 210A
250	250	75	132	132	132	MS-K220PMKP	–	MS-K220PM	1	2		

Hình dạng bên ngoài các khởi động từ động cơ MK-S của hãng Mitsubishi - Nhật









12. Công tắc tơ của Pháp và một số nước Tây Âu

** Loại sử dụng đối với động cơ điện xoay chiều và một chiều*

Phạm vi sử dụng : Tùy theo giá trị dòng điện mà công tắc tơ phải làm việc trong lúc bình thường hay khi cắt mà người ta dùng các cỡ khác nhau. Phạm vi sử dụng còn phụ thuộc vào :

- Loại hộ tiêu thụ cần được kiểm tra : động cơ rôto lồng sóc hay động cơ rôto dây quấn.

- Những điều kiện thực hiện đóng mở; quá trình khởi động nặng, nhẹ; đảo chiều và hãm v.v...

+ Loại sử dụng đối với dòng điện xoay chiều

a) *Loại AC1 :* Chúng được dùng cho những thiết bị và khí cụ điện, các hộ tiêu thụ sử dụng dòng điện xoay chiều, mà hệ số công suất ít nhất phải bằng 0,95 ($Cos\varphi \geq 0,95$). Ví dụ dùng cho những điện trở ở mạng sưởi ấm hay lưới phân phối có hệ số công suất lớn hơn 0,95.

b) *Loại AC3 :* Chúng được dùng cho những động cơ lồng sóc. Khi đóng, công tắc tơ thiết lập dòng điện khởi động có trị số từ 5 đến 7 lần dòng điện định mức của động cơ. Khi mở, công tắc tơ sẽ cắt dòng điện định mức cung cấp cho động cơ. Ở thời điểm đó, điện áp của những cực của công tắc tơ biến động còn khoảng 20% điện áp của lưới điện, việc cắt được tiến hành dễ dàng.

Ví dụ sử dụng : tất cả những động cơ lồng sóc thông dụng : động cơ cầu thang máy, ở băng chuyền, ở cần cẩu, ở máy nén, ở bơm và ở máy điều hòa nhiệt độ v.v...

c) *Loại AC4 và AC2 :* Chúng được dùng cho những hộ tiêu thụ mà động cơ dùng dòng ngược để hãm hay có phụ tải làm việc gián đoạn, sử dụng động cơ lồng sóc hay quấn dây. Công tắc tơ này được đóng lại ở điểm mà cường độ có thể đạt từ $5 \div 7$ lần dòng điện định mức của động cơ. Khi cắt, nó có thể cắt dòng điện định mức với điện áp bằng điện áp lưới điện, việc cắt tương đối khói khăn hơn.

Ví dụ sử dụng : động cơ ở máy in, ở máy nâng hàng, ở trong công nghiệp luyện kim.

+ Loại sử dụng đối với dòng điện một chiều

a) *Loại DC1 :* Chúng được dùng cho tất cả thiết bị và khí cụ điện, hoặc các hộ tiêu thụ sử dụng dòng điện một chiều mà hằng số thời gian (L/R) bé hơn hay bằng 1ms (hay nói một cách khác những hộ tiêu thụ, phụ tải không có tính cảm ứng hay cảm ứng bé, ví dụ các lò điện trở).

b) *Loại DC2 :* Được sử dụng đối với động cơ một chiều kích thích song song. Hằng số thời gian là khoảng 7.5ms.

Khi đóng, công tắc tơ này thiết lập dòng điện khởi động nằm trong khoảng 2,5 lần dòng điện định mức sử dụng .

Khi mở, công tắc tơ sẽ cắt dòng điện định mức của động cơ.

Việc cắt tương đối dễ dàng hơn.

c) *Loại DC3 :* Loại này chi phối sự khởi động, phanh dòng điện ngược hay có phụ tải làm việc gián đoạn. Hằng số thời gian $\leq$ 2ms.

Khi đóng, công tắc tơ thiết lập dòng điện khởi động gần bằng 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ.

Khi mở, nó phải cắt dòng điện gấp 2,5 lần dòng điện khởi động ở một điện áp tối đa bằng điện áp của lưới điện. Việc cắt tương đối khó khăn hơn.

Loại này dùng cho khởi động động cơ kích từ song song với phụ tải làm việc gián đoạn và dùng cho việc đổi chiều quay của động cơ.

d) *Loại DC4* : Dùng khi khởi động động cơ kích từ nối tiếp. Hằng số thời gian 10ms.

Khi đóng, công tắc tơ thiết lập dòng điện khởi động gấp 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ. Khi mở, nó cắt một phần ba dòng định mức được tiêu thụ bởi động cơ ở thời điểm này. Điện áp ở những cực của chúng là khoảng 20% điện áp của lưới điện. Ở loại DC4, số lần thao tác trong một giờ có thể cao hơn. Việc cắt tương đối dễ dàng hơn.

3) *Loại DC5* : Dùng khởi động động cơ kích từ nối tiếp, phụ tải làm việc gián đoạn hoặc phanh dòng điện ngược. Hằng số thời gian ≤ 7,5ms.

Công tắc tơ đóng ở điểm mà cường độ dòng điện có thể đạt đến 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ. Khi cắt, côngtắctơ sẽ cắt ở dòng diện có cùng cường độ và điện áp có thể bằng điện áp của lưới điện. Việc cắt tương đối khó khăn hơn. Người ta có thể dùng nó trong trường hợp cần đảo chiều quay của động cơ.

Dưới đây là các bảng của ghi đặc điểm từng loại.

Bảng 3-12a. Một số đặc điểm của loại AC1

Các loại công tắc tơ thuộc loại AC1	LC1	LC1 LP1	LC1	LC1 LP1	LC1	LC1 LP1	LC1 LP1	LC1 LP1	LC1 LP1	LC1	LC1	LC1	LC1	LC1	LC1	LC1
	DO9 A65	D12 A65	D17 A65	D25 A65	D32 A65	D40	D50	D63	D80	FF4	FG4	FH4	FJ4	FK4	FL4	FX4
Dùng với cáp [mm²]	4	4	6	10	10	16	25	25	50	95	150	240	2×30×5	2×40×5	2×60×50	2×100×5
Dòng điện sử dụng, [A]																
Ở txq < 40°C	25	25	32	40	50	60	80	80	125	200	270	350	500	700	1000	1600
Ở txq ≤ 55°C	20	20	26	32	44	55	70	70	100	180	240	300	430	580	850	1350
Ở txq ≤ 70°C	17	17	22	28	35	42	56	56	80	160	180	250	340	500	700	1100

Bảng 3-12b - Một số đặc điểm loại AC3 và AC4 - AC2

Loại công tắc tơ thuộc AC3	LC1	LC1 LP1	LC1	LC1 LP1	LC1	LC1 LP1	LC1 LP1	LC1 LP1	LC1 LP1	LC1	LC1	LC1	LC1	LC1	LC1	LC1
	DO9 A65	D12 A65	D17 A65	D25 A65	D32 A65	D40	D50	D63	D80	FF4	FG4	FH4	FJ4	FK4	FL4	FX4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
U≤ 440V Dòng điện sử dụng đến (A)	9	12	16	25	32	40	50	63	80	115	185	265	400	500	630	780
Công suất định mức sử dụng P [KW]																
Ở 220V	2,2	3,0	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	55	75	110	147	200	220
Ở 380V	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	55	90	132	200	250	325	400
Ở 415V	4	5,5	9	11	15	2 2,0	25	37	45	59	100	140	220	280	375	425
Ở 440V	4	5,5	9	11	15	22	30	37	45	59	100	140	250	295	400	425

Bảng 3-12b (tiếp theo)

Tần số thao tác lớn nhất tùy thuộc vào công suất sử dụng và vào hệ số vận hành θ_{xq} < 55oC) :

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Hệ số vận hành	Công suất sử dụng																
≤ 85%	P	1200	1200	1200	1200	1000	1000	1000	1000	750	750	750	750	500	500	500	500
≤ 85%	0,5 P	3000	3000	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2000	2000	2000	2000	1200	1200	1200	1200
≤ 25%	P	1800	1800	1800	1800	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200

Dòng điện cắt cực đại tùy theo sự làm việc (giới hạn nhiệt, nhiệt độ môi trường xung quanh 55°C) [A]

* Loại công tắc tơ thuộc AC2, AC4 U ≤ 440 V Số lần thao tác/giờ và hệ số vận hành : từ 150 và 15% đến 300 và 10%	30	40	45	75	80	110	140	160	200	280	380	560	780	1100	1400	1600
Từ 150 và 20% đến 600 và 10%	27	36	40	67	70	98	120	148	170	250	350	500	700	950	1250	1400
Từ 150 đến 30% đến 1200 và 10%	24	30	35	56	60	80	100	132	145	215	300	400	600	750	950	1100
Từ 150 và 55% đến 2400 và 10%	19	24	30	45	50	62	80	110	120	170	240	320	450	600	720	820
Từ 150 và 85% đến 3600 và 10%	16	21	25	40	45	53	70	90	100	125	170	230	350	500	660	710

Bảng 3-12c.

Đặc tính kỹ thuật	Đơn vị	LP1-D12-A65	LP1-D16-A65	LP1-D25-A65	LP1-D40	LP1-D50	LP1-D63	LP1-D80
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Số lượng cực		3 hay 4	3	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4
Dòng điện sử dụng đến (ở txq = 55°C)	A	12	16	25	40	50	63	80
Dòng điện cực đại sử dụng ở txq ≤ 40°C	A	25	32	40	60	80	80	125
Điện áp định mức sử dụng	V	660	660	660	660	660	660	660
Nhiệt độ môi trường xung quanh đối với sự làm việc	°C	từ -50 đến +70	từ -50 đến +70	từ -50 đến +70	từ -50 đến +70	từ -50 đến +70	từ -50 đến +70	từ -50 đến +70
Độ cao sử dụng	m	3000						
Độ nghiêng lắp đặt cho phép so với vị trí thẳng đứng (tối đa)	độ	≤ 30						
Khả năng đóng [Iñéudung]	A	250	300	450	800	900	1000	1100
Khả năng cắt theo IEC 158.1 ở các điện áp								
440V	A	250	300	450	800	900	1000	1100
500V	A	175	250	400	800	900	1000	1100
600V	A	85	120	180	400	500	630	640
1000V	A							

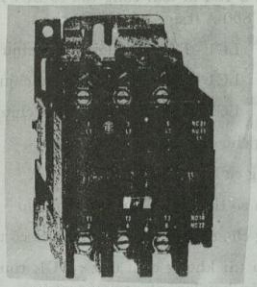
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dòng điện cho phép trong thời gian : 1 giây	A	225	270	400	720	810	900	990
5 giây	A	130	190	220	430	500	600	720
10 giây	A	100	130	200	320	400	510	640
30 giây	A	70	90	120	200	210	230	350
1 phút	A	56	70	100	170	190	200	250
3 phút	A	35	50	60	110	125	125	150
10 phút	A	30	40	50	80	90	90	135
Tổng trở trung bình mỗi cực	mΩ	2,5	2	2	1,5	1,5	1	0,80
Công suất tiêu hao trên mỗi cực với nhiệt độ txq ≤ 40°C	W	1,56	2	3,2	5,4	9,0	6,4	12,5
Thời gian làm việc trung bình	ms đóng ms cắt	40 ÷ 48 08 ÷ 18	52 ÷ 64 10 ÷ 14	52 ÷ 64 10 ÷ 14	85 ÷ 110 20 ÷ 35	85 ÷ 110 20 ÷ 035	85 ÷ 110 20 ÷ 035	95 ÷ 130 20 ÷ 055
Tuổi thọ cơ khí	triệu lần thao tác	30	30	30	30	30	30	30
Tiêu thụ trung bình	W	8	11	11	22	22	22	22

Bảng 3-12d.

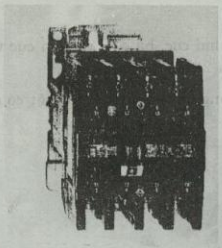
Cung cấp điện ở mạch điều khiển, dòng xoay chiều											Cung cấp điện ở mạch điều khiển xoay chiều hay một chiều						
Đặc tính kỹ thuật	Đơn vị	LC1 D09 A65	LC1 D12 A65	LC1 D17 A65	LC1 D25 A65	LC1 D32 A65	LC1 D40	LC1 D50	LC1 D63	LC1 D80	LC1 FF4	LC1 FG4	LC1 FH4	LC1 FJ4	LC1 FK4	LC1 FL4	LC1 FX4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Số lượng cực	3	3 hay 4	3	hay 3 4	3 hay 4	3	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4	3 hay 4	2,3 hay 4	2,3,4	2,3,4	3 hay 4
Dòng điện sử dụng ở $t_{xq} < 55^{o}C$)	A	9	12	16	25	32	40	50	63	80	115	185	265	400	500	630	780
Dòng điện cực đại sử dụng ở $t_{xq} < 40^{o}$ V	A	25	25	32	40	50	60	80	80	125	200	270	350	500	700	1000	1600
Điện áp định mức sử dụng	V	660	660	660	660	660	660	660	660	660	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Nhiệt độ môi trường xung quanh đối với sự làm việc	°C	từ 50 đến +70															
Độ cao sử dụng	m	3000															
Độ nghiêng lắp đặt cho phép so với vị trí thẳng đứng (tối đa)	độ	± 30															
Dòng điện cực đại nhiệt I nhiệt (theo IEC) $\theta < 40^{o}C$ ở các cực	A	25	25	32	40	50	60	80	80	125	200	270	350	500	700	1000	1600

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Khả năng đóng $I_{hiệu dụng}$	A	250	250	300	450	550	800	900	1000	1100	1250	1800	2450	4000	5000	6300	8000
Khả năng cắt theo IEC 158,1 ở																	
440V	A	250	250	300	450	550	800	900	1000	1100	1250	1800	2450	4000	5000	6300	7100
500V	A	175	175	250	400	480	800	900	1000	1100	1050	1600	2200	3500	4500	5400	6100
660V	A	85	85	120	180	200	400	500	640	640	800	1150	1750	3000	3500	5000	5000
1000 V	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	600	800	1120	2500	3200	3200
Dòng điện cho phép trong 1 giây	A	225	225	270	400	500	720	810	900	990	1100	1500	2200	3600	4200	5050	6250
5 giây	A	130	130	190	220	270	430	500	600	720	1100	1500	2200	3600	4200	5050	6250
10 giây	A	100	100	130	200	260	320	400	510	640	1100	1500	2200	3600	4200	5050	6250
30 giây	A	70	70	90	120	180	200	210	230	350	640	920	1230	2400	3200	4400	5600
1 phút	A	56	56	70	100	140	170	190	200	250	520	740	950	1700	2400	3400	4600
3 phút	A	35	35	50	60	80	110	125	125	150	400	500	620	1200	1500	2200	3000
10 phút	A	30	30	40	50	60	80	90	90	135	320	400	480	1000	1200	1600	2200
Tổng trở trung bình mỗi cực	mΩ	2,5	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5	1	0,8	0,45	0,36	0,32	0,28	0,18	0,12	0,10
Công suất tiêu hao trên mỗi cực ở $t_{xq} \leq 40^{o}C$	W	1,56	1,56	2,5	3,2	5	5,4	5,6	6,4	12,5	18	26	39	70	88	120	250
Thời gian làm việc trung bình mili giây;	ms đóng	12 ÷ 22	12 ÷ 22	12 ÷ 22	15 ÷ 24	15 ÷ 24	20 ÷ 26	20 ÷ 26	20 ÷ 26	20 ÷ 35	23 ÷ 35	20 ÷ 35	20 ÷ 35	40 ÷ 75	40 ÷ 75	40 ÷ 80	40 ÷ 80
	ms cắt	4 ÷ 12	4 ÷ 12	4 ÷ 12	5 ÷ 19	5 ÷ 19	8 ÷ 12	8 ÷ 12	8 ÷ 12	6 ÷ 20	5 ÷ 15	7 ÷ 15	8 ÷ 15	100 ÷ 170	100 ÷ 17	100 ÷ 200	130÷ 230
Tuổi thọ cơ khí (tính theo triệu lần thao tác)		20	20	20	16	16	16	16	16	10	10	10	10	10	10	5	5
Tiêu thụ trung bình ở 50 Hz																	
Khi tác động :	VA	70	70	70	110	110	200	200	200	200	550	800	1200	1075	1100	1650	2100
Khi duy trì :	VA	8	8	8	11	11	20	20	20	20	45	55	95	15	18	22	50

Công tắc tơ hai, ba và bốn cực, có mạch công suất : dòng điện xoay chiều và dòng điều khiển là dòng một chiều của Pháp do hãng "Télémécanique" chào hàng vào năm 1989 gồm có nhiều loại, trong đó có loại LP1 -LC1, có thông số kỹ thuật cho ở bảng 3.12a và 3.12b. Hình dạng của chúng được giới thiệu ở hình 3-12a, 3-12b, 3-12c sau đây :

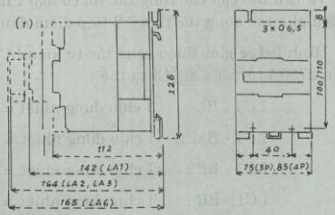


LC1 D633.

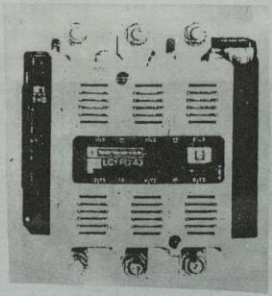


LP1-D404.

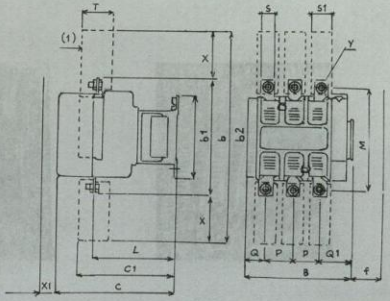
Hình 3-12a



Hình 3-12b



LC1-FG43.



Hình 3 - 12c.

Hình 3-12d và hình 3-12e giới thiệu công tắc tơ bố trí hệ thống thổi từ (Contacteurs à souflage magnétique) có dòng điện chịu đựng nhiệt cỡ từ 80 đến 2750A ở điện áp đến : 1000V xoay chiều (50-60Hz) và 1500V một chiều :

Hình 3-12d là loại công tắc tơ LC1-F5, dòng điện chịu đựng nhiệt tùy theo cỡ, có từ 400 đến 850 A (txq ≤ 40°C). Cụ thể :

LC1 - FJ5 : dòng điện chịu đựng nhiệt 400A

LC1 - FK5 : dòng điện chịu đựng nhiệt 630A

LC1 - FL5 : dòng điện chịu đựng nhiệt 850A

Dùng cho dòng điện xoay chiều :

- động cơ loại AC3/AC4 đến 630 A

- Tần số thao tác : đến 1200 lần/giờ

Dùng cho dòng điện một chiều, có cỡ từ 80 đến 720A :

- Phụ tải không cảm ứng : DC1; còn loại DC2, DC3, DC4 và DC5 : phụ tải là nam châm điện hay loại phụ tải cảm ứng.

- Tần số thao tác đến 600 lần giờ.

Về cấu tạo của các công tắc tơ, có loại : một cực, hai cực, ba cực, và bốn cực với 4 tiếp điểm phụ tác động tức thời " 2 tiếp điểm đóng "F" và 2 tiếp điểm mở "O".

Hình 3-12e giới thiệu công tắc tơ kiểu LC1-B. Dòng điện chịu đựng nhiệt có cỡ từ 800 đến 2750A (ở txq ≤ 40°C) cụ thể :

LC1 - BL : I chịu đựng nhiệt = 800A

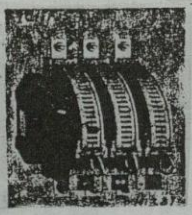
LC1 - BM : I chịu đựng nhiệt = 1250A

LC1 - BP : I chịu đựng nhiệt = 2000A

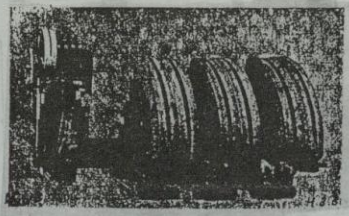
LC1 - BR : I chịu đựng nhiệt = 2750A

Điện áp tối đa đến 1000 V dòng xoay chiều (50 ÷ 60Hz) và 1500 V dòng một chiều.

Về cấu tạo có loại : một cực, hai cực, ba cực và 4 cực.



Hình 3-12d



Hình 3-12e

3.13. Khởi động từ của Pháp và các nước Tây Âu sản xuất

a) Khởi động từ đổi nối sao, tam giác : dùng để điều khiển những động cơ có một chiều quay, loại không có rơle bảo vệ :

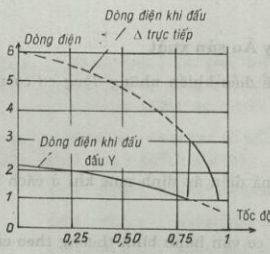
Phương pháp khởi động sao - tam giác

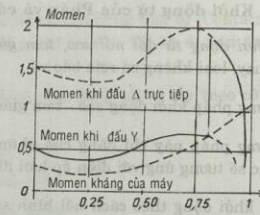
Phương pháp này chỉ dùng cho những động cơ mà điện áp định mức khi ở cách nối tam giác sẽ tương ứng với điện áp lưới điện.

Việc khởi động theo cách nối hình sao của động cơ vận hành bình thường theo cách nối tam giác được dùng đối với động cơ khi khởi động là không tải hay có tải nhưng momen tải yếu mà monen tải này được nâng lên dần dần. Monmen khởi động thực hiện cách nối sao sẽ bị giảm đi còn một phần ba so với momen khi khởi động trực tiếp (theo cách nối tam giác) và chỉ bằng 50% của momen định mức 3-13a và 3-13b).

Bảng 3-13a. Cho ta đặc tính kỹ thuật của loại khởi động từ đổi nối sao - tam giác.

A - Loại bé và trung bình	Công suất định mức của động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc ở các cấp điện áp [kW]				Dùng kèm với công tắc tơ
	220V	380V	415V	440V	
1) Các cỡ	5,5	11	11	11	LC1 D123 A65; LC1 D129 A65 LC1 D099 A65; LC3 D123 A64
	11	18,5	22	22	LC1 D173 A65; LC1 D179 A65 LC1 D099 A65; LC3 D173 A64
	15	25	30	30	LC1 D323 A65; LC1 D329 A64 LC1 D179 A65; LC3 D323 A64
	18,5	37	37	37	LC1 D003; LC1 D403 LC1 D259 A65; LC3 D403 A64
	30	55	59	59	LC1 D503; LC1 D503 LC1 D403 A65; LC3 D503 A64
	37	75	75	75	LC1 D803; LC1 D803 LC1 D503; LC3 D808 A64
2) Tần số thao tác cực đại	30 lần khởi động/giờ. Thời gian khởi động cực đại 30 giây.				
3) Phần tử trang bị kèm : 1 khối tiếp điểm tức thời LA1-D11A65 1 khối tiếp điểm với thời gian trì hoãn : rơle LA2-D221-A65					
B - loại lớn					
1) Các cỡ	63	110	110	110	LC1 FF43,LC1 FF43LC1 D803;FF4
	90	160	160	160	LC1 FG43;LC1 FG43;LC1 FF43,FG4
	110	220	220	220	LC1 FH43;LC1 FH43;LC1 FG43;FH4
	185	315	355	375	LC1 FJ43; LC1 FJ43;LC1 FH43;FJ4
2) Tần số thao tác cực đại : 12 lần khởi động/giờ. Thời gian khởi động cực đại : 20 giây [s] 3) Trang bị cầu chì 52A : loại FF4 và FJ4; DF6-AB-10 4) Vỏ bọc kim loại					

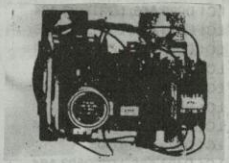




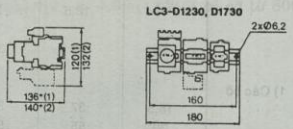
Hình 3-13a Hình 3-13b

Dòng điện khởi động theo cách nối hình sao chiếm từ 1,8 đến 2,6 lần dòng điện định mức. Việc chuyển từ cách nối hình sao sang cách nối hình tam giác phải thực hiện ở thời điểm tương đối ổn định. Sự tăng quá nhanh momen tải sẽ tạo nên tốc độ ổn định quá thấp và do đó làm mất tính ưu việt của phương pháp khởi động này. Tất cả những khởi động từ "sao - tam giác" thông thường được cung cấp kèm theo với một rơle duy trì thời gian (còn gọi là rơle trì hoãn) kiểu LA2-D221. A65. Thời gian trì hoãn khoảng 40ms ± 15 ở thời điểm chuyển đổi sao - tam giác.

Hình 3-13c giới thiệu loại khởi động từ "sao - tam giác" dùng để đổi nối sao tam giác đối với những động cơ có một chiều quay dùng với LC3-D123.

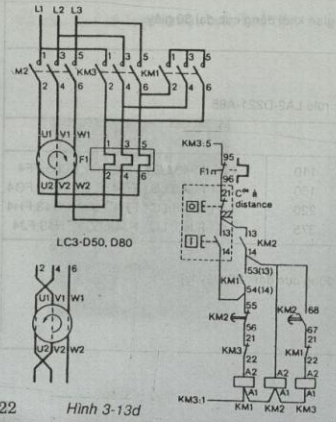


LC3-D123

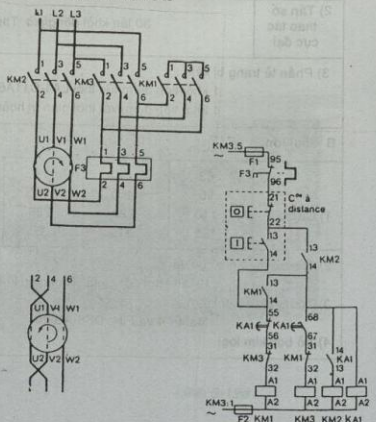


Hình 3-13c

LC3-D123 • à D803•, LC3-D1230• à 3230•



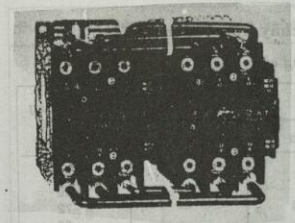
LC3-FF43 à FJ43



Hình 3-13d

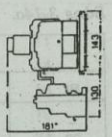
b) Khởi động từ đảo chiều - dùng để thay đổi chiều quay của động cơ điện, có hai loại mạch điều khiển : xoay chiều và một chiều.

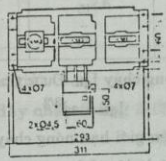
Gồm có các cỡ sau (bảng 3-13b)



C2-D803

LC3-D803
LC1-D803





Hình 3-13e

Bảng 3-13b

Loại	Công suất định mức của những động cơ 3 pha 50Hz ở loại AC3, KW					Dòng điện dùng ở loại AC3; 440V trị số A	Công tắc tơ sử dụng
	220V	380V	415V	440V	660V		
Khởi động từ đảo chiều động cơ, 3 cực; dòng điều khiển : xoay chiều	2,2	4	4	4	5,5	9	LC2 D099 A65
	3	5,5	5,5	5,5	7,5	12	LC2 D129 A65
	4	7,5	9	9	7,5	16	LC2 D179 A65
	5,5	11	11	11	15	25	LC2 D259 A65
	7,5	15	15	15	18,5	32	LC2 D329 A65
	11	18,5	22	22	30	40	LC2 D403
	15	22	25	30	33	50	LC2 D503
	18,5	30	37	37	37	63	LC2 D633
	22	37	45	45	45	80	LC2 D803
	30	55	59	59	90	115	LXI-FF 110 LXIFF 230; LXIFF 380
	55	90	100	100	132	185	LX1 FG110; LXI FG220 LX1 FG 380
	75	132	140	140	200	265	LX1 FH110;LX1 FH 230; LX1 FH380
Khởi động từ đảo chiều động cơ, 3 cực; dòng điều khiển : một chiều	3	5,5	5,5	5,5	7,5	12	LPZ2 D129 A65
	4	7,5	9	9	7,5	16	LP2 D169 A65
	5,5	11	11	11	15	25	LP2 D529 A65
	30	55	59	59	90	115	LC2 FF43; LX4 FF024
	55	90	100	100	132	185	LC2 FG43; LX4 FG024
	75	132	140	140	200	265	LC2 FH43 LX4 FH024

Hình 3-13d giới thiệu các sơ đồ sử dụng khởi động theo cách đổi nối sao – tam giác và khởi động từ đảo chiều quay của động cơ với các công tắc tơ.

Hình 3-13e giới thiệu hình dạng khởi động từ đảo chiều quay động cơ dùng với các công tắc tơ.

3-14. Hợp kim làm dây chảy với điểm nóng chảy thấp – bảng 3-14a

Bảng 3-14a. Hợp kim làm dây chảy với điểm nóng chảy thấp.

Thành phần hóa học % (trọng lượng)					Điểm nóng chảy, °C
Bi	Pb	Sn	Cd	Hg	
–	100	–	–	–	327
20	20	–	–	60	20
50	27	13	10	–	72
52	40	–	8	–	92
53	32	15	–	–	96
54	26	–	20	–	103
29	43	28	–	–	132

Dòng điện giới hạn nóng chảy I_{gh}. Được tính gần đúng nhờ công thức sau :

$$I_{gh} = ad^{3/2}, \qquad (3.5)$$

trong đó I_{gh} – dòng điện giới hạn nóng chảy, A

d – đường kính dây chảy, mm

a – hằng số của vật liệu có giá trị sau : (bảng 3-14b).

Bảng 3-14b

Vật liệu	Ag	Cu	Al	Pb	Pt	Zn	Sn	(2Pb + 1Sn)
a	60	80	59,2	10,8	40	12,9	12,8	10,4

3-15. Thời gian nóng chảy của cầu chì loại nhanh và loại chậm có công suất cắt lớn, tính bằng giây. Bảng 3-15

Bảng 3-15. Thời gian nóng chảy của cầu chì loại nhanh và chậm có công suất cắt lớn, tính bằng giây.

$I_{đm}$ (A)	Cầu chì chậm						Cầu chì nhanh					
	2,5 Iđm		4Iđm		6Iđm		2,5 Iđm		4Iđm		6Iđm	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
35	20	80	2,0	5,8	0,42	1,2	2,7	16,0	0,27	1,4	0,054	0,27
60	28	110	2,8	8,5	0,60	1,7	4,0	24,0	0,40	2,0	0,078	0,40
80	35	130	3,5	10,5	0,72	2,0	4,8	29,0	0,48	2,4	0,096	0,48
100	40	150	4,0	12,0	0,83	2,4	5,6	33,0	0,56	2,8	0,112	0,56
125	47	165	4,7	14,0	0,96	2,8	6,5	38,0	0,65	3,2	0,130	0,65
160	55	190	5,5	16,5	1,15	3,3	7,6	45,0	0,76	3,8	0,155	0,76
200	65	215	6,5	19,5	1,30	3,8	9,0	53,0	0,90	4,4	0,180	0,90
225	70	230	7,0	21,0	1,40	4,2	9,6	58,0	0,96	4,8	0,195	0,96
260	76	250	7,6	23,0	1,55	4,6	10,6	64,0	1,06	5,3	0,21	1,06
300	85	270	8,5	25,0	1,70	5,0	12,0	70,0	1,20	6,0	0,23	1,2
350	95	300	9,5	28,0	1,90	5,6	13,0	78,0	1,30	6,5	0,26	1,3
430	110	330	11,0	32,0	2,20	6,4	15,0	90,0	1,50	7,5	0,30	1,5
500	120	365	12,0	36,0	2,40	7,2	17,0	100	1,70	8,5	0,33	1,7
600	135	405	13,5	40,0	2,70	8,0	19,0	114	1,90	9,5	0,38	1,9

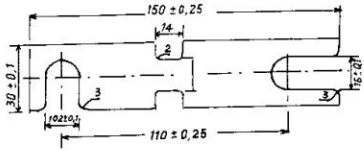
3-16. Số liệu kỹ thuật của dây chảy bằng chì hình dạng tròn – bảng 3-16.

Bảng 3-16. Số liệu kỹ thuật của dây chảy dây chì tròn.

Đường kính, (mm)	Dòng điện định mức*	Đường kính, (mm)	Dòng điện định mức*
0,2	0,5	1,2	9
0,3	1	1,4	11
0,4	1,5	1,6	14
0,5	2	1,8	16
0,6	2,5	2,0	19
0,7	3,5	2,2	24
0,8	4	2,4	28
0,9	5	2,6	32
1,0	6		

* Còn được hiểu là cường độ cực đại (tác giả)

3.17. Kích thước lá kẽm dùng làm dây chảy (bảng 3-17, hình 3-17)



Hình 3.17

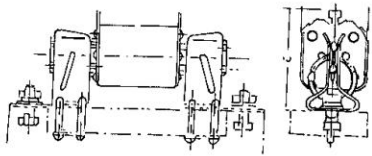
Bảng 3-17. Kích thước lá kẽm dùng làm dây chảy.

Dòng điện định mức, (*) A	Chiều rộng h, mm	Chiều dày e, mm	Tiết diện mm^2
100	5	0,5	2,5
125	8	0,5	4,0
160	12	0,5	6,0
200	17	0,5	8,5
225	8	1,	8,0
260	10	1,	10,0
300	13	1,	13,0
350	5	2	10,0

* Còn được hiểu là cường độ cực đại (tác giả).

3-18. Một số loại cầu chì của các nước Tây Âu sản xuất

1. Thông số kỹ thuật của cầu chì ống của CHLB Đức theo DIN43620 (hình 3-18)



Hình 3-18

- Cấp I dòng điện định mức của cầu chì từ 36A ÷ 200 A

  36 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 A

- Cấp II dòng điện định mức của cầu chì từ 30A ÷ 355A

  36 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 224 – 250 – 300 – 355A

- Cấp III dòng điện định mức của cầu chì từ 300A ÷ 600A

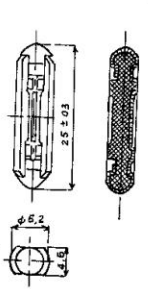
  300 – 355 – 425 – 500 – 600A

Dung lượng cắt của chúng từ 2000A hiệu dụng đến ≤ 500.000A hiệu dụng.

2. Thông số kỹ thuật của cầu chì được sản xuất ở các nước khác.

a) Cầu chì có dung lượng cắt bé.

Loại cầu chì này dùng để bảo vệ các mạch điện áp thấp (12V dòng điện một chiều : ví dụ loại CL25 có cấu tạo thân sứ và dây chảy như hình 3-18a). Có đặc tính kỹ thuật dây chảy như sau (bảng 3-18b).



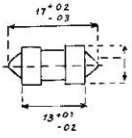
Bảng 3-18b

Đặc tính kỹ thuật	Phần yêu cầu KCĐ	Đơn vị đo	Giá trị
			Dòng một chiều
Điện áp định mức	Tiếp điểm chính	V	12
Dòng điện định mức		A	2; 8; 15; 20
Vị trí đặt			Thẳng đứng
Trọng lượng		kg	0,010
Mã hiệu CL25			5103 – 5110

Loại L17 có thông số kỹ thuật cho ở bảng 3-18c và hình dạng bên ngoài hình 3-18b.

Hình 3.18a

Bảng 3-18c



Hình 3.18b

Đặc tính kỹ thuật		Phần yêu cầu KCĐ	Đơn vị đo	Giá trị Dòng một chiều
Điện áp định mức Dòng điện định mức		Tiếp điểm chính	V A	12 6/8
Khả năng đóng cắt	Dòng cắt A 32 Dòng đóng A 32 Điện áp thử		A A V	32 32 13,2
Mã hiệu Trọng lượng			 kg	5051 0,010

Bảng 3-18d. Đặc điểm nóng chảy của cầu chì loại L17 cho ở bảng 3-18d và 3-18e.

Dòng điện định mức, A	Dòng điện thử I, [A]	
	Thời gian chảy 20 > giây	Thời gian chảy < 10 giây
1	1, 5	2,0 ÷ 2,3
1,5	2,3	3,0 ÷ 3,5
2	3	4,0 ÷ 4,6
3	4,5	6,1 ÷ 6,9
4	6	8,3 ÷ 9,2

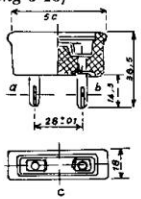
Bảng 3-18e

Dòng định mức, A	Thời gian nóng chảy, [giây] đối với			
	I = 2,5 Iđm		I = 4 Iđm	
	min	max	min	max
8	0,3	8,5	0,04	0,55
6	0,2	7	0,08	0,30

b) Cầu chì nóng chảy loại phích cắm.

Hình 3-18c giới thiệu cầu chì nóng chảy loại phích cắm cỡ 0,5÷5A mã số 5032, có kích thước như bảng 3-18f.

Bảng 3-18f



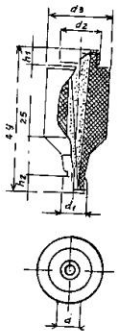
Hình 3-18c

Dòng điện định mức, A	Đường kính, mm	
	a	b
0,5	4	4
1	4	5
2	4	6
5	5	5

c) Cầu chì loại tác động cực nhanh.

Dùng để bảo vệ chỉnh lưu bán dẫn (chỉnh lưu giecmani hay silic) đối với dòng điện ngắn mạch cỡ dòng điện định mức từ 10A đến 65A, theo bảng 3-18g. Ngoài ra còn có cỡ dòng định mức đến 315A.

Bảng 3-18g



Hình 3-18d

Dòng điện định mức	Kích thước, mm						Màu
	d_1	d_2	d_3	a	h_1	h_2	
10	8,3	13,3	21,8	7	5,8	6,4	màu sơn
16	10,3					6,4	màu tro
20	11,3					5	màu da trời
25	13,3					5	vàng
35	15,7	17,7	27,3	9	6	6	đen
50	17,7					6	trắng
63	19,7					6	xanh lá cây

Đặc tính kỹ thuật của loại này cho ở bảng 3-18h.

Bảng 3-18h

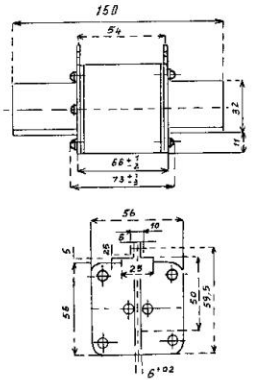
Đặc tính kỹ thuật		Phần yêu cầu	Đơn vị	Giá trị									
				Ở dòng điện xoay chiều									
	Điện áp định mức Dòng điện định mức	TD chính	V A	500 10; 16; 25; 35; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315									
Khả năng đóng và cắt	Hệ số công suất Dòng định mức Dòng điện đóng Dòng điện cắt Điện áp thử		cosφ A A A V	0,3 10 ÷ 25 4.000 4.000 550		35 ÷ 63 8.000 8.000		80 ÷ 200 16.000 16.000		250 ÷ 315 20.000 20.000			
Mã số Trọng lượng			kg	2300 0,02	2301 0,02	2302 0,03	2303 0,03	2304 0,05	2305 0,05	2306 0,05	2307 0,12	2308 0,12	2309 0,50

d) Cầu chì có công suất cắt lớn.

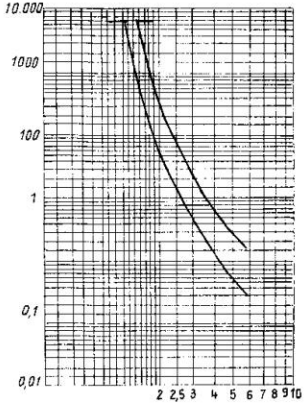
Dùng để bảo vệ mạch có dòng điện ngắn mạch lớn.

Hình 3-18e là loại MPR 315A mã số 2340, còn hình 3-18f là đường đặc tính nóng chảy loại cầu chì trên.

Ngoài ra còn có loại MPR cỡ lớn đến 630A. Mã số 2380.



Hình 3-18e



Hình 3-18f

Bảng 3-18i. Ghi đặc tính kỹ thuật cầu chì MPR-315.

Đặc tính kỹ thuật		Phần yêu cầu đối với KCĐ	Đơn vị đo	Giá trị ở Dòng điện xoay chiều
Điện áp định mức		Tiếp điểm chính	V	500
Dòng điện định mức		-nt-	A	100; 125; 160; 200; 250; 315
Tần số lưới điện		-nt-	Hz	50
Khả năng đóng cắt điện	Dòng điện đóng	A		25.000
	Dòng điện cắt	A		0,3
	Hệ số công suất	cosφ		550
	Điện áp thử	V		
Đặt ở vị trí				Thẳng đứng
Mã số				2340
Trọng lượng			kg	0,500

PHỤ LỤC 3

TIÊU CHUẨN NGÀNH ĐẶT THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG NHÀ Ở VÀ CÔNG TRÌNH CÔNG CỘNG

TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ 20 TCN 27-91

Tiêu chuẩn này áp dụng để thiết kế đặt các thiết bị điện trong các loại nhà ở (Nhà ở có căn hộ, nhà ở có sân vườn, nhà ở kiểu khách sạn, ký túc xá...), đồng thời cũng áp dụng cho các loại công trình công cộng khác.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các công trình đặc biệt cũng như cho các thiết trí điện đặc biệt trong các công trình công cộng.

Việc thiết kế đặt các thiết bị điện trong nhà ở và công trình công cộng còn phải thỏa mãn các yêu cầu quy định của các tiêu chuẩn, quy phạm hiện hành có liên quan. Với các công trình công cộng còn phải tuân theo các yêu cầu quy định của các tiêu chuẩn, quy phạm hiện hành của mỗ loại công trình.

Tiêu chuẩn này thay thế Quy phạm đặt thiết bị điện trong các công trình kiến trúc 20 TCN, 27-67.

1. QUY ĐỊNH CHUNG

1.1. Khi thiết kế cấp điện cho nhà ở và công trình công cộng phải đảm bảo các yêu cầu quy định đối với mỗi loại tiêu thụ điện về độ tin cậy cung cấp điện theo QTĐ 11 TCN18-84. Phân loại các hộ tiêu thụ điện và thiết bị tiêu thụ điện theo độ tin cậy cung cấp điện xem phụ lục 2.

1.2. Điện áp phải tính toán để cấp điện cho các thiết bị điện trong nhà ở và công trình công cộng (trừ cho các động cơ điện) không được lớn hơn 220V. Với những công trình hiện có điện áp lưới 220/110V cần chuyển sang điện áp lưới 380/220V nếu xét thấy phù hợp các yêu cầu kinh tế kỹ thuật.

1.3. Cấp điện cho các động cơ điện (máy điện) phải lấy từ lưới điện 380/220V trung tính nối đất trực tiếp.

1.4. Trong nhà ở và các công trình công cộng cần dự phòng một công suất không dưới 5% tổng công suất của công trình để cấp điện cho chiếu sáng quảng cáo, tủ kính quầy hàng, trang trí mặt nhà, hệ thống điều độ, các bảng và các tín hiệu chỉ dẫn bằng ánh sáng, các hệ thống tín hiệu âm thanh, phóng chữa cháy, cũng như các đèn báo chướng ngại của công trình...

1.5. Tổn thất điện áp ở cực của các bóng đèn và của các thiết bị động lực đặt xa nhất so với điện áp định mức không được vượt quá các trị số sau :

- *Đối với chiếu sáng làm việc :* ± 5%

- *Đối với chiếu sáng phân tán :*

người và chiếu sáng sự cố : ± 5%

- Đối với các thiết bị điện áp 12 đến 42V (tính từ nguồn cấp điện) ± 10%

- *Đối với động cơ điện :*

- Làm việc lâu dài ở chế độ ổn định ± 5%

- Làm việc lâu dài ở chế độ sự cố : ± 15%

Chú thích :

- Các lưới điện, kể cả lưới điện điều khiển từ xa và điều khiển tự động cần phải được kiểm tra với chế độ khởi động các động cơ điện.

- Các lưới chiếu sáng, khi ở chế độ sự cố cho phép giảm điện áp tới 12% trị số điện áp định mức

2. PHỤ TẢI VÀ TÍNH TOÁN

2.1. Phụ tải tính toán của toàn bộ các căn hộ trong nhà ở P_{CH} tính theo công thức :

$$P_{CH} = P_{ch} \times n$$

Trong đó :

P_{ch} suất phụ tải tính toán (KW) của mỗi căn hộ, xác định theo bảng 1.

n - Số căn hộ trong ngôi nhà.

2.2. Phụ tải tính toán cho nhà ở (gồm phụ tải tính toán các căn hộ và các thiết bị điện lực). P_{No} tính theo công thức :

$$P_{NO} = P_{CH} + 0{,}9P_{DL}$$

Trong đó :

P_{DL} - Phụ tải tính toán (KW) của các thiết bị điện lực trong nhà.

2.3. Phụ tải tính toán (kw) của các thiết bị điện lực tính như sau :

a) Với các động cơ điện máy bơm, các thiết bị thông gió, cấp nhiệt và các thiết bị vệ sinh khác, lấy tổng công suất đặt, tính với hệ số công suất bằng 0,8 và hệ số nhu cầu như sau :

1 : Khi số động cơ điện từ 1 đến 3 ,

0,8 : Khi số động cơ điện lớn hơn 3.

b) Với các thang máy tính theo công thức :

$$P_T = K_c \sum_{1}^{n_T} (P_{ni} \sqrt{PV} + P_{gi})$$

Trong đó :

P_T - Phụ tải tính toán (KW) của các thang máy

n_T - Số lượng các thang máy

P_{ni} - Công suất đặt (KW) của các động cơ điện của thang máy.

P_{gi} - Công suất (KW) của hãm điện từ của các khí cụ điều khiển và các đèn điện trong thang máy.

PV - Hệ số gián đoạn của động cơ điện theo lý lịch máy.

K_c - Hệ số nhu cầu, với nhà ở xác định theo bảng 2, với các công trình công cộng theo các trị số sau đây :

Số thang máy đặt trong nhà	Hệ số K_c
Từ 1 đến 2	1
Từ 3 đến 4	0,9
Từ 4 trở lên	0,8 - 0,6
Hệ số công suất của thang máy lấy bằng 0,6	

c) Khi xác định phụ tải tính toán không tính công suất của các động cơ điện dự phòng, trừ trường hợp để chọn khí cụ bảo vệ và mặt cắt dây dẫn. Khi xác định phụ tải tính toán của các động cơ điện của thiết bị chữa cháy, phải lấy hệ số nhu cầu bằng 1 với số lượng động cơ bất kỳ.

2.4. Hệ số công suất tính toán lưới điện nhà ở lấy bằng 0,80 đến 0,85.

2.5. Khi thiết kế lưới điện nhóm chiếu sáng công trình công cộng như khách sạn, ký túc xá, các phòng sử dụng chung cho ngôi nhà (gian cầu thang, tầng hầm tầng giáp mái) cũng như các phòng không dùng để ở như các cửa hàng, gian hàng, kho, xưởng, các xí nghiệp dịch vụ phục vụ sinh hoạt đời sống, các phòng hành chính quản trị... phải lấy phụ tải tính toán theo tính toán kỹ thuật chiếu sáng với hệ số nhu cầu bằng 1.

2.6. Phụ tải tính toán của lưới điện cung cấp cho các ổ cắm điện P_{oc} (Khi không có số liệu về các thiết bị điện được cấp điện do các ổ cắm này) với mạng lưới điện hai nhóm trở lên (nhóm chiếu sáng, nhóm ổ cắm), tính theo công thức sau :

$$P_{oc}= 300\ n\ (W)$$

Trong đó : n - Số lượng ổ cắm điện.

2.7. Phụ tải tính toán đầu vào công trình công cộng phải lấy theo tính toán kỹ thuật của công trình. Khi lập luận chứng kinh tế kỹ thuật cũng như khi thiết kế kỹ thuật, dùng các trị số ở bảng 3.

Bảng 1. Suất phụ tải tính toán của căn hộ.

Đặc điểm căn hộ	Suất phụ tải tính toán (KW) khi số căn hộ							
	1 đến 3	5	10	20	30	40	60	100 trở lên
Có bếp điện	4	2,48	1,88	1,6	1,4	1,32	1,2	1,12
Có các loại bếp khác	2,5	1,75	1,55	1,25	1,12	1,07	1,05	1,02

Bảng 2. Hệ số nhu cầu với nhà có thang máy.

Số tầng	Hệ số nhu cầu khi số thang máy									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 đến 7	1	0,85	0,70	0,55	0,55	0,45	0,45	0,42	0,40	0,38
8 – 9	1	0,90	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,42	0,40
10 – 11	–	0,95	0,80	0,70	0,63	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42
12 – 13	–	1	0,85	0,73	0,65	0,58	0,55	0,50	0,47	0,44
14 – 15	–	1	0,97	0,85	0,75	0,70	0,66	0,60	0,58	0,56

Chú thích ở Bảng 1 :

1. Với số căn hộ không nêu ở bảng 1, xác định suất phụ tải tính toán theo nội suy

2. Suất phụ tải tính toán của căn hộ đã tính cả chiếu sáng điện ở các khu vực công cộng của nhà (gian cầu thang, thang máy, tầng giáp mái, tầng kỹ thuật, tầng hầm...).

3. Suất phụ tải tính toán được tính với căn hộ có tổng diện tích 24m^2. Khi căn hộ có tổng diện tích lớn hơn phải tăng suất phụ tải tính toán ở bảng 1 lên 0,5% với mỗi m^2 diện tích gia tăng, nhưng không được lớn hơn 25% trị số đã nêu trong bảng 1.

4. Với căn hộ có nhiều hộ gia đình, phải nhân suất phụ tải tính toán với hệ số 1,5 khi số gia đình tới 3; với hệ số 2 khi số gia đình từ 4 trở lên.

5. Trong suất phụ tải tính toán nêu ở bảng 1 chưa tính đến phụ tải điện lực công cộng của nhà ở, phụ tải điện lực của các khu vực công cộng của nhà ở và các thiết bị sưởi bằng điện, các máy điều hòa khí hậu trong các căn hộ.

2.8. Phụ tải tính toán của lưới điện lực cung cấp cho công trình công cộng P_{dl} (KW) tính theo công thức :

$$P_{dl} = P_{max} + n_1P_1 + n_2P_2 + ... + n_iP_i$$

Trong đó :

P_{max} – Công suất (KW) của thiết bị điện lớn nhất,

P_1, P_2...P_i – Công suất (KW) của các thiết bị điện còn lại.

n_1, n_2...n_i – Số lượng thiết bị điện cùng làm việc đồng thời của mỗi loại thiết bị điện.

2.9. Phụ tải tính toán của lưới điện chiếu sáng và điện lực cung cấp cho công trình công cộng P_{cc} (KW) tính theo công thức :

$$P_{cc} = 0,9 (P_{cs} + P_{dl})$$

Trong đó :

P_{cs} – Phụ tải tính toán chiếu sáng của công trình công cộng (KW)

P_{dl} – Phụ tải tính toán điện lực của công trình công cộng (KW)

Bảng 3. Suất phụ tải tính toán và hệ số công suất của một số công trình công cộng.

Loại công trình	Suất phụ tải tính toán (KW)	Hệ số công suất
1	2	3
Bệnh viện đa khoa, KW/giường bệnh	1,2	0,90
Vườn trẻ, KW/cháu	0,1	0,80
Nhà trẻ, KW/cháu	0,15	0,85
Vườn trẻ kết hợp với nhà trẻ, KW/cháu	0,20	0,85
Trường phổ thông, KW/chỗ	0,09	0,90
Trường đại học, cao đẳng, học viện, trung học dạy nghề, KW/chỗ	0,10	0,85
Rạp chiếu bóng có điều hòa khí hậu, KW/chỗ	0,15	0,80
Rạp chiếu bóng không có điều hòa khí hậu, KW/chỗ	0,04	0,85
Rạp hát, cung văn hóa, rạp xiếc, KW/chỗ	0,15	0,80
Sân thể thao, KW/chỗ	0,40	0,85
Trụ sở cơ quan hành chính, KW/m^2/sử dụng	0,30	0,85
Khách sạn, KW/giường	0,20	0,85
Nhà nghỉ, KW/giường	0,15	0,80
Cửa hàng bách hóa, KW/chỗ bán hàng	0,70	0,80
Các cửa hàng, xí nghiệp dịch vụ phục vụ sinh hoạt, đời sống, KW/chỗ làm việc	0,60	0,75

3. TRẠM BIẾN ÁP, THIẾT BỊ ĐẦU VÀO, BẢNG (HỘP, TỦ) ĐIỆN, THIẾT BỊ BẢO VỆ

3.1. Cấm đặt trạm biến áp (TBA) ở trong hoặc sát kề nhà ở (nhà căn hộ, nhà sân vườn, ký túc xá, nhà ở kiểu khách sạn), nhà bệnh nhân và nhà điều trị của bệnh viện, nhà an dưỡng; phòng học và các phòng làm việc khác của trường học các loại kể cả các trường dạy nghề, bồi dưỡng văn hóa, nghiệp vụ, chính trị.

Với các loại công trình công cộng khác, cho phép đặt TBA trong nhà hoặc kề sát tường nhưng phòng phải được cách âm tốt và phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn mức ồn cho phép trong công trình công cộng 20 TCN 175-90. Trạm phải có tường ngăn cháy cách ly với phòng kề sát và phải có lối ra trực tiếp.

Trong trạm có thể đặt máy biến áp (MBA) có hệ thống làm mát bất kỳ.

3.2. Phòng đặt thiết bị phân phối điện áp đến 1000V mà người quản lý của hộ tiêu thụ tới được, không cho phép thông với phòng khác của trạm có thiết bị đang mang điện áp và phải có cửa đi riêng có khóa.

3.3. Ở đầu vào nhà phải đặt thiết bị đầu vào (ĐV) hoặc thiết bị phân phối đầu vào (PPĐV). Trước khi vào nhà, cấm đặt tủ đấu cáp riêng để phân chia lưới điện bên trong và bên ngoài. Việc phân chia này phải thực hiện ở PPĐV hoặc ở thiết bị phân phối chính (PPC).

3.4. Ở ĐV hoặc PPĐV phải đặt các khí cụ điều khiển và bảo vệ. Ở ĐV hoặc PPĐV có dòng điện đến 25A không cần đặt các khí cụ điều khiển. Khi nhánh rẽ từ đường dây trên không (ĐDK) vào nhà có đặt khí cụ bảo vệ có dòng điện đến 25A khi không phải đặt ĐV hoặc PPĐV nữa.

Cho phép không đặt khí cụ bảo vệ cho đầu vào của đường dây vào nhà khi ở điểm bắt đầu rẽ nhánh đã được bảo vệ hoặc khi ĐV hay PPĐV đã được cấp điện bằng đường dây riêng.

Trên mỗi đường dây ra của bảng (nộp, tủ) phân phối điện, nếu đặt khí cụ bảo vệ có thể đặt một khí cụ bảo vệ điều khiển chung cho một số đường dây ra. Khi phối hợp chung ĐV với bảng (hộp, tủ) phân phối điện, cho phép không đặt khí cụ bảo vệ đầu vào của đường dây vào nhà nếu khí cụ bảo vệ đó đã đặt trên đoạn đầu của đường rẽ nhánh.

3.5. Phải đặt khí cụ điều khiển ở đầu vào của đường dây cấp điện cho các cửa hàng, các xí nghiệp dịch vụ phục vụ đời sống và sinh hoạt, các phòng hành chính, cũng như các phòng của các hộ tiêu thụ, đặc biệt là các phòng giao dịch của các cơ quan xí nghiệp mặc dầu ở đầu đường dây hoặc trên nhánh rẽ từ đường dây cung cấp đặt khí cụ điều khiển.

3.6. Khi bố trí khí cụ bảo vệ, ngoài các yêu cầu về dòng điện, còn phải thỏa mãn các yêu cầu sau :

a) Trong nhà ở và công trình công cộng, tại các bảng (tủ hộp) điện phân phối và bảng (tủ, hộp) điện nhóm, chỉ đặt máy cắt điện hạ áp và cầu chảy tại dây pha của lưới điện.

b) Khi ở gian cầu thang cách bảng điện trục đứng của khu vực cầu thang không quá 3m và khi bảng điện này có cùng chức năng với bảng (hộp) điện căn hộ và bảng (hộp) điện tầng thì không yêu cầu đặt bảng (hộp) điện tầng riêng nữa.

3.7. Các ĐV, PPĐV, PPC phải đặt ở phòng đặt bảng (tủ) điện hoặc đặt trong các tủ (hộp) điện hoặc hộc tường có khóa. Ở những nơi dễ bị ngập nước, ĐV và PPC phải được đặt cao hơn mức nước ngập cao nhất thường xảy ra.

Với nhà không có gian cầu thang, cho phép đặt ĐV trên tường phía ngoài nhà nhưng phải có biện pháp bảo vệ thích đáng và không ảnh hưởng tới kết cấu và mỹ quan của nhà.

Cho phép đặt ĐV, PPĐV và PPC trong các phòng khác, các tầng hầm khô ráo, hoặc trong tầng kỹ thuật khi người quản lý tới được dễ dàng; hoặc trong các phòng riêng của công trình có tường không cháy với độ chịu lửa không phải hơn 0,75 giờ.

3.8. Khi đặt ĐV, PPĐV và PPC, các bảng (hộp, tủ) phân phối điện và các bảng (hộp) điện nhóm, ngoài phòng đặt bảng điện cần thực hiện các yêu cầu sau :

a) Phải đặt thiết bị ở chỗ thuận tiện và dễ tới để thao tác, sửa chữa, ví dụ gian cầu thang, tầng hầm khô ráo.

b) Phải đặt các khí cụ điện trong tủ (hộp) bằng kim loại hoặc trong các hộc tường, cửa có khóa : tay điều khiển các khí cụ này không được thò ra ngoài hoặc nếu có thò ra ngoài thì phải tháo ra được sau khi vận hành.

3.9. Cấm đặt bảng (hộp, tủ) điện ở dưới hoặc trong nhà xí tắm, phòng tắm, nhà bếp, chỗ rửa chân tay, phòng giặt, phòng có hóa chất.

Các đường ống nước, ống thông gió, ống hơi nóng và các loại hộp kỹ thuật khác khi đi qua phòng đặt bảng (tủ, hộp) điện, không được bố trí các nắp đậy, van, mặt bích, cửa thăm dò, vòi, trong phòng đó trừ trường hợp chính phòng đó cần tới. Cấm đặt các ống khí đốt, ống dẫn chất cháy, đi qua phòng đặt bảng (tủ, hộp) điện.

Phòng đặt bảng (tủ, hộp), điện phải có cửa mở ra phía ngoài và phải có khóa.

3.10 Phòng đặt ĐV, PPĐV, bảng (tủ, hộp) phân phối điện phải được thông gió tự nhiên và chiếu sáng điện.

4. LƯỚI ĐIỆN TRONG NHÀ

4.1. Lưới điện trong nhà phải thực hiện theo các yêu cầu sau :

a) Thiết trí điện của các đơn vị khác nhau (nhưng vẫn trong cùng một nhà) cho phép được cấp điện bằng một nhánh rẽ riêng nối vào đường dây cung cấp chung hoặc bằng một đường dây riêng từ ĐV, PPC, hoặc PPP, (phân phối phụ).

Được phép cấp điện cho các phòng không dùng để ở trong nhà ở và các căn hộ của nhà đó bằng đường dây cung cấp chung với điều kiện tại nơi rẽ nhánh phải có khí cụ đóng cắt riêng nhưng phải đảm bảo yêu cầu chất lượng điện áp.

b) Một đường dây được phép cấp điện cho một số đoạn đứng. Riêng với nhà ở trên 5 tầng, mỗi đoạn đứng phải đặt khí cụ đóng cắt riêng tại chỗ rẽ nhánh.

c) Chiếu sáng cầu thang, lối đi chung, hành lang và những phòng khác ngoài phạm vi căn hộ của nhà ở, phải được cấp điện bằng các đường dây riêng từ PPC.

Cấm lấy điện cho các khu vực trên từ BCH.

4.2. Đường dây nhóm chiếu sáng trong nhà phải được bảo vệ bằng cầu chảy hoặc máy cắt điện hạ áp với dòng điện làm việc không lớn hơn 25A.

Đường dây nhóm cấp điện cho các đèn phóng khí có công suất mỗi bóng 125W và lớn hơn, các bóng đèn nung sáng có công suất mỗi bóng 500W và lớn hơn, được phép bảo vệ bằng cầu chẩy hoặc máy cắt điện hạ áp với dòng điện đến 63A.

4.3. Ở mỗi pha của đường dây nhóm trong nhà không được mắc quá 20 bóng đèn nung sáng, đèn huỳnh quang, đèn thủy ngân cao áp, đèn nát-tơ-ri, kể cả các ổ cắm điện.

Với các đường dây nhóm cấp điện cho các đèn kiểu các-ni, trần sáng, mảng sáng, cũng như cho các đèn lắp bóng huỳnh quang, cho phép đấu vào một pha đến 50 bóng đèn với đường dây cấp điện cho đèn chùm thì số bóng đèn trên một pha không hạn chế.

Cho phép đấu vào mỗi pha ở các đường dây nhóm chiếu sáng cầu thang, hành lang chiếu nghỉ, sảnh, tầng kỹ thuật, tầng giáp mái..., đến 60 bóng nung sáng, mỗi bóng có công suất 60W.

Với bóng đèn có công suất 10 KW và lớn hơn, cho phép đấu vào mỗi pha không quá một đèn.

4.4. Đoạn đứng cấp điện cho căn hộ phải đặt dọc theo gian cầu thang và không được đi qua các phòng.

Cho phép đặt đường dây cấp điện cho căn hộ cùng với đường dây chiếu sáng làm việc của gian cầu thang hành lang và các khu vực chung khác của nhà trong rãnh chung, ống (hộp) luồn dây chung v.v... bằng vật liệu không cháy.

4.5. Từ bảng điện tầng dẫn tới các BCH phải đặt trong các rãnh riêng, ống (hộp) luồn dây riêng.

Cho phép các đường dây cung cấp cho căn hộ và đường dây chiếu sáng làm việc của gian cầu thang, hành lang và các khu vực chung khác của nhà bằng một dây trung tính nhưng phải đảm bảo các quy định ở điểm 4.11.

4.6. Trong căn hộ nhà ở nên đặt hai đường dây nhóm một pha độc lập với nhau : Một đường dây cho đèn chiếu sáng chung, một đường cho các dụng cụ điện dùng cho sinh hoạt qua các ổ cắm điện.

Được phép cấp điện cho đèn và các ổ cắm điện bằng một đường dây nhóm chung.

4.7. Trong các xí nghiệp thương nghiệp và phục vụ đời sống sinh hoạt công cộng (cửa hàng, trung tâm thương nghiệp, nhà hàng..., các động cơ điện của các thiết bị công nghệ cũng như của các thiết bị vệ sinh có công suất không lớn (đến 3kw) cho phép được cấp điện bằng một đường dây nhóm chung nhưng số động cơ điện không được lớn quá 4.

4.8. Trong các tầng kỹ thuật, tầng hầm, không đặt thiết bị sưởi, các phòng đặt máy thông gió, trạm bơm nước, các phòng ẩm ướt và đặc biệt ẩm ướt, dây dẫn phải đặt hở.

Trong các phòng vệ sinh, nhà tắm, dây dẫn nên đặt hở và phải dùng loại có vỏ bảo vệ hoặc cáp điện. Cấm đặt dây dẫn có vỏ bảo vệ trong ống thép hoặc trong các hộp kim loại.

Trong nhà trẻ, phòng chế biến và gia công thức ăn, cũng như các phòng có yêu cầu về vệ sinh hoặc vô trùng như khối phòng nổ, phòng điều chế huyết thanh..., đường dây phải đặt kín. (Ngầm tường, dưới lớp vữa trát, trong ống, trong hộp...).

4.9. Khi lưới điện đặt trong trần treo không đi lại được coi như lưới điện kín và phải thực hiện như sau :

- Với trần nhà bằng vật liệu cháy, luồn trong ống (hộp) bằng kim loại.

- Với trần nhà bằng vật liệu không cháy hoặc khó cháy, luồn trong ống (hộp) bằng chất dẻo hoặc dùng cáp điện và dây dẫn có bảo vệ với vỏ bằng vật liệu khó cháy. Khi đó cần phải đảm bảo khả năng thay thế sửa chữa dây dẫn và cáp điện.

4.10. Mặt cắt ruột dây dẫn của từng đoạn thuộc lưới điện nhà ở không được nhỏ hơn các trị số qui định ở bảng 4.

Chú thích : Với lưới điện 3 pha 4 dây, khi mặt cắt dây pha đến 16mm^2 (đồng) và 25mm^2 (nhôm) thì dây trung tính của đoạn đứng phải có mặt cắt bằng mặt cắt dây pha. Nếu mặt cắt dây pha lớn hơn các trị số trên thì mặt cắt dây trung tính không được nhỏ quá 50% mặt cắt dây pha.

Bảng 4

Tên đường dây	Mặt cắt nhỏ nhất của ruột dây dẫn (mm^2)	
	Đồng	Nhôm
- Đường dây nhóm của lưới điện chiếu sáng khi không có ổ cắm điện	1,5	2,5
- Đường dây nhóm của lưới điện chiếu sáng có ổ cắm điện; lưới điện động lực lưới điện cung cấp cho các ổ cắm điện.	2,5	4
- Đường dây tới BCH và đồng hồ đếm điện cho mỗi căn hộ.	4	6
- Đoạn đứng trong gian cầu thang cấp điện cho các căn hộ thuộc khu vực chung gian cầu thang	6	10

4.11. Khi đặt đường dẫn điện còn phải tuân theo các quy định của tiêu chuẩn đặt đường dây dẫn điện trong nhà ở và công trình công cộng 20 TCN 25-90 và quy phạm trang bị điện QTĐ 11 TCN 18-84.

5. ĐẶT ĐÈN ĐIỆN

5.1. Điện áp cung cấp cho các đèn điện chiếu sáng chung không được quá 380/220V với lưới điện xoay chiều có trung tính nối đất trực tiếp và không quá 220V với lưới điện xoay chiều trung tính cách ly và điện một chiều.

Cấp điện cho các đèn thông thường phải dùng điện áp pha không quá 220V. Với nơi ít nguy hiểm cho phép dùng điện áp nói trên khi đèn đặt cố định và không phụ thuộc độ cao đặt đèn.

5.2. Trong các phòng nguy hiểm và rất nguy hiểm, khi dùng đèn điện để chiếu sáng chung với bóng đèn nung sáng, bóng đèn thủy ngân cao áp, bóng đèn ha-lê-gien, kim loại, và bóng đèn natri nếu độ cao đặt đèn so với mặt sàn hoặc mặt bằng làm việc nhỏ hơn 2,5m, phải có các cấu tạo tránh chạm phải bóng đèn khi không dùng các dụng cụ đồ nghề để tháo mở đèn. Dây điện đưa vào đèn phải luồn trong ống bằng kim loại và phải dùng cáp có vỏ bảo vệ : hoặc cáp điện cho bóng nung sáng có điện áp không quá 42V. Các yêu cầu trên không áp dụng đối với đèn đặt trong các phòng đặt bảng điện cũng như với đèn đặt ở những nơi chỉ có nhân viên chuyên môn về điện sử dụng. Cho phép đặt đèn huỳnh quang với điện áp 127-220V ở độ cao so với mặt sàn nhỏ quá 2,5 m khi ngẫu nhiên không thể chạm phải các phần mang điện của đèn.

5.3. Đèn chiếu sáng cục bộ bóng nung sáng đặt cố định trong các phòng ít nguy hiểm phải dùng điện áp không quá 220V; trong các phòng nguy hiểm và rất nguy hiểm không quá 42V.

Khi những đèn này có cấu tạo đặc biệt và là một bộ phận của của hệ thống chiếu sáng sự cố được cấp điện từ một nguồn điện độc lập và được đặt trong các phòng nguy hiểm (nhưng không rất nguy hiểm) cho phép dùng với điện áp đến 220V.

5.4. Cho phép dùng đèn huỳnh quang điện áp 127-220V để chiếu sáng cục bộ khi ngẫu nhiên không thể chạm phải các phần mang điện của đèn.

Chỉ cho phép dùng đèn huỳnh quang có cấu tạo đặc biệt để chiếu sáng cục bộ trong các phòng ẩm, rất ẩm, nóng và có môi trường hoạt tính.

5.5. Điện áp cung cấp cho các đèn chiếu sáng cục bộ di động quy định như sau :

a) Với các loại đèn cầm tay, cấm dùng điện áp cao hơn 42V trong các phòng nguy hiểm và rất nguy hiểm.

Khi người làm việc trong các điều kiện đặc biệt bất lợi, như chỗ làm việc chật chội dễ bị chạm vào những bề mặt kim loại lớn có nối đất... phải dùng điện áp không quá 12V.

b) Với các đèn di động có móc treo, đèn để bàn, để trên sàn nhà... được phép dùng điện áp bằng điện áp của đèn chiếu sáng cục bộ đặt cố định (điều 5-3).

5.6. Trong các phòng nguy hiểm và rất nguy hiểm, những đèn dùng với những điện áp khác nhau phải có các ký hiệu hoặc hình thức khác nhau để dễ phân biệt.

5.7. Ở các phòng vệ sinh, nhà xí, tắm của căn hộ nên đặt các đèn tường phía trên cửa đi. Trong phòng tắm của các nhà nghỉ khách sạn... phải đặt đèn trên gương soi và phải phù hợp với quy định ở điều 5-10.

5.8. Trong các phòng ở của nhà căn hộ, nhà có sân vườn, nhà ở kiểu khách sạn, nhà nghỉ, cũng như ở một số phòng của các công trình công cộng có diện tích sàn lớn hơn 18m nên đặt đèn nhiều bóng và bật tắt được từng cụm hoặc từng bóng một.

5.9. Ở các lối chính vào nhà, phải đặt đèn chiếu sáng nhằm đảm bảo độ rọi quy định trên sân bãi, lối đi và trên các bậc thang dẫn vào nhà theo tiêu chuẩn chiếu sáng nhân tạo trong công trình dân dụng 20 TCN 16-86.

5.10. Ở các phòng tắm, phòng tắm hương sen, phòng vệ sinh của nhà ở, phải dùng các loại đèn mà phần vỏ ngoài bằng các vật liệu cách điện. Khi đèn nung sáng đặt trong các phòng này ở độ cao từ 2,5m trở xuống phải dùng loại có đui đặt sâu trong đèn và phải có cấu tạo riêng để tăng cường an toàn cho người sử dụng. Trong các phòng nói trên, không quy định độ cao đặt đèn huỳnh quang kiểu chống ẩm ướt, nếu người dùng không ngẫu nhiên chạm phải các phần mang điện của đèn.

5.11. Các cấu kiện, phụ tùng của đèn nung sáng phải được làm bằng vật liệu khó cháy. Cho phép dùng các vật liệu dễ cháy làm cấu kiện đỡ đèn nhưng phải đặt xa nguồn sáng. Các bộ phận để phản xạ và tán xạ của đèn loại hở được phép làm bằng giấy, vải, lụa, mây tre, chất dẻo hoặc các vật liệu tương tự nhưng phải đảm bảo nhiệt lượng do đèn tỏa ra không làm tăng nhiệt độ không khí xung quanh đến 50°C.

Đối với đèn huỳnh quang, cho phép dùng những cấu kiện phụ tùng vật liệu dễ cháy nhưng phải đặt xa nguồn sáng ít nhất là 15mm.

5.12. Móc treo đèn đặt ở trần nhà phải được cách điện bằng ống nhựa, ghen nhựa hoặc bằng các vật liệu cách điện tương tự. Yêu cầu này không để ra khi móc bắt vào trần gỗ hoặc khi móc có yêu cầu nối không.

Móc treo đèn trong các công trình công cộng, trừ trường hợp đặc biệt phải có kích thước sau đây :

Đường kính bên ngoài của nửa vòng móc là 35mm. Khoảng cách từ trần nhà đến chỗ bắt đầu uốn móc là 12mm. Móc được làm bằng thép tròn đường kính 6mm.

5.13. Kết cấu để treo đèn phải chịu được tải trọng gấp 5 lần khối lượng đèn trong 10 phút mà không bị hỏng và biến dạng. Với các công trình công cộng, trừ các trường hợp đặc biệt, phải tính khối lượng đèn là 15 kg.

5.14. Trong các nhà ở, nên đặt hệ thống đèn chiếu sáng cầu thang điều khiển bằng công tắc tự động có duy trì thời gian đủ để người đi lên đến tầng trên.

Chiếu sáng các cầu thang tầng một, các tiền sảnh, và các lối vào nhà, các cổng vào nhà phải được duy trì suốt đêm không phụ thuộc vào hệ thống điều khiển chiếu sáng cầu thang ở tầng đang sử dụng.

5.15. Giếng thang máy cũng như phòng máy, phòng trên giếng thang máy và sàn trước các cửa vào thang máy, lối đi vào hành lang dẫn tới thang máy, tới phòng trên giếng thang máy và tới đáy giếng thang máy phải đặt các đèn có bóng nung sáng trên tường với các giếng thang máy được bao quanh bằng kính lưới hay các loại vật liệu bao che tương tự, không nhất thiết phải đặt các đèn nói trên bên ngoài giếng có chiếu sáng nhân tạo bảo đảm được độ rọi cần thiết cho bên trong giếng thang máy.

