

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay với tình hình dân số và nền công nghiệp phát triển không ngừng, năng lượng càng thể hiện rõ vai trò quan trọng và trở thành yếu tố không thể thiếu trong cuộc sống. Tuy nhiên trong khi nhu cầu sử dụng năng lượng đang ngày càng gia tăng thì các nguồn năng lượng truyền thống được khai thác sử dụng hàng ngày đang dần cạn kiệt và trở nên khan hiếm. Một số nguồn năng lượng đang được sử dụng như nguồn nguyên liệu hoá thạch (dầu mỏ, than đá...) đang cho thấy những tác động xấu đến môi trường, gây ô nhiễm bầu khí quyển như gây hiệu ứng nhà kính, thủng tầng ozôn, là một trong những nguyên nhân làm trái đất ấm dần lên. Các khí thải ra từ việc đốt các nguyên liệu này đã gây ra mưa axit, gây hại cho môi trường sống của con người. Còn nguồn năng lượng thủy điện (vốn cũng được coi là một loại năng lượng sạch) thì cũng không đáp ứng được nhu cầu tiêu thụ điện hiện nay trong khi tình trạng mức nước trong hồ chứa thường xuyên xuống dưới mực nước chết. Trước tình hình đó, vấn đề phải tìm được những nguồn năng lượng mới để đáp ứng nhu cầu sử dụng năng lượng đang lớn mạnh hàng ngày, thay thế những nguồn năng lượng có hại cho môi trường hoặc đang cạn kiệt đang trở nên cấp thiết, đòi hỏi nhiều sự quan tâm.

So với những nguồn năng lượng mới đang được khai thác sử dụng như năng lượng gió, năng lượng hạt nhân... Năng lượng mặt trời được coi là một nguồn năng lượng rẻ, vô tận, là một nguồn năng lượng sạch không gây hại cho môi trường đang thu hút sự quan tâm của rất nhiều nhà khoa học, nhà nghiên cứu và sẽ trở thành nguồn năng lượng tốt nhất trong tương lai. Hệ thống quang điện sử dụng năng lượng mặt trời (Hệ pin mặt trời) có nhiều ưu điểm như không cần nguyên liệu, không gây ô nhiễm môi trường, ít phải bảo dưỡng, không gây tiếng ồn... Hiện nay năng lượng mặt trời đã được khai thác và đưa vào ứng dụng trong cuộc sống cũng như trong công nghiệp dưới nhiều dạng và hình thức khác nhau, thông thường để cấp nhiệt và điện.

Một hệ pin mặt trời sử dụng năng lượng mặt trời cơ bản bao gồm 2 loại: Hệ pin mặt trời làm việc độc lập và hệ pin mặt trời làm việc với lưới. Tùy theo điều kiện về nhu cầu sử dụng và vị trí địa lý lắp đặt mà hệ nào được ứng dụng. Trong khả năng của mình, em chỉ chú trọng đến nghiên cứu các thành phần trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập.

Một hệ pin mặt trời làm việc độc lập bao gồm: hệ thống hấp thụ ánh sáng là các tấm pin mặt trời nối ghép lại với nhau; Các bộ biến đổi điện từ công suất DC/DC và DC/AC và Hệ thống điều tiết và lưu trữ năng lượng là các thiết bị điều tiết sạc, bình ắc quy. Mỗi một thành phần trong hệ pin mặt trời mang những nhiệm vụ cụ thể riêng biệt mang tính quyết định đến khả năng làm việc hiệu quả của hệ quang điện đó. Bộ biến đổi

Lời nói đầu

DC/DC sử dụng thuật toán điều khiển tìm điểm công suất tối ưu để làm tăng hiệu quả làm việc của pin quang điện; ắc quy giúp dự trữ điện năng để duy trì hoạt động cho cả hệ thống vào ban đêm hay khi thời tiết âm u, nhiều mây mưa, lúc cường độ bức xạ ánh sáng yếu không đủ phát ra điện năng; bộ biến đổi điện nghịch lưu DC/AC chuyển đổi dòng điện một chiều từ ắc quy thành điện xoay chiều (110 V, 220 V) để cung cấp cho các thiết bị điện xoay chiều.

Đồ án trình bày bao quát cả 1 hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập với đầy đủ các thành phần cần thiết trong hệ. Sau đó đồ án tập trung nghiên cứu sâu hơn vào nguồn điện pin mặt trời gồm pin mặt trời, bộ DC/DC, phương pháp và thuật toán điều khiển MPPT để thấy rõ đặc tính làm việc của pin thay đổi dưới tác động của nhiệt độ thời tiết và so sánh nguyên lý làm việc, ưu nhược điểm, khả năng ứng dụng của các thuật toán điều khiển MPPT nhằm để hệ pin mặt trời được làm việc tối ưu nhất.

Đồ án gồm có 5 chương với nội dung tổng quan như sau:

Chương 1: Tổng quan về hệ thống pin mặt trời.

Chương 2: Các bộ biến đổi bán dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

Chương 3: Phương pháp dò tìm điểm làm việc tối ưu MPPT

Chương 4: Bộ lưu trữ năng lượng (ắc quy)

Chương 5: Tính toán hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

Trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp, em đã củng cố được những kiến thức đã được học và tiếp thu thêm được một số kiến thức và kinh nghiệm mới về pin mặt trời. Trên tất cả là em đã được học và rèn luyện được phương pháp làm việc, nghiên cứu một cách chủ động hơn, linh hoạt hơn và đặc biệt là phương pháp làm việc theo nhóm. Quá trình làm đồ án thực sự đã rất có ích cho em về nhiều mặt.

Đây là kết quả tổng kết quá trình 5 năm học tập của em nhưng do kinh nghiệm thực tế của bản thân còn chưa nhiều nên khó tránh khỏi nhiều thiếu sót, do đó cần phải có sự hướng dẫn, giúp đỡ của thầy giáo. Qua đây em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy **TRẦN TRỌNG MINH** cùng các cán bộ nghiên cứu trong trung tâm Hitech Bách Khoa Hà Nội đã tận tình chỉ bảo, hướng dẫn và giúp đỡ em trong suốt quá trình làm đồ án tốt nghiệp. Em cũng xin cảm ơn các thầy cô giáo trong bộ môn Tự động hoá XNCN trường Đại Học Bách Khoa Hà nội đã tạo điều kiện cho em hoàn thành tốt quyền đồ án tốt nghiệp này.

Hà nội, ngày tháng năm

Sinh viên thực hiện

LÊ THỊ THUỶ LINH

TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI

1.1. Giới thiệu về pin mặt trời

1.1.1. Định nghĩa.

Pin mặt trời còn gọi là pin quang điện là thiết bị ứng dụng hiệu ứng quang điện trong bán dẫn (thường gọi là hiệu ứng quang điện trong – quang dẫn) để tạo ra dòng điện một chiều từ ánh sáng mặt trời. Loại pin mặt trời thông dụng nhất hiện nay là loại sử dụng Silic tinh thể. Tinh thể Silic tinh khiết là chất bán dẫn điện rất kém vì các điện tử bị giam giữ bởi liên kết mạng, không có điện tử tự do. Khi bị ánh sáng hay nhiệt độ kích thích, các điện tử bị bứt ra khỏi liên kết, hay là các điện tử tích điện âm nhảy từ vùng hoá trị lên vùng dẫn và để lại một lỗ trống tích điện dương trong vùng hoá trị. Lúc này chất bán dẫn mới dẫn điện.

Có 3 loại pin mặt trời làm từ tinh thể Silic:

- Một tinh thể hay đơn tinh thể module. Đơn tinh thể này có hiệu suất tới 16%. Loại này thường đắt tiền do được cắt từ các thỏi hình ống, các tấm đơn thể này có các mặt trống ở góc nối các module.
- Đa tinh thể làm từ các thỏi đúc từ Silic nóng chảy, sau đó được làm nguội và làm rắn. Loại pin này thường rẻ hơn loại đơn tinh thể, nhưng lại có hiệu suất kém hơn. Tuy nhiên chúng có thể tạo thành các tấm vuông che phủ bề mặt nhiều hơn loại đơn tinh thể bù cho hiệu suất thấp của nó.
- Dải Silic tạo từ các miếng phim mỏng từ Silic nóng chảy và có cấu trúc đa tinh thể. Loại này thường có hiệu suất thấp nhất nhưng cũng là loại rẻ nhất trong các loại vì không cần phải cắt từ thỏi Silicon.

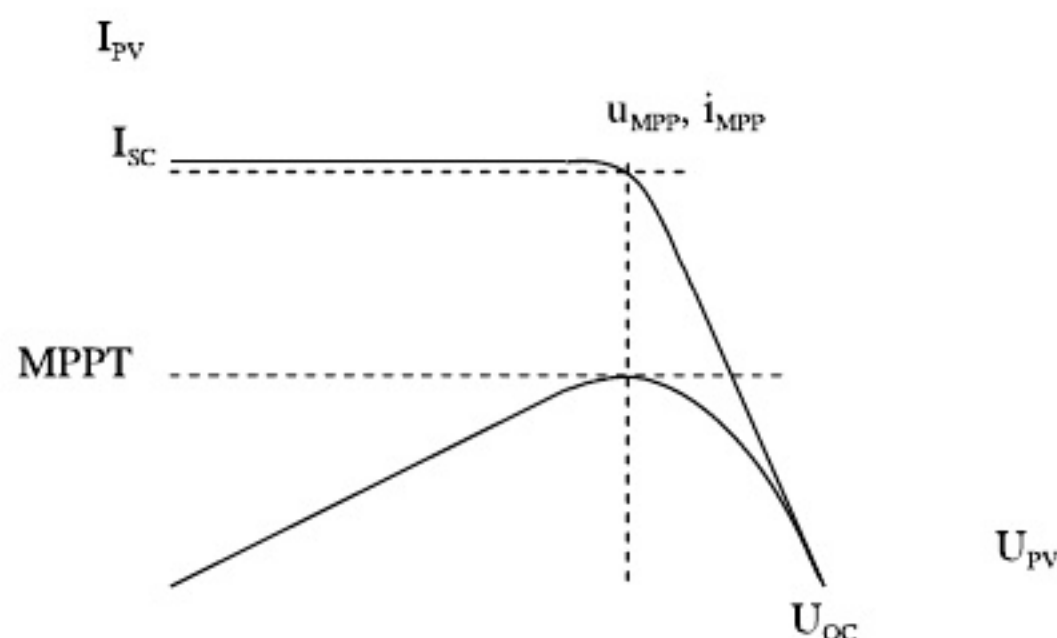
Về bản chất pin quang điện là một diốt bán dẫn bao gồm hai tấm bán dẫn loại P và loại N đặt sát cạnh nhau, khác ở chỗ pin quang điện có diện tích bề mặt rộng và có lớp N cực mỏng để ánh sáng có thể truyền qua. Trên bề mặt của pin quang điện có một lớp chống phản xạ vì khi chiếu ánh sáng vào pin quang điện, sẽ có một phần ánh sáng bị hấp thụ khi truyền qua lớp N và một phần ánh sáng sẽ bị phản xạ ngược lại còn một phần ánh sáng sẽ đến được lớp chuyển tiếp, nơi có các cặp electron và lỗ trống nằm trong điện trường của bề mặt giới hạn. Với các bước sóng thích hợp sẽ truyền cho electron một năng lượng đủ lớn để thoát khỏi liên kết. Khi thoát khỏi liên kết, dưới tác dụng của điện trường, electron sẽ bị kéo về phía bán dẫn loại N, còn lỗ trống bị kéo về phía bán dẫn loại P. Khi đó nếu nối hai cực vào hai phần bán dẫn loại N và P sẽ đo được một hiệu điện thế. Giá trị của hiệu điện thế này phụ thuộc vào bản chất của chất làm bán dẫn và tạp chất được hấp phụ.

1.1.2. Đặc tính làm việc của pin mặt trời.

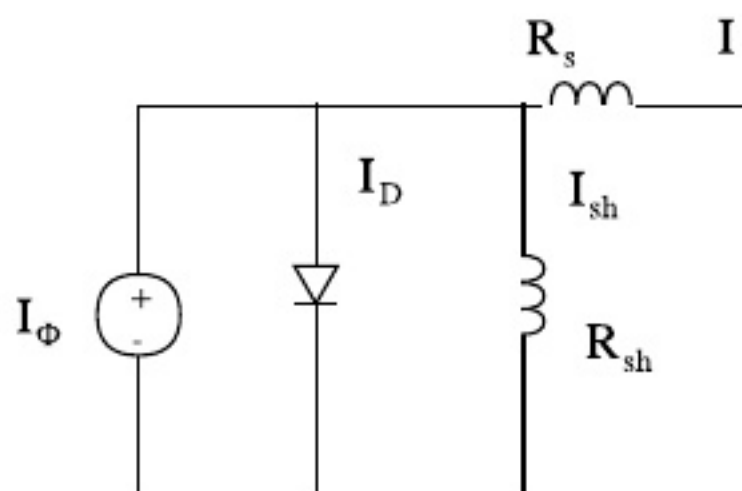
Đặc tính làm việc của pin mặt trời thể hiện qua hai thông số là điện áp hở mạch lớn nhất V_{OC} lúc dòng ra bằng 0 và Dòng điện ngắn mạch I_{SC} khi điện áp ra bằng 0. Công suất của pin được tính theo công thức:

$$P = I.U \quad (1-1)$$

Tại điểm làm việc $U = U_{OC} / I = 0$ và $U = 0 / I = I_{SC}$, Công suất làm việc của pin cũng có giá trị bằng 0.



Hình 1.1. Đường đặc tính làm việc $U - I$ của pin mặt trời



Hình 1.2. Sơ đồ tương đương của pin mặt trời

Từ sơ đồ tương đương, ta có phương trình đặc trưng sáng von – ampe của pin như sau:

$$I = I_{sc} - I_{01} \left(e^{\frac{q.(v+IR_s)}{kT}} - 1 \right) - \frac{(V + IR_s)}{R_{sh}} \quad (1-2)$$

Trong đó:

I_{sc} là dòng quang điện (dòng ngắn mạch khi không có R_s và R_{sh}) (A/m^2)

I_{01} là dòng bão hòa (A/m^2)

q là điện tích của điện tử (C) = $1,6.10^{-19}$

k là hệ số Boltzman = $1,38.10^{-23}$ (J/k)

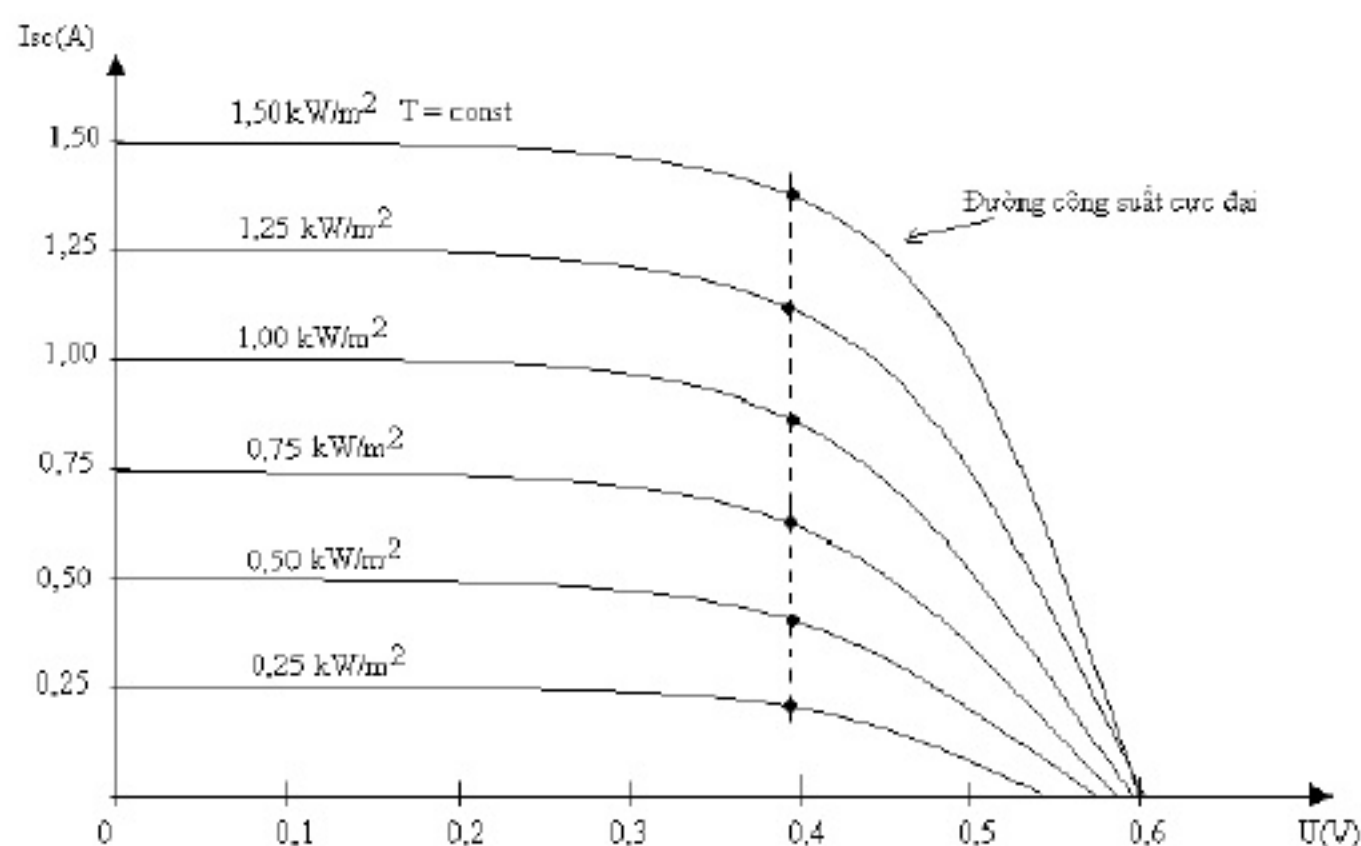
Chương 1. Tổng quan về hệ thống pin mặt trời

T là nhiệt độ (K)

I , V , R_s , R_{sh} lần lượt là dòng điện ra, điện áp ra, điện trở R_s và R_{sh} của pin trong mạch tương đương ở hình 1.2.

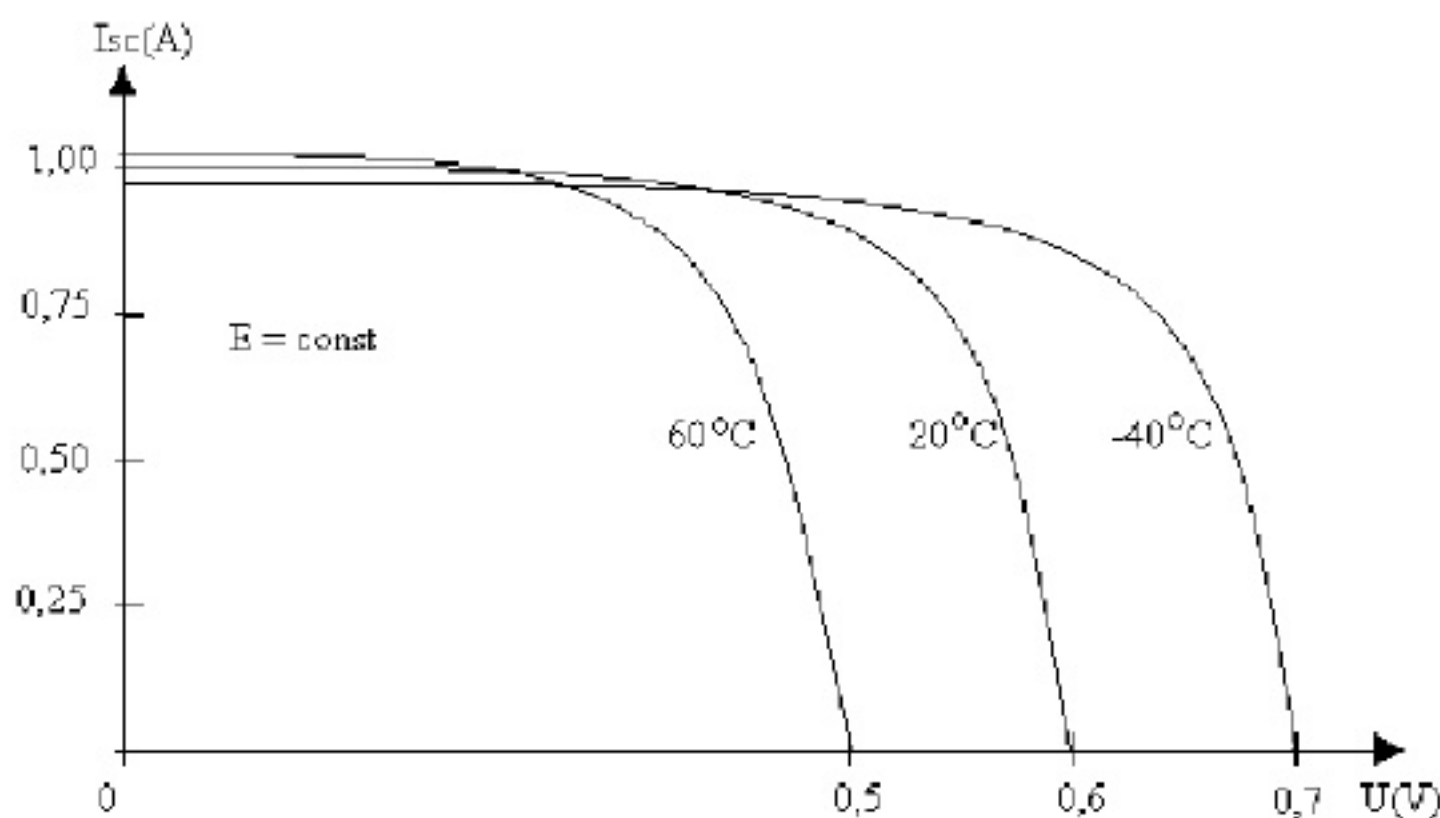
* Nhận xét:

- Dòng ngắn mạch I_{sc} tỉ lệ thuận với cường độ bức xạ chiếu sáng. Nên đường đặc tính $V - I$ của pin mặt trời cũng phụ thuộc vào cường độ bức xạ chiếu sáng. Ở mỗi tầng bức xạ chỉ thu được duy nhất một điểm làm việc $V = V_{MPP}$ có công suất lớn nhất thể hiện trên hình vẽ sau. Điểm làm việc có công suất lớn nhất được thể hiện là điểm chấm đen to trên hình vẽ. (đỉnh của đường cong đặc tính)



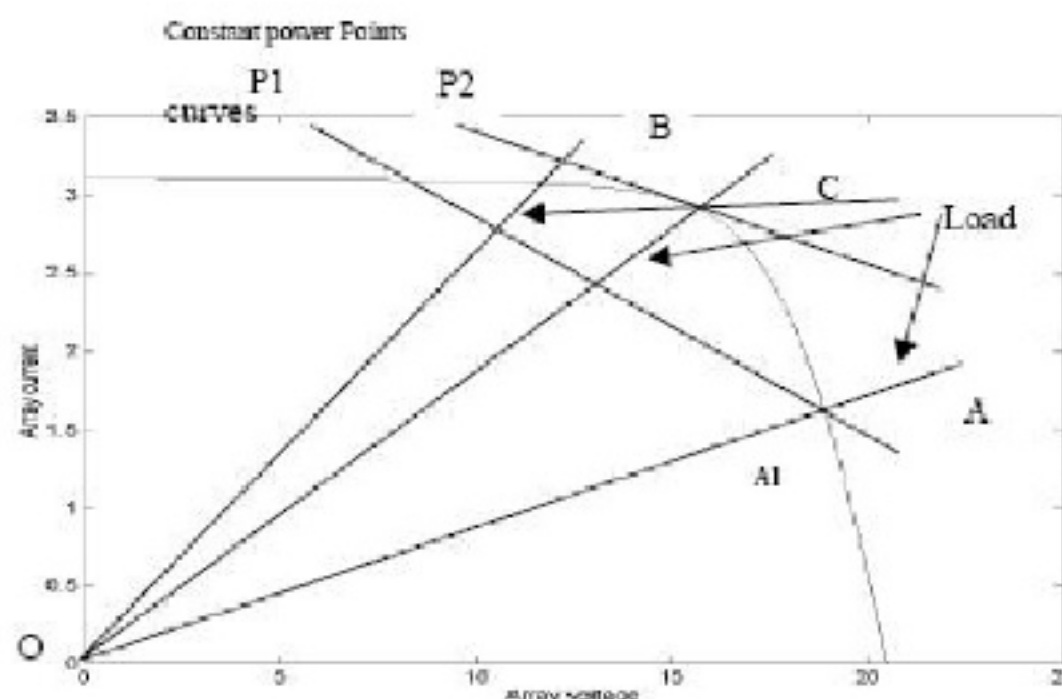
Hình 1.3. Sự phụ thuộc của đặc trưng VA của pin mặt trời vào cường độ bức xạ Mặt trời.