5.16. Các đèn điện và phụ tùng của chúng phải đặt sao cho có thể bảo dưỡng dễ dàng và an toàn bằng các phương tiện và biện pháp kỹ thuật thông thường. Khi yêu cầu này không thực hiện được, phải dự kiến những thiết bị riêng như thang gấp, chòi di động...

Chỉ cho phép dùng những thang thông thường khi đèn đặt cách sàn không quá 5m.

6. ĐẶT THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG NHÀ

6.1. Các thiết bị điện đặt trong nhà phải được chọn phù hợp với điện áp của mạng lưới điện cung cấp, tính chất môi trường và yêu cầu sử dụng.

6.2. Trong mỗi phòng ở của nhà ở căn hộ, nhà ở có sân vườn, nhà ở kiểu khách sạn, ký túc xá, phòng làm việc v.v... phải đặt ít nhất một ổ cắm điện.

6.3. Trong bếp hoặc trong phòng ăn của nhà căn hộ, nhà có sân vườn, nhà ở kiểu khách sạn, ký túc xá, phải đặt ít nhất một ổ cắm điện 10A.

6.4. Cấm đặt ổ cắm điện trong các phòng vệ sinh, nhà xí, tắm. Riêng trong các phòng tắm của nhà ở căn hộ, nhà ở có sân vườn, nhà ở kiểu khách sạn, nhà nghỉ... cho phép đặt ổ cắm điện nhưng ổ cắm điện này phải được cấp điện qua máy biến áp cách ly.

6.5. Trong các trường hợp phổ thông cơ sở, trường mẫu giáo, nhà trẻ và các nơi dành cho thiếu nhi sử dụng, ổ cắm điện phải đặt cao cách sàn 1,7m.

Trong các phòng của nhà ở các loại, ổ cắm điện phải đặt cao cách sàn 1,5m.

Trong các phòng của các công trình công cộng, ổ cắm điện đặt cao cách sàn từ 0,4 đến 0,5m tùy thuộc các yêu cầu kỹ thuật, yêu cầu sử dụng và bố trí nội thất.

6.6. Trong các cửa hàng, nhà hàng, xí nghiệp dịch vụ thương nghiệp và công cộng, các công tắc đèn chiếu sáng làm việc, chiếu sáng sự cố và phân tán người trong các gian hàng, phòng ăn... và ở các phòng đông người phải đặt ở các nơi chỉ có người quản lý tới được.

6.7. Công tắc đèn phải đặt ở tường, gần cửa ra vào (phía tay nắm của cánh cửa) ở độ cao cách sàn 1,5m.

Trong các trường học phổ thông cơ sở, trường mẫu giáo, nhà trẻ, vườn trẻ và các nơi dành cho thiếu nhi sử dụng, công tắc đèn phải đặt cách sàn 1,7m.

6.8. Trong nhà ở căn hộ, nhà ở có sân vườn, nhà ở kiểu khách sạn, cũng như trong các công trình công cộng cho phép dùng chuông điện áp pha 220V nhưng phải phù hợp với môi trường xây dựng.

6.9. Động cơ điện dùng chung cho các nhà ở các loại và công trình công cộng (bơm nước, quạt thông gió, thang máy...) và các khí cụ bảo vệ điều khiển của chúng, phải bố trí ở nơi chỉ có người quản lý tới được. Còn các nút bấm điều khiển thang máy, điều khiển các hệ thống chữa cháy, thông gió, bơm nước... phải đặt ở chỗ vận hành thuận tiện và phải có nhãn ghi để dễ phân biệt.

6.10. Một đường dây chỉ cấp điện cho không quá 4 thang máy đặt ở các gian cầu thang khác nhau. Khi một gian cầu thang có từ 2 thang máy trở lên và có cùng tính chất sử dụng, phải cấp điện từ những đường dây khác nhau trực tiếp từ PPĐV hoặc PPC. Khi đó số thang máy đấu vào mỗi đường dây không hạn chế.

6.11. Mạch điều khiển động cơ của máy bơm nước vào bể chứa (thùng chứa) nên có thiết bị tự động điều chỉnh mức nước. Điện áp của mạch cảm biến đo mức nước ở bể chứa (thùng chứa) không được quá 42V.

6.12. Động cơ điện của bơm chữa cháy phải được cấp điện theo độ tin cậy cung cấp điện (phụ lục 2 của 20 TCN 27-91).

Khi không có động cơ điện dự phòng, động cơ điện của máy bơm chữa cháy làm việc phải được cấp điện bằng 2 đường dây, một trong hai đường dây này phải nối trực tiếp với bảng phân phối điện của TBA, PPĐV hoặc PPC.

Việc chuyển mạch từ đường dây này sang đường dây khác có thể thực hiện bằng tay hoặc tự động.

6.13. Ở mỗi họng chữa cháy, phải đặt nút bấm đóng điện cho bơm nước chữa cháy. Trên đường ống nước chữa cháy nếu không có nhánh tới hang cấp nước, phải đặt rơle dòng nước hoặc rơle áp lực để tự động đóng điện cho bơm nước chữa cháy khi mở một trong những hang chữa cháy đó.

Khi điều khiển từ xa bơm nước chữa cháy, tại nơi điều khiển chỉ đặt hộp nút bật đóng điện, còn tại nơi đặt máy bơm phải đặt cả hộp nút bấm đóng và cắt điện.

6.14. Cho phép đặt động cơ điện ở tầng giáp mái nhưng không được đặt trên các phòng ở, phòng làm việc và phải tuân theo các yêu cầu của Tiêu chuẩn mức ồn cho phép trong các công trình công cộng 20 TCN 07-87.

6.15. Động cơ điện đặt trong nhà ở và công trình công cộng phải dùng kiểu kín. Động cơ điện kiểu hở và kiểu bảo vệ chỉ cho phép đặt ở gian riêng, có tường, trần, và sàn nhà bằng vật liệu không cháy, bố trí cách các bộ phận cháy được của nhà ít nhất là 0,5m.

Phải bố trí các khí cụ đóng cắt mạch điện ở gần động cơ điện để đảm bảo sửa chữa động cơ được an toàn.

7. ĐẶT ĐỒNG HỒ ĐẾM ĐIỆN

7.1. Mỗi căn hộ nhà ở phải đặt một đồng hồ đếm điện một pha từ 5 đến 20 A.

Với căn hộ có yêu cầu đặc biệt hoặc có phụ tải lớn hơn 20 A cho phép đặt một đồng hồ đếm điện 3 pha hoặc một số đồng hồ đếm điện một pha.

7.2 Trong các công trình công cộng có những hộ tiêu thụ điện không cùng một đơn vị hành chính, phải đặt riêng mỗi hộ một đồng hồ đếm điện.

7.3. Đồng hồ đếm điện dùng chung cho nhà ở (chiếu sáng gian cầu thang, hành lang, hoặc các máy bơm nước chung cho toàn nhà...) phải đặt trong tủ (bảng) của ĐV, PPĐV hoặc PPC nhưng phải đảm bảo kiểm tra và ghi chỉ số điện được dễ dàng.

7.4. Khi cấp điện cho các công trình chữa cháy lấy từ bảng (tủ) điện độc lập, thì tại bảng (tủ) điện này phải đặt đồng hồ đếm điện riêng để tính điện năng tiêu thụ.

7.5. Khi TBA xây dựng trong hoặc kề sát nhà và công trình, và công suất của trạm hoàn toàn dùng cho nhà này nếu không trở ngại cho việc thanh toán tiền điện cũng như việc ghi chỉ số điện thì cho phép đặt đồng hồ đếm điện ở đầu vào của máy biến áp tại bảng (tủ) điện hạ áp đồng thời dùng chung làm PPĐV của nhà.

PPĐV và các đồng hồ đếm điện cho các hộ thuê nhà khác nhau trong cùng một nhà, cho phép đặt trong cùng một phòng.

7.6. Đồng hồ đếm điện của căn hộ phải đặt chung với các khí cụ bảo vệ (cầu chảy, máy cắt điện hạ áp...) trong cùng một hộp (bảng) điện.

7.7. Đồng hồ đếm điện của mỗi căn hộ phải đặt ở BCH của căn hộ đó nếu là nhà một căn hộ; tại khu vực cầu thang, hành lang, ở bảng (hộp) điện tầng nếu là nhà nhiều căn hộ.

Khi đồng hồ đếm điện đặt tại các khu vực cầu thang, hành lang... phải đặt trong các hộp bằng kim loại dầy ít nhất 1mm, phải có khóa và phải có cấu tạo chống bị tháo gỡ trộm. Hộp này phải có các cửa sổ với kích thước khoảng 1,5 × 4cm để đọc các chỉ số của đồng hồ và phải ghi tên hộ hoặc tên phòng sử dụng.

7.8. Khi đồng hồ đếm điện đặt trong các bảng (hộp) điện phải bố trí ở độ cao 1,5m tính từ tim bảng (hộp) đến mặt sàn nhà. Khi đồng hồ đếm điện đặt hở thì phải bố trí ở độ cao 1,5m tính từ hộp đấu dây của đồng hồ đếm điện tới mặt sàn và phải đảm bảo không bị va chạm hoặc bị tháo gỡ trộm.

7.9. Khi chọn các đồng hồ đếm điện phải tính tới khả năng chịu quá tải cho phép của nó.

7.10. Khí cụ bảo vệ phải bố trí sau đồng hồ đếm điện và phải đặt càng gần càng tốt và không được xa quá 10m tính theo chiều dài đường dây. Khi đồng hồ đếm điện có một số đường dây ra đã có khí cụ bảo vệ thì không cần đặt khí cụ bảo vệ chung sau đồng hồ đếm điện nữa.

7.11. Đồng hồ đếm điện phải đặt ở chỗ khô ráo, không có nhiệt độ cao, không bị hắt mưa nắng và phải thuận tiện cho việc kiểm tra sửa chữa và đọc chỉ số của đồng hồ.

7.12. Từ chỗ đón điện vào nhà tới đồng hồ đếm điện (con sơn đón điện, cột đầu nhà...) phải dùng cáp bọc cao su, bọc chất dẻo, bọc chì... hoặc luồn trong ống bằng kim loại (ống thép hoặc ống bằng tôn cuốn...).

7.13. Ở đầu vào nhà, nếu do yêu cầu khai thác hệ thống thiết bị điện, cho phép đặt ampemét và vôn mét có chuyển mạch để kiểm tra dòng điện và điện áp mỗi pha.

7.14. Trong công trình công cộng, với đường dây cấp điện cho phụ tải chiếu sáng và động lực phải đặt cho mỗi pha của đường dây một ampe mét khi phụ tải chiếu sáng lớn hơn 40% phụ tải chung (chiếu sáng và động lực).

8. NỐI ĐẤT, NỐI KHÔNG

8.1. Các thiết bị điện của nhà ở và công trình công cộng phải được nối đất, nối không theo yêu cầu của Quy phạm nối đất các thiết bị điện QPVN 13-78 và Quy phạm trang bị điện QTĐ 11 TCN 18-84.

8.2. Trong các phòng ở, nhà bếp, nhà tắm, nhà xí của nhà ở các loại, các phòng ở của khách sạn, không nhất thiết phải nối đất vỏ kim loại của đèn điện đặt cố định,của đồ dùng điện cầm tay (bàn là, ấm đun nước, máy hút bụi...) và di động (bếp điện, máy khâu chạy điện, bơm nước...).

Trong các phòng nói trên chỉ nối đất vào kim loại của đồ dùng điện đặt cố định cũng như ống kim loại luồn dây điện dẫn tới chúng.

8.3. Trong nhà tắm công cộng, buồng tắm các loại nhà ở và công trình công cộng, vỏ kim loại của bồn tắm phải có dây kim loại nối với ống dẫn nước bằng kim loại.

8.4. Trong các phòng có trần treo, có các kết cấu bằng kim loại phải nối không vỏ kim loại các đèn điện treo hoặc đặt ngầm trong trần nhà này.

8.5. Trong các phòng làm việc và phòng phục vụ khác của công trình công cộng, các phòng ở của khách sạn, nhà ở căn hộ, ký túc xá, nhà ở có sân vườn... khi có các lò sưởi bằng hơi nước nóng và có các kết cấu kim loại khác thì phải nối không cho vỏ kim loại của các thiết bị dùng điện di động hoặc cầm tay. Ở các phòng này, khi sàn không dẫn điện và khi không có các đường ống dẫn bằng kim loại, hệ thống sưởi bằng hơi nước nóng và các kết cấu kim loại khác cũng như khi đặt kín, không yêu cầu nối không vỏ kim loại của các thiết bị điện di động hoặc cầm tay.

8.6. Để nối không vỏ kim loại của các thiết bị điện để dùng điện một pha trong các loại nhà ở và công trình cộng cần phải đặt các dây dẫn riêng theo phương thẳng đứng đi qua PPC, PPP, BĐV và BCH. Mặt cắt của các dây dẫn này phải bằng mặt cắt dây pha. Dây này được nối với đây không bảo vệ lưới điện cung cấp trước đồng hồ điện (về phía đầu vào) và sàn khí cụ điều khiển và bảo vệ.

8.7. Cấm sử dụng làm dây nối đất hay nối không vỏ kim loại của các ống bằng kim loại mỏng có nối ghép bằng gấp mép, các ống nối bằng kim loại cũng như vỏ chì của cáp điện, các đường ống dẫn bằng kim loại (ống dẫn nước nhiên liệu, khí đốt, hơi nước nóng, các ống thông gió, ống xả...) làm dây nối đất hay nối không.

PHỤ LỤC 1 CỦA 20TCN 27-91

1. MỘT SỐ THUẬT NGỮ, ĐỊNH NGHĨA

1. Thiết bị đầu vào (ĐV) là tập hợp của các kết cấu, thiết bị và khí cụ điện đặt ở đầu đường dây cung cấp điện vào nhà hoặc vào một phần nhà.

Thiết bị phân phối đầu vào (PPĐV) là tập hợp các kết cấu, thiết bị và khí cụ đặt ở đầu đường dây cung cấp điện vào nhà hoặc vào một phần nhà, cũng như đặt ở đầu đường dây từ ĐV ra.

2. Bảng (hộp, tủ) phân phối chính (PPC) là bảng (hộp, tủ) dùng để cấp điện năng cho nhà hoặc một phần nhà. Có thể dùng PPĐV hoặc bảng (tủ) điện hạ áp của trạm là PPC.

3. Bảng (hộp, tủ) phân phối phụ (PPP) là bảng (hộp, tủ) phân phối nhận điện năng từ PPC hoặc PPĐC và phân phối tới các bảng (hộp, tủ) điện nhóm và các bảng điện phân phối của nhà.

4. Điểm phân phối, bảng (hộp, tủ) điện nhóm là các điểm (hộp, tủ) điện có đặt các khí cụ bảo vệ và chuyển hoán các đồ dùng điện đặt riêng lẻ hoặc từng nhóm (Động cơ điện, đèn điện...).

5. Bảng (hộp) điện căn hộ (BCH) là các bảng (hộp) điện nhóm đặt trong căn hộ hoặc tại gian cầu thang, hành lang mỗi tầng để đấu với lưới điện nhóm căn hộ.

6. Bảng (hộp, tủ) điện tầng (BĐT) là các bảng (hộp, tủ) điện nhóm đặt ở mỗi tầng để cấp điện cho các BCH và đặt ở gian cầu thang, hành lang mỗi tầng.

Trường hợp BĐT chỉ có các đồng hồ đếm điện và các khí cụ bảo vệ đặt ở đường dây ra của các đồng hồ này thì BĐT còn gọi là bảng (hộp, tủ) đồng hồ đếm điện (BĐH).

7. Phòng đặt bảng (tủ) điện mà phòng là cửa có khóa, trong đặt ĐV, PPĐV, PPP... và chỉ có người quản lý tới được.

8. Lưới điện cung cấp là các đường dây từ hệ thống phân phối của TBA hoặc các nhánh rẽ từ đường dây truyền tải điện đến PPĐV cũng như từ PPĐV tới PPC, PPP và tới điểm phân phối hoặc các bảng (hộp, tủ) điện nhóm.

9. Lưới điện nhóm là các đường dây cung cấp cho các đèn, các ổ cắm.

10. Lưới điện phân phối là các đường dây cung cấp cho các thiết bị điện lực.

11. Đoạn đứng là đoạn lưới điện đặt thẳng đứng cung cấp cho các tầng nhà và đặt trong nhà đó.

12. Đường dây đặt hở là đường dây đặt trên mặt tường, trần nhà, theo dầm, vì kèo hoặc các kết cấu xây dựng của nhà và công trình, hoặc treo trên cột...

13. Đường dây đặt kín là đường dây đặt bên trong các phần xây dựng của nhà (trong tường, trần, sàn, dưới lớp vữa trát tường, trát trần, dưới lớp láng sàn, gạch lát sàn, hoặc các lớp lát sàn bằng các loại vật liệu khác) cũng như trong các cấu kiện xây dựng của sàn, trần nhà hoặc tường nhà.

14. Hệ số nhu cầu về phụ tải K_c là tỷ số giữa công suất tính toán P_M với công suất đặt của các thiết bị tiêu thụ điện P_H.

$$K_c = \frac{P_M}{P_H}$$

15. Hệ số đồng thời về phụ tải cực đại K của các thiết bị tiêu thụ điện là tỷ số giữa tổng công suất tính toán P_M của các thiết bị tiêu thụ điện với tổng công suất tính toán cực đại P_{Mi} của thiết bị tiêu thụ điện.

$$K = \frac{P_M}{P_{Mi}}$$

PHỤ LỤC 2 CỦA 20 TCN 27-91

Phân loại các hộ và thiết bị tiêu thụ điện theo độ tin cậy cung cấp điện.

Tên hộ và thiết bị tiêu thụ điện	Độ tin cậy cung cấp điện			Chú thích
	I	II	III	
1	2	3	4	5
I. Nhà ở và ký túc xá				
1. Nhà ở đến 7 tầng			+	
2. Nhà ở trên tầng 7		+		
3. Các động cơ điện bơm chữa cháy và thang máy chiếu sáng sự cố và phân tán người trong nhà ở và ký túc xá trên 7 tầng.	+			
Các thiết bị tiêu thụ khác.		+		
4. Ký túc xá với số người đến 200			+	Khi số tầng trên 7 xem mục XIII.
5. Ký túc xá với số người trên 200		+		
II. Khách sạn và nhà nghỉ :				
1. Khách sạn, nhà nghỉ, mô ten, với số người đến 200			+	nt
2. Khách sạn, nhà nghỉ, mô ten với số người trên 200		+		nt
III. Các xí nghiệp phục vụ sinh hoạt đời sống.				
1. Nhà ăn, nhà hàng ăn uống giải khát, bar với số chỗ ngồi đến 75 chỗ.			+	
2. Nhà ăn, nhà hàng ăn uống giải khát, bar... với số chỗ ngồi từ 75 đến 800 chỗ		+		
3. Các động cơ điện bơm chữa cháy, chiếu sáng sự cố và phân tán người; hệ thống thiết bị phòng chữa cháy và tín hiệu bảo vệ trong các nhà hàng, nhà ăn, bar... với số chỗ ngồi trên 800 chỗ.	+			
Các thiết bị tiêu thụ điện khác,		+		
IV. Các cửa hàng				
1. Các động cơ điện bơm chữa cháy, chiếu sáng sự cố và phân tán người, hệ thống các thiết bị phòng chữa cháy và tín hiệu bảo vệ trong các cửa hàng với các gian bán bách hóa diện tích từ 1000m^2 trở lên.	+			
Các thiết bị tiêu thụ khác		+		
2. Các cửa hàng có các gian bán bách hóa với diện tích chung từ 220 đến 1800 m^2		+		

1	2	3	4	5
3. Các cửa hàng có các gian bán bách hóa với diện tích chung nhỏ hơn 220 m^2			+	
4. Các trung tâm thương nghiệp có các cửa hàng và các hộ bao thuê khác		+		
V. Các xí nghiệp phục vụ đời sống.				
1. Các xí nghiệp giặt là nhuộm			+	
2. Nhà tắm các loại			+	
3. Cửa hàng cắt tóc, uốn tóc			+	
4. Nhà vệ sinh công cộng			+	
5. Cửa hàng sửa chữa các đồ dùng bằng da, vải bạt...			+	
6. Cửa hàng sửa chữa đồ điện, xe máy, xe đạp...			+	
7. Cửa hàng sửa chữa may vá quần áo.			+	
VI. Bệnh viện, phòng khám bệnh				
1. Các thiết bị tiêu thụ điện trong khối : mổ, cấp cứu, gây mê, hồi sức, phòng đờ đẻ, chiếu sáng sự cố, động cơ điện máy chữa cháy, hệ thống của thiết bị phòng chữa cháy.	+			
2. Phòng bệnh nhân trừ phòng cấp cứu.			+	
3. Phòng cấp cứu bệnh nhân	+			
4. Các thiết bị làm lạnh, kho lạnh, tủ lạnh trong các khoa xét nghiệm dược học, huyết học, giải phẫu bệnh lý, nhà đế xác.	+			
VII. Nhà trẻ :				
1. Nhà trẻ, vườn trẻ, trại thiếu nhi			+	
VIII. Xí nghiệp phục vụ giao thông				
1. Khu đậu xe ô tô, xe điện, xe điện bánh hơi.			+	
2. Nhà để xe ô tô với số xe đến 50.			+	
3. Nhà để xe với số trên 50.			+	
4. Trạm tiếp xăng, dầu		+		
IX. Trường học				
1. Học viện, trường đại học và trung học chuyên nghiệp, trường dạy nghề.			+	
2. Các phòng lạnh, kho lạnh, tủ lạnh.	+			
X. Trụ sở cơ quan, nhà công cộng, hành chính, quản trị, kho tàng.				
1. Viện thiết kế, các loại bảo tàng, triển lãm, trụ sở các cơ quan hành chính sự nghiệp các cấp...			+	
2. Trụ sở cơ quan, văn phòng và yêu cầu đặc biệt.	+			
3. Trụ sở và trạm phòng chữa cháy của thành phố.	+			

1	2	3	4	5
XI. Các công trình văn hóa nghệ thuật.				
1. Rạp hát thiếu nhi, cung văn hóa và nhà văn hóa thiếu nhi có :				
- Gian khán giả đến 800 chỗ ngồi		+		
- Chiếu sáng sự cố, chiếu sáng phân tán người.	+			
- Động cơ điện máy bơm chữa cháy, bơm nước và hệ thống tự động báo cháy.	+			
2. Rạp thiếu nhi, cung văn hóa và nhà văn hóa thiếu nhi có gian khán giả trên 800 chỗ ngồi.		+		
- Chiếu sáng sự cố, chiếu sáng phân tán người	+			
- Động cơ điện máy bơm chữa cháy, bơm nước và hệ thống tự động báo cháy.	+			
3. Công trình văn hóa nghệ thuật có gian khán giả dưới 800 chỗ ngồi.			+	
- Chiếu sáng sự cố, chiếu sáng phân tán người.		+		
- Động cơ điện bơm chữa cháy, bơm nước và hệ thống báo cháy.	+			
4. Công trình văn hóa nghệ thuật có gian khán giả trên 800 chỗ ngồi				
- Chiếu sáng sự cố, chiếu sáng phân tán người		+		
- Động cơ điện bơm chữa cháy, bơm nước và hệ thống báo cháy	+			
5. Các thiết trí vô tuyến truyền hình, thu phát thanh và thông tin liên lạc với gian khán giả bất kỳ.		+		
6. Các rạp chiếu phim với chỗ ngồi ở gian khán giả bất kỳ		+		
- Các thiết bị chuyển động cơ khí của sân khấu.			+	
7. Các thiết trí điện của các trung tâm về truyền hình dài phát thanh, đài bá âm	+			
8. Các thiết bị tiêu thụ điện khác.			+	
9. Các thiết trí điện của các cung văn hóa, nhà văn hóa... ở ngoại thành có đến 500 chỗ ngồi.			+	
XII. Công trình thể dục thể thao				
1. Công trình thể dục thể thao có mái che có đến 800 chỗ ngồi. Động cơ điện bơm chữa cháy, chiếu sáng sự cố, chiếu sáng phân tán người, các thiết bị phòng chữa cháy và các thiết bị tiêu thụ điện khác...		+		

1	2	3	4	5
2. Bể bơi có hoặc không có mái che		+		
3. Công trình thể dục thể thao có đến 800 chỗ ngồi.		+		
4. Chiếu sáng sự cố và phân tán người cho các công trình thể dục thể thao có trên 800 chỗ ngồi.	+			
XIII. Nhà nhiều tầng				
1. Nhà trên 7 tầng		+		
2. Các động cơ bơm chữa cháy, thang máy, chiếu sáng sự cố và phân tán người	+			

PHỤ LỤC 3 CỦA 20 TCN 27-91

Tổn thất điện áp trên từng đoạn của lưới điện trong nhà ở

Các đoạn của	Số tầng nhà	Tổn thất điện áp (%) khi số đơn nguyên	
		1	2 đến 8
1	2	3	4
- Đường dây cáp điện bên ngoài nhà hát dài đến 100m	4 đến 9	1,4 đến 1,5	1,8 đến 1,6
	10 " 12	1,8 " 1,6	2,0 " 1,7
	13 " 16	2,2 " 1,7	2,2 " 1,8
- Như trên nhưng dài từ 100 m đến 200 m	4 đến 9	5,1 đến 4,9	4,3 đến 3,6
	10 " 12	5,0 " 4,8	3,9 " 3,3
	13 " 16	4,9 " 4,6	3,5 " 3,0
- Đường dây cáp điện nằm ngang trong nhà	4 đến 9	0,3 đến 0,2	1,4 đến 0,9
	10 " 12	0,4 " 0,3	1,6 " 1,2
	13 " 16	0,4 " 0,3	1,8 " 1,5
- Đoạn đứng	4 đến 9	0,3 đến 0,1	0,5 đến 0,3
	10 " 12	0,4 " 0,2	0,6 " 0,4
	13 " 16	0,5 " 0,3	0,7 " 0,5
- Lưới điện nhóm căn hộ	4 đến 9	0,9 đến 0,7	0,9 đến 0,7
	10 " 12	1,0 " 0,8	1,0 " 0,8
	13 " 16	1,0 " 0,8	1,0 " 0,8

MỤC LỤC

PHỤ LỤC 3

Đặt thiết bị điện trong nhà ở và công trình công cộng - 20 TCN - 27-91

1. Quy định chung
2. Phụ tải và tính toán
3. Trạm biến áp, thiết bị đầu vào, bảng (hộp, tủ) điện, thiết bị bảo vệ
4. Lưới điện trong nhà
5. Đặt đèn điện
6. Đặt thiết bị điện trong nhà
7. Đặt đồng hồ điện
8. Nối đất, nối không.

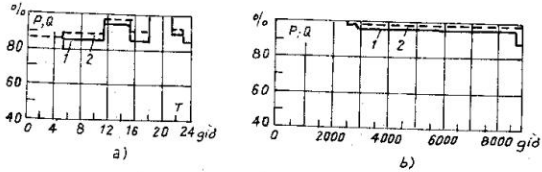
Phụ lục 1 : Một số thuật ngữ kỹ thuật, định nghĩa

Phụ lục 2 : Phân loại các hộ và thiết bị tiêu thụ điện theo độ tin cậy cung cấp điện.

Phụ lục 3 : Tổn thất điện áp trên từng đoạn của lưới điện trong nhà ở

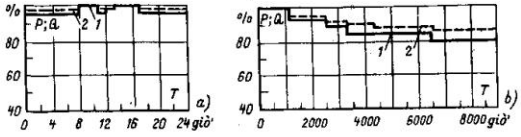
PHỤ LỤC 4

ĐỒ THỊ PHỤ TẢI ĐIỆN ĐẶC TRƯNG CỦA CÁC XÍ NGHIỆP TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP KHÁC NHAU

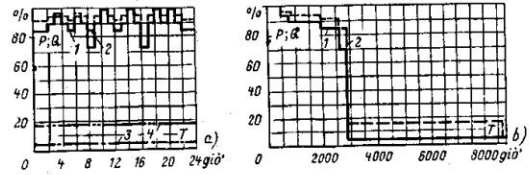


1. Đồ thị phụ tải đặc trưng xí nghiệp luyện kim màu.

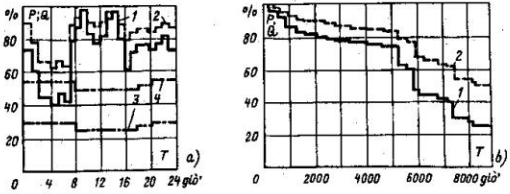
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Phụ tải tác dụng; 2. Phụ tải phản kháng.



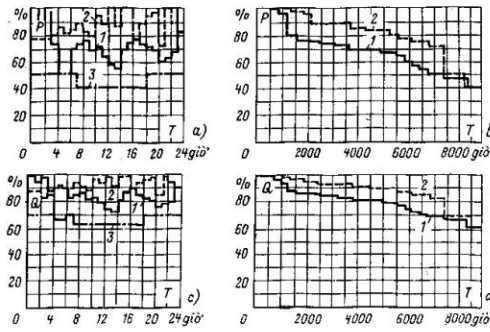
2. Đồ thị phụ tải đặc trưng xí nghiệp khai thác than.
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Phụ tải tác dụng; 2. Phụ tải phản kháng.



3. Đồ thị phụ tải đặc trưng xí nghiệp than bùn.
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Đồ thị phụ tải tác dụng trong khi khai thác than bùn; 2. Đồ thị phụ tải phản kháng trong khi khai thác than bùn; 3. Đồ thị phụ tải tác dụng trong thời gian còn lại; 4. Đồ thị phụ tải phản kháng trong thời gian còn lại.

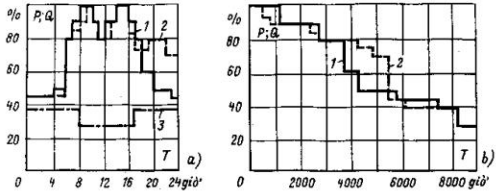


4. Đồ thị đặc trưng phụ tải xí nghiệp công nghiệp ôtô.
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Phụ tải tác dụng ngày làm việc; 2. Phụ tải phản kháng ngày làm việc; 3. Phụ tải tác dụng ngày nghỉ; 4. Phụ tải phản kháng ngày nghỉ.



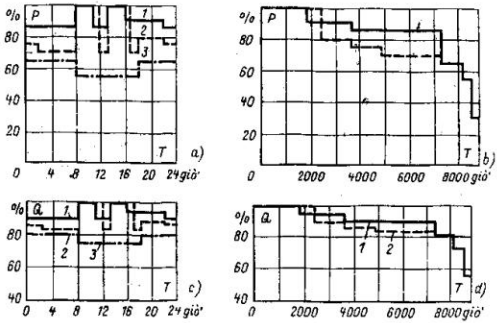
5. Đồ thị đặc trưng phụ tải xí nghiệp chế tạo máy nặng.

a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng theo thời gian;
c) Đồ thị ngày phụ tải phản kháng; d) Đồ thị năm phụ tải phản kháng theo khoảng thời gian liên tục;
1. Phụ tải thực tế; 2. Phụ tải tương lai trong 5 năm tới; 3. Phụ tải ngày nghỉ.



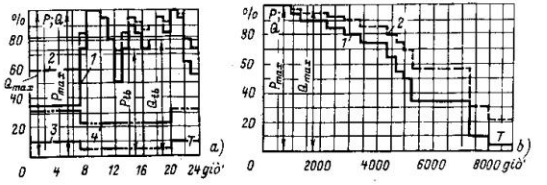
6. Đồ thị đặc trưng phụ tải công nghiệp chế tạo máy công cụ.

a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Phụ tải ngày làm việc; 2. Phụ tải tương lai; 3. Phụ tải ngày nghỉ.



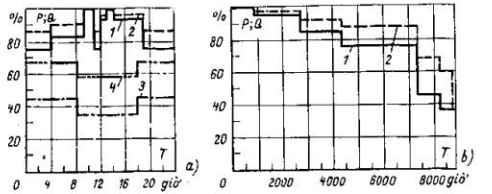
7. Đồ thị phụ tải xí nghiệp chế tạo máy giao thông vận tải.

a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng theo thời gian;
c) Đồ thị ngày phụ tải phản kháng; d) Đồ thị năm phụ tải phản kháng theo khoảng thời gian liên tục;
1. Phụ tải ngày làm việc; 2. Phụ tải ngày làm việc tương lai; 3. Phụ tải ngày nghỉ.



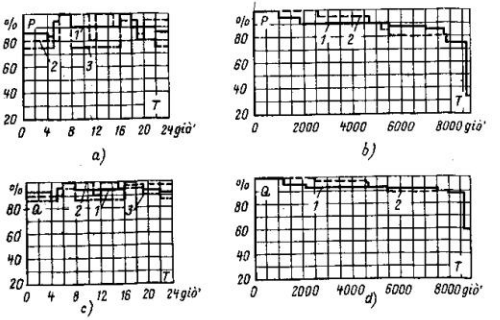
8. Đồ thị đặc trưng phụ tải xí nghiệp sửa chữa cơ khí.

a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Phụ tải tác dụng của ngày làm việc và năm; 2. Phụ tải phản kháng của ngày làm việc và năm; 3. Phụ tải tác dụng ngày nghỉ; 4. Phụ tải phản kháng ngày nghỉ; P_{tb} và Q_{tb} công suất tác dụng và phản kháng tiêu thụ trung bình.



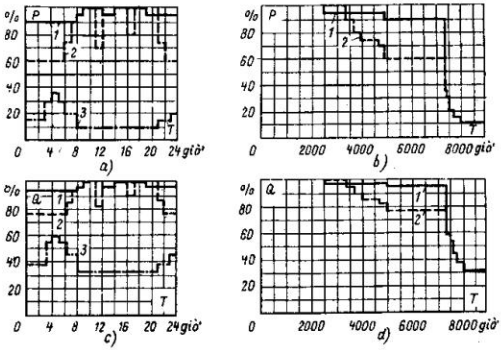
9. Đồ thị đặc trưng phụ tải xí nghiệp công nghiệp hoá chất.

a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Phụ tải tác dụng; 2. Phụ tải phản kháng

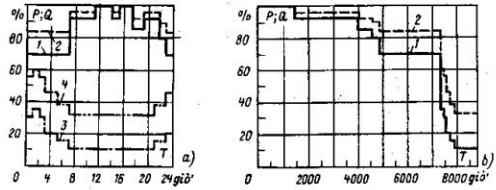


10. Đồ thị đặc trưng phụ tải xí nghiệp công nghiệp giấy xenlulô

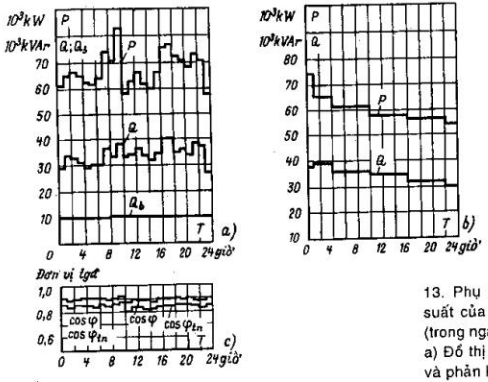
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng theo thời gian;
c) Đồ thị ngày phụ tải phản kháng; d) Đồ thị năm phụ tải phản kháng theo khoảng thời gian liên tục;
1. Phụ tải thực tế; 2. Phụ tải tương lai trong 5 năm tới; 3. Phụ tải ngày nghỉ.



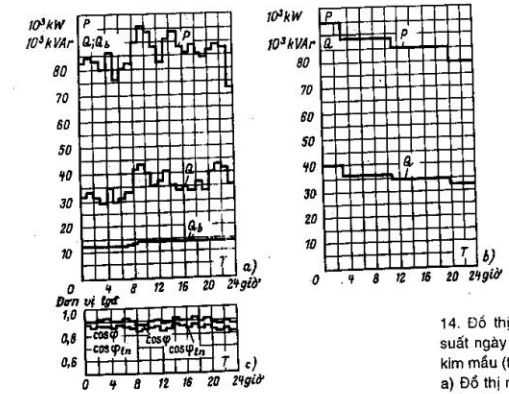
11. Đồ thị đặc trưng phụ tải nhà máy sợi và dệt.
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng theo thời gian;
c) Đồ thị ngày phụ tải phản kháng; d) Đồ thị năm phụ tải phản kháng theo khoảng thời gian liên tục;
1. Phụ tải thực tế; 2. Phụ tải tương lai trong 5 năm tới; 3. Phụ tải ngày nghỉ.



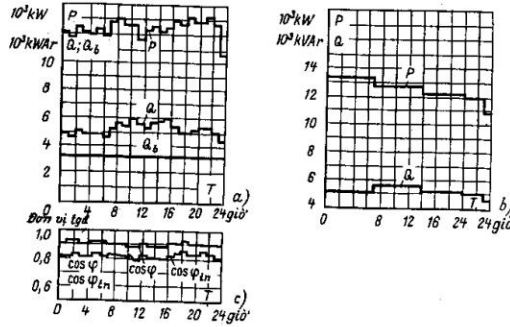
12. Đồ thị đặc trưng phụ tải nhà máy in và hoàn thiện.
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị năm phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; 1. Phụ tải tác dụng ngày làm việc; 2. Phụ tải phản kháng ngày làm việc; 3. Phụ tải tác dụng ngày nghỉ; 4. Phụ tải phản kháng ngày nghỉ.



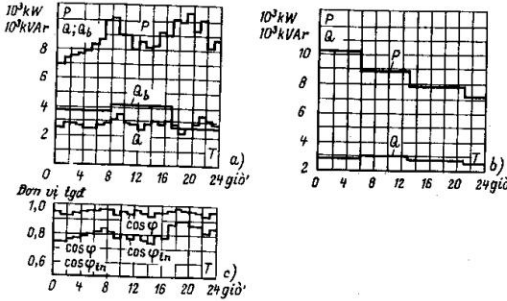
13. Phụ tải ngày và hệ số công suất của xí nghiệp luyện kim đen (trong ngày 21-12).
a) Đồ thị ngày công suất tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) hệ số công suất.



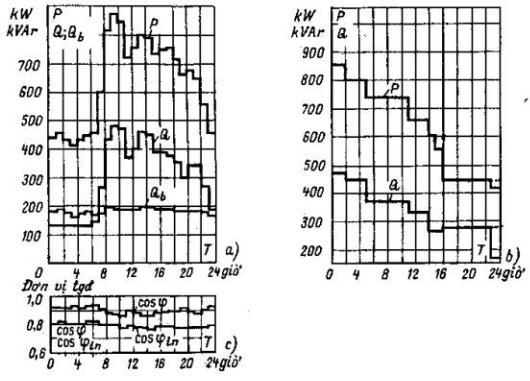
14. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của các xí nghiệp luyện kim mẫu (trong ngày 21-12).
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng theo thời gian liên tục; c) hệ số công suất.



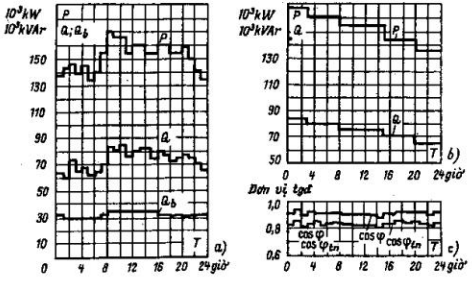
15. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp chế biến dầu (trong ngày 21-12).
a) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



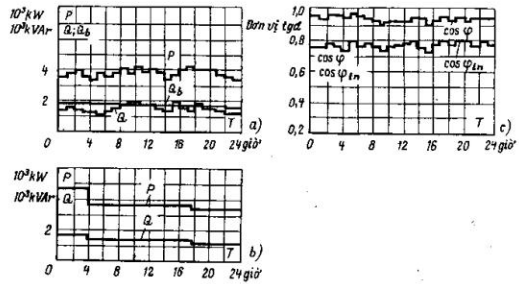
16. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp chế biến than bùn (trong ngày 21-12).
a) Đồ thị phụ tải ngày tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



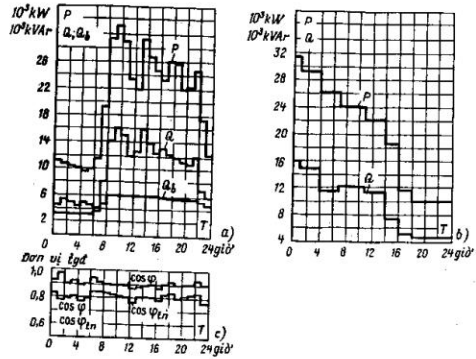
17. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày xí nghiệp chế tạo máy và gia công kim loại (trong ngày 21-12).
a) Đồ thị ngày phụ tải ngày tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị ngày phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



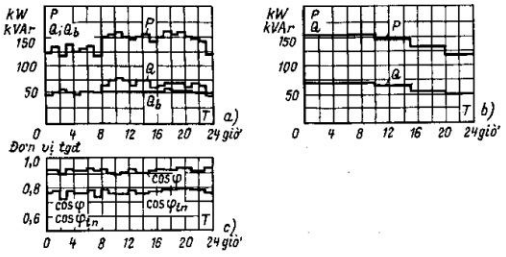
18. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp công nghiệp hóa chất (trong ngày 21-12).
a) Đồ thị phụ tải ngày tác dụng và phản kháng; b) Đồ thị phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



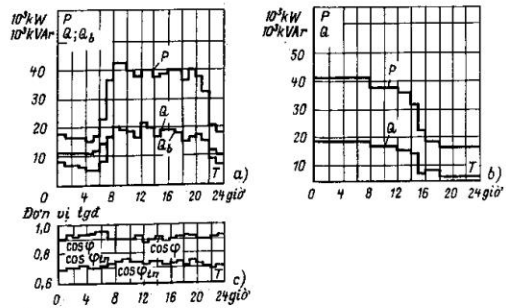
19. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp công nghiệp giấy (ngày 21-12).
a) Phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



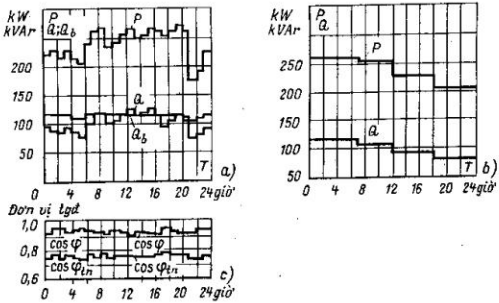
20. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp công nghiệp chế biến gỗ (ngày 21-12).
a) Phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



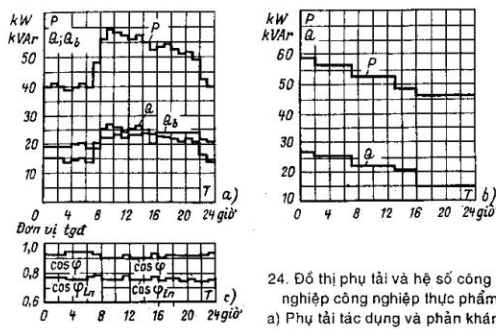
21. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp công nghiệp vật liệu xây dựng (ngày 21-12).
a) Phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



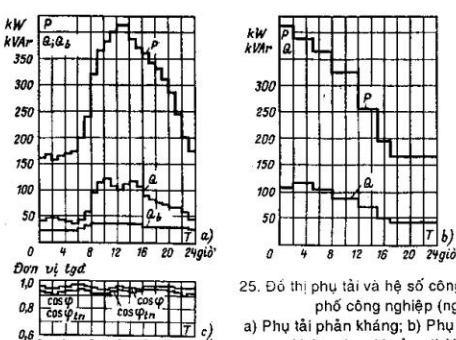
22. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp công nghiệp nhẹ (ngày 21-12).
a) Phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



23. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp công nghiệp dệt (ngày 21-12).
a) Phụ tải tác dụng và phản kháng; b) Phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



24. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của xí nghiệp công nghiệp thực phẩm (ngày 21-12).
a) Phụ tải tác dụng và phản kháng: b) Phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục; c) Hệ số công suất.



25. Đồ thị phụ tải và hệ số công suất ngày của thành phố công nghiệp (ngày 21/12).
a) Phụ tải phản kháng; b) Phụ tải tác dụng và phản kháng theo khoảng thời gian liên tục;
c) Hệ số công suất.

Một số ký hiệu điện hay gặp khi đọc các bản vẽ công trình của các nước qua tiếng : Anh, Mỹ, Pháp, Đức tương ứng với tiếng Việt.

Fuse		Fuse		Fusible		Sicherung		Cầu chì
Meter		Meter		Compteur		Zähler		Đồng hồ điện năng
Consumer unit		Service entrance panel (or fuse box)		Tableau d'abonné		Verteiler		Bảng phân phối
Circuit breaker		Circuit breaker		Disjoncteur		Schutzschalter or sicherungsautomat		Cầu dao tự động
Fuse switch				Fusible interrupteur		Sicherungslastschalter		Cầu chì ngắt
Fuse isolator		Main disconnect		Fusible sectionneur		Sicherungstrennschalter		Cầu chì ngăn cách
Phase conductor		Hot wire		Conducteur de phase		Spannungsleitung		Dây dẫn pha
Neutral conductor		Neutral wire		Conducteur (de) neutre		Neutralleiter		Dây dẫn trung hòa
Protective conductor (earth)		Ground wire		Conducteur de protection (terre)		Schutzleiter		Dây dẫn bảo vệ (nối đất)
Single phase + N + E cable		Single phase & neutral & ground cable		Câble phase + neutre + terre		Leiter mit leiteranzahl		Dây cáp pha + trung hòa + đất
3 phase + N + E cable		Triple phase & neutral & ground cable		Câble trois phases + neutre + terre		Leiter mit leiteranzahl		Cáp ba pha + trung hòa + đất
One way switch		Single pole 2 way switch		Interrupteur		Ausschalter		Cầu dao điện một vị trí
Two way switch		3 way switch		Va-et-vient		Wechselschalter einpolig		Cầu dao điện hai vị trí tới lui
Intermediate switch		4 way switch		Permutateur		Kreuzschalter		Cầu dao trung gian hay hoán vị
Push button		Push button		Bouton poussoir		Tastschalter		Nút bấm
Double pole switch		Double pole switch		Interrupteur bi-polaire		Auschalter zweipolig		Cầu dao hai cực
Dimmer		Dimmer		Variateur		Dimmer		Điện trở điều chỉnh độ sáng
Pull cord switch		Pull cord switch		Interrupteur à tirette		Zug - Schalter		Cầu dao núm kéo
Lighting outlet		Lighting outlet		Point lumière		Leuchte allgemein		Điểm ánh sáng
Socket outlet		Single receptacle		Prise de courant		Einfach - Steckdose		Ổ cắm
Earthed socket outlet		Single grounded receptable		Prise de courant avec terre		Einfach - Schutz Contactsteckdose		Ổ cắm có nối đất
Switched earthed socket outlet		Switched grounded receptacle		P. de C. commandée avec terre		Abschaltbare steckdose		Ổ cắm được điều khiển nối đất
Double socket outlet		Duplex receptacle		P. de C. double ou P. de C. duplex		Zweifach Schutzkontaktsteckdose		Ổ cắm kép
Shaver socket				Prise rasoir		Rasierstechdose		Ổ cắm dao cạo râu
Junction box		Junction box		Boîte de jonction Boîte de dérivation		Abzweigdose or Verteilerkasten		Hộp nối
Spot lamp		Spot light		«Spot» ou projecteur		Scheinwerfer		Đèn chiếu
Fluorescent luminaire		Fluorescent unit		Luminaire fluorescent		Leuchtstofflampe (mit Anzahl der Rohre)		Đèn huỳnh quang
E.L.U.		Emergency lighting unit		Bloc d'éclairage de sécurité (autonome)		Notleuchte		Khối chiếu sáng an toàn
Time switch		Time switch		Inter horaire		Schaltuhr or Zeitschalter		Đồng hồ tự động đóng cắt theo thời gian
Water heater		Water heater		Chauffe-eau		Heißwassergerät		Máy nước nóng
Transformer		Transformer		Transformateur		Transformator		Máy biến áp
Bell		Bell		Sonnerie		Klingel		Chuông
Residual current device		Ground fault circuit interruptor		Interrupteur différentiel		Fehlerstrom-Schutzschalter		Cầu dao ngắt mạch chạm đất

PHỤ LỤC 5

MỘT SỐ TRẠM ĐIỆN MẪU PHỤC VỤ CHO THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN VỚI CÔNG SUẤT KHÁC NHAU

1. Trạm điện hạ áp treo trên một cột bê tông, ba pha với công suất từ 20 - 100KVA, 15(6)/0,4KV (hình 5.1).

Hình 5-1. Trạm trên cột bêtông

1. Máy biến áp hạ áp 3 pha 20 ÷ 100 KVA, điện áp 15(6)/0,4KV

2. Cầu chì 15(6)KV; 2 ÷ 10A

3. Chống sét ống DTF 15(6)KV

4. Cột bêtông đúc ly tâm

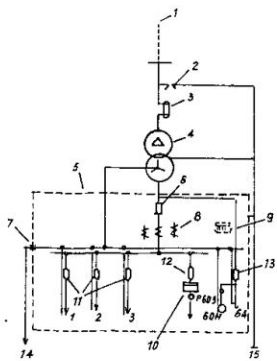
5. Hộp phân phối

Bảng đặc tính kỹ thuật 5-1.1.

Công suất định mức của máy biến áp	20	30	50	75	100
- Dòng điện định mức của cầu chì FE 6, [A]	2	3	5	7,5	10
- Dòng điện định mức của cầu chì FE 15, [A]	2	2	2	3	4

2. Trạm điện hạ áp đặt trên hai cột

Hình 5-2. Sơ đồ trạm điện đặt trên hai cột.



Hình 5-2

1. Đường dây cao áp từ lưới chung đi đến 6 (15KV)
2. Chống sét
3. Cầu chì SFE-6 (15)/KV
4. Máy biến áp điện lực 6(15)/0,4 KV công suất 100-250KVA
5. Hộp phân phối
6. Cầu chì hạ thế 350 A.
7. Dây trung tính được ngăn cách với hộp
8. Ba máy biến dòng 300/5A
9. Công tơ 3 × 380/220V
10. Côngtơ 3 × 380/220V
11. Cầu chì (kéo tay) 350A
12. Cầu chì đường dây đi ra 25A
13. Cầu chì đường dây đi ra 6A
14. Hệ thống nối đất vận hành của cột đầu tiên.
15. Hệ thống nối đất của trạm

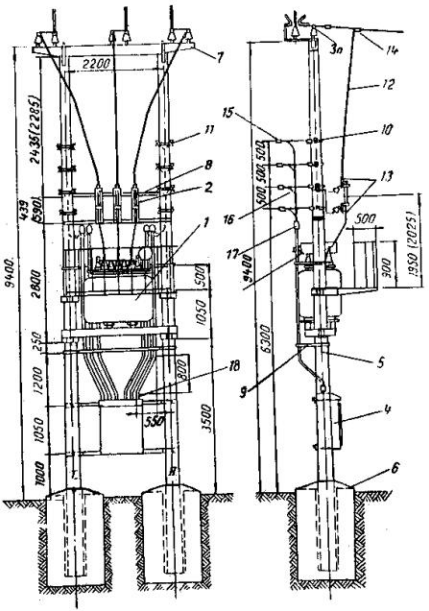
Bảng 5.2.1. Bảng đặc tính

Công suất máy biến áp	100	160	250
Dòng điện định mức của cầu chì FE6 ở điện áp cao, [A] Dòng điện định mức của cầu chì FE15 ở điện áp cao, [A] Dòng điện định mức của cầu chì dùng cho dây chảy tổng ở mạch hạ áp [A]			
Tiết diện dây dẫn đối với mạch của hộ tiêu thụ, mm^2	$2 \times 3 \times 150 + 70$		
Tiết diện dây dẫn tính mm^2 và dòng điện cầu chì tính [A] đối với : - Một đường chính đi ra - Một đường phụ đi ra - Một đường đi ra dành cho ánh sáng công cộng	 $3 \times 150 + 70$ và 125A $3 \times 75 + 35$ và 100A $3 \times 15 + 10$ và 25A		

3. Trạm điện đặt trên hai cột bêtông đúc ly tâm

Hình 5-3a. Trạm điện đặt trên hai cột bê tông đúc ly tâm 6(15)KV

1. Máy biến áp pha làm mát bằng dầu 100 - 250 KVA, 6(15)/0,4KV
2. Cầu chì SFE 6(15)KV
3. Chống sét
4. Hộp phân phối
5. Cột bêtông
6. Đế cột đổ bêtông
7. Xà ngang bêtông
8. Giá đỡ cầu chì
9. Giá dùng cố định ống
10. Vòng sắt kẹp để cố định sứ cách điện điện áp thấp
11. Sứ cách điện.
12. Thanh tròn Φ 8-15mm
13. Vòng đấu dây cáp dẫn
14. Cái kẹp LEPC
15. Kẹp vạn năng
16. Đường dây ra hộ tiêu thụ
17. Ống cong 3".
18. Măng sông nối có dây dẫn bên trong đường kính 3".



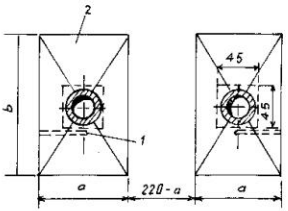
Hình 5.3b. Kích thước nền của cột bêtông

1. Ống đường kính 2"

2. Bêtông B900

Bảng 5.3.1.

Loại nền	Kích thước, mm	
	a	b
A	130	180
B	120	170
C	100	160
D	80	90



Hình 5-3b

Hình 5-3c Sơ đồ nguyên tắc nối đất cho trạm

1. Hệ thống nối đất của trạm

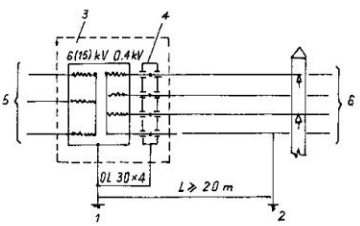
2. Tiếp đất vận hành ở phần điện áp thấp của trang thiết bị.

3. Trạm ngoài trời đường dây trên không

4. Hộp phân phối

5. Đường dây cao thế

6. Đường dây hạ thế 0,4 KV

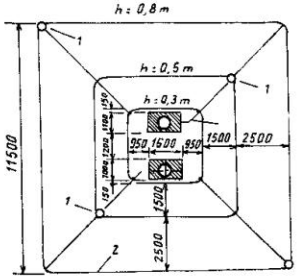


Hình 5-3c

Hình 5-3d. Trang thiết bị nối đất của trạm, với 4 cọc tiếp đất. Ở đây : 1. Ống thép Φ 2" × 3000 (4 ống nặng 62,5kg)

2. Dải bằng thép 40 × 4 (98 m nặng 124,3kg)

4. Trạm biến áp đặt trong tủ kim loại, chế tạo sẵn loại PTM-4-10(6), 15/0,4 KV, công suất 160-400KVA



Hình 5-3d

Ở các nước Tây Âu, thông thường có hai phương án :

Phương án A (hình 5-4.1 và hình 5-4.3) phương án B (hình 5-4.2 và 5-4.4).

Mỗi phương án A hay B, người ta có thể có 4 phương án bố trí ở phần điện áp thấp : a, b, c, và d như ở bảng 5.4.2

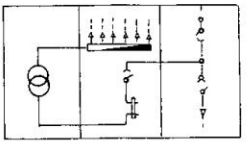
Bảng 5-4.1 nêu lên các đặc tính kỹ thuật của trạm loại PTM-4

Khối lượng trạm không kể máy biến áp : 2000 kg.

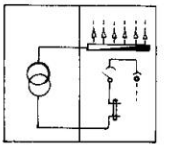
Ở phương án A có ba tủ, còn ở phương án B có hai tủ. Ở cả hai phương án này, trong tủ thứ nhất người ta đặt máy biến áp điện lực, dự kiến có các lỗ thông gió.

Ở tủ thứ hai chia làm hai phần, một phần chứa dao cách ly và cầu chì, còn phần còn lại là bảng phân phối điện áp thấp gồm cả các cầu dao, áp tô mát v.v...

Ở tủ thứ ba (ở phương án A) trang bị dao cách ly thông thường hoặc máy cắt phụ tải để có thể cắt dòng điện định mức và có thể mở khi bị ngắn mạch.



Hình 5-4.1. Sơ đồ PTM-4A

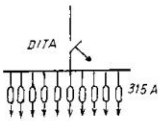
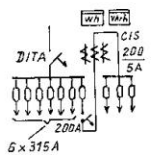
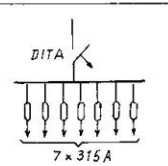
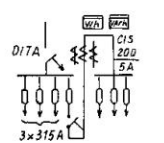


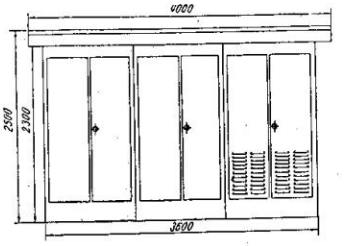
Hình 5-4.2. Sơ đồ PTM-4B

Bảng 5-4.1. Các đặc tính của PTM-4

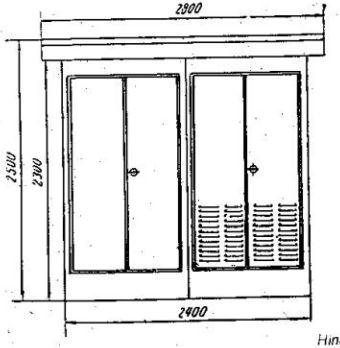
Công suất định mức của trạm KVA	Điện áp số và thứ cấp KV	Dòng điện định mức, A			Loại máy cắt điện áp thấp	Tiết diện định mức của đường dây ra của máy biến áp, nhôm AL mm^2
		Ở phía cao áp	Cầu chì sử dụng	Ở phía hạ áp		
160	6/0,4 10/0,4 15/0,4	15,4 9,2 6,15	30 20 10	242	DITA 350L, 380V; rơle điện từ 350A, rơle nhiệt 350A	3 × 150 + 95
250	6/0,4 10/0,4 15/0,4	24,0 14,5 9,6	50 30 20	378	DITA 1000L, 380V; rơle điện từ 600A, rơle nhiệt 600A	2 × 3 × 150 + 150
400	6/0,4 10/0,4 15/0,4	38,5 23,0 15,5	75 50 30	606	DITA 1000L, 380V; rơle điện từ 1000A, rơle nhiệt 1000A	2 × 3 × 150 + 150

Bảng 5-4-2. Các phương án bố trí thiết bị ở điện áp thấp.

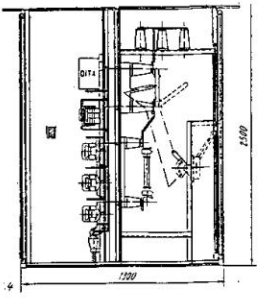
Số thứ tự	Phương án	Ký hiệu phương án	Sơ đồ điện
1	Một bảng gồm mười nhánh ra có cầu chì công suất cắt lớn	a	
2	Một bảng gồm có sáu nhánh ra và một bảng với ba nhánh ra có cầu chì công suất cắt lớn với tự động bật sáng theo thời gian và đồng hồ điện năng dành cho chiếu sáng chung, công cộng	b	
3	Một bảng gồm có bảng nhánh ra với cầu chì công suất cắt lớn	c	
4	Hai bảng, trong đó bảng chiếu sáng có ba nhánh, cầu chì công suất cắt lớn, có tự động bật sáng theo thời gian phục vụ cho chiếu sáng công cộng	d	



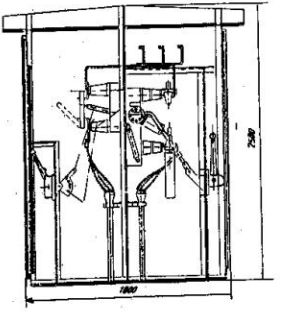
Hình 5-4.3. Kích thước tủ PTM-4A.



Hình 5-4.4. Kích thước tủ PTM-4B.



Hình 5-4.5 PTM-4. Tiết diện cắt của buồng thứ hai (gồm dao cách ly, cầu chì và bảng phân phối điện áp thấp).



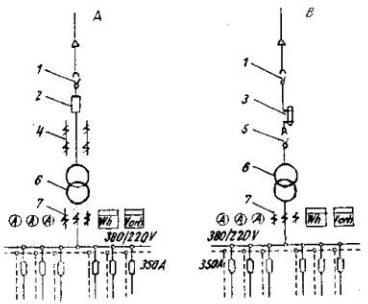
Hình 5-4.6 PTM-4A. Tiết diện cắt của buồng thứ ba là buồng đường dây cung cấp điện.

5. Trạm biến áp loại PTM.5 - 10(6), 15/0,4KV công suất 400-1000 KVA.

Dùng để cung cấp năng lượng điện cho các công trường hoặc công trình lớn. Người ta chế tạo với 2 phương án : phương án A với máy cắt điện, và phương án B với loại cầu chì cao thế FI. (hình 5-5.1).

Phía điện áp thấp có sáu đường ra. Đường cao thế đưa đến và đường hạ thế đi ra là dây cáp.

Hình 5-5.1. Sơ đồ một đường dây.
A. Phương án A; B. Phương án B.
1. Dao cách ly 10, 15KV, 200A
2. Máy cắt điện IUP-10-15KV
3. Cầu chì SFI + FI 10, 15KV
4. Máy biến đo lường CIPT 10-15KV
5. Dao cách ly SPTI
6. Máy biến áp điện lực 400 ÷ 1000KVA 6,15/0,4KV
7. Máy biến dòng CIT 0,5



Bảng 5-5-1. Các đặc tính của trạm PTM.5.

Công suất định mức của máy biến áp KVA	Dòng điện định mức, A					Trọng lượng không kể Máy biến áp kg/đơn vị
	Phương án A		Phương án B		CIT 0,5KV	
	CIPT-10KV	CIPT-15KV	SFI + FI -10KV	SFI + FI-15 KV		
400	40/5	15/5	75	30	600/5	
600	75/5	30/5	100	50	1000/5	2700
1000	100/5	40/5	200	75	1500/5	

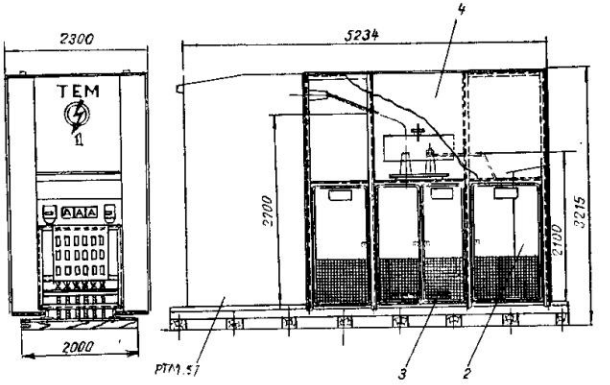
Trạm biến áp tạo thành từ :

- Một tủ đặt ngoài, phương án A loại ACELA - 21a gồm có dao cách ly, máy cắt điện, máy biến dòng; ở phương án B gồm : dao cách ly đi đến, cầu chì, máy cắt phụ tải.

- Máy biến áp điện lực được đặt trong không gian tự do.

- Một tủ điện áp thấp gồm có các máy biến dòng, đồng hồ điện năng tác dụng và phản kháng Ap, Aq, ba ampe kế và sáu đường ra được bảo vệ bằng cầu chì.

Hình 5-5.2. Trạm PTM.5 nhìn về phía tủ điện áp thấp có cửa mở (bên trái) và nhìn cạnh (bên phải). Ở đây 1. Tủ đặt ngoài; 2. Tủ điện áp thấp; 3. Máy biến áp; 4. Rào quanh.



Hình 5-5.1. Sơ đồ một đường dây.

Hình 5-5.2

6. Trạm biến áp loại PTM-6 (10)6, 15/0,4KV - 100 - 160KVA.

- Được thiết kế để cung cấp điện năng cho công trường hoặc công trình nhỏ và hộ tiêu thụ có đặc điểm tạm thời.

- Công suất của máy biến áp 100 hay 160 KVA.

- Điện áp sơ cấp 6, 10 hay 15KV (đối với 6KV sẽ trang bị các khí cụ điện 10 KV) điện áp thứ cấp 380/220V.

- Bảo vệ máy biến áp : dùng cầu chì cao thế cũng như cầu chì phía hạ thế.

- Sơ đồ điện : hình 5-6.1.

- Đường dây cao và hạ thế : dùng dây cáp

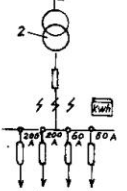
- Trọng lượng của trạm 1000kg.

Hình 5-6.1. Trạm PTM-6. Sơ đồ điện một dây, ở đây :

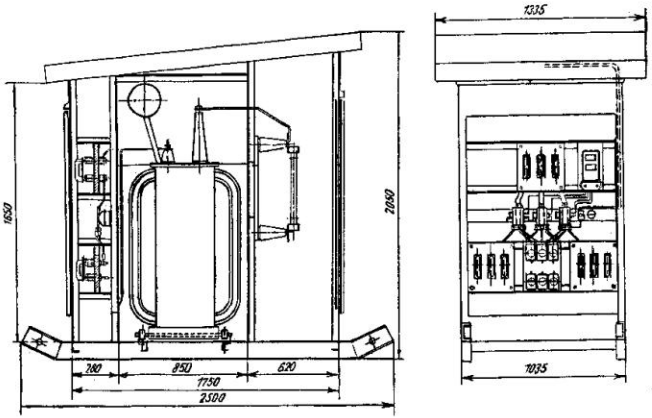
1. Cầu chì SFI + FI 10 (6), 15 KV

2. Biến áp điện lực 100 - 160 KVA; 10 (6), 15/0,4 KV

Hình 5-6.2. Kích thước trạm PTM-6 - bên trái : tiết diện cắt dọc; bên phải : xem gian bố trí phía điện áp thấp.



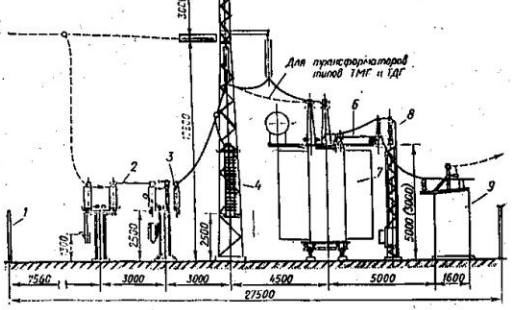
Hình 5-6.1.



Hình 5-6.2

7. Trạm hạ áp ngoài trời kiểu 1КТП - 110/6 - 15KV, với máy biến áp điện lực loại ТМН 2500/110, ТМН-6300/110, ТД-10000/110, ТД 16000/110, ТД 2500 với máy cắt điện ВМПП-10 (Hình 5-7)

Ở đây : 1. Rào chắn; 2. Dao cách ly РЛНД-2 110; 3. Dao tách điện ОД-110, 4. Chống sét РВП-110; 5. Cột thu lôi; 6. Thanh dẫn của máy biến áp; 7. Máy biến áp điện lực; 8. Dao cách ly nối đất; 9 Tủ phía hạ thế КРУН.

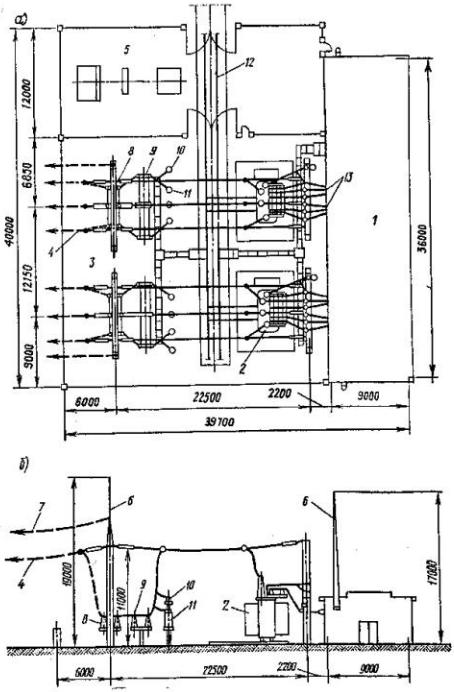


Hình 5-7

8. Hình 5-8. Mặt bằng và mặt cắt trạm biến áp ngoài trời kiểu

ГПП 110/6 ÷15 KV với hai máy biến áp công suất 25-40 MVA.

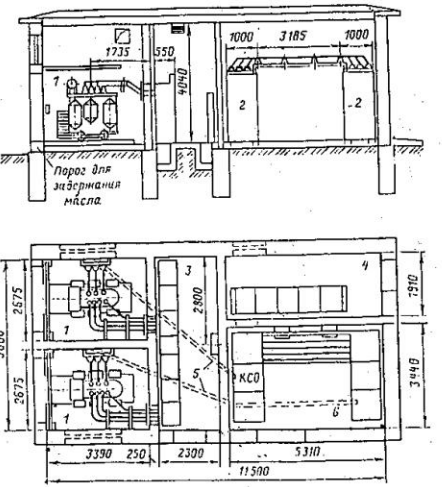
Ở đây : a) Mặt bằng; b) Mặt cắt; 1. Hệ thống phân phối 6-15KV; 2. Máy biến áp; 3. Phần điện áp cao 110 KV; 4. Đường dây đưa đến 110 KV; 5. Diện tích dùng cho sửa chữa; 6. Cột thu lôi; 7. Dây chống sét; 8. Dao cách ly; 9. Dao tách điện; 10. Thiết bị ngắn mạch; 11. Chống sét; 12. Đường sắt; 13. Đường ra từ cuộn dây hạ áp của máy biến áp.