- Điện áp hở mạch V_{oc} phụ thuộc trực tiếp vào nhiệt độ nên đường đặc tính VA của pin mặt trời cũng phụ thuộc vào nhiệt độ của pin.



Hình 1.4. Sự phụ thuộc của đường đặc tính của pin mặt trời vào nhiệt độ của pin

- Để toàn bộ hệ PV có thể hoạt động được một cách hiệu quả thì đường đặc tính của tải cũng phải phù hợp với điểm MPP.



Hình 1.5. Đường đặc tính tải và đặc tính của pin mặt trời

Trên hình vẽ 1.5 đường OA và OB là những đường đặc tính tải. Nếu tải được mắc trực tiếp với dây pin mặt trời thì tải có đường đặc tính là OA. Khi đó, pin làm việc ở điểm A1 và phát công suất P1. Công suất lớn nhất do phơi nắng thu được là P2. Để có thể thu được công suất P2, cần có một bộ điều chỉnh công suất để liên kết giữa dây pin mặt trời và tải.

1.1.3. Ứng dụng

Pin mặt trời đã được ứng dụng ở nhiều nơi trên thế giới. Chúng đặc biệt thích hợp cho các vùng lưới điện không đến được. Pin mặt trời được sử dụng nhiều trong sản xuất cũng như trong đời sống. Một ứng dụng đơn giản của pin mặt trời trong cuộc sống hàng ngày như đồng hồ, máy tính ... Ngoài ra pin mặt trời còn được ứng dụng trong các thiết bị vận chuyển như ô tô, máy tính cầm tay, điện thoại di động, thiết bị bơm nước... Ngày nay, những ngôi nhà có gắn những tấm năng lượng mặt trời trên nóc đã trở thành phổ biến và có xu hướng tăng dần trong tương lai.

1.1.4. Tấm năng lượng mặt trời.

Tấm năng lượng mặt trời được tạo thành từ nhiều pin mặt trời có thể gồm 36 đến 72 pin mặt trời mắc nối tiếp với nhau. Qua những tấm pin mặt trời, năng lượng mặt trời được chuyển hoá thành điện năng. Mỗi pin mặt trời cung cấp một lượng nhỏ năng lượng, nhưng nhiều pin được đặt trải dài trên một diện tích lớn tạo nên nguồn năng lượng lớn hơn đủ để các thiết bị điện sử dụng. Mỗi tấm pin mặt trời có công suất khác nhau như: 30Wp, 40Wp, 45Wp, 50Wp, 75Wp, 100Wp, 125Wp, 150Wp. Điện áp của các tấm pin thường là 12VDC. Công suất và điện áp của hệ thống tùy thuộc vào cách ghép nối các tấm pin lại với nhau. Nhiều tấm năng lượng mặt trời có thể ghép nối tiếp hoặc song song

Chương 1. Tổng quan về hệ thống pin mặt trời

với nhau để tạo thành một dàn pin mặt trời. Để đạt được hiệu năng tốt nhất, những tấm năng lượng phải luôn được phơi nắng và hướng trực tiếp đến mặt trời.

Hiệu suất thu được điện năng từ pin mặt trời ở các vùng miền vào các giờ trong ngày là khác nhau, do bức xạ mặt trời trên bề mặt trái đất không đồng đều nhau. Hiệu suất của pin mặt trời phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

- Chất liệu bán dẫn làm pin.
- Vị trí đặt các tấm panel mặt trời
- Thời tiết khí hậu, mùa trong năm.
- Thời gian trong ngày: sáng, trưa, chiều

Các tấm năng lượng mặt trời được lắp đặt ở ngoài trời nên thiết kế sản xuất đã đảm bảo được các thay đổi của khí hậu, thời tiết, mưa bão, sự ăn mòn của nước biển, sự oxy hoá... Tuổi thọ của mỗi tấm pin khoảng 25 đến 30 năm.

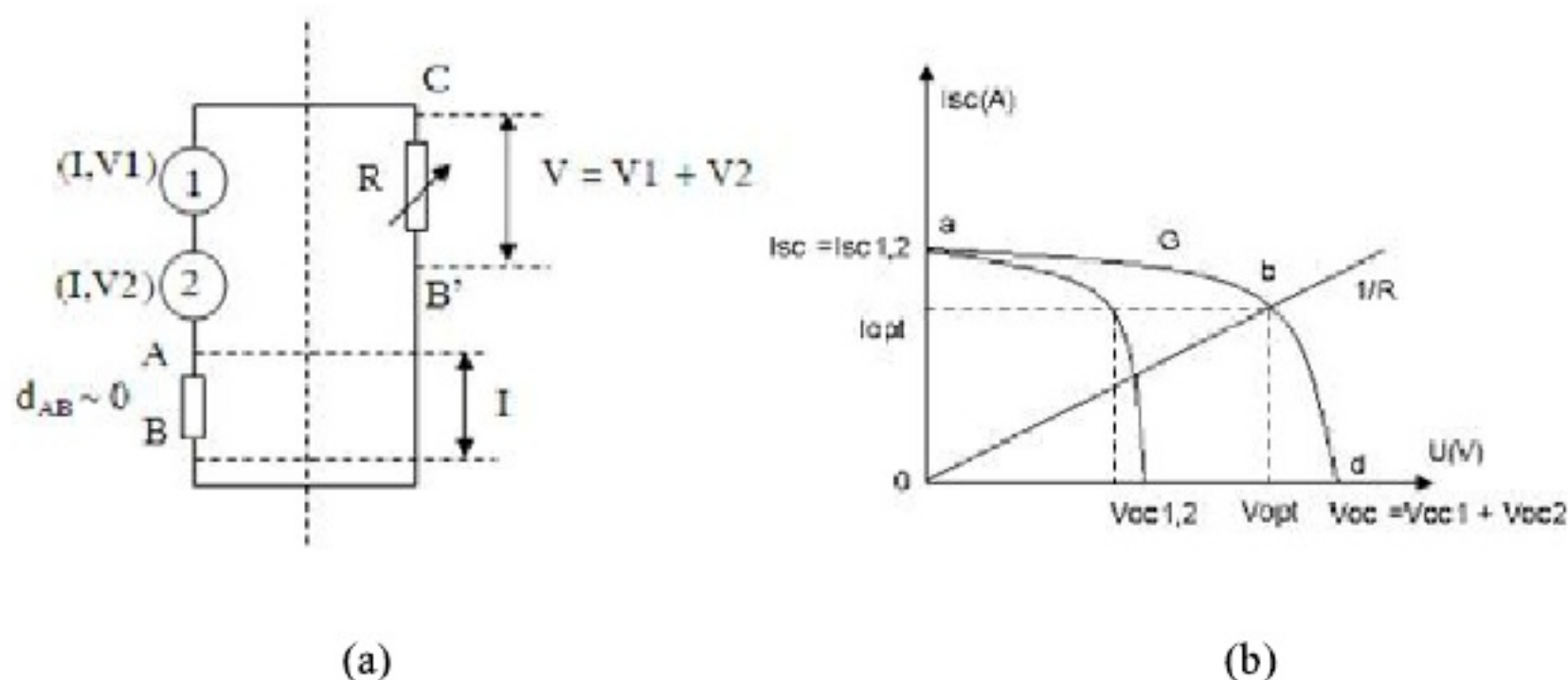
1.1.5. Cách ghép nối các tấm năng lượng mặt trời.

Như ta đã biết các môđun pin mặt trời đều có công suất và hiệu điện thế xác định từ nhà sản xuất. Để tạo ra công suất và điện thế theo yêu cầu thì phải ghép nối nhiều tấm môđun đó lại với nhau. Có hai cách ghép cơ bản:

- Ghép nối tiếp các tấm môđun lại sẽ cho điện áp ra lớn hơn.
- Ghép song song các tấm môđun lại sẽ cho dòng điện ra lớn.

Trong thực tế phương pháp ghép hỗn hợp được sử dụng nhiều hơn để đáp ứng cả yêu cầu về điện áp và dòng điện.

a. Phương pháp ghép nối tiếp các tấm môđun mặt trời.



Hình 1.6. Ghép nối tiếp hai môđun pin mặt trời (a) và đường đặc trưng VA của các môđun và của cả hệ (b)

Chương 1. Tổng quan về hệ thống pin mặt trời

Giả sử các môđun đều giống hệt nhau, có đường đặc tính V-A giống hệt nhau, các thông số dòng đoản mạch I_{SC} , thế hở mạch V_{OC} bằng nhau. Giả sử cường độ chiếu sáng trên các tấm là đồng đều nhau. Khi ghép nối tiếp các tấm môđun này ta sẽ có:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_i \quad (1-3)$$

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (1-4)$$

$$P = V.I = \sum_{i=1}^n IV_i = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1-5)$$

$$I_{opt} = I_{iopt}, \quad V_{opt} = \sum_{i=1}^n V_{opti}, \quad P_{opt} = \sum_{i=1}^n P_{opti} \quad (1-6)$$

Trong đó:

$I, P, V, \dots$ là dòng điện, công suất và hiệu điện thế của cả hệ.

$I_i, V_i, P_i, \dots$ là dòng điện, công suất, hiệu điện thế của môđun thứ i trong hệ

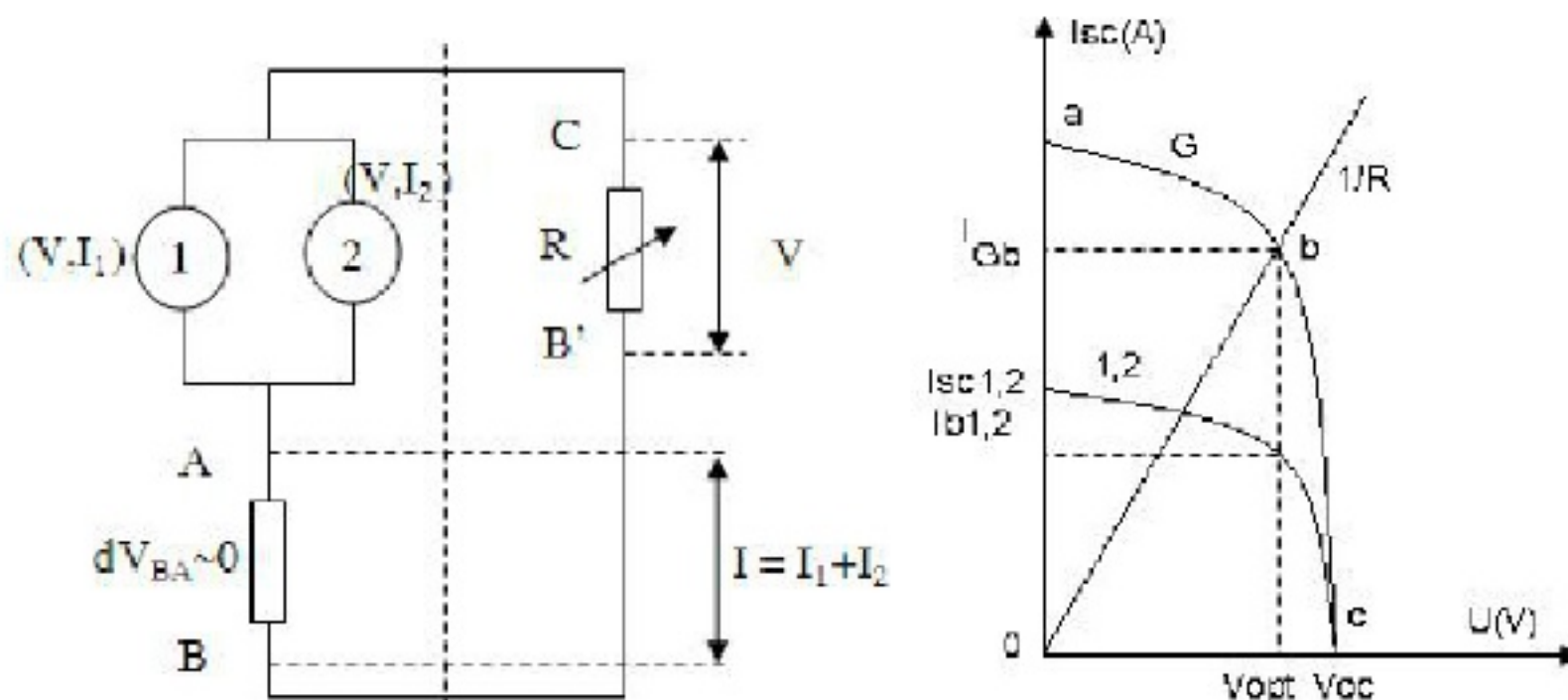
$I_{opi}, V_{opi}, P_{opi}, \dots$ là dòng điện làm việc tối ưu, điện thế làm việc tối ưu, công suất làm việc tối ưu của các môđun thứ i trong hệ

$I_{op}, V_{op}, P_{op}, \dots$ là dòng điện làm việc tối ưu, điện thế làm việc tối ưu, công suất làm việc tối ưu của hệ

Khi tải có giá trị $0 < R < \infty$, Các môđun làm việc như các máy phát tương đương. Đường đặc tính vôn – ampe của hệ bằng tổng hình học của hai đường đặc trưng của mỗi môđun.

b. Ghép song song các môđun mặt trời.

Ở cách ghép này, ta cũng giả sử các môđun đều giống hệt nhau, có đường đặc tính V-A giống hệt nhau, các thông số dòng đoản mạch I_{SC} , thế hở mạch V_{OC} bằng nhau. Giả sử cường độ chiếu sáng trên các tấm là đồng đều nhau.



(a)

(b)

Hình 1.7. Ghép song song hai môđun pin mặt trời (a) và đường đặc trưng VA của các môđun và của cả hệ (b)

Khi đó ta có:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_i \quad (1-7)$$

$$I = \sum_{i=1}^n I_i \quad (1-8)$$

$$P = V.I = \sum_{i=1}^n VI_i = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1-9)$$

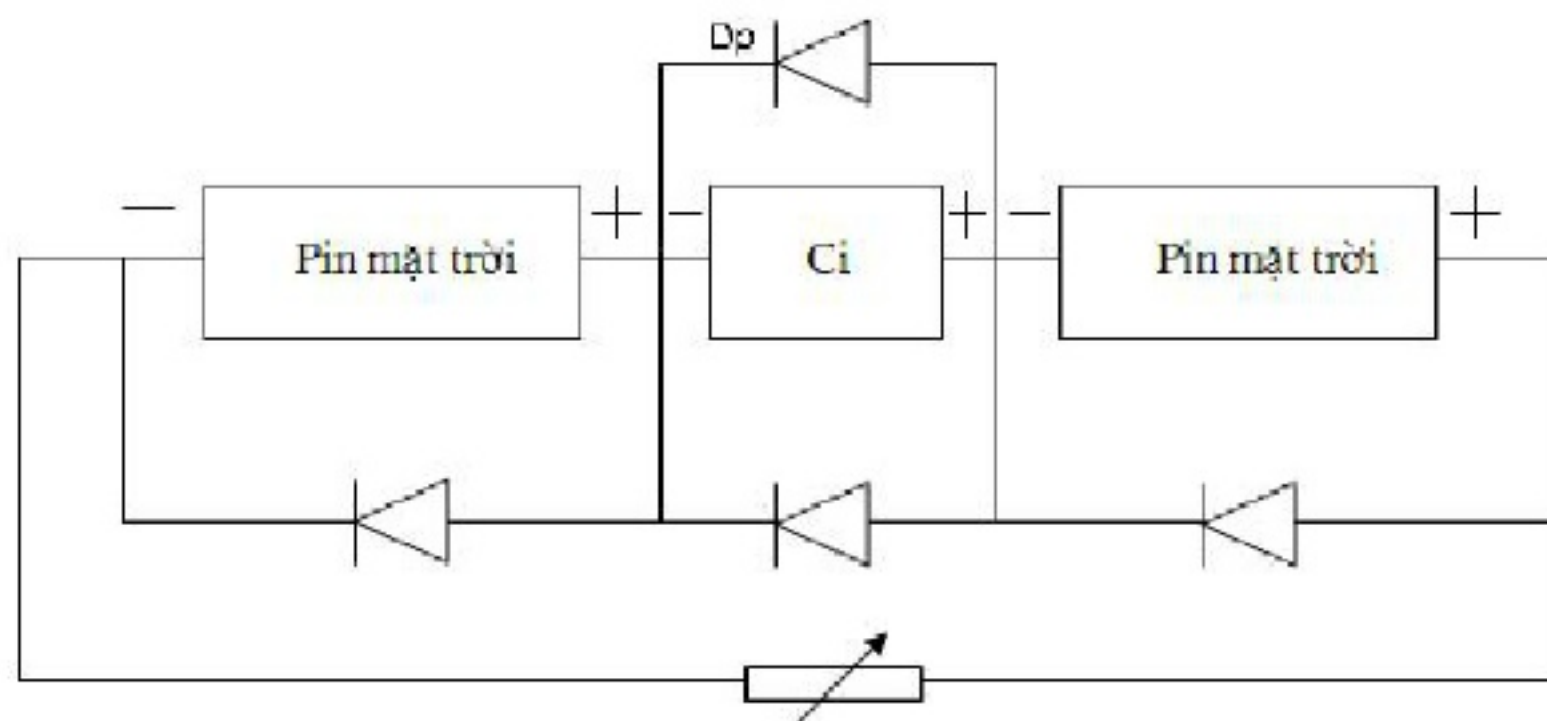
$$V_{opt} = V_{iopt}, \quad I_{opt} = \sum_{i=1}^n I_{iopti}, \quad P_{opt} = \sum_{i=1}^n P_{iopti} \quad (1-10)$$

Đường đặc tính VA của hệ cũng được suy ra bằng cách cộng các giá trị dòng điện I ứng với các giá trị điện thế V không đổi. Trong trường hợp này, các pin cũng làm việc như các máy phát điện khi tải có giá trị $0 < R < \infty$.

c. Hiện tượng “điểm nóng”

Xảy ra khi ta ghép nối các môđun không giống nhau, tức là khi các thông số I_{sc} , V_{oc} , P_{opt} của các môđun pin khác nhau. Đây là hiện tượng tấm pin yếu hơn (tức là pin kém chất lượng hơn so với các pin khác trong dàn hoặc khi nó bị che nắng trong khi các pin khác trong dàn vẫn được chiếu sáng) sẽ hấp thụ hoàn toàn công suất điện do các tấm pin khỏe hơn phát ra và làm cho công suất điện mạch ngoài bằng 0. Phần năng lượng điện tấm pin yếu nhận được từ tấm pin khỏe hơn sẽ biến thành nhiệt, làm nóng tấm pin này lên và có thể dẫn tới hư hỏng. Hiện tượng điểm nóng này chỉ xảy ra trên các pin yếu hơn các pin khác trong hệ, dẫn tới sự hư hỏng hệ hay làm giảm đáng kể hiệu suất biến đổi quang điện của hệ.