Hình 5.8

9. Hình 5-9. Giới thiệu trạm biến áp trong nhà có hai máy biến áp 2 × 1000 KVA điện áp 6 ÷ 15/0,4 KV.

1. Máy biến áp 1000 KA
2. Tủ vào 6 ÷ *15 KV*
3. Thiết bị phân phối điện áp thấp PYHH
4. Gian đặt tụ điện
5. Cáp ngầm 6 ÷ *15 KV* đặt trong ống
6. Thiết bị cao thế 6 ÷ *15 KV*

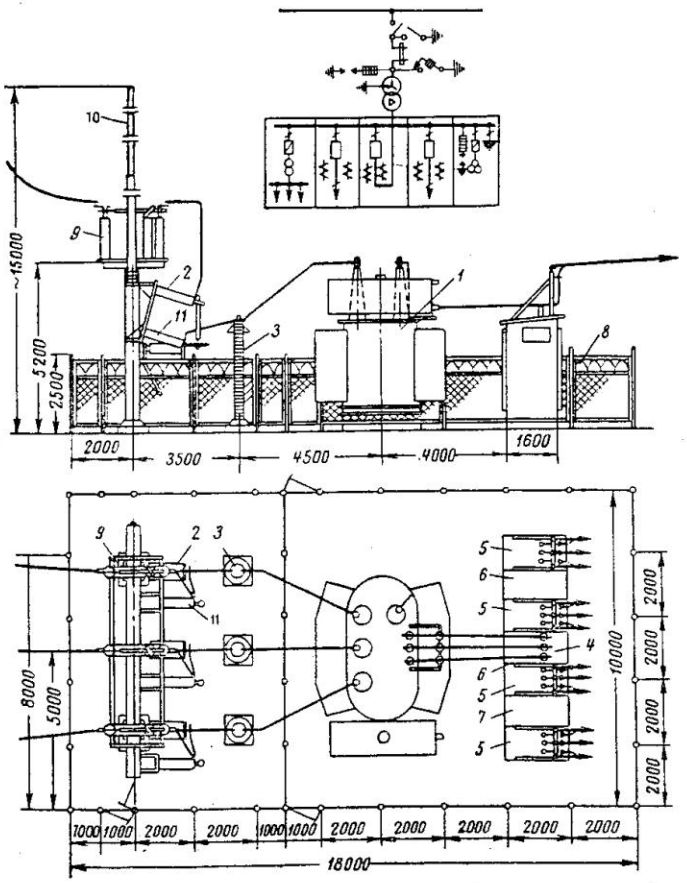


Hình 5-9

10. Hình 5-10. Giới thiệu trạm biến áp ngoài trời 110/6 ÷ 15 KV dùng cầu chì cao thế 110 KV.

Ở đây : 1. Máy biến áp điện lực

2. Thiết bị nối đất
3. Chống sét
4. Tủ từ đường dây hạ thế của MBA đến
5. Tủ đường dây
6. Tủ máy biến điện áp
7. Tủ máy biến áp tự dùng
8. Hàng rào kim loại
9. Dao cách ly đường dây
10. Cột thu lôi kết hợp
11. Cầu chì cao áp


10
9
2
11
3
1
8
~15000
5200
2500
2000
3500
4500
4000
1600
9
2
3
11
5
6
5
4
6
5
7
5
8000
5000
10000
2000
2000
2000
2000
1000
1000
2000
2000
1000
1000
2000
2000
2000
2000
2000
18000

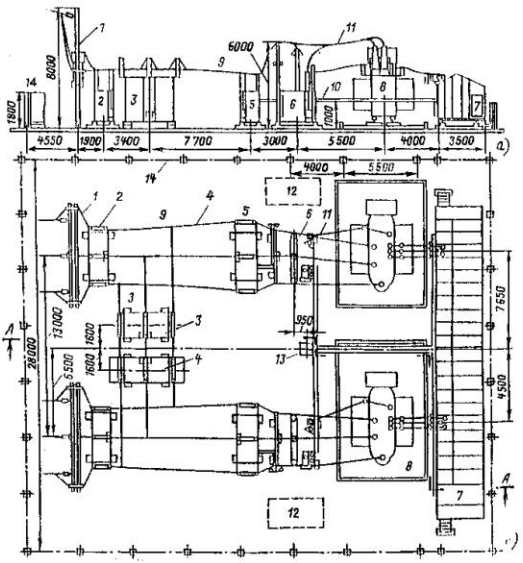
Hình 5-10

11. Hình 5-11. Giới thiệu mặt bằng trạm điện ngoài trời công suất 10 ÷ 40 MVA, điện áp 110/6 ÷ 15 KV.

a) Hình chiếu đứng

b) Hình chiếu bằng

1. Cột điện
2. Dao cách ly đường dây
3. Dao cách ly liên lạc
4. Thanh góp
5. Dao cách ly thanh góp
6. Máy cắt điện
7. Thiết bị phân phối trọn bộ 6 ÷ *15 KV*
8. Máy biến áp điện lực
9. Thanh góp
10. Đường ống dẫn cáp
11. Dây dẫn
12. Chỗ đặt cột thu lôi
13. Tủ để dụng cụ
14. Hàng rào



PHỤ LỤC 6

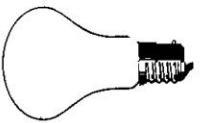
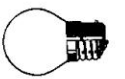
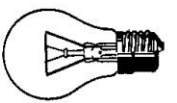
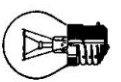
CHIẾU SÁNG

1. Bảng tương ứng đèn ống và đèn huỳnh quang của các hãng sản xuất mang các nhãn hiệu khác nhau (bảng PL 6-1).

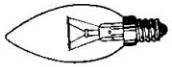
CUNG ỨNG EUROPHANE					2. CÁC NHÃN HIỆU TƯƠNG ỨNG						
Loại	Công suất	Quang thông (lumen)	Nhiệt độ màu	IRC	Claude	General Electric	Mazda	Osram	Philips	Sylvania	Europhane
Bé tí (đèn nhỏ)	8 W	440	4 300 K	58	8 W BI	F 8 T5 CW	TF 8 BI		TL 8/33	F 8 T5 CW	
Thẳng, Φ 38, khởi động sitarte SRG	20 W	850	4 000 K	85		F 20 CWX	TF 20 BBL		TL 20/34	F 20 T 12 CWX	UL 20/34
	40 W	2 100	4 000 K	85		F 40 CWX	TF 40 BBL		TL 40/34	F 40 T 12 CWX	UL 40/34
	65 W	3 300	4 000 K	85		F 65 CWX	TF 65 BBL		TL 65/34	F 65 T 12 CWX	UL 85/34
Thẳng, Φ 26, khởi động sitarte SRG	14-16 W	750	4 200 K	66					TLD 14 16/33	F 14 T 8 CW	
	18 W	1 200	4 200 K	66	18 W BI	F 18 T8 CW	TF 18 BI	L 18 W 20	TLD 18/33	F 18 CW ST	ULD 18/33
	18 W	1 450	3 000 K	85	18 W BLC 83		TF 18 incandia	L 18 W 30	TLD 18/83	F 18WWX 183ES	ULD 18/83
	18 W	1 450	4 000 K	85	18 W BL 84		TF 18 BBL	L 18 W 26	TLD 18/84	F 18CWX 184ES	ULD 18/84
	30 W	2 200	4 300 K	66		F 30 T8 CW	TFB 30 BI			F 30 T 8 CW	
	36 W	3 100	4 200 K	66	36 W BI	F 36 T8 CW	TF 36 BI	L 36 W 20	TLD 36/33	F 36 CW ST	ULD 36/33
	36 W	3 450	3 000 K	85	36 W BLC 83		TF 36 incandia	L 36 W 30	TLD 36/83	F 36WWX 183ES	ULD 36/83
	36 W	3 450	4 000 K	85	36 W BL 84		TF 36 BBL	L 36 W 28	TLD 36/84	F 36CWX 184ES	ULD 36/84
	58 W	5 000	4 200 K	66	58 W BI	F 5 8T8 CW	TF 58 BI	L 58 W 20	TLD 58/33	F 58 CWST	ULD 58/33
	58 W	5 400	3 000 K	85	58 W BLC 83		TF 58 incandia	L 58 W 30	TLD 58/83	F 58WWX 183ES	ULD 58/83
	58 W	5 400	4 000 K	85	58 W BL 84		TF 58 BBL	L 58 W 28	TLD 58/84	F 58CWX 184ES	ULD 58/84
Thẳng, Φ 38, khởi động nhanh	20 W	1 100	4 200 K	66	U 20 RS BI	F 20 CW RS	TFRS 20 BI	L 20 W 20 RS	TLM 20/33	F 20 T 12 CWRS	
	20 W	800	4 000 K	85		F 20 CW XRS	TFRS 20 BBL	L 20 W 28 RS	TLM 20/34	F 20 T 12 CWXRS	
	40 W	2 500	4 200 K	66	U 40 RS BI	F 40 CW RS	TFRS 40 BI	L 40 W 20 RS	TLM 40/33	F 40 T 12 CWRS	
	40 W	2 100	4 000 K	85		F 40 CW XRS	TFRS 40 BBL	L 40 W 2 BRS	TLM 40/34	F 40 T 12 CWXRS	
Thẳng, Φ 38, chiều dài	73 W	6 300	4 300 K	66	38 T 240 BI	F 96 T 12 CW				F 96 T 12 CW	
	105 W	9 050	4 300 K	66	GP 105 BI	F 96 T 12 CWHO				F 96 T 12 HOCW	
	215 W	18 000	4 300 K	66		F 96 T 12 CW 1 500				F 96 T 12 VHOCW	
Rãnh công suất	215 W	16 000	4 300 K	66		F 96 PG 17 CW					
Loại vòng	32 W	2 050	4 300 K	66		FC 12 T9 CW	CF 32 BI		TLE 32/33	FC 12 T 10 CW	
	40 W	2 800	4 300 K	66		FC 12 T9 CW	CF 40 BI				
Bóng huỳnh quang	125 W	6 300	4 000 K		MBF 125 VD	H125 DX	MAF 125	HOL 125	HPLN 125	HLS 125	BF 125
	250 W	13 500	3 700 K		MBF 250 VD	H250 DX	MAF 250	HOL 250	HPLN 250	HLS 250	BF 250
	400 W	23 000	3 800 K		MBF 400 VD	H400 DX	MAF 400	HOL 400	HPLN 400	HLS 400	BF 400
	700 W	42 000	3 800 K		MBF 700 VD	H700 DX	MAF 700	HOL 700	HPLN 700	HLS 700	
Hỗn hợp	160 W	3 150	3 600 K		MIXOPAL 160	MLH 160 CX	MMF 160	HWL 160	MLLN 160	HSB 160	MIX 160
	250 W	5 700	3 800 K		MIXOPAL 250	MLH 250 CX	MMF 250	HWL 250	MLLN 250	HSB 250	
	500 W	14 000	3 800 K		MIXOPAL 500	MLH 500 DX	MMF 400	HWL 500	MLLN 500	HSB 500	
Natri áp suất cao	150 W	14 000	2 000 K			LU 150/D	MACS 150	NAUE 150	SON 150	SHP 150	SHP 150
	150 W	14 500	2 000 K			LU 150	MAC 150	NAUT 150	SONT 150	SHPT 150	SHP 150 T
	250 W	25 000	2 000 K		Sodiclaude 250	LU 250/D	MACS 250	NAUE 250	SON 250	SHP 250	SHP 250
	250 W	25 000	2 000 K		Sodiclaude 250 CV	LU 250	MAC 250	NAUT 250	SONT 250	SHPT 250	SHP 250 T
	400 W	47 000	2 000 K		Sodiclaude 400 CV	LU 400/D	MACS 400	NAUE 400	SON 400	SHP 400	SHP 400
	400 W	48 000	2 000 K		Sodiclaude 400	LU 400	MAC 400	NAUT 400	SONT 400	SHPT 400	SHP 400 T
	1 000 W	120 000	2 000 K			LU 1 000	MAC 1 000	NAUT 1 000	SONT 1 000	SHPT 1 000	
Iodua kim loại	250 W	19 000	5 400 K					HOIT 250			
	400 W	32 500	4 400 K				MAIH 400	HOIT 400	HDIT 400	HS/T 400	
	600 W	33 000	4 600 K				NAIH 1 000	HDIT 1 000	HPIT 1 000		

2. ĐÈN NUNG SÁNG, NHÃN MAZDA

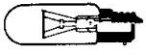
Bảng PL6-2

Loại	Công suất [W]	Đế	Mã số thương nghiệp	Hình dạng
1	2	3	4	5
a) Bình thường 7-Krypton 220/230 V				
NORMALE 7 KRYPTON	40	B 22	00101	
NORMALE 7 KRYPTON	40	E 27	00102	
NORMALE 7 KRYPTON	60	B 22	00105	
NORMALE 7 KRYPTON	60	E 27	00106	
NORMALE 7 KRYPTON	75	B 22	00109	
NORMALE 7 KRYPTON	75	E 27	00110	
NORMALE 7 KRYPTON	100	B 22	00113	
NORMALE 7 KRYPTON	100	E 22	00114	
NORMALE 7 KRYPTON	150	E 27	00162	Normale 7 KRYPTON
b) Hình cầu 7-Krypton 220/230V				
SPHÉRIQUE 7 KRYPTON	40	B 22	00209	
SPHÉRIQUE 7 KRYPTON	40	E 14	00210	
SPHÉRIQUE 7 KRYPTON	40	E 27	00214	
SPHÉRIQUE 7 KRYPTON	60	B 22	00217	
SPHÉRIQUE 7 KRYPTON	60	E 14	00218	
SPHÉRIQUE 7 KRYPTON	60	E 27	00222	SPHÉRIQUE 7 KRYPTON
c) Ngọn lửa 7-Krypton 220/230V				
FLAMME 7 KRYPTON	25	E 14	00302	
FLAMME 7 KRYPTON	40	B 22	00305	
FLAMME 7 KRYPTON	40	E 14	00306	
FLAMME 7 KRYPTON	60	E 14	00310	FLAMME 7 KRYPTON
d) Tiêu chuẩn trong				
STANDARD CLAIRE	40	B 22	00903	
STANDARD CLAIRE	40	E 27	00904	
STANDARD CLAIRE	60	B 22	00911	
STANDARD CLAIRE	60	E 27	00912	
STANDARD CLAIRE	75	B 22	00919	
STANDARD CLAIRE	75	E 27	00920	
STANDARD CLAIRE.	100	B 22	00925	
STANDARD CLAIRE	100	E 27	00926	
STANDARD CLAIRE	150	E 27	00934	
STANDARD CLAIRE	200	E 27	00942	STANDARD CLAIRE
STANDARD CLAIRE	300	E 40	00952	
e) Hình cầu trong 220/230V và loại điện áp 24V				
SPHÉRIQUE CLAIRE	15	B 22	01503	
SPHÉRIQUE CLAIRE	15	E 14	01502	
SPHÉRIQUE CLAIRE	25	B 22	01509	
SPHÉRIQUE CLAIRE	25	E 27	01510	
SPHÉRIQUE CLAIRE	40	B 22	01515	
SPHÉRIQUE CLAIRE	40	E 27	01518	
SPHÉRIQUE CLAIRE	40	E 14	01516	
SPHÉRIQUE CLAIRE	60	B 22	01521	SPHÉRIQUE CLAIRE
SPHÉRIQUE CLAIRE	60	E 27	01526	
VOLTAGE 24 V				
SPHÉRIQUE CLAIRE	40	B 22	01605	
SPHÉRIQUE CLAIRE	40	E 27	01606	

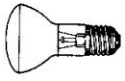
1		2	3	4	5
f) Ngọn lửa trong 220/230V					
FLAMME CLAIRE		25	E 14	02502	
FLAMME CLAIRE		40	E 14	02508	
FLAMME CLAIRE		60	E 14	02512	
g) Ngọn lửa ngọc trai 220/230V					
FLAMME PERLE		25	E 14	02556	
FLAMME PERLE		40	E 14	02562	
FLAMME PERLE		40	B 22	02559	
FLAMME PERLE		60	E 14	02568	
h) Ống trong 220/230V					
TUBE CLAIR	17 × 52	15	E 14	03206	
TUBE CLAIR	25 × 79	25	B 22	03311	
TUBE CLAIR	25 × 84	25	E 14	03308	
TUBE CLAIR	25 × 79	40	B 22	03317	
TUBE CLAIR	25 × 84	40	E 14	03314	
TUBE CLAIR	29 × 90	60	B 22	03321	
i) Màu chuẩn và các hình cầu 220/230 V					
STANDARD CLAIRE		15	B 22	04141	
Cầu màu trắng		20	B 22	04121	
Cầu màu vàng		20	B 22	04123	
Cầu màu đỏ		20	B 22	04126	
Cầu màu xanh da trời		20	B 22	04127	
Cầu màu xanh lá cây		20	B 22	04129	
k) Đèn LILO (220/230 V)					
LINO PERLE	25 × 221	40	S 15	00702	
LINO PERLE	37 × 309	40	S 19	00710	
LINO PERLE	37 × 309	60	S 19	00713	
LINO PERLE	37 × 309	75	S 19	00715	
LINO 7 ARGON	37 × 309	60	S 19	00601	
l) Đèn MAZDAMINISOL (220/230 V) = 240V*					
MAZDAMINISOL DIA 50	50	40	E 14	03514	
MAZDAMINISOL DIA 50	50	40	E 27	03502	
MAZDAMINISOL DIA 63	63	40	E 27	03522	
MAZDAMINISOL DIA 63*	63	40	E 27	03524	
MAZDAMINISOL DIA 63	63	60	E 27	03526	
MAZDAMINISOL DIA 63*	63	60	E 27	03528	
m) Đèn MAZDASOL - đường kính 80					
MAZDASOL		40	E 27	03604	
MAZDASOL		60	E 27	03610	
MAZDASOL		75	E 27	03614	
MAZDASOL		100	E 27	03620	
n) Đèn MAZDASOL - đường kính 120 (240V)					
MAZDASOL		150	E 27	03634	

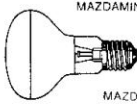

FLAMME CLAIRE

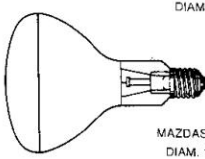
FLAMME PERLE

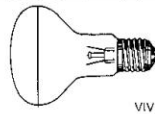
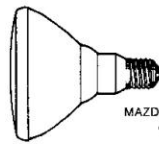
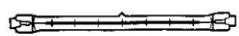
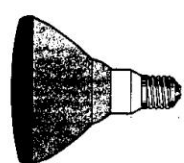

TUBE CLAIR

LAMPE LINO

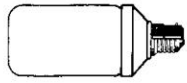
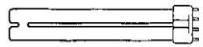
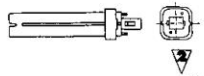

MAZDAMINISOL


MAZDASOL
DIAM 80

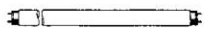
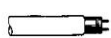

MAZDASOL
DIAM. 125

1		2	3	4	5
o) Đèn VIVADYME (240V)					 VIVADYME
VIVADYME DIAM. 80		100	E 27	03703	
VIVADYME DIAM. 125		150	E 27	03711	
p) Đèn MAZDAPAR "ECO" 220/230 V = 240 V*					 MAZDAPAR "ECO"
MAZDAPAR*	INT	80	E 27	04081	
MAZDAPAR*	EXT	80	E 27	04083	
MAZDAPAR*	INT	120	E 27	04087	
MAZDAPAR*	EXT	120	E 27	04089	
MAZDAPAR F	EXT	120	E 27	04057	
3. ĐÈN HALOGEN					
a) Đèn hình dạng Cục kim loại					
Đèn điện áp thấp 12V, 6V					
Những bóng đèn cục kim loại có hai hướng sắc có đặc tính là những đèn chùm lạnh					
PÉPITE 20	6°	20	Ba 150	03910	PEPITE
PÉPITE 20	18°	20	Ba 150	03912	
PÉPITE 50	10°	50	Ba 150	03930	
PÉPITE 50	25°	50	Ba 150	03932	
PÉPITE 35*	14°	35	Ba 150	03902	
PÉPITE DICH 50	8°	50	Gx 5,3	03942	
PÉPITE DICH 50	24°	50	Gx 5,3	03948	
PÉPITE DICH 50	30°	50	Gx 5.3	03943	
b) Đèn HALOGEN thạch anh 220/230 V					
IPR 200		200	R 75	09000	 IPR
IPR 300		300	R 75	09001	
IPR 500		500	R 75	09002	
IPR 1000		1000	R 75	09003	
c) Đèn HALOGEN vỏ kép 220/230V					IDE
IDE 500		500	E 40	09022	
IDE 1000		1000	E 40	09023	
4. ĐÈN CÓ TIA BỨC XẠ ĐẶC BIỆT					
a) Đèn Rubefie 240 V					 RUBEFIE
IR-PAR 100 R		100	E 27	10734	
IR-PAR 175 R		175	E 27	10736	

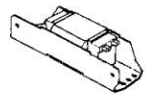
5. ĐÈN KHỐI ĐẶC, KIỂU GỌN

1	2	3	4	5
a) Loại FEE và loại FEE hình quả địa cầu				
FEE 40 CLAIRE, loại trong	9	E 27	16301	 FEE
FEE 60 CLAIRE	13	E 27	16305	
FEE 75 CLAIRE	18	E 27	16309	
FEE 100 CLAIRE	25	E 27	16313	
FEE 75 CLAIRE	18	B 22	16311	
FEE 100 CLAIRE	25	B 22	16315	
FEE 40 OPALE, loại ngọc mắt mèo	9	E 27	16302	FEE GLOBE
FEE 60 OPALE,	13	E 27	16306	
FEE 75 OPALE,	18	E 27	16310	
FEE 100 OPALE,	25	E 27	16314	
FEE 40 GLOBE, quả địa cầu	9	E 27	16350	
FEE 60 GLOBE	13	E 27	16351	
FEE 75 GLOBE	18	E 27	16352	
b) Loại EUREKA (220 V - 50 Hz)				
EF 7	7	G 23	16610	EF 7-9-11
EF 9	9	G 23	16611	
EF 11	11	G 23	16612	
EF 18 INCANDIA	18	2G11	16653	 EUREKA
EF 24 INCANDIA	24	2G11	16654	
EF 36 INCANDIA	36	2G11	16655	
EF 18 BRILLANT	18	2G11	16656	
EF 24 BRILLANT	24	2G11	16657	
EF 36 BRILLANT	36	2G11	16658	
c) Loại EUREKA_2_220V - 50Hz và loại EUREKA_2_điện tử 220/230 V-50/60 Hz				
EF 2 10	10	G24 d 1	16660	 EUREKA
EF 2 13	13	G24 d 1	16661	
EF 2 18	18	G24 d 1	16662	
EF 2 26	26	G24 d 1	16663	
EF 2 7 e	7	E 27	16370	EUREKA ÉLECTRONIQUE
EF 2 11 e	11	E 27	16371	
EF 2 15 e	15	E 27	16372	
EF 2 20 e	20	E 27	16373	

6. ĐÈN HUỲNH QUANG

1		2	3	4	5
a) Loại prestiflux đường kính 26 - Khởi động stắc te					
	°K				
TF "P" 18 BRL	4000	18	85	16101	
TF "P" 36 BRL	4000	36	85	16102	
TF "P" 58 BRL	4000	58	85	16103	
TF "P" 18 INC	3000	18	85	16104	
TF "P" 36 INC	3000	36	85	16105	
TF "P" 58 INC	3000	58	85	16106	PRESTIFLUX DIAM. 26
b) Loại prestiflux đường kính 26 - Khởi động điện tử (Những đèn này làm việc với balát điện tử tần số cao)					
	°K				
HF "P" 16 BRL	4000	16	85	16140	
HF "P" 32 BRL	4000	32	85	16141	
HF "P" 50 BRL	4000	50	85	16142	
HF "P" 16 INC	3000	16	85	16143	
HF "P" 32 INC	3400	32	85	16144	
HF "P" 50 INC	3000	50	85	16145	PRESTIFLUX HF DIAM. 26
c) Loại phối hợp "Symphonie" đường kính 26 - Khởi động stắcte					
	°K				
AURORA (màu cá vàng)					
SF 18 AUR	3800	18	94	16130	
SF 36 AUR	3800	36	94	16131	
SF 58 AUR	3800	58	94	16132	
SOLARA (màu sáng mặt trời)					
SF 18 SOL	3000	18	93	16133	SYMPHONIE DIAM. 26
SF 36 SOL	3000	36	93	16134	
SF 58 SOL	3000	58	93	16135	
SF 18 HAR	5000	18	97	16160	
SF 36 HAR	5000	36	97	16161	
SF 58 HAR	5000	58	97	16162	
d) Loại trắng công nghiệp - Khởi động stắcte - Đường kính ⌀ 26, ⌀ 15					
	Diam.	°K			
TF 18 BI	26	4100	18	66	16120	BLANC INDUSTRIE 26 mm
TF 30 BI	26	4100	30	66	16123	
TF 36 BI	26	4100	36	66	16121	
TF 58 BI	26	4100	58	66	16122	
TF 6 BI	15	4100	6	66	16001	BLANC INDUSTRIE ⌀15 mm
TF 8 BI	15	4100	8	66	16002	
TF 13 CONFORT	15	4100	13	66	16005	
e) Loại khởi động nhanh - Đường kính ⌀ 38					
	Diam.	°K			
TFRS 20 BI	38	4100	20	66	16901	
TFRS 40 BI	38	4100	40	66	16902	
TFRS 65 BI	38	4100	65	66	16903	TFRS
f) Loại khởi động nhanh dùng cho môi trường dễ nổ - Đường kính ⌀ 38					
TFR "X" 20 BI	38	4100	20	66	17020	
TFR "X" 40 BI	38	4100	40	66	17021	
TFR "X" 65 BI	38	4100	65	66	17022	TFR "X"

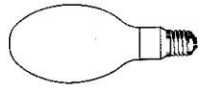
7. CÁC LOẠI TẮNG PHÔ SỬ DỤNG CHO ĐÈN HUỲNH QUANG

Loại tăng phô dùng	Loại đèn sử dụng	Mã số thương nghiệp	Hình dạng
M 7/9/11 N 20	EF 7 EF9 EF 11	20007	
M 20 N 20	TF 18 TF "P" 18	20020	
M 40 N 20	TF 36 TF "P" 36	20040	
M 65 N 20	TF 58 TF "P" 58	20065	

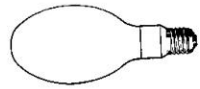
1	2	3	4	5

8. CÁC LOẠI ĐÈN PHÓNG ĐIỆN

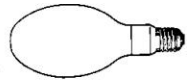
a) Loại ánh sáng tổng hợp MMF 230-240 V

MMF 100	100	E 27	18001	
MMF 160	160	E 27	18003	
MMF 250	250	E 40	18005	
MMF 500	500	E 40	18007	MMF

b) Loại quả bóng sơn màu nóng : BTC.

BTC 80	80	E 27	18231	
BTC 125	125	E 27	18232	
BTC 250	250	E 40	18233	
BTC 400	400	E 40	18234	BTC

c) Loại quả bóng huỳnh quang MAF.

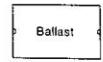
MAF 80 RV	80	E 27	18202	
MAF 125 RV	125	E 27	18203	
MAF 250 RV	250	E 40	18204	
MAF 400 RV	400	E 40	18205	
MAF 700 RV	700	E 40	18206	MAF

d) Loại đèn hơi natri SATINA, màu trắng.

(Loại đèn này làm việc yêu cầu có thêm 1 balát và một khối kiểm tra)

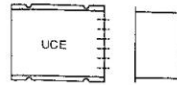
Balát BSB-35 hay BSB-50, khối kiểm tra UCE 35 hay UCE 50.

SATINA 35	35	PG 12	18640
SATINA 50	50	PG 12	18641

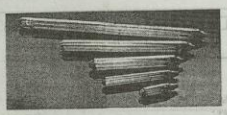
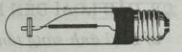
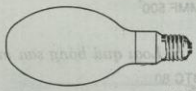
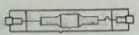
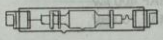


BSB

BALLAST BSB 35	SATINA 35	22500
BALLAST BSB 50	SATINA 50	22501



UNITÉ CONTROLE UCE 35	SATINA 35	22920
UNITÉ CONTROLE UCE 50	SATINA 50	22921

1	2	3	4	5
c) Loại đèn phóng điện dạng thước kẻ.				
** Hơi natri áp suất thấp.*				
SIO 18	18	B 22	18801	
** Hơi natri áp suất cao : MAC - MACS - MACS/2*				
TUBULAIRE				
MAC 100	100	E 40	18601	
MAC 150 II	150	E 40	18602	
MAC 250	250	E 40	18603	
MAC 400	400	E 40	18604	
MAC 1000	1000	E 40	18605	 MAC
SATINÉE				
MACS/Z 70	70	E 27	18611	
MACS 150 II	150	E 40	18613	
MACS 250	250	E 40	18614	
MACS 400	400	E 40	18615	 MACS
** Loại iôđua - Kim loại - MAIH và MTIL.*				
MAIH 400	400	E 40	18401	
MAIH 1000	1000	E 40	18402	
MAIH 2000 B	2000	E 40	18403	
MAIH 2000 TB 22	2000	E 40	18430	 MTIL (R7S)
MTIL 70	70	R7S	18462	
MTIL 150	150	R7S	18460	
MTIL 250	250	FC2	18461	 MTIL (FC2)

9. MỘT SỐ LOẠI ĐÈN DÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP VÀ VƯỜN HOA

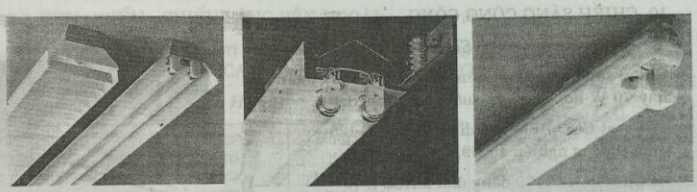
1. Dùng trong công nghiệp.

a) Phản chiếu công nghiệp : loại ECLAIR :

Loại này có mui che bằng tôn kẽm điện hóa và một tấm phản chiếu bằng tôn mạ trắng gồm loại ECLAIR 158, 136, 236, 258 có hình dạng hình 1.

b) Loại phản chiếu công nghiệp G2. (hình 2) có các loại G2 265 CP 1530; G2 465 CP 3060.

c) Loại hình dạng đũa kín POLO - IP-65 : gồm một thân và một lớp bọc polyester, 220V-50Hz, dùng đèn huỳnh quang Φ 26 mm, 18, 36 hay 58 W gồm các loại POLO 136 NC, 136, 236, 158 và 258.



ECLAIR G2 POLO

d) Loại chiếu sáng cho các xưởng công nghiệp có chiều cao khá cao, dùng đèn phóng điện RC.

- Hơi thủy ngân, có công suất 250 - 400 W

- Loại iodua kim loại, công suất 400 W

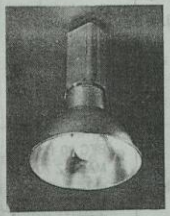
- Loại hơi natri áp suất cao, công suất 150 - 1000 W

- Hình dạng như hình 4 và hình 5. Hình 4 : loại không có phụ kiện và hình 5 : loại có phụ kiện kèm luôn với đèn và dùng với các bóng MAF 250/400, MAIHS 400; MACS 250 và MACS 400.

e) Loại cơ động trong công nghiệp và trong vườn.

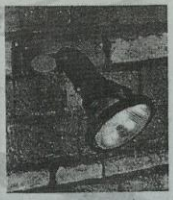
Có loại 7321, 7324, 7370 (hình H.6 và H.7) và các loại : 7132 (cao 280 m); loại 7130 (cao H = 510 mm), loại 7131 cao H = 700 mm, loại FERIA : E 27, M 80 và S70 (hình 8, 9).

H.4



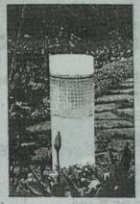
H.5

H.6 - 7321



H.7 7370

H.8 FERIA



H.9 7132

10. CHIẾU SÁNG CÔNG CỘNG

a) Loại bọ rùa "COCCINELLE" B.

Chiếu sáng dùng một đèn 125 W, hơi thủy ngân hay 70 W hơi natri áp suất cao (hình H.10).

- Có loại COC-BFM 125 dùng đèn BTC-125 mã thương nghiệp 40009.
- Loại COC-BFS 70 dùng đèn MACS Z 70 mã thương nghiệp 40010.

H.10. COCCINELLE B

b) Loại EP/EPA.

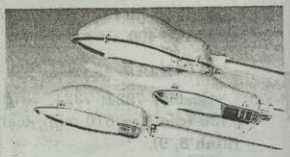
Dùng chiếu sáng cho các loại đường (hình H.11).

** Loại hở phía dưới :* (hình H.11).

	mã thương nghiệp	loại bóng
EP 125	40301	BTC 80 ... 125 MACS Z 70
EP 250 E 40	40303	BTC 250
EPA 125 M 125	40306	BTC 125
EPA 125 S 70	40310	MACS Z 70

** Loại có bầu kín phía dưới.*

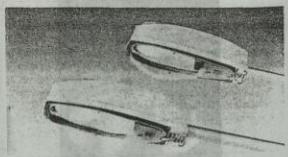
EP 125 F	40313	BTC 80 ... 125 MACS Z 70
EP 250 F E40	40315	BTC 250
EPA 125 FM 125	40318	BTC 125
EPA 125 FS 70	40319	MACS Z 70
EPA 250 FM 250	40321	BTC 250



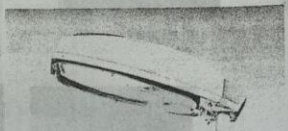
H.11. EP / EPA

c) Loại mặt trời SOLAIR 125 (hình H.12), 251-H13.

SOLAIR 125	40601	BTC 80 125 MACS Z 70
SOLAIR 125 M 125	40603	BTC 125
SOLAIR 125 S 70	40604	MACS Z 70
SOLAIR 125 F	40605	BTC 80 125 MACS Z 70
SOLAIR 125 FS 70	40608	MACS Z 70
SOLAIR 251 E 40	40639	BTC 250 MAC 100 150 250
SOLAIR 251 S 150	40641	MAC 150
SOLAIR 251 S 250	40642	MAC 250



H.12. SOLAIR 125



H.13. SOLAIR 251

d) Loại sao chổi COMETE P (hình H.13).

SANS APPAREILLAGE (loại không có thiết bị phụ)		
COMETTE PF E 27	41235	BTC 125
COMETE PF E 40	41243	MAC 150
APPAREILLAGE INCORPORÉ (có thiết bị phụ)		
COMETE PF M 125	41236	BTC 125
COMETE PF S 70	41237	MAC 100
COMETE PF S 100	41238	MAC 150

H.13 COMETE P

11. ĐÈN CHIẾU - CHIẾU SÁNG BÊN NGOÀI

Gồm có các loại đèn Canari (300 - 500 W) mã số thương nghiệp 39501 (hình H.14), loại CORMORAN, loại CHOUCAS, TOUCAN và GOELAND G2.

a) Loại CORMORAN (hình H.15).

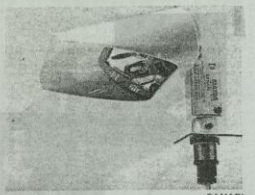
CORMORAN 500	38502	IPR 300 → 500
CORMORAN 1000	38503	IPR 1000
CORMORAN 1500	38504	IPR 1500
CORMORAN 150/500 E 40	38512	MAC 150 IDE 500 BTC 250
CORMORAN 400/1000 E 40	38513	MAC 250 → 400 IDE 1000 MAIH 400
CORMORAN MAC 250	38517	MAC 250
CORMORAN MAC 400	38518	MAC 400
CORMARAN MAIH 400	48519	MAIH 400

b) Loại CHOUCAS (hình H.16).

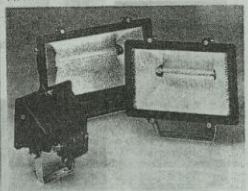
CHOUCAS S 100	39401	MAC 100
CHOUCAS S 150	39402	MAC 150

c) Loại TOUCAN (hình H.17).

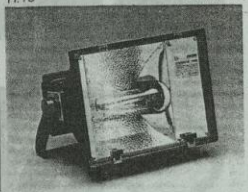
TOUCAN T2 E40 SI	38705	MAC 250 400 IDE 500 1000
TOUCAN T2 E40 EXT	38706	MAIH 400
TOUCAN T3 EXT	38708	MAC 1000
TOUCAN T3 SI	38707	MAC 1000
TOUCAN T4 SI	38709	MAIH 2000 TP 22 ou
TOUCAN T4 EXT	8710	MAIH 2000 B (380 V)



H.14 CANARI



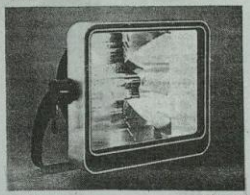
H.15 CORMORAN



H.16 CHOUCAS

d) Loại đèn chiếu không đối xứng Goeland G2

Mã số thương nghiệp 38770 - dùng đèn MAC 150-240-400 - MAIH 400 - IDE 500 hay 1000 (hình H.18).



H.17 TOUCAN

H.18
GOBLANDG2

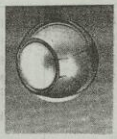
12. CÁC LOẠI ĐÈN TRANG TRÍ - KIẾN TRÚC

Gồm các loại 60000, 60350, 872D, 873D, 874D, 875D, 823D, 814D, 834D, 854D, 60012 60016, 849D, 809D, 882, 603, 608, 621, 612-629; 696-698.

60000

60350

814 D


823 D

882

872 D

873 D

854 D

834 D

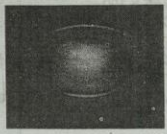
603

874 D

875 D

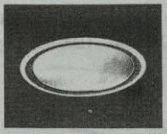
60016

60012

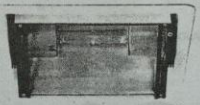

608

621

849 D


612-629

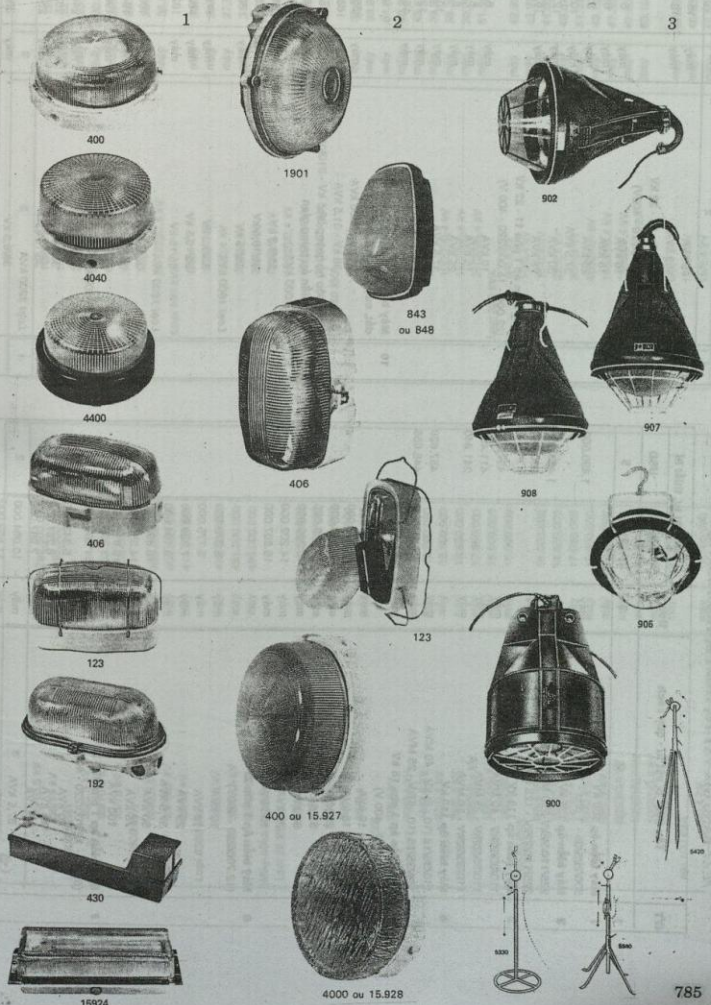
809 D


696-698

13. CÁC DẠNG KHÁC

a) Dạng cửa sổ kín loại : 400; 4040; 4400; 406; 123; 192; 430; 15924; 1901. 843 hay 848; 406; 123; 400 hay 15927; 4000 hay 15928

b) Đèn chiếu ở công trường 300 ÷ 500 W, hai lần cách điện an toàn : có loại IN-LUX300SH902; 500S - 907; 500D - 908; 906, 900, 901



PL.7.1. BẢNG GIÁ VẬT TƯ, THIẾT BỊ TRẠM BIẾN ÁP

STT	Tên thiết bị vật tư - quy cách	Đơn vị	Giá vật tư, thiết bị	
			VNĐ	USD
1	2	3	4	5
1	**Máy biến áp 500 kV**			
	500/225/35 - 1 pha - 150 MVA	máy		1.490.000
2	**Máy biến áp 225 kV**			
	225/110/22kV-250 MVA	máy		1.483.263
	225/110/22kV - 125 MVA	máy		920.114
3	**Máy biến áp 110 kV**			
	110/35/22kV - 40 MVA	máy		457.620
	110/35/22kV - 25 MVA	máy		411.480
	110/35/22kV - 16 MVA	máy		241.940
4	**Máy biến áp 110 kV**			
	110/35/15 (10 ; 6) kV - 40 MVA	máy		457.620
	110/35/15 (10 ; 6)kV - 25 MVA	máy		448.658
5	**Máy biến áp 1 pha 15 kV**			
	(8.660/220 - 400 V)			
	10 kVA	máy	5.312.000	
	15 kVA	máy	5.709.000	
	25 kVA	máy	7.260.000	
	37,5 kVA	máy	9.095.000	
	50 kVA	máy	10.780.000	
	75 kVA	máy	14.202.000	
	100 kVA	máy	16.807.000	
6	**Máy biến áp 1 pha 22 kV**			
	(12.700/220 - 400V)			
	10 kVA	máy	5.370.000	
	15 kVA	máy	5.775.000	
	25 kVA	máy	7.339.000	
	37,5 kVA	máy	9.194.000	
	50 kVA	máy	10.893.000	
	75 kVA	máy	14.350.000	
	100 kVA	máy	16.977.000	
7	**Máy biến áp 1 pha 15 - 22 kV**			
	(8.660 - 12.700/220 - 400V)			
	10 kVA	máy	5.343.000	
	15 kVA	máy	6.287.000	
	25 kVA	máy	7.987.000	
	37,5 kVA	máy	10.004.000	
	50 kVA	máy	11.859.000	
	75 kVA	máy	15.625.000	
	100 kVA	máy	18.494.000	
8	**Máy biến áp 1 pha 15 - 22 kV**			
	(22.000 - 12.700/220 - 400V)			
	10 kVA	máy	6.033.000	
	15 kVA	máy	6.470.000	
	25 kVA	máy	8.208.000	
	37,5 kVA	máy	10.279.000	
	50 kVA	máy	12.189.000	
	75 kVA	máy	16.065.000	
9	**Máy biến áp 1 pha 11 - 22 kV**			
	(22.000 - 15.000/220 - 400 V)			
	10 kVA	máy	6.166.000	
	15 kVA	máy	6.666.000	
	25 kVA	máy	8.427.000	
	37,5 kVA	máy	10.564.000	
	50 kVA	máy	12.521.000	
	75 kVA	máy	16.492.000	
10	**Máy biến áp tạo trung tính nối đất, cuộn dập hồ quang**			
	24 kV - 2500 kVA	máy	338.595.600	24.220
	38 kV - 31.5 kVA	máy	166.222.200	11.890
	Cuộn dập hồ quang 38.5 kV - 310kVA		117.851.400	8.430
	Máy biến áp trung gian			
	Loại 1000 kVA			
	35/6,3 kV	máy	126.300.000	
	35/10,5 kV	máy	128.358.000	
	35/15 kV	máy	130.500.000	
	Loại 1600 kVA			
	35/6,3 kV	máy	175.000.000	
	35/10,5 kV	máy	180.000.000	
	35/15 kV	máy	182.000.000	
	Loại 1800 kVA			
	35/6,3 kV	máy	190.000.000	
	35/10,5 kV	máy	194.000.000	
	35/15 kV	máy	196.000.000	
	Loại 2500 kVA			
	35/6,3 kV	máy	248.800.000	
	35/10,5 kV	máy	252.700.000	
	35/15 kV	máy	254.700.000	
	Loại 3200 kVA			
	35/6,3 kV	máy	285.500.000	

2	3	4	5
35/10,5 kV	máy	292.500.000	
35/15 kV	máy	295.500.000	
Loại 4000 kVA			
35/6,3 kV	máy	324.500.000	
35/10,5 kV	máy	332.500.000	
35/15 kV	máy	335.500.000	
Loại 5600 kVA			
35/6,3 kV	máy	398.000.000	
35/10,5 kV	máy	408.000.000	
35/15 kV	máy	411.000.000	
Loại 6300 kVA			
35/6,3 kV	máy	479.800.000	
35/10,5 kV	máy	491.000.000	
35/15 kV	máy	495.000.000	
Máy biến áp phân phối (kV)			
Loại 25 kVA			
6/0,4	máy	8.800.000	
10/0,4	máy	8.800.000	
15/0,4	máy	10.000.000	
22/0,4	máy	10.500.000	
35/0,4	máy	16.000.000	
Loại 30 kVA			
6/0,4 kV	máy	9.300.000	
10/0,4 kV	máy	9.400.000	
15/0,4 kV	máy	12.200.000	
22/0,4 kV	máy	12.500.000	
35/0,4 kV	máy	18.500.000	
6(22)/0,4 kV	máy	17.850.000	
10(22)/0,4 kV	máy	15.000.000	
15(22)/0,4 kV	máy	16.000.000	
Loại 50 kVA			
6/0,4 kV	máy	14.000.000	
10/0,4 kV	máy	14.500.000	
15/0,4 kV	máy	17.000.000	
22/0,4 kV	máy	17.900.000	
35/0,4 kV	máy	21.800.000	
6(22)/0,4 kV	máy	21.000.000	
10(22)/0,4 kV	máy	19.800.000	
15(22)/0,4 kV	máy	20.300.000	
35(22)/0,4 kV	máy	27.500.000	
oại 100 kVA			
6/0,4 kV	máy	19.000.000	

1	2	3	4	5
	10/0,4 kV	máy	19.150.000	
	15/0,4 kV	máy	22.350.000	
	22/0,4 kV	máy	25.170.000	
	35/0,4 kV	máy	30.350.000	
	6(22)/0,4 kV	máy	26.870.000	
	10(22)/0,4 kV	máy	26.000.000	
	15(22)/0,4 kV	máy	26.270.000	
	35 (22)/0,4 kV	máy	35.600.000	
	Loại 180 kVA			
	6/0,4 kV	máy	26.770.000	
	10/0,4 kV	máy	26.970.000	
	15/0,4 kV	máy	27.560.000	
	22/0,4 kV	máy	31.840.000	
	35/0,4 kV	máy	38.050.000	
	6(22)/0,4 kV	máy	33.850.000	
	10(22)/0,4 kV	máy	32.450.000	
	15(22)/0,4 kV	máy	32.850.000	
	35(22)/0,4 kV	máy	43.780.000	
	Loại 250 kVA			
	6/0,4 kV	máy	33.550.000	
	10/0,4 kV	máy	33.850.000	
	15/0,4 kV	máy	34.800.000	
	22/0,4 kV	máy	40.300.000	
	35/0,4 kV	máy	43.570.000	
	6(22)/0,4 kV	máy	39.980.000	
	10(22)/0,4 kV	máy	38.380.000	
	15(22)/0,4 kV	máy	39.200.000	
	35(22)/0,4 kV	máy	51.340.000	
	Loại 320 kVA			
	6/0,4 kV	máy	42.970.000	
	10/0,4 kV	máy	43.370.000	
	15/0,4 kV	máy	44.000.000	
	22/0,4 kV	máy	48.870.000	
	35/0,4 kV	máy	51.350.000	
	6(22)/0,4 kV	máy	49.150.000	
	10(22)/0,4 kV	máy	47.350.000	
	15(22)/0,4 kV	máy	47.500.000	
	35(22)/0,4 kV	máy	63.100.000	
	Loại 400 kVA			
	6/0,4 kV	máy	47.950.000	
	10/0,4 kV	máy	48.500.000	
	15/0,4 kV	máy	48.900.000	

2	3	4	5
22/0,4 kV	máy	50.600.000	
35/0,4 kV	máy	55.700.000	
6(22)/0,4 kV	máy	56.150.000	
10(22)/0,4 kV	máy	53.750.000	
15(22)/0,4 kV	máy	53.600.000	
35(22)/0,4 kV	máy	71.780.000	
Loại 500 kVA			
6/0,4kV	máy	63.350.000	
10/0,4 kV	máy	63.800.000	
15/0,4 kV	máy	64.300.000	
22/0,4 kV	máy	66.300.000	
35/0,4 kV	máy	76.100.000	
6(22)/0,4 kV	máy	69.800.000	
10(22)/0,4 kV	máy	67.500.000	
15(22)/0,4 kV	máy	67.800.000	
35 (22)/0,4 kV	máy	90.000.000	
Loại 630 kVA			
6/0,4 kV	máy	71.650.000	
10/0,4 kV	máy	72.360.000	
15/0,4 kV	máy	72.900.000	
22/0,4 kV	máy	73.000.000	
35/0,4 kV	máy	90.200.000	
6(22)/0,4 kV	máy	78.700.000	
10(22)/0,4 kV	máy	75.150.000	
15(22)/0,4 kV	máy	75.200.000	
35 (22)/0,4 kV	máy	101.500.000	
Loại 750 kVA			
6/0,4 kV	máy	79,380.000	
10/0,4 kV	máy	80.820.000	
15/0,4 kV	máy	81.570.000	
22/0,4 kV	máy	90.360.000	
35/0,4 kV	máy	109.800.000	
6(22)/0,4 kV	máy	96.700.000	
10(22)/0,4 kV	máy	95.000.000	
15(22)/0,4 kV	máy	95.500.000	
35 (22)/0,4 kV	máy	120.800.000	
Loại 1000 kVA			
6/0,4 kV	máy	119.800.000	
10/0,4 kV	máy	120.800.000	
15/0,4 kV	máy	121.800.000	
22/0,4 kV	máy	122.000.000	
35/0,4 kV	máy	145.300.000	

1	2	3	4	5
	6(22)/0,4 kV	máy	129.800.000	
	10(22)/0,4 kV	máy	126.200.000	
	15(22)/0,4 kV	máy	126.800.000	
	35 (22)/0,4 kV	máy	143.784.000	
11	**Máy biến điện áp**			
	Biến điện áp kiểu tụ 245 kV	máy		7.873
	Biến điện áp 245 kV kiểu tụ có HF	máy		8.291
	Biến điện áp kiểu tụ 123 kV	máy		3.426
	Biến điện áp 245 kV kiểu tụ có HF	máy		3.626
	Biến điện áp 38 kV	máy		565
12	**Biến dòng điện**			
	Biến dòng điện 245 kV	máy		11.098
	Biến dòng điện 123 kV	máy		6.009
	Biến dòng điện 38 kV	máy		738
13	**Máy cắt SF6**			
	SF6 - 500 kV - 2000 - A	bộ		515.252
	SF6 - 245 kV - 1600 - A	bộ		67.488
	SF6 - 123 kV - 2000 - A	bộ		32.225
	SF6 - 123 kV - 1250A	bộ		34.889
	SF6 - 38 kV - 630A	bộ		16.538
14	**Máy cắt chân không**			
	Máy cắt chân không 38kV-630A	máy		16.538
	Máy cắt chân không 38kV-800A	máy		9.260
	Máy cắt chân không 38kV-1600A	máy		15.370
15	**Dao cách li 500 kV**			
	3 pha-1 tiếp đất	bộ	1.061.575.200	86.730
	3 pha - không tiếp đất	bộ	883.825.920	72.208
16	**Dao cách li 245 kV**			
	3 pha - 2 tiếp đất - 1600A	bộ	180.013.680	14.707
	3 pha - 1 tiếp đất - 1600A	bộ	148.006.080	12.092
	1 pha-1 tiếp đất - 1600A	bộ	53.856.000	4.400
17	**Dao cách li 123 kV**			
	3 pha-2 tiếp đất - 2000A-31,5kA	bộ	128.923.920	10.533
	3pha-1tiếp đất-2000A-31,5kA	bộ	107.969.040	8.821
	3 pha-không TĐ - 2000A 31,5kA	bộ	90.551.520	7.398
	1 pha-1 tiếp đất - 2000A - 31,5kA	bộ	46.193.760	3.774
	1 pha-không TĐ - 2000A - 31,5kA	bộ	40.710.240	3.326
	3 pha-2 tiếp đất - 2000A - 25kA	bộ	94.211.280	7.697
	3 pha-1 tiếp đất - 2000A - 25kA	bộ	80.490.240	6.576
	3 pha-Không TĐ - 2000A - 25kA	bộ	66.769.200	5.455
	1 pha-không TĐ - 2000A - 25kA	bộ	37.050.480	3.027
	3 pha-2 tiếp đất - 1250A	bộ	126.839.440	10.281

(4) 2	3	4	5
3 pha-1 tiếp đất - 1250A	bộ	107.038.800	8.745
1 pha nối đất trung tính - 630kA	bộ	21.493.440	1.756
Dao cách li 35 kV			
3 pha-2 tiếp đất 38kV - 800A		94.235.760	7.699
3 pha-1 tiếp đất - 38kV - 800A	bộ	13.500.000	
3 pha-không tiếp đất-38kV - 800A	bộ	11.500.000	
3 pha-2 tiếp đất-38kV - 600A		6.000.000	
3 pha-1 tiếp đất-38kV - 600A		5.700.000	
3 pha-không tiếp đất - 38kV - 600A		5.400.000	
Dao cách li 24 kV			
3 pha - 24kV - 600A	bộ	2.300.000	
3 pha - 24kV - 400A	bộ	2.000.000	
3 pha - 24kV - 200A	bộ	1.900.000	
Dao cách li 10 kV			
3 pha - 10kV - 600A	bộ	1.700.000	
3 pha - 10kV - 400A	bộ	1.430.000	
3 pha - 10kV - 200A	bộ	1.350.000	
Dao cách li trong nhà			
10kV - 630A (400A)	bộ	1.200.000	
Cầu dao hạ thế			
Cầu dao 2 cực 400A	bộ	312.090	
Cầu dao 2 cực 60A	bộ	24.846	
Cầu dao 3 cực 400A	bộ	634.000	
Cầu dao 3 cực 100A	bộ	87.305	
Cầu dao 3 cực 200A	bộ	221.190	
Cầu dao hộp 100A-380V - 1N	cái	183.900	
Cầu dao hộp 100A-380V - 2N	cái	202.000	
Cầu dao hộp 150A-380V - 1N	cái	230.000	
Cầu dao hộp 200A-380V - 1N	cái	276.000	
Cầu dao hộp 250A-380V - 1N	cái	386.000	
Cầu dao hộp 300A-380V - 1N	cái	423.000	
Cầu dao hộp 400A-380V - 1N	cái	478.000	
Cầu dao hộp 500A-380V - 1N	cái	597.000	
Cầu dao hộp 630A-380V - 1N	cái	781.000	
Cầu dao hộp 800A-380V - 1N	cái	1.102.000	
Cầu dao trần 100A-380V	cái	147.500	
Cầu dao trần 150A-380V	cái	180.000	
Cầu dao trần 200A-380V	cái	221.000	
Cầu dao trần 250A-380V	cái	239.000	
Cầu dao trần 400A-380V	cái	312.000	
Cầu dao trần 630A-380V	cái	551.500	

1	2	3	4	5
	Cầu dao trần 800A-380V	cái	689.000	
	Cầu dao 2 cực 20A-250V	cái	15.500	
	Cầu dao 2 cực 30A-250V	cái	18.900	
	Cầu dao 2 cực 60A-250V	cái	25.000	
	Cầu dao 2 cực 100A-250V	cái	41.000	
	Cầu dao 3 cực 20A-250V	cái	26.000	
	Cầu dao 3 pha 30A-250V	cái	31.000	
	Cầu dao 3 pha 60A-250V	cái	44.000	
	Cầu dao 3 pha 100A-250V	cái	68.000	
23	**Cầu chì tự rơi**			
	Cầu chì tự rơi 35kV Việt Nam	bộ	1.850.000	
	Cầu chì tự rơi 24kV Việt Nam	bộ	1.600.000	
	Cầu chì tự rơi 10kV Việt Nam	bộ	850.000	
	Cầu chì PK35 Việt Nam	bộ	1.350.000	
24	**Chống sét van**			
	Chống sét van - 192kV	1fa		5.248
	Chống sét van - 123kV	1fa		2.750
	Chống sét van - 96kV	1fa		2.905
	Chống sét van - 72kV	1fa		1.680
	Chống sét van - 38kV	1fa		1.781
	Chống sét ống - 35kV	1fa		650
	Chống sét van - 24kV	1fa		557
	Chống sét van - 7.2kV - 10kA	1fa		479
	Chống sét van - 6kV - 10kA	1fa		458
	Chống sét van - 10kV Việt Nam	bộ	600.000	
	Chống sét ống - 10kV Việt Nam	bộ	300.000	
	Tụ điện liên lạc :			
	CVT4400pF - 220kV	bộ		5.886
	CVT6000-8000pF - 110kV	bộ		4.680
25	**Cuộn cản cao tần**			
	220kV - 1250A - 145 - 1000 kHz - 0,5mH	bộ		4.269
	110kV - 630A - 145 - 1000 kHz - 0,5mH	bộ		2.867
26	**Ắc quy**			
	12V - 100Ah (cả dung dịch)	bình	550.000	
	12V - 120Ah (cả dung dịch)	bình	970.000	
	12V - 200Ah (cả dung dịch)	bình	990.000	
27	**Bộ nạp acquy**			
	220V-DC12V - 100A $U_{vào}$ 175-245V U_{ra} 10-18V	bộ	14.000.000	
	220 V-DC12V - 50A $U_{vào}$ 175-245V ; U_{ra} 10-18V	bộ	12.000.000	

PL7.1

1	2	3	4	5
	220V - DC12V - 30A $U_{vào}$ 175-245V; U_{ra} 10-18V	bộ	5.000.000	
	220V - DC48V - 50A $U_{vào}$ 175-245V ; U_{ra} 42-60V	bộ	15.000.000	
	220V - DC48V - 30A $U_{vào}$ 175-245V; U_{ra} 42-60V	bộ	15.000.000	
	220V - DC48V - 20A $U_{vào}$ 175-245V ; U_{ra} 42-60V	bộ	12.000.000	
	220V - DC24V - 50A $U_{vào}$ 175-245V ; U_{ra} 20-30V	bộ	12.000.000	
	220V - DC24V - 20A $U_{vào}$ 175-245V ; U_{ra} 20-30V	bộ	10.000.000	
28	**Điều hòa nhiệt độ 1 chiều - 2 cục**			
	SamSung - 9000 BTU	bộ	11.259.000	810
	SamSung - 12000 BTU	bộ	11.676.000	840
	SamSung - 18000 BTU	bộ	17.236.000	1.240
	SamSung - 24000 BTU	bộ	20.433.000	1.470
	SamSung - 28000 BTU	bộ	22.379.000	1.610
29	**Quạt thông gió**			
	loại treo 303 (OG) - 750	cái	1.754.000	
	loại treo 303 (OG) - 500	cái	1.512.500	
30	**Máy phát điện**			
	HONDA - EXT25DH - 21 kVA	máy	220.884.000	15.800
	HONDA - EP 5D - 4,1 kVA	máy	38.850.000	
	HONDA - SH11000 - 9,5 kVA	máy	54.600.000	
	HONDA - pH 6500 - 5,5 kVA	máy	18.270.000	
31	**APTOMAT**			
31a	**Loại 1 cực - G4 CB1**			
	- Dòng 6A (10 kA)	cái	59.800	
	- Dòng 10 (10 kA)	cái	59.800	
	- Dòng 16A (10 kA)	cái	59.800	
	- Dòng 20A (10 kA)	cái	59.800	
	- Dòng 25A (10 kA)	cái	59.800	
	- Dòng 32A (10 kA)	cái	59.800	
	- Dòng 40 (10 kA)	cái	59.600	
	- Dòng 50A (10 kA)	cái	164.500	
	- Dòng 63A (10 kA)	cái	164.500	
31b	**Loại 2 cực - G4 CB2**			
	- Dòng 10 (10kA)	cái	198.000	
	- Dòng 16A (10 kA)	cái	198.000	
	- Dòng 20A (10 kA)	cái	198.000	
	- Dòng 25A (10 kA)	cái	198.000	

1	2	3	4	5
	- Dòng 32A (10 kA)	cái	198.000	
	- Dòng 40 (10 kA)	cái	225.200	
	- Dòng 50A (10 kA)	cái	429.000	
	- Dòng 63A (10 kA)	cái	454.800	
	- Dòng 100A (10 kA)	cái	757.900	
31c	**Loại 3 cực - G4 CB3**			
	- Dòng 10 (10 kA)	cái	304.700	
	- Dòng 16A (10 kA)	cái	304.700	
	- Dòng 20A (10 kA)	cái	304.700	
	- Dòng 25A (10 kA)	cái	304.700	
	- Dòng 32A (10 kA)	cái	357.500	
	- Dòng 40 (10 kA)	cái	357.500	
	- Dòng 50A (10 kA)	cái	700.700	
	- Dòng 63A (10 kA)	cái	700.700	
	- Dòng 100A (10 kA)	cái	1.125.500	
32	**Tụ bù 3 pha các loại**			
	30 kVAr - 400 V	bộ	7.560.000	
	40 kVAr - 400 V	bộ	8.400.000	
	50 kVAr - 400 V	bộ	8.663.000	
	60 kVAr - 400 V	bộ	9.450.000	
	70 kVAr - 400 V	bộ	10.858.000	
	80 kVAr - 400 V	bộ	11.760.000	
	100 kVAr - 400 V	bộ	13.125.000	
	120 kVAr - 400 V	bộ	14.490.000	
	150 kVAr - 400 V	bộ	17.325.000	
	160 kVAr - 400 V	bộ	18.480.000	
	180 kVAr - 400 V	bộ	20.790.000	
	200 kVAr - 200 V	bộ	25.200.000	
	200 kVAr - 400 V	bộ	22.050.000	
	240 kVAr - 400 V	bộ	26.460.000	
	240 kVAr - 400 V	bộ	28.665.000	
	260 kVAr - 400 V	bộ	33.075.000	
	300 kVAr - 400 V	bộ	42.000.000	
	400 kVAr - 400 V	bộ		
33	**Giá lắp tụ bù**			
	Dùng cho loại 10 kVA - 25 kVA	bộ	350.000	
	Dùng cho loại 3705 kVA - 50 kVA		360.000	
	Dùng cho loại 75 kVA - 100 kVA		780.000	
34	**Thiết bị trọn bộ 24kV**			
	Tủ lộ tổng 24kV - 2500A - 25kA	tủ		42.020
	Tủ lộ tổng 24kV - 2000A - 25kA	tủ		38.687
	Tủ lộ tổng 24kV - 1250A - 25kA	tủ		28.830

PL 7.1
(6)

2	3	4	5
Tủ lộ đi 24kV - 630A - 25kA	tủ		31.700
Tủ biến áp tự dùng	tủ		18.797
Tủ biến điện áp đo lường 24kV	tủ		23.515
Tủ phân đoạn thanh cái - 2000A	tủ		38.152
Tủ phân đoạn thanh cái - 1250A	tủ		30.160
Tủ cầu chì	tủ		6.893
Thiết bị trọn bộ 10kV			
Tủ lộ tổng 10kV - 2000A - 25kA	tủ		25.281
Tủ lộ đi - 630A - 25kA	tủ		20.767
Tủ cho MBA tự dùng, cầu dao tải, cầu chì	tủ		7.154
Tủ đo lường, biến điện áp, cầu dao, cầu chì	tủ		15.434
Thiết bị điều khiển bảo vệ			
Hệ thống điều khiển máy tính	bộ		311.308
Tủ hòa đồng bộ	tủ		26.509
Tủ điều khiển cho 4 máy cắt và 2 đường dây 220kV	tủ		21.000
Tủ điều khiển cho 2 máy cắt 220kV và MBA	tủ		23.570
Tủ điều khiển máy cắt phân đoạn, vòng và biến điện áp 220kV	tủ		21.000
Tủ điều khiển cho MBA 220/110/22kV	tủ		21.000
Tủ điều khiển cho MBA 110kV	tủ		10.404
Tủ điều khiển 110kV cho 9 lộ và 1 phân đoạn	tủ		20.718
Tủ điều khiển 110k V 4 lộ	tủ		10.148
Tủ điều khiển máy cắt phân đoạn, vòng và biến điện áp 110kV	tủ		21.000
Tủ điều khiển cho máy cắt vòng và biến điện áp 110kV	tủ		21.000
Tủ điều khiển MBA 110/35/22kV và biến điện áp 35kV, 22kV	tủ		21.429
Tủ điều khiển cho MBA 110kV và lộ tổng 35, 22kV	tủ		64.720
Tủ điều khiển cho MBA 110/35/22kV và đường dây 110kV	tủ		55.229
Tủ điều khiển 1 đường dây 110kV và MBA 110/35/10kV	tủ		31.392
Tủ điều khiển 1 đường dây 110kV và MBA 110/35/6kV	tủ		17.206
Tủ điều khiển thanh cái 110, 35, 22 và 10kV	tủ		18.384
Tủ điều khiển cho 1 đường dây 220kV	tủ		39.015
Tủ điều khiển cho 2 đường dây 220kV	tủ		21.000
Tủ điều khiển cho 2 đường dây 110kV	tủ		38.540
Tủ điều khiển cho phân đoạn thanh cái 110kV	tủ		22.857

1	2	3	4	5
	Tủ điều khiển 35kV cho 3 lộ và 1 thanh cái	tủ		22.900
	Tủ điều khiển 22kV cho 21 lộ	tủ		8.282
	Tủ đo đếm điện năng	tủ		24.551
	Tủ bảo vệ cho 1 đường dây 220kV	tủ		30.563
	Tủ bảo vệ phân đoạn thanh cái 220kV	tủ		43.929
	Tủ bảo vệ thanh cái đường vòng 220kV	tủ		21.771
	Tủ bảo vệ thanh cái phân đoạn và thanh cái vòng 220kV	tủ		58.870
	Tủ bảo vệ 2 thanh cái 220kV	tủ		49.026
	Tủ bảo vệ MBA 125MVA - 230/115/24kV	tủ		55.333
	Tủ bảo vệ MBA 250MVA - 220/110/22kV	tủ		23.620
	Tủ bảo vệ MBA 125MVA - 220/110/10kV	tủ		23.812
	Tủ bảo vệ phía 110kV MBA	tủ		40.497
	Tủ bảo vệ MBA 25MVA-110/35/6kV	tủ		21.595
	Tủ bảo vệ MBA 25MVA-110/35/22kv	tủ		21.225
	Tủ bảo vệ 1 đường dây 110kV và MBA 40MVA 110/35/22kV	tủ		70.959
	Tủ bảo vệ MBA 10kV	tủ		23.650
	Tủ bảo vệ lộ tổng 110kV và cuộn 22 kV cho MBA	tủ		30.950
	Tủ bảo vệ 2 lộ tổng 110kV MBA	tủ		42.901
	Tủ bảo vệ 2 lộ 110kV và 1 thanh cái	tủ		99.000
	Tủ bảo vệ 9 lộ 110kV	tủ		30.433
	Tủ bảo vệ 3 lộ 110kV	tủ		29.325
	Tủ bảo vệ 2 đường dây 110kV	tủ		43.910
	Tủ bảo vệ 2 đường dây 110kV và máy cắt cầu 110kV	tủ		59.518
	Tủ bảo vệ MBA và phân đoạn thanh cái 110kV	tủ		76.590
	Tủ bảo vệ phân đoạn thanh cái và máy cắt vòng 110kV	tủ		38.881
	Tủ bảo vệ phân đoạn thanh cái, mc vòng và 1 đường dây 110kV	tủ		94.245
	Tủ bảo vệ phân đoạn thanh cái 110kV	tủ		31.498
	Tủ bảo vệ ngăn đường vòng 110kV	tủ		21.711
	Tủ bảo vệ thanh cái 220kV	tủ		49.026
	Tủ bảo vệ thanh cái 110kV	tủ		43.717
	Tủ bảo vệ cho 2 tủ lộ tổng 35 và 6kV	tủ		20.851
	Tủ bảo vệ cho lộ tổng 35 MBA 250MVA	tủ		19.898
	Tủ bảo vệ cho 2 lộ 35kV	tủ		29.852
	Tủ bảo vệ phân đoạn 35kV	tủ		21.700
	Tủ bảo vệ 35kV cho 1 lộ và 1 thanh cái	tủ		37.996

2	3	4	5
Thiết bị phân phối			
Tủ phân phối 220/380 VAC	tủ		72.539
Tủ phân phối 220 VDC	tủ		46.425
Tủ phân phối hạ thế			
Loại 3 lộ ra 250A trong nhà lắp cầu dao	cái	3.300.000	
Loại 3 lộ ra 300A trong nhà lắp cầu dao	cái	3.600.000	
Loại 3 lộ ra 400A trong nhà lắp cầu dao	cái	4.000.000	
Loại 3 lộ ra 500A trong nhà lắp cầu dao	cái	4.200.000	
Loại 3 lộ ra 600A trong nhà lắp cầu dao	cái	4.300.000	
Loại 3 lộ ra 250A trong nhà lắp áptomat	cái	3.500.000	
Loại 3 lộ ra 300A trong nhà lắp áptomat	cái	3.700.000	
Loại 3 lộ ra 40CA trong nhà lắp áptomat	cái	4.200.000	
Loại 3 lộ ra 500A trong nhà lắp áptomat	cái	4.400.000	
Loại 3 lộ ra 600A trong nhà lắp áptomat	cái	4.700.000	
Loại 3 lộ ra 250A ngoài trời lắp cầu dao	cái	3.500.000	
Loại 3 lộ ra 300A ngoài trời lắp cầu dao	cái	3.700.000	
Loại 3 lộ ra 400A ngoài trời lắp cầu dao	cái	4.100.000	
Loại 3 lộ ra 500A ngoài trời lắp cầu dao	cái	4.300.000	
Loại 3 lộ ra 600A ngoài trời lắp cầu dao	cái	4.600.000	
Loại 3 lộ ra 250A ngoài trời lắp áptomat	cái	3.600.000	
Loại 3 lộ ra 300A ngoài trời lắp áptomat	cái	3.800.000	
Loại 3 lộ ra 400A ngoài trời lắp áptomat	cái	4.300.000	
Loại 3 lộ ra 500A ngoài trời lắp áptomat	cái	4.500.000	
Loại 3 lộ ra 600A ngoài trời lắp áptomat	cái	4.800.000	
Thiết bị an toàn, kiểm tra và phòng cháy chữa cháy			
Bình bọt loại 4kg có đồng hồ báo	bình	225.000	
Bình bọt loại 8kg có đồng hồ báo	bình	275.000	
Bình CO_2 loại 4kg	bình	750.000	
Bút thử điện cao thế đèn còi 240V 230K	cái	5.800.000	
Sào cách điện dài 3,8m (2 đoạn) loại 100kV	cái	1.480.000	
Sào thao tác cách điện loại rút từ 1,8m kéo dài 3,6m 220KV	cái	2.400.000	
Sào cách điện đo chiều cao Đ/Z	cái	5.100.000	
Dây tiếp địa di động dây dài 9-12m (Đài Loan)	bộ	5.200.000	
TIFO	bộ	5.100.000	
Megomi 500V	cái	1.400.000	
Megomi 2500V	cái	4.800.000	
Vạn năng kế chỉ thị số	cái	1.400.000	
Máy hút bụi	cái	2.500.000	
Thước cặp panme 150-175 (103-143)	cái	968.000	

BẢNG TRA TIẾT DIỆN - TRỌNG LƯỢNG CÁP ĐIỆN

I - Cáp không có lớp bảo vệ

Tr.lượng lượng kg/m	Tiết diện cáp 1kV (mm^2)							
	1 lõi		2 lõi		3 lõi		4 lõi	
	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm
≤ 1	6-70	6-240	6-35	6-70	6-25	6-50	6-16	6-35
≤ 2	95-185	300-500	50-70	95-150	35-50	70-120	25-35	50-95
≤ 3	240-300	630	95-120	185-240	70	150-185	35-50	120-150
≤ 4,5	400	800	150-185	300-400	95-120	240-300	70-95	185-240
≤ 6	500		240	500	150	400	120	300
≤ 7,5	630		300		185	500	150	400
≤ 9	800		400		240-300		185	500
≤ 10,5	1000							
≤ 12			500		400		240	
≤ 15					500		300	
≤ 18							400	
≤ 21								
≤ 24							500	
≤ 28								
≤ 32								

Tr.lượng lượng kg/m	Tiết diện cáp 3kV (mm^2)				Tiết diện cáp 6kV (mm^2)			
	1 lõi		3 lõi		1 lõi		3 lõi	
	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm
≤ 1	10-70	10-185	10-16	10-35	10-70	10-150	10-35	10-16
≤ 2	95-185	240-500	25-50	50-95	95-150	185-400		25-70
≤ 3	240	630	70	120-185	185-240	500-630	50	95-120
≤ 4,5	300-400	800-1000	95-120	240-300	300-400	800-1000	70-95	150-185
≤ 6	500		150	400	500		120-150	240-300
≤ 7,5	630		185	500	630		185	400
≤ 9	800		240		800		240	500
≤ 10,5	1000		300					
≤ 12					1000		300	
≤ 15			400				400	
≤ 18			500				500	
≤ 21								
≤ 24								
≤ 28								
≤ 32								

PL.8 **Bảng 8.1** Giá cáp hạ áp (10^6 đồng/km)

F (mm^2)	Mắc hở							
	Ruột nhôm bốn lõi				Ruột đồng bốn lõi			
	CVV	PVC	ABBG	ABPG	ACB	CB	XLPE	BPB
2.5	16,89	22,18	21,33	14,67	17,86	28,56	21,67	17,68
4	23,65	28,78	27,62	20,12	22,68	32,78	25,34	22,44
6	32,76	44,28	42,3	25,76	38,92	49,28	42,28	35
10	35,56	49,06	46,54	30,52	44,52	56	46,76	37,8
16	38,92	55,56	51,88	35,84	53,2	67,48	53,76	44,24
25	48,72	65,7	60,64	45,92	70,56	84,84	64,96	55,16
35	55,16	74,44	69,66	53,2	83,44	102,76	79,24	66,64
50	60,76	84,04	80,94	64,4	103,04	127,4	98,28	82,6
70	69,72	95,88	93,06	73,92	126,56	156,24	124,88	109,48
95	84,28	121,26	109,98	92,96	161	196	153,72	137,2
120	92	138,18	133104	107,8		239,4	191,52	176,12
150	105,84	169,2	166,94	127,96		296,8	236,32	221,2
185	117,6	185,56	189,78	177,52		309,96	294,56	275,52

F (mm^2)	Mắc trong hào cáp							
	Ruột nhôm bốn lõi				Ruột đồng bốn lõi			
	CVV	PVC	ABBG	ABPG	ACB	CB	XLPE	BPB
2.5	18,83	17,88	19,34	20,45	20,04	32,87	30,88	26,57
4	22.5	21,70	23.02	25,67	24,14	47,58	45,72	33,67
6	37,44	35,52	39,28	40,46	40	64	61,12	51,2
10	41,6	37,12	51,87	53,54	43,2	72,64	69,76	62,08
16	47,36	40,32	57,88	62,34	49,6	86,72	83,52	76,8
25	55,68	46,72	66,24	70,24	60,48	103,04	99,2	99,2
35	60,48	51,52	75,52	81,34	76,48	124,16	124,8	121,6
50	67,2	59,84	86,08	89,6	91,2	156,8	153,6	150,4
70	78,08	71,68	89,24	93,16	113,28	195,2	188,8	185,6
95	93,12	85,76	108,74	112,64	141,44	233,6	227,2	236,8
120	104,96	97,6	127,6	131,76	177,92	286,08	278,4	281,6
150	124,8	112,32	145,6	152,8	215,36	349,44	345,6	339,2
185	145,92	134,4	166,7	175,84	230,72	368,96	374,4	409,6