Để tránh hiệu ứng điểm nóng này, khi thiết kế phải ghép các tấm pin mặt trời cùng loại, có cùng các thông số đặc trưng trong một dàn pin mặt trời. Vị trí đặt dàn phải tránh các bóng che do cây cối, nhà cửa hay các vật cản khác trong những ngày có nắng cũng như bảo vệ tránh bụi bẩn phủ bám lên một vùng nào đấy của tấm pin và có thể sử dụng các diốt bảo vệ.



Hình 1.8. Diốt nối song song với môđun để bảo vệ môđun và dàn pin mặt trời.

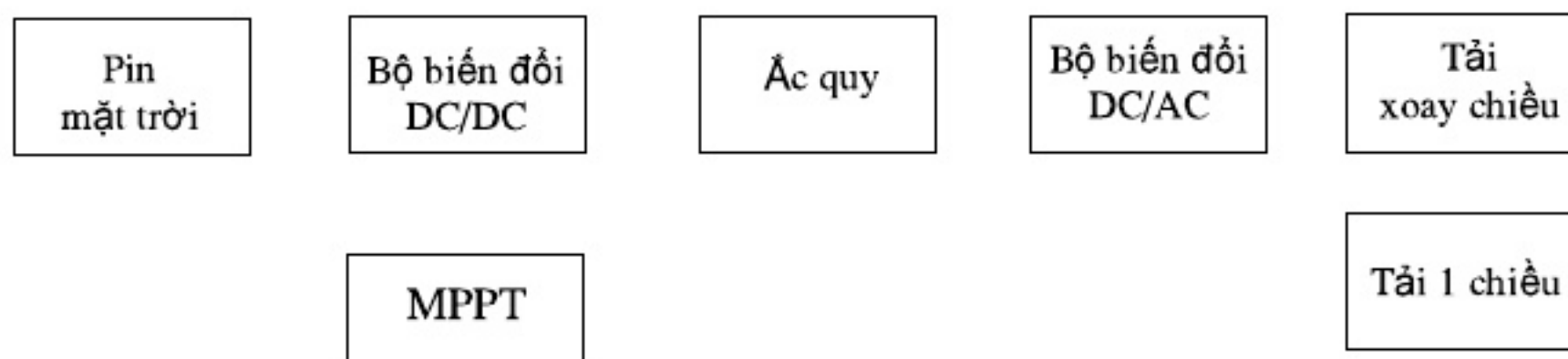
Nhìn trên hình vẽ 1.8 ta thấy giả sử pin C_i là pin yếu nhất được bảo vệ bằng diốt phân cực thuận chiều với dòng điện trong mạch mắc song song. Trong trường hợp hệ làm việc bình thường, các pin mặt trời hoạt động ở điều kiện như nhau thì dòng trong mạch không qua diốt nên không có tổn hao năng lượng. Khi có sự cố xảy ra, vì một nguyên nhân nào đó mà pin C_i bị che và bị tăng nhiệt độ, điện trở của C_i tăng lên, lúc này một phần hay toàn bộ dòng điện sẽ rẽ qua Diốt để tránh gây hư hỏng cho C_i . Thậm chí khi C_i bị hỏng hoàn toàn thì hệ vẫn có thể tiếp tục làm việc.

1.2. Hệ thống pin mặt trời.

Hệ pin mặt trời (hệ PV – photovoltaic system) nhìn chung được chia thành 2 loại cơ bản:

- Hệ PV làm việc độc lập
- Hệ PV làm việc với lưới

Hệ PV độc lập thường được sử dụng ở những vùng xa xôi hẻo lánh, nơi mà lưới điện không kéo đến được. Sơ đồ khối của hệ này như sau:



Hình 1.9. Sơ đồ khối hệ quang điện làm việc độc lập

Còn trong hệ PV làm việc với lưới, mạng lưới pin mặt trời được mắc với lưới điện qua bộ biến đổi mà không cần bộ dự trữ năng lượng. Trong hệ này, bộ biến đổi DC/AC làm việc với lưới phải đồng bộ với lưới điện về tần số và điện áp.

1.2.1. Hệ quang điện làm việc độc lập

Chương 1. Tổng quan về hệ thống pin mặt trời

Hệ PV làm việc độc lập gồm có 2 thành phần chính là:

- Thành phần lưu giữ năng lượng.
- Các bộ biến đổi bán dẫn.

a. Thành phần lưu giữ năng lượng.

Hệ quang điện làm việc độc lập cần phải có khâu lưu giữ điện năng để có thể phục vụ cho tải trong những thời gian thiếu nắng, ánh sáng yếu hay vào ban đêm. Có nhiều phương pháp lưu trữ năng lượng trong hệ PV. Phổ biến nhất vẫn là sử dụng ắc quy để lưu trữ năng lượng. Ắc quy cần phải có một bộ điều khiển nạp để bảo vệ và đảm bảo cho tuổi thọ của ắc quy.

b. Các bộ biến đổi bán dẫn trong hệ PV.

Các bộ bán dẫn trong hệ PV gồm có bộ biến đổi 1 chiều DC/DC và bộ biến đổi DC/AC.

Bộ DC/DC được dùng để xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất của pin và làm ổn định nguồn điện một chiều lấy từ pin mặt trời để cung cấp cho tải và ắc quy. Bộ biến đổi DC/DC còn có tác dụng điều khiển chế độ nạp và phóng để bảo vệ và nâng cao tuổi thọ cho ắc quy. Có nhiều loại bộ biến đổi DC/DC được sử dụng nhưng phổ biến nhất vẫn là 3 loại là: Bộ tăng áp Boost, Bộ giảm áp Buck và Bộ hỗn hợp tăng giảm Boost – Buck. Cả 3 loại DC/DC trên đều sử dụng nguyên tắc đóng mở khóa điện tử theo một chu kỳ được tính toán sẵn để đạt được mục đích sử dụng. Tùy theo mục đích và nhu cầu mà bộ DC/DC được lựa chọn cho thích hợp.

Khóa điện tử trong mạch DC/DC được điều khiển đóng cắt từng chu kỳ. Mạch điều khiển khóa điện tử này được kết hợp với thuật toán xác định điểm làm việc tối ưu (MPPT – maximum power point tracking) để đảm bảo cho hệ quang điện được làm việc hiệu quả nhất. Mạch vòng điều khiển và thuật toán MPPT sẽ được trình bày chi tiết ở chương 3.

Bộ DC/AC có nhiệm vụ chuyển đổi nguồn 1 chiều sang xoay chiều (110 hoặc 220 VAC, tần số 50Hz hoặc 60 Hz) để phục vụ cho các thiết bị xoay chiều. Có nhiều kiểu bộ biến đổi DC/AC, chúng có thể làm việc cả hai chế độ là từ một chiều sang xoay chiều và cả chế độ từ xoay chiều sang một chiều. Nhìn chung, bộ biến đổi DC/ AC trong hệ PV độc lập có thể làm việc ở mức điện áp một chiều là 12, 24, 48, 96, 120, 240 VDC tùy từng hệ.

Bộ biến đổi dùng trong hệ PV độc lập có những đặc điểm sau:

- Điện áp ra hình Sin.
- Điện áp và tần số nằm trong giới hạn cho phép.
- Bám sát được sự thay đổi của điện áp vào.
- Điều chỉnh điện áp ra.
- Hiệu quả cao đối với tải nhẹ.

Chương 1. Tổng quan về hệ thống pin mặt trời

- Ít tạo ra sóng hài để tránh làm hư hại đến các thiết bị điện khác như tivi, tránh gây tổn hao công suất, làm nóng thiết bị.
- Có thể chịu quá tải trong một thời gian ngắn trong trường hợp dòng khởi động lớn như của máy bơm...
- Có bảo vệ quá áp, bảo vệ tần số, bảo vệ ngắn mạch....
- Dung lượng đặc tính.
- Tổn hao không tải thấp

Các linh kiện bán dẫn được sử dụng trong bộ biến đổi này là các MOSFET, IGBT. MOSFET được sử dụng với trường hợp công suất lên tới 5kVA và điện áp là 96 VDC. Chúng có ưu điểm là tổn hao công suất ít ở tần số cao. Do có điện áp rơi là 2 VDC. Còn IGBT thường chỉ được sử dụng trong những hệ có điện áp trên 96 VDC.

Hệ PV độc lập thường sử dụng bộ biến đổi nguồn điện áp 1 pha hoặc 3 pha.

Bộ biến đổi DC/AC có nhiều loại và cách phân biệt chúng bằng dạng sóng của điện áp đầu ra. Có 3 dạng sóng chính là: dạng sóng Sin, giả sin, và sóng vuông, sóng bậc thang...

Dạng sóng vuông, sóng bậc thang ngày nay không còn thông dụng nữa, không còn phù hợp với các thiết bị hiện đại trong khi giá thành bộ biến tần loại sóng giả sin và sóng sin ngày càng giảm.

Bộ biến tần cho dạng sóng giả Sin thường phục vụ cho các thiết bị trong nhà như ti vi, radio, lò vi sóng... Các thiết bị điều khiển phức tạp khác như bộ sạc pin, phụ tùng trong động cơ thay đổi tốc độ, máy in laser và bộ điều khiển nhiệt độ... vốn có làm việc không ổn định. Bộ biến đổi DC/AC dạng sóng giả Sin là sự lựa chọn rất kinh tế và đặc biệt phù hợp với hệ quang điện.

Bộ biến đổi có dạng sóng ra hình Sin giống như dạng sóng của điện lưới nên tương thích và đáp ứng với hầu hết các loại tải. Bộ biến đổi dạng sóng sin có giá thành lớn hơn bộ biến đổi dạng gần sin, nhưng chất lượng điện áp của bộ biến đổi loại này là một ưu điểm lớn, thậm chí bộ biến đổi loại này còn phù hợp với cả các thiết bị điều khiển phức tạp và có làm việc không ổn định như bộ sạc pin, phụ tùng trong động cơ thay đổi tốc độ, máy in laser và bộ điều khiển nhiệt độ...

Phương pháp điều khiển PWM được sử dụng để giúp bộ biến đổi tạo được đầu ra có dạng Sin.

Các loại bộ biến đổi DC/AC trong hệ pin mặt trời độc lập tùy từng trường hợp có thể có sơ đồ dạng nửa cầu và dạng cầu 1 pha

Chương 2 sẽ trình bày chi tiết về các bộ biến đổi DC/AC này.

1.2.2. Hệ quang điện làm việc với lưới.

Đây là hệ PV được kết nối với lưới điện. Hệ thống này cho phép tự duy trì hoạt động của tải bằng nguồn năng lượng dự trữ và đồng thời cũng có thể bơm phần năng

lượng dư thừa vào lưới điện để bán. Khi nguồn pin mặt trời (hay máy phát pin mặt trời) sinh ra nhiều năng lượng thì nguồn năng lượng dư thừa này sẽ được chuyển vào trong lưới điện, còn trong những điều kiện thời tiết xấu, không có nắng hay mây mưa, máy phát pin mặt trời không sinh ra đủ năng lượng để đáp ứng cho phụ tải thì hệ sẽ lấy điện từ lưới. Do đó hệ PV này có thể cần hoặc không cần ắc quy để dự trữ năng lượng. Bộ biến đổi trong hệ này không chỉ giúp ổn định nguồn năng lượng tạo bởi nguồn pin mặt trời mà còn phải đảm bảo nguồn điện năng ra khỏi hệ quang điện phải đồng bộ với lưới.

Hệ quang điện mặt trời có thể trở thành một phần của lưới điện lớn. Cấu trúc của hệ còn phụ thuộc vào quy mô của hệ và đặc tính phụ tải sử dụng. Khi hệ quang điện được mắc với lưới, nguồn công suất có hai chiều hướng. Lưới sẽ hấp thụ nguồn điện mặt trời và sẽ cung cấp cho các thiết bị tiêu thụ khi mà hệ PV không thể sinh ra điện vào thời gian yếu ánh sáng hoặc ban đêm. Đây là hình thức đang được khuyến khích phát triển ở nhiều nơi trên thế giới.

a. Yêu cầu về giao diện.

Hệ pin mặt trời được nối với lưới điện ở đầu ra của bộ ngắt đồng bộ ở cuối đầu ra của bộ đổi điện. Dòng chảy công suất phụ thuộc vào cả hai hướng của điểm tiếp nối với bộ ngắt. Các yêu cầu cơ bản đối với điện áp tại điểm nối là như sau:

- Biên độ và pha của điện áp phải cân bằng với biên độ và pha của dòng công suất. Điện áp được điều khiển bằng hệ số biến đổi máy biến áp và/hoặc góc mở bộ DC/AC trong hệ điều khiển mạch vòng kín.
- Phải đảm bảo đồng bộ với tần số của lưới bằng cách sử dụng tần số hệ làm tần số chuẩn cho tần số đóng mở của bộ DC/AC.

Hệ PV phải được bảo vệ ngắn mạch, quá dòng, quá áp, nối đất, chống sét và bảo vệ tách biệt...

Hệ PV phụ thuộc vào thời gian chiếu sáng trong ngày, phụ thuộc vào đặc điểm khí hậu, đặc biệt là thời gian cao điểm, đặc tính phụ tải ở điểm cao nhất.

b. Các bộ biến đổi trong hệ PV

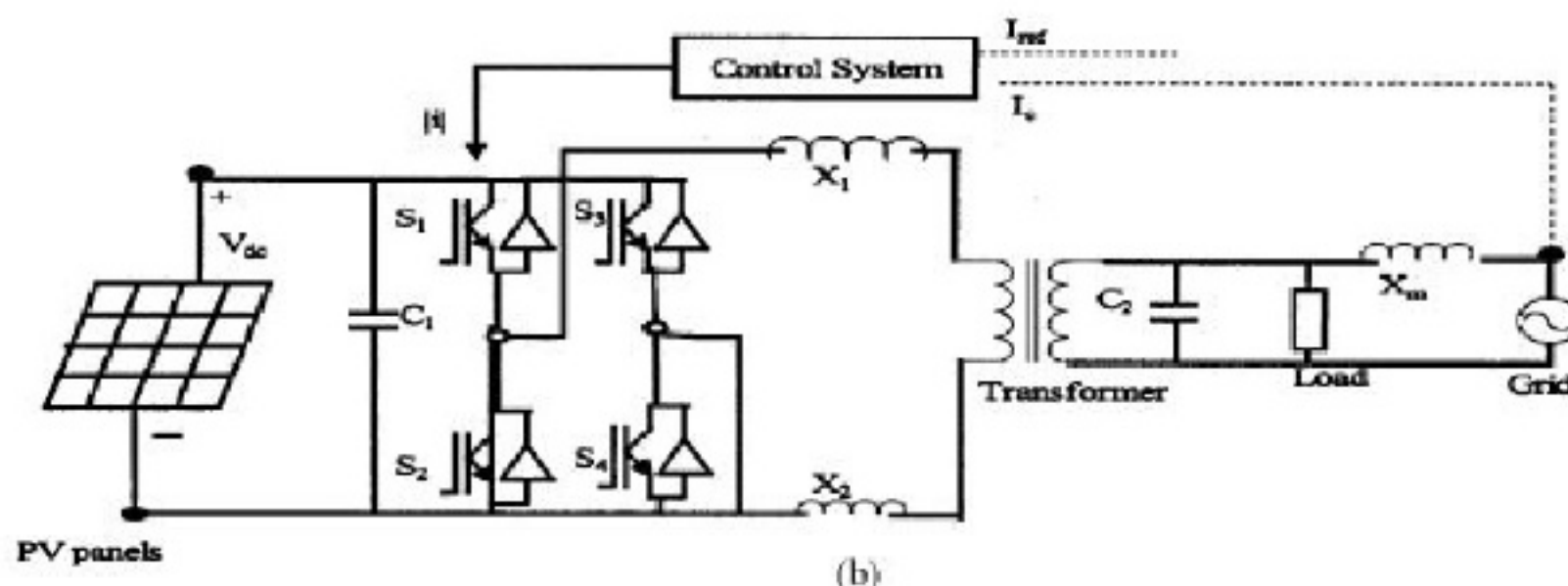
Bộ biến đổi giúp liên kết những tấm pin mặt trời với các phần còn lại trong hệ PV. Nó giúp biến đổi nguồn điện một chiều sinh ra từ pin mặt trời thành nguồn xoay chiều để hoà với lưới. Hệ PV làm việc với lưới đòi hỏi độ phức tạp trong hoạt động, phải có sự đồng bộ với lưới về điện áp, tần số, góc pha. Bộ biến đổi DC/AC phải tạo được điện áp ra dạng sin, phải đồng bộ được về điện áp, tần số của lưới, phải xác định được điểm làm việc có công suất lớn nhất của dãy pin mặt trời. Đầu vào của bộ biến đổi này phụ thuộc vào điện áp vào cho đến khi xác định được điểm MPP trên đường đặc tính $I - V$. Bộ biến đổi phải điều khiển được các góc pha của lưới, và đầu ra của bộ DC/AC này phải được điều khiển cả về điện áp và tần số. Các loại bộ DC/AC thông thường có thể được điều

khử bằng phương pháp PWM điều chỉnh độ rộng xung và hoạt động trong tần số từ 2kHz đến 20 kHz.

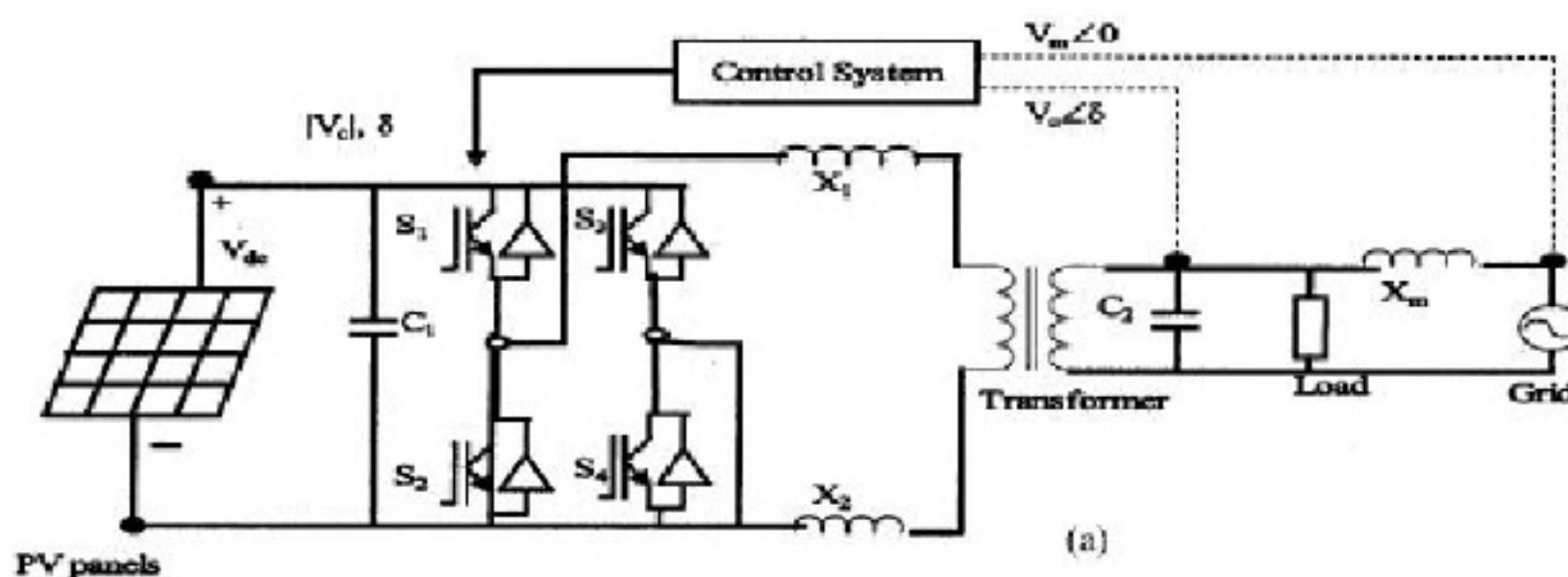
Bộ biến đổi làm việc với lưới được phân loại rộng rãi thành bộ biến đổi nguồn áp (VSI) và bộ biến đổi nguồn dòng (CSI). Tùy thuộc vào sự điều khiển mà bộ biến đổi DC/AC được phân thành loại bộ biến đổi điều khiển dòng (CCI) hay bộ biến đổi điều khiển áp (VCI).

Nếu bộ biến đổi nguồn áp có một tụ điện mắc song song với đầu vào, thì bộ biến đổi nguồn dòng sẽ có một cuộn cảm mắc nối tiếp với đầu vào một chiều. Trong bộ biến đổi nguồn dòng CSI, nguồn 1 chiều xuất hiện như dòng một chiều của bộ biến đổi. Pin mặt trời có thể được coi như một nguồn dòng. Hầu hết các bộ biến đổi trong hệ PV là nguồn áp, mặc dù pin mặt trời được coi như một nguồn dòng. Các bộ biến đổi nguồn dòng thường được dùng cho các động cơ lớn. Bộ biến đổi nguồn áp được dùng phổ biến và kết hợp với bộ biến đổi nguồn áp PWM để tạo thành bộ biến đổi dạng Sin.

Hình 1.10 mô tả bộ biến đổi nguồn áp xoay chiều có mạch hình cầu một pha VSI có điều khiển áp và góc pha. Việc chuyển đổi năng lượng từ pin mặt trời được kết hợp với việc điều khiển góc pha δ giữa điện áp biến đổi và điện áp lưới. Điện áp biến đổi thường chậm pha hơn điện áp lưới.