PL.8 **Bảng 8.2** Giá cáp cao áp (10^6 đồng/km)

Cáp 10 kV

F (mm^2)	Mắc hở					Mắc trong hào cáp				
	Lõi nhôm			Lõi đồng		Lõi nhôm			Lõi đồng	
	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG
16			116,16		134,4	89,46		128,1		138,6
25			131,04		147,42	95,76		135,24		155,4
35			146,16		172,2	108,36		151,2		176,4
50	118,44	118,86	170,1	174,3	239,4	119,28	105	176,4	160,86	235,2
70	131,46	138,6	189,84	211,26	281,4	134,82	122,64	236,46	197,4	294
95	155,4	155,4	215,46	256,2	337,26	159,6	142,8	260,4	241,5	344,4
120	172,2	176,4	235,2	299,88	399	180,6	163,8	281,4	285,6	403,2
150	199,5	194,46	277,2	354,06	458,64	205,8	184,8	310,8	336	472,1
185	231,84	228,48	331,8	424,62	499,8	235,2	210	344,4	407,4	508,2
240	268,8	262,92	340,2	526,26	600,6	273	243,6	378	504	609

Cáp 22 kV

16			116,16		134,4	89,46		128,1		138,6
25			131,04		147,42	95,76		135,24		155,4
35			146,16		172,2	108,36		151,2		176,4
50	118,44	118,86	170,1	174,3	239,4	119,28	105	176,4	160,86	235,2
70	131,46	138,6	189,84	211,26	281,4	134,82	122,64	236,46	197,4	294
95	155,4	155,4	215,46	256,2	337,26	159,6	142,8	260,4	241,5	344,4

F (mm^2)	Mắc hở					Mắc trong hào cáp				
	Lõi nhôm			Lõi đồng		Lõi nhôm			Lõi đồng	
	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG
120	172,2	176,4	235,2	299,88	399	180,6	163,8	281,4	285,6	403,2
150	199,5	194,46	277,2	354,06	458,64	205,8	184,8	310,8	336	472,1
185	231,84	228,48	331,8	424,62	499,8	235,2	210	344,4	407,4	508,2
240	268,8	262,92	340,2	526,26	600,6	273	243,6	378	504	609

Cáp 35 kV

16	134,4			380,8		289,68		414,8		448.8
25	147,42			424,32		310,08		437,92		503.2
35	172,2			473,28		350,88		489,6		571,2
50	239,4	383,52	384,88	550,8	564,4	386,24	340	571,2	520,88	761,6
70	281,4	425,68	448,8	614,72	684,08	436,56	397,12	765,68	639,2	952
95	337,26	503,2	503,2	697,68	829,6	516,8	462,4	843,2	782	1115,2
120	399	557,6	571,2	761,6	971,04	584,8	530,4	911,2	924,8	1305,6
150	458,64	646	629,68	897,6	1146,5	666,4	598,4	1006,4	1088	1528,6
185	499,8	750,72	739,84	1074,4	1375	761,6	680	1115,2	1319,2	1645,6
240	600,6	870,4	851,36	1101,6	1704,1	884	788,8	1224	1704,1	1972

6.8.5 BẢNG GIÁ BÁN MÁY BIẾN THẾ

ÁP DỤNG THEO :

Quyết định số 1706/EVN/DL2-4 ngày 15/06/04 của Cty Điện lực 2
(Chưa bao gồm thuế VAT và chi phí thí nghiệm tại
Cơ sở trong trường hợp thí nghiệm tại)

ĐVT: 1000 Đồng

STT	LOẠI MÁY	CÔNG SUẤT	P0 (W)	Pk (W)	CẤP ĐIỆN ÁP		
					8600/220-440V	12700/220-440V	8600-12700/220-440V
1	MÁY BIẾN THẾ 1 PHA	15 KVA	50	190	10,752	10,861	11,197
2		25 KVA	60	305	13,773	13,912	14,342
3		37,5 KVA	85	380	17,177	17,350	17,887
4		50 KVA	105	520	20,271	20,476	21,109
5		75 KVA	120	890	26,772	27,042	27,878

STT	LOẠI MÁY	CÔNG SUẤT	P0 (W)	Pk (W)	CẤP ĐIỆN ÁP		
					15 / 0.4 Kv	22 / 0.4 Kv	15 - 22 /0.4Kv
1	MÁY BIẾN THẾ 3 PHA	100 KVA	180	1195	43,890	44,333	45,704
2		160 KVA	280	1945	50,464	50,974	52,550
3		250 KVA	340	2600	66,402	67,073	69,147
4		320 KVA	390	3330	87,521	88,405	91,139
5		400 KVA	415	3435	97,371	98,355	101,397
6		560 KVA	580	4810	102,879	103,918	107,132
7		630 KVA	770	5140	115,630	116,798	120,410
8		750 KVA	900	6840	123,101	124,344	128,190
9		800 KVA	900	6840	131,302	132,628	136,730
10		1000 KVA	980	8550	157,278	158,867	163,780
11		1250 KVA	1020	10690	163,184	164,832	169,930
12		1500 KVA	1305	13680	195,827	197,799	203,916
13		1600 KVA	1305	13680	208,875	210,935	217,510
14		2000 KVA	1500	17100	261,093	263,730	271,887

Bảng 2.4 Giá máy biến áp tiêu thụ (10^6 đồng)
Giá tính trung tính cả thuế VAT (khối phân)

TT	S_{BA}: kVA	10/0,4 kV	22/0.4	35/0.4
1	25	17,5	22.3	
2	30	19,8	27.6	
3	50	31,6	34,6	43,4
4	100	40,8	46.2	50,35
5	180	50,3	52,1	58,34
6	250	58,8	58.8	67,52
7	320	62,5	68,7	74,88
8	400	67,2	71,5	82,17

PL9
B.1 Bảng 9.1

Trị số trung bình k_{sd} và cosφ của các nhóm thiết bị điện

Nhóm thiết bị	K_{sd}	cosφ
Nhóm máy gia công kim loại (tiện, cưa, bào, mài, khoan v.v...)		
- Của các phân xưởng cơ khí	0,2 - 0,4	0,6 - 0,7
- Của phân xưởng sửa chữa cơ khí	0,14 - 0,2	0,5 - 0,6
- Của các phân xưởng làm việc theo dây truyền	0,5 - 0,6	0,7
Nhóm máy của phân xưởng rèn	0,25 - 0,35	0,6 - 0,7
Nhóm máy của phân xưởng đúc	0,3 - 0,35	0,6 - 0,7
Nhóm động cơ làm việc liên tục (quạt gió, máy bơm, máy nén khí...	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8
Nhóm động cơ làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại (cầu trục, cần cẩu, palăng)	0,05 - 0,1	0,4 - 0,5
Nhóm máy vận chuyển làm việc liên tục (băng tải, băng chuyền ...)	0,6 - 0,7	0,65 - 0,75
Nhóm lò điện (lò điện trở, lò sấy)		
- Lò điện trở làm việc liên tục	0,7 - 0,8	0,9 - 0,95
- Lò cảm ứng	0,75	0,3 - 0,4
- Lò cao tần	0,5 - 0,6	0,7
Nhóm máy hàn		
- Biến áp hàn hồ quang	0,3	0,35
- Thiết bị hàn hơi, hàn đường, nung tán đinh	0,35 - 0,4	0,5 - 0,6
Nhóm máy dệt	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8

PL9
B.2

Trị số trung bình k_{nc} và cosφ của các phân xưởng

Tên phân xưởng	k_{nc}	cosφ
Phân xưởng cơ khí lắp ráp	0,3 - 0,4	0,5 - 0,6
Phân xưởng nhiệt luyện	0,6 - 0,7	0,7 - 0,9
Phân xưởng rèn, dập	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7
Phân xưởng đúc	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8
Phân xưởng sửa chữa cơ khí	0,2 - 0,3	0,5 - 0,6
Phân xưởng nhuộm, tẩy, hấp	0,65 - 0,7	0,8 - 0,9
Phân xưởng nén khí	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8
Phân xưởng mộc	0,4 - 0,5	0,6 - 0,7
Phòng thí nghiệm, nghiên cứu khoa học	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8
Nhà hành chính, quản lý	0,7 - 0,8	0,8 - 0,9

PL9
B.3

Trị số trung bình T_{max} và cosφ của các xí nghiệp

Tên xí nghiệp	T_{max}	cosφ
Xí nghiệp cơ khí chế tạo máy	4500 - 5000	0,60 - 0,70
Xí nghiệp chế tạo vòng bi	5000 - 5500	0,70 - 0,75
Xí nghiệp chế tạo dụng cụ	3000 - 4000	0,62 - 0,70
Xí nghiệp gia công gỗ	3000 - 3500	0,65 - 0,70
Xí nghiệp hoá chất	5500 - 6000	0,8 - 0,84
Xí nghiệp đường	4800 - 5200	0,7 - 0,8
Xí nghiệp luyện kim	5000 - 5500	0,75 - 0,88
Xí nghiệp bánh kẹo	5000 - 5300	0,7 - 0,75
Xí nghiệp ôtô máy kéo	4000 - 4500	0,72 - 0,8
Xí nghiệp in	3000 - 3500	0,75 - 0,82
Xí nghiệp dệt	4800 - 5500	0,7 - 0,8

PL9
B.4

Bảng 9.4 Thông số kỹ thuật của sứ đỡ

Loại	Điện áp, kV		Lực phá F_c, kG
	U_n	$U_{th.nc}$	
OĐ-1-375	1	11	375
OĐ-1-750-OB	1	11	750
OĐ-1-1250-OB	1	11	1250
OĐ-1-2000-OB	1	11	2000
OĐ-1-3000-OB	1	11	3000
OĐ-6-375K_p	6	36	375
OĐ-6-750K_p	6	36	750
OĐ-10-750	10	47	750
OĐ-10-1250	10	47	1250
OĐ-35-750	35	110	750
OĐ-35-2000	35	110	2000

P2.9
B.25

Cáp hạ áp bốn lõi đồng cách điện PVC, loại nửa mềm đặt cố định, ký hiệu CVV (do CADIVI chế tạo)

Dây dẫn			Chiều dày cách điện	Chiều dày vỏ bọc PVC	Đường kính tổng thể	Phụ tải dòng điện	Điện trở dây dẫn ở 20°C (max)	Điện áp thử
Tiết diện định mức	Kết cấu	Đường kính dây dẫn						
mm^2	N°/mm	mm	mm	mm	mm	A	Ω/km	V
1,0	7/0,40	1,20	0,8	1,5	9,00	15	18,10	1500
1,5	7/0,50	1,50	0,8	1,5	9,60	21	12,10	1500
2,0	7/0,60	1,80	0,8	1,5	10,20	24	9,43	1500
2,5	7/0,67	2,01	0,8	1,5	10,62	27	7,41	1500
3,5	7/0,80	2,40	0,8	1,5	11,40	34	5,30	1500
4,0	7/0,85	2,55	0,9	1,5	12,10	37	4,61	1500
5,5	7/1,00	3,00	1,0	1,5	13,40	44	3,40	1500
6,0	7/1,04	3,12	1,1	1,5	14,4	48	3,08	1500
8,0	7/1,20	3,60	1,2	1,5	15,50	55	2,31	1500
10,0	7/1,35	4,05	1,3	1,5	16,80	65	1,83	1500
11,0	7/1,40	4,20	1,3	1,5	17,10	67	1,71	2000
14,0	7/1,60	4,80	1,4	1,5	18,90	77	1,33	2000
16,0	7/1,70	5,10	1,5	1,5	19,40	83	1,15	2000
22,0	7/2,00	6,00	1,6	1,6	21,80	102	0,84	2000
25,0	7/2,14	6,42	1,6	1,6	22,64	111	0,727	2000
30,0	7/2,30	6,96	1,6	1,7	23,60	121	0,635	2000
35,0	7/2,52	7,56	1,7	1,7	25,52	132	0,524	2500
38,0	7/2,60	7,80	1,8	1,8	26,40	141	0,497	2500
50,0	19/1,80	9,00	1,8	1,9	29,00	164	0,387	2500
60,0	19/2,00	10,00	1,8	1,9	31,20	187	0,309	2500
70,0	19/2,14	10,70	1,9	1,9	33,00	201	0,268	2500
80,0	19/2,30	11,50	2,0	2,0	35,20	222	0,234	2500
95,0	19/2,52	12,00	2,0	2,1	37,60	242	0,193	2500
100,0	19/2,60	13,00	2,0	2,1	38,40	255	0,184	2500
120,0	19/2,80	14,00	2,1	2,2	41,00	284	0,153	2500
125,0	19/2,90	14,50	2,2	2,2	42,40	292	0,147	3000
150,0	37/2,30	16,10	2,2	2,3	46,00	334	0,124	3000
185,0	37/2,52	17,64	2,3	2,5	49,88	367	0,0991	3000
200,0	37/2,60	18,20	2,4	2,5	51,40	392	0,0940	3000
240,0	61/2,25	20,25	2,4	2,7	55,90	426	0,0540	3000
250,0	61/2,30	20,70	2,4	2,8	68,36	360	0,0736	3000
300,0	61/2,52	22,68	2,5	3,0	74,03	400	0,0601	3000
325,0	61/2,60	23,40	2,6	3,1	76,25	414	0,0576	3500
400,0	61/2,90	26,10	2,6	3,3	83,36	-	0,0470	3500
500,0	61/3,20	28,80	2,8	3,5	91,25	-	0,0366	3500

P2.9
B.26

Cáp hạ áp hai lõi đồng cách điện PVC, loại nửa mềm đặt cố định, ký hiệu CVV (do CADIVI chế tạo)

Dây dẫn			Chiều dày cách điện	Chiều dày vỏ bọc PVC	Đường kính tổng thể	Phụ tải dòng điện	Điện trở dây dẫn ở 20°C (max)	Điện áp thử
Tiết diện định mức	Kết cấu	Đường kính dây dẫn						
mm^2	N°/mm	mm	mm	mm	mm	A	Ω/km	V
1,0	7/0,40	1,20	0,8	1,5	9,00	15	18,10	1500
1,5	7/0,50	1,50	0,8	1,5	9,60	21	12,10	1500
2,0	7/0,60	1,80	0,8	1,5	10,20	24	9,43	1500
2,5	7/0,67	2,01	0,8	1,5	10,62	27	7,41	1500
3,5	7/0,80	2,40	0,8	1,5	11,40	34	5,30	1500
4,0	7/0,85	2,55	0,9	1,5	12,10	37	4,61	1500
5,5	7/1,00	3,00	1,0	1,5	13,40	44	3,40	1500
6,0	7/1,04	3,12	1,1	1,5	14,4	48	3,08	1500
8,0	7/1,20	3,60	1,2	1,5	15,50	55	2,31	1500
10,0	7/1,35	4,05	1,3	1,5	16,80	65	1,83	1500
11,0	7/1,40	4,20	1,3	1,5	17,10	67	1,71	2000
14,0	7/1,60	4,80	1,4	1,5	18,90	77	1,33	2000
16,0	7/1,70	5,10	1,5	1,5	19,40	83	1,15	2000
22,0	7/2,00	6,00	1,6	1,6	21,80	102	0,84	2000
25,0	7/2,14	6,42	1,6	1,6	22,64	111	0,727	2000
30,0	7/2,30	6,96	1,6	1,7	23,60	121	0,635	2000
35,0	7/2,52	7,56	1,7	1,7	25,52	132	0,624	2500
38,0	7/2,60	7,80	1,8	1,8	26,40	141	0,497	2500
50,0	19/1,80	9,00	1,8	1,9	29,00	164	0,387	2500
60,0	19/2,00	10,00	1,8	1,9	31,20	187	0,309	2500
70,0	19/2,14	10,70	1,9	1,9	33,00	201	0,288	2500
80,0	19/2,30	11,50	2,0	2,0	35,20	222	0,234	2500
95,0	19/2,52	12,00	2,0	2,1	37,60	242	0,193	2500
100,0	19/2,60	13,00	2,0	2,1	38,40	255	0,184	2500
120,0	19/2,80	14,00	2,1	2,2	41,00	284	0,153	2500
125,0	19/2,90	14,50	2,2	2,2	42,40	292	0,147	3000
150,0	37/2,30	16,10	2,2	2,3	46,00	334	0,124	3000
185,0	37/2,52	17,64	2,3	2,5	49,88	367	0,0991	3000
200,0	37/2,60	18,20	2,4	2,5	51,40	392	0,0940	3000
240,0	61/2,25	20,25	2,4	2,7	55,90	426	0,0540	3000

PL9 B.97 . **Dây điện hạ áp lõi đồng mềm nhiều sợi (do CADIVI chế tạo)**

Loại dây	Ruột dẫn điện		Chiều dày cách điện PVC	Chiều dày vỏ ngoài PVC	Điện trở dây dẫn ở 20°C	Đường kính tổng thể	Dòng điện phụ tải
	mm^2	N°/mm	mm	mm	Ω/km	mm	A
Dây đơn mềm VCm	0,50	16/0,20	0,8		37,10	2,6	5
	0,75	24/0,20	0,8		24,74	2,8	7
	1,00	32/0,20	0,8		48,56	3,0	10
	1,25	40/0,20	0,8		14,90	3,1	12
	1,50	30/0,25	0,8		12,68	3,2	25
	2,50	50/0,25	0,8		7,60	3,7	
Dây đôi mềm xoắn VCm							
	2 × 0,5	2 × 16/0,20	0,8		39,34	5,2	5
	2 × 0,75	2 × 24/0,20	0,8		26,22	5,6	7
	2 × 1,00	2 × 32/0,20	0,8		19,67	6,0	10
	2 × 1,25	2 × 40/0,20	0,8		15,62	6,2	12
	2 × 1,50	2 × 30/0,25	0,8		13,44	6,4	16
	2 × 2,50	2 × 50/0,25	0,8		8,06	7,4	25
Dây đôi mềm dẹt VCm							
	2 × 0,50	2 × 16/0,20	0,8		37,10	2,6× 5,2	5
	2 × 0,75	2 × 24/0,20	0,8		24,74	2,8× 0,75	7
	2 × 1,00	2 × 32/0,20	0,8		18,56	3,0× 6,0	10
	2 × 1,25	2 × 40/0,20	0,8		14,90	3,1× 6,2	12
	2 × 1,50	2 × 30/0,25	0,8		12,68	3,2× 6,4	16
	2 × 2,50	2 × 50/0,25	0,8		7,80	3,7× 7,4	25
Dây đôi mềm tròn VCm							
	2 × 0,50	2 × 16/0,20	0,8	1	39,34	7,2	5
	2 × 0,75	2 × 24/0,20	0,8	1	26,22	7,6	7
	2 × 1,00	2 × 32/0,20	0,8	1	19,67	8,0	10
	2 × 1,25	2 × 40/0,20	0,8	1	15,62	8,2	12
	2 × 1,50	2 × 30/0,25	0,8	1	13,44	8,4	16
	2 × 2,50	2 × 50/0,25	0,8	1	8,06	9,4	25

PL9 B.98 **Áptômát không khí 4 cực, 415 V, loại S (do Clipsal chế tạo)**

Loại cố định			Loại kéo ra được		
I_N (kA)	I_{max} (A)	Mã số	I_N (kA)	I_{max} (A)	Mã số
55	800	S800/F3	55	800	S800/D3
55	1000	S1000/F3	55	1000	S1000/D3
55	1250	S1250/F3	55	1250	S1250/D3
55	1600	S1600/F3	55	1600	S1600/D3
65	2000	S2000/F3	65	2000	S2000/D3
70	2500	S2500/F3	70	2500	S2500/D3
85	3200	S3200/F3	65	3200	S3200/D3
90	4000	S4000/F3	90	4000	S4000/D3

PL9 B.98 **Điện trở và điện kháng của cuộn dây bảo vệ quá dòng điện của áptômát, mΩ**

Dòng điện định mức của cuộn dây, A	50	70	100	140	200	400	600
x, mΩ	2,7	1,3	0,66	0,55	0,28	0,1	0,094
r, mΩ ở nhiệt độ 65°C	5,5	2,35	1,30	0,74	0,36	0,15	0,12

PL9 B.98 . **Điện trở tiếp xúc của cầu dao và áptômát, mΩ**

Dòng điện định mức, A	50	70	100	140	200	400	600	1000
Áptômát	1,3	1,0	0,75	0,65	0,6	0,4	0,25	
Cầu dao	-	-	0,5	-	0,4	0,2	0,15	0,08

PL.9
B9.11 **Bảng 9.11** a.Thông số kỹ thuật của một số loại chống sét van do Nga sản xuất

Loại	$U_{đ}$: kV	Đ.áp cho phép: kV	Đ.áp phóng ở f=50Hz: kV	Đ.áp phóng xung: kV
PBO-10Y1	10	12,7	26÷30,5	48
PBC-22T1	22	25	49÷60,5	80
PBC-35T1	35	40,5	78÷98	125
PBC-110MT1	110	116	200÷250	285
PBMA-220T1	220	200	340÷390	515
PBMA-500T1	500	420	660÷760	1070

PL.9
B9.12 **Bảng 9.12.** Tham số kỹ thuật của chống sét ống

Loại	$U_{đ}$: kV	Dòng cắt: kA	Khoảng phóng điện: mm		d: mm
			Trong	Ngoài	
PTB $\frac{10}{0,5-2,5}$	10	0,5÷2,5	60	15	6
PTB $\frac{20}{2-10}$	20	2÷10	100	40	10
PTB $\frac{35}{2-10}$	35	2÷10	140	100	10

PL.9
B9.13 **Bảng 9.13** Thông số kỹ thuật của một số loại chống sét van do Pháp sản xuất

RA10	10		20	36÷42
C10,5	10,5		21	37÷42,5
C24	24		48	80÷92
C36	36		40	119÷137
E10,5	10,5		21	37÷42
E23	23		46	80÷92
E36	36		72	125÷144
N36	36		72	130÷150
N4G117	117		234	390÷450

PL.9
B9.14 **Các loại chống sét 3 đến 30 kV (do hãng Cooper (Mỹ) chế tạo)**

$U_{đm}$ (kV)	Giá đỡ ngang	Giá đỡ khung	Giá đỡ MBA và đường dây	Giá đỡ côngxôn kiểu dàn khung	Giá đỡ hình khối
3	AZLP501B3	AZLP519B3	AZLP531A3	AZLP531B3	AZLP519C3
6	AZLP501B6	AZLP519B6	AZLP531A6	AZLP531B6	AZLP519C6
9	AZLP501B9	AZLP519B9	AZLP531A9	AZLP531B9	AZLP519C9
10	AZLP501B10	AZLP519B10	AZLP531A10	AZLP531B10	AZLP519C10
12	AZLP501B12	AZLP519B12	AZLP531A12	AZLP531B12	AZLP519C12
15	AZLP501B15	AZLP519B15	AZLP531A15	AZLP531B15	AZLP519C15
18	AZLP501B18	AZLP519B18	AZLP531A18	AZLP531B18	AZLP519C18
21	AZLP501B21	AZLP519B21	AZLP531A21	AZLP531B21	AZLP519C21
24	AZLP501B24	AZLP519B24	AZLP531A24	AZLP531B24	AZLP519C24
27	AZLP501B27	AZLP519B27	AZLP531A27	AZLP531B27	AZLP519C27
30	AZLP501B30	AZLP519B30	AZLP531A30	AZLP531B30	AZLP519C30

PL.9
B9.15 **Chống sét van hạ áp (do Siemens chế tạo)**

Loại	$U_{đm}$ (V)	Số cực	Dòng tháo sét (kA)	Khối lượng (kg)
5SD7 050	255	1	75	0,365
5SD7 052	275	1	15	0,125
5SD7 003	280	4	100	0,825
5SD7 002	280	1	5	0,265
5SD7 030	275	1	15	0,125

PL9
B.9.16 **Bảng 9.16.** Tham số kỹ thuật của cáp vặn xoắn lõi đồng cách điện XLPE, đai tép, vỏ PVC do hãng FURUKAWA (Nhật Bản) chế tạo. điện áp 0,5÷3kV

F, mm²	Suất điện trở; Ω /km		Dòng điện cho phép; A		I_c; kA ở 1s
	r_o ở 20°C	x_o	Ngoài trời	Dưới đất	
10	1.83	0.109	73	82	1.43
16	1.15	0,101	95	105	2,28
25	0,73	0,095	125	135	3,57
35	0,52	0,09	150	160	5,0
50	0,39	0,087	228	190	7,15
70	0,27	0,083	235	235	10
95	0,19	0,080	280	280	13,5
120	0,15	0,078	325	320	17,1
150	0,12	0,077	365	360	21,4
185	0,1	0,075	420	405	26,4
240	0,08	0,073	490	465	34,3
300	0,07	0,072	560	520	42,9
400	0,05	0,070	640	580	57,2
500	0,04	0,053	725	640	71,3

PL9
B.9.17 **Bảng 9.17.** Tham số kỹ thuật của cáp vặn xoắn lõi đồng cách điện XLPE, đai tép, vỏ PVC do hãng FURUKAWA (Nhật Bản) chế tạo điện áp 6÷10kV

F, mm²	Suất điện trở; Ω /km		Dòng điện cho phép; A		I_c; kA ở 1s
	r_o ở 20°C	x_o	Ngoài trời	Dưới đất	
(1)	92)	(3)	(4)	(5)	(6)
16	1,15	0,17	105	105	2,28
25	0,73	0,19	140	140	3,57
35	0,52	0,22	170	170	5
50	0,39	0,24	200	200	7,15
70	0,27	0,27	250	245	10

B.9.18 **Tụ điện bù cosφ điện áp 220 V (do DAE YEONG chế tạo).**

$U_{đm}$ (V)	Q_b (kVAr)	C (μF)	Mã hiệu		Tần số (Hz)	$I_{đm}$(A)		Kích thước	
			1 pha	3 pha		1 pha	3 pha	cao thùng	cao toàn bộ
220	10	657,7	DLE-2B10K5S	DLE-2B10K5T	50	45,2	26,2	265	325
		548,1	DLE-2B10K6S	DLE-2B10K6T	60			220	280
	15	986,5	DLE-2B15K5S	DLE-2B15K5T	50	68,2	39,4	250	315
		822,1	DLE-2B15K6S	DLE-2B15K6T	60			225	290
	20	1315,3	DLE-2B20K5S	DLE-2B20K5T	50	90,9	52,5	300	365
		1096,1	DLE-2B20K6S	DLE-2B20K6T	60				
	25	1644,1	DLE-2B25K5S	DLE-2B25K5T	50	113,6	65,6	250	315
		1370,1	DLE-2B25K6S	DLE-2B25K6T	60			300	365
	30	1973,0	DLE-2B30K5S	DLE-2B30K5T	50	136,4	78,7	260	325
		1644,2	DLE-2B30K6S	DLE-2B30K6T	60			250	315
	35	2301,8	DLE-2B35K5S	DLE-2B35K5T	50	159,1	91,9	310	375
		1918,2	DLE-2B35K6S	DLE-2B35K6T	60			290	355
	40	2630,7	DLE-2B40K5S	DLE-2B40K5T	50	181,8	105,0	350	415
		2192,2	DLE-2B40K6S	DLE-2B40K6T	60			300	365
	45	2959,5	DLE-2B45K5S	DLE-2B45K5T	50	204,5	118,1	390	455
		1466,2	DLE-2B45K6S	DLE-2B45K6T	60			340	405
	50	3288,3	DLE-2B50K5S	DLE-2B50K5T	50	227,3	131,2	400	465
		2740,3	DLE-2B50K6S	DLE-2B50K6T	60			350	415

PL.9
B.9.19 **Tụ điện bù cosφ điện áp 380 đến 480 V (do DAE YEONG chế tạo)**

$U_{đm}$ (V)	Q_b (kVAr)	C (μF)	Mã hiệu		$I_{đm}$(A)		Kích thước (mm)	
			1 pha	3 pha	1 pha	3 pha	cao thùng	cao toàn bộ
380	10	183,7	DLE-3H10K6S	DLE-3H10K6T	26,3	15,2	175	235
	15	267,8	DLE-3H15K6S	DLE-3H15K6T	39,5	22,8	220	280
	20	367,4	DLE-3H20K6S	DLE-3H20K6T	52,5	30,4	245	305
	25	459,5	DLE-3H25K6S	DLE-3H25K6T	65,8	38,0	225	290
	30	551,1	DLE-3H30K6S	DLE-3H30K6T	78,9	45,6	200	265
	35	642,9	DLE-3H35K6S	DLE-3H35K6T	92,1	53,2	230	295
	40	734,8	DLE-3H40K6S	DLE-3H40K6T	105,3	60,8	230	295
	45	826,6	DLE-3H45K6S	DLE-3H45K6T	118,4	68,4	260	325
	50	918,5	DLE-3H50K6S	DLE-3H50K6T	131,6	76,0	260	325
	75	1377,7	DLE-3H75K6S	DLE-3H75K6T	197,4	114,0	350	415
440	10	137,0	DLE-4D10K6S	DLE-4D10K6T	22,7	13,1	175	235
	15	205,5	DLE-4D15K6S	DLE-4D15K6T	34,1	19,7	220	280
	20	274,0	DLE-4D20K6S	DLE-4D20K6T	45,5	26,2	245	305
	25	342,6	DLE-4D25K6S	DLE-4D25K6T	56,8	32,8	225	290
	30	411,0	DLE-4D30K6S	DLE-4D30K6T	68,2	39,3	200	265
	35	479,5	DLE-4D35K6S	DLE-4D35K6T	79,5	45,9	230	295
	40	548,1	DLE-4D40K6S	DLE-4D40K6T	90,9	52,5	230	295

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN XUÂN PHÚ - TÔ ĐẰNG

Khí cụ điện - Kết cấu sử dụng và sửa chữa
Nhà xuất bản Khoa học 1996

2. NGUYỄN XUÂN PHÚ

Bảo vệ rơ le dùng bán dẫn - vi mạch
Trung tâm thông tin Khoa học kỹ thuật - Sở hữu Công nghiệp
Nhà xuất bản Sáng tạo - 1989

3. NGUYỄN CÔNG HIỀN

Cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp
Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật 1974

4. NGUYỄN XUÂN PHÚ

Bài giảng về : Dùng ma trận để tính toán lưới điện và tính toán ngắn mạch
Đại học sư phạm kỹ thuật - 1989

5. YOUNG, J. F

Electronic relays for power system protection
Elect Rev, Londra 179 - 10-1976

6. R. MERLET

Technologie d'électricité - Generale et professionnelle
Tome 1, 2, 3 - Dunod - Paris 1977

7. M. PETARD

Electricité de France
Généralités sur la protection des réseaux d'énergie electrique.Relais de protection - Paris 1971

8. S.A. ULIANOV

Regimuri tranzitorii ale sistemelor electrice
Editure Technica - Bucureşti - 1967

9. SIEMENS

Formel - und Tabellenbuch für starkstrom ingenieure
Berlin München 1971

10. EUROPA - LEHRMITTEL - Prof. Dr. GUNTER SPRINGER

Fachkunde Electrotechnik - Dusselberger St. 1993

11. L.J. RIND - RW. LONG

New short circuit program provides many automatic features
Proceedings of PICA 4-1973

12. NGUYỄN XUÂN PHÚ - HỒ XUÂN THANH

Vật liệu kỹ thuật điện
NXB Khoa học kỹ thuật 1996

13. NGUYỄN XUÂN PHÚ - TRẦN THÀNH TÂM

Kỹ thuật an toàn trong cung cấp và sử dụng điện
NXB. Khoa học và kỹ thuật 4-1997

14. TABELLENBUCH - ELEKTROTECHNIK

Europa Lehrmittel - 1994

15. PATRICK VANDEPLANQUE

L'éclairage notions de base-projets d'installations - 1992

16. Prof V.A VENIKOV

Electrical network performance calculations and analysis
Mir - Publishers Moscow - 1985

17. M. COHU

Rayonnement, photometrie et eclairage
Paris - 1985

18. R. SEWING

Handbuch für Beleuchtung
Verl. Basel 1980

19. MANUALUL INGINERULUI ELECTRICIAN V, VII

Editure Tehnica - 1970

20. E. NEUMANNN

Die physikalischen Grendlagen der Leuchtstofflampen und Leuchtrohren
Verl. Techn ik, Berlin - 1984

21. CÁC CATALÔ CHÀO HÀNG CỦA CÁC NƯỚC TỪ 1993 ĐẾN 1997

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương 1 - **KHÁI QUÁT VỀ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN**	
1.1- Nguồn năng lượng tự nhiên và đặc điểm của năng lượng điện	5
1.2- Các dạng nguồn điện	6
1.3- Mạng lưới điện	10
1.4- Hộ tiêu thụ - Phân loại	12
1.5- Những yêu cầu và nội dung chủ yếu khi thiết kế hệ thống cung cấp điện	13
1.6- Một vài nét về tình hình phát triển điện năng	14
Chương 2 - **TÍNH TOÁN KINH TẾ - KỸ THUẬT TRONG THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN XÍ NGHIỆP**	
2.1- Đặt vấn đề	16
2.2. Phương pháp tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật	17
Chương 3 - **XÁC ĐỊNH NHU CẦU ĐIỆN**	
3.1- Đặt vấn đề	25
3.2- Đồ thị phụ tải điện	25
3.3- Những định nghĩa cơ bản và các ký hiệu	27
3.4- Xác định phụ tải tính toán	37
3.5- Phương pháp tính một số phụ tải đặc biệt	41
3.6- Một vài nét về dự báo phụ tải điện	44
3.7- Bài toán ví dụ về xác định phụ tải tính toán	46
Chương 4 - **CHỌN PHƯƠNG ÁN CUNG CẤP ĐIỆN**	
4.1- Khái quát	50
4.2- Chọn điện áp định mức của mạng điện	50
4.3- Chọn nguồn điện	55
4.4- Sơ đồ mạng điện áp cao	55
4.5- Sơ đồ mạng điện áp thấp	62
4.6- Kết cấu mạng điện	69
Chương 5 - **TRẠM BIẾN ÁP**	
5.1- Khái quát và phân loại	73
5.2- Chọn vị trí, số lượng và công suất của trạm	73
5.3- Sơ đồ nối dây của trạm biến áp	83
5.4- Cấu trúc của trạm	89
5.5- Vận hành trạm biến áp	94
5.6- Ví dụ : chọn công suất của máy biến áp	100
Chương 6 - **TÍNH TOÁN VỀ ĐIỆN**	
6.1- Khái quát	105
6.2- Sơ đồ thay thế của lưới điện	105

6.3- Tổn thất khi truyền tải điện năng 116
6.4- Tính toán chế độ mạng điện hở khu vực 136
6.5- Tính toán chế độ mạng điện kín đơn giản 139
6.6- Tính toán mạng điện có nhiều cấp điện áp 142
6.7- Sử dụng đại số ma trận để xác định các thông số trạng thái làm việc của mạng điện 145
6.8- Các bài toán 159

Chương 7 - **TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN**

7.1- Khái niệm chung 192
7.2- Các giả thiết và các mối quan hệ cơ bản 194
7.3- Tính dòng điện ngắn mạch ba pha đối xứng bằng cách xét đến phụ tải và tình trạng thực tế trước khi xảy ra sự cố 202
7.4- Khái quát về sử dụng máy vi tính để tính dòng ngắn mạch 210
7.5- Tính toán gần đúng dòng điện ngắn mạch 220
7.6- Khái quát và một số vấn đề cơ bản khi tiến hành tính toán bằng phương pháp thực dụng của quá trình quá độ ngắn mạch 220
7.7- Tính toán dòng điện siêu quá độ ban đầu và dòng điện xung kích ngắn mạch 225
7.8- Tính toán gần đúng hệ thống 231
7.9- Tính toán chọn máy cắt điện theo công suất cắt 233
7.10- Phương pháp đường cong tính toán 234
7.11- Dùng đường cong tính toán để tính ngắn mạch không đối xứng 240
7.12- Phương pháp tính ngắn mạch trong mạng điện áp thấp đến 1000V 243
7.13- Các bài toán ví dụ về tính toán ngắn mạch trong mạng điện áp thấp 246
7.14- Một số bài toán tổng quát 250

Chương 8 - **LỰA CHỌN CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN**

8.1- Đặt vấn đề 258
8.2- Những điều kiện chung để lựa chọn thiết bị điện và các phần có dòng điện chạy qua 258
8.3- Lựa chọn và kiểm tra máy cắt điện điện áp cao hơn 1000 V 263
8.4- Lựa chọn và kiểm tra máy cắt phụ tải 265
8.5- Lựa chọn và kiểm tra dao cách ly 266
8.6- Lựa chọn và kiểm tra cầu chì 267
8.7- Lựa chọn và kiểm tra sứ cách điện 272
8.8- Lựa chọn và kiểm tra thanh dẫn 275
8.9- Lựa chọn và kiểm tra tiết diện cáp và dây cáp 280
8.10- Lựa chọn và kiểm tra kháng điện 285
8.11- Lựa chọn và kiểm tra máy biến dòng BI 287
8.12- Lựa chọn và kiểm tra máy biến điện áp 290
8.13- Lựa chọn và kiểm tra thiết bị điện có điện áp đến 1000V 294
8.14- Các bài toán ứng dụng 294

12.3- Các biện pháp nâng cao hệ số công suất cosφ 447
12.4- Các biện pháp nâng cao hệ số công suất cosφ tự nhiên 448
12.5- Dùng phương pháp bù công suất phản kháng để nâng cao hệ số công suất cosφ 451
12.6- Phân phối dung lượng bù trong mạng điện 455
12.7- Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù 461
12.8- Vận hành tụ điện 464

Chương 13 - **KỸ THUẬT CHIẾU SÁNG**

13.1- Ánh sáng và phép đo 467
13.2- Dụng cụ chiếu sáng 478
13.3- Chao đèn 500
13.4- Các phương pháp để tính toán hệ thống ánh sáng 502
13.5- Trang bị ánh sáng 527
13.6- Thiết kế chiếu sáng công nghiệp 578

*** PHẦN PHỤ LỤC**

Phụ lục 1 - Để thiết kế môn học và ví dụ tính toán 591
1. Số liệu ban đầu 591
2. Xác định phụ tải tính toán của các phân xưởng của nhà máy 594
3. Thiết kế mạng điện áp cao của nhà máy 595
4. Thiết kế mạng điện của phân xưởng sửa chữa cơ khí 607

Phụ lục 2 - Số liệu cần thiết dùng cho tính toán thiết kế 613
1. Một số thông số phục vụ cho tính toán cung cấp điện 616
2. Một số thiết bị và khí cụ điện do Nga và Việt Nam sản xuất 623
3. Một số thông số và đặc tính kỹ thuật của thiết bị và khí cụ điện do các nước Tây Âu sản xuất dùng trong cung cấp điện 668

Phụ lục 3 - Tiêu chuẩn ngành - Đặt thiết bị điện trong nhà ở và công trình công cộng - Tiêu chuẩn thiết kế 20 TCN-27-91 730
1. Quy định chung 730
2. Phụ tải và tính toán 731
3. Trạm biến áp, thiết bị đầu vào, bảng điện, thiết bị bảo vệ 734
4. Lưới điện trong nhà 735
5. Đặt đèn điện 737
6. Đặt thiết bị điện trong nhà 739
7. Đặt đồng hồ đếm điện 740
8. Nối đất, nối không
- Phụ lục : về một số thuật ngữ định nghĩa của 20 TCN- 742
- Phụ lục về phân loại các hộ tiêu thụ điện theo độ tin cậy cung cấp điện của 20 TCN 744
- Phụ lục về tổn thất điện áp trên từng đoạn của lưới điện trong nhà ở 747

Chương 9 - **BẢO VỆ RƠLE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN**

9.1- Những vấn đề cần đề cập trong việc thực hiện bảo vệ hệ thống cung cấp điện 302
9.2- Áp dụng nguyên tắc điều khiển học trong lĩnh vực bảo vệ rơle 303
9.3- Những kết quả đạt được trong việc thực hiện bảo vệ 304
9.4- Sơ đồ cấu trúc của bảo vệ 309
9.5- Bảo vệ chính, bảo vệ phụ và bảo vệ dự trữ 310
9.6- Những loại bảo vệ chính bằng rơle 311
9.7- Các chế độ làm việc không bình thường 316
9.8- Các hình thức bảo vệ rơle trong hệ thống cung cấp điện 317
9.9- Các dạng của rơle bảo vệ rơle 319
9.10- Bảo vệ máy biến áp điện lực, đường dây truyền tải và động cơ điện 6 – 10 KV 328
9.11- Tự động hóa và điều khiển từ xa trong hệ thống cung cấp điện 336
9.12- Ví dụ : sơ đồ hoàn chỉnh bảo vệ máy biến áp 342
9.13- Các mạch bán dẫn, vi mạch trong thực hiện bảo vệ rơ le 347

Chương 10 - **CHỐNG SÉT VÀ NỐI ĐẤT**

10.1- Quá điện áp thiên nhiên và đặc tính của sét 368
10.2- Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp đối với trạm - biến áp - vùng bảo vệ 369
10.3- Bảo vệ chống sét đường dây tải điện 374
10.4- Bảo vệ chống sét từ đường dây truyền vào trạm 377
10.5- Một số ví dụ về bảo vệ chống sét cho các công trình 378
10.6- Nối đất 381
10.7- Tính toán trang bị nối đất 382
10.8- Ví dụ 389
10.9- Giới thiệu một số nét về kỹ thuật chống sét mới xuất hiện gần đây trên thế giới 392

Chương 11 - **NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG**

11.1- Đặt vấn đề 419
11.2- Độ lệch điện áp 420
11.3- Các biện pháp điều chỉnh điện áp trong hệ thống cung cấp điện 422
11.4- Dao động điện áp 427
11.5- Độ không hình sin của đường cong điện áp và song điều hòa bậc cao 429
11.6- Chế độ không cân bằng 429
11.7- Độ tin cậy cung cấp điện 429
11.8- Ảnh hưởng của chất lượng điện năng đến sự làm việc của hộ tiêu thụ 434
11.9- Tối ưu hóa các chỉ tiêu chất lượng điện năng 439
11.10- Giá trị tối ưu của điện áp và tần số 441

Chương 12 - **TIẾT KIỆM ĐIỆN NĂNG VÀ NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT cosφ**

12.1- Đặt vấn đề 445
12.2- Ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất cosφ 446

Phụ lục 4 - Đồ thị phụ tải điện đặc trưng của các xí nghiệp trong các ngành công nghiệp khác nhau 748

- Một số ký hiệu điện hay gặp ở các bản vẽ công trình của các nước qua tiếng Anh, Mỹ, Pháp, Đức tương ứng với Việt Nam. 759

Phụ lục 5 - Một số trạm điện mẫu phục vụ cho thiết kế cung cấp điện với công suất khác nhau

1. Trạm điện hạ áp treo trên một cột bê tông ba pha với công suất từ 20 – 100 KVA; 15 (6)/0,4 KV 760
2. Trạm điện hạ áp đặt trên hai cột công suất 100 – 250 KVA; 15(6)/0,4KV 760
3. Trạm điện đặt trên hai cột bê tông đúc ly tâm Công suất 100 – 250 KVA; 15 (6)/0,4 KV 761
4. Trạm biến áp đặt trong tủ kim loại chế tạo sẵn công suất 160 – 400 KVA; 10 – 15/0,4 KV 762
5. Trạm biến áp loại PTM-5 Công suất 400 – 1000 KVA; 10 – 15/0,4 KV 766
6. Trạm biến áp loại PTM-6 Công suất 100 – 160 KVA; 10 (6), 15/0,4KV 767
7. Trạm hạ áp ngoài trời 1KTH Công suất 2500; 6300; 10.000; 16000 KVA; 110/6 - 15 KV 768
8. Trạm biến áp ngoài trời với hai máy biến áp công suất 25 – 40 MVA; 110/6 ÷ 15 KV 769
9. Trạm biến áp trong nhà có hai máy biến áp 2 × 1000 KVA; 6 – 15/0,4 KV 770
10. Trạm biến áp ngoài trời với điện áp 110/6 ÷ 15 KV dùng cầu chì cao thế 110 KV 771
11. Trạm biến áp ngoài trời công suất 10-40 MVA điện áp 110/6 – 15 KV 772

Phụ lục 6 - Chiếu sáng 773

1. Bảng tương ứng đèn ống và đèn huỳnh quang của các hãng sản xuất
2. Đèn nung sáng
3. Đèn halogen
4. Đèn có tia bức xạ đặc biệt
5. Đèn khối đặc, kiểu gọn
6. Đèn huỳnh quang
7. Các loại tăng phô sử dụng cho đèn huỳnh quang
8. Các loại đèn phóng điện
9. Một số đèn dùng trong công nghiệp và vườn hoa
10. Một số đèn chiếu sang công cộng
11. Loại đèn chiếu - chiếu sáng bên ngoài
12. Các loại đèn trang trí - kiến trúc
13. Các dạng đèn khác

Phụ lục 7- Bảng giá các máy biến áp, các tủ điện, các thiết bị an toàn, tổ máy phát điện theo QĐ số 66/1999/QĐ-BCN ngày 11-10-1999 786

Phụ lục 8- Bảng giá tiền điện theo QĐ số 1706/EVN/DL24 ngày 15/6/04. Các giá cáp, các giá biến áp cho bởi CT Điện lực 2 794

Phụ lục 9- Các thông số kỹ thuật bổ sung 796

TÀI LIỆU THAM KHẢO 801

PL 10

Qui trình thiết lập một trạm điện mới

Các hộ tiêu thụ công suất lớn của điện lực lúc nào cũng được cung cấp điện trực tiếp từ lưới trung thế.

Ở lưới hạ thế (120/208V, 3 pha 4 dây), phụ tải 60 kVA được coi là lớn, trong khi đó, ở lưới 240/415V 3 pha, một phụ tải có công suất vượt quá 100 kVA mới được coi là lớn. Hai hệ thống điện áp này khá phổ biến ở nhiều nước trên thế giới..

Do được quan tâm nhiều, tiêu chuẩn IEC đưa ra 1 tiêu chuẩn toàn cầu với điện áp chuẩn 230/400V cho lưới 3 pha 4 dây. Đó là mức điện áp "dung hòa" và cho phép các hệ thống điện hiện hữu vận hành với 220/380V và 240/415V, hoặc xấp xỉ các giá trị này. Đồng thời nó cũng cho phép tuân thủ các tiêu chuẩn đã đề ra bằng cách chỉnh định các đầu phân áp của bộ điều áp không tải của các biến thế phân phối.

Khoảng cách truyền tải là một yếu tố cần lưu ý cho lưới trung và hạ thế. Việc truyền tải công suất tải nhỏ nông đi xa cho lưới nông thôn là một ví dụ.

Quyết định cấp điện bằng điện áp trung thế hay hạ thế sẽ phụ thuộc vào các tình hình cụ thể của địa phương và những điều đã nói trên, và nói chung phải được cơ quan ngành điện cho phép.

Khi cấp điện cho hộ tiêu thụ trực tiếp từ lưới trung thế, sẽ có hai qui trình phổ biến sau:

1 - Ngành điện xây trạm chuẩn gần lánh địa của khách hàng. Tuy nhiên biến thế trung /hạ sẽ được đặt trong phòng bên trong địa phận của khách hàng, gần với tâm phụ tải.

2 - Khách hàng tự xây trạm riêng trên địa phận của mình. Ngành điện sẽ đặt các liên kết trung thế tại đó.

Ở phương pháp thứ nhất, ngành điện quản lý trạm, cấp tới biến thế, máy biến thế, phòng biến thế và họ được phép tiếp cận chúng không hạn chế.

Các phòng biến thế nầu do khách hàng xây (theo kế hoạch và quy phạm cung cấp bởi điện lực) sẽ bao gồm cả chân cột (tường), rãnh thoát dầu, tường và trần chịu lửa, hệ thống thông gió, chiếu sáng, nối đất, tất cả đều được ngành điện phê chuẩn.

Cấu trúc hằng giá điện sẽ bao gồm cả phần thoả thuận về chi phí cần thiết cho việc cung cấp dịch vụ thanh toán.

Dù theo qui trình nào đi nữa thì những nguyên tắc chung cũng sẽ được áp dụng trong các quan điểm và biện pháp thực hiện của từng dự án. Những chú ý sau liên quan đến qui trình thứ hai.

1 Thông tin ban đầu

Trước khi đàm phán hay thương thảo với nhà cung cấp điện, cần xác định các yếu tố cơ bản sau:

Dự báo nhu cầu công suất lớn nhất (kVA)

Phương pháp xác định thông số này được mô tả cụ thể trong chương A và phải tính đến khả năng phát triển tải trong tương lai. Các yếu tố để đánh giá trong giai đoạn này là:

- Hệ số sử dụng (ku)
- Hệ số đồng thời (ka)

Sơ đồ mặt bằng và mặt đứng của vị trí trạm điện tương lai

Sơ đồ phải chỉ rõ phương tiện tiếp cận trạm điện, với các hạn chế có thể có về kích thước, vị dụ như hành lang vào, độ cao trần cùng với khả năng chịu tải, cần nhớ rằng:

- Nhân viên ngành điện phải được tự do và tiếp cận không hạn chế thiết bị trung thế của trạm bất cứ lúc nào
- Chỉ nhân viên có trình độ và có thẩm quyền của phía khách hàng mới được phép vào trạm
- Một vài nhà cung cấp hay một số qui định yêu cầu phần mạng điện do công ty điện vận hành cần phải được bố trí trong một phòng tách biệt với phần mạng điện vận hành bởi khách hàng.

Mức độ yêu cầu liên tục cung cấp điện

Hộ tiêu thụ phải tự đánh giá hậu quả của việc cắt điện sự cố trong suốt thời gian xảy ra sự cố gây nên:

- Mất mát sản phẩm
- An toàn cho người thao tác và thiết bị

.2 Nghiên cứu dự án

Từ thông tin cung cấp bởi khách hàng, công ty điện lực phải chỉ ra:

Kiểu hệ thống cung cấp đề xuất, và xác định:

- Kiểu hệ thống điện cung cấp : dây trên không hay cáp ngầm
- Chi tiết kết nối: sơ đồ liên kết đơn, kết lưới mạch vòng, hay liên kết các nhánh song song,v.v...
- Giới hạn công suất (kVA)và dòng ngắn mạch

Điện áp định mức và điện áp lớn nhất của thiết bị

Đang tồn tại hay sẽ có trong tương lai, phụ thuộc vào sự phát triển của hệ thống.

Chi tiết đo đếm, để xác định:

- Giá thành kết nối vào mạng
- Chi tiết thanh toán (lượng điện tiêu thụ và chi phí cố định)

.3 Thực hiện

Trước khi lắp đặt phải có sự đồng ý chính thức của ngành điện. Các yêu cầu xin phê chuẩn phải kèm theo các thông tin sau (dựa trên những điều nêu trên):

- Vị trí đề xuất của trạm biến thế
- Sơ đồ nguyên lý của mạch điện và cách đấu nối vào hệ thống, cùng với hệ thống tiếp đất đề xuất
- Danh sách thiết bị chi tiết, bao gồm các đặc tính kỹ thuật
- Sơ đồ phân bố thiết bị trên một bảng và các phần tử đo đếm
- Bố trí bù năng cao hệ số công suất (nếu cần)
- Bố trí nguồn máy phát dự phòng khi có sự cố (trung hay hạ thế), nếu cần

.4 Nghiệm thu

Khi được điện lực yêu cầu, các thử nghiệm nghiệm thu phải được thực hiện thành công trước khi điện lực cho phép trạm được đóng điện hòa lưới với hệ thống cung cấp. Ngay cả khi không được điện lực yêu cầu, tốt nhất là vẫn phải tiến hành các bước thử nghiệm kiểm chứng:

- Đo lường điện trở cực nối đất
- Tính liên tục của các dây nối đất đẳng thế và sự an toàn của các mối nối
- Kiểm chứng và thử nghiệm các chức năng của tất cả các thiết bị trung thế
- Kiểm tra cách điện của các thiết bị trung thế
- Kiểm tra độ bền điện môi của dầu biến thế (và dầu máy cắt nếu tương thích) nếu có thể áp dụng
- Kiểm tra và thí nghiệm các thiết bị hạ thế trong trạm
- Kiểm tra tất cả khóa liên động (cơ hoặc điện) và các trình tự lý động
- Kiểm tra hoạt động rơ le bảo vệ và cân chỉnh định của rơ le

Cũng bắt buộc phải kiểm tra tất cả các thiết bị được cung cấp, sao cho mọi thao tác phải được thực hiện an toàn.

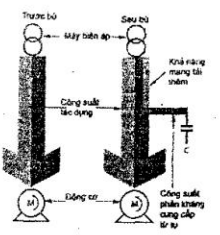
Quá trình cần tuân thủ khi nhận giấy chứng nhận (nếu được yêu cầu)

- Đại diện phía cấp điện sẽ đóng điện nguồn cung cấp điện cho thiết bị trung thế và kiểm tra hoạt động của thiết bị đo đếm
- Nhà thầu lắp đặt chịu trách nhiệm thí nghiệm và kết nối mạng hạ thế

Cuối cùng, khi trạm đi vào hoạt động:

- Trạm và các thiết bị thuộc về khách hàng
- Ngành điện sẽ thường xuyên kiểm tra vận hành thiết bị trung thế trong trạm, ví dụ như hai dao cắt tải đầu vào, dao cắt biến thế (hay máy cắt) trong trường hợp mạch vòng, cùng với các dao tiếp đất trung thế có liên quan
- Đại diện của ngành điện có quyền thao tác các thiết bị phía trung thế không hạn chế
- Khách hàng chỉ có quyền điều khiển độc lập dao cắt trung thế (hay máy cắt) của chỉ riêng máy biến thế; khách hàng chịu trách nhiệm bảo trì thiết bị trạm và phải yêu cầu phía cung cấp cô lập và nối đất thiết bị đúng cắt để tiến hành bảo trì. Ngành điện phải đưa ra giấy phép có ký tên cho phép nhân viên đại diện bảo trì của khách hàng làm việc, cùng với chìa khóa của các dao cách ly trong các mạch tương ứng.

Pl.Ma. Nâng cao hệ số công suất cho động cơ cảm ứng



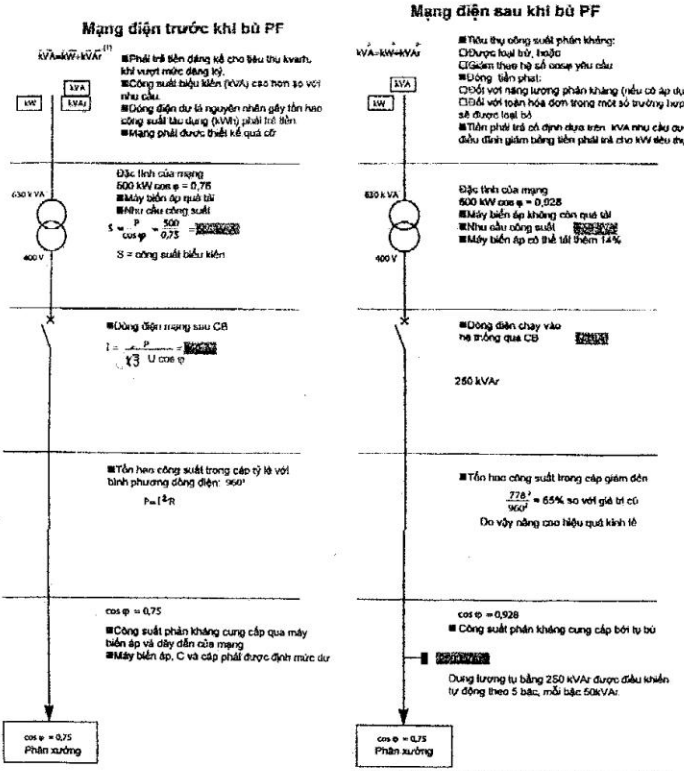
Hình L.23 : Trước khi bù, máy biến áp cung cấp toàn bộ công suất phản kháng; sau khi bù, bộ tụ cung cấp phần lớn công suất phản kháng

Động cơ 3 pha 230/400 V

Công suất định mức		Công suất tụ bù cần thiết để nâng hệ số công suất lên			
		Tốc độ quay (vòng/phút)			
kW	HP	3000	1500	1000	750
22	30	10	8	9	10
30	40	12,5	10	11	12,5
37	50	14	11	12,5	16
45	60	16	13	14	17
55	75	20	17	18	21
75	100	25	22	25	28
90	125	30	25	27	30
110	150	34	29	33	37
132	180	41	36	36	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	51	63	71
280	380	57	60	70	79
355	482	67	76	86	98
400	544	78	83	97	106
450	610	87	93	107	117

Hình L.24 : Dung lượng bù nâng cao hệ số công suất tối đa tại đầu động cơ tránh nguy cơ tự kích

Ví dụ về mạng điện trước và sau khi lắp đặt bù nâng cao hệ số công suất



So sánh kinh tế kỹ thuật trước và sau khi lắp đặt bù nâng cao hệ số công suất

P.12 Động cơ không đồng bộ

Trong số các phương pháp có thể bảo vệ cho một động cơ, tổ hợp CB + công tắc tơ + rơle nhiệt[2] sẽ mang lại nhiều ưu điểm

- Tính năng hoạt động liên tục tốt hơn: mạch động cơ có thể được cấp điện lại tức thời sau khi khắc phục sự cố và sau khi kiểm tra bộ khởi động;
- Các thiết bị phụ trợ, đôi khi theo yêu cầu của mạch động cơ, có thể dễ dàng thêm vào
- Tác động cắt cả 3 pha được đảm bảo, do đó tránh được khả năng còn một pha hoạt động
- Khả năng cắt dòng đầy tải (bằng CB) trong trường hợp sự cố hỏng công tắc tơ, ví dụ như dính tiếp điểm
- Khóa liên động
- Các tín hiệu cảnh báo và chỉ thị từ xa nhiều dạng
- bảo vệ bộ khởi động tốt hơn trong trường hợp quá dòng và đặc biệt là dòng ngắn mạch[2] tương ứng với giá trị khoảng 30 lần dòng định mức động cơ In (xem hình H67).
- Khả năng thêm vào RCD:

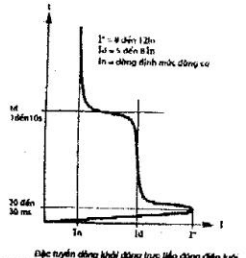
☐ Ngăn ngừa nguy cơ hỏa hoạn (độ nhạy RCD là 500 mA)

☐ Bảo vệ chống lại phá hủy động cơ (ngắn mạch các lá ghép stato) bằng cách phát hiện sớm dòng rò đất (độ nhạy từ 300mA đến 30A)

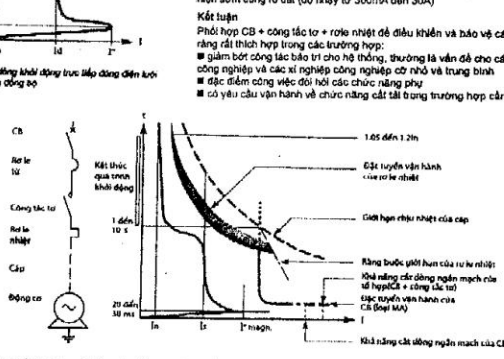
Kết luận

Phối hợp CB + công tắc tơ + rơle nhiệt để điều khiển và bảo vệ các mạch động cơ rõ ràng rất thích hợp trong các trường hợp:

- giám bớt công tác bảo trì cho hệ thống, thường là vấn đề cho các xí nghiệp tiểu thủ công nghiệp và các xí nghiệp công nghiệp cỡ nhỏ và trung bình
- đặc điểm công việc đòi hỏi các chức năng phụ
- có yêu cầu vận hành về chức năng cắt tải trong trường hợp cần bảo trì.



Đặc tuyến dòng khởi động trực tiếp dòng điện lưới của một động cơ không đồng bộ



Các đặc tuyến tác động của CB + công tắc tơ + rơle nhiệt[2]

P.13. Công suất tải của lưới điện

2 tới 4	1
5 tới 9	0,78
10 tới 14	0,63
15 tới 19	0,53
20 tới 24	0,49
25 tới 29	0,46
30 tới 34	0,44
35 tới 39	0,42
40 tới 49	0,41
>=50	0,40

Hình A10 : Hệ số đồng thời của tòa nhà chung cư

Từ hình A10, có thể xác định được dòng trong từng phân đoạn khác nhau trên cùng một đường cung cấp chính cho các tầng. Tiết diện dây đi từ mặt đất lên cao sẽ bị giảm dần.

Ít nhất cứ cách 3 tầng lại có sự thay đổi kích cỡ dây

Dòng đầu vào là:

$$\frac{150 \times 0,40 \times 10^3}{400\sqrt{3}} = 100\ A$$

Dòng tới tầng 3 là:

$$\frac{(36+24) \times 0,63 \times 10^3}{400\sqrt{3}} = 55\ A$$

Đánh giá công suất thực lớn nhất kVA

Tất cả các tải riêng biệt thường không vận hành hết công suất định mức ở cùng một thời điểm. Hệ số ku và ks cho phép xác định công suất sử dụng lớn nhất dung để định kích cỡ của lưới.

Hệ số sử dụng lớn nhất (ku)

Trong điều kiện vận hành bình thường, công suất tiêu thụ thực của thiết bị thường bé hơn trị định mức của nó. Do đó hệ số sử dụng ku được dùng để đánh giá trị công suất tiêu thụ thực. Hệ số này cần được áp dụng cho từng tải riêng biệt (nhất là cho các động cơ vì chúng hiếm khi chạy đầy tải).

Trong lưới công nghiệp, hệ số này ước chừng là 0,75 cho động cơ. Với đèn dây tóc, nó bằng 1. Với ổ cắm ngoài, hệ số này phụ thuộc hoàn toàn dạng thiết bị cắm vào ổ cắm.

Hệ số đồng thời (ks)

Thông thường thì sự vận hành đồng thời của tất cả các tải có trong một lưới điện là không bao giờ xảy ra. Hệ số đồng thời (ks) sẽ được dùng để đánh giá phụ tải.

Hệ số ks thường được dùng cho một nhóm tải (được nối cùng tủ phân phối hoặc tủ phân phối phụ).

Việc xác định ks thuộc về trách nhiệm của người thiết kế, đòi hỏi sự hiểu biết chi tiết về lưới và điều kiện vận hành của từng tải riêng biệt trong lưới. Do vậy, khó mà có thể cho giá trị chính xác cho mọi trường hợp.

Hệ số đồng thời cho tòa nhà chung cư

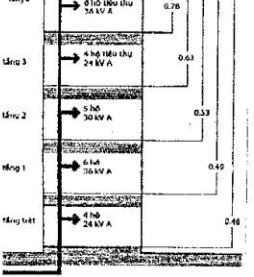
Một vài giá trị điển hình ks trong trường hợp này sẽ được cho trong Hình A10 và được áp dụng cho tải dân dụng 230/400V (3 pha 4 dây). Trong trường hợp có dùng thiết bị bước ấm bằng điện, hệ số ks sẽ bằng 0,8 và không phụ thuộc vào số hộ tiêu thụ.

Ví dụ: (hình A11)

Tòa nhà 5 tầng, có 25 hộ, mỗi hộ có công suất đặt là 6kVA. Tổng công suất đặt của tòa nhà là:

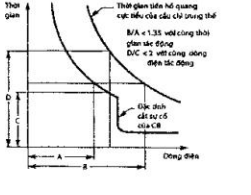
36 + 24 + 30 + 36 + 24 = 150 kVA

Công suất biểu kiến yêu cầu của tòa nhà: 150 x 0,46 = 69 kVA

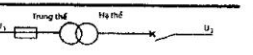


Hình A11 : Áp dụng hệ số đồng thời (ks) cho tòa nhà chung cư 5 tầng

P14: Các sơ đồ bảo vệ trạm



Hình B18 : Sự phối hợp giữa tác động của cầu chì trung thế và đặc tính cắt của CB phía hạ thế khi thực hiện bảo vệ máy biến áp.



Hình B19 : Cấu hình cầu chì trung thế và máy cắt hạ thế

đặc tính của CB đột ngột gián đoạn tại một giá trị dòng điện, mà lớn hơn trị đó thì CB sẽ tác động cắt tức thời.

Dạng tiêu biểu của các đường cong được vẽ trên Hình B18.

■ Để đảm bảo tính chọn lọc

Toàn bộ đường đặc tính của cầu chì/máy cắt trung thế phải nằm trên và bên phải của đường đặc tuyến CB hạ thế.

■ Để cầu chì trung thế không tác động (nghĩa là vẫn còn nguyên):

Toàn bộ phần đặc tính tiền hồ quang tối thiểu của cầu chì cần nằm bên phải đặc tính làm việc của CB bởi hệ số 1,35 hoặc lớn hơn (vì dụ tại thời điểm T, khi đường đặc tính của CB đi qua điểm tương ứng trị số tác động 100A thì đặc tính cầu chì trung thế tại thời điểm T cũng phải đi qua điểm có trị số dòng tác động tương ứng là 135A hoặc lớn hơn,..v.v.);

Toàn bộ đường đặc tính của cầu chì cần phải nằm trên đường đặc tuyến CB hạ thế, tại cùng dòng I, thời gian tác động của cầu chì trung thế so với CB hạ thế phải lớn hơn gấp 2 lần hay lâu hơn. Ví dụ khi dòng điện là I, theo đặc tuyến của CB thì thời gian tác động là 1,5s, tương ứng với dòng I này, theo đặc tuyến của cầu chì thời gian tác động phải là 3s (giây) hay lâu hơn.

Các hệ số 1,35 và 2 dựa trên tiêu chuẩn về sai số chế tạo lớn nhất của cầu chì trung thế và CB hạ thế. Để có thể so sánh được 2 đường cong đặc tính như đã nói trên, cần phải chuyển đổi dòng điện trung thế (phía sơ cấp máy biến thế) thành dòng hạ thế tương đương (dòng phía thứ cấp máy biến thế) hay ngược lại.

Khi sử dụng cầu chì - cầu dao hạ thế, nhất thiết phải tuân thủ việc tách rời 2 đường cong đặc tuyến làm việc của cầu chì trung thế và cầu chì hạ thế.

■ Để máy cắt trung thế không tác động cắt

Toàn bộ phần đặc tính tiền hồ quang tối thiểu của cầu chì cần nằm bên phải đặc tính làm việc của CB bởi hệ số 1,35 hoặc lớn hơn (vì dụ tại thời điểm T, khi đường đặc tính của CB hạ thế đi qua điểm tương ứng trị số tác động 100A thì đặc tính CB trung thế tại cùng thời điểm T cũng phải đi qua điểm có trị số dòng tác động tương ứng là 135A hoặc lớn hơn, v.v.); Toàn bộ đường đặc tính của CB trung thế cần phải nằm trên đường đặc tuyến CB hạ thế (thời gian cắt của CB hạ thế phải nhỏ hơn hay bằng thời gian cắt của CB trung thế (ví dụ 0,3s)

Các hệ số 1,35 và 0,3s dựa trên tiêu chuẩn về sai số chế tạo lớn nhất của máy biến dòng trung thế, rơle bảo vệ phía trung thế và các CB hạ thế. Để có thể so sánh được 2 đường cong đặc tính như đã nói trên, cần phải chuyển đổi dòng điện trung thế (phía sơ cấp máy biến thế) thành dòng hạ thế tương đương (dòng phía thứ cấp máy biến thế) hay ngược lại

Lựa chọn thiết bị bảo vệ ở phía sơ cấp của máy biến thế

Như đã giải thích ở trên, với dòng tham chiếu bé, thiết bị bảo vệ cần dùng có thể là các cầu chì hay máy cắt.

Khi dòng tham chiếu lớn, thiết bị bảo vệ bắt buộc phải là máy cắt.

Dùng máy cắt bảo vệ cho máy biến áp sẽ nhạy hơn là dùng cầu chì. Khi dùng máy cắt việc thực thi các bảo vệ phụ sẽ dễ dàng hơn (bảo vệ sự cố chạm đất, bảo vệ quá tải).

Chương 14
TRUYỀN TẢI NĂNG LƯỢNG Ở DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

Sự phát triển các thiết bị chuyển mạch dùng điện tử công suất, ở điện áp cao đã tạo ra khả năng truyền tải năng lượng ở *dòng điện một chiều*. Trong chương này, chúng tôi xin trình bày các nguyên tắc cơ bản và những ứng dụng cách truyền tải được dùng tại Bắc Mỹ và ở một số nước trên thế giới. Hiện nay, trước khi nghiên cứu vấn đề này, chúng tôi đề nghị độc giả hãy xem lại các nguyên tắc ở điện tử công suất đã trình bày trong cuốn "Điện tử công suất - Lý thuyết, bài tập - bài giải và ứng dụng" của Tác giả do NXB Khoa học kỹ thuật xuất bản 2011 (ở phần lý thuyết, chương 1, 2, 3).

14-1. Các đặc thù của truyền tải dòng một chiều.

Trước tiên, hãy xem vận chuyển hay truyền tải ở dòng một chiều so với truyền tải ở dòng điện xoay chiều có những ưu điểm gì? Ta hãy xem xét cụ thể nội dung 6 phần sau:

1- Điều khiển công suất ở dòng điện một chiều có thể thực hiện nhanh hơn nhiều

Ví dụ: Có thể với thời gian chưa đầy một giây, ta sẽ đảo ngược công suất hàng trăm, thậm chí đến ngàn mêgaoát. Tính chất cực nhanh của hệ thống điều khiển cũng cho phép giới hạn các dòng điện ngắn mạch đến các giá trị thấp và nằm dưới rất nhiều so với giá trị đã gặp phải ở lưới dòng điện xoay chiều. Cuối cùng, giải pháp cực nhanh này chỉ cho phép sử dụng đường dây dòng điện một chiều để cung cấp và *ổn định lưới điện dòng điện xoay chiều*. Khi lưới điện dòng xoay chiều nằm ở điểm trở nên mất ổn định (tiếp theo một sự nhiễu hay rối loạn), ta có thể điều biến công suất ở dòng điện một chiều theo cách làm giảm các dao động.

2- Ta có thể truyền tải dòng điện một chiều trong một khoảng cách lớn bằng cách sử dụng các đường cáp ngầm

Chúng ta biết rằng: dung kháng của các đường cáp giới hạn sự truyền tải ở dòng điện xoay chiều, kể từ khoảng cách hàng chục cây số. Hơn nữa, từ giới hạn này, công suất phản kháng được phát ra bởi đường dây cáp vượt trội hơn dung lượng riêng, tính bằng ampe của nó.

Vì dung kháng không tham dự khi điện áp một chiều, nên về mặt lý thuyết, cáp không hề có giới hạn về chiều dài ở các đường dây truyền tải hay đường dây cáp vận chuyển năng lượng ở dòng điện một chiều. Đặc biệt, người ta có thể ứng dụng một đường cáp ngầm để vận chuyển năng lượng vào trong thành phố lớn. Ngược lại, với các đường dây trên không, các đường cáp chôn ngầm thì không thấy được và được bảo vệ chống lại các ô nhiễm và nhiễu của nhiều loại tạp; ngoài ra, các đường dây cáp ngầm cho phép tránh được vấn đề về các luật băng qua đường.v.v...

3- Chúng ta đã biết rằng, trong hệ thống ở dòng điện xoay chiều, ta chỉ có thể nối liên hai lưới điện nếu hai lưới này làm việc ở cùng một tần số. Ngoài ra, sự trao đổi công suất được áp đặt bởi điện kháng của đường dây và sự lệch pha của các điện áp giữa hai tận cùng của đường dây. Trái lại, *về tần số, điện kháng và sự lệch pha, chúng không tham dự vào trong truyền tải dòng điện một chiều*. Chỉ có điện trở của đường dây và sự chênh lệch điện áp giữa hai tận cùng xác định công suất được truyền tải.

4- Các đường dây trên không ở dòng điện một chiều có thể cạnh tranh với các đường dây ở dòng điện xoay chiều khi khoảng cách truyền tải cao hơn đến vài trăm cây số.

Đối với một khoảng cách đã cho, chiều rộng yêu cầu đối với hành lang truyền tải dòng điện một chiều là thấp hơn và kinh nghiệm đã cho thấy rằng, số lượng *sự cố do sét đánh là giảm*. Kết quả là, hiện nay người ta ứng dụng đường dây dòng điện một chiều để vận chuyển đến các trung tâm sử dụng công suất, xuất phát từ một trung tâm phát điện rất xa, ví dụ, các trung tâm phát điện hay các nhà máy điện nằm ở tại các thác nước hay khu vực mỏ than.

5- Để đổi lại, có các thiết bị chuyển mạch "lưng áp lưng", chúng liên hệ hai lưới điện ở dòng điện xoay chiều bằng một tuyến đường dây mà chiều dài không quá hàng chục mét. Các thiết bị chuyển mạch này *cho phép một sự trao đổi công suất giữa hai lưới điện, bằng cách cho phép ở mỗi lưới điện làm việc ở tần số riêng và điện áp riêng. Vậy, các nhiễu xuất hiện trên một lưới điện sẽ không đến làm mất ổn định lưới kia. Ngoài ra, giá trị và hướng của công suất có thể được thay đổi trong một vài mili giây.*

6- Trái ngược với đường dây dòng xoay chiều, ở đường dây dòng điện một chiều, ta dễ dàng *xuất phát từ các đường phân nhánh, cho phép rút ra hay đưa năng lượng vào dọc theo đường dây ở dòng điện một chiều.* Một cách tổng quát, các đường dây ở dòng một chiều *nối* một trung tâm sản xuất điện năng đi đến một trung tâm sử dụng điện năng. Các thiết bị chuyển mạch được đặt ở hai đầu tận cùng, nhưng nó không có bất cứ một thiết bị chuyển mạch nào khác giữa hai điểm tận cùng này. Lúc đó, các tiến bộ khoa học được thực hiện trong các hệ thống điều khiển bằng cách sử dụng các thông tin viễn thông giữa các trạm ở xa nhau, cho phép xây dựng các mối liên hệ "nhiều đầu cuối" (multiterminal). Ví dụ, đường dây một chiều nối trạm Radisson, được đặt ở Vịnh Baie James, đến với trạm Sandy Pond ở Nouvelle Angleterre chứa một trạm rẽ ở Québec (hình 14.28).

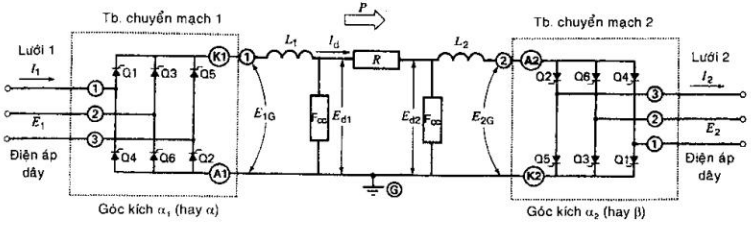
14-2. Nguyên tắc làm việc của một hệ thống truyền tải ở dòng một chiều.

Một hệ thống vận chuyển hay truyền tải ở dòng điện một chiều, sử dụng một đường dây ở dòng điện một chiều để nối hai lưới điện ở dòng điện xoay chiều. Hình 14.1 chỉ rõ các phần thực tế của hệ thống. Thiết bị chuyển mạch 1 là một thiết bị chỉnh lưu dạng cầu ba pha, sẽ chuyển đổi công suất xoay chiều của lưới điện 1 thành công suất một chiều. Công suất này được truyền tải trên một tuyến đường dây gồm có hai dây dẫn và được hoàn chuyển trở lại thành công suất xoay chiều bởi thiết bị chuyển mạch 2, thiết bị 2 này làm nhiệm vụ thiết bị nghịch lưu. Thiết bị nghịch lưu này là loại thiết bị chuyển mạch tự nhiên. Các tính chất của thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu đã được nghiên cứu ở Điện tử công suất. Cả hai lưới điện có thể làm việc ở các tần số khác nhau, không ảnh hưởng đến sự truyền tải công suất.

Các điện cảm kháng làm trơn L1 và L2 và các bộ lọc F_{cc} được thêm vào, nhằm để giảm sự gợn sóng của các điện áp đường dây E_{d1} và E_{d2}. Nếu không có các bộ lọc và các điện cảm kháng làm trơn này, các điện áp sẽ bị giật đứt quãng, E_{1G} và E_{2G} sẽ tạo ra trên đường dây các sóng hài quá lớn.

Để chịu đựng được các điện áp cao được đặt bởi đường dây vận chuyển và lưới điện xoay chiều, mỗi một tiristo được thể hiện trên hình 14.1, trên thực tế, được hợp thành từ nhiều tiristo được nối nối tiếp lại với nhau. Tổ hợp của các tiristo này được gọi là *"van"*. Ví dụ, một van 50KV, có thể được gồm từ 50 tiristo được nối nối tiếp. Các tiristo này tạo thành một nhánh của thiết bị chuyển mạch và *được khơi mào hay mồi đồng thời bằng "sợi quang học"*, đến mức mà *van* sẽ bao gồm giống như một "siêu - tiristo hay tiristo cực mạnh (super thyristor).

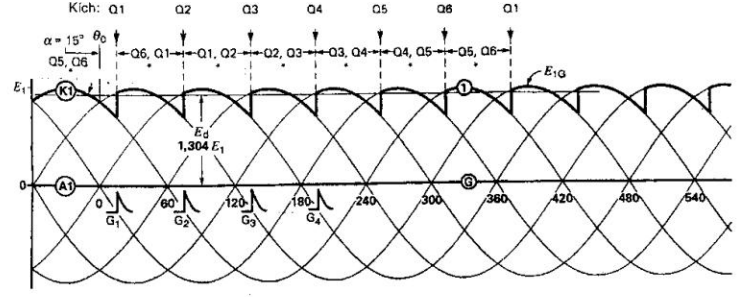
Các điện áp E_{d1} và E_{d2} xuất hiện ở hai đầu tận cùng của chúng, chỉ khác nhau bởi sự sụt điện áp RI nhỏ trong các đường dây dẫn truyền tải.



Hình 14-1. Sơ đồ của một tuyến truyền tải ở dòng điện một chiều được nối hai lưới điện 3 pha (lưới điện 1 và lưới điện 2). Các điện cảm kháng trơn L1, L2 và các bộ lọc dùng để giảm sự gợn sóng của điện áp E_d và dòng điện I_o

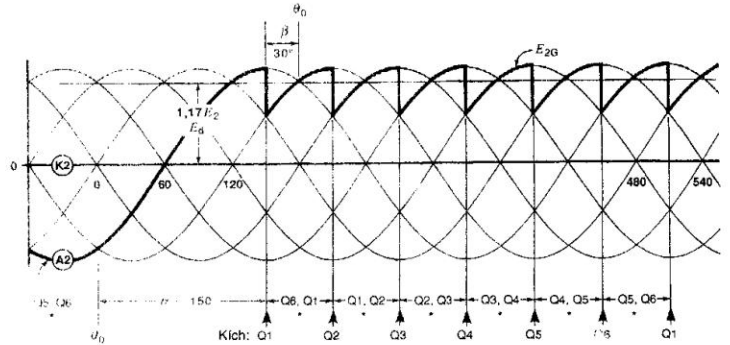
Ta có thể *đảo ngược hướng công suất* bằng cách làm thay đổi góc chậm kích α_1 và α_2 đến mức thiết bị chuyển mạch 1 làm vai trò của thiết bị nghịch lưu và thiết bị chuyển mạch 2 làm vai trò thiết bị chỉnh lưu.

Sự thay đổi các góc kích sẽ làm đảo lộn lại cực tính của dây dẫn điện, song hướng của dòng điện vẫn ở lại như vậy. Chúng ta nhớ lại: cụ thể là chiều của dòng điện được áp đặt bởi các tiristo sẽ làm dừng lại tất cả dòng điện có chiều ngược lại.



Hình 14-2. Dạng sóng của điện áp E_{1G} của thiết bị chỉnh lưu, đối với góc kích (mồi) chậm $\alpha = 15°$

(*) Chú ý: các dấu * ở dưới các Q (ở hình 14.2 và 14.3), thể hiện dẫn điện, ví dụ Q_5^*, Q_6^* thể hiện Q_5 và Q_6 dẫn.



Hình 14-3. Dạng sóng của điện áp E_{2G} của thiết bị nghịch lưu đối với góc kích vượt trước $\beta = 30°$

14-3. Quan hệ giữa điện áp, dòng điện và công suất.

Dạng sóng của điện áp E_{1G} (cạnh thiết bị chỉnh lưu) được thể hiện ở hình 14.2. Cũng như vậy, dạng sóng của E_{2G} cạnh thiết bị nghịch lưu) được thể hiện ở hình 14.3. Chúng ta đã giả thiết đối với thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu, các góc chậm kích là $\alpha_1 = 15°$ và $\alpha_2 = 150°$, tương ứng.

Khi nghiên cứu hệ thống truyền tải dòng điện một chiều, ta ký hiệu góc α_1 đơn giản bằng α. Ngoài ra, góc chậm α_2 được xem đúng hơn như một góc vượt trước β so sánh với điểm giao nhau θ_o của hai sóng điện áp liên tiếp nhau. Như vậy, thay vì ghi rõ $\alpha_2 = 150°$ (như chúng ta đã luôn luôn thực hiện đối với các thiết bị nghịch lưu), bây giờ ta thể hiện một cách chính xác hơn bằng một góc vượt trước $\beta = 30°$ (hình 14.3). Quan hệ giữa β và α_2 đã được lưu ý trong cuốn Điện tử công suất của cùng tác giả:

$$\beta = 180° - \alpha_2 \qquad \text{(pt 3.6)}$$

Các quan hệ giữa điện áp, dòng điện và công suất của một hệ thống truyền tải ở dòng một chiều là giống như quan hệ ở toàn bộ mạch điện chứa các thiết bị chuyển mạch. Đối chiếu với hình 14.1, ta có thể viết các biểu thức sau:

$$E_{d1} = 1{,}35\ E_1 \cos \alpha \qquad (14.1)$$

$$E_{d2} = 1{,}35\ E_2 \cos \beta \qquad (14.2)$$

$$P_1 = E_{d1}.I_d \qquad (14.3)$$

$$P_2 = E_{d2}.I_d \qquad (14.4)$$

$$I_1 = I_2 = 0{,}816\ I_d \qquad (14.5)$$

$$Q_1 = P_1 \tan \alpha \qquad (14.6)$$

$$Q_2 = P_2 \tan \beta \qquad (14.7)$$

với: P_1 - công suất được chạy bởi chỉnh lưu, [W]

P_2 - công suất cung cấp cho thiết bị nghịch lưu, [W]

E_{d1} - điện áp một chiều của thiết bị chỉnh lưu, [V]

E_{d2} - điện áp một chiều của thiết bị nghịch lưu, [V]

I_d - dòng điện một chiều chạy trong đường dây, [A]

I_1, I_2 - giá trị hiệu dụng của các dòng điện chạy trên các đường dây 1 và 2, tương ứng, tính [A]

E_1, E_2 - giá trị hiệu dụng của các điện áp dây của đường dây (từ đường dây đến đường dây) của các lưới điện 1 và 2, tính [V]

Q_1, Q_2 - công suất phản kháng được hấp thụ bởi các thiết bị chuyển mạch 1 và 2, tính [VAR]

α - góc chậm sau của thiết bị chỉnh lưu, [°]

β - góc vượt trước của thiết bị nghịch lưu, [°].

Để tối thiểu việc gọi công suất phản kháng, ta tìm cách giảm tối thiểu các giá trị α và β.

Bây giờ, khi đầy tải, chú ý đến góc chuyển mạch và các yếu tố khác, giá trị tối thiểu hiệu quả của α là khoảng 25° trong khi mà giá trị tối thiểu hiệu quả của β vào khoảng 35° (*1).

Bài toán 14.1 Một đường dây truyền tải ở dòng điện một chiều, làm việc ở một điện áp định mức 150KV, mang một dòng điện 400 A; người ta cung cấp các giá trị sau đây đối với các lưới điện xoay chiều và đường dây truyền tải:

$E_1 = 125KV$ $\qquad$ $E_2 = 132KV$

$f_1 = 60,3HZ$ $\qquad$ $f_2 = 59,8HZ$

Điện trở của đường dây một chiều là R = 5Ω. Góc kích hiệu quả của chỉnh lưu là $\alpha = 25°$.

Hãy tính: a) Điện áp E_{d1} của thiết bị chỉnh lưu

b) Điện áp E_{d2} của thiết bị nghịch lưu

c) Góc kích: β

d) Công suất chạy bởi chỉnh lưu

e) Công suất phản kháng hấp thụ bởi thiết bị nghịch lưu

f) Các dòng điện I_1 và I_2 chạy trong các lưới điện 1 và 2.

Bài giải: a) Điện áp được phát ra bởi thiết bị chỉnh lưu là:

$$E_{d1} = 1,35\,E_1 \cos\alpha = 1,35 \times 125 \times \cos 25°$$

$$E_{d1} = 152,9\,KV$$

(*1) Các góc hiệu quả α và β phụ thuộc vào:

1- Các góc kích mồi thực tế α và β

2- Góc giao hoán μ

3- Góc dập tắt γ

Quan hệ gần đúng giữa các đại lượng này được cho bởi:

$$\cos\alpha^* = \frac{1}{2}[\cos\alpha + \cos(\alpha + \mu)]$$

$$\cos\beta^* = \frac{1}{2}[\cos\beta + \cos(\beta - \mu)]$$

$$\beta^* = \gamma + \mu$$

b) Điện áp ở các cực của thiết bị nghịch lưu là bằng với E_{d1} trừ đi sự sụt điện áp RI trong đường dây. Vậy:

$$E_{d2} = E_{d1} - RI = 152,9KV - 5 \times 400$$

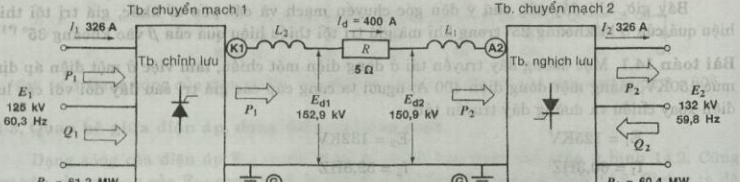
$$E_{d2} = 150,9\,KV$$

c) Góc β được cho bởi:

$$E_{d2} = 1,35.E_2.\cos\beta$$

$$150,9 = 1,35 \times 132 \times \cos\beta$$

Vậy: $\cos\beta = \dfrac{150,9}{1,35 \times 132} \rightarrow \beta = 32,1^\circ$



Hình 14-4. Điện áp, dòng điện và công suất trong hệ thống truyền tải ở dòng điện một chiều (ví dụ 1)

d) Công suất được chạy bởi thiết bị chỉnh lưu:

$$P_1 = E_{d1}.I_d = 152,9 \times 400 = 61,2MW$$

e) Công suất được hấp thụ bởi thiết bị nghịch lưu là:

$$P_2 = E_{d2}.I_d = 150,9 \times 400 = 60,4MW$$

Công suất phản kháng được hấp thụ bởi thiết bị nghịch lưu:

$$Q_2 = P_2 \tan\beta = 60,4 \times \tan 32^\circ,1 = 37,9MVAR$$

f) Giá trị hiệu dụng của dòng điện:

$$I_1 = I_2 = 0,816I_d = 0,816 \times 400 = 326A$$

14-4. Sự dao động của công suất.

Để ổn định truyền tải công suất, thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu phải có được các đặc tính E–I đặc biệt. Các đặc tính này được thực hiện bằng sự điều khiển tự động, được tiến hành rất thường xuyên bằng máy tính, bởi các xung được cung cấp vào các cực điều khiển ở các tiristo. Tốt nhất, người ta lợi dụng nhiều hơn tính ưu thế của các hệ thống kiểm soát điện áp và dòng điện bằng cách nghiên cứu sự ứng xử tự nhiên của đường dây khi mà không có các hệ thống điều chỉnh này.

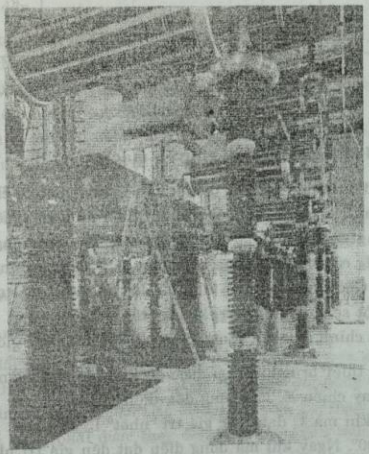
Hình 14.5 cho ta một tuyến đường dây ở dòng điện một chiều, có điện trở R. Các thiết bị chuyển mạch sinh ra các điện áp E_{d1} và E_{d2} tương ứng, đến mức mà dòng điện I_d được cho bởi:

$$I_d = \frac{E_{d1} - E_{d2}}{R}, \qquad (14.8)$$

Điện trở của đường dây là luôn luôn bé; kết quả là một sự chênh leach nhỏ giữa E_{d1} và E_{d2} cũng đủ để làm lưu thông dòng điện tải đầy trên đường dây.

Một sự biến đổi nhỏ của E_{d1} hay E_{d2} có thể tạo nên một sự thay đổi I_d rất lớn. Ví dụ, nếu E_{d1} tăng lên 2% hay 3%, dòng điện có thể gấp nhiều lần. Trái lại, *nếu E_{d2} tăng lên 2% hay 3%, dòng điện có thể rơi trở về đến giá trị không (zèro).*

Tiếc thay, E_{d1} và E_{d2} là thể hiện ở các dao động không thể dự kiến trước được, vì rằng các điện áp ở dòng điện xoay chiều, nên E_1 và E_2 có thể dao động. Do vì các thiết bị chuyển mạch đáp ứng hầu như tức thời các dao động này, nên dòng điện I_d có thể thay đổi một cách đột ngột, điều này dẫn đến những dao động công suất rất lớn giữa hai lưới điện 1 và 2. Những dao động này không thể chấp nhận được, vì chúng có *khuynh hướng làm mất ổn định các lưới điện dòng điện xoay chiều và tạo nên kích mồi bị bấp bênh* (không chắc chắn) các tiristo. *Các hệ thống điều khiển thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu sẽ tự động kiểm soát các góc α và β theo phương pháp làm cản trở các dao động công suất.*



Hình 14-4b. Các cực điều khiển tiristo được điều khiển bằng tín hiệu ánh sáng mà chúng được dẫn tới bằng đường ống gồm các sợi quang cho đến các mạch điện áp cao của thiết bị nghịch lưu (cung cấp của Manitoba Hydro)

Ví dụ 14.2 Ở ví dụ 14.1, điện áp của lưới điện 2 tăng lên một cách đột ngột từ 132KV đến 134KV. Hãy tính giá trị công suất vận chuyển mới, bằng cách giả thiết rằng tất cả các thông số khác vẫn không thay đổi.

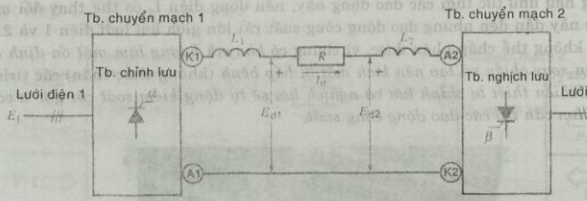
Bài giải: Điện áp một chiều được phát ra bởi thiết bị nghịch lưu là:

$$E_{d2} = 1,35E_2 \cos\beta = 1,35 \times 134 \times \cos 32^\circ, 1$$

$E_{d2} = 153,2KV$

Vì điện áp E_{d1} (152,9KV) trở nên nằm dưới E_{d2} (153,2KV), nên dòng điện có khuynh hướng chạy theo chiều ngược lại. Biết rằng các tiristo sẽ làm dừng lại các dòng điện đi ngược, do đó dòng điện bị ngừng. *Kết quả là công suất được truyền tải sẽ bị rơi từ 60,4MW xuống không (zêrô).*

Ví dụ này cho thấy rằng, một sự thay đổi ít của các điện áp xoay chiều sẽ tạo nên một sự biến đổi công suất rất lớn. Bây giờ chúng ta hãy xem lại nguyên tắc ứng dụng xung quanh vấn đề này.



Hình 14-5. Chứng tỏ một sự thay đổi nhỏ của E_{d1} hay E_{d2}, tạo ra một sự thay đổi quan trọng của dòng điện I_d

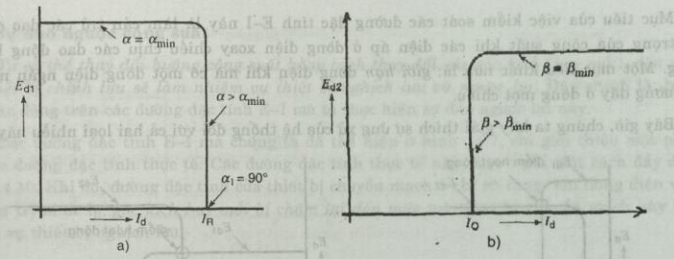
14-5. Các đặc tính E–I của các thiết bị chuyển mạch.

Trên thực tế, sự điều khiển các cực điều khiển G của thiết bị chỉnh lưu dự kiến để cho đường cong E–I được chỉ ở hình 14.6a. Đối với một điện áp xoay chiều E_1 không đổi và một góc α không đổi và bằng với giá trị α_{min} của nó, điện áp E_{d1} sẽ không đổi cho đến khi mà I_d đạt đến giá trị "nhốt" I_R của nó. Vượt qua điểm này, E_{d1} sẽ giảm nhanh, như được thể hiện trên đường cong 14.6a. Góc chậm kích sẽ tăng lên lúc đó một cách tự động và nhanh chóng, đến mức mà E_{d1} đột ngột sẽ rơi đến giá trị không (zêrô). Nếu có một sự ngắn mạch sinh ra ở trên các cực của thiết bị chỉnh lưu, vậy dòng điện I_d là kết quả được giới hạn đến giá trị I_R.

Đặc tính E–I của thiết bị nghịch lưu được dự kiến để cho đường cong được thể hiện ở hình 14.6b. Điện áp xoay chiều E_2 là không đổi, điện áp E_{d2} sẽ duy trì ở một giá trị không (zêrô) hay âm cho đến khi mà I_d đạt được giá trị "nhốt" I_o. Kết quả, giữa không (zêrô) và I_o, góc kích β là cao hơn 90°. Ngay khi mà dòng điện đạt đến giá trị nhốt I_o, góc β sẽ giảm tự động và cuối cùng còn bằng với giá trị tối thiểu β_{min}: giá trị 30°.

Trong những điều kiện của sự làm việc bình thường, điện áp E_{d2} của thiết bị nghịch lưu được duy trì hơi dưới hơn điện áp E_{d1} của thiết bị chỉnh lưu. Ngoài ra, giá trị nhốt I_o nằm dưới giá trị nhốt I_R.

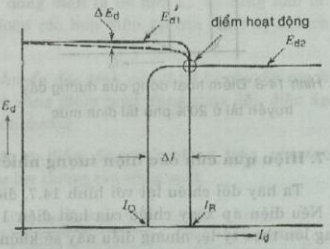
Khi mà ta xếp chồng các đường cong (hình 14.7), hiệu quả của sự ép buộc này trở nên rõ ràng. Điện áp E_d và dòng điện I_d của đường dây dòng điện một chiều tương ứng với điểm giao nhau của các đường cong. Rõ ràng là dòng điện của đường dây I_d là bằng với dòng điện I_R đã được áp đặt bởi thiết bị chỉnh lưu, trong khi mà điện áp đường dây E_d là bằng với điện áp E_{d2} được phát ra bởi thiết bị nghịch lưu.



Hình 14-6. a) Đặc tính EI của thiết bị chỉnh lưu; b) Đặc tính EI của thiết bị nghịch lưu

Sự chênh lệch giữa I_R và I_o là ΔI và được gọi là *bờ* hay *mép* của dòng điện. Giá trị của bờ hay mép khoảng 10% dòng điện định mức của đường dây.

Khi mà thiết bị chỉnh lưu làm việc với một góc α_{min} không đổi (phần nằm ngang của đường đặc tính E–I), góc chuyển mạch (hay góc giao hoán) tạo nên một sự sụt điện áp ΔE_d, sự sụt này sẽ tăng lên với dòng điện I_d. Điều này sẽ làm biến đổi đường đặc tính E–I của thiết bị chỉnh lưu, như đã được thể hiện bằng các đường chấm gạch của hình 14.7.



Hình 14-7. Điểm hoạt động của đường dây truyền tải trong chế độ bình thường

Tuy nhiên, trong những điều kiện bình thường, điều này sẽ không làm thay đổi điểm làm việc của hệ thống. Công suất cung cấp ở thiết bị nghịch lưu là bằng với $E_{d2}I_R$.

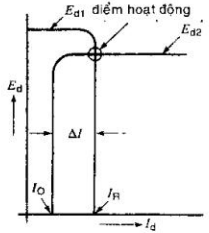
14-6. Kiểm soát công suất.

Để làm thay đổi công suất truyền tải, *ta phải tác động trên dòng điện I_d được áp đặt bởi thiết bị chỉnh lưu*. Điều này sẽ quay trở lại để làm biến đổi đồng thời các đường đặc tính E–I của thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu. Các điện áp E_{d1} và E_{d2} được duy trì không đổi, song các dòng điện "nhốt" I_R và I_o phải được thay đổi đồng thời, đến mức mà *bờ* (hay *mép*) của dòng điện vẫn tồn tại giống như vậy; Ví dụ, ở hình 14.8, chỉ cho ta các đường đặc tính mới khi mà dòng điện I_d của hình 14.8 nằm dưới dòng điện I_d của hình 14.7. Sự điều chỉnh này của các hệ thống điều khiển, tương ứng với *sự dời chuyển cùng một lúc với nhau của cả hai đường đặc tính*, hướng về bên trái hay hướng về bên phải để thực hiện làm thay đổi dòng I_d và, ngay khi đó, làm thay đổi công suất được truyền tải.

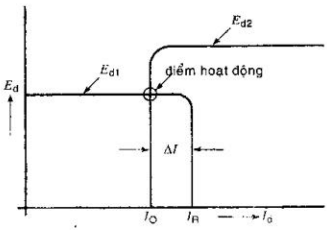
Ghi nhận rằng: điện áp E_d của đường dây được xác định bởi điện áp E_{d2} của thiết bị nghịch lưu. Trái lại, dòng điện I_d phụ thuộc vào dòng điện I_R, được thiết lập bởi thiết bị chỉnh lưu. *Tóm lại, thiết bị nghịch lưu hoạt động giống như một nguồn điện áp trong khi mà thiết bị chỉnh lưu xác định giá trị dòng điện.*

Mục tiêu của việc kiểm soát các đường đặc tính E–I này là làm cản trở các dao động quan trọng của công suất khi các điện áp ở dòng điện xoay chiều chịu các dao động bình thường. Một mục tiêu khác nữa là: *giới hạn* dòng điện khi mà có một dòng điện ngắn mạch trên đường dây ở dòng một chiều.

Bây giờ, chúng ta hãy giải thích sự ứng xử của hệ thống đối với cả hai loại nhiễu này.



Hình 14-8. Điểm hoạt động của đường dây truyền tải ở 20% phụ tải định mức



Hình 14-9. Hậu quả của điểm hoạt động của sự giảm đột ngột của điện áp xoay chiều E,

14-7. Hiệu quả của các hiện tượng nhiễu điện áp

Ta hãy đối chiếu lại với hình 14.7, điện áp của đường dây là $E_d = E_{d1}$ và dòng điện $I_d = I_R$. Nếu điện áp xoay chiều của lưới điện 1 bị tăng lên một cách đột ngột, thì giá trị E_{d1} sẽ tăng lên theo tỷ lệ, nhưng điều này sẽ không hề có hiệu quả nào đối với I_R cũng như không hề có hậu quả nào đối với E_{d2}. Kết quả, điện áp và dòng điện trong đường dây ở dòng điện một chiều sẽ không thay đổi.

Trái lại, nếu điện áp ở dòng xoay chiều E_2 của lưới điện 2 hạ thấp xuống, điện áp E_{d2} sẽ giảm theo tỷ lệ. Dòng điện của đường dây không bị ảnh hưởng, song vì E_{d2} bị giảm thấp đi, công suất được vận chuyển cũng sẽ bị giảm thấp. Khi đó, tỷ lệ phần trăm của sự thay đổi không thể vượt quá tỷ lệ phần trăm của sự thay đổi E_2.

* Bây giờ, chúng ta hãy giả thiết rằng, tính chất ngẫu nhiên rất nặng nề, sẽ sinh ra trên lưới điện 1 đến mức mà điện áp E_{d1} bị giảm đi nhiều. Kết quả ở đây là: sẽ có một điểm hoạt động mới được thể hiện ở hình 14.9.

Dòng điện bị giảm từ I_R đến I_o, đồng thời điện áp sẽ rơi từ E_{d2} xuống E_{d1}. Vì rằng bờ hay mép của dòng điện thông thường là 0,1p.u (đơn vị tương đối), nên dòng điện sẽ không giảm quá nhiều. Kết quả, công suất truyền tải sẽ thay đổi, nhưng không phải theo phương cách triệt để. Ngay khi mà sự nhiễu mất đi, các điều kiện bình thường sẽ được đưa trở về và các đặc tính E–I sẽ quay trở về như các đường đặc tính đã được thể hiện ở hình 14.7.

* Một sự ngắn mạch trên đường dây ở dòng điện một chiều sẽ tạo nên một trong những tính chất ngẫu nhiên tệ hại nhất. Trong trường hợp này, thiết bị chỉnh lưu sẽ cung cấp một dòng điện cực đại I_R trong khi mà thiết bị nghịch lưu sẽ kéo ra dòng điện cực đại I_o trong vài khoảng khắc.

Vậy, việc kiểm soát các đường đặc tính E–I sẽ làm cản trở các dao động công suất rất nhiều trên đường dây ở dòng một chiều, bằng cách giới hạn tất cả, kể cả dòng điện ngắn mạch.

14-8. Sự đảo ngược công suất

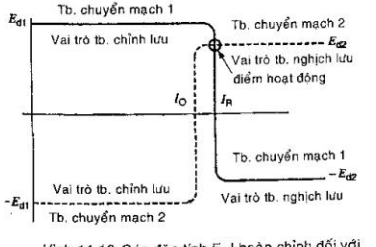
Ta có thể thay đổi hướng công suất bằng cách thay đổi các góc kích (hay mồi), đến mức mà thiết bị chỉnh lưu sẽ làm nhiệm vụ thiết bị nghịch lưu và ngược lại. Đấy chính là: bằng cách tác động trên các đường đặc tính E–I mà ta thực hiện sự đảo ngược lại này.

Các đường đặc tính E–I mà chúng ta đã thể hiện ở hình 14.7, chỉ giới thiệu một phần của các đường đặc tính thực tế. Các đường đặc tính thực tế này được vạch một cách đầy đủ ở hình 14.10. Khi đó, đường đặc tính của thiết bị chuyển mạch 1 chỉ rõ ràng: khi dòng điện vượt quá giá trị nhốt I_R, *góc kích hay mồi bị chậm lại đến mức* mà thiết bị chuyển mạch này làm nhiệm vụ thiết bị nghịch lưu.

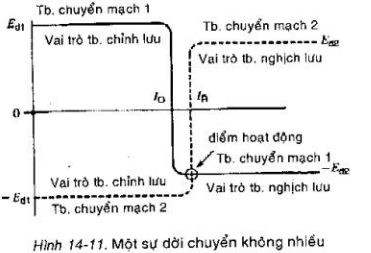
Cũng giống như vậy, đặc tính của thiết bị chuyển mạch 2 chỉ rõ rằng thiết bị chuyển mạch 2 này làm nhiệm vụ thiết bị chỉnh lưu khi mà dòng điện là bé hơn I_o. Ta cũng nhớ là: giá trị tuyệt đối của thiết bị chỉnh lưu: E_{d1}, là luôn luôn cao hơn điện áp của thiết bị nghịch lưu 2 là: E_{d2}

Để đảo ngược lại chiều công suất, chỉ cần dời chuyển đặc tính của thiết bị chuyển mạch 1 hướng về bên trái một ít. Hình 14.11, khi đó, chỉ rõ rằng điểm hoạt động thay đổi, điện áp E_d trở nên âm, trong khi mà dòng điện I_d vẫn luôn luôn dương.

Vậy, các đường đặc tính đặc biệt, bên cạnh các ưu điểm đã trình bày ở trên, còn tạo thêm dung lượng thay đổi hầu như tức thời, theo chiều lưu thông của công suất.



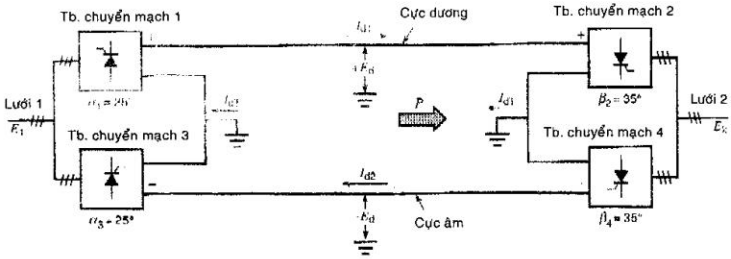
Hình 14-10. Các đặc tính E–I hoàn chỉnh đối với thiết bị chuyển mạch 1 và 2. Công suất chạy từ thiết bị chuyển mạch 1 đến thiết bị chuyển mạch 2



Hình 14-11. Một sự dời chuyển không nhiều của đường đặc tính của thiết bị chuyển mạch 1 sẽ làm đổi chiều công suất

14-9. Tuyến đường dây truyền tải hai cực.

Đại đa số các đường dây truyền tải ở dòng điện một chiều là *loại có hai cực*. Chúng gồm có một tuyến đường dương hay "cực dương" và một tuyến đường dây âm hay "cực âm", với điểm nối đất chung (hình 14.12). Một thiết bị chuyển mạch được đặt ở điểm tận cùng của mỗi một đường dây, và các dòng điện tương ứng I_{d1}, I_{d2} chạy như đã chỉ ở trên hình 14.12. Các thiết bị chuyển mạch 1 và 3 là các thiết bị chỉnh lưu, trong khi mà các thiết bị chuyển mạch 2 và 4 là các thiết bị nghịch lưu. Công suất được truyền tải bởi mỗi đường dây chạy từ lưới điện 1 đến lưới điện 2. Dòng điện I_{dT} trong đất là bằng với sự chênh lệch các dòng điện chạy trong cả hai cực, tức là: $I_{dT} = I_{d1} - I_{d2}$



Hình 14-12. Sơ đồ khái quát của đường dây truyền tải có hai cực nối các lưới điện 1 và 2

Thông thường, dòng điện chạy trong đất này chỉ là một vài ampe, vì rằng hệ thống điều khiển duy trì các dòng điện của đường dây: gần như rất bằng nhau. Đường dây hai cực cho ta 3 ưu điểm:

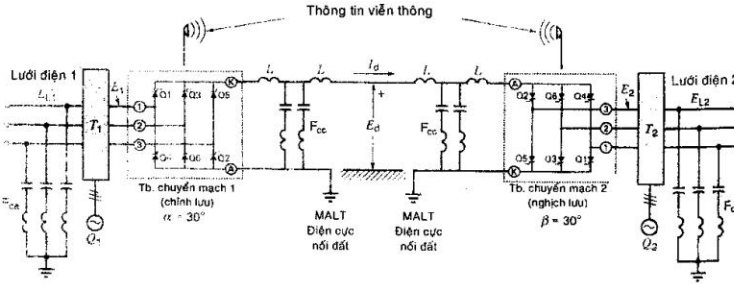
1- Ở chế độ bình thường, các dòng điện chạy trong đất là nhỏ. Kết quả, sự ăn mòn các ống của các cấu trúc kim loại chôn ngầm dưới đất là tối thiểu hay bé nhất.

2- Các cột đỡ mang hai dây dẫn thay vì chỉ có một dây dẫn; điều này cho phép gấp đôi công suất được vận chuyển, song đối với một giá tiền phụ trội tương đối không lớn.

3- Nếu ta phải đưa một trong hai đường dây ra khỏi phạm vi làm việc, *thì đường dây còn lại có thể tiếp tục truyền đầy tải và cung cấp cho phụ tải phần nửa công suất bình thường.*

14-10. Các thành phần của đường dây truyền tải ở dòng điện một chiều.

Một hệ thống truyền tải ở dòng điện một chiều gồm có nhiều thành phần thêm vào, nhằm đảm bảo sự làm việc của nó hoàn hảo hơn. Nhìn hình 14.13, ta chú ý đến các thành phần chính sau:



Hình 14-13. Sơ đồ điện thể hiện các thành phần chính của một hệ thống truyền tải ở dòng một chiều

1- Các điện cảm kháng làm trơn, (L)

2- Các bộ lọc sóng hài phía dòng điện một chiều, (F_{cc})

3- Các bộ lọc sóng hài phía dòng điện xoay chiều, (F_{ca})

4- Các máy biến áp, (T)

5- Các nguồn công suất phản kháng, (Q)

6- Các điện cực tiếp đất, (MALT)

7- Một tuyến liên hệ bằng sóng vô tuyến hay sợi cáp quang giữa các trạm chuyển mạch.

Vai trò của các thành phần khác nhau này được giải thích sau đây:

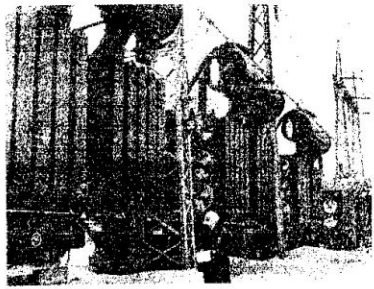
14.10.1 Cảm kháng L và các bộ lọc phía dòng điện một chiều

Các sóng hài điện áp được sinh ra ở phía dòng điện một chiều của các thiết bị chuyển mạch. Chúng tạo ra các sóng hài dòng điện bậc 6 và 12; nếu không có bộ lọc, nó có thể sinh ra hiện tượng giao thoa với đường dây điện thoại. Các bộ lọc này gồm có hai cuộn cảm làm trơn L và các bộ lọc nối song song F_{cc}. Các bộ lọc nối song song gồm có hai mạch LC nối nối tiếp, tương ứng theo bậc thứ 6 và thứ 12 sóng hài, để làm ngắn mạch các sóng hài điện áp này với hệ thống nối đất.

Các cuộn cảm làm trơn L cũng dùng để cản trở một sự tăng lên quá nhanh của dòng điện trong trường hợp ngắn mạch trên đường dây. Điều này cho phép các thiết bị chuyển mạch tiến hành kiểm soát được dòng điện trước khi mà dòng điện này trở nên quá lớn.

14.10.2 Các máy biến áp của thiết bị chuyển mạch

Vai trò của máy biến áp T_1 bên cạnh thiết bị chỉnh lưu là để làm thấp hay nâng cao điện áp từ E_{L1} của lưới điện đến điện áp E_1 được yêu cầu bởi thiết bị chỉnh lưu. Các biến áp ba pha này được nối theo cách nối Y–Y (sao - sao) hay Y–Δ (sao - tam giác). Cuộn dây thứ ba này đôi khi được thêm vào để nối với nguồn công suất phản kháng (Q_1).



Hình 14-14. Ba máy biến áp một pha 230KV/127KV/ 17KV có một dung lượng tổng là 323MVA cung cấp cho một thiết bị nghịch lưu điện áp 150KV, 1800A, được thể hiện ở hình 14.15

Chúng ta đã thấy rằng: điện áp dòng một chiều E_{d1} thực tế vẫn không đổi, kể từ giá trị không (zêrô) đến đầy tải.

Ngoài ra, để giảm việc gọi công suất phản kháng, ta tìm cách làm giảm tối thiểu góc kích α và giữ góc kích này tương đối không thay đổi. Kết quả là điện áp E_1 thực tế vẫn không đổi. Điều này thể hiện một vấn đề, vì điện áp E_{L1} dao động trong quá trình của một ngày. Kết quả, các máy biến áp phải có các đầu nối được điều chỉnh (đầu phân áp) theo phụ tải để duy trì điện áp E_1 ít hay nhiều không thay đổi. Một cơ cấu cơ khí tự động làm thay đổi các đầu phân áp khi điện áp E_{L1} thay đổi trong một giai đoạn có thể nhận thấy được. Đối với các dao động xảy ra trong thời gian ngắn, góc α được kiểm soát theo phương thức duy trì điện áp E_d ở một giá trị mong muốn.

Cũng những lưu ý như vậy áp dụng cho máy biến áp T_2, máy này cung cấp cho thiết bị chuyển mạch làm nhiệm vụ nghịch lưu.

14.10.3 Nguồn công suất phản kháng

Công suất phản kháng được hấp thụ bởi các thiết bị chuyển mạch có thể được cung cấp bởi các lưới điện ở dòng điện xoay chiều mà các thiết bị chuyển mạch được nối đến lưới điện đó. Trong thực tế, người ta ứng dụng một nguồn tại chỗ như là một thiết bị bù tĩnh hay một máy bù đồng bộ. Vì công suất tác dụng được vận chuyển sẽ thay đổi trong quá trình của một ngày, do đó ta phải điều chỉnh công suất phản kháng. Đôi khi, công suất phản kháng được cung cấp hoàn toàn bằng dãy các tụ điện và bằng các bộ lọc ở dòng điện xoay chiều (sẽ mô tả sau đây).

14.10.4 Các bộ lọc sóng hài ở phía dòng điện xoay chiều

Các thiết bị chuyển mạch nối dạng cầu ba pha sẽ sinh ra ở phía dòng điện xoay chiều các sóng hài dòng điện có thứ bậc lẻ 5, 7, 11, 13 và hơn nữa.. Các sóng hài này tạo kết quả dạng sóng dòng điện hình chữ nhật. Để giới hạn các giao thoa với đường dây điện thoại, ta phải ngăn cản các sóng hài dòng điện này thấm vào trong các đường dây ba pha. Cuối cùng, để thực hiện ta phải đặt các bộ lọc F_{ca} giữa các đường dây và hệ thống nối đất. Ở lưới điện tần số 60HZ, mỗi bộ lọc được bao gồm mạch cộng hưởng nối nối tiếp tương ứng thích hợp với tần số 300; 420; 660 và 780HZ. Vì các bộ lọc này thực tế là các điện dung ở tần số 60HZ, nên chúng sẽ đồng thời cung cấp một phần của công suất phản kháng được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch.

14.10.5 Các đường liên hệ bằng thông tin viễn thông

Để điều khiển các thiết bị chuyển mạch được đặt ở hai đầu tận cùng của đường dây truyền tải ở dòng một chiều, ta phải dự kiến thêm đường dây liên hệ bằng vô tuyến viễn thông, công suất không lớn. Ví dụ, để duy trì "bờ hay mép" của dòng điện ΔI (hình 14.7), thiết bị nghịch lưu được đặt ở đầu cuối của đường dây, phải "biết" ở mọi thời điểm, giá trị "nhốt" I_R được thông báo ở trạm có thiết bị chỉnh lưu. Thông báo này được truyền đi một cách liên tục giữa hai trạm, thông thường bằng sóng vô tuyến hay bằng cáp quang.

14.10.6 Điện cực của hệ thống nối đất

Các điện cực của hệ thống nối đất tạo nên sự *quan tâm đặc biệt*, vì rằng nó thể hiện một dòng điện một chiều chạy trong đất, sinh ra hiện tượng ăn mòn. Vì lý do đó, các điện cực phải luôn luôn được đặt cách vài cây số so với vị trí trạm chuyển mạch. Dây dẫn nối với hệ thống nối đất phải là cáp bọc thép, hoặc là một đường dây trên không được nâng bởi các cột điện.

Ta cần chú ý đặc biệt ở kết cấu của điện cực này để làm giảm điện trở của hệ thống nối đất. Điện trở này trở thành quan trọng khi đường dây làm việc một cách tạm thời theo phương tức một cực đơn. Trong trường hợp này, dòng điện chạy trong đất có thể đạt đến mức từ 1000A đến 2000A. Nhiệt lượng tạo nên có thể sưởi ấm đất, điều này sẽ sinh ra một sự tăng liên tục điện trở. Hình thế tốt nhất của hệ thống nối đất là ứng dụng một khối lượng nước, ví dụ như biển.

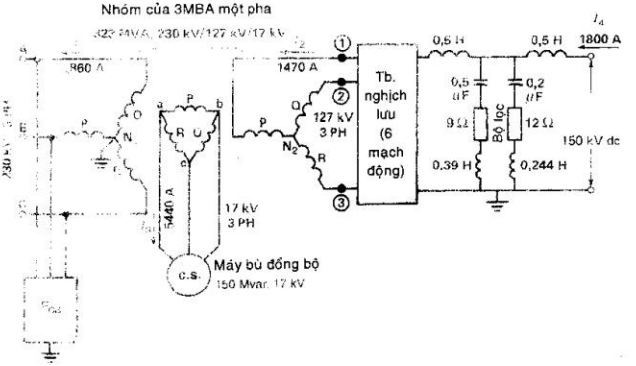
14-11. Ví dụ của một thiết bị chuyển mạch đơn cực.

Hình 14.15 cho ta một mạch điện đã được đơn giản của một trạm thiết bị nghịch lưu dùng các van bằng hơi thủy ngân. Kể từ năm 1980, người ta đã ngưng sản xuất các thiết bị chuyển mạch ứng dụng các van thủy ngân. Bây giờ, các thiết bị chuyển mạch này đã được trang bị các van bằng linh kiện điện tử tiristo. Song, các nguyên lý làm việc và sử dụng các máy biến áp, bộ lọc.v.v.. vẫn như vậy.

Đường dây một cực ở dòng điện một chiều làm việc ở 150KV, và trạm điện gởi công suất vào trong lưới điện ba pha ở 230KV, tần số 60HZ. Hai cuộn điện kháng làm trơn mỗi một cuộn có điện cảm 0,5H, chúng được nối nối tiếp với tuyến đường dòng một chiều. Hai bộ lọc ngắn mạch nối các điện áp sóng hài bậc thứ 6 và bậc thứ 12. Các điện trở 9Ω và 12Ω làm giảm độ nhạy của các bộ lọc ở sự thay đổi nhẹ nhàng của tần số cơ bản (60HZ).

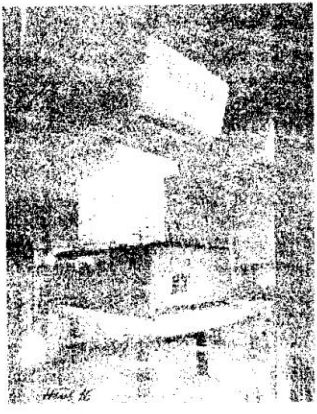
Ba máy biến áp một pha được nối hình Y–Y (sao - sao), có cuộn dây quấn thứ ba, tất cả được nối vào phía dòng điện xoay chiều của thiết bị nghịch lưu (hình 14.15). Một máy bù đồng bộ công suất 150MVAR được nối đến cuộn dây thứ ba này sẽ cung cấp công suất phản kháng.

Các bộ lọc F_{ca} tạo nên một con đường có tổng trở bé cho các dòng điện sóng hài bậc 5, 7, 11 và 13 để các dòng điện hài này không làm ô nhiễm hay nhiễu lưới điện ba pha 230KV.

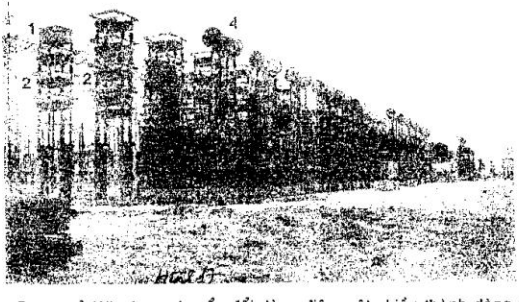


Hình 14-15. Mạch điện đơn giản hóa của một thiết bị nghịch lưu 150KV, 1800A, 60HZ cung cấp bởi một tuyến đường một cực. Các thành phần được trình bày ở hình 14.15 đến 14.19

Hình 14.16 đến 14.19 cho ta khái quát được các cỡ của các thành phần này và diện tích khá lớn của trạm điện.

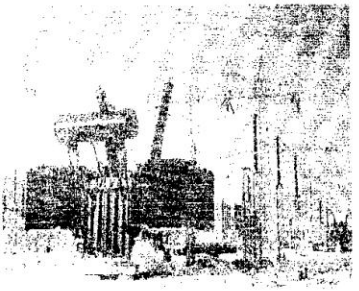


Hình 14-16. Một phần của thiết bị nghịch lưu ba pha dạng cầu có công suất 270MW, 150KV được lắp trên các sứ cách điện. Các van bằng hơi thủy ngân đã được thay thế bằng các tiristo

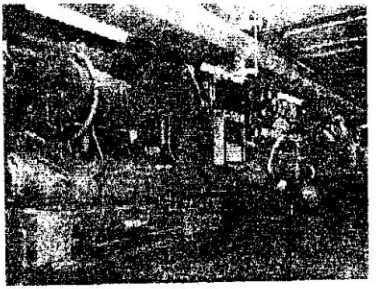


Hình 14-17. Trạm Dorsey ở Winnipeg chuyển đổi dòng điện một chiều thành dòng điện xoay chiều nhờ thiết bị nghịch lưu điện tử. Sự chuyển đổi này sinh ra một tần số cơ bản 60HZ. Song nó cũng sinh ra các sóng hài mà ta phải ngăn cản sự lan truyền của sóng hài vào trong lưới điện. Ta làm ngừng các sóng hài này bằng cách nối ngắn mạch đến hệ thống nối đất nhờ các mạch cộng hưởng nối nối tiếp

Cả mười hai mạch cộng hưởng (các bộ lọc) đã thể hiện ở phía trên, thỏa mãn một trường hoàn chỉnh ở trạm biến đổi. Việc sắp xếp thành các nhóm ba, các bộ lọc sẽ cộng hưởng tương ứng với các hài 5, 7, 11 và 13. Mỗi bộ lọc được nối giữa đường dây và hệ thống nối đất, mà sự chênh lệch về điện áp là 132,8V, 60HZ. Bộ lọc mà ta thấy ở đầu tiên được tạo nên từ một nhóm RLC nối nối tiếp gồm có một điện trở (1) là 2Ω, nối nối tiếp với bảy nhóm tụ điện (2) có một dung lượng tổng 0,938μF và một điện cảm (3) là 44,4mH. Cảm kháng này có một cực to bằng sứ và một bình chứa dầu (4). Còn cực kia của cuộn dây được nối đến hệ thống nối đất. Bộ lọc này cộng hưởng ở một tần số là 780HZ.



Hình 14-18. Hình ảnh của hai cảm kháng làm trơn 0,5H được nối nối tiếp với đường dây 450KV. Khoảng cách lớn ngăn cách các cuộn cảm cho phep đặt các bộ lọc 360HZ và 720HZ



Hình 14-19. Hình ảnh cho ta một phần của hệ thống làm mát được dùng để làm mát các thiết bị nghịch lưu

14-12. Trạm chuyển mạch gồm mười hai mạch động.

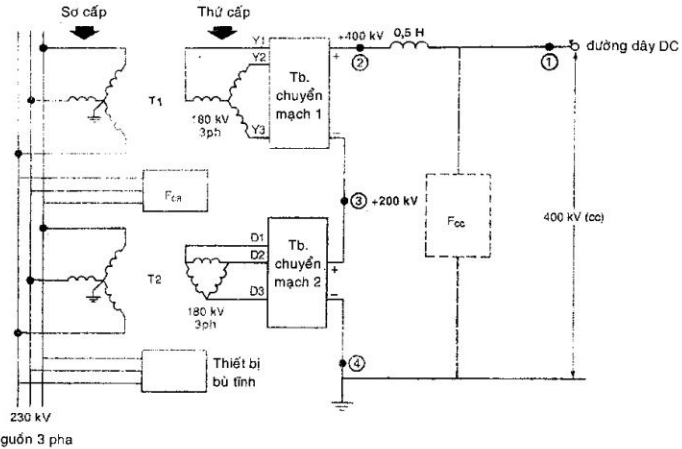
Trong một tuyến đường gồm một cực hay hai cực, mỗi một cực hay một đường được cung cấp bởi hai thiết bị chuyển mạch dạng cầu được nối nối tiếp. Ví dụ, tuyến đường dây một cực của hình 14.20, cho ta hai thiết bị chuyển mạch ở 200KV được nối với nhau như thế nào để phát ra điện áp 400KV. Các phía dòng điện một chiều được nối nối tiếp, trong khi mà các phía dòng điện xoay chiều thực tế được nối song song trên các thanh góp 3 pha có điện áp 230KV. Chú ý rằng, với sự nối nối tiếp này, thiết bị chuyển mạch 1 và phía thứ cấp của máy biến áp T_1 làm việc ở một điện thế 200KV so với đất. Vậy, người ta phải dự kiến cách điện đặc biệt để có thể chịu đựng dược ở điện áp một chiều này được xếp chồng với điện áp xoay chiều 180KV.

Các cuộn dây 180KV của máy biến áp T_2 được nối thành hình Y–Δ (sao - tam giác) trong khi mà các cuộn dây của máy biến áp T_1 được nối hình Y–Y (sao - sao). Các sự nối này tạo ra một sự lệch pha 30° giữa các điện áp thứ cấp của T_1 và của T_2. Kết quả là các tiristo của cả hai thiết bị chuyển mạch sẽ không kích đồng thời, nhưng với sự lệch pha nhau 30°, điều này sẽ tạo một tổng của 12 mạch động của dòng điện lệch pha 30°. Một tổ hợp như vậy của hai thiết bị chuyển mạch được gọi là *"Bộ chuyển mạch có 12 mạch động"*.

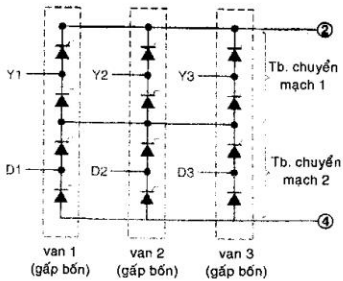
Sự lệch pha 30° này đã có hiệu quả làm *đối nghịch nhau các hài dòng điện bậc 5 và 7*, đã được sinh ra một cách tương ứng bởi hai thiết bị chuyển mạch. Vậy, cả hai sóng hài này sẽ không còn hiện ra trên đường dây 230KV.

Cũng theo cách đó, sự lệch pha này *đã loại ra được* sóng hài bậc 6 ở phía dòng điện một chiều. Kết quả, ở đây đã có một sự giảm đi rất quan trọng trong việc đầu tư và không gian yêu cầu để đặt các bộ lọc F_{cc} và F_{ca}.

Hình 14.21 cho ta một thiết bị chuyển mạch có 12 mạch động bao gồm 3 nhóm, mỗi nhóm có 4 van. Các nhóm 4 van này được gọi là *"các van gấp 4 lần"*. Các cực Y và D được nối một cách tương ứng với các thứ cấp đã được nối thành hình sao (Y) và tam giác (Δ) (xem hình 14.20 và 14.21). Điện áp một chiều xuất hiện giữa các cực (2) và (4). Hình 14.24, 14.26 và 14.31 cho ta hình dung được các cỡ cần thiết của "các van gấp 4 lần".



Hình 14-20. Sơ đồ điện khái quát của một cực của một trạm thiết bị chuyển mạch ở 400KV. Nó gồm có hai thiết bị chuyển mạch 200KV được nối nối tiếp về phía dòng điện một chiều. Các thiết bị chuyển mạch nối dạng cầu, được cung cấp bởi điện áp ba pha mà chúng lệch nhau 30°. Bộ lọc F_{cc} sẽ làm ngắn mạch sóng hài điện áp thứ 12. Các bộ lọc F_{ca} sẽ làm ngắn mạch sóng hài dòng điện thứ 11 và 13 đã phát ra về phía dòng điện xoay chiều và cung cấp một phần công suất phản kháng được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch. Thiết bị bù tĩnh sẽ cung cấp phần còn lại của công suất phản kháng.



Hình 14-21. Sơ đồ điện của thiết bị nghịch lưu có 12 mạch động, chỉ rõ hai thiết bị chuyển mạch dạng hình cầu và các đường nối đến các đường dây ở dòng điện một chiều và xoay chiều. Cả 3 nhóm van, bao gồm mỗi nhóm có "các van gấp 4 lần" cung cấp cho một cực của tuyến đường dây dòng điện một chiều

14-13. Các dạng lắp đặt.

Sự truyền tải năng lượng dòng điện một chiều được ứng dụng ở hầu hết trên thế giới. Các dạng lắp đặt sau đây cho ta nhận biết được sự phát triển của các hệ thống khác nhau và các vấn đề đặt ra mà chúng đã được giải quyết.

1- Schenectady: Một đường dây 30KV; 5,25MW có chiều dài 27km đã được lắp đặt vào năm 1936 giữa Mechanicville và Schenectady ở bang New-York. Hệ thống này đã dùng thiết bị chuyển mạch dạng hơi thủy ngân.

2- Gotland: Đường dây thực tế đầu tiên đã được đặt ở Thụy Điển năm 1954. Sự nối với dòng điện một chiều, được tạo nên từ đường cáp dưới biển có chiều dài 96km, đã truyền tải công suất từ lục địa đến đảo Gotland nằm ở giữa biển Ban-tic. Cáp một đường dẫn đã vận chuyển 20MW ở một điện áp 100KV, dòng điện trở về đi qua đất.

3- Đường đi ngang qua biển Mansơ: Vào năm 1961, một tuyến đường hai cực nằm dưới biển đã nối liền giữa Pháp và Anh. Hai cáp làm việc tương ứng ở + 100KV và -100KV đã được đặt cạnh nhau ở chiều sâu của biển Mansơ. Công suất truyền tải là 160MW. Sự trao đổi công suất là rất kinh tế, vì sự chênh lệch giờ giữa hai nước đã tạo nên việc yêu cầu cung cấp công suất cực đại ở các giờ khác nhau. Ngoài ra, sự liên hệ này đã cho phép Pháp xuất khẩu phần năng lượng dư thừa vào mùa xuân.

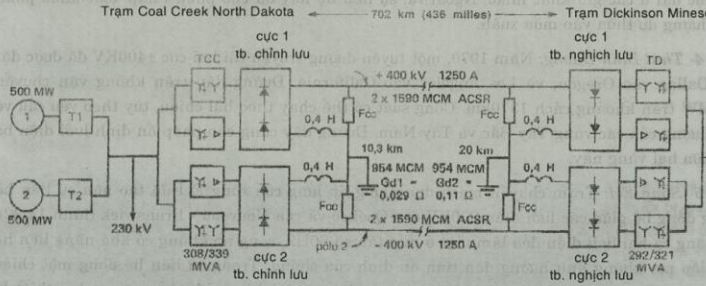
4- Thái Bình Dương: Năm 1970, một tuyến đường truyền tải hai cực ±400KV đã được đặt giữa Dallas vào Oregon, và Los Angeles vào Californie. Đường dây trên không vận chuyển 1440MW trên khoảng cách 1370km. Công suất có thể chạy theo hai chiều, tùy theo yêu cầu về năng lượng của các vùng Tây Bắc và Tây Nam. Đường dây cũng cho phép ổn định lưới điện ba pha giữa hai vùng này.

5- Sông Eel: Trạm chuyển mạch dạng lưng áp lưng của sông Eel đã tạo nên sự liên hệ không đồng bộ giữa các lưới điện 230KV của Québec và của Nouveau - Brunswick (hình 14.22). Dẫu rằng cả hai lưới điện đều làm việc ở một tần số 60HZ, song nó không có khả năng liên hệ trực tiếp mà không ảnh hưởng đến tính ổn định của chúng. Trong sự liên hệ dòng một chiều này, đường dây truyền tải chỉ có vài chục thước dài, tức là chỉ cần đủ để ngăn ra hai thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu, công suất 320MW có thể truyền tải theo cả hai hướng.

6- Sông Nelson: Công suất đưa đến từ trung tâm thủy điện đặt ở sông Nelson cách 890km ở phía bắc của Winnipeg được truyền tải ở điện áp ±450KV trên hai tuyến hai cực. Mỗi tuyến đường dây hai cực truyền tải đến Winnipeg một công suất 1620MW, ở đấy công suất này được chuyển đổi để cung cấp cho lưới điện ba pha 230KV. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng đối với một khoảng cách như vậy thì việc ứng dụng để truyền tải dòng điện một chiều tương đối tốt và có lợi hơn truyền tải bằng dòng điện xoay chiều (hình 14.15 đến hình 14.19).

7- Phương án CU: Công suất được phát ra bởi một trung tâm nhiệt điện đặt ở cạnh một mỏ than, gồm Underwood ở North Nebraska, được chuyển đổi thành dòng điện một chiều và được truyền tải hướng về phía đông với khoảng cách 700km. Công suất này được chuyển đổi trở lại thành công suất dòng xoay chiều ở một trạm đặt gần Minneapolis ở Minnesota (hình 14.23).

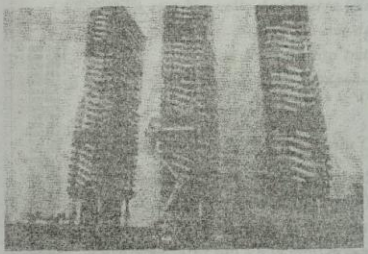
Hình 14-22. Trạm chuyển mạch này có dạng lưng áp lưng ở sông Eel nối lưới điện của Québec và lưới điện của Nouveau - Brunswick. Thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu được đặt trong tòa nhà ở giữa. Trạm này đã là trạm đầu tiên sử dụng các tiristo công suất



Hình 14-23. Sơ đồ điện khái quát hệ thống truyền tải dòng điện một chiều nối trạm Coal-Creek ở Bắc Dakota với trạm Dickinson ở Minnesota. Tuyến đường dây hai cực ±400KV truyền tải 1000MW trên một khoảng cách 702km. Điện áp 230KV được chuyển thành dòng điện một chiều nhờ trung gian của các máy biến áp chuyển mạch có đầu phân áp thay đổi TCC. Cả hai phòng chuyển mạch chứa thiết bị chỉnh lưu có 12 mạch động.

Các điện cảm kháng làm trơn 0,4H được nối nối tiếp với các dây dẫn của hệ thống tiếp đất, điều này sẽ làm giảm vấn đề cách điện. Các bộ lọc F_{cc} bao gồm mỗi một bộ lọc một cuộn điện cảm 49,8mH nối nối tiếp với một bộ tụ điện 1μF để cản trở sóng hài bậc thứ 12 của điện áp, chạy trên đường dây dòng điện một chiều.

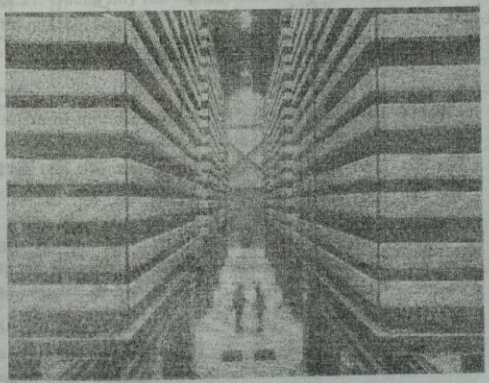
Mỗi tuyến gồm có 2 dây dẫn điện tiết diện 1590 kcmil (1 kcmil = 0,5067 mm^2 → 1590 x 0,5067 = 805,6 mm^2), các điện cực tiếp đất đặt ở các khoảng cách 10,3km và 20km so với vị trí trạm tương ứng. Ở chế độ bình thường, dòng điện chạy trong đất được duy trì dưới 20A. Khi mà một đường dây tạm thời không làm việc, dòng điện này có thể đạt đến 1375A. Trạm nghịch lưu truyền tải công suất đến một lưới điện 345KV, 60HZ và các biến áp thiết bị chuyển mạch TD sẽ điều chỉnh điện áp ở các cực của thiết bị nghịch lưu. Cả hai trạm làm việc tự động. Các tín hiệu điều khiển xuất phát từ một trung tâm đặt ở Minnesota



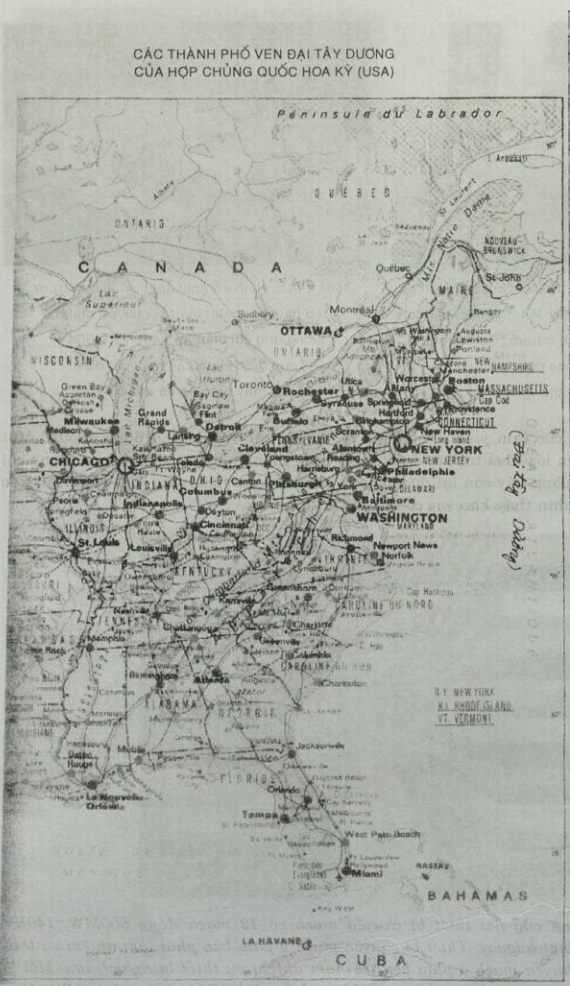
Hình 14-24. Hình ảnh của thiết bị chuyển mạch có 12 mạch động; khi đó, ở **đây** là trang thiết bị trong một phòng chuyển mạch ở trạm "Coal Creek". Trạm này cung cấp cho đường dây dòng điện (+) của hệ thống 400KV

Hình 14-25. Hình ảnh nơi đặt trạm Coal-Creek, có hai phòng đặt thiết bị chuyển mạch, tương ứng với điện áp +400 và -400KV. Trạm điện chứa các máy cắt điện, các máy biến áp và các bộ lọc

Tuyến đường hai cực làm việc ở ±400KV và truyền tải 1000MW ở dòng 1250A. Một đường dây dẫn bằng kim loại đưa trở về, được nối đến hệ thống nối đất, cho phép sử dụng chỉ một tuyến, còn tuyến đường dây còn lại được lấy ra khỏi sự làm việc trong một giai đoạn kéo dài. Hình 14.25 cho ta nhìn thấy khu vực của trạm chỉnh lưu này.



Hình 14.26a *Hình ảnh của hai thiết bị chuyển mạch có 12 mạch động 500MW, 140KV, 3000A của trạm điện Chateauguay. Thiết bị chuyển mạch ở phía bên phải làm nhiệm vụ thiết bị chỉnh lưu, thiết bị chuyển mạch ở phía bên trái làm nhiệm vụ thiết bị nghịch lưu. Mỗi bộ van "gấp bốn lần" gồm có 420 tiristo; chiều cao 12m; chiều dài 6,9m; chiều rộng 2,7m. Gian phòng có 18m chiều cao và 17,5m chiều rộng*


CÁC THÀNH PHỐ VEN ĐẠI TÂY DƯƠNG
CỦA HỢP CHỦNG QUỐC HOA KỲ (USA)
Péninsule du Labrador
QUÉBEC
ONTARIO
CANADA
Québec
Montréal
OTTAWA
Toronto
Lac Supérieur
Sudbury
Rochester
Buffalo
Utica
Syracuse
Worcester
Boston
Providence
Hartford
Springfield
Cap Cod
MASSACHUSETTS
CONNECTICUT
NEW YORK
Albany
Reading
Philadelphie
Baltimore
WASHINGTON
Richmond
Newport News
Norfolk
Cleveland
Pittsburgh
Columbus
Cincinnati
Indianapolis
Louisville
St. Louis
CHICAGO
Milwaukee
Detroit
Grand Rapids
Lansing
Bay City
Flint
Saginaw
Green Bay
Appleton
Madison
Davenport
Peoria
Springfield
Dayton
Canton
Harrisburg
Scranton
Binghamton
Syracuse
Utica
Rochester
Buffalo
Niagara Falls
Lac Ontario
Lac Erié
Lac Michigan
Lac Huron
Lac Supérieur
WISCONSIN
MICHIGAN
INDIANA
OHIO
ILLINOIS
KENTUCKY
TENNESSEE
MISSOURI
ARKANSAS
MISSISSIPPI
ALABAMA
GEORGIA
FLORIDE
CAROLINE DU NORD
CAROLINE DU SUD
VIRGINIE
Charlotte
Greensboro
Atlanta
Birmingham
Nashville
Memphis
Little Rock
Jackson
Mobile
Montgomery
Columbia
Charleston
Jacksonville
Orlando
Tampa
West Palm Beach
Miami
Key West
BAHAMAS
LA HAVANE
CUBA
Océan Atlantique
Golfe du Mexique
Mer des Caraïbes
Canal de Panama
Canal de Floride
Canal de Yucatan
Canal du Mexique
Canal de Bahama
Canal de Nicaragua
Canal de Cuba
Canal de Jamaïque
Canal de Haïti
Canal de Porto Rico
Canal de Trinidad
Canal de Barbade
Canal de Guadeloupe
Canal de Martinique
Canal de Sainte-Lucie
Canal de Saint-Vincent
Canal de Grenade
Canal de Tobago
Canal de Curaçao
Canal de Aruba
Canal de Bonaire
Canal de Venezuela
Canal de Colombie
Canal de Panama
Canal de Costa Rica
Canal de Nicaragua
Canal de Honduras
Canal de Guatemala
Canal de Belize
Canal de Mexique
Canal de Yucatan
Canal de Floride
Canal de Bahama

Chú ý: Khu vực Neuvelle Angleterre (New England) đã tạo nên từ thế kỷ 17, gồm các di dân từ nhiều nơi khác đến, đặc biệt là nơi dân tập trung từ vùng Tây Bắc châu Âu (Anh, Hà Lan, Bắc Âu.v.v...). Đây cũng là vùng tập trung thành phố và công nghiệp; địa dư nằm trong các bang hiện nay, gồm có New-Hampshire, Connecticut, Massachusettes, Rhode Island, Vermont maine

8- Sự hợp nhất của hệ thống điện của Chateauguay

Trạm này có dạng lưng áp lưng, được đặt gần Montréal có thể truyền tải 1000MW giữa lưới điện: thủy điện Québec và lưới điện của New - York Power Authority (hình 14.26). Sự liên hệ ở dòng điện một chiều cho phép tránh được các sự biến đổi tần số và sự lệch pha của một lưới điện mà chúng đã từ nơi khác đến gây nhiễu. Các tiristo được làm mát bằng nước đã được khử ion, mà nước ở đường quay trở về của nó được làm mát bằng sự trao đổi nhiệt nước/ glycol/ không khí.

14-14. Đường dây nhiều đầu tận cùng của Vịnh James ở Nouvelle Angeterre.

Đường dây một chiều nhiều đầu tận cùng của nhà máy Thủy điện Québec đã nối trạm Radisson, đặt ở khu liên hợp của Vịnh James, với trạm Sandy Pond, gần Boston. Đường dây này thể hiện một trong những nơi đầu tiên trên thế giới về mặt truyền tải năng lượng. Cụ thể, đó là lần đầu tiên mà người ta nối đến *nhiều hơn hai trạm* trên đường dây truyền tải dòng điện một chiều khá quan trọng; nơi mà có tên được gọi là "tuyến đường dây nhiều đầu tận cùng" hình 14.27. Đường dây hai cực này làm việc ở điện áp ±450KV, truyền tải một công suất 2000MW trên một khoảng cách 1513km. Vậy, dòng điện chạy trên đường dây này là:

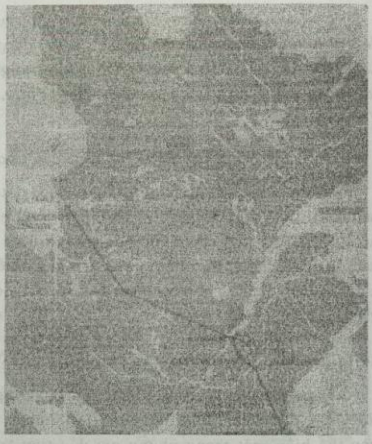
$$I_d = \frac{2000 \times 10^6}{2 \times 450.000} = 2220A$$

Hình 14.28 cho ta hình ảnh vị trí của trạm trung gian Nicolet, Cantons và Comerfort; còn hình 14.29 cho ta hình ảnh khái quát của hệ thống. Công suất ở dòng điện xoay chiều được phát ra bởi các trung tâm nhà máy thủy điện LG2 và LG2A được chuyển thành công suất ở dòng điện một chiều bằng hai thiết bị chuyển mạch - chỉnh lưu đặt ở trạm Radisson. Cả hai thiết bị chuyển mạch khác của Nicolet và Sandy-Pontd có thể làm việc như là các thiết bị nghịch lưu hay như là các thiết bị chỉnh lưu, tùy theo các yêu cầu của lưới điện. Hệ thống điều khiển từ xa đang nối ba trạm sẽ đóng một vai trò quyết định trong việc dẫn điện và trao đổi công suất ngay lập tức.

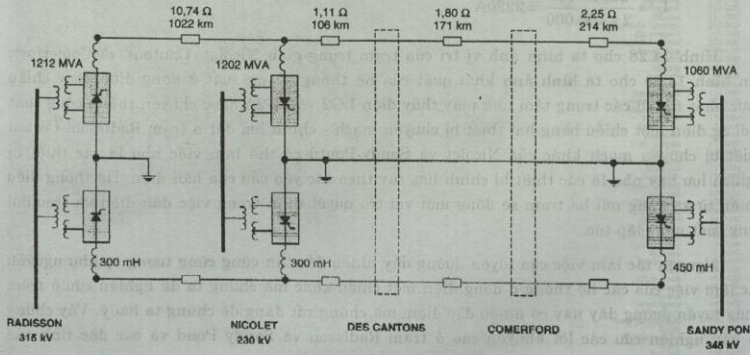
Nguyên tắc làm việc của tuyến đường dây nhiều đầu tận cùng cũng tương tự như nguyên tắc làm việc của các hệ thống ở dòng điện một chiều khác mà chúng ta đã nghiên cứu ở trên. Song tuyến đường dây này có nhiều đặc điểm mà chúng rất đáng để chúng ta lưu ý. Vậy chúng ta hãy nghiên cứu các lời khuyến cáo ở trạm Radisson và Sandy Pond và các đặc tính của đường dây được liên hệ với các trạm này.