Hình 1.10. Bộ biến đổi nguồn dòng CSI



Hình 1.11. Bộ biến đổi VSI nguồn áp

Trong hình 1.11, bộ biến đổi nguồn áp hoạt động như một bộ biến đổi điều khiển dòng CSI. Loại này sử dụng phương pháp PWM để điều khiển dòng qua các phần tử tích cực, linh động trong mạch để cấp cho lưới.

Có nhiều loại bộ biến đổi được sử dụng cho hệ PV làm việc với lưới, bao gồm những loại sau:

Bộ biến đổi có đảo dòng. (line – commutated inverter) Mạch gồm những tiristo được mắc với lưới ít trở kháng và cách ly hệ với lưới về điện.

Bộ biến đổi có tự đảo. (Self – commutated inverter) gồm các khoá đóng cắt với phương pháp điều khiển PWM

Bộ biến đổi sử dụng máy biến áp tần số cao. dùng máy biến áp tần số cao ~20kHz

- **Nhận xét**

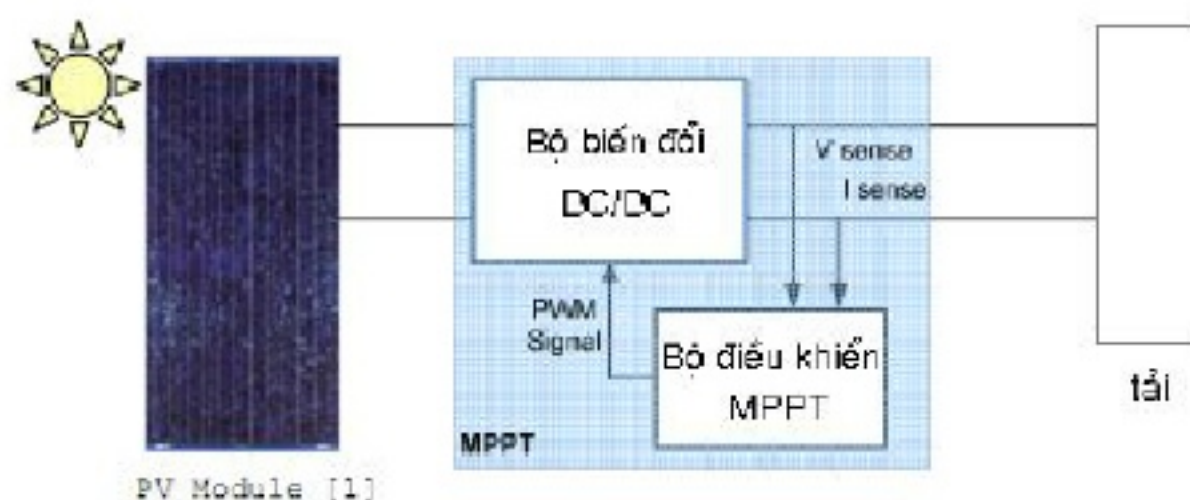
Nhìn chung, cả hai loại hệ quang điện: làm việc với lưới và làm việc độc lập đều có những đặc điểm riêng. Hệ quang điện làm việc với lưới có cấu trúc đơn giản, có những ưu điểm và lợi ích về kinh tế đáng khuyến khích được áp dụng rộng rãi nhưng hệ thống này đòi hỏi nhiều yêu cầu phức tạp vì còn phải lệ thuộc vào trạng thái và đặc điểm của lưới điện và phải đồng bộ với lưới về điện áp, pha và tần số. Hệ PV làm việc độc lập có cấu trúc phức tạp và có giá thành lắp đặt cao hơn so với hệ làm việc với lưới nhưng lại đặc biệt thích hợp với những vùng sâu vùng xa, nơi mà lưới điện không kéo đến được hoặc chi phí đưa lưới điện về những vùng này thậm chí còn cao hơn cả chi phí lắp đặt hệ pin mặt trời.

Vì yêu cầu của đề tài là nghiên cứu và thiết kế hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập nên quyền đồ án này chỉ đi sâu vào tìm hiểu hệ PV làm việc độc lập. Các thành phần trong hệ thống PV làm việc độc lập sẽ lần lượt được trình bày chi tiết trong những chương tiếp sau đây.

1.2.3. Phương pháp điều khiển MPPT.

MPPT (Maximum Power Point Tracker) là phương pháp dò tìm điểm làm việc có công suất tối ưu của hệ thống nguồn điện pin mặt trời qua việc điều khiển chu kỳ đóng mở khoá điện tử dùng trong bộ DC/DC. Phương pháp MPPT được sử dụng rất phổ biến trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập và đang dần được áp dụng trong hệ quang điện làm việc với lưới.

MPPT bản chất là thiết bị điện tử công suất ghép nối nguồn điện PV với tải để khuếch đại nguồn công suất ra khỏi nguồn pin mặt trời khi điều kiện làm việc thay đổi, và từ đó có thể nâng cao được hiệu suất làm việc của hệ. MPPT được ghép nối với bộ biến đổi DC/DC và một bộ điều khiển.



Hình 1.12. Bộ điều khiển MPPT trong hệ thống pin mặt trời

Bộ điều khiển MPPT có thể là bộ điều khiển tương tự truyền thống. Tuy nhiên, việc sử dụng bộ điều khiển số đang ngày càng thịnh hành vì nó có nhiều ưu điểm hơn bộ điều khiển tương tự. Thứ nhất là, bộ điều khiển số có thể lập trình được vì vậy khả năng thực hiện các thuật toán cao cấp sẽ dễ dàng hơn. Nó dễ dàng mã hoá biểu thức, ví dụ $x = y \times z$, hơn là thiết kế một mạch điện tương tự để thực hiện cùng một biểu thức đó. Nhờ lý do này mà việc hiệu chỉnh ở bộ điều khiển số được thực hiện dễ dàng hơn nhiều so với bộ điều khiển tương tự. Mặt khác bộ điều khiển số không bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi về nhiệt độ và thời gian vì bộ này hoạt động rời rạc, bên ngoài các thành phần tuyến tính. Vì vậy, bộ điều khiển số có trạng thái ổn định lâu hơn. Không chỉ có vậy, bộ điều khiển MPPT số không phụ thuộc vào dung sai của các bộ phận khác vì nó thực hiện thuật toán ở phần mềm, nơi mà các thông số có thể được giữ ổn định hoặc thay đổi được. Bộ điều khiển loại này cho phép giảm số lượng thành phần vì nó chỉ dùng một chip đơn để làm nhiều nhiệm vụ khác nhau. Nhiều bộ điều khiển số được trang bị thêm bộ biến đổi A/D nhiều lần và nguồn tạo xung PWM, vì vậy nó có thể điều khiển được nhiều thiết bị chỉ với một bộ điều khiển đơn lẻ.

Vì những ưu điểm của bộ điều khiển số mà đồ án sẽ chọn phương pháp điều khiển số cho MPPT. Việc thiết kế và mô phỏng MPPT sẽ được thực hiện ở chương 3 với bộ vi xử lý hoặc DSP và các thuật toán thực hiện.

CÁC BỘ BIẾN ĐỔI BÁN DẪN TRONG HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI LÀM VIỆC ĐỘC LẬP

2.1. Bộ biến đổi DC/DC.

Bộ biến đổi DC/DC được sử dụng rộng rãi trong nguồn điện 1 chiều với mục đích chuyển đổi nguồn một chiều không ổn định thành nguồn điện một chiều có thể điều khiển được. Trong hệ thống pin mặt trời, bộ biến đổi DC/DC được kết hợp chặt chẽ với MPPT. MPPT sử dụng bộ biến đổi DC/DC để điều chỉnh nguồn điện áp vào lấy từ nguồn pin mặt trời, chuyển đổi và cung cấp điện áp lớn nhất phù hợp với tải. Nhìn chung bộ biến đổi DC/DC thường bao gồm các phần tử cơ bản là một khoá điện tử, một cuộn cảm để giữ năng lượng, và một điốt dẫn dòng.

Các bộ biến đổi DC/DC thường được chia làm 2 loại có cách ly và loại không cách ly. Loại cách ly sử dụng máy biến áp cách ly về điện tần số cao kích thước nhỏ để cách ly nguồn điện một chiều đầu vào với nguồn một chiều ra và tăng hay giảm áp bằng cách điều chỉnh hệ số biến áp. Loại này thường được sử dụng cho các nguồn cấp một chiều sử dụng khoá điện tử. Phổ biến nhất vẫn là mạch dạng cầu, nửa cầu và flyback. Trong nhiều thiết bị quang điện, hệ thống làm việc với lưới thường dùng loại có cách ly về điện vì nhiều lý do an toàn. Loại DC/DC không cách ly không sử dụng máy biến áp cách ly. Chúng luôn được dùng trong các bộ điều khiển động cơ một chiều. Các loại bộ biến đổi DC/DC thường dùng trong hệ PV gồm:

- Bộ giảm áp (buck)
- Bộ tăng áp (boost)
- Bộ đảo dấu điện áp (buck – boost).
- Bộ biến đổi tăng – giảm áp Cúk

Việc chọn lựa loại DC/DC nào để sử dụng trong hệ PV còn tùy thuộc vào yêu cầu của ác quy và tải đối với điện áp ra của dây panel mặt trời.

Bộ giảm áp buck có thể định điểm làm việc có công suất tối ưu mỗi khi điện áp vào vượt quá điện áp ra của bộ biến đổi, trường hợp này ít thực hiện được khi cường độ bức xạ của ánh sáng xuống thấp.

Bộ tăng áp boost có thể định điểm làm việc tối ưu ngay cả với cường độ ánh sáng yếu. Hệ thống làm việc với lưới dùng bộ Boost để tăng điện áp ra cấp cho tải trước khi đưa vào bộ biến đổi DC/AC.

Bộ Buck – boost vừa có thể tăng, vừa có thể giảm áp.

2.1.1. Các loại bộ biến đổi DC/DC

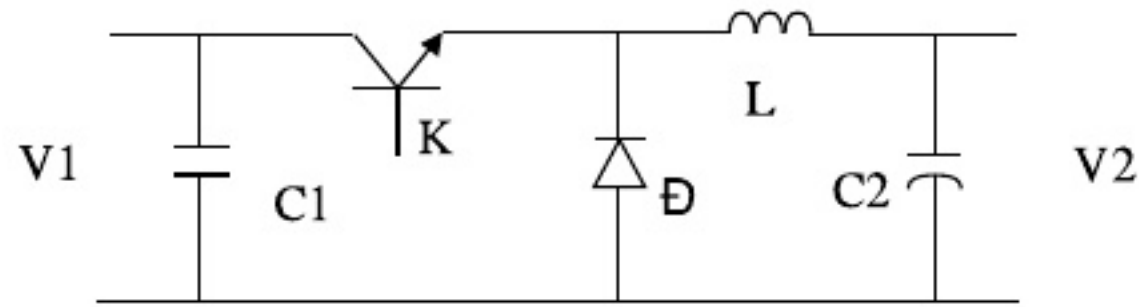
a. Mạch Buck.

Khóa K trong mạch là những khóa điện tử BJT, MOSFET, hay IGBT. Mạch Buck có

Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bốn dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

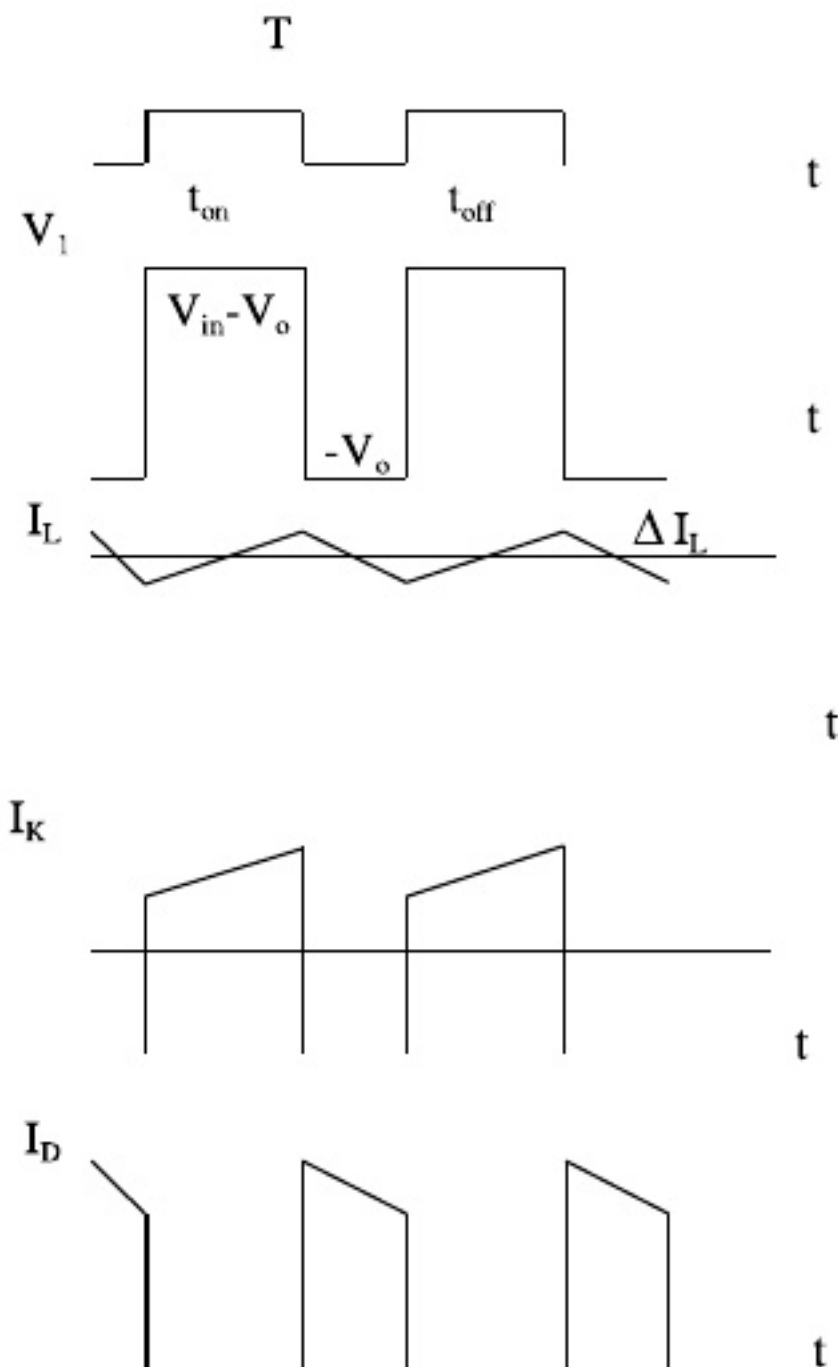
chức năng giảm điện áp đầu vào xuống thành điện áp nạp ắc quy. Khóa transistor được đóng mở với tần số cao. Hệ số làm việc D của khóa được xác định theo công thức sau:

$$D = \frac{T_{on}}{T} = T_{on} \cdot f_{đóng\ cắt} \quad (2-1)$$



Hình 2.1. Sơ đồ nguyên lý bộ giảm áp Buck

Trong thời gian mở, khóa K thông cho dòng đi qua, điện áp một chiều được nạp vào tụ C2 và cấp năng lượng cho tải qua cuộn kháng L. Trong thời gian đóng, khóa K đóng lại không cho dòng qua nữa, năng lượng 1 chiều từ đầu vào bằng 0. Tuy nhiên tải vẫn được cung cấp đầy đủ điện nhờ năng lượng lưu trên cuộn kháng và tụ điện do Diot khép kín mạch. Như vậy cuộn kháng và tụ điện có tác dụng lưu giữ năng lượng trong thời gian ngắn để duy trì mạch khi khóa K đóng.



Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bốn dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

Hình 2.2. Dạng sóng điện áp và dòng điện của mạch Buck

Phân tích mạch dựa trên sự cân bằng năng lượng qua chu kỳ đóng cắt của khóa: Năng lượng cấp cho tải trong toàn bộ chu kỳ = năng lượng thu từ nguồn trong thời gian khóa mở, và năng lượng cấp cho tải trong suốt thời gian K khóa = năng lượng lấy từ cuộn kháng và tụ điện trong thời gian K khóa.

Hay cũng có thể phân tích dựa trên phương pháp sau:

Ở điều kiện xác lập, sự cân bằng năng lượng trên cuộn kháng trong thời gian khóa đóng mở được duy trì.

Do:

$$v_L = L \cdot \frac{dI_L}{dt} \quad (2-2)$$

nên khi K mở (t_{on}):

$$\Delta I_L \cdot L = (V_{in} - V_{out}) \cdot T_{on} \quad (2-3)$$

khi K khóa (t_{off}):

$$\Delta I_L \cdot L = V_{out} \cdot T_{off} \quad (2-4)$$

Nếu cuộn kháng đủ lớn, thì dòng điện cảm ứng biến thiên ít, giá trị cực đại của dòng điện được tính như sau:

$$I_{L_{max}} = I_o + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (2-5)$$

Trong đó: I_o là dòng tải = $V_{out}/R_{tải}$ = giá trị trung bình của dòng điện cảm ứng.

Từ các công thức trên suy ra:

$$V_{out} = V_{in} \cdot D \quad (2-6)$$

Công thức (2 – 6) cho thấy điện áp ra có thể điều khiển được bằng cách điều khiển hệ số làm việc D thông qua một mạch vòng hồi tiếp lấy giá trị dòng điện nạp ắc quy làm chuẩn. Hệ số làm việc được điều khiển bằng cách phương pháp điều chỉnh độ rộng xung thời gian mở t_{on} . Do đó, bộ biến đổi này còn được biết đến như là bộ điều chế xung PWM.

Trong 3 loại bộ biến đổi DC/DC trên, bộ Buck được sử dụng nhiều trong hệ thống pin mặt trời nhất vì nhiều ưu điểm phù hợp với các đặc điểm của hệ pin mặt trời.

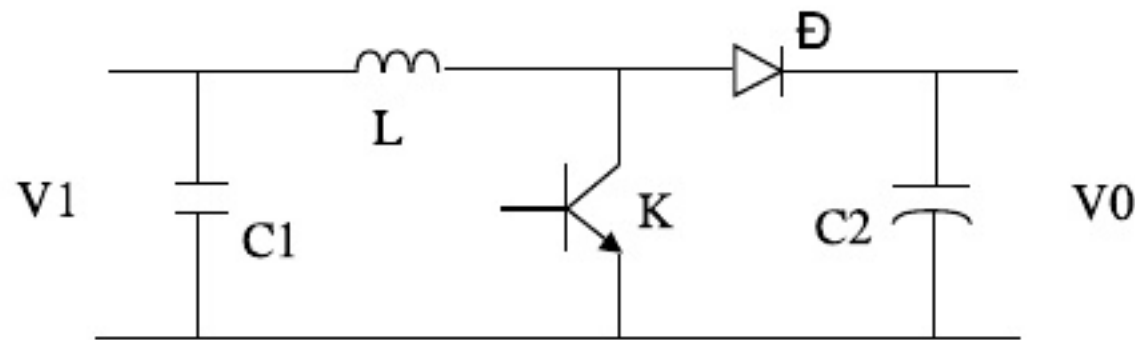
Bộ Buck có cấu trúc đơn giản nhất, dễ hiểu và dễ thiết kế nhất, bộ Buck còn thường được dùng để nạp ắc quy nhưng nó có nhược điểm là dòng điện vào không liên tục vì khóa điện tử được bố trí ở vị trí đầu vào, vì vậy cần phải có bộ lọc tốt.