Trạm điện Radisson rất lớn; ngoài ra, không gian rộng lớn của nó đã thỏa mãn yêu cầu đối với hai thiết bị chuyển mạch, các bộ lọc, các máy biến áp và các máy cắt điện liên quan. Trạm phục vụ cho trung tâm thao tác và biến đổi cho một nơi mà công suất lên đến hơn 10.000MW, được phát ra bởi các nhà máy điện của vùng vịnh James.

Hình 14-27. Hình ảnh một cột điện đỡ đường dây và cột điện được giữ bằng đường dây néo, đỡ các đường dây dương và âm ±450KV của đường dây nhiều đầu tận cùng



Hình 14-28. Tuyến đường đi dây của tuyến dây "nhiều đầu tận cùng" của nhà máy thủy điện Québec, nối liền các trạm Radisson, Nicolet, Canton, Comerford và Sandy Pond

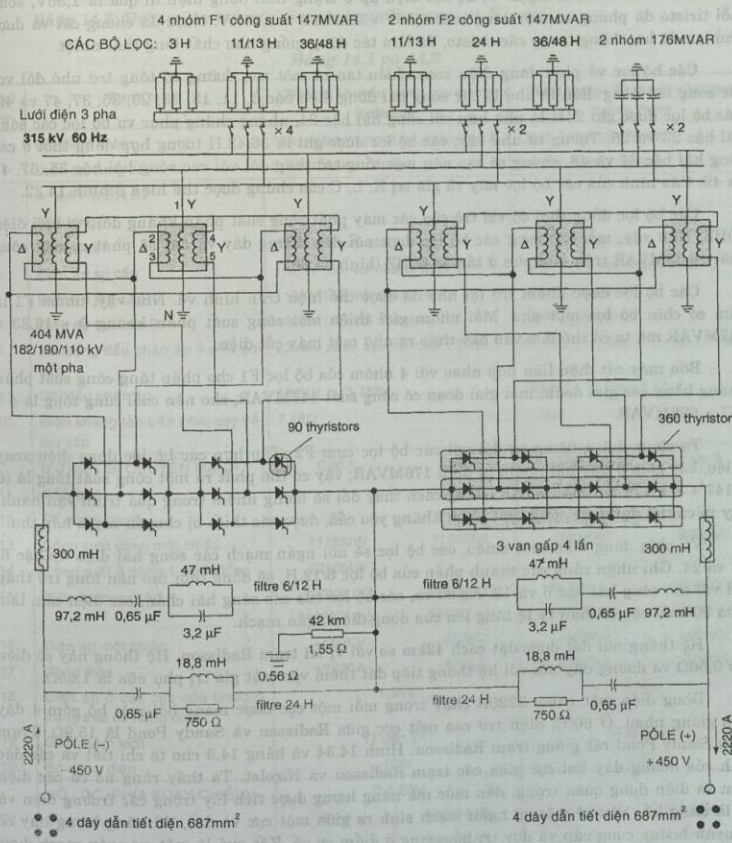


Hình 14-29. Sơ đồ điện của hệ thống dòng điện một chiều thể hiện đường liên hệ của năm trạm trên tuyến đường nhiều đầu tận cùng

Hình 14.30, cho ta các phần tử chủ yếu của trạm chuyển mạch. Một lưới điện, điện áp 315KV cung cấp điện cho hai nhóm, mỗi nhóm gồm có ba máy biến áp một pha được nối

thành hình sao - sao - tam giác (Y–Y–Δ), chúng cung cấp công suất cho hai thiết bị chuyển mạch có 12 mạch động. Mỗi máy biến áp có công suất định mức 404MVA.

Bối dây sơ cấp 182KV được nối giữa các đường dây và trung tính của lưới điện 315KV. Các bối dây Δ và Y có tương ứng điện áp định mức 190KV và 110KV (xem thêm hình 14.35).



Hình 14-30. Sơ đồ khái quát của trạm điện Radisson thể hiện các thành phần chủ yếu. Trạm điện Sand - Pond cũng tương tự

Các thiết bị chuyển mạch cung cấp tương ứng cho các cực dương và âm của đường dây hai cực. Hình 14.31 cho ta hai của ba "van gấp bốn lần", đã được treo trong các phòng chứa các van của cực dương.

Dẫu rằng hiệu suất của các thiết bị chuyển mạch là trên 99%, nhiệt lượng thoát ra của 2160 tiristo là rất kinh ngạc. Vì độ sụt điện áp ở trạng thái dòng điện đi qua là 1,56V, song mỗi tiristo đã phóng ra một công suất 1,56V × 2220A/3 = 1,15KV. Nước đã chưng cất và được khử ion đã lưu thông trong các tiristo, đã làm tác động giống như chất lỏng thải nhiệt.

Các bộ lọc về phía dòng điện xoay chiều tạo ra một con đường có tổng trở nhỏ đối với các sóng hài dòng điện lẻ như là các sóng hài dòng điện bậc 3, 11, 13, 23, 25, 35, 37, 47 và 49. Các bộ lọc được ghi 24H là phù hợp với sóng hài bậc 24, nhưng chúng phục vụ bộ lọc các sóng hài bậc 23 và 25. Tương tự như vậy, các bộ lọc được ghi là 36/48.H tương hợp đồng thời ở các sóng hài bậc 36 và 48, chúng sẽ tạo nên một tổng trở thấp đối với các sóng hài bậc 35, 37, 47 và 49. Cấu hình của các bộ lọc này và giá trị R, L, C của chúng được thể hiện ở hình 14.32.

Các bộ lọc đồng thời có vai trò của các máy phát công suất phản kháng đối với lưới điện 60HZ. Như vậy, mỗi bộ trong các bộ lọc được nối đến đường dây và đất sẽ phát ra một công suất 16,33MVAR trên mỗi pha ở tần số 60HZ (hình 14.30).

Các bộ lọc được nhóm trở lại như đã được thể hiện trên hình vẽ. Như vậy, nhóm F1 là gồm có chín bộ lọc một pha. Mỗi nhóm giới thiệu một công suất phản kháng 9 × 16,33 = 147MVAR mà ta có thể đưa vào hay tháo ra nhờ một máy cắt điện.

Bốn máy cắt điện liên hợp nhau với 4 nhóm của bộ lọc F1 cho phép tăng công suất phản kháng bằng các giai đoạn, mỗi giai đoạn có công suất 147MVAR, cho nên cuối cùng tổng là 4 × 147 = 588MVAR.

Ta cũng chú ý tương tự đối với các bộ lọc cụm F2. Tập hợp các bộ lọc dòng điện xoay chiều, bao gồm ở đây hai nhóm tụ điện 176MVAR; vậy có thể phát ra một công suất tổng là (6 × 147 + 2 × 176 = 1234) MVAR. Bằng cách thay đổi số lượng nhóm trong quá trình vận hành, vậy ta có thể đạt được công suất phản kháng yêu cầu, được các thiết bị chuyển mạch hấp thụ.

Về phía dòng điện một chiều, các bộ lọc sẽ nối ngắn mạch các sóng hài điện áp bậc 6, 12 và 24. Ghi nhận rằng các thành phần của bộ lọc 6/12.H, sẽ đồng thời tạo nên tổng trở thấp đối với các sóng hài bậc 6 và 12. Ngoài ra, các bộ lọc của các sóng hài chẵn, các điện cảm làm trơn 300mH sẽ giới hạn tỷ lệ tăng lên của dòng điện ngắn mạch.

Hệ thống nối đất được đặt cách 42km so với vị trí trạm Radisson. Hệ thống này có điện trở 0,56Ω và đường dây nối với hệ thống tiếp đất thêm vào một giá trị phụ nữa là 1,55Ω.

Dòng điện một chiều 2220A chạy trong mỗi một cực được mang bởi một bó gồm 4 dây dẫn giống nhau. Ở 60°C, điện trở của một cực giữa Radisson và Sandy Pond là 15,9Ω. Trạm điện Sandy Pond rất giống trạm Radisson. Hình 14.34 và bảng 14.3 cho ta chi tiết và các đặc tính của đường dây hai cực giữa các trạm Radisson và Nicolet. Ta thấy rằng nó có các điện cảm và điện dung quan trọng, đến mức mà năng lượng được tích lũy trong các trường điện và từ là đáng kể. Nếu có một sự ngắn mạch sinh ra giữa một cực và đất, thì năng lượng này có khuynh hướng cung cấp và duy trì hồ quang ở điểm sự cố. Kết quả là một sự ngắn mạch được kéo dài có thể gây tổn hại đến tính ổn định của các trạm, tất cả sẽ tạo nên sự tổn thất đáng kể. Để tránh điều này, các thiết bị chuyển mạch của trạm Radisson phải tác động nhanh giống như thiết bị nghịch lưu khi xuất hiện một sự cố ngắn mạch. Các thiết bị chuyển mạch phải chịu được năng lượng điện từ đã được tích lũy trên đường dây và gửi trở lại lưới điện 315KV. Với nội dung đó, ta phải khắc phục và đạt được yêu cầu để loại ra các sự cố ngắn

mạch với thời gian ít hơn 30ms. Khi xuất hiện sự cố ngắn mạch, thường dòng điện tăng đến một giá trị đến 2p.u (đơn vị tương đối).

Bảng 14.1 cho ta các thông số kỹ thuật của các thiết bị chuyển mạch trạm Radisson.

Bảng 14.2 cho ta các thông số kỹ thuật của trạm Sandy Pond.

Bảng 14.3: Đường dây hai cực giữa các trạm Radisson và Nicolet.

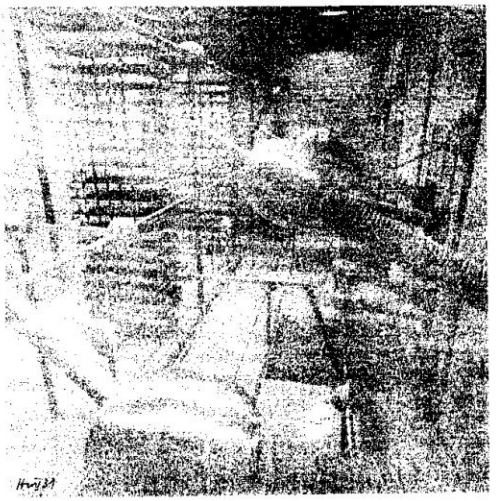
Bảng 14.1 và 14.2

Thứ tự	Danh mục	Thiết bị chuyển mạch của trạm Radisson		Thiết bị chuyển mạch của trạm Sandy Pond	
1	Địa điểm vị trí	16km cách trung tâm La Grande 2		Cách 25km của Boston	
2	Điện áp cung cấp	315KV, 60HZ, 3 pha		345KV, 60HZ, 3 pha	
	A. MÁY BIẾN ÁP				
3	Số lượng	6		6	
4	Công suất	404MVA, một pha		353MVA, một pha	
5	Điện áp sơ cấp	182KV (đối với nhánh hình Y)		199KV (đối với nhánh hình Y)	
6	Điện áp thứ cấp 1	110KV (đối với nhánh Y)		108KV (nhánh Y)	
7	Điện áp thứ cấp 2	190KV (đối với nhánh Δ)		187KV (nhánh Δ)	
8	Số lượng đầu phân áp ở phía sơ cấp	23 đầu phân áp, mỗi cấp 1,25%		21 đầu phân áp, mỗi cấp 1,25%	
9	Dãi đầu phân áp	182KV ± 13,75%		199KV ± 17,5% - 7,5%	
10	Điện kháng tản trên pha, quy về thứ cấp	7,16Ω		7,28Ω	
	B. THIẾT BỊ CHUYỂN MẠCH	Cực 1	Cực 2	Cực 1	Cực 2
11	Số lượng	2		1	1
12	Số mạch động	12	12	12	12
13	Công suất dòng một chiều	1125MW	1125MW	900MW	900MW
14	Công suất ở dòng 1 chiều tổng	2250MW			
15	Điện áp cung cấp	190KV (Y) 190KV (Δ)	190KV (Y) 190KV (Δ)	187KV (Y) 187KV (Δ)	187KV (Y) 187KV (Δ)
16	Điện áp một chiều	+450KV	-450KV	+425KV	-425KV
17	Dòng điện	+2220A	-2220A	+2000A	-2000A
18	Điện áp ở các cực của tiristo ở trạng thái có dòng điện	1,58V		1,56V	
19	Góc chậm kích	17 đến 21°		18 đến 21°	
20	Bờ dòng điện	10%		10%	
	BỘ LỌC (PHÍA XOAY CHIỀU)	Q ở 60H			
21	3 sóng hài	4 × 3	196MVAR	2 × 3	175MVAR
22	11/13 H	6 × 3	294MVAR	4 × 3	221MVAR
23	24H	6 × 3	294MVAR	4 × 3	300MVAR
24	38.H/48.H	2 × 3	98MVAR		
25	Tụ điện	2 × 3	352MVAR	6 × 3 → 924MVAR	
26	Tổng		1234MVAR	1620MVAR	

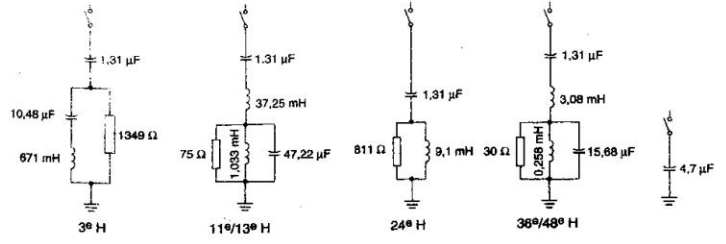
	BỘ LỌC (PHÍA DC)	Số lượng/cực		Số lượng/cực
27	Điện cảm làm trơn	1	300mH	1 → 150mH, 300mH
28	6°H/12°H	1	300mH	2°/8H + 12°H + 6°/24H - 300mH
29	24°H	1	300mH	+ 14°/36H + 12/48°H - 300mH - qua rất cao 300mH

Bảng 14.3 *Đường dây hai cực liên hệ giữa các trạm Radisson và Nicolet*

Đặc tính cơ khí	Cực 1	Cực 2
Chiều dài	1020km	1020km
Số lượng bó chùm	1	1
Dây dẫn nằm trong bó chùm	4	4
Tiết diện của một dây dẫn	687mm^2	687mm^2
Loại dây dẫn	Nhôm lõi thép	
Số lượng sợi	48 sợi nhôm +	7 sợi thép
Số lượng cáp giữ	1	1
Thành phần cấu tạo	Thép mạ,	đường kính 12,7mm
Số lượng cột đỡ	1780	
Chiều cao cột	48m	
Đất bị trưng dụng hay phạm vi ảnh hưởng	60m	
Khoảng cách giữa các cực	11m	
Chiều cao của một cực ở trên cột	33,5m	
Chiều cao tối thiểu của một cực giữa các cột	13,5m	
Đặc tính về điện		
Điện trở	11,2Ω	11,2Ω
Điện cảm kháng	811mH	811mH
Điện dung ở đất	9,91μF	9,91μF
Điện dung giữa các cực	2,38μF	
Điện dung của các bộ lọc		
- Ở trạm Radisson	1,3μF	1,3μF
- Ở trạm Nicolet	1,95μF	1,95μF

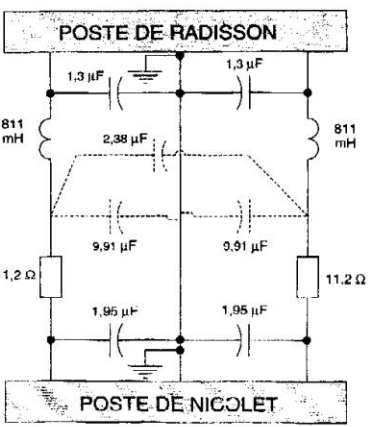


Hình 14-31. Hình ảnh của phòng đặt các van của cực dương của trạm Radisson, đã giới thiệu 2 trong số 3 bộ van "gấp 4 lần" đã được treo trên trần. Các sáu cực to bằng sứ xuyên qua tường ở phía bên phải là các cực thứ cấp của các máy biến áp chuyển mạch



Hình 14-32. Cấu hình của các bộ lọc đã dùng, ứng dụng về phía dòng điện xoay chiều ở trạm Radisson

Hình 14-33. Hình ảnh khu vực trạm Radisson. Cả hai công trình đã đặt các trạm chuyển mạch tương ứng với điện áp +450KV và -450KV



Hình 14-34. Mạch điện tuyến đường dây hai cực dài 1022km, nối các trạm điện Radisson và Nicolet. Mỗi một đường dây có một điện trở 11,2 và một điện cảm kháng 811mH. Điện dung của đường dây - hệ thống nối đất của nó là 9,91μF và điện dung đường dây - đường dây 2,38μF. Các tụ điện được đặt ở cả hai tận cùng đường dây làm thành một phần của hệ thống lọc khu vực

BIẾN ĐIỆU ĐỘ RỘNG XUNG (MLI) ĐƯỢC ÁP DỤNG VÀO TRUYỀN TẢI NĂNG LƯỢNG Ở DÒNG MỘT CHIỀU

14-15. Sự truyền tải năng lượng dòng điện một chiều ở các địa hình được cách ly.

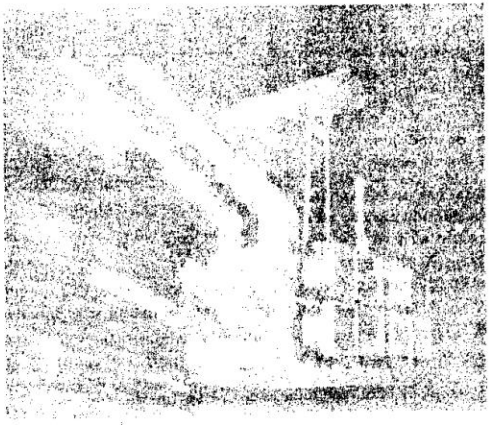
Ta thấy rằng, sự truyền tải năng lượng ở dòng điện một chiều thông thường được tiến hành giữa hai lưới điện lớn được cung cấp ở hai nơi này bởi các máy phát điện đồng bộ công suất lớn. Các điện áp xoay chiều được ổn định và các thiết bị chuyển mạch ở hai tận cùng của đường dây dòng điện một chiều có thể kéo công suất phản kháng của các lưới điện mà chúng được nối đến. Điều này xảy ra ở sự chuyển mạch tự nhiên của các tiristo.

Bấy giờ sẽ xảy ra: một số lượng lớn các khu vực được cách ly mà chúng cần điện nhưng chúng không có các máy phát điện đồng bộ. Trong trường hợp này, ta có thể cung cấp năng lượng bằng cách sử dụng một đường dây trên không ở dòng điện xoay chiều được nối vào một

lưới điện cung cấp hiện đang có. Khi giải pháp này không thể tiến hành được thì ta có thể đặt một nhóm gồm các tổ máy phát điện để phát điện ngay tại chỗ. Giải pháp này là giải pháp khá tốn kém vì rằng phải đảm bảo việc bảo dưỡng và vận chuyển nhiên liệu đốt ở tại khu vực.

Trong một số trường hợp nào đó, một đường dây điện trên không sẽ không được chấp nhận vì rằng nó không phù hợp với các quy định về đi bắc ngang qua giữa các đường dây. Vậy khi đó, phải sử dụng phương án chôn ngầm đường cáp ở dòng xoay chiều. Song khi đó, khi mà cáp đã đạt đến chiều dài một vài kilômét thì điện dung kháng của nó sẽ làm cản trở sự truyền tải một cách hiệu quả năng lượng dòng điện xoay chiều. Trái lại, các đường dây cáp sẽ hợp với sự vận chuyển ở dòng điện một chiều vì rằng sự cản trở của công suất phản kháng không còn nữa.

Các thiết bị chuyển mạch tự quản (autonome) sẽ sử dụng các IGBT và sự chuyển mạch với điều biến độ rộng xung (MLI), sẽ cung cấp một giải pháp rất thích thú cho loại vấn đề này. Cụ thể, chúng ta đã thấy ở môn điện tử công suất rằng: các thiết bị chuyển mạch với MLI làm việc một cách hiệu quả như là các nguồn phát điện tĩnh ở dòng điện xoay chiều. Chúng có thể cung cấp hay hấp thụ công suất phản kháng và điện áp của nó được kiểm soát. Ngoài ra, công suất tác dụng có thể chạy trong cả hai chiều, từ phía dòng điện xoay chiều đi đến phía dòng điện một chiều của thiết bị chuyển mạch và ngược lại. Cuối cùng, tần số và pha của các "nguồn tĩnh điện" này sẽ được điều chỉnh và dung lượng ngắn mạch sẽ được giới hạn nhờ mạch điện tử công suất. Để hiểu rõ phương cách mới về vận chuyển năng lượng dòng một chiều này, chúng tôi đề nghị người đọc hãy xem phần lý thuyết Điện tử công suất. Ở đấy tác giả đã giải thích khá rõ về sự chuyển mạch với MLI (hay PWM) và sự áp dụng trong thiết bị chuyển mạch một pha và giải thích nguyên tắc làm việc của thiết bị chuyển mạch với MLI ba pha. Chúng ta đã ứng dụng thiết bị chuyển mạch này để giải thích phương pháp mới này.



Hình 14-35. Máy biến áp một pha 404MVA, 182KV/190KV/110KV, 60HZ, dùng để cung cấp hai pha của thiết bị chuyển mạch +450KV ở trạm điện Radisson. Các máy biến áp một pha có cấu trúc tương tự đã được đặt ở trạm Sandy - Pond

14-16. Các thành phần cấu tạo nên máy phát điện tĩnh với biến điệu độ rộng xung (MLI).

Hình 14.36 chỉ rõ các phần tử chủ yếu của máy phát điện tĩnh ba pha. Máy phát điện này gồm có:

(1) Một thiết bị chuyển mạch tự quản có 6 IGBT và sáu diốt

(2) Hai tụ điện C_1 được nối nối tiếp

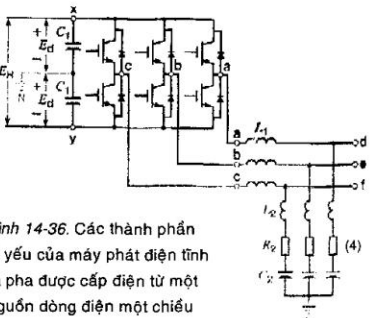
(3) Ba cuộn điện cảm kháng L_1 và ba mạch cộng hưởng $L_2C_2R_2$ (4)

Chúng ta chú ý rằng máy phát điện tĩnh này không chỉ có thể chuyển mạch công suất một chiều thành công suất xoay chiều ba pha mà máy phát điện tĩnh này cũng có thể làm nhiệm vụ truyền tải ngược lại.

Khi thiết bị chuyển mạch làm nhiệm vụ chỉnh lưu, "máy" này hoạt động giống như máy phát dòng điện một chiều xuất phát từ lưới điện ba pha. Trái lại, khi thiết bị chuyển mạch làm nhiệm vụ nghịch lưu, nó hoạt động giống như máy phát dòng điện xoay chiều xuất phát từ nguồn một chiều.

Các cực *x* và *y* của thiết bị chuyển mạch được nối đến nguồn điện áp một chiều E_H. Các tụ điện C_1 giữa các đường dây dòng một chiều và trung tính N sẽ làm giảm các dao động của điện áp một chiều. Đồng thời, chúng mang các dòng điện xoay chiều liên hệ đến công suất phản kháng được hấp thụ hay cung cấp bởi phía dòng xoay chiều ba pha của thiết bị chuyển mạch.

Ta có thể thấy rằng: điện áp E_H được tạo nên bởi hai điện áp E_d nối nối tiếp nhau, tại đó $E_d = E_H/2$. Khi điện áp E_d cao, gồm nhiều kilôvôn, mỗi nhóm IGBT/diốt thể hiện sự thật của hàng chục linh kiện bán dẫn được nối nối tiếp nhau. Điện áp ba pha xuất hiện giữa các cực *d, e, f*. Điện áp xuất hiện giữa các cực *a* và *N* là một sóng với MLI mà biên độ dao động nhanh giữa $+E_d$ và $-E_d$ ở tần số cắt f_c.



Hình 14-36. Các thành phần chủ yếu của máy phát điện tĩnh ba pha được cấp điện từ một nguồn dòng điện một chiều

Sóng sẽ chứa hai thành phần: (1)- điện áp cơ bản giữa đường dây đến trung tính E_{aN} của tần số f và (2)- của các sóng hài. Thực tế, chúng ta chỉ quan tâm các điện áp giữa đường dây và đường dây (điện áp dây). Khi mà quan hệ f_c/f là lẻ và được nhân bởi bội số 3, các sóng hài chính của điện áp đường dây đến đường dây (điện áp dây) có các tần số

$$f_{H1} = f_c + 2f \text{ và } f_{H2} = f_{H2} - 2f$$

Vì trong một thiết bị băm, các điện cảm L_1 hấp thụ và cung cấp năng lượng, điều này cho phép chuyển công suất một chiều thành công suất xoay chiều và ngược lại. Các điện cảm này cũng dùng để giảm các sóng hài chạy trong các đường dây ba pha. Ở tần số cơ bản, chúng thể hiện một điện cảm kháng x cho bởi $x = 2\pi fL_1$.

Các bộ lọc L_2, C_2 nối ngắn mạch các điện áp sóng hài giữa các đường dây *d*, *e*, *f* và trung tính N. Điện trở R_2 thiết lập độ rộng của băng bộ lọc, cũng như mức độ méo của điện áp giữa các cực *d*, *e*, *f*.

14-17. Hình ảnh tổng thể của hệ thống truyền tải.

Hình 14.37a cho ta một hình ảnh tổng thể của hệ thống truyền tải dòng điện một chiều. Nó gồm có một lưới điện ba pha, một đường cáp điện một chiều, đường cáp này liên hệ thiết bị chuyển mạch 1 và thiết bị chuyển mạch 2 ở địa hình rất xa, và phụ tải.

Thiết bị chuyển mạch 1 được nối vào lưới điện ba pha, có 3 điện kháng x làm trung gian. Ba điện kháng này tương ứng với các điện cảm L_1 đã có dịp trình bày ở trên. Các cực 7 và 8 được nối đến đường dây cáp điện một chiều. Cực tận cùng kia của cáp được nối đến cực 9 và 10 của thiết bị chuyển mạch 2. Thiết bị 2 này cung cấp cho phụ tải cũng thông qua trung gian của ba điện kháng *x*, mà chúng có cùng bản chất như các điện kháng *x* đã nối đến thiết bị chuyển mạch 1. Để làm đơn giản mạch điện, các bộ lọc sóng hài L_2, C_2, R_2 không được thể hiện ở hình này. Chúng được nối đến giữa các cực 1, 2 và 3 với đường dây trung tính và giữa các cực *d*, *e*, *f* với đường dây trung tính.

Thiết bị chuyển mạch 2 phát ra một điện áp cơ bản ba pha giữa các cực *a*, *b* và *c*. Khi đó, ta dễ dàng để theo dõi sự làm việc của nó, bằng cách quan sát dòng điện và điện áp của chỉ một pha. Vậy, ta hãy chọn pha A, và giả thiết là dòng điện I_a có θ_a^o chậm so với điện áp E_{dN}. Vì độ sụt điện áp ở trong điện kháng x là jxI_a, nên điện áp được phát ra bởi thiết bị chuyển mạch, được cho bởi vec tơ $E_{aN} = E_{dN} + jxI_a$ (hình 14.37b). Chúng ta ghi nhớ là E_{aN} vượt trước E_{dN} một góc θ_b^o. Công suất tác dụng P của thiết bị chuyển mạch chạy hướng về phụ tải và giá trị của nó được cho bởi biểu thức đã được biết:

$$P = \frac{E_{aN}.E_{dN}}{x}.\sin\theta_b$$

Công suất tác dụng trên pha, cũng được cho bởi biểu thức:

$$P = E_{dN}.I_a.\cos\theta_a$$

Cáp ở dòng điện một chiều chỉ vận chuyển thành phần tác dụng của công suất hấp thụ bởi phụ tải. Công suất tổng được vận chuyển là 3.P. Vì điện áp một chiều là E_H, dòng điện một chiều I_d chạy trong cáp là:

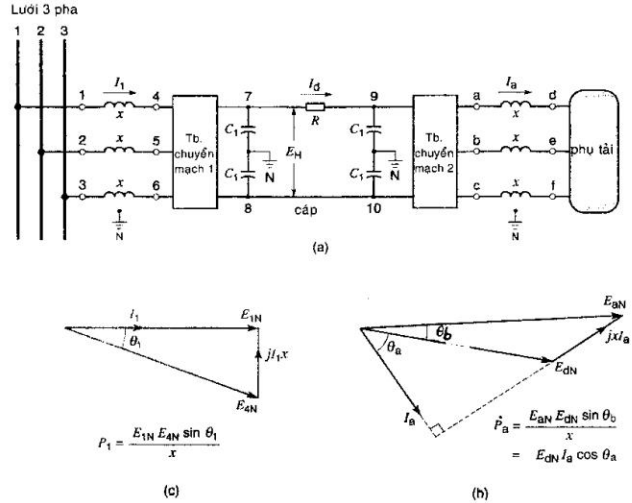
$$I_d = 3P/E_H$$

Vậy quan hệ như thế nào giữa điện áp xoay chiều từ đường dây đến đường dây (điện áp dây) E_{ab} và điện áp một chiều? Để đảm bảo dạng sóng hình sin, giá trị đỉnh của điện áp đường dây đến trung tính (điện áp pha) E_{aN} phải không bao giờ vượt quá $E_H/2$. Chúng ta giả thiết rằng E_{aN} đỉnh là 80% của $E_H/2$. Trong những trường hợp này, ta có thể dễ dàng chứng minh rằng điện áp E_H là hai lần điện áp hiệu dụng từ đường dây đến đường dây của thiết bị chuyển mạch. Vậy, ta có thể viết:

$$E_H = 2E_{LL} \qquad (9)$$

Ở đây: E_H - điện áp một chiều từ đường dây đến đường dây, [KV]

E_{LL} - điện áp hiệu dụng ở dòng điện xoay chiều, từ đường dây đến đường dây, [KV].



Hình 14-37. a) Hình ảnh tổng hợp của hệ thống truyền tải ở dòng một chiều, ứng dụng các thiết bị chuyển mạch với MLI; b) Sơ đồ vectơ tại vị trí; c) Sơ đồ vectơ ở phía lưới điện

Chúng ta không kể đến khoảng thời gian tổn thất trong các thiết bị chuyển mạch và trong đường dây cáp ở dòng điện một chiều. Ở chế độ thường xuyên, công suất tác dụng 3P được kéo ra từ lưới điện bởi thiết bị chuyển mạch 1 cần thiết bằng với công suất được kéo ra bởi phụ tải ở khu vực đã được cách ly. Chúng ta hãy chọn pha 1 của lưới điện và giả thiết là: E_{1N} vượt trước E_{4N} một góc là θ_1^o; công suất P khi đó đã được cho bởi biểu thức sau đây:

$$P = \frac{E_{1N} \cdot E_{4N}}{x} \sin\theta_1, \qquad (10)$$

Giá trị và pha của điện áp E_{1N} được áp đặt bởi lưới điện. Ngoài ra, giá trị của x được cố định, vì rằng tần số cơ bản là không thay đổi. Để thu được giá trị P được áp đặt bởi phụ tải, thì điện áp E_{4N} và góc θ_1 phải được điều chỉnh ở những giá trị thích hợp. Vậy ta phải lựa chọn giá trị nào?

Một khả năng lựa chọn rất thích thú, dựa vào điều chỉnh biên độ và pha của E_{4N} để dòng điện I_1 cùng pha với điện áp E_{1N} (hình 14.37c). Trong các trường hợp này, thiết bị chuyển mạch không hề kéo ra một công suất phản kháng nào của lưới điện. Tính khả thi của việc làm này, mà thiết bị chỉnh lưu ở hệ số công suất là một, đã tạo nên việc sử dụng một ưu điểm khác của các thiết bị chuyển mạch với MLI. Vậy, hệ thống điều khiển của thiết bị chuyển mạch 1 phải được tác động đến mức mà góc θ_1 và điện áp E_{4N} có các giá trị yêu cầu để đạt đến các mục tiêu này.

14-18. Điều khiển công suất tác dụng.

Công suất tác dụng tổng được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch 1 được điều khiển bởi điện áp một chiều E_H ở các cực của đường dây cáp. Để dễ dàng cho việc giải thích, chúng ta không kể đến các tổn thất trong các thiết bị chuyển mạch và trong đường dây cáp.

Ở chế độ thường xuyên, công suất tác dụng của phụ tải là không đổi và công suất được kéo ra từ đường dây cáp giữa các điểm 9 và 10 là bằng với công suất được hấp thụ bởi đường dây cáp 7 và 8 (hình 14.37a). Kết quả, điện áp E_H vẫn ổn định.

Bây giờ, nếu phụ tải được cung cấp bởi thiết bị chuyển mạch 2 giảm, trong khi mà góc θ_1 và điện áp E_{4N} vẫn không đổi, công suất cung cấp cho đường cáp trở nên cao hơn công suất mà nó đã được kéo ra bởi phụ tải. Khoảng cách giữa hai công suất này đã dẫn đến kết quả là nạp nhiều hơn cho các tụ điện, điều này sẽ sinh ra một sự tăng lên rất nhanh của điện áp của đường dây cáp. Sự tăng lên này được *dò tìm* bằng hệ thống điều khiển của thiết bị chuyển mạch 1. Khi đó, *tín hiệu điều chỉnh sẽ sinh ra và tạo nên sự giảm ngay lập tức góc* θ_1. Kết quả, công suất ở dòng điện xoay chiều được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch 1 sẽ giảm, điều này làm giảm công suất một chiều cung cấp cho đường dây cáp. Ngay khi mà công suất bằng với công suất một chiều được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch 2, điện áp của đường dây cáp sẽ đưa trở lại một giá trị gần với giá trị định mức của nó.

Trái lại, ở sự truyền tải phù hợp với quy ước của năng lượng ở dòng điện một chiều, ứng dụng các tiristo, sự điều khiển công suất không yêu cầu sự trao đổi thông tin giữa cả hai thiết bị chuyển mạch (xem mục 14.10.5).

Ngoài ra, người ta không cần thiết các bộ lọc to lớn và đắt tiền, vì rằng một lưới điện ở tần số 50HZ hay 60HZ, tần số của các sóng hài chính là khoảng gấp 40 lần tần số sóng cơ bản. Chỉ cần có một bộ lọc $L_2C_2R_2$ đủ để làm triệt tiêu các sóng hài này. Chúng ta hãy nhớ lại rằng sự truyền tải dòng điện một chiều phù hợp với quy ước, chúng ta đã cần một số lượng bộ lọc khá lớn để hấp thụ các sóng hài bậc 5, 7, 11 và 13 (hình 14.17).

Các thiết bị chuyển mạch với MLI cho ta nhiều ưu điểm so với thiết bị chuyển mạch dùng tiristo ứng dụng sự chuyển mạch tự nhiên. Khi mà ta thêm vào ở đây ưu điểm nữa của đường cáp cắm sâu vào đất (đi ngầm trong đất), vì đất sẽ là nơi trú ẩn và tránh được các trận cuồng phong, mưa to gió lớn và tránh được các quy định về đường cáp đi ngang qua; vậy các thiết bị chuyển mạch với MLI trở nên rất hấp dẫn. Tuy nhiên, ta cũng lưu ý là công suất của IGBT sẽ không đạt được như công suất của các tiristo.

Lần đầu tiên trên thế giới của hệ thống truyền tải ở dòng điện một chiều, được biết dưới tên ở thương nghiệp là "HVDC LIGHT" đã được đặt vào năm 1999 trên đảo Gotland ở Thụy Điển. Nó truyền tải một công suất 50MW với khoảng cách 70km xuất phát từ một công viên gió, ở trung tâm thành phố Visby. Hai đường dây cáp làm việc tương ứng với +80KV và -80KV (E_H = 160KV) đã được đi thẳng trong đất nhờ một cái cày được kéo bởi máy kéo. Các thiết bị chuyển mạch với MLI, được nối ở mỗi điểm tận cùng, đã phát ra điện áp ba pha 80KV, 50HZ.

14-19. Ví dụ của hệ thống truyền tải dòng điện một chiều với MLI, cung cấp điện ở địa hình xa

Theo như tiêu đề của ví dụ trên, hình 14.38a cho ta một hệ thống truyền tải dòng điện một chiều, ứng dụng các "máy phát điện tĩnh". Hệ thống gồm một lưới điện mà nó cung cấp điện cho phụ tải đặt cách xa 40km. Cáp điện chôn ngầm làm việc ở điện áp 70KV (+35KV, -35KV) và điện trở của nó là 6,8Ω. Điện áp xoay chiều ở hai đầu tận cùng là 34,5KV, 60HZ, 3 pha. Ở địa

hình, phụ tải kéo ra một công suất tổng là 24MVA ở một hệ số công suất 75%. Công suất tác dụng tổng (3P) là 0,75×24 = 18MW; công suất phản kháng tổng là: $\sqrt{(24^2 - 18^2)} = 15,9\text{MVAR}$

Các giá trị của các thành phần khác được chỉ ở trên hình 14.38a. Người ta cũng cho ta các điện áp và dòng điện, ở địa hình trên, khi kéo ra bởi phụ tải cực đại của nó. Để đưa đến các giá trị được thể hiện trên hình 14.38, người ta đã lập luận như sau đây:

1a) Điện áp dây (từ đường dây đế đường dây) ở những cực của phụ tải $E_{da} = 34.500V$

1b) Điện áp pha (từ đường dây đến trung tính) ở những cực của phụ tải: $34.500/\sqrt{3} = 19.920V$

2) Dòng điện I_a được kéo ra bởi phụ tải:

$$I_a = \frac{S}{E\sqrt{3}} = \frac{24.10^6}{34.500 \times \sqrt{3}} = 401,6A$$

3) Sự lệch pha giữa I_a và điện áp giữa đường dây và trung tính E_{dN} là:

$$\theta_a = \arccos 0,75 = 41,4^\circ$$

4) Điện kháng ở 60HZ của các điện cảm $L_1 = 20mH$ là:

$$x = 2\pi f L_1 = 2\pi \times 60 \times 20 \times 10^{-3} = 7,54\Omega$$

5) Điện áp từ đường dây đến trung tính của thiết bị chuyển mạch 2 là:

$$E_{aN} = 19920 + j \times 7,54 \times 401,6 \ \underline{|-41,4^\circ}$$

$$E_{aN} = 21923 + j2271 = 22040 \ \underline{|5,9^\circ}$$

(xem sơ đồ vectơ hình 14.38b).

6) Điện áp ba pha từ đường dây đến đường dây ở các cực của thiết bị chuyển mạch 2 là: $E_{ab} = 22040 \times \sqrt{3} = 38175V$

7) Công suất một chiều được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch 2 là:

$$3P = 18 \times 10^6 W$$

8a) Điện áp của cáp ở dòng điện một chiều giữa các cực 9 và 10 là:

$$E_H = 70.000V$$

8b) Điện áp một chiều của đường dây trung tính là:

$$E_d = E_{qN} = 70.000/2 = 35.000V$$

9) Dòng điện một chiều được kéo ra bởi thiết bị chuyển mạch 2:

$$I_d = 3P/E_H = 18 \times 10^6/70.000 = 257,1A$$

10) Điện trở của đường cáp ở dòng một chiều

$$R = 6,8\Omega$$

11a) Điện áp một chiều ở các cực của thiết bị chuyển mạch 1 là:

$$E_{78} = 70.000 + 6,8 \times 257,1 = 71.748V$$

11b) Điện áp một chiều của đường dây đến trung tính là:

$$E_{7N} = 71.748/2 = 35.874V$$

12a) Điện áp ba pha từ đường dây đến đường dây của lưới điện:

$$E_{12} = 34.500V$$

12b) Điện áp ba pha từ đường dây đến trung tính của lưới điện:

$$E_{1N} = 34.500/\sqrt{3} = 19.920V$$

13) Công suất tác dụng tổng hợp được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch 1:

$$P = 257,1A \times 71.748V = 18,4MW$$

14) Công suất tác dụng tổng được hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch 1:

$$P = 18,4MW$$

15) Để tối thiểu công suất biểu kiến được kéo ra từ nguồn điện, ta điều chỉnh pha của các điện áp ở những cực 4, 5, 6 của thiết bị chuyển mạch 1 đến mức là hệ số công suất ở những cực 1, 2 và 3 là 100%.

16) Dòng điện được cung cấp bởi lưới điện:

$$I_1 = \frac{S}{E\sqrt{3}} = \frac{18,4 \times 10^6}{34.500 \times \sqrt{3}} = 307,9A$$

17) Điện áp ở những cực của các điện kháng 7,54Ω ở phía trên của thiết bị chuyển mạch 1:

$$E_{14} = 7,54 \times 307,9 = 2322V$$

18) Điện áp từ đường dây đến trung tính ở các cực của thiết bị chuyển mạch 1 là:

$$E_{4N} = 19.920 - j2322 = 20.055V \ \underline{|-6,65^\circ}$$

(xem sơ đồ vectơ hình 14.38c).

19) Sự lệch pha giữa điện áp E_{1N} của lưới điện và điện áp E_{4N} được phát ra bởi thiết bị chuyển mạch 1 là:

$$\theta_1 = 6,65^\circ$$

20) Điện áp ba pha từ đường dây đến đường dây giữa các cực 4, 5 và 6 của thiết bị chuyển mạch 1 là:

$$E_{LL} = 20055\sqrt{3} = 34.735V$$

21) Mạch cộng hưởng nối nối tiếp L_2C_2 được điều hưởng (syntoniser) ở tần số cắt f_c. Nếu ta chọn một quan hệ biến điệu tần số $m_f = f_c/f = 39$, vậy tần số cắt sẽ là:

$$f_c = 39 \times 60HZ = 2340HZ$$

Vậy, mạch L_2C_2 sẽ được điều hưởng ở tần số này. Cụ thể các sóng hài chính từ đường dây đến đường dây sẽ là:

$$f_{H1} = (2340 + 2 \times 60) = 2460HZ$$

$$f_{H2} = (2340 - 2 \times 60) = 2220HZ$$

Các tần số sóng hài này rất gần với tần số cắt $f_c = 2340HZ$.

22) Ở hình 14.39 cho ta dạng sóng của điện áp với MLI giữa các cực 4 và trung tính của thiết bị chuyển mạch 1. Thành phần cơ bản có một giá trị đỉnh $20.055\sqrt{2} = 28.360$V. Các dạng của sóng cơ bản giữa cực 5 và 6 với trung tính cũng tương tự như vậy, nhưng lệch pha 120°.

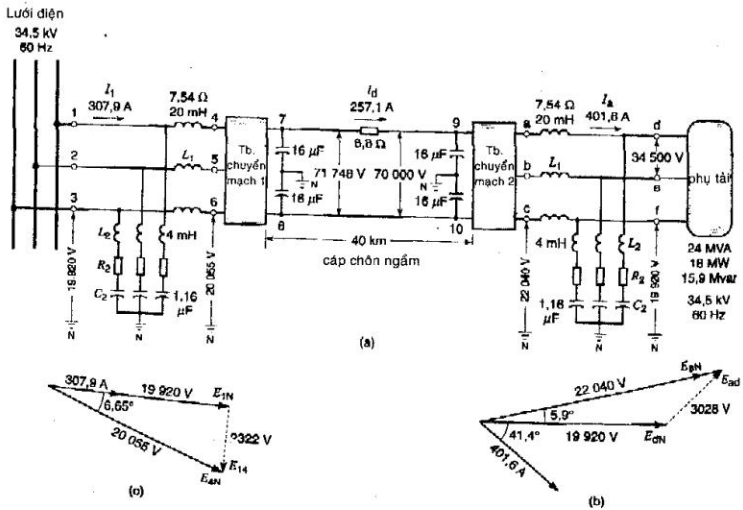
23) Dạng sóng giữa cực a và trung tính của thiết bị chuyển mạch 2 cũng tương tự với dạng sóng của hình 14.39, ngoại trừ rằng biên độ của thành phần cơ bản là:

$$22.040 \times \sqrt{2} = 31.169\text{V}$$

24) Nhớ rằng các điện áp giữa các cực *1, 2 và 3* không phải được điều hưởng với các điện áp giữa các cực *d*, e và f.

14-20. Tóm tắt chương 14.

Sự ứng dụng tiristo công suất lớn và hệ thống điều khiển hoàn thiện đã cho phép phát triển rất tốt việc truyền tải năng lượng ở dòng điện một chiều. Phương pháp truyền tải này có rất nhiều ưu điểm so với truyền tải trên đường dây ở dòng điện xoay chiều khi mà ta phải truyền tải công suất lớn (hàng trăm mêgawatt) trên một khoảng cách lớn. Người ta ứng dụng cùng phương pháp luận khi phải thực hiện nối giữa hai lưới điện ở dòng điện xoay chiều với nhau, làm việc ở các tần số khác nhau hay hai lưới điện có cùng tần số nhưng không đồng bộ.

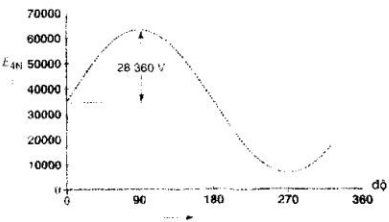


Hình 14-38. a) Ví dụ của hệ thống truyền tải ở dòng điện một chiều, ứng dụng các thiết bị chuyển mạch với MLI (PWM); b) Sơ đồ vectơ ở một khu vực địa hình; c) Sơ đồ vectơ về phía lưới điện phụ tải

Bên cạnh đường dây ở dòng một chiều và hai thiết bị chuyển mạch (một chỉnh lưu và một nghịch lưu), một hệ thống truyền tải ở dòng điện một chiều thực tế là gồm: *các máy biến*

áp của các bộ chuyển mạch với sự thay đổi đầu phân áp mà chúng cung cấp cho các thiết bị chuyển mạch có 6 hay 12 xung, các nguồn công suất phản kháng, các bộ lọc và các hệ thống điều khiển, mà chúng trao đổi các thông tin thông qua đường nối viễn thông. Các sự thay đổi đầu phân áp cho phép bù trừ các dao động của điện áp của lưới điện xoay chiều và giới hạn sự tiêu thụ công suất phản kháng bằng cách giới hạn các góc kích α. Công suất phản kháng được tiêu thụ bởi cả hai thiết bị chuyển mạch có thể được cung cấp bởi thiết bị bù đồng bộ hay thiết bị bù tĩnh, hay bằng các dãy tụ bù và của các bộ lọc. Về phía dòng điện xoay chiều, các bộ lọc nối shunt sẽ cản trở các sóng hài lẻ sẽ có thể truyền đi trên lưới điện. Cũng tương tự, về phía dòng điện một chiều, các cuộn dây điện cảm làm trơn và các bộ lọc nối shunt sẽ làm dừng các sóng hài chẵn.

Một cách khái quát, hệ thống truyền tải ở dòng điện một chiều và thường là hai cực (cực + và cực -); điều này tránh được sự lưu thông của dòng điện trong đất. Trong trường hợp sự cố ở một trong hai cực, hệ thống được tiếp nhận để làm việc một cách tạm thời theo phương cách một cực. Khi đó, dòng điện quay trở về sẽ được đi qua các điện cực của hệ thống nối đất và chạy trong đất hay trong một đường dẫn trung tính. Chúng ta đã giải thích và minh họa các đường liên hệ ở dòng điện một chiều thông qua nhiều ví dụ thực tế. Phần lớn các hệ thống truyền tải năng lượng một chiều giữa hai trạm điện. Bây giờ, đã có các hệ thống nhiều đường tận cùng mà nó cho phép trích lấy năng lượng hay bơm thêm năng lượng dọc theo tuyến đường dây dòng một chiều. Đường dây ba đầu tận cùng nối hệ thống tổng hợp hoàn chỉnh La Grande của lưới thủy điện Hydro-Québec và Nouvelle-Angleterre là một ví dụ.



Hình 14-39. Dạng sóng của điện áp MLI giữa các cực 4 và N của thiết bị chuyển mạch 1 (hình 14.38). Tần số cắt f_c là 2340HZ. Thành phần hình sin có tần số 60HZ và một biên độ 28.360V

Công suất được truyền tải trên đường dây ở dòng điện một chiều phụ thuộc vào điện trở của đường dây và các điện áp một chiều được phát ra bởi thiết bị chỉnh lưu và nghịch lưu. Góc kích của các tiristo được điều khiển theo cách làm sản sinh ra, đối với cả hai thiết bị chuyển mạch; các đường đặc tính điện áp - dòng điện, các đường đặc tính này *bảo đảm làm việc ổn định, độc lập với các dao động điện áp trên lưới điện ở dòng điện xoay chiều.* Bình thường, thiết bị chỉnh lưu sẽ kiểm soát dòng điện, trong khi mà thiết bị nghịch lưu sẽ kiểm soát điện áp. Khi đó, khi mà điện áp xoay chiều ở chỉnh lưu giảm đi với mức độ quan trọng, ví dụ như: trong giai đoạn có sự cố ngắn mạch, thì thiết bị nghịch lưu sẽ vượt qua một cách chớp nhoáng bằng cách điều khiển dòng điện và áp đặt một dòng điện mà giá trị nằm dưới giá trị "nhốt" của dòng điện chỉnh lưu. Sự chênh lệch của hai dòng điện này là *dòng điện bờ* hay dòng điện mép.

Cuối cùng, chúng ta lưu ý sự đưa vào gần đây của truyền tải ở dòng điện một chiều bằng cách sử dụng các thiết bị chuyển mạch dùng IGBT và sự chuyển mạch với MLI (hay PWM); ngược lại với hệ thống quy ước với tiristo, hệ thống ở dòng điện một chiều này không yêu cầu các thiết bị của bọ lọc đắt tiền, các máy biến áp cũng như không cần các nguồn công suất phản kháng. Ngoài ra, với cách dùng cáp đi ngầm trong đất, ta tránh được các vấn đề về các quy định khi cho cáp đi băng qua và các hậu quả của thời tiết xấu, giông bão.v.v...

Chương 15
KIỂM SOÁT TĨNH LƯỚI ĐIỆN

15-1. Khái quát.

Sự phát triển của điện tử công suất đã bắt đầu làm phát sinh những thay đổi lớn hơn đối với lưới điện truyền tải và phân phối.

Không kể đến một số khí cụ điện đã ứng dụng điện tử công suất (máy cắt điện, máy biến áp có các đầu phân áp thay đổi và các bộ tụ bù tĩnh dùng tiristo), các lưới điện truyền tải và phân phối cho đến thời gian gần đây đã đáp ứng như là các trang thiết bị thụ động. Vả lại, sự bố trí mạng lưới của các đường dây ngày càng nhiều và dày đặc đã đòi hỏi phải giải quyết cấp bách việc kiểm soát công suất truyền tải với thời gian ngắn nhất.

Sự phức tạp của mạng lưới điện cũng đòi hỏi các yêu cầu của việc an toàn phải được tăng lê, để sao cho các nhiễu khu vực tại chỗ sẽ không tạo nên các mất ổn định, mà các mất ổn định này có thể lan truyền trên toàn lưới điện.

Khi mà sự kêu gọi hay yêu cầu công suất liên tục tăng lên, thì nó sẽ trở nên càng khó khăn để thực hiện xây dựng thêm các tuyến truyền tải và phân phối mới nữa. Do vậy nên các tập đoàn điện lực đang tìm cách để tăng thêm công suất mà có thể vận chuyển được trên các đường dây truyền tải hiện có, trong chừng mực mà không gây ảnh hưởng đến tính tin cậy và tính ổn định của nó. Một cách lý tưởng, người ta mong muốn sự truyền tải trong giới hạn khả năng chịu nhiệt của dây dẫn điện, và sử dụng toàn bộ các đường dây của lưới điện dành cho việc vận chuyển yêu cầu của phụ tải điện.

Một trong những vấn đề lớn là sự ngẫu nhiên (như ngắn mạch, mở không yêu cầu hay mở không đúng lúc một tuyến đường dây...) có thể làm mất ổn định một lưới điện lớn dù cho với thời gian ít hơn một giây. Kết quả, điều này sẽ dẫn đến các máy cắt điện phải mở ra thật nhanh, dù rất nhanh chóng nhằm giới hạn các tổn thất.

Bây giờ, người ta dự kiến sử dụng các đường dây mang tính hoạt động hơn hay không còn bị thụ động nữa; theo cách hiểu rằng *các đường dây này sẽ phản ứng lại gần như tức thời đối với sự ngẫu nhiên này và ngăn trở đối với tình trạng chứa đựng tiềm năng nguy hiểm này*. Sự phản ứng nhanh chóng này được thực hiện tốt đẹp nhờ các linh kiện tiristo và GTO, chúng có thể kiểm soát các dòng điện đến hàng nghìn ampe dưới điện áp hàng nghìn vôn. Chúng ta đã có dịp tìm hiểu và thấy rằng, *các cầu dao điện tử đã được dùng trong lưới điện một chiều, đã làm việc đến điện áp hàng trăm kilovôn.*

Trong phần này, chúng ta sẽ nghiên cứu các thiết bị kiểm soát, sử dụng linh kiện bán dẫn, mà chúng ta đã được nghiên cứu và phát triển sử dụng chúng ở lưới điện xoay chiều.

Chúng ta khởi đầu với các thiết bị kiểm soát đối với các đường dây truyền tải, luôn luôn được tập hợp dưới cái tên là *FACTS* (Flexible AC Transmission Systems). Chương trình "FACTS" đã được tiến hành bởi Viện nghiên cứu chuyên về công suất điện của Palo-Alto, viết tắt là EPRI (Electric Power Research Institute) nằm ở California (Hoa Kỳ), với sự hợp tác cùng với các nhà chế tạo các khí cụ thiết bị điện và các công ty điện lực.

Kế tiếp, chúng ta sẽ nghiên cứu các thiết bị kiểm soát tĩnh, được ứng dụng vào các lưới phân phối.

A. CÁC THIẾT BỊ KIỂM SOÁT ĐỐI VỚI LƯỚI ĐIỆN TRUYỀN TẢI

Chúng ta hãy nghiên cứu liên tiếp các khí cụ điện sau đây đã được sử dụng trên các lưới điện truyền tải:

a) Thiết bị bù tĩnh, dùng tiristo "*SVC*" (static var compensator).

b) Dung kháng nối tiếp được điều khiển bằng tiristo "TCSC" (thyristor controlled series capacitor).

c) Thiết bị bù tĩnh đồng bộ với chuyển mạch được tăng cường "STATCOM" (static synchronous compensator).

d) Kiểm soát công suất vạn năng UPFC (unified power flow controller).

e) Thiết bị chuyển mạch tần số tính.

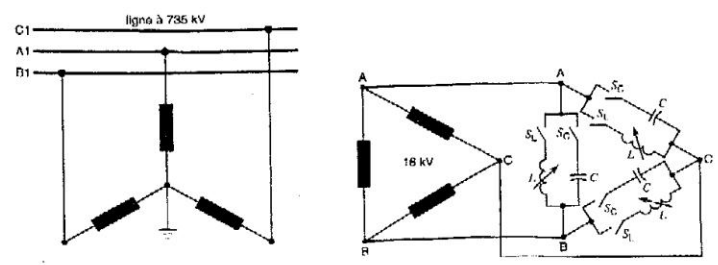
15-2. Thiết bị bù tĩnh (SVC).

Ta đã thấy rằng: ta có thể tăng hay giảm điện áp của đường dây truyền tải bằng cách nối vào đấy một bộ tụ bù hay một bộ cảm kháng được nối shunt, để phát ra hay hấp thụ công suất phản kháng. Sự thao tác này có thể thực hiện một cách tự động bằng cách sử dụng một bộ bù tĩnh. Để giải thích sự làm việc của bộ này, chúng ta hãy dùng các giá trị số học đặc trưng của các thiết bị bù tĩnh được đặt vào lưới điện công suất lớn.

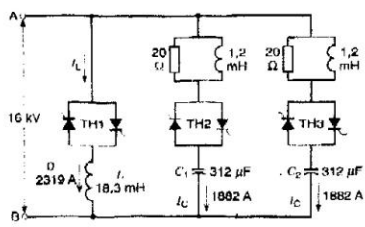
Thiết bị bù tĩnh được tạo nên từ một máy biến áp hạ áp, ở phần hạ áp được nối vào cuộn điện kháng biến đổi L và một tụ điện C (hình 15.1). Các phụ tải phản kháng này được nối vào hay tách ra một cách tương ứng nhờ các công tắc tơ S_L và S_C, tổ hợp với các tiristo ở cách đấu "đầu - mai". Trên các lưới điện 735KV, 60HZ, các cuộn dây sơ cấp được nối thành hình Y, trong khi mà cuộn dây thứ cấp 16KV lại nối hình Δ. Các bối dây của máy biến áp được thể hiện bằng các hình chữ nhật màu đen.

Hình 15.2 chỉ rõ một cách chi tiết, nhánh AB của phụ tải phản kháng ba pha được nối vào thứ cấp của máy biến áp. Nhánh này gồm một điện cảm và hai tụ điện. Điện cảm kháng L là 18,3mH được nối đến với hai tiristo theo cách đối nhau và song song nhau. Bằng cách thay đổi góc chậm kích α từ 90° đến 180°, ta có thể làm thay đổi dòng điện cảm ứng từ 0A đến giá trị 2319A. Chúng ta sẽ giải thích sau này về sự làm việc của cách mắc như hình 15.1 và 15.2.

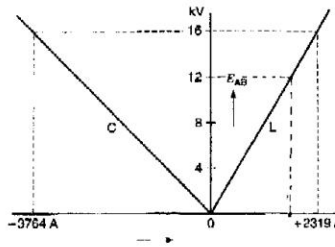
Tụ điện C_1 là 312μF được nối nối tiếp với hai tiristo và *một mạch suy giảm* gồm có điện cảm 1,2mH, song song với điện trở 20Ω.



Hình 15-1. Mạch điện của một thiết bị bù tĩnh gồm các cuộn điện cảm thay đổi L và các tụ điện vận hành



Hình 15-2. Sơ đồ chi tiết của một nhánh



Hình 15-3. Đường cong điện áp V của thiết bị bù tĩnh

Trái với nhánh cảm ứng, nơi mà dòng điện có thể được điều chỉnh theo cách liên tục từ không đến giá trị định mức của nó, *các nhánh điện dung được điều khiển theo cách "toàn bộ hay không có gì"*. Tùy theo tiristo dẫn hay không dẫn, dòng điện điện dung là từ 1882A đến không (zêrô). Một mạch điện đồng dạng tương tự chứa tụ điện C_2 cho phép ta gấp đôi công suất điện dung.

Ví dụ 15.1 Biết rằng cảm kháng L của hình 15.2 là 18,3mH và điện áp là 16KV, 60HZ; hãy tính giá trị của dòng điện hiệu dụng cực đại max và công suất phản kháng tổng.

Bài giải: Điện cảm kháng L là:

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 60 \times 18,3 \times 10^{-3} = 6,9\Omega$$

Dòng điện hiệu dụng cực đại ($\alpha = 90^0$)

$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{16.000V}{6,9\Omega} = 2319A$$

Công suất phản kháng trên một pha:

$$Q = X_L I_L^2 = 6,9 \times 2319^2 = 37,1\,MVAR/pha$$

Công suất phản kháng của 3 pha:

$$Q_{tổng} = 3 \times 37,1 = 111,3\,MVAR$$

Ví dụ 15.2 Điện dung C_1 của hình 15.2 là 312μF. Tính giá trị của dòng điện điện dung và của công suất phản kháng tổng.

Bài giải: Điện dung kháng là:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{10^6}{2\pi \times 60 \times 312} = 8,5\Omega$$

Dòng điện điện dung: $I_C = \frac{E}{X_C} = \frac{16.000V}{8,5\Omega} = 1882A$

Công suất phản kháng trên một pha:

$$Q = X_C I_C^2 = 8,5 \times 1882^2 = -30,1\,MVAR/pha$$

Công suất phản kháng trên 3 pha:

$$Q_{tổng} = 3 \times (-30,1) \approx -90\,MVAR$$

15-3. Đặc tính V-I của thiết bị bù tĩnh.

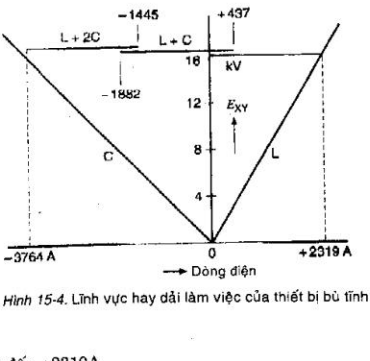
Chúng ta giả thiết là các tụ điện được mở ra khỏi nhánh và điện áp thứ cấp của máy biến áp là 16KV. Chúng ta hãy điều chỉnh góc kích α của tiristo bằng cách điều khiển nhánh cảm ứng 90°, theo cách thu nhận được sự dẫn điện được đầy đủ. Dòng điện trong các cảm kháng khi đó là ở giá trị cực đại của nó, tức là 2319A, và công suất phản kháng toàn bộ là 111MVAR.

Tuy rằng điện áp định mức là 16KV, điện áp này có thể làm dao động đáng kể, khi có một sự xuất hiện ngẫu nhiên của lưới điện. Đường thẳng L (hình 15.3) chỉ cho ta quan hệ giữa điện áp E_{AB} và dòng điện I_L. Ví dụ, khi điện áp hạ đến 12KV, dòng điện sẽ giảm đến

$$I_{12KV} = (12KV/16KV) \times 2319A = 1739A$$

Như vậy, dòng điện đã hạ đi 25%, nhưng công suất đã mất một ít, chỉ còn đến: 12KV × 1739A × 3 = 62,6MVAR. Điều này thể hiện một sự giảm mất 43,6% so với giá trị định mức của nó là: 111,3MVAR. Rõ ràng là một sự giảm đi của điện áp sẽ làm giảm đi khá nhiều công suất phản kháng mà thiết bị bù phải đáp ứng được.

Khi mà cảm kháng được mở ra khỏi nhánh và hai tụ điện được đưa vào làm việc, dòng điện tổng trên pha dưới điện áp 16KV là: 2 × 1882A = -3764A. *Thông thường được lồng vào dấu (-) ở dòng điện điện dung này để phân biệt với dòng điện điện cảm.* Quan hệ giữa dòng điện và điện áp như vậy là một đường thẳng mới, được ký hiệu là C (hình 15.3). Các đường thẳng L và C tạo thành một tập hợp đó là *"đường cong V"* mà đường cong này tương ứng với những giới hạn của cuộn cảm kháng và điện dung của thiết bị bù tĩnh. Như vậy, ở điện áp định mức 16KV, đường cong trải từ -3764A đến +2319A.



Hình 15-4. Lĩnh vực hay dải làm việc của thiết bị bù tĩnh

Bên cạnh điện áp định mức, thiết bị bù có thể kéo một dòng điện phản kháng bao gồm giữa +2319A và -3764A. Ta thực hiện sự biến đổi này bằng cách làm hoạt động trên số lượng của tụ điện đưa vào làm việc và bằng cách làm thay đổi dòng điện cảm giữa giá trị không và +2319A. Ta thực hiện các tổ hợp như sau:

a) Chỉ có L đưa vào làm việc:

→ Dòng điện điều chỉnh đi từ không (zêrô) đến +2319A

b) L và C_1 đưa vào làm việc:

→ Dòng điện điều chỉnh từ -1882A đến +437A

c) L và C_1, C_2 đưa vào làm việc:

→ Dòng điện điều chỉnh từ -3764A đến -1445A

Cả ba dải hoạt động được thể hiện ở hình 15.4.

Ta sẽ ghi nhớ rằng các dải làm việc phủ kín cho nhau. Sự xếp đè lên nhau này được yêu cầu để bảo đảm một sự chuyển đổi ổn định khi mà thao tác các nhánh điện dung. Chúng ta cũng nhớ là chiều rộng của dải sẽ giảm đi theo tỷ lệ với điện áp của lưới điện.

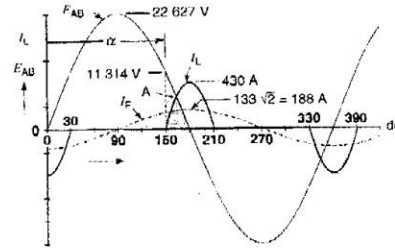
15-4. Sự làm việc của cảm kháng được điều khiển bằng tiristo.

Ta có thể làm thay đổi dòng điện trong cảm kháng L bằng cách điều chỉnh góc kích chậm α giữa 90° và 180°.

Hình 15.5 chỉ rõ dạng sóng của dòng điện được đẩy vào khi α = 150°. Giá trị của dòng điện tức thời được cho bởi công thức:

$$I_{L(t)} = \frac{A}{L}$$

với A là số lượng vôn-giây được áp đặt tại các cực của cảm kháng L kể từ lúc bắt đầu dẫn điện. Số lượng vôn-giây đạt đến cực đại ở 180°, vì rằng, đi qua góc này, điện áp A_{AB} được áp đặt trở nên âm.



Hình 15-5. Dạng sóng của điện áp và của dòng điện trong cảm kháng L khi sự dẫn điện được kích ở góc α = 150°

Ví dụ 15.3 Đối chiếu ở hình 15.5, góc chậm kích α = 150°, cảm kháng L = 18,3mH và điện áp hiệu dụng là 16KV, 60HZ. Tính toán giá trị đỉnh gần đúng của dòng diện.

Bài giải: Giá trị đỉnh của điện áp

$$E_m = 16.000\sqrt{2} = 22627V$$

Điện áp ở 150°:

$$E_{150} = E_m \sin 150° = 22627 \times 0,5 = 11314V$$

Khoảng thời gian giữa 150° đến 180° là:

$$\Delta t = \frac{30}{360} \times \frac{1}{60} s = 1,39ms$$

Vì diện tích A là hình tam giác (gần như hoàn toàn tam giác) nên số lượng vôn-giây được cho bởi:

$$A = \frac{11314V \times 1,39 \times 10^{-3}}{2} = 7,80V.s$$

Dòng điện đỉnh I_p trong cảm kháng (tính gần đúng):

$$I_p = \frac{A}{L} = \frac{7,86}{18,3 \times 10^{-3}} = 430A$$

15-5. Thành phần hiệu dụng của dòng điện cơ bản.

Giá trị chính xác của dòng điện đỉnh được cho bởi biểu thức sau:

$$I_p = \frac{E\sqrt{2}}{2\pi f_L}(1 + \cos\alpha) \qquad (15.1)$$

Ở đây: I_p - dòng điện đỉnh trong cảm kháng, [A]

E - điện áp hiệu dụng áp đặt lên cảm kháng, [V]

α - góc kích, [°]

f - tần số của lưới điện, [HZ]

L - giá trị của cảm kháng, [H]

Nếu ta áp dụng biểu thức này ở ví dụ 15.3, ta sẽ thu được:

$$I_p = \frac{E\sqrt{2}}{2\pi fL}(1+\cos\alpha) = \frac{16.000\sqrt{2}}{2\pi \times 60 \times 18,3.10^{-3}}(1+\cos 150^n)$$

$$I_p = 439A$$

Ta nhận thấy rằng giá trị gần đúng của dòng điện đỉnh (430A) mà ta đã tính toán gần với giá trị đỉnh khi tính chính xác (439A).

Dòng điện được đẩy vào bao gồm thành phần cơ bản và các sóng hài, và đặc biệt có sóng hài bậc 3. Sóng hài này chạy trong tam giác tạo nên bởi các phần tử L, C của hình 15.1. *Kết quả, sóng hài bậc 3 cũng như các sóng hài bội số của bậc 3 không xuất hiện trong các cuộn dây của máy biến áp, cũng không xuất hiện trong lưới điện.*

Vậy, chính là thành phần cơ bản của dòng điện đã được đẩy vào, mà nó là thành phần quan trọng trước tiên, thành phần này được cho bởi biểu thức:

$$I_F = \frac{E}{2\pi fL}\left(2 - \frac{\alpha}{90} + \frac{\sin 2\alpha}{\pi}\right), \quad (15.2a)$$

với: I_F - dòng điện hiệu dụng cơ bản, [A]

E - điện áp hiệu dụng được đặt vào cảm kháng, [V]

α - góc kích mồi, [$90° < \alpha < 180°$]

f - tần số của lưới điện, [HZ]

L - giá trị của cảm kháng, [H]

Ta nhận thấy: dòng điện cơ bản giảm tùy theo góc kích tăng vượt quá 90°. Điều này giống như điện kháng cảm ứng của cuộn cảm tăng với α. Cụ thể, điện kháng hiệu dụng: $x_{eff} = \frac{E}{I_F}$ được cho bởi biểu thức sau (15.2b):

$$x_{eff} = \frac{2\pi fL}{\left(2 - \frac{\alpha}{90} + \frac{\sin 2\alpha}{\pi}\right)}, \quad (15.2b)$$

Ở đây, các ký hiệu có cùng ý nghĩa như đã trình bày ở trên.

Ví dụ 15.4 Đối chiếu với hình 15.5, góc chậm kích α = 150°, cảm kháng L = 18,3mH, điện áp hiệu dụng là 16KV, 60HZ. Hãy tính:

a) Giá trị của dòng điện cơ bản trong cảm kháng.

b) Công suất phản kháng tổng được hấp thụ bởi bộ tụ bù tĩnh.

c) Giá trị hiệu dụng của điện kháng.

Bài giải:

a) Dòng điện cơ bản: $I_F = \frac{E}{2\pi fL}\left(2 - \frac{\alpha}{90} + \frac{\sin 2\alpha}{\pi}\right)$ (pt.15.2)

$$I_F = \frac{16.000}{2\pi \times 60 \times 0{,}0183}\left[2 - \frac{150}{90} + \frac{\sin(2 \times 150)}{\pi}\right]$$

$$I_F = 2319\left[2 - 1{,}667 + \frac{(-0{,}866)}{\pi}\right] = 133\text{A}$$

b) Công suất phản kháng tổng:

$$Q = 3EI = 3 \times 16.000 \times 133 = 6{,}38\text{MVAR}$$

c) Điện kháng hiệu dụng

$$x_{eff} = \frac{2\pi fL}{\left(2 - \frac{\alpha}{90} + \frac{\sin 2\alpha}{\pi}\right)}, \quad (15.2b)$$

$$x_{eff} = \frac{2 \times 60 \times 0{,}0183}{\left(2 - \frac{150}{90} + \frac{\sin 300}{\pi}\right)} = \frac{6{,}9}{2 - 1{,}667 - 0{,}275} = 120\Omega$$

Khi $\alpha = 150^o$, điện kháng hiệu dụng của cuộn cảm kháng gấp 17 lần cao hơn điện kháng thực chất của nó (6,9Ω).

15-6. Hệ thống điều khiển và thời gian đáp ứng của thiết bị chuyển mạch tĩnh.

Thiết bị bù tĩnh SVC cho phép ổn định rất nhanh điện áp của lưới điện đến giá trị "nhốt". Hệ thống điều khiển đọc thường xuyên điện áp đo được ở sơ cấp của máy biến áp được nối vào (hình 15.1). Điện áp này được so sánh với giá trị "nhốt". Nếu điện áp thay đổi tiếp theo sự thao tác, hay từ một sự mất ổn định của lưới điện, thì sự sai lệch này sẽ được dò tìm bởi hệ thống điều khiển. Điều này được điều chỉnh trở lại một cách tự động công suất phản kháng đã hấp thụ hay được phát ra. *Bằng cách lựa chọn số lượng gần đúng thích hợp, thì số lượng tụ đưa vào làm việc, và góc kích α của cảm kháng sẽ tương ứng.*

So sánh với thiết bị bù đồng bộ dạng quay, thì *thời gian đáp ứng của thiết bị tụ điện tĩnh sẽ nhanh hơn*, ít nhất hàng trăm lần. Tốc độ đáp ứng là do sự tác động của các tiristo.

15-7. Điện dung nối nối tiếp được điều khiển bởi tiristo ở thiết bị TCSC.

Chúng ta biết ở các tài liệu chuyên đề là: ta có thể tăng công suất được truyền tải bởi đường dây ba pha, bằng cách thêm vào đường dây một điện dung cố định, nối nối tiếp với mỗi pha. Điều này có tác dụng làm giảm điện cảm kháng của đường dây. Công suất tác dụng tổng được vận chuyển giữa hai vùng A và B được cho bởi biểu thức:

$$P = \frac{E_A.E_B}{X_{eff}} \sin\delta, \quad (15.3)$$

với: P - công suất tác dụng tổng được vận chuyển, [MW]

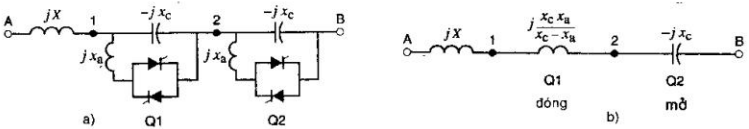
E_A - điện áp từ đường dây đến đường dây (điện áp dây) ở cực A của đường dây, [KV]

E_B - điện áp dây ở cực B của đường dây, [KV]

X_{eff} - điện kháng hiệu dụng của đường dây, trên pha, [Ω]

δ - góc giữa các điện áp ở hai cực của đường dây, tính [°]

TCSC (viết tắt chữ "thyristor - controlled serie capacitor) là thiết bị có các tụ điện nối nối tiếp được kiểm soát bằng tiristo, cho phép thực hiện sự thay đổi công suất P, bằng cách tác động trên giá trị X_{eff}. Ví dụ, ta hãy nghiên cứu hình 15.6a, tại đây, đường dây có một điện kháng X liên hệ giữa hai vùng A và B. Hai bộ tụ điện có điện dung kháng x_c được nối nối tiếp với đường dây. Mỗi bộ tụ điện có thể được nối song song với một điện cảm kháng x_a nhờ sự giúp đỡ của van Q. Van này gồm có hai tiristo nối song song nghịch nhau như hình 15.6a. Giá trị của x_a được dự kiến để có thể cảm nhận, được nằm dưới giá trị điện dung kháng x_c.



Hình 15-6. a) Một pha của đường dây ba pha với đặt tụ bù nối tiếp của thiết bị TCSC; b) Tổng trở khi đường dây được bù từng phần

Khi các van Q_1 và Q_2 được dừng lại, chỉ có các tụ điện được nối nối tiếp với đường dây, đến mức là điện kháng hiệu dụng của nó là:

$$X_{eff} = X - 2x_c, \qquad (15.4a)$$

Trái lại, nếu Q_1 được kích mồi đến mức mà Q_1 dẫn điện ở mọi thời điểm, thì x_a sẽ được nối song song với x_c. Tổng trở giữa các điểm 1 và 2 trở nên cảm kháng; nó có giá trị $x_p = jx_c.x_a/(x_c - x_a)$ xem hình 15.6b. Vậy điện kháng hiệu dụng của đường dây là bằng với tổng trở điện kháng được chỉ ở trên hình 15.6b, tức là:

$$X_{eff} = X + \frac{x_c.x_a}{x_c - x_a} - x_c, \qquad (15.4b)$$

Vì các van Q_1 và Q_2 có thể được kích một cách độc lập với nhau, nên điện kháng hiệu dụng cũng có thể có giá trị:

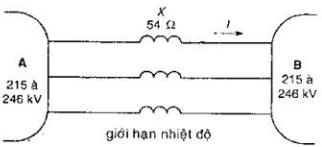
$$X_{eff} = X + 2\frac{x_c.x_a}{x_c - x_a}, \qquad (15.4c)$$

Vậy TCSC có thể sinh ra ba giá trị phân biệt của X_{eff}. Kết quả, đối với góc lệch pha δ cho giữa hai vùng, công suất P cũng có thể có ba giá trị khác nhau. Sự *thay đổi của một công suất từ một giá trị này sang một giá trị khác gần như tức thời, vì sự kích mồi các van thực hiện tối đa ít hơn nửa chu kỳ*. Sự thay đổi cực nhanh của công suất này tạo nên ưu điểm khi mà ta phải duy trì tính ổn định của vùng này hay vùng khác của một trong hai vùng.

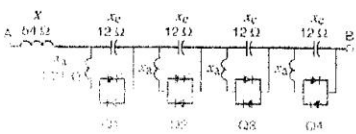
Ví dụ 15.5 Một đường dây truyền tải ba pha 230KV, 60HZ, nối liền hai khu vực công suất A và B. Đường dây có một chiều dài 110km và tổng trở của nó là 54Ω trên pha (hình 15.7). Tiết

diện dây dẫn là 1000 kcmil [*] (= 1000 × 0,5067mm^2), và vì lý do về nhiệt lượng, nên cường độ của dây dẫn được giới hạn ở 1050A.

Điện áp của hai vùng thay đổi bất ngờ giữa 215KV và 246KV. Thêm vào đó, sự lệch pha δ giữa hai vùng tình cờ là giữa 4° và 17°. Khi đó, điện áp của vùng A luôn luôn đi trước của vùng B. Kết quả, công suất tác dụng sẽ luôn luôn đi từ vùng A hướng về vùng B.



Hình 15-7. Đường dây dài 110km, $\delta = 4^0$ đến 17^0, tiết diện 1000 kcmil = 506,7mm^2, dây được giới hạn nhiệt độ ở 1050A. Đường dây truyền tải giữa hai vùng A và B (ví dụ 15.5)



Hình 15-8. Đường dây truyền tải với TCSC. TCSC có 4 môđun tụ điện/điện cảm kháng được điều khiển bằng tiristo

Đường dây được sử dụng chủ yếu là xuất công suất từ vùng A đến vùng B và tạo nên một nguồn thu lợi quan trọng. Vậy nên ở mọi thời điểm, đường dây này sẽ phải vận chuyển công suất cực đại của nó, song không được vượt quá giới hạn nhiệt cho phép.

Để đạt được mục tiêu này, ta hãy xem ví dụ sau: Một thiết bị TCSC gồm có bốn bộ tụ điện, điện dung kháng 12Ω được nối nối tiếp với đường dây. Mỗi bộ tụ điện có thể được nối song song với một điện cảm kháng x_a = 1,71Ω nhờ trung gian của van Q (hình 15.8). Thực tế, các điện trở biến đổi oxýt kẽm và một máy cắt điện được đưa vào để bảo vệ các bộ tụ điện đối với quá điện áp. Sự bố trí như vậy không được thể hiện trong hình vẽ.

Hãy tính: a) Tổng trở cung cấp bởi một trong các môđun tụ điện/ cảm kháng khi mà van của nó dẫn điện.

b) Công suất cực đại mà đường dây có thể vận chuyển.

c) Biết rằng ta muốn truyền tải công suất lớn nhất cho phép, vậy cấu hình của các đơn vị phải thế nào? (số lượng van Q_1, Q_2... đưa vào làm việc) khi mà điện áp vùng A là 218A và điện áp của vùng B là 237KV, góc giữa hai điện áp là $\delta = 15^0$).

Bài giải: Điện cảm kháng x_p khi x_c được nối song song với x_a (hình 15.8)

a) $$x_p = \frac{x_c . x_a}{x_c - x_a} = \frac{12 \times 1,71}{12 - 1,71} = 2\Omega$$

b) Công suất cực đại mà đường dây có thể vận chuyển, phụ thuộc vào điện áp định mức của nó (230KV) và vào dòng điện cực đại (1050A)

$$P_{\text{định mức}} = EI\sqrt{3} = 230.000 \times 1050 \times \sqrt{3} = 418MW$$

---

[*] Người ta thường dùng đường kính để xác định cỡ dây dẫn. Giá trị đường kính đôi khi được xác định bằng "mils". "Mil" là một đơn vị chiều dài Anh có một phần nghìn "pouce", một "pouce" đọc là pút bằng 0,0254m. Một "kilocircular" mil viết tắt là kcmil là một đơn vị bề mặt bằng với 1000 cmil

1kcmil = 1000cmil = 0,5067mm^2

c) Trong năng lực có thể, đường dây phải vận chuyển công suất định mức khi E_A = 218KV, E_B = 237KV và $\delta = 15^\circ$, xuất phát từ những dữ liệu này, ta có thể tính toán giá trị X_{eff} như sau:

$$P = \frac{E_A \cdot E_B}{X_{eff}} \sin\delta \quad \text{(pt.15.3)}$$

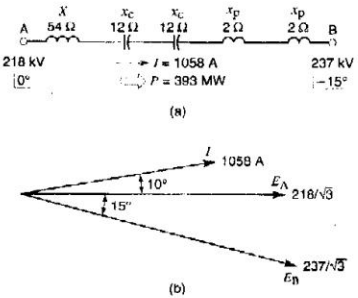
$$418 = \frac{218 \times 237}{X_{eff}} \sin 15^\circ \rightarrow$$

Từ đây ta có:

$$X_{eff} = \frac{218 \times 237}{418} \sin 15^\circ = 32\Omega$$

Bằng cách mò mẫm, ta thấy rằng cấu hình tối ưu để nhận được một tổng trở khoảng 32Ω tương ứng với cấu hình 15.9a. Ta nhận xét rằng hai van Q_3 và Q_4 sẽ dẫn khi mà cả hai van kia được mở ra (Q_1 và Q_2 mở). Do vậy nên điện kháng của đường dây là:

$$X_{eff} = 54\Omega - 24\Omega + 4\Omega = 34\Omega$$



Hình 15-9. Cấu hình của mạch điện và sơ đồ vectơ đối với một điều kiện riêng biệt (hình ví dụ 15.5)

Vậy công suất truyền tải sẽ là:

$$P = \frac{E_A \cdot E_B}{X_{eff}} \sin\delta = \frac{218 \times 237}{34} \sin 15^\circ = 393\text{MW}$$

Công suất này là tương đối gần với công suất cực đại (418MW). Sơ đồ vectơ tương ứng với điều kiện này được thể hiện ở hình 15.9b.

Ví dụ này chỉ ra rằng: *bằng cách kích một số thích hợp các van, đường dây có thể vận chuyển ở mọi thời điểm một công suất gần bằng công suất định mức.* Cụ thể, giá trị của X_{eff} có thể đi qua từng chặng, từ:

$$X_{eff} = 54\Omega - 4 \times 12 = 6\Omega$$

đến $X_{eff} = 54\Omega + 4 \times 12 = 62\Omega$

15-8. TCSC ở sự kiểm soát liên tục.

Thay vì làm dẫn các van Q của hình 15.8 theo cách gián đoạn, tức là "toàn bộ hay không có gì", chúng ta giả thiết rằng các van được kích ở góc kích giữa 90° và 180°, giống như trong trường hợp của cảm kháng được kiểm soát từ một bộ tụ điện bù tĩnh. Cách kiểm soát liên tục này (kiểm soát du xích hay kiểm soát theo dạng thước chạy - vernier control) cho phép thực hiện thay đổi điện kháng hiệu dụng giữa giá trị thực chất của nó x_a (sự dẫn điện được kích ở 90°) và một giá trị rất cao khi sự dẫn được kích như chúng ta nói ở 150° (ví dụ 15.4).

Vậy, thiết bị kiểm soát TCSC này liên tục cho phép làm thay đổi giá trị tổng trở hiệu dụng của đường dây tăng lớn lên dần dần và trên một dải rất rộng.

Bằng cách đối chiếu ở hình 15.8, chúng ta giả thiết rằng góc kích bị chậm đến mức mà điện kháng hiệu dụng X_{eff} là 4Ω thay vì 1,71Ω. Sự tổ hợp LC cho ta một điện cảm kháng x_p là 6Ω, cụ thể:

$$x_p = \frac{x_c \cdot x_{eff}}{x_c - x_{eff}} = \frac{12 \times 4}{12 - 4} = +6\Omega \text{ cảm kháng}$$

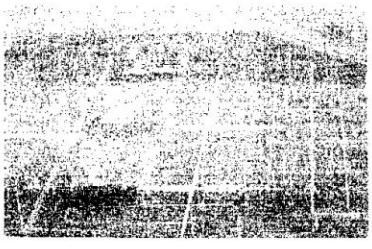
Trái lại, nếu sự dẫn bị chậm nhiều hơn, điện kháng hiệu dụng x_a có thể lên đến 36Ω. Trong những trường hợp như vậy, tổ hợp LC sẽ cho một kháng điện dung x_p = 18Ω, như sau:

$$x_p = \frac{x_c \cdot x_{eff}}{x_c - x_{eff}} = \frac{12 \times 36}{12 - 36} = -18\Omega \text{ (điện dung kháng)}$$

Vậy, thiết bị kiểm soát TCSC liên tục cung cấp một ưu điểm đã được thể hiện ở sự bù nối tiếp TCSC "theo truyền thống" nơi mà các tiristo đều được dẫn hay không dẫn.

Đôi khi, kéo theo với sự dẫn bị chậm, điện kháng hiệu dụng x_{eff} gần với điện dung kháng của tụ (12Ω). Điều kiện cộng hưởng song song này là đáng ngại vì rằng điều này sẽ tạo nên *một điện kháng tổng x_p là "vô tận". Điện áp ở các cực của tụ điện và điện cảm kháng trở nên thái quá* (tăng cao quá). Bằng cách tăng góc kích, ta phải nhảy lên trên dải nguy kịch này, gần cộng hưởng. Cùng lúc với dải vượt qua này, tổng trở x_p trở nên mang tính điện dung .

Sự điều khiển TCSC liên tục có rất nhiều thuận lợi khi mà một khu vực trở nên mất ổn định. Trong các trường hợp này, *các dao động công suất sinh ra trên các đường dây có thể được giảm dần bằng cách điều biến các sự dẫn của tiristo.* Sự điều khiển gần như tức thời của tiristo được tiến hành bằng máy vi tính, có thể cho phép làm ổn định rất nhanh lưới điện.



Hình 15-10a. Hình ảnh toàn bộ của thiết bị bù nối tiếp với TCSC ở trạm CJ. Slatt (phía Bắc Bang Oregon - Hoa Kỳ). Các tụ điện, các cuộn cảm kháng và các van tiristo được đặt trên nền, cách điện với đất. Trên nền cách điện này, các tụ điện ở bên phải, các cuộn cảm kháng ở giữa, các tiristo đặt trong buồng ở phía bên trái. Thiết bị bù này là một phần của chương trình "Hệ thống truyền tải dòng AC linh hoạt, gọi tắt là FACTS (Flexible AC Transmission System) do Viện nghiên cứu nguồn điện cung cấp, EPRI)

Hình 15.10a chỉ rõ một thiết bị bù TCSC được đặt ở trạm CJ Slatt ở bang Oregon (Hoa Kỳ). Trang thiết bị này được xây dựng lần đầu tiên trên thế giới. Trang thiết bị này được nối nối tiếp với đường dây ba pha 500KV, 60HZ của bộ phận hành chính Bonneville. Mỗi pha gồm có 6 môđun TCSC đồng dạng giống nhau, được bảo vệ riêng lẻ bằng các điện trở biến đổi (varistor) bằng oxít kim loại (hình 15.10). Thiết bị bù này có các đặc tính sau đây:

1) Điện áp định mức của hệ thống (điện áp dây): 500KV

2) Dòng điện định mức của đường dây: 2900A

3) Bù ba pha định mức: 202MVAR

4) Điện dung kháng trên pha (khi các van mở): 8Ω

5) Điện dung kháng hiệu dụng cực đại, trên pha (sự dẫn của các van bị chậm): 24Ω

6) Điện cảm kháng hiệu dụng, trên pha (sự dẫn điện tổng của các van): 1,22Ω

7) TCSC được dự kiến để chống lại với các quá tải sau đây:

a) Dòng điện quá tải trong thời gian 30 phút: 4350A

b) Dòng điện quá tải trong thời gian 10 giây là: 20,3kA

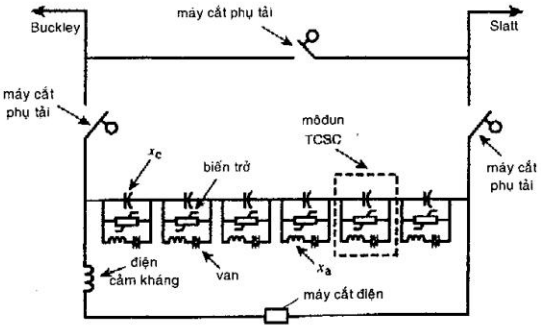
c) Dòng điện sự cố đỉnh trong một van là 60kA

15-9. Thiết bị bù tĩnh đồng bộ (STATCOM)(*1)

Chúng ta đã biết trong việc cung cấp điện là: ta có thể kiểm soát điện áp ở điểm cuối cùng của đường dây truyền tải thông qua thiết bị bù. Thiết bị bù sẽ cung cấp hay hấp thụ công suất phản kháng để tạo được điện áp vẫn không đổi.

Theo cách truyền thống, các thiết bị bù này là các máy điện quay, hay các thiết bị bù tĩnh dùng tiristo (SVC) được kiểm soát với các tụ điện lớn và các cuộn cảm kháng lớn.

Ngày nay, có thể thay thế các khí cụ thiết bị trên bằng một thiết bị chuyển mạch tĩnh, mà thiết bị này chỉ chứa các GTO, một thiết bị bù được cấp điện ở dòng điện một chiều và một nhóm các máy biến áp. Các tụ điện và các cảm kháng thông thường hoàn toàn không còn.



Hình 15-10b. Sơ đồ điện của một pha của hệ thống TCSC được đặt nối tiếp với đường dây 500KV (cung cấp từ Công ty "General Electric"

Thiết bị bù tĩnh đồng bộ này hay STATCOM, có nhiều ưu điểm so với các thiết bị bù truyền thống. Thứ nhất, nó tác động rất nhanh, có thể đáp ứng với ít nhất một chu kỳ của sự thay đổi điện áp. Thứ hai, khi điện áp thấp, nó có thể sinh ra công suất phản kháng nhiều hơn. Hay nói một cách chính xác, chính lúc này, người ta cần thiết một công suất phản kháng đáng kể để cản trở lại việc điện áp tụt quá nhiều. Chúng ta đã có dịp nghiên cứu các thiết bị chuyển mạch trong phần điện tử công suất và sự biến điệu độ rộng xung (MLI). Các thiết bị chuyển mạch dòng một chiều/ dòng xoay chiều làm việc ở các tần số cắt vài kilohét và ứng dụng các IGBT.

(*1) "STATCOM": viết tắt của Static synchronous compensator - thiết bị bù đồng bộ tĩnh.

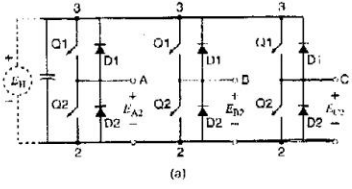
Các thiết bị chuyển mạch công suất lớn thích sử dụng các GTO, vì các GTO có dòng điện và điện áp làm việc rất cao và cao hơn IGBT (khoảng 6KV, 5kA). Tuy nhiên, tần số làm việc của GTO bị giới hạn đến vài trăm hét. Kết quả, ta thích phát ra một sóng dạng hình chữ nhật, vì sóng này được dùng để kéo các động cơ xoay chiều cỡ lớn.

Thiết bị chuyển mạch STATCOM theo dạng rất đơn giản được thể hiện ở hình 15.11a. Bản chất, nó tác động như là thiết bị chuyển mạch có sáu bước, được mô tả trong môn điện tử công suất. Nó sản sinh ra các sóng hình chữ nhật được thể hiện ở hình 15.11b.

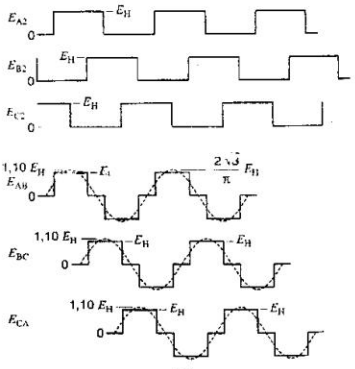
Các điện áp hình chữ nhật giữa các đường dây A, B và C chứa một thành phần cơ bản mà giá trị đỉnh là bằng $(2\sqrt{3}/\pi)E_H = 1{,}10E_H$, với E_H là điện áp dòng một chiều ở ngõ vào của thiết bị chuyển mạch. Kết quả là điện áp hiệu dụng từ đường dây đến đường dây là $1{,}10E_H/\sqrt{2} = 0{,}78E_H$. Vậy điện áp hiệu dụng từ đường dây đến trung tính là $0{,}78E_H/\sqrt{3} = 0{,}45E_H$. Vậy ta có:

$$E_{LN} = 0{,}45E_H \qquad (15.5)$$

Do vì điện áp từ đường dây đến đường dây (điện áp dây) là các sóng hình chữ nhật, chúng chứa các sóng hài điều hòa bậc 5 và 7 và các sóng hài lẻ khác, là các bội số của sóng hài cơ bản 60HZ. Ở đây, các sóng hài bội số của 3 là không có.



(a)



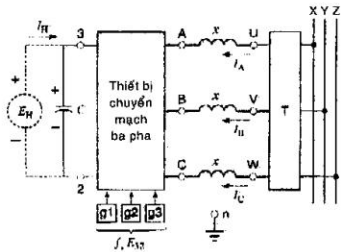
(b)

Hình 15-11. Thiết bị chuyển mạch và các dạng sóng cho một thiết bị bù tĩnh, có khả năng phát sinh hay tiếp nhận công suất phản kháng Q

Hình 15.12, cho ta sơ đồ giản đơn của một STATCOM. Trang thiết bị gồm có một đường dây 3 pha ở điện áp cao: X, Y, Z; một máy biến áp ba pha lý tưởng T, ba cuộn cảm kháng x, một thiết bị chuyển mạch ba pha, một tụ điện C và một nguồn điện áp một chiều E_H.

Biên độ của điện áp ở dòng xoay chiều giữa các cực A, B và C được điều khiển bằng cách thay đổi E_H, trong khi mà góc kích được điều khiển bởi việc kích thích ứng các xung điều khiển g_1, g_2, g_3 được áp đặt vào các cực điều khiển của GTO.

Góc điện áp cơ bản giữa các cực A, B và C được điều chỉnh ở bất kỳ giá trị nào bao gồm giữa không (zêro) và 360°. Trái lại, các điện áp giữa các cực U, V, W ở thứ cấp của máy biến áp bản chất sẽ không thay đổi, là hằng số. Chúng phản ánh các điện áp giữa các đường dây X, Y và Z của đường dây truyền tải.



Hình 15-12. Nguyên tắc làm việc của thiết bị chuyển mạch tĩnh đồng bộ

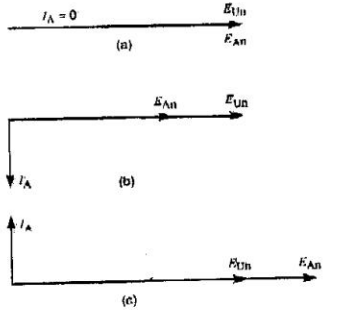
Để nắm được sự làm việc của mạch điện, ta hãy nghiên cứu pha A của thiết bị chuyển mạch (hình 15.12). Vì thiết bị chuyển mạch này chỉ phải phát ra hay hấp thụ công suất phản kháng, nên dòng điện I_A phải là vượt trước hay chậm sau 90° so với điện áp E_{An}. Để làm điều này, ta phải điều chỉnh góc của E_{An} để cho góc này phải cùng pha với E_{Un}. Bây giờ, chúng ta hãy khảo sát ba trường hợp riêng biệt:

1) Nếu $E_{An} = E_{Un}$ (hình 15.13a), dòng điện I_A bằng không, vậy sự bù là bằng không.

2) Nếu E_{An} là kém hơn E_{Un}, thì dòng điện I_A sẽ chạy trong điện kháng x, dòng điện này sẽ là 90° chậm hơn so với E_{Un} (hình 15.13b). Giá trị của nó được cho bởi:

$$I_A = \frac{E_{Un} - E_{An}}{x}, \quad (15.6)$$

Như vậy, thiết bị bù hấp thụ công suất phản kháng của đường dây truyền tải. Công suất phản kháng của pha A bằng với $(I_A.E_{An})$VAR và cả hai pha khác cũng hấp thụ như vậy. Vậy thiết bị bù xử sự như là một cuộn điện cảm vô cùng lớn, như vậy không hề có một cuộn dây nào tồn tại và không hề có bất kỳ từ trường nào được sinh ra.



Hình 15-13. Sự lệch pha giữa E_n và I (+90° hay -90°) phụ thuộc vào giá trị của E_{An}: a) $E_{Un} = E_{An}$; b) $E_{An} < E_{Un}$; c) $E_{An} > E_{Un}$

3) Nếu E_{An} lớn hơn E_{Un}, thì dòng điện I_A sẽ đi trước 90° so với điện áp E_{Un} (hình 15.13c). Giá trị của nó còn được cho bởi phương trình (15.6), trừ phi I_A lúc bấy giờ là âm. Kết quả là, thiết bị chuyển mạch cung cấp công suất phản kháng cho lưới điện truyền tải. Thiết bị chuyển mạch xử sự như là một bộ tụ bù vô cùng lớn, giống như là không hề có các bản tĩnh điện và bất kỳ một trường điện nào.

Máy biến áp T luôn luôn có một điện kháng tản nào đó. Thực tế, điện kháng *x* của hình 15.12 là điện kháng tản của máy biến áp. Vậy máy biến áp đóng hai vai trò: nó làm biến đổi điện áp và tạo nên một điện kháng được yêu cầu bởi thiết bị bù.

Bây giờ, chúng ta hãy khảo sát nguồn E_H ở dòng một chiều và điện dung C liên hệ. Chúng ta đã biết rằng, *loại thiết bị chuyển mạch này có thể vận chuyển công suất tác dụng theo hai hướng là: phía từ dòng điện một chiều đến phía dòng điện xoay chiều và ngược lại.*

Trong trường hợp của thiết bị bù STATCOM, tính chất riêng này là một điều rất có ích và được sử dụng nhiều.

Chúng ta giả thiết là góc của thiết bị chuyển mạch bị chậm đến mức mà điện áp E_{An} hơi chậm hơn điện áp E_{Un}, ví dụ cứng ta cho là 1°. Điều này tạo ra sự lưu thông của *công suất tác dụng* của đường dây truyền tải hướng về thiết bị bù. Một phần của công suất này sẽ được hấp thụ bởi các tổn thất trong bộ tụ bù song phần còn lại sẽ được cung cấp cho khối cung cấp điện dòng một chiều.

Trái lại, nếu góc được điều chỉnh đến mức mà E_{An} là vượt trước so với E_{Un} một ít, thì công suất tác dụng sẽ chạy từ thiết bị chuyển mạch hướng về đường dây truyền tải. Công suất tác dụng này chỉ có thể đến từ khối cung cấp E_H, khối này bây giờ phải cung cấp công suất cho thiết bị chuyển mạch.

Rõ ràng là bằng cách điều chỉnh pha của điện áp được phát ra bởi thiết bị chuyển mạch ở một giá trị thích hợp, dòng điện được kéo ra từ khối cung cấp E_H có thể trở về không. Cần phải điều chỉnh góc của các pha A, B và C để chúng hơi chậm hơn so với điện áp tương ứng U, V, W vừa đủ để cung cấp cho các tổn thất của thiết bị chuyển mạch. *Vậy, chúng ta có thể loại ra khỏi cung cấp điện bằng cách gạch chấm (hình 15.12), để lại tụ điện nhằm duy trì điện áp E_H yêu cầu.* Với một hệ thống điều khiển thích hợp, điện áp này sẽ tăng lên hay giảm đi đến mức mà điện áp giữa các cực A, B và C có một giá trị yêu cầu chính xác để phát ra công suất phản kháng mong muốn. Ví dụ, nếu ta muốn sản sinh ra công suất phản kháng, thì hệ thống điều khiển sẽ làm lệch pha một cách tạm thời điện áp được phát ra bởi thiết bị nghịch lưu khoảng vài độ đi sau điện áp của lưới điện, theo cách cho công suất tác dụng chạy trong thiết bị nghịch lưu và nạp tụ điện ở một giá trị E_H cao hơn giá trị E_{HO} tương ứng ở dòng điện I_A bằng không.

Rồi sau đó, hệ thống điều khiển lại đưa trở về điện áp được phát ra bởi thiết bị nghịch lưu, cùng pha với điện áp của lưới điện. Vì điện áp của thiết bị nghịch lưu bây giờ là lớn hơn điện áp của lưới điện, nên STATCOM sẽ phát ra công suất phản kháng. Ngược lại, để hấp thụ công suất phản kháng, hệ thống điều khiển sẽ phóng điện, tụ điện ở một điện áp thấp hơn E_{HO} bằng cách tạm thời một công suất tác dụng chạy từ thiết bị nghịch lưu hướng về lưới điện.

Ví dụ 15.6 Ta cho các thông tin sau đây đối với thiết bị bù STATCOM hình 15.12. Nó phát ra một điện áp cơ bản giữa các đường dây A, B và C. Điện áp này thay đổi từ 4KV đến 6KV. Dòng điện trên pha là 2000A. Điện áp 230KV giữa các đường dây X, Y và Z được giảm đến 4,8KV bởi một máy biến áp T. Điện kháng tản của máy biến áp tính đổi về phía thứ cấp là 0,2Ω. Dãy tụ điện C có điện dung 500μF. Hãy tính:

a) Điện áp dây mà thiết bị bù phải phát ra để nó cho chạy một công suất tổng 6,4MVAR ở đường dây truyền tải.

b) Điện áp một chiều ở các cực của tụ điện trong các trường hợp này.

Bài giải: a) Ta hãy xem xét pha A của thiết bị chuyển mạch. Vì rằng hệ thống là cân bằng, các pha còn lại cũng hoạt động theo cách giống như pha A.

Điện áp dây ở thứ cấp của máy biến áp được áp đặt là 4800V. Kết quả là dòng điện I_A yêu cầu để nhận được 6,4MVAR là:

$$I_A = \frac{Q}{E_{UV}\sqrt{3}} = \frac{6.400.000}{4800.\sqrt{3}} = 770A$$

Sự sụt điện áp ở các cực của điện kháng tản là x:

$$E_x = I.x = 770 \times 0,2 = 154V$$

Điện áp đường dây đến trung tính (điện áp pha) là:

$$E_{Un} = 4800/\sqrt{3} = 2771V$$

Để thiết bị bù cho chạy một công suất phản kháng, thì E_{An} phải cao hơn E_{Un} là 154V.

$$E_{An} = 2771V + 154V = 2925V$$

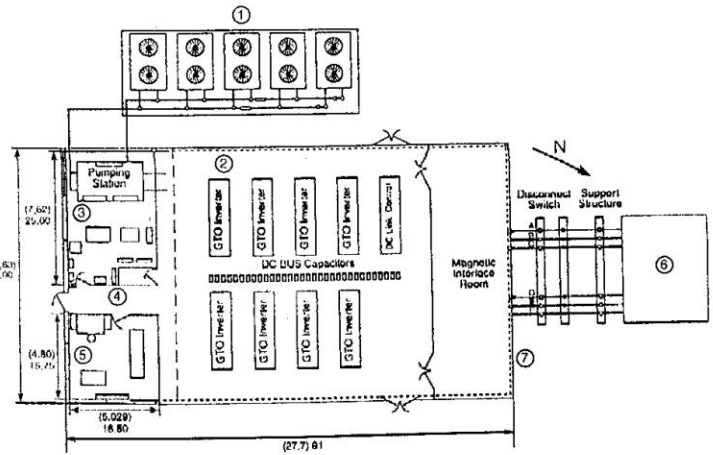
Điện áp dây của thiết bị chuyển mạch là:

$$E_{AB} = 2925 \times \sqrt{3} = 5066V$$

Điện áp một chiều đòi hỏi ở các cực của tụ điện là:

$$E_H = E_{LN} / 0,45 = 2925V / 0,45 = 6500V \quad (pt.15.5)$$

15-10. Sự loại bỏ các sóng hài.



Chú thích: ① - các thiết bị sử dụng chất lỏng trao đổi nhiệt với không khí; ②- phòng điện tử công suất; ③- phòng trang bị phụ; ④- nhà vệ sinh; ⑤- phòng kiểm soát; ⑥- máy biến áp chính; ⑦- kích thước nằm ngoài dấu ngoặc tính bằng "foot" (0,3048m), trong dấu ngoặc tính bằng mét [m]

Hình 15-14a. Sự bố trí các thành phần của thiết bị bù tĩnh đồng bộ (STATCOM) đặt ở trong trạm Sullivan Tenesse Valley Authory (TVA) gần Thành phố Johnson ở Tennesse. Đề án này là kết quả của sự hợp tác giữa Viện nghiên cứu nguồn năng lượng điện EPRI, TVA và trung tâm công nghệ và khoa học Westinghouse

Các sóng hình chữ nhật được phát ra bởi thiết bị chuyển mạch đơn giản của hình 15.11, đã sinh ra các dòng điện hài đáng kể trong đường dây truyền tải. Điều này, sẽ không thể tha

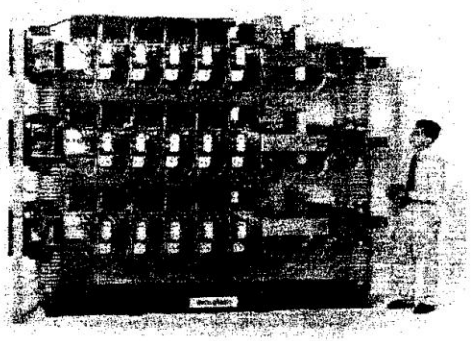
thứ được. Do vậy, khi công suất đưa vào đến hàng chục hay hàng trăm MVAR, ta phải dùng nhiều thiết bị chuyển mạch ba pha thay vì chỉ một thiết bị chuyển mạch ba pha.

Mỗi một thiết bị chuyển mạch phát ra một điện áp hình chữ nhật, song các điện áp tương ứng là bị lệch nhau. Các điện áp này được áp đặt vào các cuộn dây điện áp thấp của tổ hợp gồm nhiều máy biến áp. Về phía điện áp cao, các cuộn dây được nối nối tiếp theo phương cách triệt tiêu các hài. Kết quả ở đây, một điện áp gần như hình sin và chỉ có chứa các hài nhỏ ở tần số cao. Tổng trở cao sẽ tạo nên các hài này thể hiện bằng điện kháng tản của các máy biến áp, đảm bảo rằng các dòng điện hài tương ứng sẽ rất nhỏ[*2].

Hình 15.14a và 15.14b, cho ta một trang thiết bị gồm có một thiết bị bù STATCOM có ±100MVAR, được nối vào đường dây truyền tải ba pha với điện áp 161KV, nó gồm có 8 thiết bị chuyển mạch, mà các điện áp được lệch pha nhau nhằm làm giảm các hài điện áp và dòng điện phía điện áp cao của các máy biến áp.

15-11. Thiết bị kiểm soát công suất vạn năng (UPFC) [*3]

Thiết bị UPFC cho phép điều khiển cùng một lúc công suất tác dụng và công suất phản kháng được vận chuyển trên đường dây. Để giải thích sự làm việc của nó và lý do tồn tại của nó, chúng ta hãy nghiên cứu hai vùng A và B mà công suất rất lớn đến mức mà điện áp của chúng và góc tương ứng của chúng không hề ảnh hưởng nhau. Tức là ở chế độ định mức, điều mà nó xảy ra ở vùng A không hề ảnh hưởng đến vùng B và ngược lại (hình 15.15).



Hình 15-14b: Hình ảnh thể hiện một trong tám thiết bị chuyển mạch được dùng trong trạm Sullivan để kiểm soát công suất phản kháng của đường dây 161KV. Thiết bị chuyển mạch này có công suất định mức 12,5MVAR và nó được cấp điện từ một nguồn một chiều 7600V, được duy trì bằng bộ tụ điện. Điện áp ba pha được phát ra có giá trị 5,1V, 60HZ. Năm GTO làm việc ở điện áp 4,5KV và có dòng

[*2] Trong thực tế, ta phải thực hiện các cách nối đặc biệt giữa các cuộn dây của máy biến áp, và các dạng sóng điện áp được phát ra có thể rất khác biệt với dạng sóng đơn giản hình chữ nhật.

[*3] Thiết bị - UPFC - viết tắt chữ "Unified Power Flow Controller"

điện cắt là 4000A, được nối nối tiếp để tạo nên mỗi nhánh của thiết bị chuyển mạch. Trạm chuyển mạch có diện tích 16 × 30m.

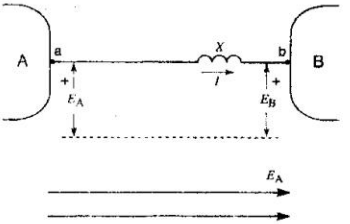
Chúng ta giả thiết rằng: các điện áp đường dây đến trung tính (điện áp pha) bằng nhau và cùng pha nhau. Ở trong các điều kiện này, nếu các vùng được hợp với nhau bằng đường dây có tổng trở X, dòng điện đường dây sẽ bằng không vì sự chênh lệch điện thế giữa hai cực A và B là bằng không (zêrô). Vậy sẽ không có sự trao đổi công suất tác dụng hay phản kháng giữa hai vùng.

Điều này thật đáng tiếc, vì rằng một vùng nào đó có thể có công suất thừa dư, mà nó sẽ cung cấp hay làm lợi cho vùng khác. Hoặc là một sự nhiễu trong vùng A sẽ ít bị tai hại hay nguy hiểm nếu như vùng B có thể giúp đỡ được cho vùng A. Trong những lúc nguy kịch này, một sự đáp ứng ngay lập tức phải được đặt ra. Các công suất tác dụng và phản kháng thích ứng phải được truyền tải nhanh trên đường dây.

Để đạt được các mục đích này, chúng ta giả thiết rằng ta bố trí một nguồn điện áp E_C nối nối tiếp vào đường dây, và vậy nên giá trị và góc sẽ thay đổi. Một phương pháp thực hiện là kèm vào đây một thiết bị chuyển mạch: một chiều/ xoay chiều về phía vùng A như đã thể hiện ở hình 15.16a. Vậy, điện áp tổng hợp E_T nằm ở phía trên (hay thượng lưu) của điện kháng X sẽ bằng với tổng vectơ E_A và E_C, thay vì giá trị gốc là E_A. Nếu góc giữa E_T và E_B là δ độ, thì kết quả là một công suất tác dụng sẽ được truyền tải trên đường dây. Công suất này được cho bởi:

$$P = \frac{E_T E_B}{X} \sin\delta, \quad (15.7)$$

Sơ đồ vectơ hình 15.16b cho ta các điều kiện khi E_C đi trước so với E_A và E_B, một góc Φ. Kết quả là E_T sẽ vượt trước so với E_B một góc δ. Nếu ta thực hiện thay đổi góc Φ của điện áp E_C, được phát ra bởi thiết bị chuyển mạch, song chú ý giữ biên độ E_C không đổi, điểm ngoài cùng của vectơ E_C sẽ vạch nên một vòng tròn. Điểm ngoài cùng của vectơ E_T sẽ theo vòng tròn đường chấm chấm (hình 15.16b). Kết quả, góc δ sẽ thay đổi liên tục từ một giá trị cực đại dương đến một giá trị cực đại âm, bằng cách đi qua một giá trị bằng không (zêrô). Như vậy, theo phương trình (15.7), công suất tác dụng vận chuyển trên đường dây có thể là dương hay âm, điều này thể hiện điều ta đã nói là công suất có thể chạy trong cả hai chiều. Thêm vào đó, ta có thể làm thay đổi công suất bằng cách thay đổi biên độ E_C.



Hình 15-15. Đường dây truyền tải nối hai vùng có công suất lớn. E_A và E_B là bằng nhau và cùng pha nhau

Ta ghi nhớ rằng: khi E_A và E_B là bằng nhau và cùng pha (hình 15.16b), vectơ I sẽ luôn luôn chậm so với vectơ E_C một góc 90°. Ngoài ra, giá trị của nó được cho bởi $I = \frac{E_C}{X}$. Trong những trường hợp này, bất kỳ *công suất tác dụng nào* cũng không thể lưu thông hay cung cấp hay hấp thụ bởi thiết bị chuyển mạch. Khi đó, thiết bị chuyển mạch sẽ cung cấp một công suất phản kháng bằng $Q_C = E_C.I$ VAR. Điều này, một cách chính xác, tương ứng với công suất phản kháng được hấp thụ bởi điện kháng của đường dây.

Điều ta quan tâm ở đây: các vùng A và B, nếu góc E_C được điều chỉnh để $\Phi = 90°$, vùng A sẽ lưu thông một công suất tác dụng $P = E_A I$ ở một hệ số công suất là bằng 1. Trái lại, nếu $\Phi = 270°$, thì công suất tác dụng sẽ có cùng giá trị song sẽ chạy từ vùng B hướng về vùng A. Cho rằng E_A là cao hơn E_C, kết quả là công suất tác dụng P được truyền tải là lớn hơn nhiều so với công suất phản kháng Q_C, cung cấp bởi thiết bị chuyển mạch.

Cũng theo cách đó, Φ được điều chỉnh từ 0° đến 180°, ta có thể tăng cường sự truyền tải công suất phản kháng đáng kể từ vùng A hướng về vùng B và ngược lại.

Bây giờ, ta hãy giả thiết E_A và E_B luôn luôn là cùng pha, nhưng E_B là lớn hơn E_A (hình 15.17a và 15.17b). Vectơ E_C quay trên tâm trục, mà điểm ngoài cùng của vectơ E_A là tâm trục, lúc đó vectơ E_C sẽ vạch nên một vòng tròn. Sự sụt điện áp trong điện áp là:

$$jXI = E_T - E_B$$

và dòng điện I sẽ ở 90° sau vectơ sụt áp này (jXI). Kết quả, trong trường hợp của hình 15.17b, dòng điện I sẽ vượt trước E_A và E_B là $\theta°$. Ta có thể viết các phương trình sau:

Công suất tác dụng chạy bởi vùng A là:

$$P_A = E_A I \cos\theta, \quad (15.18a)$$

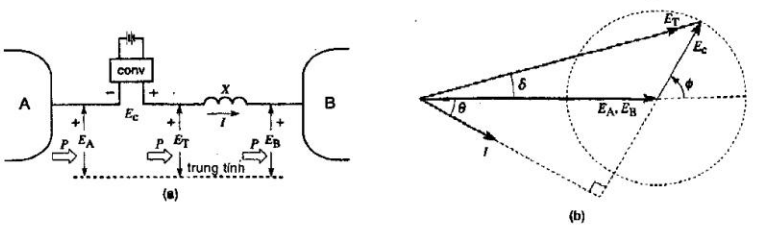
Công suất tác dụng nhận được ở vùng B là:

$$P_B = E_B I \cos\theta, \quad (15.18b)$$

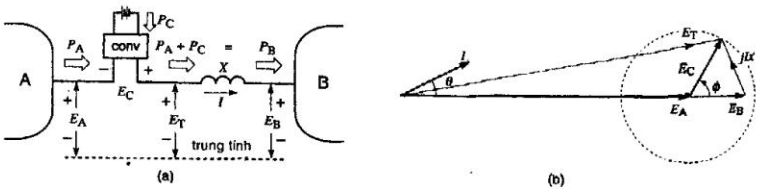
Công suất tác dụng P_C được chạy bởi thiết bị chuyển mạch là sự chênh lệch giữa A và B, tức là:

$$P_C = E_C I \cos(\phi - \theta), \quad (15.18c)$$

Vậy, vùng A cung cấp một công suất P_A, thiết bị chuyển mạch chạy một công suất tác dụng P_C và tổng của hai công suất là bằng với công suất P_B được hấp thụ bởi vùng B.



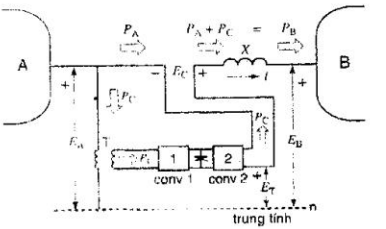
Hình 15-16. Việc đưa vào một thiết bị bù nối nối tiếp vào đường dây liên hệ giữa A và B



Hình 15-17. Quan hệ của các vec tơ khi E_A và E_B cùng pha nhưng không bằng nhau

Vì thiết bị chuyển mạch cung cấp công suất tác dụng P_C cho hệ thống, vậy nó phải hấp thụ ở dây công suất P_C bằng số lượng của bộ ắc quy. Nếu dung lượng càng bé, thì ắc quy sẽ phóng ra (xả) càng nhanh. Vậy, thay vì sử dụng một bộ bình ắc quy, ta có thể thay thế bằng một thiết bị chỉnh lưu mà bộ này sẽ kéo năng lượng của nó từ vùng A.

Giải pháp thanh lịch này, đòi hỏi trang thiết bị của cả hai thiết bị chuyển mạch được nối bởi một mối liên hệ đến dòng điện một chiều (mối liên hệ DC) (hình 15.18). Thiết bị chuyển mạch 1 chỉnh lưu công suất ở dòng điện xoay chiều đến từ máy biến áp T, và gởi công suất vào mạch liên hệ dòng điện một chiều. Từ đó, thiết bị chuyển mạch 2 lại chuyển công suất đó thành công suất dòng xoay chiều và tiêm công suất này vào đường dây truyền tải dưới điện áp là E_C. Tổ hợp các thiết bị chuyển mạch này mang tên là U.P.F.C (Unified power flow controller) (tạm dịch là Bộ kiểm soát dòng công suất vạn năng).



Ghi chú: 1 và 2: thiết bị chuyển mạch 1 và 2

Hình 15-18. Sơ đồ của thiết bị kiểm soát công suất vạn năng UPFC

Thiết bị UPFC có thể áp đặt giá trị và hướng công suất tác dụng đã được vận chuyển trên đường dây. Ví dụ ở hình 15.18, khi công suất P_C của thiết bị chuyển mạch 2 đổi chiều, thì công suất của thiết bị chuyển mạch 1 cũng đổi chiều. Vậy, tùy theo yêu cầu và nằm trong các giới hạn của nó, các thiết bị chuyển mạch 1 và 2 có thể áp đặt sự lưu thông bất kể công suất thế nào, tác dụng hay phản kháng, giữa hai vùng. Để được điều này, cần thiết là kiểm soát biên độ và góc của điện áp E_C.

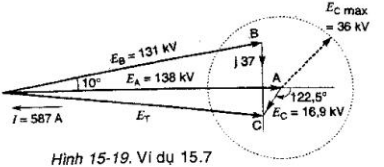
Song, điều này chưa phải là đã hết tất cả. Muốn cung cấp hay hấp thụ công suất tác dụng của đường dây truyền tải, thì thiết bị chuyển mạch 1 có thể đồng thời hấp thụ hay cung cấp công suất phản kháng tùy theo các yêu cầu của vùng A. Vậy, thiết bị chuyển mạch 1 cũng có thể hoạt động như là thiết bị bù STATCOM.

Ta thấy rằng UPFC của hình 15.18 là một thiết bị kiểm soát công suất rất là linh hoạt. Vì rằng nó có thể điều khiển dòng công suất của đường dây, nó cũng còn tạo hiệu quả như là một *máy biến áp lệch pha biến đổi* (xem ở phần máy điện). Khi đó, khi có sự chuyển đổi trên lưới truyền tải, UPFC có thể phản ứng trở lại trong một vài miligiây trong khi mà máy biến áp cần có thời gian là vài giây để chuyển đổi các đầu phân áp. Do sự đáp ứng cực nhanh của nó, mà sự đáp ứng này chỉ phụ thuộc vào tốc độ chuyển mạch của GTO, thiết bị kiểm soát này có thể phản ứng lại một cách hiệu quả đối với bất kỳ một sự ngẫu nhiên xảy ra nào.

Ví dụ 15.7 Một UPFC được đặt trên đường dây ba pha 230KV, 60HZ, theo sơ đồ hình 15.18. Ta cho các thông tin sau đây:

- Điện áp E_A trên đường dây so với trung tính: 138KV $\angle 0°$

- Điện áp E_B trên đường dây so với trung tính: 131KV $\angle 10°$



Hình 15-19. Ví dụ 15.7

- Cảm kháng X của đường dây: 63Ω

Điện áp E_C của UPFC được điều chỉnh từ 0V đến 36KV, và từ 0° đến 360°.

Hãy tính giá trị và góc của E_C để sao cho công suất tác dụng được vận chuyển từ B hướng về A là 81MW, trên mỗi pha. Hệ số công suất ở trạm A phải được duy trì 100%.

Bài giải: Bằng cách đối chiếu với hình 15.19, ta thấy rằng vectơ E_B vượt trước vectơ E_A một góc 10°. Vectơ E_C có thể có tất cả các giá trị và các hướng ở bên trong của vòng tròn được chấm chấm mà bán kính là 36KV. Kết quả, ta có thể nhận được mọi vectơ E_T ($E_T = E_A + E_C$) mà điểm ngoài cùng rơi vào bên trong vòng tròn.

Vì hệ số công suất của trạm A là 100% và công suất chạy từ B hướng về A, dòng điện I được cho bởi:

$$I = P / E_A = -81 \times 10^6 138.000 = -587A$$

Vậy dòng điện được lệch pha 180° so với điện áp E_A. Bằng cách đi theo vòng của hình 15.18, theo chiều kim đồng hồ, ta có:

$$-E_A - E_C + jXI + E_B = 0$$

$$-138 - E_C + j63 \times (-587) \times 10^{-3} + 131 \angle 10° = 0$$

$$-138 - E_C - j37 + 129 + j22,75 = 0$$

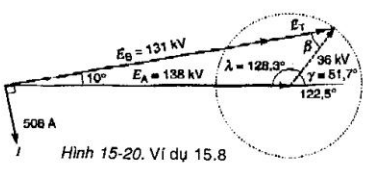
$$-9 - E_C - j14,25 = 0$$

Vậy: $E_C = -9 - j14,25 \rightarrow E_C = 16,9 \angle -122,5°$

Vậy ta phải điều chỉnh giá trị của E_C đến 16,9KV, và góc pha của nó đến -122,5°.

Sơ đồ vectơ được thể hiện trên hình 15.19.

Ví dụ 15.8 Đối chiếu với các số liệu đã cho ở ví dụ 15.7, ta muốn cung cấp cho lưới điện B một công suất phản kháng cực đại và công suất tác dụng nào đó. Hãy tính giá trị và góc của điện áp E_C yêu cầu, và cũng như công suất phản kháng Q tổng được truyền tải.



Hình 15-20. Ví dụ 15.8

Bài giải: Để vùng B nhận được công suất phản kháng và một công suất tác dụng nào đó, thì các điện áp E_T và E_B phải cùng pha và dòng điện I phải 90° chậm hơn so với điện áp E_B (hình 15.20). Bằng cách đi theo vòng của hình 15.18 theo chiều kim đồng hồ, ta được:

$$-E_A - E_C + jXI + E_B = 0$$

Khi đó, ta thấy rằng vectơ jXI được duy trì cùng pha với điện áp E_B. Vì tổng vectơ $E_T = E_B + jXI$ không được vượt quá vòng tròn chấm chấm, nên ta có thể viết theo định luật của các sin đối với tam giác của hình 15.20:

$$\frac{36}{\sin 10} = \frac{138}{\sin \beta}$$

Vậy $\beta = 41,7°$

Kết quả: góc $\gamma = 10 + 41,7° = 51,7°$

Vậy, ta phải điều chỉnh điện áp đến 36KV, và sự lệch pha là $51,7^o$ (hình 15.20).

Góc bù của góc γ là: $\lambda = 180 - 51,7^o = 128,3^o$

Giá trị của E_T được cho bởi:

$$\frac{E_T}{\sin 128,3^o} = \frac{36}{\sin 10^o}, \text{ do vậy: } E_T = 163KV$$

Giá trị IX được cho bởi:

$$IX = E_T - E_B = 163 - 131 = 32KV$$

Dòng điện $I = 32.000V/63\Omega = 508A$

Vậy công suất phản kháng được chuyển đến vùng B là:

$$Q = 3E_BI = 3 \times 131.000 \times 508 \approx 200MVAR$$

15-12. Thiết bị chuyển mạch tĩnh của tần số.

Các thiết bị chuyển mạch của tần số có từ lâu chủ yếu để cung cấp ở tần số thấp các hệ thống vận tải đường sắt chạy bằng điện. Ở thời gian đấy, đã phải dùng tần số thấp để giảm điện cảm kháng và kết quả là, sự sụt điện áp dọc theo chiều dài truyền tải sẽ giảm. Một lý do khác là đảm bảo sự đổi nối thỏa mãn đối với các động cơ dòng điện xoay chiều được nối nối tiếp, đã được dùng để kéo các đoàn tàu.

Các thiết bị chuyển mạch của tần số này bao gồm các máy điện quay. Chúng ta đã nghiên cứu ở phần máy điện. Bây giờ, do tính chất có thể sử dụng được của tiristo công suất lớn, đã cho phép sự chuyển mạch của ta hoàn toàn dùng mạch điện tử được. Hình 15.21 chỉ cho ta sơ đồ khái quát của một thiết bị chuyển mạch tĩnh, công suất 20MW, thiết bị này chuyển điện áp ba pha 150KV, 50HZ thành điện áp một pha 66KV, $16\frac{2}{3}HZ$. Thiết bị chuyển mạch được đặt ở trạm chuyển mạch "Giubiasco" ở phía nam của dãy Alpes, Thụy Sĩ, nó gồm có các thành phần sau:

① Đường dây truyền tải 3 pha 150KV, 50HZ mà nó cung cấp công suất cho "trạm chuyển mạch". Một máy cắt điện cho phép tách ra khỏi đường dây truyền tải.

② Một máy biến áp đặc biệt có bốn cuộn dây ba pha. Cuộn sơ cấp, được nối thành hình sao Y, được nối đến đường dây cung cấp điện. Hai cuộn dây quấn tiếp theo (thứ cấp 1190V) tương ứng được nối theo hình sao Y và hình tam giác Δ. Chúng dùng để cung cấp cho hai thiết bị chuyển mạch 5 (gồm 5a và 5b). Cuộn dây thứ tư được nối thành hình tam giác, được nối vào các bộ lọc sóng hài.

③ Các bộ lọc, được điều hưởng bằng cộng hưởng nối tiếp, cung cấp một tuyến tổng trở thấp ở dòng sóng hài được phát ra bởi các thiết bị chuyển mạch. Các tần số sóng hài chính là: các hài thứ 11 (550HZ) và thứ 13 (650HZ); tiếp nối theo bằng các sóng hài bậc lẻ cao hơn. Cũng cùng bộ lọc dùng để cung cấp công suất phản kháng được hấp thụ bởi các thiết bị chuyển mạch.

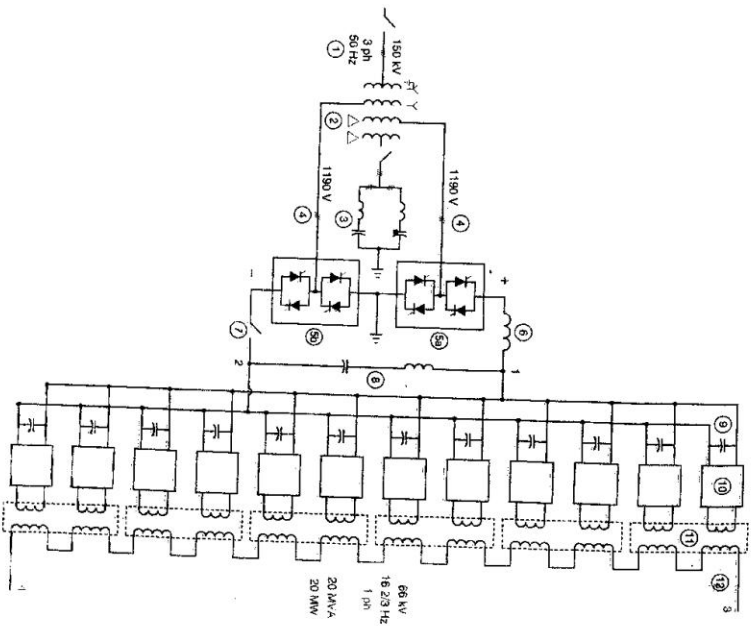
④ Các đường dây ba pha cung cấp cho các thiết bị chuyển mạch có 6 mạch động.

⑤ Hai thiết bị chuyển mạch ba pha dùng tiristo dạng cầu và 6 mạch động, được nối nối tiếp, với điểm nối đất ở điểm giữa. Cả hai thiết bị chuyển mạch cùng nhau sản sinh ra điện áp với 12 mạch động. Các thiết bị chuyển mạch này được dự kiến để cho phép sự lưu thông của công suất tác dụng trong cả hai chiều; chính vì chúng có các tiristo nối dạng song song ngược nhau. Điều này cho phép đưa năng lượng gởi trở về lưới điện 150KV khi mà tổ hợp các đoàn tàu phát ra công suất tác dụng khi phanh hãm.

Sự giao hoán của các thiết bị chuyển mạch là tự nhiên và công suất dòng điện một chiều được truyền tải đến đường liên quan giữa các thành góp hai tầng 1 và 2.

Các đặc tính của tiristo là: điện áp đỉnh được lập lại 4400V; dòng điện trung bình 1650A.

⑥ Điện cảm làm trơn để giới hạn sự gợn sóng của dòng điện một chiều. Điện áp giữa các thanh 1 và 2 là 2650V.



Hình 15-21. Sơ đồ một đường dây của một trạm chuyển mạch tần của tần số từ 50HZ đến $16\frac{2}{3}$HZ

⑦ Máy cắt điện một chiều mà nó mở ra khi một sự cố (hư hỏng) của giao hoán xảy ra trên một trong các thiết bị chuyển mạch 5. Điều này có thể dẫn đến khi mà các thiết bị chuyển mạch làm việc với vai trò thiết bị nghịch lưu (công suất tác dụng được gởi trả về lưới điện 150KV).

⑧ Bộ lọc sóng hài $33\frac{1}{3}$HZ, tức là gấp đôi của tần số $16\frac{2}{3}$HZ. Bộ lọc sẽ tạo nên một con đường ngắn mạch đối với sóng hài bậc thứ hai của dòng điện, điều này sẽ làm giảm sự gợn sóng điện áp giữa các thanh góp 1 và 2. Do vậy, bộ lọc rất hiệu quả.

⑨ Bộ tụ điện đi vào của mỗi modun của giao hoán một chiều/ xoay chiều. Nó đảm bảo rằng: thiết bị nghịch lưu (10) làm việc bằng nguồn điện áp.

Hình 15-22. Thiết bị chuyển mạch dùng GTO đặt trong trạm chuyển đổi Giubiasco ở Thụy Sĩ đến tần số $16\frac{2}{3}$HZ. Các môđun được làm mát bằng nước

⑩ Các thiết bị chuyển mạch một pha, được làm mát bằng nước. Tần số cắt của các GTO là 50HZ. Kết quả, hệ số biến điệu tần số m_f là 50/16,66 = 3. Các đặc tính của GTO: điện áp đỉnh mang tính lập lại là 4500V; dòng điện đỉnh 3000A (xem hình 15.22).

⑪, ⑫ Mười hai môđun được nối vào sơ cấp của sáu máy biến áp (11). Các cuộn dây thứ cấp được nối nối tiếp, như vậy sản sinh điện áp một pha 66KV, $16\frac{2}{3}$HZ (12).

Sự khơi mào các môđun được tiến hành theo cách tuần tự, đến mức mà cả mười hai điện áp được phát ra là lệch pha của chúng là 30°, tức là 1/12 của chu kỳ của một giai đoạn $16\frac{2}{3}$HZ. Vì các cuộn dây thứ cấp được nối nối tiếp, nên đại đa số các sóng hài được loại ra giữa các cực 3 và 4. Vậy, dạng sóng tổng hợp là một hình sin hầu như hoàn thiện. Ở đầy tải, một hệ số công suất là một đơn vị, sự méo sẽ thấp, dưới 0,35%.

CÁC TRẠM CHUYỂN MẠCH TĨNH PHỤC VỤ CHO LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

15-13. Hiện tượng nhiễu và phẩm chất của sóng - thiết bị UPS.

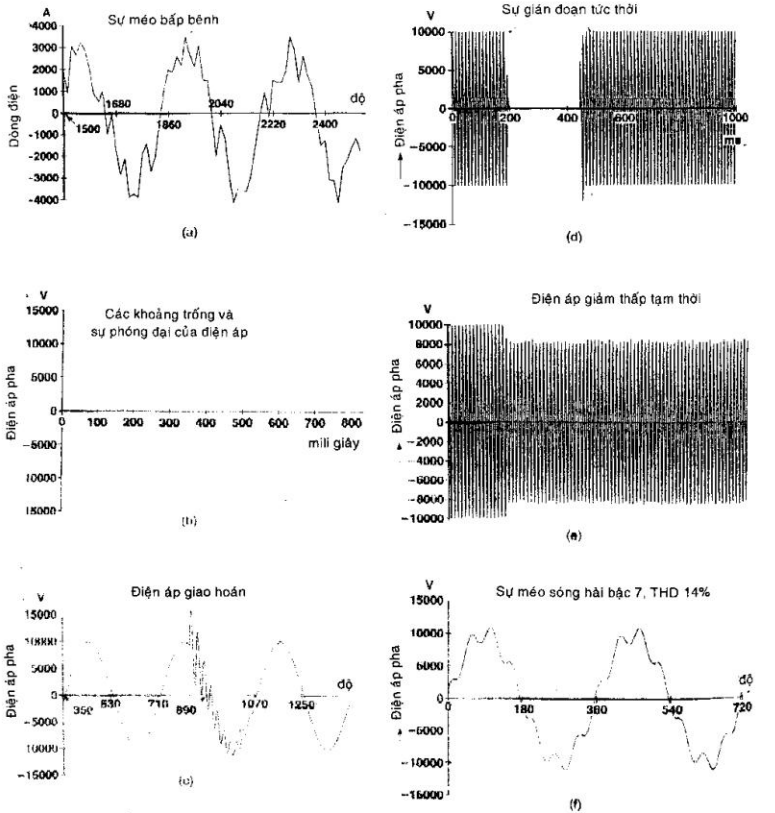
Chúng ta đã thấy rằng, ta có thể điều khiển điện áp của một đường dây truyền tải bằng cách sử dụng các thiết bị bù đồng bộ tĩnh (STATCOM). Các bộ phận này được nối song song với đường dây. Ta cũng có thể bơm vào một điện áp nối tiếp với đường dây bằng cách dùng một thiết bị UPFC. Thiết bị này có thể điều khiển công suất tác dụng và phản kháng đã được truyền tải bằng đường dây.

Các bộ kiểm soát tương tự được trang bị để cải thiện phẩm chất của sóng trên các lưới điện phân phối. Trong các lưới điện này, các hiện tượng nhiễu như là: hiện tượng hạ thấp điện áp đột ngột, các quá điện áp tạm thời, sự méo của sóng hài và các sự cố do bấp bênh không ổn định có thể xảy ra làm ảnh hưởng đến người tiêu thụ (hình 15.23). Bảng 15.1 cho ta một danh sách thống kê các hiện tượng nhiễu mà nó ảnh hưởng đến phẩm chất sóng và công suất điện.

Một số nhiễu có nguồn gốc tại nơi người tiêu thụ, một số khác lại có nguồn gốc tại nơi cung cấp điện, và một số khác nữa có thể có gốc và quy tội cho cả hai (người cung cấp và người tiêu thụ). Ví dụ, một thân cây hay cành cây chạm phải đường dây 24KV, sinh ra hiện tượng

nhiễu có thể quy cho người cung cấp điện. Trái lại, một lò hồ quang sinh ra sự thay đổi của dòng điện làm cho dòng điện không ổn định và bấp bênh mạnh, dẫn đến làm nhiễu điện áp cung cấp cho công nghệ đúc, và đồng thời cho các khách hàng cạnh đó. Sự nhiễu điện áp rõ ràng xuất phát từ một hộ tiêu thụ, song hộ tiêu thụ hay khách hàng khác có hộ tiêu thụ nối trên cùng một đường dây cấp điện sẽ bị ảnh hưởng. Ngoài ra, cũng do nhiều hộ tiêu thụ cùng được nối trên một điểm nối chung nên khó có khả năng để xác định nguồn gốc của nhiễu từ đâu.

Điều này muốn nói rằng: người cung cấp và khách hàng, cả hai đều phải cố gắng đảm bảo giữ phẩm chất điện áp, độ tin cậy và đều phải phấn đấu để không tạo nhiễu hay độ méo của điện áp.



Hình 15-23. Các hiện tượng đã được quan sát trên đường dây truyền tải và phân phối

Trong một số trường hợp, người tiêu thụ lại đặt riêng ở các nguồn cung cấp năng lượng với thiết bị không có khả năng làm gián đoạn, hay bộ nguồn liên tục (uninterruptible power supply) được cung cấp bởi bộ ắc quy. Các nguồn năng lượng phụ này sẽ đưa vào làm việc một cách tự động để khôi phục lưới điện, ít nhất một chu kỳ. Các nguồn này cũng đảm bảo chất lượng cung cấp cho các trang thiết bị điện tử có độ nhạy cao (hình 15.24a và 15.24b). Trong trường hợp của các phòng mổ ở các bệnh viện và của các đường băng hạ cánh ở các sân bay, thì việc gián đoạn cung cấp điện không thể chấp nhận được. Vậy, các UPS sẽ được trang bị, nó bao gồm các tổ máy phát điện diesen và các bộ ắc quy để đảm bảo sự an toàn tuyệt đối khi mà sự cố điện của nguồn cấp chính kéo dài.

Các nghiên cứu đã cho thấy: một số hộ tiêu thụ mong muốn rằng người cung cấp cần phải quan tâm đến phẩm chất của sóng trước tiên. Khi đó, các đánh giá về vấn đề này đã được đặt ra, đặc biệt trong các nội dung của đánh giá chất lượng ở các tập đoàn điện lực.

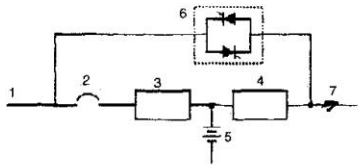
Cuối cùng, các nhà máy, các viện nghiên cứu, các trường đại học đã liên hệ và hợp tác chặt chẽ với các nhà cung cấp điện năng, đã chế tạo ra được các thiết bị chuyển mạch với MLI, mà công suất đã thay đổi từ một vài kilôoat đến nhiều mégaoát.

Bảng 15.1 *Các hiện tượng nhiễu trên lưới phân phối điện*

Thứ tự	Tình trạng nhiễu	Thời gian nhiễu	Gốc của hiện tượng nhiễu	Bù yêu cầu
1	Hệ số công suất thấp	Giờ	Khách hàng	Nối shunt
2	Sự phóng đại và khoảng trống của điện áp	Chu kỳ	Khách hàng Người cung cấp	Nối shunt hay nối nối tiếp
3	Ánh chói mắt (sự nhấp nháy ánh sáng (flicker))	Chu kỳ	Khách hàng	Nối shunt
4	Sóng hài (dòng điện)	Giờ	Khách hàng	Nối shunt
5	Sóng hài (điện áp)	Giờ	Khách hàng Người cung cấp	Nối nối tiếp
6	Sự méo bấp bênh (điện áp)	Giờ	Khách hàng Người cung cấp	Nối shunt hay nối nối tiếp
7	Điện áp giao hoán	Chu kỳ	Khách hàng Người cung cấp	Nối shunt hay nối nối tiếp
8	Quá dòng điện do ngắn mạch	Chu kỳ	Khách hàng Người cung cấp	Nối shunt hay nối nối tiếp
9	Điều chỉnh điện áp	Giờ	Người cung cấp	Nối nối tiếp
10	Sự ngắt công suất	Giờ	Người cung cấp	Nối shunt hay nối tiếp +SSB[1]
11	Sự ngắt công suất	Giây	Người cung cấp	Nối shunt hay nối tiếp +SSB[2]
12	Sự ngắt công suất	Giờ	Người cung cấp	Shunt + SSTS[2]

Các chữ viết tắt: Solid State breaker SSB[1]: máy cắt điện linh kiện bán dẫn (SSB)

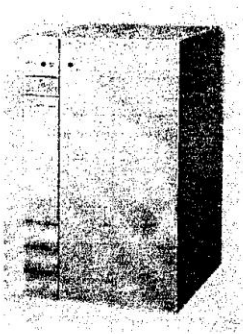
Solid state transfer switch (SSTS)[2]: máy cắt phụ tải linh kiện bán dẫn chuyển tải nhanh (SSTS).



1- cổng vào: nguồn cấp điện;
2- máy cắt điện;
3- thiết bị chỉnh lưu;
4- thiết bị nghịch lưu;
5- bộ ắc quy;
6- máy cắt điện tĩnh

Hình 15-24. a) Sơ đồ đơn tuyến này đã được đơn giản hóa, thể hiện các phần tử cơ bản của một UPS "đang hoạt động". Điện áp của công ty điện lực được chỉnh lưu và cổng ra của chỉnh lưu (3) được nối đến cực của bộ ắc quy (5). Bộ này được sử dụng như nguồn năng lượng dự trữ và cung cấp điện áp một chiều hoàn thiện cho thiết bị nghịch lưu với IGBT (4). Thiết bị nghịch lưu (4) sẽ phát ra điện áp hình sin 60HZ. Điện áp này được điều chỉnh để cung cấp cho phụ tải (7).

Nếu như hiện tượng nhiễu sinh ra trên lưới, thiết bị nghịch lưu tiếp tục làm việc, thông thường, kéo dài nhiều phút, bằng cách kéo năng lượng từ ắc quy. Nếu các thành phần của UPS trở nên sự cố, thì cầu dao tĩnh (6) sẽ nối mạch phụ tải đến đường dây của người cung cấp điện ngay tức thì.



Hình 15-24. b) Thiết bị UPS ba pha có một dung lượng 18KVA, 120/208V, 60HZ. Nó có thể cung cấp cho các phụ tải mà hệ số công suất thay đổi từ 0,7 chậm sau đến 0,7 đi vượt trước. Hệ số méo (THD) là dưới 5%, cũng như khi mà các phụ tải không tuyến tính. Hiệu suất đầy tải là khoảng 90% mức độ giảm của tiếng ồn và kích thước giảm của trang thiết bị này là phụ thuộc vào tần số cao (~ 16KHZ) của sóng mang của thiết bị nghịch lưu với IGBT.

Nếu công suất cung cấp bị gián đoạn hay nó không tương ứng với mức phẩm chất yêu cầu; thì ngay lập tức bộ ắc quy nội bộ cung cấp công suất yêu cầu cho thiết bị nghịch lưu. Giai đoạn khẩn cấp có thể kéo dài đến 10 phút, nếu không có công suất cung cấp cho phụ tải, thì lúc đó mới ngắt.

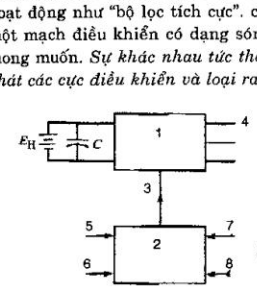
15-14. Sự cần thiết phải dùng các thiết bị chuyển mạch với MLI.

Các thiết bị chuyển mạch sử dụng sự biến điệu của độ rộng xung (MLI) rất linh hoạt. Cụ thể, chúng ta hãy nhớ lại *các thiết bị chuyển mạch với MLI, có thể phát ra một điện áp có dạng bất kỳ tùy ý, bất kỳ tần số nào, và bất kỳ pha nào, rất đơn giản để ứng dụng một tín hiệu thích hợp vào cực điều khiển của nhóm IGBT*. Tính chất riêng này đặc biệt hữu ích khi lưới phân phối chứa các hài điện áp và dòng điện. Ta có thể, bằng cách dùng thiết bị chuyển mạch với MLI, ta giảm các sóng hài đến tối thiểu, hoặc tạo cho chúng đi lệch theo các con đường mà chúng không làm nguy hại.

Một lý do khác biện minh cho việc sử dụng các thiết bị chuyển mạch với MLI, là các thiết bị này có thể phát ra các điện áp hình sin tần số 60HZ (hơn là các sóng hình chữ nhật).

Kết quả, ta có thể đặt chúng trực tiếp vào trong lưới điện phân phối, bằng cách chỉ yêu cầu các bộ lọc sóng hài nhỏ, vài kilôhét.

Cuối cùng, sau đây là một áp dụng khác của thiết bị chuyển mạch với MLI: Một số dạng sóng bị méo nào đó được sinh ra bởi các quá trình gia công công nghiệp, sẽ chứa các sóng hài dòng điện và điện áp, mang tính bấp bênh mà chúng không có một quan hệ nào với tần số của lưới điện. Do vậy, bộ lọc LC theo chuẩn là vô ích. Lúc đó, một thiết bị chuyển mạch với MLI sẽ có khả năng loại ra các dạng méo bấp bênh này *bằng cách phát ra các điện áp và các dòng điện mà chúng ngược lại với các dạng méo tương ứng*. Như vậy, thiết bị chuyển mạch hoạt động như "bộ lọc tích cực". các tín hiệu áp đặt vào các cực điều khiển, được xuất phát từ một mạch điều khiển có dạng sóng dòng điện (hay sóng điện áp) được so sánh với dạng sóng mong muốn. *Sự khác nhau tức thời giữa hai tín hiệu này lại là tín hiệu "hiệu chỉnh" làm khởi phát các cực điều khiển và loại ra sự méo này* (hình 15.25).