Mạch Buck thích hợp sử dụng khi điện áp pin cao hơn điện áp ắc quy. Dòng công suất được điều khiển bằng cách điều chỉnh chu kỳ đóng mở của khóa điện tử. Bộ Buck có thể làm việc làm việc tại điểm MPP trong hầu hết điều kiện nhiệt độ, cường độ bức xạ. Nhưng bộ này sẽ không làm việc chính xác khi điểm MPP xuống thấp hơn ngưỡng điện

Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bốn dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

áp nạp ắc quy dưới điều kiện nhiệt độ cao và cường độ bức xạ xuống thấp. Vì vậy để nâng cao hiệu quả làm việc, có thể kết hợp bộ Buck với thành phần tăng áp.

b. Mạch Boost



Hình 2.3. Sơ đồ nguyên lý mạch Boost

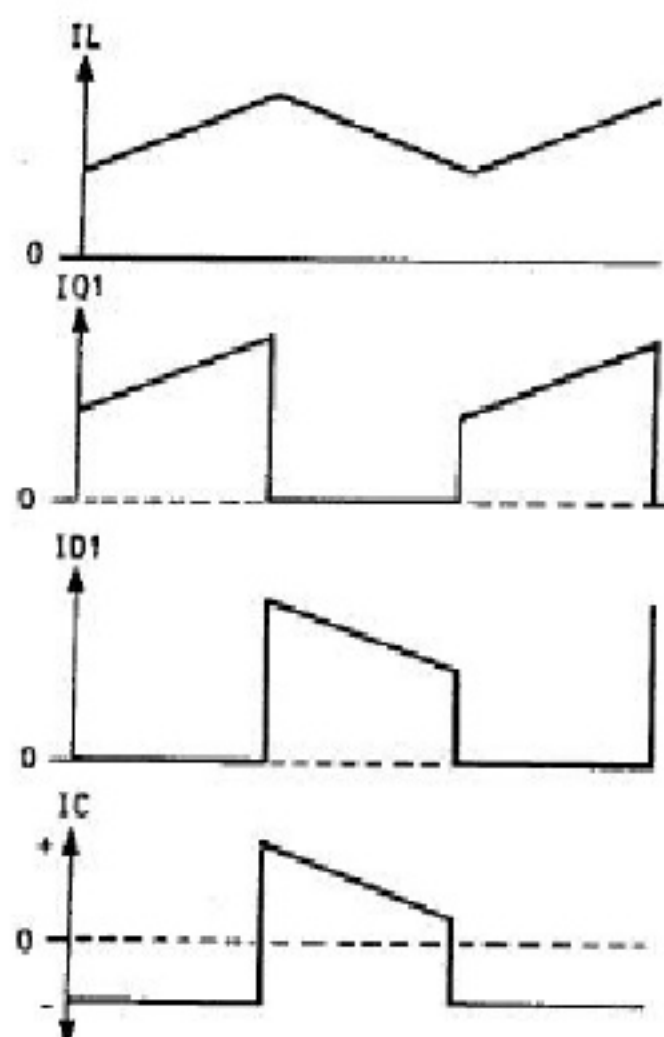
Giống như bộ Buck, hoạt động của bộ Boost được thực hiện qua cuộn kháng L. Chuyển mạch K đóng mở theo chu kỳ. Khi K mở cho dòng qua (t_{on}) cuộn kháng tích năng lượng, khi K đóng (t_{off}) cuộn kháng giải phóng năng lượng qua điốt tới tải.

$$V_1 - V_0 = L \cdot \frac{dI_L}{dt} \quad (2-7)$$

Mạch này tăng điện áp vông khi phóng của ắc quy lên để đáp ứng điện áp ra. Khi khóa K mở, cuộn cảm được nối với nguồn 1 chiều. Khóa K đóng, dòng điện cảm ứng chạy vào tải qua Điốt. Với hệ số làm việc D của khóa K, điện áp ra được tính theo:

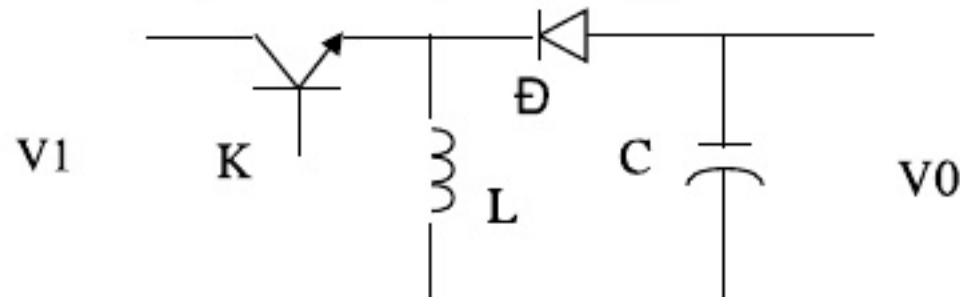
$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1 - D} \quad (2-8)$$

Với phương pháp này cũng có thể điều chỉnh T_{on} trong chế độ dẫn liên tục để điều chỉnh điện áp vào V_1 ở điểm công suất cực đại theo thế của tải V_o .



Hình 2.4. Dạng sóng dòng điện của mạch Boost

c. Mạch Buck – Boost: Bộ điều khiển phóng ắc quy



Hình 2.5. Sơ đồ nguyên lý mạch Buck – Boost

Từ công thức (2-8): Do $D < 1$ nên điện áp ra luôn lớn hơn điện áp vào. Vì vậy mạch Boost chỉ có thể tăng áp trong khi mạch Buck đã trình bày ở trên thì chỉ có thể giảm điện áp vào. Kết hợp cả hai mạch này với nhau tạo thành mạch Buck – Boost vừa có thể tăng và giảm điện áp vào.

Khi khóa đóng, điện áp vào đặt lên điện cảm, làm dòng điện trong điện cảm tăng dần theo thời gian. Khi khóa ngắt, điện cảm có khuynh hướng duy trì dòng điện qua nó sẽ tạo điện áp cảm ứng đủ để Diot phân cực thuận. Tùy vào tỷ lệ giữa thời gian đóng khóa và mở khóa mà giá trị điện áp ra có thể nhỏ hơn, bằng hay lớn hơn giá trị điện áp vào. Trong mọi trường hợp thì dấu của điện áp ra là ngược với dấu của điện áp vào, do đó dòng điện đi qua điện cảm sẽ giảm dần theo thời gian.

Ta có công thức:

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} D}{1 - D} \quad (2-9)$$

Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bốn dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

Công thức (2-9) cho thấy điện áp ra có thể lớn hơn hay nhỏ hơn điện áp vào tùy thuộc vào hệ số làm việc D.

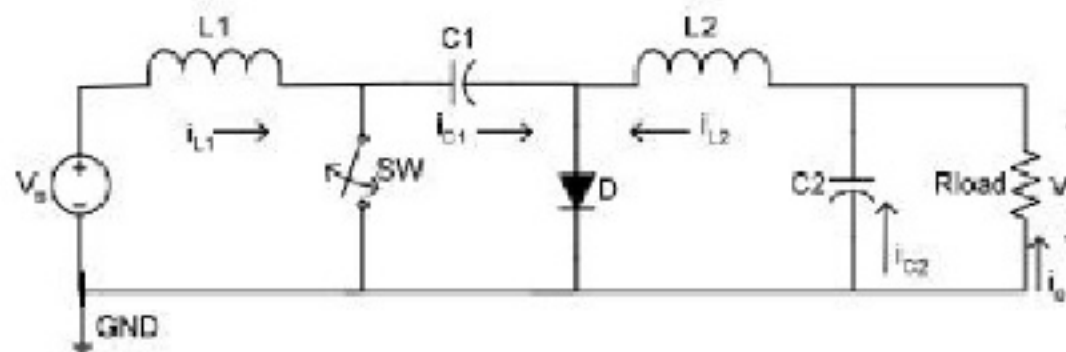
Khi $D = 0.5$ thì $V_{in} = V_{out}$

Khi $D < 0.5$ thì $V_{in} > V_{out}$

Khi $D > 0.5$ thì $V_{in} < V_{out}$

Như vậy nguyên tắc điều khiển điện áp ra của cả ba bộ biến đổi trên đều bằng cách điều chỉnh tần số đóng mở khóa K. Việc sử dụng bộ biến đổi nào trong hệ là tùy thuộc vào nhu cầu và mục đích sử dụng.

d. Mạch Cúk



Hình 2.6. Sơ đồ nguyên lý bộ biến đổi Cúk

Bộ Cúk vừa có thể tăng, vừa có thể giảm áp. Cúk dùng một tụ điện để lưu giữ năng lượng vì vậy dòng điện vào sẽ liên tục. Mạch Cúk ít gây tổn hao trên khoá điện tử hơn và cho hiệu quả cao. Nhược điểm của Cúk là điện áp ra có cực tính ngược với điện áp vào nhưng bộ Cúk cho đặc tính dòng ra tốt hơn do có cuộn cảm đặt ở tầng ra. Chính từ ưu điểm chính này của Cúk (tức là có đặc tính dòng vào và dòng ra tốt).

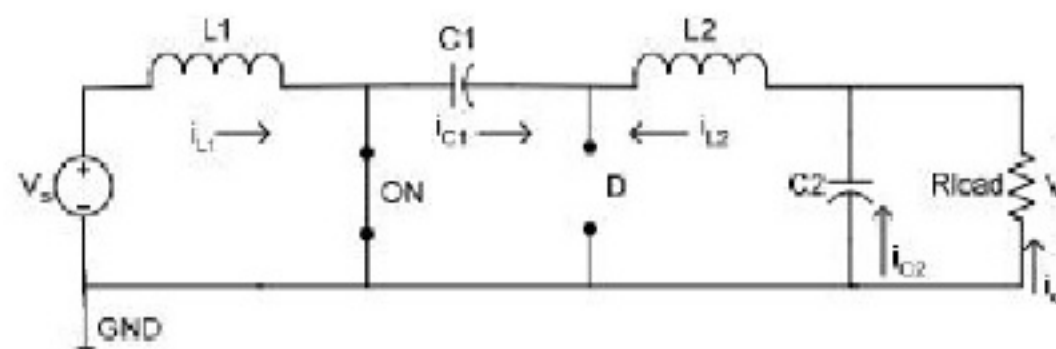
Nguyên lý hoạt động của Cúk là chế độ dẫn liên tục. Ở trạng thái ổn định, điện áp trung bình rơi trên cuộn cảm bằng 0, theo định luật điện áp Kiếchốp ở vòng mạch ngoài cùng hình vẽ 2.6 ta có:

$$V_{C1} = V_s + V_o \quad (2-10)$$

Giả sử tụ C1 có dung lượng đủ lớn và điện áp trên tụ không gợn sóng mặc dù nó lưu giữ và chuyển một lượng năng lượng lớn từ đầu vào đến đầu ra.

Điều kiện ban đầu là khi điện áp vào được cấp và khóa SW khoá không cho dòng chảy qua. Diode D phân cực thuận, tụ C1 được nạp. Hoạt động của mạch được chia thành 2 chế độ.

Chế độ 1: Khi khóa SW mở thông dòng, mạch như ở hình vẽ 2.7



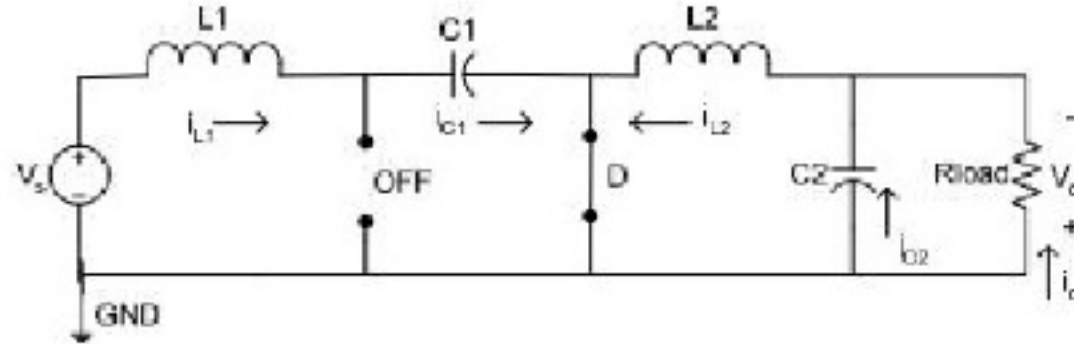
Hình 2.7. Sơ đồ mạch bộ Cúk khi khóa SW mở thông dòng.

Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bốn dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

Điện áp trên tụ C1 làm điốt D phân cực ngược và Điốt khoá. Tụ C1 phóng sang tải qua đường SW, C2, Rtải, và L2. Cuộn cảm đủ lớn nên giả thiết rằng dòng điện trên cuộn cảm không gọn sóng. Vì vậy ta có mối quan hệ sau:

$$-I_{C1} = I_{L2} \quad (2-11)$$

Chế độ 2: Khi SW khoá ngăn không cho dòng chảy qua, mạch có dạng như hình vẽ sau:



Hình 2.8. Sơ đồ mạch Cúk khi khoá SW đóng

Tụ C1 được nạp từ nguồn vào V_s qua cuộn cảm L1. Năng lượng lưu trên cuộn cảm L2 được chuyển sang tải qua đường D, C2, và Rtải. Vì vậy ta có:

$$I_{C1} = I_{L2} \quad (2-12)$$

Để hoạt động theo chu kỳ, dòng điện trung bình của tụ là 0. Nên ta có:

$$I_{C1}|_{SW\ on} \cdot DT + I_{C1}|_{SW\ off} \cdot (1-D)T = 0 \quad (2-13)$$

$$-I_{L2} \cdot DT + I_{L1} \cdot (1-D)T = 0 \quad (2-14)$$

$$\frac{I_{L1}}{I_{L2}} = \frac{D}{1-D} \quad (2-15)$$

Trong đó: D là tỉ lệ làm việc của khoá SW ($0 < D < 1$) và T là chu kỳ đóng cắt.

Giả sử rằng đây là bộ biến đổi lý tưởng, công suất trung bình do nguồn cung cấp phải bằng với công suất trung bình tải hấp thụ được.

$$P_{in} = P_{out} \quad (2-16)$$

$$V_s \cdot I_{L1} = V_o \cdot I_{L2} \quad (2-17)$$

$$\frac{I_{L1}}{I_{L2}} = \frac{V_o}{V_s} \quad (2-18)$$

Kết hợp công thức (2 - 15) và (2 - 18) vào ta có:

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{D}{1-D} \quad (2-19)$$

Từ công thức (2 - 19):

- Nếu $0 < D < 0,5$: Đầu ra nhỏ hơn đầu vào.
- Nếu $D = 0,5$: Đầu ra bằng đầu vào.
- Nếu $0,5 < D < 1$: Đầu ra lớn hơn đầu vào.

Từ công thức (2 - 19) ta thấy rằng có thể điều khiển điện áp ra khỏi bộ biến đổi DC/DC bằng cách điều chỉnh tỉ lệ làm việc D của khoá SW.

Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bốn dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

- Nhận xét:

Như vậy nguyên tắc điều khiển điện áp ra của các bộ biến đổi trên đều bằng cách điều chỉnh tần số đóng mở khóa K. Việc sử dụng bộ biến đổi nào trong hệ là tùy thuộc vào nhu cầu và mục đích sử dụng.

Để điều khiển tần số đóng mở của khóa K để hệ đạt được điểm làm việc tối ưu nhất, ta phải dùng đến thuật toán xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất (MPPT) sẽ được trình bày chi tiết ở chương tiếp sau.

2.1.2. Điều khiển bộ biến đổi DC/DC

Các cách thường dùng để điều khiển bộ DC/DC là:

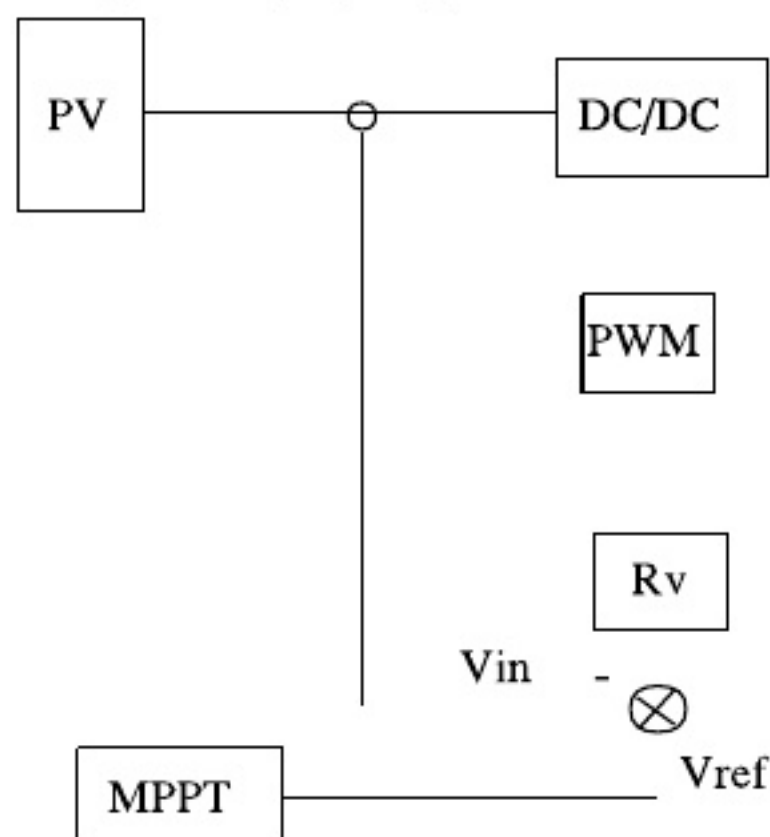
a. Mạch vòng điện áp phản hồi.

Bộ điều khiển Rv là bộ PI. Điện áp ra ở đầu cực của pin được sử dụng như một biến điều khiển cho hệ. Nó duy trì điểm làm việc của cả hệ sát với điểm làm việc có công suất lớn nhất bằng cách điều chỉnh điện áp của pin phù hợp với điện áp theo yêu cầu.

Phương pháp này cũng có những nhược điểm sau:

- Bỏ qua hiệu suất của bức xạ và nhiệt độ của dãy pin mặt trời.
- Không được áp dụng rộng rãi cho hệ thống lưu giữ điện năng.

Vì vậy, phương pháp điều khiển này chỉ thích hợp dưới điều kiện độ bức xạ ổn định, chẳng hạn như hệ thống vệ tinh, vì nó không thể tự động xác định điểm làm việc tối ưu khi điều kiện ánh sáng và nhiệt độ thay đổi.



Hình 2.9. Mạch vòng điều khiển điện áp

b. Phương pháp điều khiển phản hồi công suất.

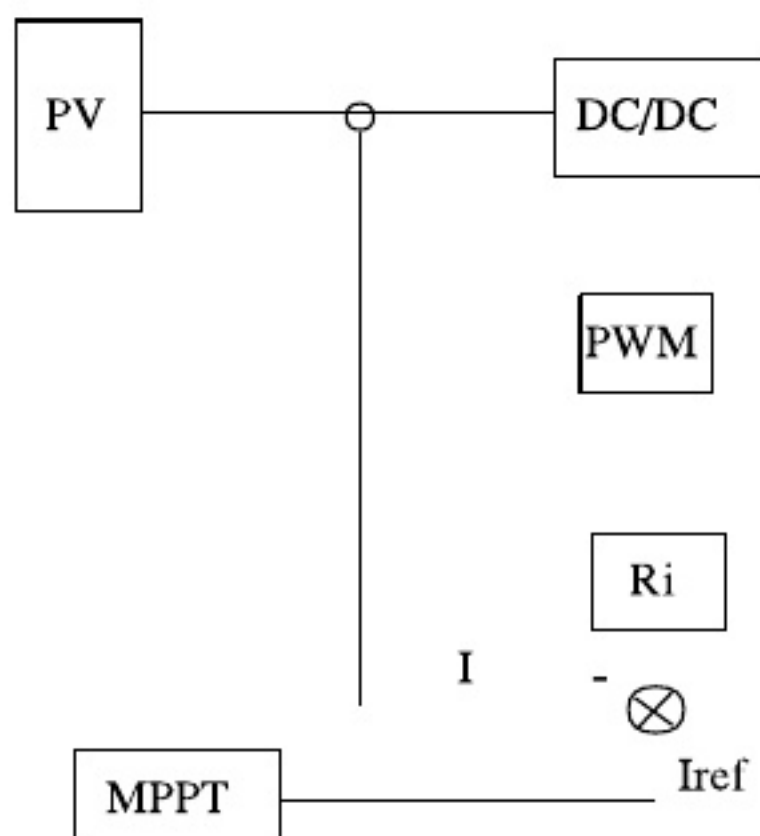
Có thể điều khiển công suất tối ưu bằng cách cho đạo hàm $dP/dV = 0$ trong điều khiển phản hồi công suất. Nguyên tắc hoạt động của phương pháp này là đo và khuếch đại công suất của tải.

Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bỗ dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

Ưu điểm của phương pháp này là không cần quan tâm đến đặc tính làm việc của pin. Tuy nhiên, phương pháp này khuếch đại công suất của tải chứ không phải là công suất ra khỏi nguồn pin mặt trời.

Mặc dù một bộ biến đổi có kết hợp phương pháp MPPT có thể sẽ cho hiệu quả cao trên dải rộng các điểm làm việc, nhưng đối với một bộ biến đổi không tốt, toàn bộ công suất có thể sẽ không đến được tải do sự tổn thất năng lượng. Vì vậy, phương pháp này đòi hỏi một bộ biến đổi thật hoàn hảo.

c. Phương pháp mạch vòng dòng điện phản hồi



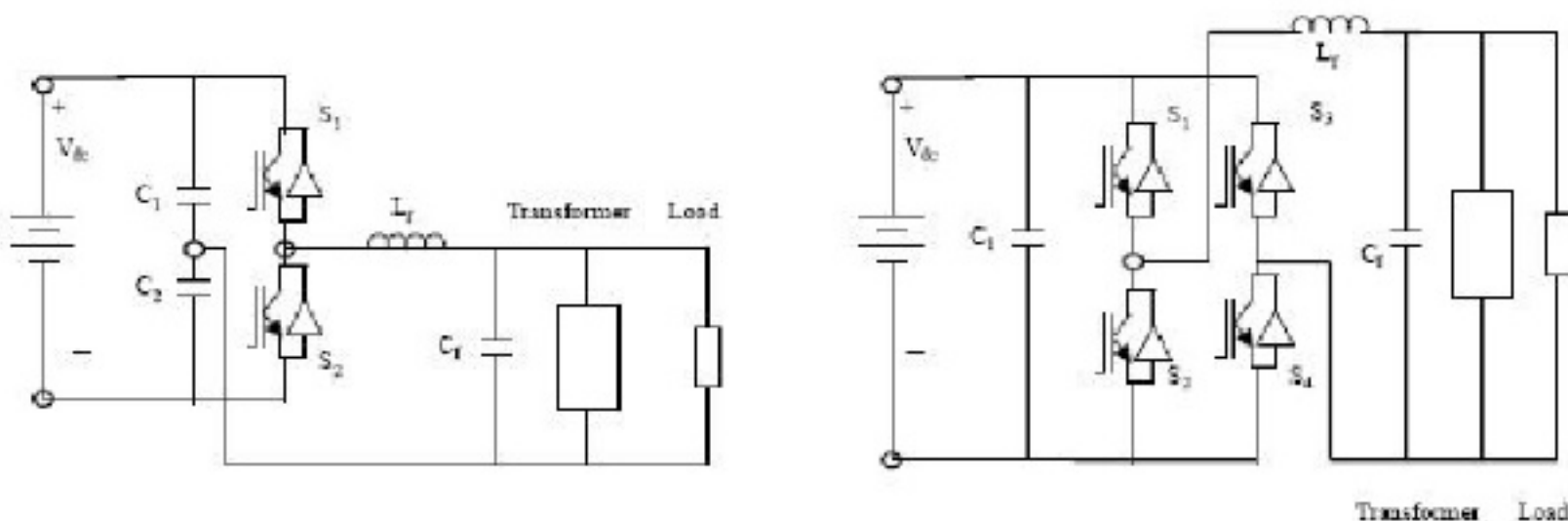
Hình 2.10. Mạch vòng dòng điện phản hồi

R_i trong mạch điều khiển là bộ PI.