1- thiết bị chuyển mạch; 2- bộ xử lý tín hiệu;
3- các tín hiệu mối được hiệu chỉnh;
4- 3 pha, 60HZ ra + sóng mang;
5- cổng nhốt giới hạn; 6- các cổng vào khác;
7- điện áp hay dòng điện hình sin mong muốn;
8- điện áp hay dòng điện được đo

Hình 15-25. Nguyên tắc được ứng dụng để phát ra một điện áp hay điện ba pha không có sự méo hay biến dạng

Các sóng hài hiện có trên lưới điện 60HZ thông thường là các hệ số bội số của 60HZ và biên độ của nó bị giảm đi với tần số. Thông thường, hiện tượng méo được cho phép chấp nhận khi các hài ở bậc 13 trở đi. Các sóng hài nào sau này, có biên độ bé hơn biên độ sóng hài bậc 13 thường không kể đến.

Khi mà một thiết bị chuyển mạch với MLI làm việc như là "một bộ lọc tích cực" trên lưới điện 60HZ và sóng hài thứ 13 trở đi không cần tính đến, thì tần số cắt phải ít nhất 10 lần cao hơn. Tức là tần số cắt f_c phải vào khoảng $10 \times (60HZ \times 13 = 780) \approx 7800HZ$, tức là 8kHZ. Các IGBT là đủ điều kiện làm việc ở các tần số này.

15-15. Lưới điện phân phối.

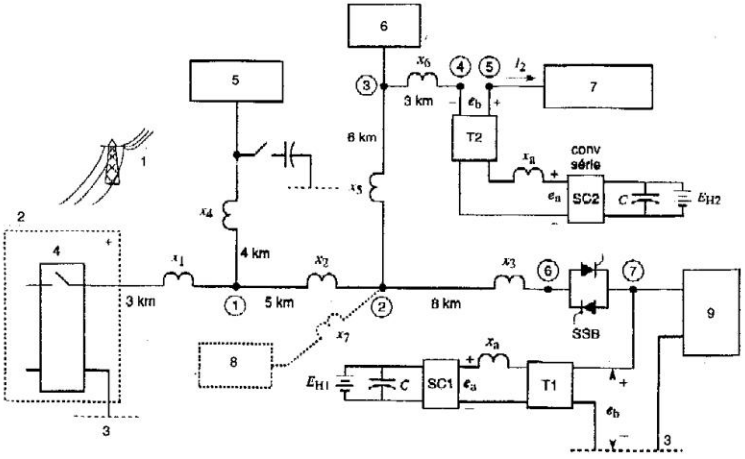
Để làm rõ các áp dụng tổng quát các thiết bị bù nối shunt hay nối nối tiếp, chúng ta hãy xem hình 15.26, đây là sơ đồ một tuyến của lưới phân phối ba pha điện áp 13,2KV. Lưới gồm có một tuyến đi theo *hình tia* 16km và các nhánh của chúng. Tuyến xuất phát từ một trạm biến áp, ở đấy, tuyến được bảo vệ bằng một máy cắt điện với *tự động đóng lập lại* (recloser). Tuyến cung cấp và các nhánh của nó cung cấp cho một khu vực sản xuất, một khu vực dân cư, một trung tâm của máy công cụ và một công viên công nghiệp. Thêm vào đó, người ta dự kiến một trang thiết bị đúc, được trang bị lò hồ quang, trong một tương lai gần (hình chấm chấm).

Mỗi một khu vực của tuyến dây và các nhánh của nó có một chiều dài vài cây số. Các điện cảm kháng được thể hiện bằng các ký hiệu x_1, x_2,... x_7. Chúng ta không quan tâm đến thành phần điện trở của các đường dây.

Chúng ta hãy nhìn trước tiên về công viên công nghiệp. Một bộ tụ bù nối shunt được nối đến cổng điện đi vào. Nó bao gồm một máy biến áp T_1, một thiết bị chuyển mạch SCI, một nguồn công suất một chiều E_{III} và bộ tụ điện C. Máy biến áp có điện kháng tản x_o quy đổi về phía thứ cấp. Thiết bị chuyển mạch phát ra một điện áp với MLI, mà nó chứa các điện áp cơ

bản e_a ở tần số 60HZ. Chúng ta giả thiết rằng các sóng hài dòng điện và các sóng hài điện áp là không đáng kể. Điện áp e_b đi vào công viên công nghiệp là hình sin ngoại trừ đối với một số sóng hài nhỏ mà thiết bị bù không thể loại ra được. Vậy dạng sóng của e_b còn lại là tuyệt vời, nhờ sự có mặt của thiết bị bù. Một máy cắt điện SSB, dùng linh kiện bán dẫn, cho phép nối vào hay tách ra khỏi công viên công nghiệp trong thời gian ít nhất là một chu kỳ. Sau này, chúng ta hãy khảo sát sự ứng dụng của nó.

Bây giờ, chúng ta hãy quan tâm đến trung tâm máy công cụ. Một bộ tụ bù SC2 được đặt ở cổng vào. Bộ tụ điện được nối nối tiếp với đường dây nhưng được ngăn cách với đường dây bằng máy biến áp T_2. Điện kháng tản là x_n của máy biến áp, điện áp e_b ở phía sơ cấp và điện áp e_a được phát ra bởi thiết bị chuyển mạch mang cùng ký hiệu như trong trường hợp của thiết bị bù nối shunt SC1. Khi đó, các giá trị tương ứng của chúng là rất khác nhau.



Các ghi chú trên hình 15.26 (phần đóng khung):

(1) Lưới truyền tải điện áp cao HT

(2) Trạm biến áp gồm MBA + thiết bị tự động đóng lại (4)

(3) Điểm trung tính và đường dây trung tính

(4) Máy biến áp + thiết bị đóng lập lại "recloser"

(5) Trung tâm chế tạo

(6) Khu vực các dân cư

(7) Trung tâm các máy công cụ

(8) Phân xưởng đúc nhiệt luyện

(9) Công viên công nghiệp

Hình 15-26. Sơ đồ đơn tuyến của lưới điện phân phối có 5 khu vực hoạt động: trung tâm chế tạo, khu vực dân cư, trung tâm máy công cụ, công viên công nghiệp và phân xưởng đúc nhiệt luyện

Cuối cùng, chúng ta hãy khảo sát trang thiết bị được dự kiến đối với xưởng đúc. Xưởng đúc này đã phải đặt ra vấn đề là: có mặt của các lò hồ quang. Các lò này sinh ra các bước nhảy bấp bênh của dòng điện. chúng phát sinh ra các dao động của điện áp ở đường cấp điện vào của xưởng đúc. Chúng ta sẽ thấy rằng thiết bị bù nối shunt là phương án để hiệu chỉnh khắc phục vấn đề này.

Như vậy, chúng ta đã có một số kiến thức về liên hệ giữa lưới điện và hộ tiêu thụ. Bây giờ, chúng ta hãy nghiên cứu vai trò mà các thiết bị bù nối nối tiếp và song song phải đảm nhiệm.

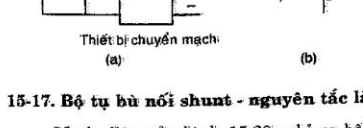
15-16. Các bộ tụ bù và phân tích mạch - thiết bị DSTATCOM.

Thiết bị chuyển mạch với MLI được ứng dụng trong các bộ tụ bù nối shunt và nối nối tiếp tương tự với thiết bị chuyển mạch được trình bày trong phần môn học điện tử công suất. Chúng ta giả thiết một thiết bị chuyển mạch ba pha làm việc ở tần số 6kHZ. Để đơn giản hóa giải thích, chúng ta chỉ nghiên cứu một pha (hình 15.27a). Ký hiệu của hình 15.27b chỉ rõ bộ bù dưới một dạng còn đơn giản hơn nữa. Nhờ bộ ắc quy và hệ thống điều khiển, thiết bị bù hay bộ bù trở thành một nguồn điện áp e_a thay đổi, nó có thể hấp thụ hay cung cấp năng lượng.

Để hiểu được tác động của bộ bù trên lưới phân phối, trước tiên, chúng ta hãy đơn giản hóa mạch điện hình 15.26. Điều này là tương đối dễ dàng, mặc dù tính phức tạp của các nhánh của lưới điện và của các hiện tượng nhiễu sinh ra tại đây. Khi lưới điện chứa các máy biến áp, thì ở lưới điện, ta hãy dùng hệ thống tương đối p.u (tỷ lệ với đơn vị - tương đối), vì điều này cho phép làm giảm hệ thống đến mức điện áp đơn vị. Các máy biến áp "sẽ mất đi" và mạch tổng hợp sẽ nhìn thấy rõ và trở nên rất dễ dàng để giải mạch điện.

Vậy chúng ta hãy giả thiết rằng, các máy biến áp có tất cả một quan hệ biến đổi 1:1 và rằng *điện áp cơ bản là bằng với điện áp định mức của thiết bị bù.*

Việc lựa chọn một sự bù nối shunt hay nối nối tiếp phụ thuộc vào nhiều yếu tố mà chúng ta sẽ có dịp nghiên cứu sau này. Chúng ta hãy bắt đầu nghiên cứu với thiết bị bù MLI loại nối shunt. Nó mang tên là DSTATCOM, điều này tương ứng với viết tắt của "thiết bị bù tĩnh dùng cho mạch phân phối (distribution static compensator).



Hình 15-27. Mạch điện tương đương và ký hiệu của một thiết bị chuyển mạch tĩnh. Năng lượng dự trữ (tối ưu) được thể hiện bằng một bộ ắc-quy

15-17. Bộ tụ bù nối shunt - nguyên tắc làm việc.

Mạch điện của hình 15.28a chỉ ra bộ tụ bù nối shunt nằm ở phía trên của công viên công nghiệp. Mạch điện tương đương với hệ thống của hình 15.26, chỉ trừ lưới điện được đặt ở bên trái của điểm 6 đã được thay thế bằng một điện kháng tương đương x_{eq} và một điện áp tương đương E_{eq}. Sự đơn giản hóa này là có thể được, nhờ vào lý thuyết "Thévénin". Điện áp tương đương E_{eq} bao gồm thành phần cơ bản e_c ở 60HZ và một điện áp e_d mà nó đại diện cho tất cả các điện áp bấp bênh và các điện áp sóng hài đã tồn tại ở phía trên của điểm 6 (hình 15.28b).

Vậy, hình 15.28b là một bản sao của hình 15.28a, chỉ trừ bộ bù được thay bằng ký hiệu của nó và công viên công nghiệp (9) được thể hiện bằng tổng trở Z. Máy cắt điện SSB được đóng lại. Bộ tụ bù nối shunt có thể dùng cho các yếu tố sau:

1) Điều chỉnh điện áp.

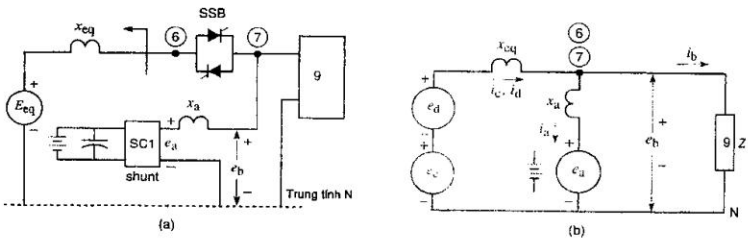
2) Cung cấp năng lượng khi một sự ngừng thoáng qua.

3) Loại ra được độ méo của điện áp.

4) Hiệu chỉnh hệ số công suất.

5) Hoạt động như "bộ lọc tích cực".

Bây giờ chúng ta hãy nghiên cứu năm yếu tố hoạt động nêu trên.



Hình 15-28. Mạch điện tương đương của bộ tụ bù nối shunt liên hệ đến công viên công nghiệp (9)

15.17.1 Điều chỉnh điện áp

Một trong những mục tiêu của thiết bị bù là duy trì điện áp e_b không thay đổi ở cổng vào của công viên công nghiệp (9), dù cho điện áp e_c thay đổi và một phụ tải công nghiệp dao động. *Trước tiên, chúng ta không kể đến điện áp bấp bênh* e_d. Thiết bị bù có khuynh hướng giữ e_b không thay đổi bằng cách tác động trên điện áp e_a (hình 15.29a). Thiết bị bù sử dụng nguyên tắc sau:

Bằng cách làm thay đổi e_a, dòng điện i_a của thiết bị bù sẽ thay đổi; điều này làm thay đổi i_c, mà i_c đến lượt của mình, sẽ làm thay đổi điện áp giáng $x_c i_c$ trong điện kháng x_c. Vậy, bằng cách thay đổi sự giáng $x_c i_c$ ở bên trong đến một số giới hạn nào đó, thiết bị bù có thể duy trì e_b không đổi, cũng giống như nếu e_c dao động. Trong các giải thích sau đây, chúng ta sẽ giới thiệu các phương trình phù hợp và các biểu đồ vectơ liên kết.

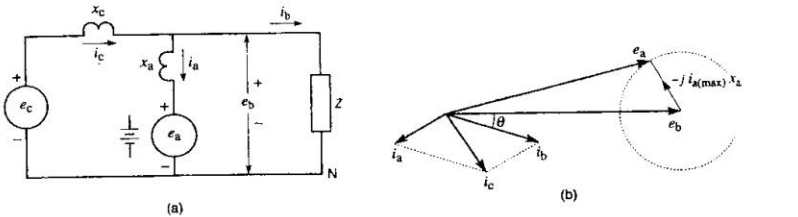
Ta nhận được phương trình thứ nhất bằng cách áp dụng định luật Kirchhoff (2) ở vòng phía bên phải của mạch điện của hình 15.29a.

$$-e_a - ji_a x_a + e_b = 0$$

tức là: $$ji_a x_a = e_b - e_a$$

từ đấy: $$i_a = \frac{j(e_d - e_b)}{x_a} \qquad (15.9)$$

Vì giá trị e_b phải không đổi, chúng ta chọn pha này như là một vectơ quy chiếu (hình 15.29b). Giá trị x_a được cố định và biên độ của i_a có thể thay đổi từ giá trị không (zêrô) đến giá trị định mức $i_a(max)$ của thiết bị bù.



Hình 15-29. a) Sự điều chỉnh điện áp nhờ một thiết bị bù tĩnh nối shunt; b) Bằng cách làm thay đổi biên độ và pha của điện áp e_a, ta có thể làm quay vectơ i_c góc 360°

Theo với biên độ và pha của e_a thay đổi, ta thấy biên độ và pha của i_a sẽ thay đổi, thích hợp với phương trình 15.9. Đặc biệt, nếu ta làm thay đổi biên độ và pha của e_a song tất cả đều giữ i_a ở giá trị định mức của nó $i_a(max)$, ta thấy rằng điểm ngoài cùng của vectơ $jx_a i_a(max)$ sẽ vạch nên một vòng tròn mà tâm sẽ tương ứng với điểm ngoài cùng của vectơ e_b (hình 15.29b).

Vậy, bằng cách thực hiện các thay đổi tương ứng với các giá trị tương đối nhỏ của biên độ và pha của e_a, ta có thể làm quay vectơ $i_a(max)$ từ trị số không (zêrô) đến 360°. Sự quan sát này sẽ dẫn chúng ta đến phương trình Kirchhoff (2) thứ hai đối với vòng được đặt ở bên trái của mạch điện hình 15.29a:

$$-e_c + ji_c x_c + e_b = 0$$

Tại đấy, ta có:

$$e_c = e_b + ji_c x_c$$

Thêm vào đó: $i_c = i_a + i_b$ (định luật Kirchhoff (1))

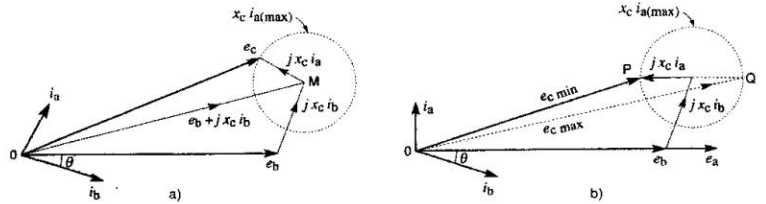
Vậy, chúng ta có thể viết:

$$e_c = e_b + ji_b x_c + ji_a x_c \qquad (15.10)$$

$$e_c = \text{vectơ OM} + ji_a x_c$$

Bằng cách đối chiếu với hình 15.30a, góc θ giữa e_b và i_b được xác định bằng hệ số công suất của công viên công nghiệp. Kết quả, đối với một phụ tải đã cho, vectơ OM (= $e_b + ji_b x_c$) là cố định; vectơ e_c là tổng của vectơ OM và vectơ $ji_a x_c$. Song, chúng ta sẽ thấy rằng vectơ i_a có thể hướng theo một dãi 360° và vectơ có thể có tất cả các giá trị bao gồm giữa zêrô và $i_a(max)$. Kết quả là, vị trí của vectơ $jx_c i_a(max)$ được thể hiện cũng là một vòng tròn có tâm cũng là điểm M. Đối với dòng điện định mức $i_a(max)$, cực ngoài cùng của vectơ e_c đi theo một vòng tròn, như đã thể hiện ở hình 15.30a.

Do vì i_a có thể có các giá trị bao gồm giữa giá trị 0 (zêrô) và $i_a(max)$, kết quả là điểm ngoài cùng của e_c có thể tìm ở vị trí nào ở phía bên trong vòng tròn. Vậy, bằng cách cho điểm ngoài cùng của e_c nằm phía bên trong vòng tròn, thiết bị bù nối shunt có khả năng duy trì điện áp e_b không thay đổi. Điều ta quan tâm ở đây là công suất cung cấp cho phụ tải Z, góc giữa e_c và e_b.



Hình 15-30. a) Sơ đồ vectơ thể hiện điện áp e_c của nguồn điện và điện áp được điều chỉnh e_b; b) Sơ đồ vectơ thể hiện các giới hạn của sự điều chỉnh cho phép với một phụ tải đã cho và một thiết bị bù không dự trữ năng lượng

Chúng ta hãy tìm các giá trị cực đại và cực tiểu của e_c, mà chúng cho phép thiết bị bù duy trì điện áp e_b không đổi. Bây giờ, chúng ta áp đặt một sự cưỡng bức quan trọng: để tránh dự trữ năng lượng, sự điều chỉnh phải thực hiện không được kéo công suất tác dụng của thiết bị bù. Bằng cách đối chiếu với hình 15.29a, điều này có thể nói rằng i_a phải nằm ở góc vuông với e_a. Theo phương trình 15.9, dòng điện i_a ở đây là hệ quả mà điện áp e_a, được phát ra bởi thiết bị bù, phải cùng pha với e_b. Hình 15.30b cho ta các quan hệ của các vectơ (vectơ nét đậm), khi đó, e_a phải lớn hơn e_b.

Chúng ta thấy rằng: đối với một phụ tải đã cho được áp đặt e_b, i_b và góc θ, giá trị tối thiểu của e_c tương ứng vectơ nét đậm OP và giá trị cực đại tương ứng với vectơ nét chấm chấm OQ. Điều này cho ta một dải kiểm soát thích thú, nhưng dải này phụ thuộc vào giá trị của điện kháng x_c của đường dây. Nếu đường dây có một điện kháng nhỏ, đường kính của vòng tròn sẽ nhỏ, điều này sẽ làm giảm dải kiểm soát khả dĩ có thể được để điều chỉnh của e_b. Kết quả, nếu điện áp e_c tăng lên hay giảm đi theo giá trị quan trọng hay có ý nghĩa, thì thiết bị bù sẽ không còn có khả năng duy trì điện áp e_b không đổi nữa. *Vậy thiết bị bù rất khó để điều chỉnh điện áp của đường dây ở một tổng trở bé bằng cách nối thiết bị bù theo hình shunt.* Chúng ta sẽ thấy: vấn đề đặt ra này sẽ được khắc phục bằng cách dùng thiết bị bù nối nối tiếp.

Bài toán 15.9 Một nhà máy được cung cấp bằng một đường dây 3 pha 6930V, hấp thụ một công suất 30MVA ở hệ số công suất 94%. Đường dây có một điện kháng 0,24Ω. Một thiết bị bù tĩnh với MLI có một tổng trở 0,1Ω và có thể cho cahy qua dòng điện 1200A, dùng để ổn định điện áp.

a) Nếu thiết bị bù bị vắng (không có), hãy tính điện áp e_c của lưới điện yêu cầu để điện áp ở nhà máy phải là 6930V.

b) Khi thiết bị bù đưa vào hoạt động, hãy tính các giới hạn của điện áp e_c, chấp nhận được để sao cho điện áp ở nhà máy vẫn tồn tại ở 6930V.

Bài giải: a) Để giải quyết vấn đề này, chúng ta hãy nghiên cứu một pha. Mạch điện tương đương được thể hiện ở hình 15.31. Khi thiết bị bù được đưa ra khỏi mạch điện (không có), ta nhận được kết quả như sau:

Điện áp pha (từ đường dây đến trung tính) của phụ tải:

$$e_b = 6930/\sqrt{3} = 4000V = 4KV$$

Công suất biểu kiến trên pha

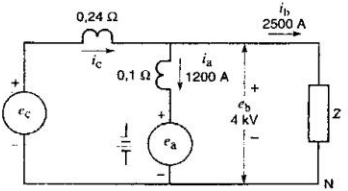
$$S = 30MVA/3 = 10MVA$$

Góc chậm của i_b đối với e_b

$$\theta = \arccos 0,94 = 20^\circ$$

Dòng điện trên pha

$$i_b = \frac{S}{E} = \frac{10 \times 10^6}{4000} = 2500A$$



Hình 15-31. Xem ví dụ 15.9

Vậy $i_b = 2500 \angle -20^\circ = 2349 - j855$

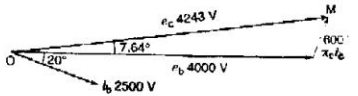
Độ sụt điện áp trong đường dây do vì i_b:

$$jx_c i_b = j0,24(2349 - j855) = 205 + j564$$

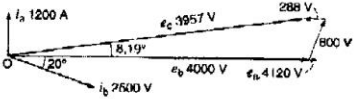
Điện áp e_c của nguồn là:

$$e_c = e_b + jx_c i_b = 4000 + (205 + j564) = 4205 + j564 = 4243 \angle 7,64^\circ$$

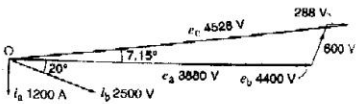
Điện áp của nguồn phải là: 4243V để thu nhận được 4000V ở nhà máy. Sơ đồ vectơ được thể hiện ở hình 15.32.



Hình 15-32. Thiết bị bù đã loại ra vị trí làm việc



Hình 15-33. Dòng điện i_a vượt trước e_a góc 90°



Hình 15-34. Dòng điện i_a chậm sau e_a góc 90°

Hình 15.32, 15.33, 15.34 Xem ví dụ 15.9

Nhận xét: Vị trí của vectơ OM đã được nêu lên trước đây.

b) Khi thiết bị bù hay bộ tụ bù đưa vào làm việc, điện áp e_a phải vuông góc với dòng điện i_a để công suất tác dụng của thiết bị bù phải bằng không. Để thực hiện điều này, e_a phía cùng pha với e_b. Thiết bị bù có thể chạy một dòng điện cực đại $i_a = 1200A$. Khi i_a là 90° vượt trước e_a, ta nhận được kết quả sau đây:

Sự sụt điện áp trong x_c do vì i_a:

$$i_a x_c = j1200 \times j0,24 = -288V$$

Sự sụt này đã thêm vào sự sụt $i_b x_c$ như thể hiện ở hình 15.33.

Vậy, điện áp e_c cực tiểu của nguồn là:

$$e_c = e_b + jx_c i_c = 4000 + j0,24(i_b + i_a)$$

$$e_c = 4000 + j0,24(2349 - j855 + j1200)$$

$$e_c = 4000 + j0,24(2349 + j345)$$

$$e_c = 4000 + j564 - 83$$

$$e_c = 3917 + j564 = 3957 \angle 8,19^\circ$$

Khi i_a còn là 1200A nhưng 90° chậm sau e_a, ta nhận được sơ đồ vectơ 15.34. Độ sụt điện áp $i_a x_c$ là 288V còn cộng thêm vào độ sụt $i_b x_c$ nhưng theo chiều trái lại với độ sụt $i_a x_c$ ở hình 15.33.

Điện áp e_c cực đại của nguồn bây giờ là:

$$e_c = e_b + jx_c i_c = 4000 + j0,24(i_b + i_a)$$

$$e_c = 4000 + j0,24(2349 - j855 - j1200)$$

$$e_c = 4000 + j0,24(2349 - j2055)$$

$$e_c = 4000 + j564 + 493$$

$$e_c = 4493 + j564 = 4528 \angle 7,15^\circ$$

Vậy, thiết bị bù có thể duy trì điện áp của nhá máy 4000V khi điện áp e_c dao động giữa một giá trị tối thiểu là 3957V và tối đa 4528V.

15.17.2 Sự ngắt điện tạm thời

Công viên công nghiệp thể hiện có phụ tải rất nhiều mêgaoát. Hợp đồng với người cung cấp điện quy định rằng công suất sẽ không bao giờ bị ngắt điện do sự nhiễu của lưới điện trong khoảng thời gian từ 10 giây. Sự nhiễu này có thể sinh ra bởi sự ngắn mạch tạm thời trên một tuyến cung cấp điện, một sự mở mạch tạm thời của một đường dây cung cấp, hay sự dao động trong khoảng thời gian ngắn. Trong những lúc xảy ra sự nguy kịch này, *thiết bị bù nối shunt, được nối thường xuyên ở cổng dòng điện đi vào của công viên, có thể cung cấp năng lượng toàn bộ trong khoảng thời gian nhiều. Sự áp dụng này đối với thiết bị bù nối shunt rõ ràng đòi hỏi một sự dự trữ năng lượng.*

Để làm được điều này, để ngăn cách công viên với lưới bị nhiễu, thì tuyến cung cấp điện cho công viên phải được tách ra khỏi lưới bằng một máy cắt điện cực nhanh. Máy cắt điện với linh kiện bán dẫn SSB, gồm từ các tiristo được nối theo cách song song và ngược nhau như hình 15.35a sẽ thỏa mãn vai trò này (hình 15.26 và 15.35).

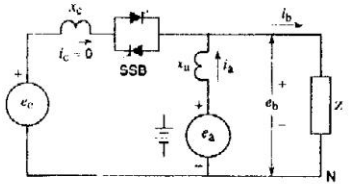
Chúng ta giả thiết rằng, một nhánh của lưới điện đã sinh ra sự ngắn mạch tạm thời ảnh hưởng trên tuyến đường chính. Sau một thời gian của hai hay ba chu kỳ, điều này sẽ làm phát sinh mở thiết bị đóng lập lại (recloser) ở trạm biến áp (hình 15.26). Khi đó, trong một vài chu kỳ yêu cầu để mở, dòng ngắn mạch sẽ sinh ra một sự giảm nhanh điện áp của lưới điện. Một bộ cảm biến liên hệ đến máy cắt điện SSB sẽ dò tìm sự giảm này, tạo ra động tác mở của máy cắt điện SSB ít nhất là một nửa chu kỳ. Ngay khi mà SSB mở ra, bộ ắcquy bắt đầu cung cấp năng lượng cho thiết bị bù, thiết bị bù này sẽ chuyển đổi ngay lập tức thành công suất ở tần số 60HZ. Sự chuyển tải của lưới điện vào thiết bị bù thực hiện ít hơn một chu kỳ.

Thiết bị đóng lập lại sẽ mở ra trong một khoảng thời gian mà chúng ta đã có dịp để cập là 30 chu kỳ (0,5s), tức là trong khoảng thời gian mà ngắn mạch có khả năng đủ để mất đi. Vậy, khi thiết bị đóng lập lại, đóng trở lại, lưới điện sẽ được đưa về trạng thái bình thường của nó. Hệ thống điều khiển của SSB sẽ dò tìm điều kiện ổn định này, vậy máy cắt điện SSB sẽ đóng trở lại. Thiết bị bù sẽ trở về trạng thái bình thường và bộ ắcquy sẽ nạp trở lại.

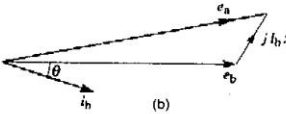
Ví dụ, chúng ta giả thiết là công viên có một phụ tải 8MW. Trong khoảng thời gian ngắt điện, thiết bị chuyển mạch phải cung cấp một năng lượng:

$$E = 8MW \times 0,5s = 4MWs = 4MJ$$

Năng lượng này có thể được dự trữ dễ dàng trong thiết bị bù. Trong một số ứng dụng nào đó, người ta cũng có thể tích lũy năng lượng đạt đến 100MJ.



(a)



(b)

Hình 15-35. Cách cư xử của một thiết bị bù nối shunt trong thời gian gián đoạn tạm thời của công suất

Hình 15.35b, cho ta sơ đồ vectơ các điện áp và dòng điện trong một khoảng thời gian ngắn mà thiết bị bù cung cấp cho công viên. Thiết bị bù duy trì điện áp e_b ở giá trị định mức của nó; kết quả, nó phải phát ra một điện áp bằng với e_a. Góc θ tương ứng với hệ số công suất của công viên ở thời điểm xảy ra sự nhiễu. Trong khoảng thời gian này, rõ ràng là $i_a = i_b$.

15.7.3 Sự méo hay biến dạng của điện áp

Điều quan tâm ở đây là sự méo hay biến dạng của điện áp ở cổng vào đường cấp điện của công viên. Hình 15.28b cho ta sự tồn tại của điện áp hài e_d trên lưới điện. Bằng cách không kể đến điện áp e_c với tần số 60HZ, chúng ta hãy khảo sát sự ứng xử của thiết bị bù đối với điện áp này (hình 15.36). Do vì tần số sóng hài, các tổng trở là rất cao và cao hơn tổng trở đối với sóng cơ bản 60HZ, chúng ta hãy chỉ rõ chúng bằng các ký hiệu x_{cd} và x_{ad}.

Hệ thống điều khiển của thiết bị bù hoạt động theo phương cách loại điện áp sóng hài e_{bd} ở các cực của phụ tải; kết quả, e_{bd} thực chất sẽ bằng không (zêrô). Kết quả, dòng điện sóng hài i_{bd} trong phụ tải cũng bằng không. Vậy dòng điện sóng hài i_d chỉ chạy trong "nguồn" e_d và trong thiết bị bù. Bằng cách đối chiếu mạch điện hình 15.36, ta có thể viết các phương trình sau đây đối với hai mạch vòng:

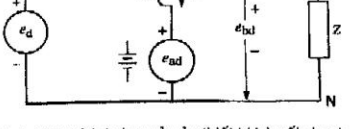
$$-e_d + ji_d x_{cd} + e_{bd} = 0, \qquad (15.11)$$

$$-e_{ad} - ji_d x_{ad} + e_{bd} = 0, \qquad (15.12)$$

Vì rằng e_{bd} bằng không, ta nhận được:

$$e_{ad} = -\frac{x_{ad}}{x_{cd}} . e_d, \qquad (15.13)$$

Ta giả thiết rằng x_{ad} là lớn hơn x_{cd}; *vậy để cản trở điện áp sóng hài không xuất hiện trên các cực của phụ tải, thiết bị bù phải phát ra một điện áp hài e_{ad} cao hơn điện áp sóng hài e_d của lưới, và ngược lại với điện áp sóng hài e_d* (suy luận từ công thức 15.13).



Hình 15-36. Cách ứng xử của thiết bị bù nối shunt khi nguồn có chứa một điện áp méo hay biến dạng

Một sự phân tích tương tự áp dụng ở các điện áp chuyển mạch sinh ra trên lưới điện. Ví dụ, khu vực trung tâm chế tạo 5 (hình 15.26) được trang bị một dãy các tụ điện để cải thiện hệ số công suất. Ở thời điểm mà một tụ điện được nối vào lưới điện, trong một giai đoạn ngắn này, sẽ sinh ra một điện áp quá độ mà tần số là ở bậc 1000HZ. Điện áp này được xếp chồng với điện áp tần số 60HZ (xem hình 15.23c). Sóng lan tỏa càng dọc theo tuyến cung cấp điện thì biên độ của nó giảm, song khi truyền tải đến đường vào của công viên, sóng hài có thể còn làm cho khó chịu. Với một tần số cắt f_c = 6kHZ, thiết bị bù có thể phế truất hay làm mất đi sóng hài quá độ là 1000HZ này.

15.7.4 Sự hiệu chỉnh hệ số công suất

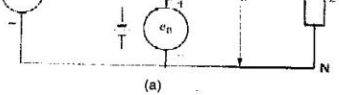
Thiết bị bù nối shunt cũng có thể dùng để nâng hệ số công suất của công viên công nghiệp; để thực hiện điều này, điện áp e_a được sắp đặt đến mức là dòng điện i_a phải chậm 90° so với điện áp e_b (hình 15.37). Vậy, thiết bị bù hoạt động như một bộ tụ điện ở các cực của phụ tải Z. Ta giả thiết rằng, thiết bị bù có các tổn thất được thể hiện bởi điện trở r_a. Bằng cách đi theo mạch vòng bên phải của mạch điện, ta có thể viết phương trình:

$$-e_a + i_a r_a + j i_a x_a + e_b = 0$$

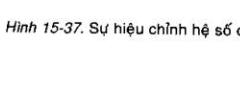
Vậy: $e_a = j i_a x_a + i_a r_a + e_b$, (15.14)

Sơ đồ vectơ tương ứng được thể hiện ở hình 15.37b, chúng ta ghi nhận rằng e_a phải lớn hơn e_b và chậm hơn một ít so với e_b (hình 15.37b). Kết quả là lưới phân phối nhận được một công suất phản kháng $Q = e_b i_a$, đồng thời nó cung cấp cho thiết bị bù công suất tác dụng $P = e_a i_a \cos\Phi$.

Trong những điều kiện này, bình ắc quy cung cấp công suất một chiều không cần thiết. Bằng cách kiểm soát e_a để rằng nó phải hơi chậm hơn e_b, tụ điện ở dòng một chiều sẽ vẫn nạp ở điện áp yêu cầu. Sự làm việc khi đó sẽ tương tự như sự làm việc của STATCOM (mục 15.9).



(a)



(b)

Hình 15-37. Sự hiệu chỉnh hệ số công suất cosΦ

15.17.5 Phụ tải không tuyến tính và "bộ lọc tích cực"

Bây giờ, chúng ta hãy khảo sát trang thiết bị được đặt ở xưởng đúc tương lai. Nó gồm có một phụ tải không tuyến tính Z; vì các lò hồ quang sẽ kéo dòng điện rất biến đổi, trước hết ở lúc khởi động (hình 15.38a). Kết quả, sự sụt điện áp dọc theo tuyến cung cấp là không tuyến tính, điều này sẽ nảy sinh ra điện áp bị biến dạng hay méo ở cổng đường điện đi vào của xưởng đúc. Dòng điện dao động sao cho sự bấp bênh là không có khả năng xác định điện áp theo cách ở sóng hài truyền thống. Lúc bấy giờ, sự sụt điện áp tức thời luôn luôn bằng với cảm kháng L của đường dây bị nhân bởi tỷ lệ biến đổi của dòng điện. Ví dụ, nếu điện kháng của tuyến đường cung cấp điện với tần số 60HZ là 11Ω, thì điện cảm kháng L là:

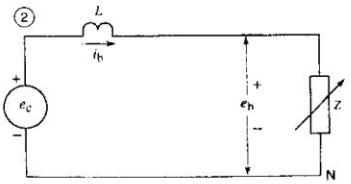
$$L = x_L / 2\pi f = 11 / 2\pi \times 60 = 0,029H$$

Điện áp tức thời $e_{b(inst)}$ ở cổng đường điện vào của xưởng đúc được xác định bằng biểu thức (hình 15.38a):

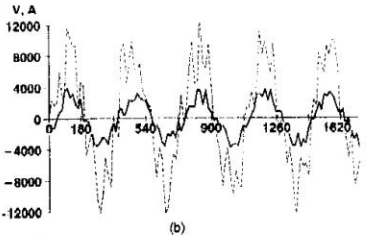
$$-e_{b(inst)} + L\frac{\Delta i_b}{\Delta t} + e_{b(inst)} = 0$$

tức là: $$e_{b(inst)} = e_{c(inst)} - L\frac{\Delta i_b}{\Delta t}, \quad (15.15)$$

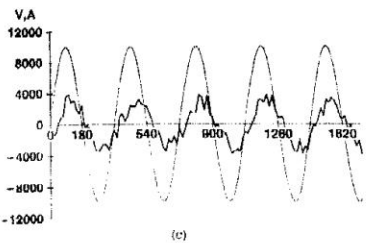
Hình 15.38b chỉ rõ ràng: điện áp e_b và dòng điện i_b ở cổng vào của phân xưởng, trước khi các phương án hiệu chỉnh không được áp dụng. Dòng điện bị giật từng đợt có một giá trị hiệu dụng khoảng 2300A, trong khi mà điện áp đạt đến đỉnh 12KV. Hình 15.38c, chỉ cho thấy cùng một dòng điện và *thành phần cơ bản* của điện áp e_c ở điểm (2) phía trên (thượng lưu) của tuyến cung cấp. Điện áp thực tế ở điểm nối chung này sẽ bị "ô nhiễm" hay có hiện tượng nhiễu do vì dòng điện bị méo. Mức độ "ô nhiễm" phụ thuộc vào tổng trở của lưới ở phía trên của điểm 2. Nếu như tổng trở đóng vai trò quan trọng (lưới điện có tổng trở nhỏ), dạng sóng e_c sẽ không được chấp nhận đối với các khách hàng nằm bên cạnh. Vậy, thêm vào việc cải thiện dạng sóng của điện áp ở cổng vào của xưởng đúc, thì điều quan trọng là cải thiện dạng sóng dòng điện chạy trong tuyến đường cung cấp điện.



(a)



(b)



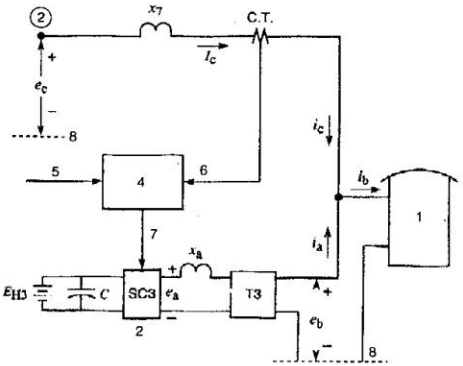
(c)

Hình 15-38. Mạch điện tương đương của xưởng đúc nhiệt luyện, trước khi đặt thiết bị bù nối shunt

a) Mạch điện tương đương của nguồn và của xưởng; b) Điện áp e_b và dòng điện i_b của xưởng; c) Dòng điện i_b và thành phần cơ bản của điện áp e_c ở nguồn

Hình 15.39 chỉ cho thấy mạch điện bao gồm xưởng đúc nhiệt luyện, thiết bị bù nối shunt SC3, máy biến áp T3 và tuyến cung cấp điện. Một máy biến dòng CT đo tìm dòng điện tức thời i_c chạy theo tuyến cung cấp điện, tín hiệu này được cung cấp cho bộ xử lý (4), mà nó kiểm soát sự đánh lửa của cực điều khiển của thiết bị bù. Bộ xử lý (4) sẽ so sánh dòng điện bị méo i_c với dòng điện tức thời được mong muốn (5) và phát ra các xung yêu cầu (7) để điều chỉnh

dạng sóng của i_c. Kết quả, dòng điện i_c này trở nên gần như dạng hình sin. Sự sụt điện áp dọc theo tuyến do vậy cũng hình sin, cũng như vậy đối với điện áp đi vào của xưởng đúc nhiệt luyện. Khi đó, dòng điện cung cấp cho xưởng đúc là luôn luôn bị méo hay biến dạng vì phụ tải không tuyến tính. Điều này muốn nói rằng dòng điện i_a được cung cấp bởi thiết bị bù nối shunt, trên thực tế là thành phần bị méo của dòng điện bị kéo ra bởi nhà máy. Vậy, thiết bị bù hoạt động giống như một "bộ lọc tích cực".

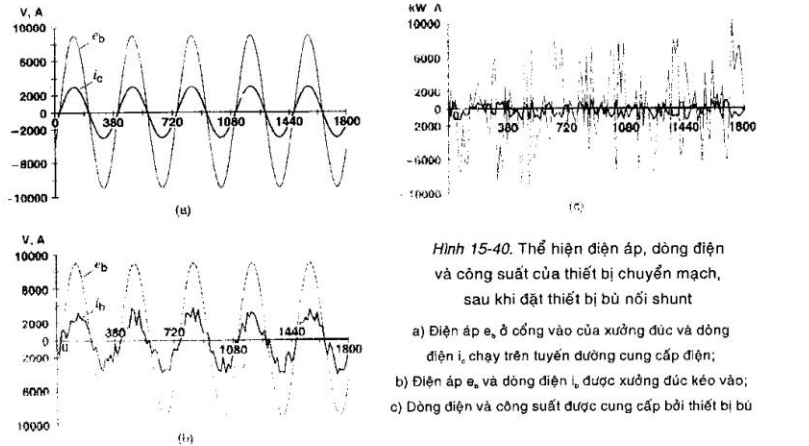


1- xưởng đúc nhiệt luyện;
2- SC3 - thiết bị bù nối shunt,
T3 - máy biến áp T3,
CT - máy biến dòng CT;
4- bộ xử lý tín hiệu;
5- dòng điện mong muốn;
6- dòng điện hiện tại;
7- tín hiệu hiệu chỉnh;
8- trung tính lưới điện

Hình 15-39. Thiết bị bù nối shunt được đặt ở cổng đưa điện vào của xưởng đúc nhiệt luyện

Hình 15.40a thể hiện điện áp e_b ở cổng vào của nhà máy, cũng như dòng điện hình sin i_c chạy trong tuyến dây đối với một khoảng thời gian là 5 chu kỳ, tức là khoảng 80ms. Hình 15.40b, chỉ rõ cùng một điện áp và dòng điện bị méo i_b cung cấp cho xưởng đúc nhiệt luyện. Cuối cùng, hình 15.40c chỉ rõ dòng điện bị giật từng cơn cung cấp bởi thiết bị bù (khoảng 800A hiệu dụng) và công suất tức thời. Ta quan sát thấy rằng, công suất này dao động giữa các giá trị dương và âm, đôi khi đạt đến đỉnh 10MW. Khi đó, công suất trung bình trong một khoảng thời gian một vài chu kỳ là bé.

Các ví dụ trên đã chỉ cho chúng ta thấy rằng, thiết bị bù nối shunt có khả năng đáp ứng cho một dải của hiện tượng nhiễu điện, như vậy đảm bảo cho khách hàng một phẩm chất của điện áp và công suất tuyệt vời. Khi đó, rõ ràng đã cải thiện phẩm chất của sóng ở một vị trí cho trước, không muốn nói rằng tất cả mọi nơi đều được hưởng cải thiện này. Ví dụ, một sự nhiễu phát sinh trong khu vực trung tâm chế tạo (5) sẽ dẫn đến hậu quả trong khu vực dân cư (6) (hình 15.26), mặc dù sự việc này đã được loại ra ở cổng vào của công viên công nghiệp. Vậy, việc trang bị một thiết bị bù để hiệu chỉnh một vấn đề ở địa phương phải luôn luôn tính đến sự đụng chạm của nó ở những nơi khác trên lưới điện.



Hình 15-40. Thể hiện điện áp, dòng điện và công suất của thiết bị chuyển mạch, sau khi đặt thiết bị bù nối shunt

a) Điện áp e_s ở cổng vào của xưởng đúc và dòng điện i_c chạy trên tuyến đường cung cấp điện;

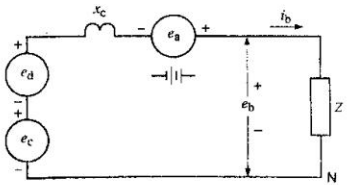
b) Điện áp e_b và dòng điện i_b được xưởng đúc kéo vào;

c) Dòng điện và công suất được cung cấp bởi thiết bị bù

15-18. Thiết bị bù nối nối tiếp: nguyên tắc làm việc

Thiết bị bù nối nối tiếp là tương tự như thiết bị bù nối shunt, sự phân biệt chủ yếu là thiết bị này được nối nối tiếp với tuyến đường dây cấp điện thay vì được nối song song (nối shunt). Như vậy, trong hình 15.26, bằng cách tính đến máy biến áp T_2, thiết bị bù SC2 được liên hệ một cách có hiệu quả giữa tuyến đường dây cung cấp và trung tâm các máy công cụ.

Hình 15.41 cho ta mạch tương đương của phần lưới điện phân phối này. Trung tâm được thể hiện bằng tổng trở Z, thiết bị bù bằng điện áp e_a và tuyến đường dây bằng một điện kháng x_c. Nguồn điện bao gồm một điện áp e_c hình sin nhưng thay đổi và điện áp méo hay biến dạng thay bằng e_d.



Hình 15-41. Mạch đơn giản của một pha với thiết bị bù nối nối tiếp

Chúng ta hãy khảo sát sự ứng xử của thiết bị bù; trước tiên, giống như bộ điều chỉnh điện áp, và thứ hai nữa, giống như một sự bố trí để loại ra sự biến dạng ở các cực của phụ tải. Nguyên tắc là đơn giản: chỉ cần thiết bị bù phát ra một điện áp e_a thế nào để điện áp e_b ở các cực của phụ tải phải là hằng số và hình sin.

15.18.1 Sự điều chỉnh điện áp

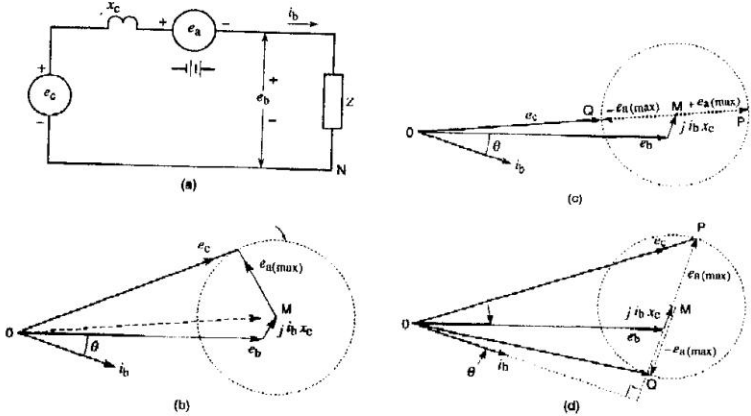
Hình 15.42a cho ta một nguồn điện áp biến thiên e_c ở tần số 60HZ, nguồn này cung cấp cho một phụ tải Z. Điện áp của phụ tải e_b được duy trì không đổi bằng thiết bị bù nối nối tiếp mà nó phát ra một điện áp thích hợp e_a. Giá trị của e_a được điều chỉnh từ giá trị không đến giá trị định mức e_a(max) của nó. Thêm vào đó, góc của nó được điều chỉnh từ không đến 360°. Phụ tải kéo ra một dòng điện không đổi i_b. Ta có thể viết phương trình sau đây:

$$-e_c + ji_b x_c + e_a + e_b = 0$$

Vậy: $e_c = e_b + ji_b x_c + e_a$, (15.16)

e_c = vectơ OM + e_a

Sơ đồ vectơ của hình 15.42b cho ta các giai đoạn khi mà điện áp của thiết bị bù được duy trì đến giá trị định mức của nó e_a(max). Góc θ giữa i_b và e_b tương ứng với hệ số công suất của phụ tải. Vì e_b là cố định và vì ta có thể làm thay đổi góc của e_a tùy ý, kết quả là điểm ngoài cùng của vectơ e_a(max) sẽ vẽ nên một vòng tròn mà tâm điểm là điểm ngoài cùng của vectơ OM.



Hình 15-42. a) Sự điều chỉnh điện áp với thiết bị bù nối nối tiếp; b) Sơ đồ vectơ khi mà sự điều chỉnh của điện áp e_a; c) Sự bù để ngăn cản một độ võng (khoảng trũng) "sag" và một chỗ phồng lên "swell" của điện áp; d) Các giới hạn của sự điều chỉnh khi thiết bị bù làm việc không có dự trữ năng lượng

Trong những trường hợp này, vectơ e_c của nguồn chạy theo xung quanh đường tròn và ta thấy rằng biên độ của nó có thể thay đổi từ một giá trị cực tiểu OQ đến một giá trị cực đại OP (hình 15.42c).

Tuy nhiên, vì biên độ và góc của e_a là thay đổi, vectơ e_c có thể chiếm bất kể một vị trí nào đó, ở bên trong vòng tròn. Ta sẽ chọn ra vị trí thích hợp nhất.

Như vậy, khi điện áp nguồn thay đổi giữa OP và OQ, vectơ e_a thẳng hàng với đường PQ, điểm xuất phát của nó luôn luôn là điểm M. Tình trạng này đòi hỏi rằng thiết bị bù phải có khả năng phát ra hay hấp thụ một công suất tác dụng vì rằng các pha e_a và i_b không vuông góc nhau.

Ví dụ, ở hình 15.42c, *thiết bị bù phải hấp thụ một công suất tác dụng của lưới điện khi điện áp của nguồn tương ứng với vectơ OP*, vì một thành phần của dòng i_b cùng pha với điện áp e_a. Cũng theo cách đó, *thiết bị bù phải phát ra một công suất tác dụng khi điện áp của nguồn tương ứng với vectơ OQ*. Cụ thể, trong hợp này, một thành phần của i_b lệch pha 180° so với vectơ $-e_a$.

Nếu các điều kiện này chỉ kéo dài trong một vài giây đồng hồ, thì ắc quy sẽ có khả năng hấp thụ hay cung cấp công suất yêu cầu. *Vậy, ở một thời gian ngắn, thiết bị bù có thể duy trì điện áp e_b không đổi, trong chừng mực mà điện áp của nguồn là bao gồm giữa OP và OQ.* Ghi nhận rằng góc giữa e_c và e_b không quan trọng vì rằng mục tiêu duy nhất là *duy trì e_b không thay đổi.*

Ta có thể điều chỉnh điện áp e_b trong khoảng thời gian dài mà không để thiết bị bù phải bắt buộc cung cấp hay hấp thụ một công suất tác dụng. Điều này đòi hỏi vectơ e_a phải luôn luôn vuông góc với dòng điện phụ tải i_b (hình 15.42a). Trong trường hợp này, điểm cuối cùng của vectơ e_c phải đi theo đường PQ được chỉ trên hình 15.42d. Đường này là thẳng góc với dòng điện i_b, độ lớn của e_c khi đó có thể thay đổi từ OP đến OQ bằng cách đi qua bởi OM, điều này thể hiện một dải nằm phía dưới dải thể hiện ở hình 15.42c. Vectơ e_a nằm trên đường thẳng đường PQ, còn gốc của nó là điểm M.

Trái ngược với thiết bị bù nối shunt, thiết bị bù nối nối tiếp cho phép điều chỉnh điện áp e_b, dù cho tổng trở của tuyến đường dây là rất bé. Theo các thống kê, các độ sụt điện áp trong một thời gian ngắn chiếm khoảng 90% của các nhiễu trên một lưới phân phối. Thông thường, ba pha không chịu cùng một nhiễu. Ví dụ, sự ngắn mạch một pha chạm đất sinh ra các điện áp mất cân bằng trên cả 3 pha, song trị số điện áp mất cân bằng rất khác nhau. Vì lý do đó, thiết bị bù sử dụng ba thiết bị chuyển mạch với MLI độc lập, theo cách để duy trì ba điện áp cân bằng ở cổng vào của nhà máy.

Công suất của thiết bị bù phụ thuộc vào tầm quan trọng dự kiến đối với sự sụt điện áp và dòng điện định mức trên pha. Năng lượng chứa (dự trữ) phụ thuộc vào công suất và thời gian dự kiến cho nhiễu. Ví dụ, ta hãy nghiên cứu một tuyến đường dây 3 pha, 480V, 60HZ cung cấp cho một phụ tải 600kVA. Ta giả thiết rằng trường hợp dự kiến xấu nhất đối với nhiễu là một sự sụt điện áp 15% trên ba pha mà chúng kéo dài trong thời gian 1,5 giây. Thiết bị bù nối nối tiếp phải phát ra một điện áp hiệu dụng $15\% \times 480V/\sqrt{3} = 41,6V$ trong thời gian nhiễu; tất cả mang dòng điện đầy tải. Kết quả, công suất định mức của thiết bị bù 3 pha sẽ là:

$$P = 15\% \times 600kVA = 90kVA$$

Bằng cách giả thiết một hệ số công suất 100%, thì năng lượng dự trữ là:

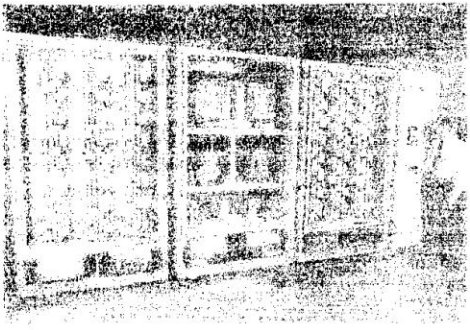
$$W = 90KW \times 1,5s = 135KWs = 135KJ$$

Do vậy, công suất của thiết bị bù và năng lượng tích lũy trong bộ bình ắc quy của nó là rất khiêm tốn. Thực tế, ta sản xuất các thiết bị bù nối nối tiếp có thể phát ra 25%, 50% hay 75% đôi khi đến 100% công suất định mức.

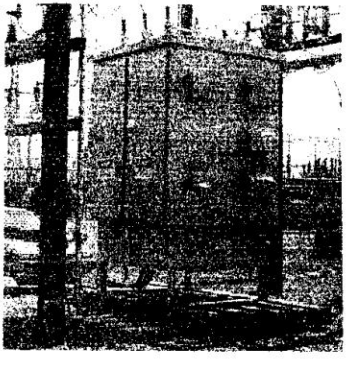
Thiết bị bù nối nối tiếp thể hiện một phương tiện tương đối ít tốn kém để giải quyết bài toán về quá điện áp hay dưới điện áp trong thời gian ngắn. Theo cách nhìn này, thiết bị bù nối nối tiếp luôn luôn rất thích hợp và được ưa thích. Ngoài ra, còn có hệ thống gồm một thiết bị bù nối shunt và một máy cắt điện SSB.

Hình 15.43 cho ta hình ảnh của thiết bị bù 2MVA mà nó có thể làm việc theo các nối shunt hay nối nối tiếp.

Hình 15.44 cho ta một máy cắt điện dùng linh kiện bán dẫn công suất 13,8kVA.



Hình 15-43. Thiết bị chuyển mạch ±2MVA này có thể cấu hình lại để làm thiết bị bù nối nối tiếp hay nối shunt (DSTATCOM hay DVR) (cung cấp từ Westinghouse Electric Corporation)



Hình 15-44. Máy cắt điện SSB ba pha với linh kiện điện tử, gồm các GTO và các tiristo. Các GTO có dung lượng 600A,trong khi mà các tiristo có thể chịu một dòng điện 8000A (cung cấp từ nguồn Westinghouse Electric Corporation)

15.18.2 Sự giới hạn dòng điện ngắn mạch

Trong một số áp dụng nào đó, *thiết bị bù nối nối tiếp được sử dụng để giới hạn dòng điện ngắn mạch trong một tuyến cung cấp điện mà tổng trở là rất bé.* Thời gian đáp ứng của thiết bị bù là khá nhanh mà nó có thể ngay lập tức đưa vào một điện áp e_a đối nghịch với điện áp của nguồn. Kết quả, trong khoảng thời gian vài chu kỳ, biên độ của dòng điện sự cố sẽ được giới hạn đến một gái trị dưới giá trị định mức của nó. Điều này cho phép máy cắt điện chính, mà dung lượng ngắn mạch bị giới hạn, sẽ mở mạch điện mà không sợ rủi ro bị hư hỏng.

SỰ ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT GIỮA CÁC PHA

15-19. Truyền tải công suất giữa hai vùng.

Chúng ta đã thấy rằng, đôi khi ta phải thêm vào đường dây phụ giữa hai vùng công suất để vận chuyển một số lượng công suất tác dụng nào đó.

Công suất được vận chuyển, được cho bởi phương trình đã biết:

$$P = \frac{E_1 E_2 \sin\delta}{X_L}$$

trong đó, P là công suất tác dụng trên pha, E_1 và E_2 là các điện áp pha (điện áp đường dây đến trung tính) của hai vùng, X_L là điện cảm kháng của đường dây và δ là góc giữa E_1 và E_2. Chúng ta nhớ rằng: *công suất sẽ được di chuyển luôn luôn từ vùng mà điện áp vượt trước hướng về vùng mà điện áp đi chậm sau.*

Song chẳng may, khi góc δ dao động, công suất P cũng dao động. Ví dụ, giả thiết rằng $E_1 = E_2 = 4KV$; $X_L = 1,5\Omega$ và δ dao động giữa $+7^\circ$ và -13°. Trong trường hợp này, công suất sẽ dao động giữa:

$$P = \frac{4000 \times 4000 \times \sin 7^\circ}{1,5} \approx 1,3MW$$

và

$$P = \frac{4000 \times 4000 \times \sin(-13^\circ)}{1,5} = -2,4MW$$

Chúng ta thấy rằng: giá trị và hướng của công suất sẽ thay đổi.

Nếu ta muốn di chuyển một công suất không đổi trong chỉ một hướng mà thôi thì ta phải thêm vào một máy biến áp với sự lệch pha thay đổi theo một nguyên tắc được giải thích ở phần chuyên đề về sự trao đổi công suất [*4]. Song nếu đường dây phụ là ngắn thì điện cảm kháng X_L sẽ bé, điều này thể hiện một vấn đề khác. Cụ thể, phần thêm vào của đường dây phụ sẽ làm tăng công suất ngắn mạch của cả hai vùng. Vậy, nếu có một sự ngắn mạch xảy ra ở một trong hai vùng, thì một dòng điện rất lớn sẽ chạy trên đường dây liên hệ. Dòng điện này sẽ phụ thêm vào các dòng điện ngắn mạch ở các địa phương, đến mức mà dòng điện ngắn mạch tổng có nguy cơ vượt quá dung lượng cắt của các máy cắt điện. Vậy, người ta sẽ phải thay đổi các máy cắt điện đang tồn tại bằng các máy cắt điện khác có dung lượng yêu cầu cao hơn. Do đó, sự thay đổi này có thể có giá thành rất cao.

15-20. Sự điều chỉnh công suất giữa các pha - thiết bị RPI [*5]

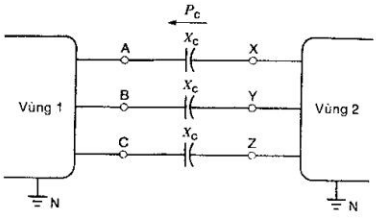
Ta có thể vận chuyển một công suất không đổi mà tránh được các dòng điện ngắn mạch quá lớn bằng cách dùng một thiết bị điều chỉnh công suất giữa các pha (viết tắt là RPI). Để hiểu được nguyên tắc làm việc của thiết bị mới này, trước tiên chúng ta hãy nghiên cứu hình 15.45. Hình này chỉ cho ta hai vùng liên hệ nhau bằng một đường dây có tổng trở không đáng kể, nhưng nó gồm có các điện dung kháng X_c nối nối tiếp. Công suất tác dụng được vận chuyển bằng đường dây điện dung này, được cho bởi biểu thức tương tự với biểu thức đường dây điện cảm kháng (pt.15.17) sau đây:

[*4] phần này không nằm trong phạm vi cuốn sách, nó thuộc phạm vi của chuyên đề "kỹ thuật điện chuyên sâu"

[*5] RPI – Regulator power interphase – Regulateur de puissance interphase.

$$P = \frac{E_1 E_2 \sin\delta}{X_C}, \quad (15.17)$$

Các ký hiệu ở phương trình (15.17) có cùng ý nghĩa như phương trình trước đây, nhưng công suất chạy từ vùng mà điện áp là bị chậm sau sẽ hướng về vùng mà điện áp đi vượt trước.

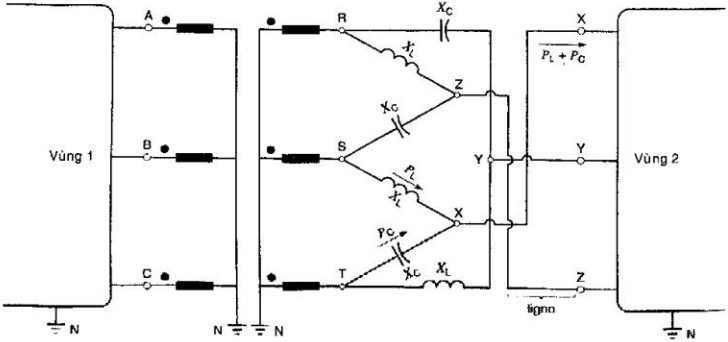


Hình 15-45. Sự lưu thông của công suất tác dụng P_c khi điện áp của vùng 1 là vượt trước điện áp của vùng 2

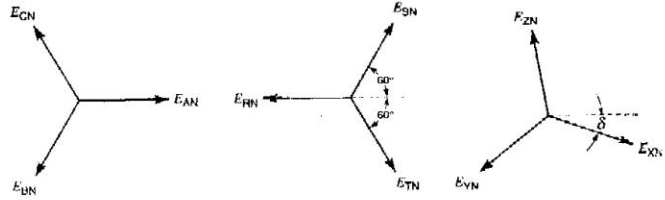
Hình 15.46 chỉ ra một vùng 1 mà các pha A, B, C được nối đến các pha X, Y, Z của một vùng 2 bằng cách đặt trung gian: một thiết bị điều chỉnh công suất giữa các pha (RPI), và một đường dây ba pha có chiều dài vài kilômét. Thiết bị RPI gồm máy biến áp ba pha và một nhóm các điện kháng X_L và X_C được nối mạch như đã thể hiện ở hình 15.46.

Ba máy biến áp mà các cuộn dây quấn được thể hiện trên hình 15.46 bằng các thanh đen, có quan hệ biến đổi là 1:1. Các dấu cực tính chỉ rõ rằng các điện áp E_{RN}, E_{SN} và E_{TN} là lệch pha 180° so với điện áp đã được áp đặt E_{AN}, E_{BN} và E_{CN}. Sơ đồ vectơ của hình 15.47 cho ta các quan hệ này. Các điện áp pha (từ đường dây đến trung tính), tất cả đều có cùng một giá trị hiệu dụng E_1.

Các điện kháng X_L và X_C có cùng một tổng trở mà chúng ta ký hiệu bằng X_{RPT}. Tổng trở này là cao hơn nhiều so với điện kháng của đường dây nối giữa hai mạng điện, đến mức độ mà ta có thể không kể đến đường dây liên hệ này.



Hình 15-46. Hai vùng 1 và 2 được nối với nhau bằng thiết bị RPI và một tuyến đường dây vài kilômét



$E_{AN} = E_1 \angle 0°$ $E_{RN} = E_1 \angle -180°$ $E_{XN} = E_2 \angle -\delta$

$E_{BN} = E_1 \angle -120°$ $E_{SN} = E_1 \angle +60°$ $E_{YN} = E_2 \angle -\delta - 120°$

$E_{CN} = E_1 \angle 240°$ $E_{TN} = E_1 \angle -60°$ $E_{ZN} = E_2 \angle -\delta - 240°$

Hình 15-47. Sơ đồ vectơ của các điện áp của hình 15.46. Vùng 2 bị chậm một góc δ so với vùng 1

Sơ đồ vectơ chỉ rõ rằng cả ba điện áp E_{XN}, E_{YN} và E_{ZN} của vùng 2 có giá trị hiệu dụng là E_2. Chúng bị lệch pha và chậm sau δ độ so với các điện áp E_{AN}, E_{BN} và E_{CN} của lưới điện 1. Chúng ta chỉ quan tâm một pha và thấy rằng đường dây X được nối với đường dây S và T. Kết quả, ta phải kể đến công suất tác dụng đã được di chuyển bằng các đường dây S và T đến đường dây X. Ta quan sát rằng điện áp E_{SN} là vượt trước so với E_{XN} một góc (60°+δ). Thêm vào đó, điện áp E_{TN} là bị chậm sau so với E_{XN} một góc (60°-δ). Vậy công suất tác dụng P_L sẽ được vận chuyển giữa các cực S và X là:

$$P_L = \frac{E_{SN}E_{XN}\sin(60° + \delta)}{X_L} = \frac{E_1E_2\sin(60° + \delta)}{X_{RPI}}, \quad (15.18a)$$

Cũng theo cách đó, công suất tác dụng P_C được vận chuyển giữa các cực T và X là:

$$P_C = \frac{E_{TN}E_{XN}\sin(60° - \delta)}{X_C} = \frac{E_1E_2\sin(60° - \delta)}{X_{RPI}}$$

Vậy, công suất P_T được vận chuyển bằng đường dây X là:

$$P_T = P_L + P_C = \frac{E_1E_2\sin(60° + \delta)}{X_{RPI}} + \frac{E_1E_2\sin(60° - \delta)}{X_{RPI}}$$

$$P_T = \frac{2E_1E_2\sin 60°\cos\delta}{X_{RPI}} \rightarrow P_T = \frac{\sqrt{3}.E_1.E_2.\cos\delta}{X_{RPI}}, \quad (15.19)$$

Phương trình 15.19 nêu lên là: đối với các giá trị đã cho của E_1, E_2 và X_{RPI}, công suất tổng đã được vận chuyển bằng đường dây X trên pha sẽ thay đổi tùy theo cos của góc δ. Như đã biết, giá trị của δ có thể dao động, song trên một dải cũng nâng lên ±20°, công suất chỉ thay đổi ±3% so với giá trị trung bình.

Cũng lưu ý như vậy được áp dụng vào các đường dây Y và Z. Điều này muốn nói rằng thiết bị RPI của hình 15.46, cho phép vận chuyển một công suất tác dụng mà công suất này tồn tại gần như không đổi mà không cần thiết tiến hành một sự thay đổi các đường nối hay đầu phân áp hay bất kỳ một thao tác nào khác. Đó là một tính chất cần chú ý. Vậy, thiết bị RPI là một thiết bị to lớn và cũng không quá đắt tiền.

Một ưu điểm khác của thiết bị RPI là nó cần thêm đường dây phụ với RPI, mà không làm tăng công suất ngắn mạch của các vùng. Kết quả, ta không cần thay thế các máy cắt điện đang tồn tại bằng các máy cắt điện có dung lượng quá lớn. Cũng vì các lý do đó, một hiện tượng nhiễu trên một trong số các vùng sẽ không có hậu quả một cách có ý nghĩa đối với các vùng còn lại.

Để thay đổi chiều của công suất truyền tải, chỉ cần đảo lộn các điện kháng X_L và X_C. Sự thao tác này có thể tiến hành nhờ các máy cắt điện. *Để thay đổi công suất vận chuyển, ta phải thay đổi giá trị của X_{RPI}.*

Tóm lại, thiết bị RPI là thiết bị đáng được lưu ý vì rằng không cần sự giao hoán và không cần có tiristo, thiết bị RPI sẽ duy trì một sự lưu thông công suất thực tế không đổi giữa hai vùng, dù cho khi góc lệch pha dao động ±20°. *Thêm vào đó, dòng điện ngắn mạch không thể vượt quá dòng điện đầy tải của RPI.*

Nguyên tắc của thiết bị RPI được khai thác trong các ứng dụng khác, ở những nơi mà các giá trị và sự sắp xếp của các điện cảm kháng và điện dung kháng là rất khác nhau. Các áp dụng đặc biệt này là rất thích thú song đã vượt ra ngoài nội dung cuốn sách.

15-21. Tóm tắt chương 15.

Chúng ta đã thấy rằng, các thiết bị bù loại nối nối tiếp và nối shunt (hay song song) cũng như các máy cắt điện tĩnh (dùng bán dẫn) cho phép một sự điều khiển gần như là tức thời đối với công suất chạy trên các đường dây truyền tải và trên các lưới phân phối. Trong mỗi trường hợp, sự điều khiển đều có thể thực hiện được nhờ sự đáp ứng nhanh của các thiết bị chuyển mạch. Một trong số các thiết bị chuyển mạch này cũng có khả năng kiểm soát dạng sóng các điện áp và dòng điện. Trong trường hợp này, các thiết bị chuyển mạch hoạt động như là *các bộ lọc tích cực*. Các thiết bị chuyển mạch có công suất hàng chục mêgaoát cũng được ứng dụng như là các thiết bị chuyển mạch của tần số.

Các trang thiết bị hiện đại có công suất lớn đã có tác động rất lớn đến việc quản lý công suất và phẩm chất của sóng cung cấp cho khách hàng. Thêm vào đó, các trang thiết bị này cho phép cải thiện tính ổn định của lưới điện bằng cách kiểm soát cực nhanh các nhiễu. Cuối cùng, các thiết bị hiện đại này sẽ tạo nhiều cơ hội sử dụng, đặc biệt là đối với các trang thiết bị và các đường dây đang tồn tại.

PHẦN BA: NÂNG CAO VÀ CẬP NHẬT CÁC KIẾN THỨC HIỆN ĐẠI TRONG TRUYỀN TẢI, PHÂN PHỐI, CUNG CẤP ĐIỆN.

Chương 14 **TRUYỀN TẢI NĂNG LƯỢNG Ở DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU** 813

14-1. Các đặc thù của truyền tải dòng một chiều 813

14-2. Nguyên tắc làm việc của một hệ thống truyền tải ở dòng một chiều 814

14-3. Quan hệ giữa điện áp, dòng điện và công suất 816

14-4. Sự dao động của công suất 818

14-5. Các đặc tính E–I của các thiết bị chuyển mạch 820

14-6. Kiểm soát công suất 821

14-7. Hiệu quả của các hiện tượng nhiễu điện áp 822

14-8. Sự đảo ngược công suất 823

14-9. Tuyến đường dây truyền tải hai cực 823

14-10. Các thành phần của đường dây truyền tải ở dòng điện một chiều 824

14-11. Ví dụ của một thiết bị chuyển mạch đơn cực 827

14-12. Trạm chuyển mạch gồm mười hai mạch động 829

14-13. Các dạng lắp đặt 830

14-14. Đường dây nhiều đầu tận cùng của Vịnh James ở Nouvelle Angeterre 835

14-15. Sự truyền tải năng lượng dòng điện một chiều ở các địa hình được cách ly 842

14-16. Các thành phần cấu tạo nên máy phát điện tĩnh với biến điệu độ rộng xung (MLI) 844

14-17. Hình ảnh tổng thể của hệ thống truyền tải 845

14-18. Điều khiển công suất tác dụng 847

14-19. Ví dụ của hệ thống truyền tải dòng điện một chiều với MLI, cung cấp điện ở địa hình xa 847

14-20. Tóm tắt chương 14 850

Chương 15 **KIỂM SOÁT TĨNH LƯỚI ĐIỆN** 852

15-1. Khái quát 852

15-2. Thiết bị bù tĩnh (SVC) 853

15-3. Đặc tính V-I của thiết bị bù tĩnh 855

15-4. Sự làm việc của cảm kháng được điều khiển bằng tiristo 856

15-5. Thành phần hiệu dụng của dòng điện cơ bản 856

15-6. Hệ thống điều khiển và thời gian đáp ứng của thiết bị chuyển mạch tĩnh 858

15-7. Điện dung nối nối tiếp được điều khiển bởi tiristo ở thiết bị TCSC 858

15-8. TCSC ở sự kiểm soát liên tục 861

15-9. Thiết bị bù tĩnh đồng bộ (STATCOM) 863
15-10. Sự loại bỏ các sóng hài 867
15-11. Thiết bị kiểm soát công suất vạn năng (UPFC) 868
15-12. Thiết bị chuyển mạch tĩnh của tần số 873
15-13. Hiện tượng nhiễu và phẩm chất của sóng - thiết bị UPS 875
15-14. Sự cần thiết phải dùng các thiết bị chuyển mạch với MLI 878
15-15. Lưới điện phân phối 879
15-16. Các bộ tụ bù và phân tích mạch - thiết bị DSTATCOM 881
15-17. Bộ tụ bù nối shunt - nguyên tắc làm việc 881
15-18. Thiết bị bù nối nối tiếp: nguyên tắc làm việc 891
15-19. Truyền tải công suất giữa hai vùng 895
15-20. Sự điều chỉnh công suất giữa các pha - thiết bị RPI 895
15-21. Tóm tắt chương 15 898

Tài liệu tham khảo (phần ba)

1. William. H. Hayt. JR., *Engineering electromagnetics*, NXB Mc. Graw - Hill serie in Electrical Engineering, 1981.
2. A. Bruce Carlson & David G. Gisser, *Electrical Engineering*, NXB World - Student series edition, 1990.
3. A. Mauderit, *Installations electriques*, NXB Dunod - Paris, 2000.
4. Wilhelm - Rudolph, *Safety of Electrical Installations*, VDE. Verlay Gmbh - Berlin, 1990.
5. Wildi & Sybille - Electrotechnique, NXB De Boeck, 2005.
6. Gottfried Möltgen , *Tiristoarele in practică*, NXB Editure technica, 2000.
7. Mohan - Undeland - Robbin, *Power Electronics*, NXB Media Enhanced, 2003.
8. M. Vial, *Electricité professionnelle*, NXB Nathan, 1999.
9. R. Bourgeois - D. Cognicl, *Memotech - plus*, NXB El. Educalivre, 2005.
10. R. Mérat - R. Moreau..., *Génie Electrotechnique*, NXB Nathan, 2007.