Phương pháp này chỉ áp dụng với những thuật toán MPPT cho đại lượng điều khiển là dòng điện.

2.2. Bộ biến đổi DC/AC.

Hệ PV độc lập thường sử dụng các bộ biến đổi loại nguồn áp 1 pha.



Hình 2.11. Bộ biến đổi DC/AC 1 pha dạng nửa cầu (bên trái) và hình cầu (bên phải)

Khóa điện tử S_1 và S_2 được điều khiển chu kỳ đóng cắt theo một luật nhất định để tạo ra điện áp xoay chiều. Điện áp rơi trên mỗi tụ là $V_{dc}/2$. L_f và C_f có nhiệm vụ lọc bỏ các thành phần sóng hài bậc cao tại đầu ra của bộ biến đổi và tạo điện áp xoay chiều có

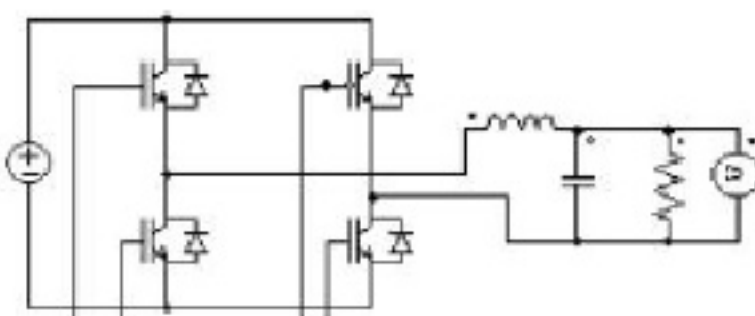
Chương 2. Cỗ bộ biến đổi bán dẫn trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

tần số mong muốn. Máy biến áp có nhiệm vụ tạo ra điện áp xoay chiều phù hợp với yêu cầu của tải, đồng thời đảm nhiệm vai trò cách ly giữa nguồn 1 chiều với tải.

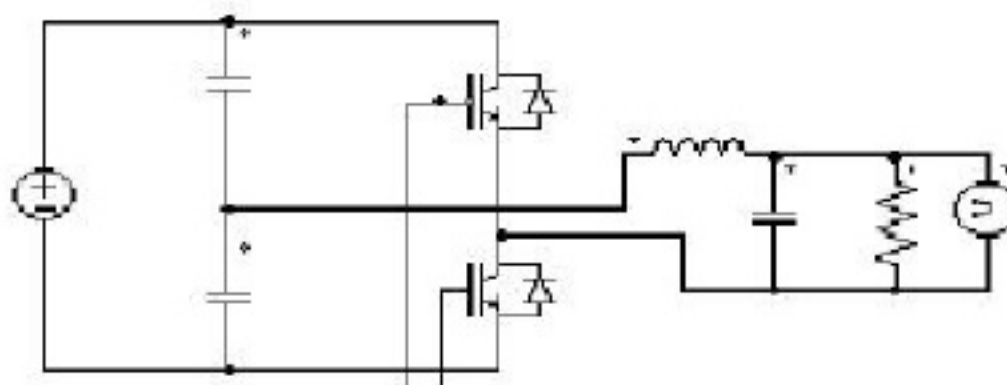
Các loại bộ biến đổi này có thể ngăn chặn thành phần dòng điện sóng hài và điều chỉnh hệ số công suất để nâng cao chất lượng điện

Ưu điểm: Bộ biến đổi DC/AC 1 pha dạng nửa cầu có số khóa điện tử ít hơn 1 nửa so với bộ biến đổi DC/AC 1 pha hình cầu nên có cấu trúc đơn giản và rẻ hơn.

Cấu trúc bộ biến đổi DC-AC dùng biến áp thông thường có nhược điểm, do sử dụng biến áp thông thường nên kích thước thường lớn, tổn hao trên biến áp khá lớn, và hiện tại giá thành biến áp cũng không nhỏ.



Hình 2.12. Sơ đồ cấu trúc bộ nghịch lưu kiểu Full-bridge

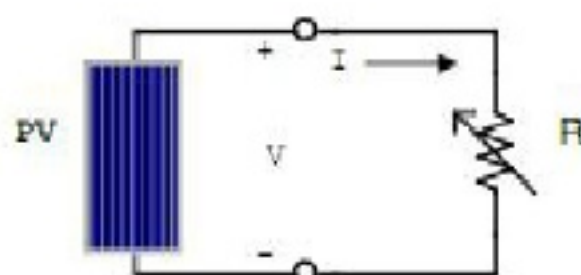


Hình 2.13. a) Sơ đồ cấu trúc bộ nghịch lưu kiểu Half-bridge

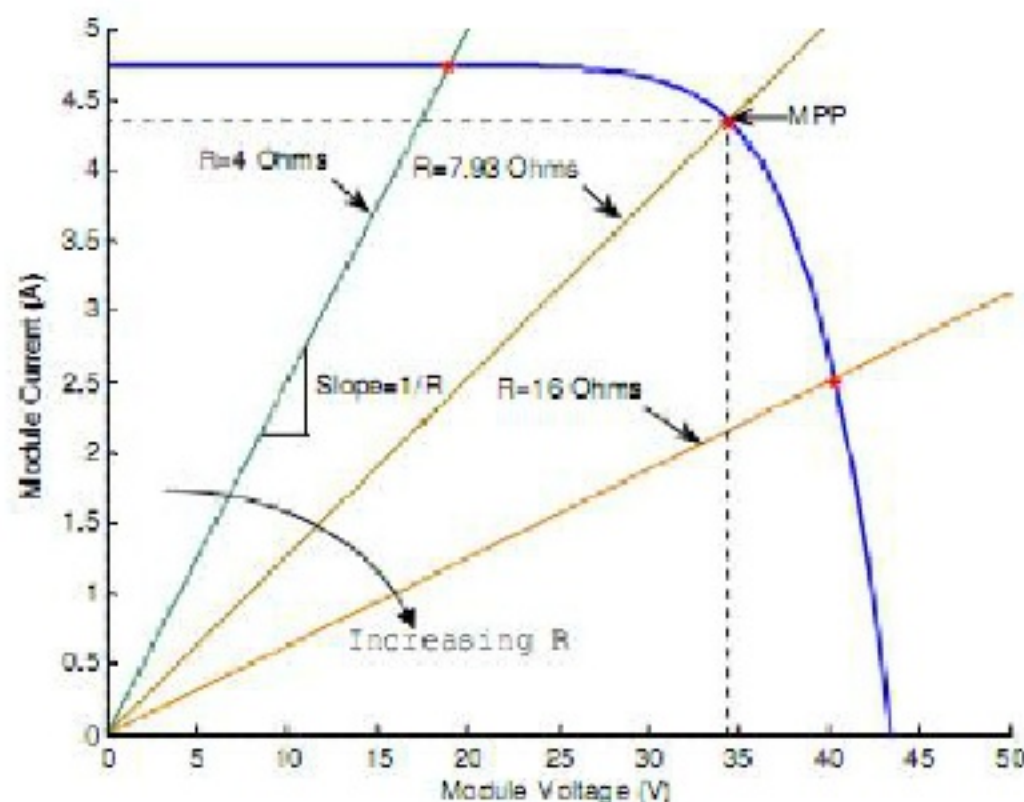
PHƯƠNG PHÁP DÒ TÌM ĐIỂM LÀM VIỆC TỐI ƯU MPPT

3.1. Giới thiệu chung

Khi một tấm PV được mắc trực tiếp vào một tải, điểm làm việc của tấm PV đó sẽ là giao điểm giữa đường đặc tính làm việc $I - V$ và đường đặc tính $I - V$ của tải. Giả sử nếu tải là thuần trở thì đường đặc tính tải là một đường thẳng tấp với độ dốc là $1/R_{\text{tải}}$.



Hình 3.1. Ví dụ tấm pin mặt trời được mắc trực tiếp với một tải thuần trở có thể thay đổi giá trị điện trở được.



Hình 3.2. Đường đặc tính làm việc của pin và của tải thuần trở có giá trị điện trở thay đổi được

Nói cách khác, trở kháng của tải bám theo điều kiện làm việc của pin. Nói chung, điểm làm việc hiếm khi ở đúng tại vị trí có công suất lớn nhất, vì vậy nó sẽ không sinh ra công suất lớn nhất. Mạng nguồn pin mặt trời thường bị quá tải khi phải bù cho một lượng công suất thấp vào thời gian ánh sáng yếu kéo dài như trong mùa đông. Sự không thích ứng giữa tải và các tấm pin mặt trời thường làm cho nguồn pin mặt trời bị quá tải và gây ra tổn hao trong toàn hệ thống. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp MPPT được sử dụng để duy trì điểm làm việc của nguồn điện pin tại đúng điểm có công suất lớn nhất MPP. Phương pháp MPPT có thể xác định chính xác đến 97% điểm MPP.

Chương này đề cập đến đặc tính làm việc $I - V$ của modul pin mặt trời và tải, sự tương thích của cả tải và pin, phương pháp điều khiển MPPT; việc áp dụng thuật toán

Chương 3. Phương pháp duy trì điểm làm việc tối ưu MPPT

MPPT để điều khiển bộ biến đổi DC/DC trong hệ thống và giới hạn của phương pháp MPPT.

3.2. Nguyên lý dung hợp tải

Như đã nói ở trên, khi PV được mắc trực tiếp với một tải, điểm làm việc của PV sẽ do đặc tính tải xác định. Điện trở tải được xác định như sau:

$$R_{\text{tai}} = \frac{V_o}{I_o} \quad (3-1)$$

Trong đó: V_o là điện áp ra, I_o là dòng điện ra.

Tải lớn nhất của PV được xác định như sau:

$$R_{\text{opt}} = \frac{V_{\text{MPP}}}{I_{\text{MPP}}} \quad (3-2)$$

Trong đó: V_{MPP} và I_{MPP} là điện áp và dòng điện cực đại. Khi giá trị của tải lớn nhất khớp với giá trị R_{opt} thì công suất truyền từ PV đến tải sẽ là công suất lớn nhất. Tuy nhiên, điều này thường độc lập và hiếm khi khớp với thực tế. Mục đích của MPPT là phối hợp trở kháng của tải với trở kháng lớn nhất của PV.

Dưới đây là ví dụ của việc dung hợp tải sử dụng mạch Boost. Từ công thức (2 – 8):

$$V_{\text{in}} = (1 - D).V_o \quad (3-3)$$

Ta giả sử rằng đây là bộ biến đổi lý tưởng, công suất trung bình do nguồn cung cấp phải bằng với công suất trung bình tải hấp thụ được.

$$P_{\text{in}} = P_{\text{out}} \quad (3-4)$$

Khi đó:

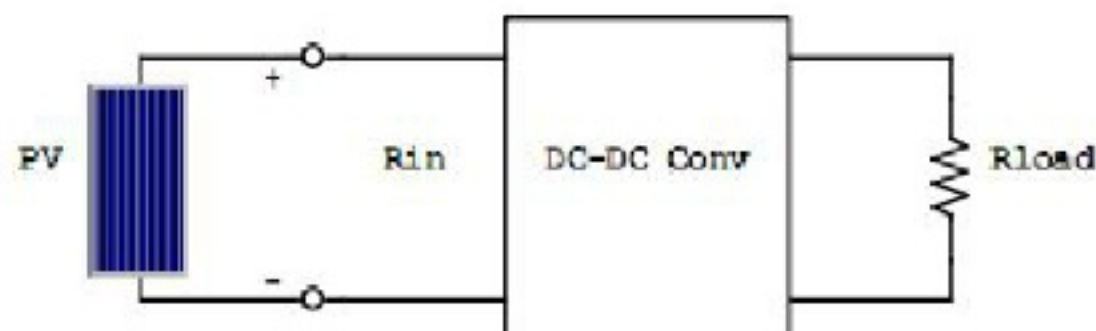
$$\frac{I_{\text{in}}}{I_o} = \frac{V_o}{V_{\text{in}}} \quad (3-5)$$

Từ 2 công thức (3 – 3) và (3 – 5) ta có:

$$I_{\text{in}} = \frac{1}{1 - D}.I_o \quad (3-6)$$

Suy ra:

$$R_{\text{in}} = \frac{V_{\text{in}}}{I_{\text{in}}} = (1 - D)^2 \cdot \frac{V_o}{I_o} = (1 - D)^2 . R_{\text{tai}} \quad (3-7)$$

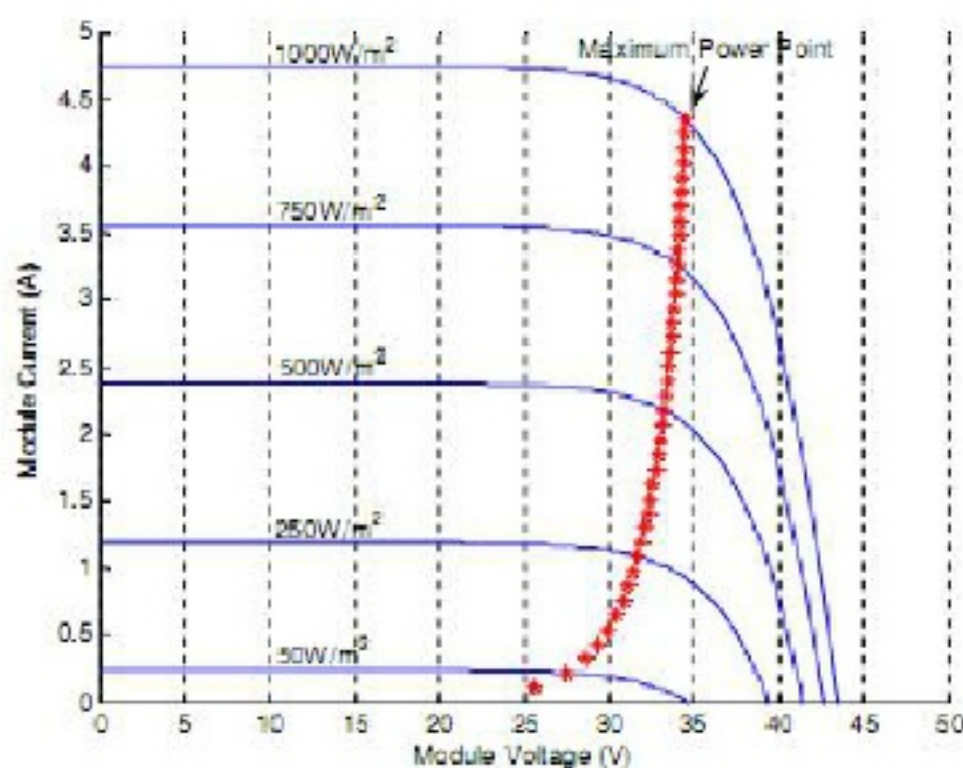


Hình 3.3. Tổng trở vào R_{in} được điều chỉnh bằng D

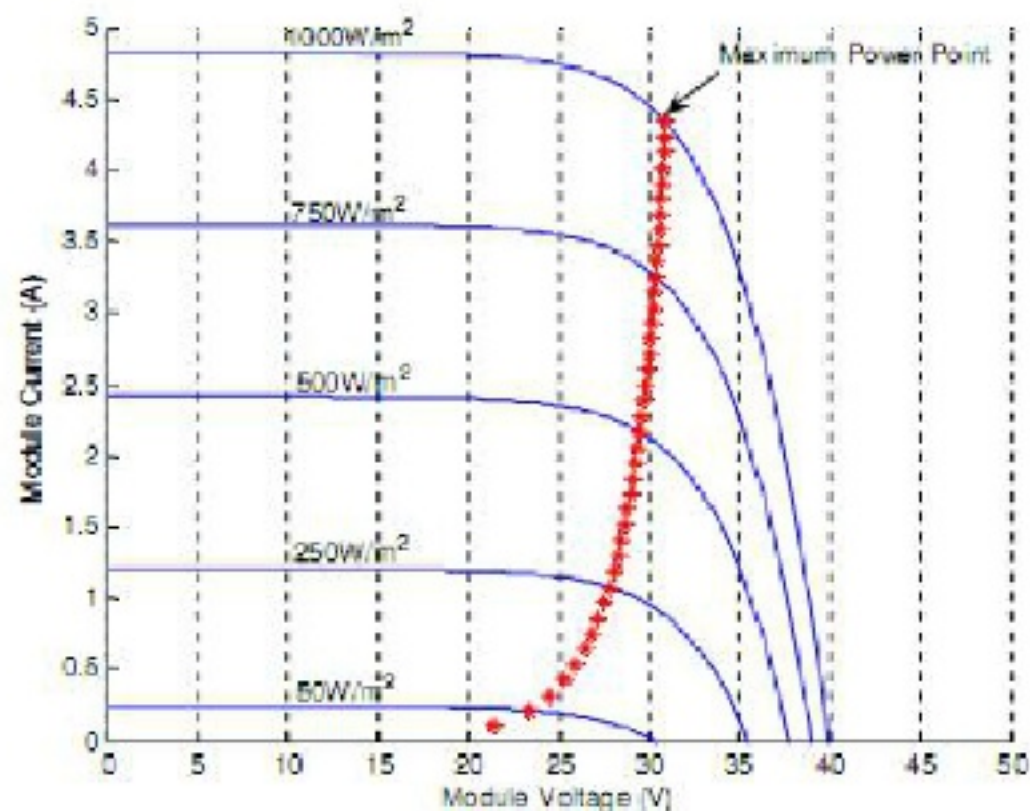
Từ hình vẽ 3.3 trở kháng do PV tạo ra là trở kháng vào R_{in} cho bộ biến đổi. Bằng cách điều chỉnh tỉ lệ làm việc D , giá trị của R_{in} được điều chỉnh giá trị phù hợp với R_{opt} . Vì vậy, trở kháng của tải không cần phải quan tâm nhiều miễn là tỉ lệ làm việc của khoá điện tử trong bộ biến đổi được điều chỉnh đúng quy tắc hợp lý.

3.3. Thuật toán xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất MPPT

Như đã nói ở trên, điểm làm việc có công suất lớn nhất MPP định trên đường đặc tính $I - V$ luôn thay đổi dưới điều kiện nhiệt độ và cường độ bức xạ thay đổi. Chẳng hạn, hình vẽ 3.4 thể hiện đường đặc tính làm việc $I - V$ ở những mức cường độ bức xạ khác nhau tăng dần ở cùng một giá trị nhiệt độ (25°C) và hình 3.5. thể hiện các đường đặc tính làm việc ở cùng một mức cường độ bức xạ nhưng với nhiệt độ tăng dần.



Hình 3.4. Đường đặc tính làm việc của pin khi cường độ bức xạ thay đổi ở cùng một mức nhiệt độ



Hình 3.5. Đặc tính làm việc $I - V$ của pin khi nhiệt độ

thay đổi ở cùng một mức cường độ bức xạ

Từ hai hình vẽ này, ta nhận thấy có sự dịch chuyển điện áp quan sát được ở vị trí của điểm MPP. Vì vậy điểm MPP cần phải dùng thuật toán để xác định. Thuật toán này là trung tâm của bộ điều khiển MPPT.

Thuật toán MPPT được coi là một phần không thể thiếu trong hệ PV, được áp dụng với mong muốn nâng cao hiệu quả sử dụng của dãy pin mặt trời. Nó được đặt trong bộ điều khiển bộ biến đổi DC/DC.

Các thuật toán MPPT điều khiển của bộ biến đổi DC/DC sử dụng nhiều tham số, thường là các tham số như dòng PV, điện áp PV, dòng ra, điện áp ra của bộ DC/DC. Các thuật toán này được so sánh dựa theo các tiêu chí như hiệu quả định điểm làm việc có công suất lớn nhất, số lượng cảm biến sử dụng, độ phức tạp của hệ thống, tốc độ biến đổi...

Nhìn chung có rất nhiều thuật toán MPPT đã được nghiên cứu và ứng dụng trên nhiều hệ thống. Một phương pháp đo điện áp hở mạch V_{oc} của các pin mặt trời cứ 30 giây một lần bằng cách tách pin mặt trời ra khỏi mạch trong một khoảng thời gian ngắn. Sau khi nối mạch trở lại, điện áp pin được điều chỉnh lên 76% của V_{oc} . Tỷ lệ % này phụ thuộc vào loại pin mặt trời sử dụng. Việc thực hiện phương pháp điều khiển mạch hở này đơn giản và ít chi phí mặc dù hiệu quả MPPT là thấp (từ 73% đến 91%). Phương pháp tính toán cũng có thể dự đoán vị trí của điểm MPP, tuy nhiên trong thực tế, phương pháp này làm việc không hiệu quả vì nó không theo được những thay đổi vật lý, tuổi thọ của tấm pin và các ảnh hưởng bên ngoài khác như bóng của các vật cản ... Hơn nữa, một học nhật xạ kế đo cường độ bức xạ có giá thành rất đắt.

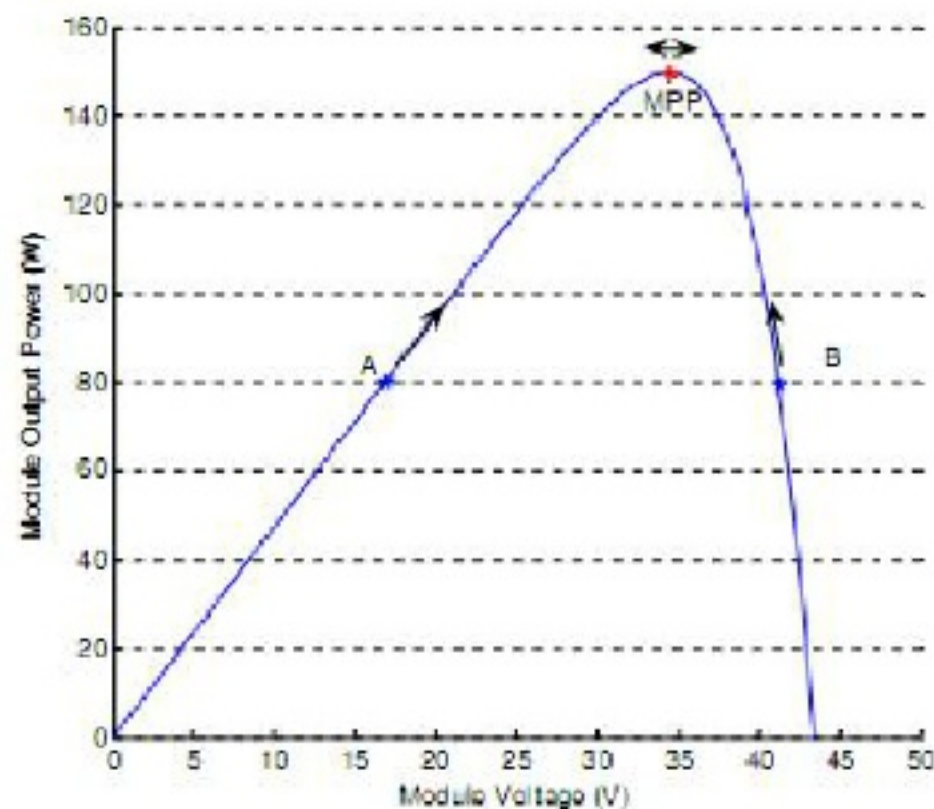
Các thuật toán sử dụng phương pháp điều khiển kín mạch có thể cho hiệu quả cao hơn, nên các thuật toán này được sử dụng phổ biến hơn cho MPPT. Trong khuôn khổ của đồ án này, em chỉ phân tích 2 phương pháp MPPT được ứng dụng rộng rãi và đã trở nên phổ biến, quen thuộc và cho được một số hiệu quả làm việc sau đây:

Phương pháp nhiễu loạn và quan sát P&O

Phương pháp điện dẫn gia tăng INC

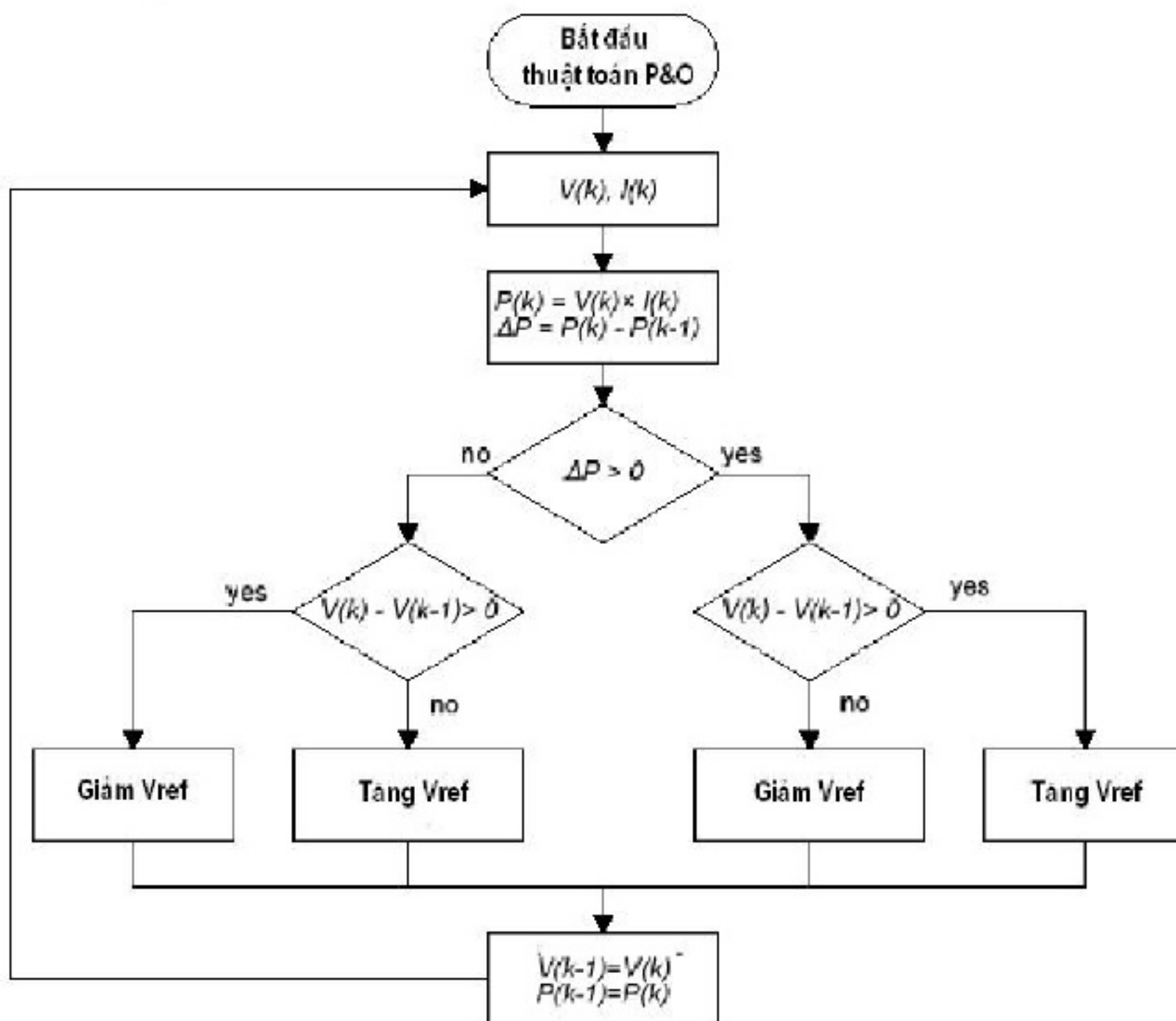
3.3.1. Phương pháp nhiễu loạn và quan sát P&O

Đây là một phương pháp đơn giản và được sử dụng thông dụng nhất nhờ sự đơn giản trong thuật toán và việc thực hiện dễ dàng. Thuật toán này xem xét sự tăng, giảm điện áp theo chu kỳ để tìm được điểm làm việc có công suất lớn nhất. Nếu sự biến thiên của điện áp làm công suất tăng lên thì sự biến thiên tiếp theo sẽ giữ nguyên chiều hướng tăng hoặc giảm. Ngược lại, nếu sự biến thiên làm công suất giảm xuống thì sự biến thiên tiếp theo sẽ có chiều hướng thay đổi ngược lại. Khi điểm làm việc có công suất lớn nhất được xác định trên đường cong đặc tính thì sự biến thiên điện áp sẽ dao động xung quanh (điểm MPP) điểm làm việc có công suất lớn nhất đó.



Hình 3.6. Phương pháp tìm điểm làm việc công suất lớn nhất P&O.

Lưu đồ thuật toán:



Hình 3.7. Lưu đồ thuật toán Phương pháp P&O

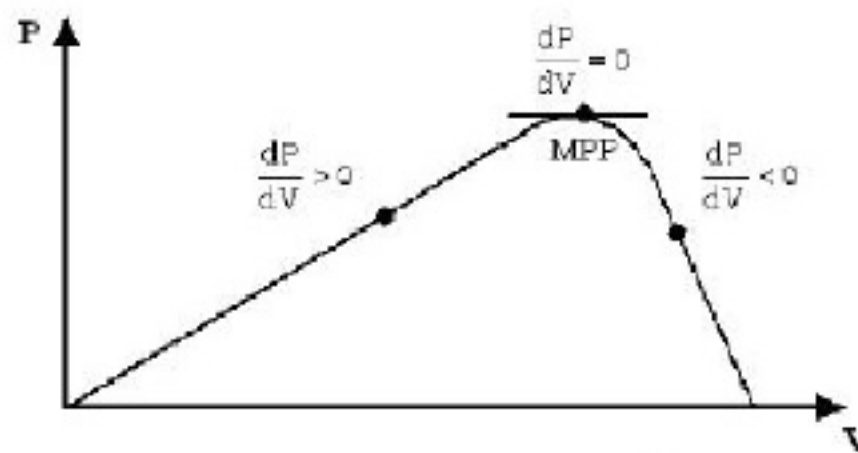
Sự dao động điện áp làm tổn hao công suất trong hệ quang điện, đặc biệt những khi điều kiện thời tiết thay đổi chậm hay ổn định. Vấn đề này có thể giải quyết bằng cách điều chỉnh logic trong thuật toán P&O là sẽ so sánh các tham số trong hai chu kỳ trước. Một cách khác để giải quyết việc hao hụt công suất quanh điểm MPP là giảm bước tính biến thiên xuống, nhưng khi điều kiện thời tiết thay đổi, thuật toán này sẽ trở nên chậm chạp hơn trong việc bám theo điểm MPP và công suất sẽ bị hao hụt nhiều hơn.

Như vậy, nhược điểm chính của phương pháp này là không tìm được chính xác điểm làm việc có công suất lớn nhất khi điều kiện thời tiết thay đổi.

Đặc điểm của phương pháp này là phương pháp có cấu trúc đơn giản nhất nhất và dễ thực hiện nhất, trong trạng thái ổn định điểm làm việc sẽ dao động xung quanh điểm MPP, gây hao hụt một phần năng lượng. Phương pháp này không phù hợp với điều kiện thời tiết thay đổi thường xuyên và đột ngột.

3.3.2. Phương pháp điện dẫn gia tăng INC

Đây là phương pháp khắc phục những nhược điểm của phương pháp P&O trong trường hợp điều kiện thời tiết thay đổi đột ngột. Phương pháp này sử dụng tổng điện dẫn gia tăng của dãy pin mặt trời để dò tìm điểm công suất tối ưu. Minh họa trên hình vẽ 3.8:



Hình 3.8. Phương pháp điện dẫn gia tăng

Phương pháp này cơ bản dựa trên đặc điểm là: độ dốc của đường đặc tính pin bằng 0 tại điểm MPP, độ dốc này là dương khi ở bên trái điểm MPP, là âm khi ở bên phải điểm MPP. Thể hiện như sau:

$$\begin{cases} dP/dV = 0, \text{ tại MPP} \\ dP/dV > 0, \text{ ở bên trái MPP} \\ dP/dV < 0, \text{ ở bên phải MPP} \end{cases}$$

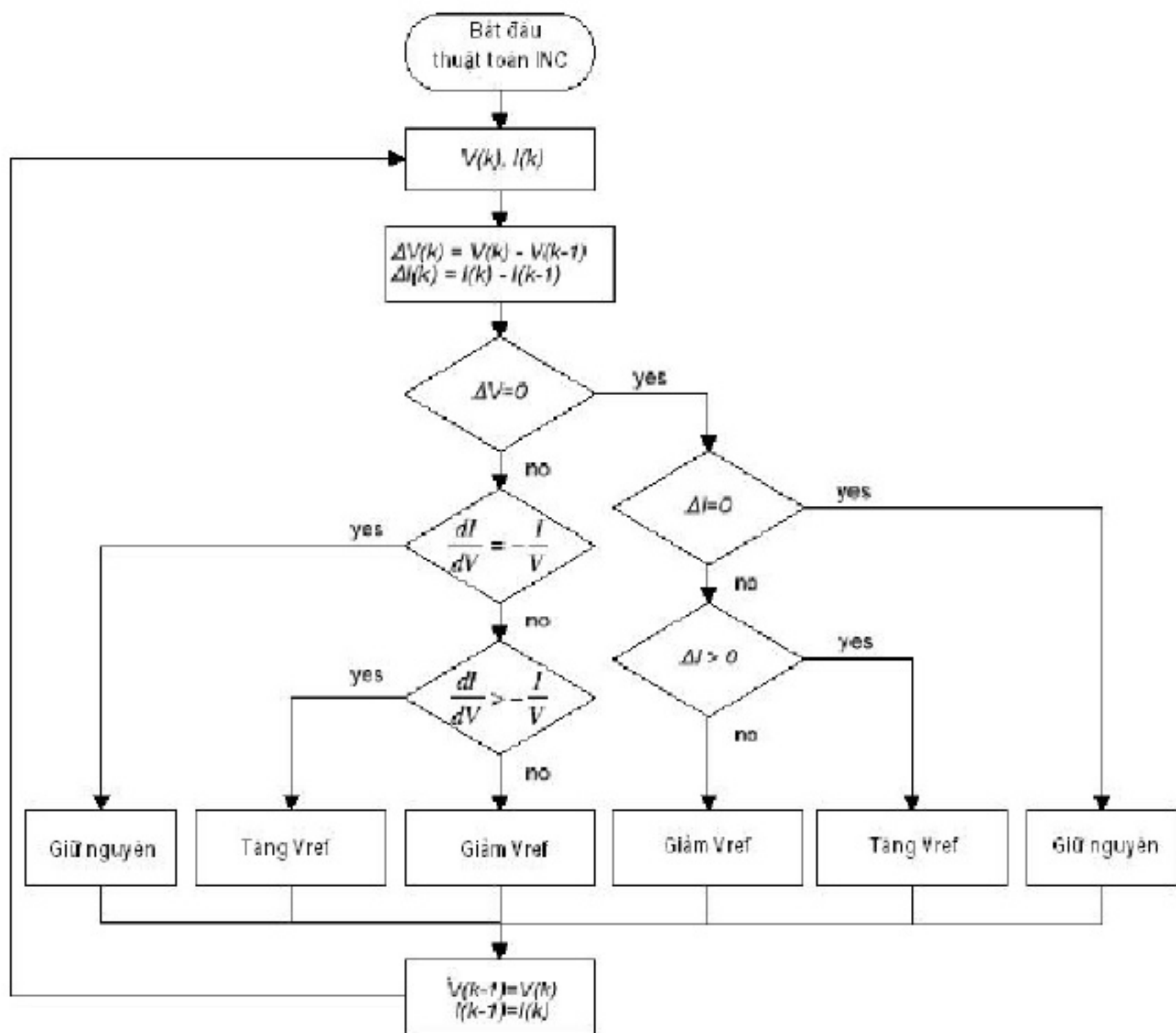
Vì $dP/dV = d(IV)/dV = I + V dI/dV \cong I + V \Delta I/\Delta V$ nên ta cũng có thể viết lại là:

$$\begin{cases} \Delta I / \Delta V = -I / V, \text{ tại MPP} \\ \Delta I / \Delta V > -I / V, \text{ ở bên trái MPP} \\ \Delta I / \Delta V < -I / V, \text{ ở bên phải MPP} \end{cases}$$

Bằng cách so sánh giá trị điện dẫn tức thời (I/V) với giá trị điện dẫn gia tăng ($\Delta I / \Delta V$), Thuật toán này sẽ tìm được điểm làm việc có công suất lớn nhất. Tại điểm MPP, điện áp chuẩn $V_{\text{ref}} = V_{\text{MPP}}$. Mỗi khi điểm MPP được tìm ra, hoạt động của pin lại được duy trì ở điểm làm việc này trừ khi có sự thay đổi về dòng điện ΔI , sự thay đổi của dòng điện ΔI thể hiện sự thay đổi của điều kiện thời tiết và của điểm MPP.

Độ lớn của điện dẫn gia tăng sẽ quyết định độ nhanh chậm trong việc tìm ra điểm MPP. Tuy nhiên khi điện dẫn gia tăng lớn quá sẽ làm cho hệ thống hoạt động không chính xác tại điểm MPP và sẽ bị dao động.

Ưu điểm chính của phương pháp này là cho kết quả tốt nhất khi thời tiết thay đổi nhanh. Phương pháp này cũng cho dao động nhỏ nhất quanh điểm MPP hơn phương pháp P&O. Nhược điểm của phương pháp này là mạch điều khiển phức tạp. Nó sử dụng 2 cảm biến để đo giá trị dòng điện và điện áp, nên chi phí lắp đặt cao. Tuy nhiên ngày nay với sự xuất hiện của nhiều phần mềm hay các bộ xử lý đã làm giá thành của hệ này giảm đi rất nhiều.



Hình 3.9. Lưu đồ thuật toán của phương pháp điện dẫn gia tăng INC

3.3.3. Bảng tổng kết so sánh các phương pháp MPPT

Bảng 3.1. Bảng so sánh thuật toán MPPT

Thuật toán MPPT	Chi phí	Thông số đo	Số cảm biến sử dụng	Tốc độ tính toán	Mức độ phức tạp	Điểm làm việc tìm được	Lưu ý
P&O	Trung bình	V_{PV} , I_{PV}	2	Chậm	Tăng	Dao động quanh điểm MPP	Sử dụng nhiều phép lặp; điểm làm việc dao động quanh MPP. Khắc phục bằng phương pháp điều khiển ồ
INC	Cao	V_{PV} , I_{PV}	2	Chậm	Tăng	Tại điểm MPP	Cho kết quả tốt khi đk thời tiết thay đổi, tránh được dao động quanh MPP

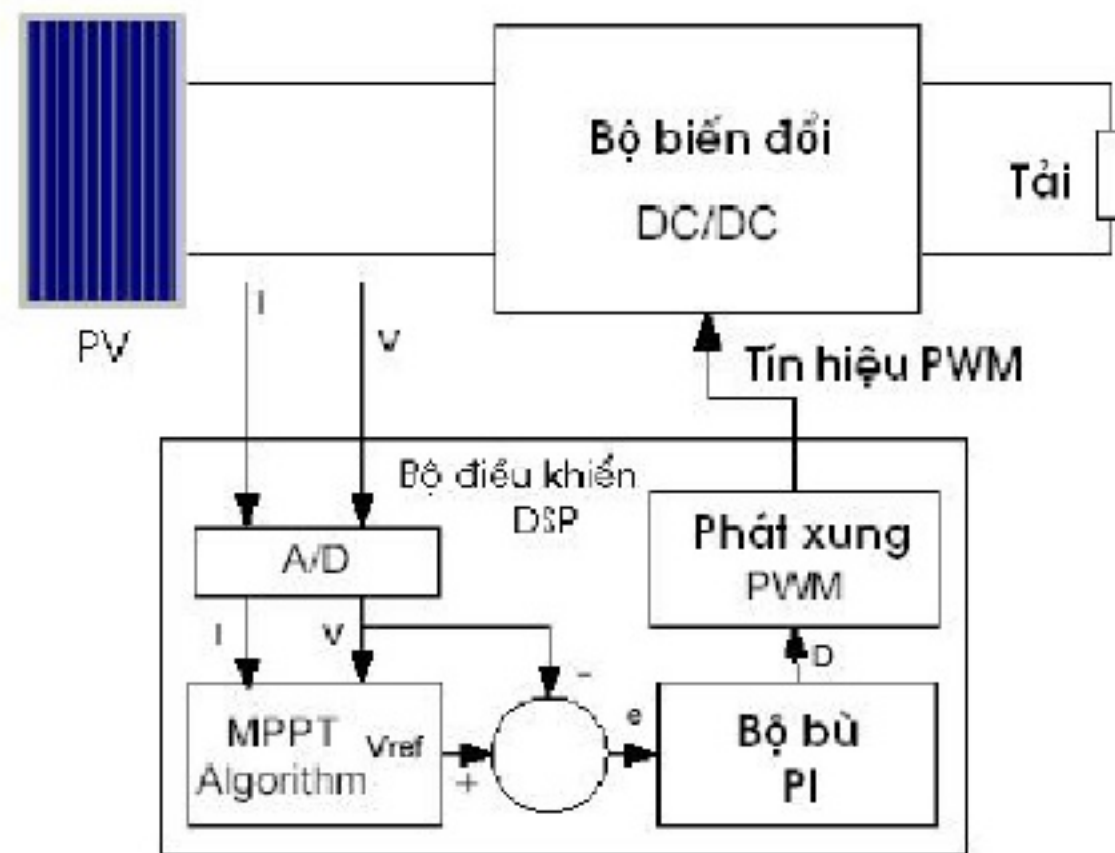
3.4. Phương pháp điều khiển MPPT.

Chương 3. Phương pháp duy trì điểm làm việc tối ưu MPPT

Như đã trình bày ở trên, thuật toán MPPT sẽ ra lệnh cho bộ điều khiển MPPT phải làm gì để điều chỉnh điện áp làm việc. Sau đó nhiệm vụ của bộ điều khiển MPPT là điều chỉnh tăng giảm điện áp làm việc và duy trì ổn định mức điện áp làm việc của hệ nguồn pin mặt trời. Có 3 phương pháp phổ biến điều khiển MPPT.

3.4.1. Phương pháp điều khiển PI

MPPT sẽ đo giá trị điện áp PV và dòng PV, sau đó dựa vào thuật toán MPPT (P&O, INC hay các thuật toán MPPT khác...) để tính toán giá trị điện áp quy chiếu V_{ref} để nâng điều chỉnh điện áp làm việc PV lên theo V_{ref} . Nhiệm vụ của thuật toán MPPT chỉ là định giá trị điện áp V_{ref} và việc tính toán này sẽ được lặp lại theo chu kỳ (thường khoảng từ 1 đến 10 lần lấy mẫu trên 1 giây).

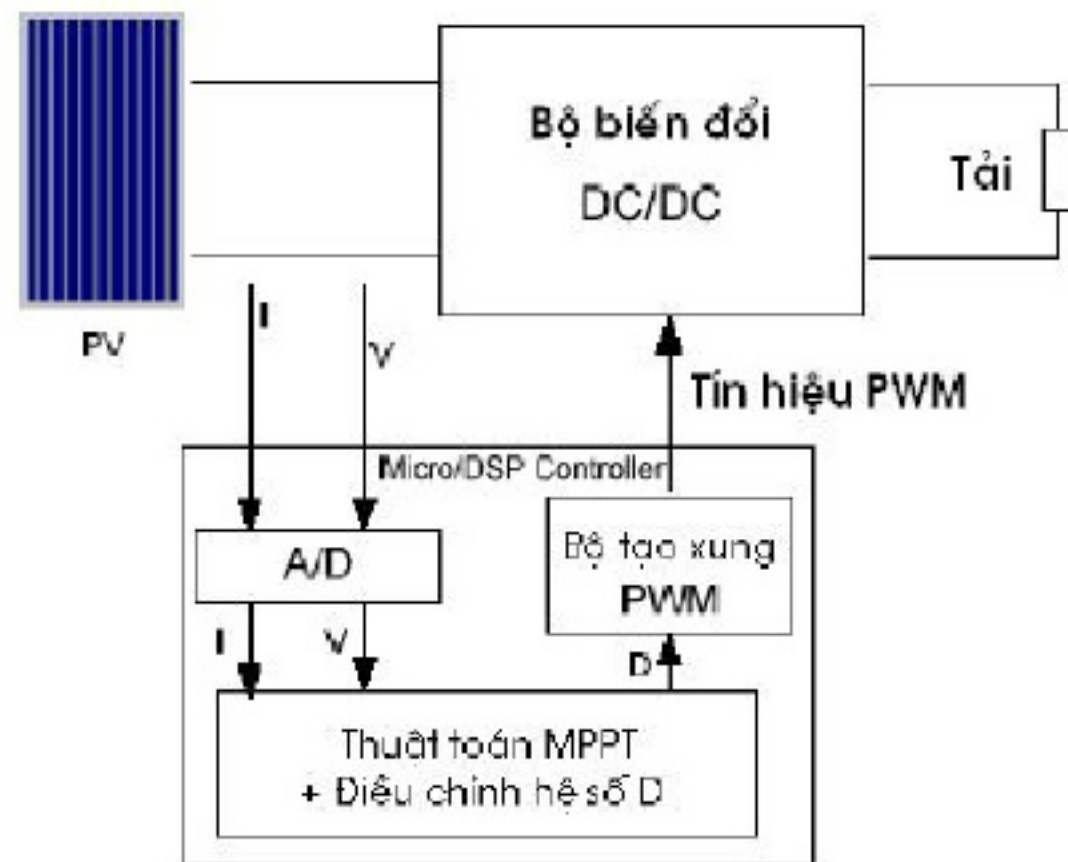


Hình 3.10. Sơ đồ khối phương pháp điều khiển MPPT sử dụng bộ bù PI

Bộ điều khiển tỉ lệ – tích phân PI quy định điện áp đưa vào bộ biến đổi DC/DC. Bộ PI có nhiệm vụ bù sai lệch giữa V_{ref} và điện áp đo được bằng cách điều chỉnh hệ số đóng cắt D. PI có tốc độ làm việc nhanh, cho đáp ứng nhanh và ổn định. Bản thân bộ điều khiển PI được cấu tạo từ những thành phần tương tự Analog, nhưng nó được làm việc với nguyên tắc điều khiển xử lý tín hiệu số DSP (Processing Signal Digital) vì bộ xử lý tín hiệu số có thể thực hiện được nhiều nhiệm vụ khác như xác định điểm làm việc có công suất tối ưu vì vậy sẽ giảm được một số lượng thành phần trong hệ.

3.4.2. Phương pháp điều khiển trực tiếp.

Phương pháp điều khiển này đơn giản hơn và chỉ sử dụng một mạch vòng điều khiển, và nó thực hiện nhiệm vụ điều chỉnh hệ số làm việc trong thuật toán MPPT. Việc điều chỉnh hệ số làm việc hoàn toàn dựa trên nguyên lý dung hợp tải đã trình bày ở mục 3.2



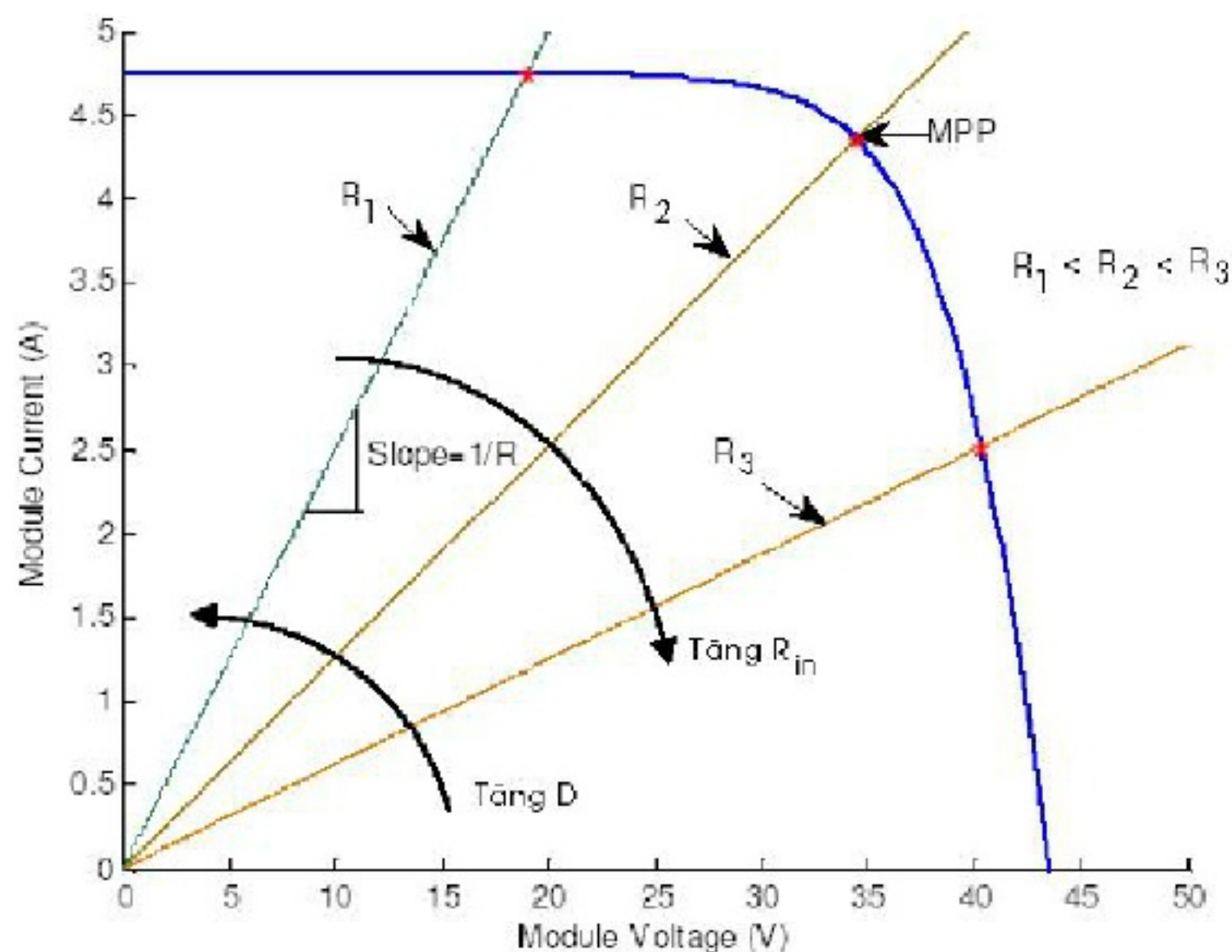
Hình 3.11. Sơ đồ khối của phương pháp điều khiển trực tiếp MPPT.

Tổng trở của PV được coi là tổng trở vào bộ biến đổi. Nhắc lại công thức (3 – 6)

$$R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = (1 - D)^2 \cdot \frac{V_o}{I_o} = (1 - D)^2 \cdot R_{tai} \quad (3 - 8)$$

Trong đó: D là hệ số làm việc của bộ biến đổi Boost.

Hình vẽ 3.12. cho thấy việc tăng D sẽ làm giảm tổng trở vào R_{in} , từ đó điện áp làm việc PV sẽ dịch sang bên trái (giảm đi). Tương tự khi giảm D sẽ làm tăng R_{in} khi đó điện áp làm việc sẽ dịch sang phải (tăng lên). Thuật toán MPPT (P&O, INC, và các thuật toán khác ...) sẽ quyết định việc dịch chuyển điện áp như thế nào.



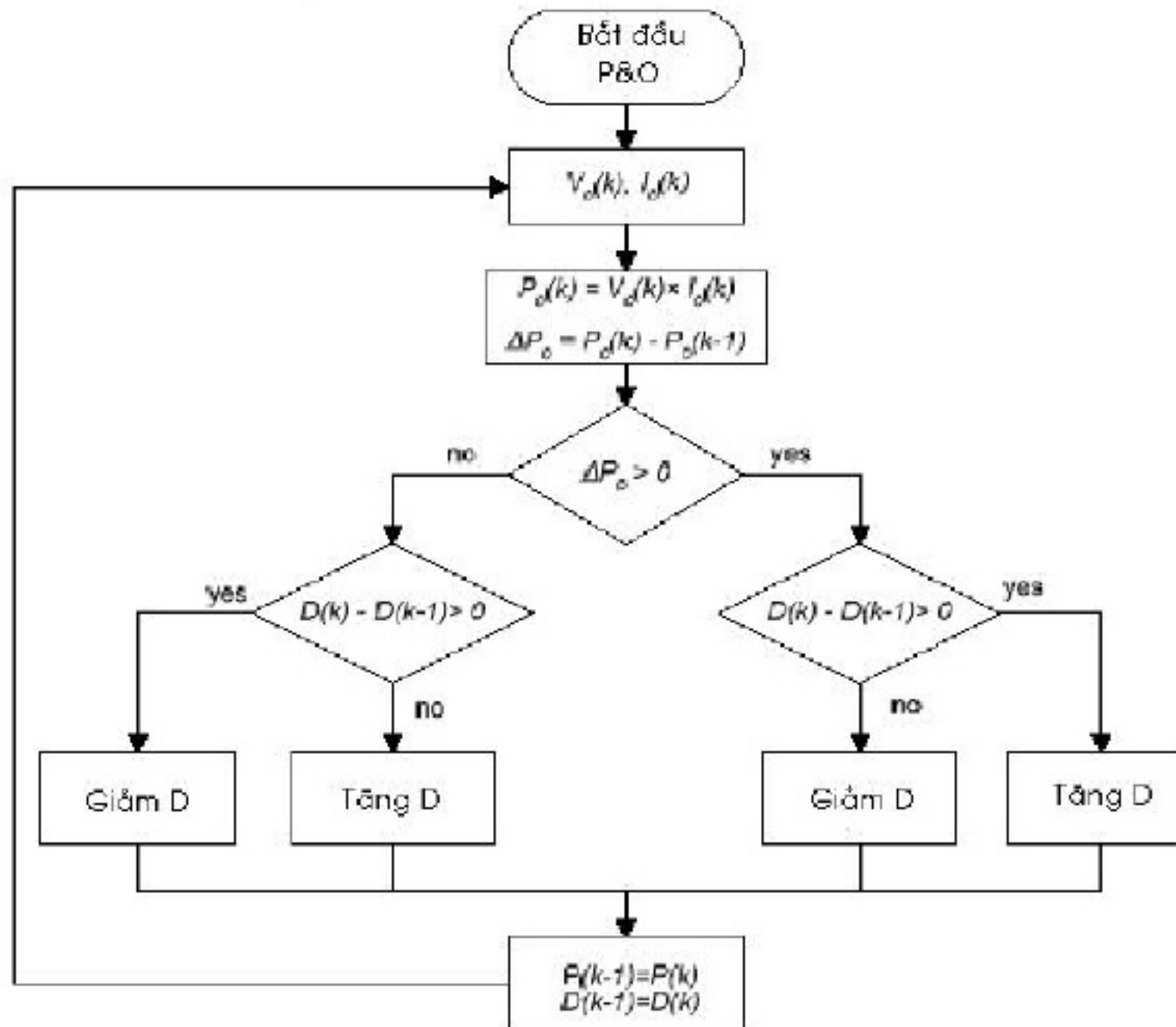
Hình 3.12. *Mối quan hệ giữa tổng trở vào của mạch Boost và hệ số làm việc D*

Thời gian đáp ứng của các tầng công suất và nguồn PV tương đối chậm (10 – 50 mili giây tùy thuộc từng loại tải). Thuật toán MPPT thay đổi hệ số làm việc D , sau đó lần lấy mẫu điện áp và dòng PV tiếp theo nên được thực hiện sau khi hệ đạt đến trạng thái ổn định để tránh đo phải giá trị đang ở trạng thái chuyển tiếp. Tỷ lệ lấy mẫu của phương pháp này thường từ 1 đến 100 lần trên 1 giây trong khi tỷ lệ lấy mẫu của bộ điều khiển PI thường nhanh hơn, vì vậy phương pháp điều khiển trực tiếp này cho độ bền vững đối với sự thay đổi đột ngột của tải. Tuy nhiên nhìn chung đáp ứng của hệ thống lại chậm hơn. Phương pháp điều khiển trực tiếp có thể làm việc ổn định đối với các thiết bị như hệ thống có trang bị ắc quy và hệ thống bơm nước. Vì tỷ lệ lấy mẫu chậm nên có thể sử dụng bộ vi điều khiển giá thành thấp.

3.4.3. Phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra.

Phương pháp này là phương pháp được cải tiến từ phương pháp điều khiển trực tiếp ở trên và có ưu điểm là chỉ cần hai cảm biến đo điện áp và dòng điện ra khỏi bộ biến đổi. Phương pháp điều khiển bằng PI và phương pháp điều khiển trực tiếp đo tín hiệu vào bộ biến đổi, có ưu điểm là cho phép điều khiển chính xác điểm làm việc của pin mặt trời. Nhưng những cảm biến vào thường cần phải có những cảm biến khác đo tín hiệu ra để tránh trường hợp quá điện áp hay quá dòng điện của tải. Như vậy hai phương pháp trên sẽ fải cần đến 4 cảm biến để hoạt động được tốt nhất nên chi phí lắp đặt sẽ cao.

Phương pháp điều khiển đo trực tiếp này đo sự thay đổi công suất của PV ở đầu ra của bộ biến đổi và coi hệ số làm việc D như một biến điều khiển. Phương pháp này dùng thuật toán P&O để xác định điểm MPP.



Hình 3.13. Lưu đồ thuật toán P&O dùng trong phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra

Để có thể coi D là một biến điều khiển thì thuật toán P&O phải được cải tiến một chút nhưng về cơ bản vẫn là không đổi. Thuật toán P&O mới này điều chỉnh D và đo công suất ra của bộ biến đổi. Nếu công suất ra của bộ biến đổi DC/DC tăng lên, hệ số làm việc D cũng sẽ tăng lên theo, và ngược lại nếu công suất ra giảm đi thì D cũng sẽ giảm theo. Khi công suất ra của bộ biến đổi đạt đến giá trị cực đại thì lúc này PV đang làm việc ở điểm MPP.

Phương pháp này chỉ dễ dàng thực hiện mô phỏng với một bộ biến đổi lý tưởng còn trong thực tế với bộ biến đổi không phải lý tưởng thì không thể đảm bảo rằng liệu giá trị cực đại của công suất ra khỏi bộ biến đổi có tương ứng với điểm MPP hay không. Một nhược điểm khác là phương pháp này chỉ có thể thực hiện với các tham số của thuật toán P&O và hoàn toàn không áp dụng cho thuật toán INC.

3.5. Giới hạn của MPPT.

Giới hạn chính của MPPT là không tác động gì đến tín hiệu ra trong khi xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất. Nó không thể cùng một lúc tác động lên tín hiệu vào

Chương 3. Phương pháp duy trì điểm làm việc tối ưu MPPT

và tín hiệu ra. Vì vậy, nếu hệ thống cần điện áp ra ổn định thì phải sử dụng đến ác quy để duy trì điện áp ổn định.

Một nhược điểm khác của MPPT nữa là: việc xác định điểm làm việc có công suất tối ưu sẽ dừng lại nếu như tải không thể tiêu thụ hết lượng công suất sinh ra. Đối với hệ PV làm việc độc lập có tải bị giới hạn bởi dòng và áp lớn nhất thì phương pháp MPPT sẽ dịch chuyển điểm làm việc ra khỏi điểm MPP và gây tổn hao công suất. Với hệ này, việc xác định chính xác dung lượng của tải là rất quan trọng để có thể tận dụng được hết dung lượng của các pin mặt trời. Ngược lại, hệ PV làm việc với lưới luôn xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất vì nếu thừa công suất hệ thống có thể bơm vào lưới điện để tăng lợi nhuận.

Tuy nhiên, hiệu suất của bộ biến đổi DC/DC thực tế dùng trong MPPT không bao giờ đạt được 100%. Hiệu suất tăng lên từ phương pháp MPPT là rất lớn nhưng hệ thống pin mặt trời cũng cần phải tính đến tổn hao công suất do bộ biến đổi DC/DC gây ra. Cũng phải cân nhắc giữa hiệu suất và giá thành. Việc phân tích tính kinh tế giữa hệ thống pin mặt trời với các hệ thống cung cấp điện khác cũng như việc tìm ra các cách thức khác để nâng cao hiệu suất cho hệ thống pin mặt trời (chẳng hạn như dùng máy theo dõi mặt trời) cũng là việc làm cần thiết.

BỘ LƯU GIỮ NĂNG LƯỢNG

Hệ quang điện làm việc độc lập cần phải có khâu lưu giữ điện năng để có thể phục vụ cho tải trong những thời gian thiếu nắng, ánh sáng yếu hay vào ban đêm. Có nhiều phương pháp lưu trữ năng lượng trong hệ PV. Phổ biến nhất vẫn là sử dụng ắc quy để lưu trữ năng lượng. Ắc quy là thiết bị điện hoá, tồn trữ dưới dạng hoá năng và khi có phụ tải sử dụng đấu nối vào, hoá năng được giải phóng dưới dạng điện năng. Bộ ắc quy giúp lưu giữ điện năng chưa sử dụng và sẽ cung cấp cho bộ biến đổi DC/AC trong trường hợp khi hậu xấu, trời nhiều mây, mưa không cung cấp đủ ánh sáng. Bộ ắc quy cũng đồng thời trực tiếp cung cấp điện một chiều cho các thiết bị sử dụng điện một chiều.

Cấu tạo của ắc quy gồm hai điện cực khác nhau đặt trong dung dịch điện phân, có màng ngăn cách. Do điện thế của mỗi điện cực đối với dung dịch khác nhau nên giữa hai điện cực có hiệu điện thế, nếu nối với mạch ngoài có thể sinh ra dòng điện.

Có hai loại ắc quy thông dụng là ắc quy chì - axit và ắc quy kiềm.

4.1. Các loại ắc quy.

4.1.1. Ắc quy chì - axit

Ắc quy chì - axit có cấu tạo điện cực dương là điôxit chì PbO_2 , điện cực âm là chì xốp Pb, dung dịch dùng là axit sulfuric H_2SO_4 . Khi nối cực ắc quy với mạch tải dung dịch sẽ biến đổi thành sulfat chì $PbSO_4$.

Trong quá trình làm việc của ắc quy, có nhiều phản ứng hoá học xảy ra. Trong quá trình nạp, sunfat chì ở cực dương biến đổi thành chì điôxit. Còn khi ắc quy phóng hết điện, các chất tích cực trên điện cực dương PbO_2 và trên điện cực âm Pb biến thành $PbSO_4$, Còn axit sunfuric H_2SO_4 biến hết thành nước.. Trong một ắc quy được nạp đến đầy dung lượng, thông thường dung dịch chứa khoảng 36% tỉ trọng axit, hay là 25% thể tích, còn lại là nước.

Tỷ lệ giữa mật độ axit trong dung dịch so với mật độ nước gọi là tỷ trọng đặc trưng, là một trong những thông số quan trọng của ắc quy, xác định điểm nhiệt độ hoá rắn của dung dịch khi ắc quy phóng hết. Điểm nhiệt độ hoá rắn của dung dịch lại xác định khả năng làm việc của ắc quy tại các môi trường nhiệt độ khác nhau. ở môi trường nhiệt độ càng thấp càng yêu cầu tỷ trọng đặc trưng của ắc quy phải cao. Tỷ trọng đặc trưng khi ắc quy nạp đầy thường trong phạm vi 1,250 đến 1,280 ở nhiệt độ $27^{\circ}C$, nghĩa là mật độ dung dịch lớn hơn nước sạch 1,25 đến 1,28 lần. Khi ắc quy phóng hết điện, tỷ trọng đặc trưng sẽ giảm dần về 1. Điện áp định mức của một ngăn ắc quy chì là khoảng 2,1 V.

Loại ắc quy này có tuổi thọ cao, dung lượng lớn. Ắc quy chì - axit được sử dụng phổ biến trong hệ quang điện làm việc độc lập vì nó có giá thành hợp lý, tính tiện dụng và khả năng lưu giữ điện năng từ vài tiếng đồng hồ đến vài ngày.

4.1.2.Ắc quy kiềm

Ví dụ loại nikel – cadmium, sử dụng dung dịch là KOH, điện cực dương là hydroxit nikel và cực âm là cadmium Cd. Khi phóng điện hydroxit nikel chuyển thành Ni(OH)_2 và cadmium thành Cd(OH)_2 . Mật độ chất điện ly không thay đổi, vì vậy điểm hoá rắn rất thấp. Tuy nhiên loại ắc quy này có giá thành cao hơn loại ắc quy chì - axit.

Điện áp định mức của một ngăn ắc quy kiềm là 1,2 V. Điện áp trên các ngăn ắc quy kiềm được giữ ổn định cho đến khi ngăn phóng điện gần hết, khi đó điện áp trên ngăn sẽ giảm đột ngột. Ắc quy nikel – cadmium có thể chấp nhận dòng nạp lớn có giá trị bằng dung lượng của ắc quy và có thể được nạp tiếp tục lâu dài với dòng nạp có giá trị đến 1/15 giá trị dung lượng của ắc quy.

4.2. Các đặc tính của ắc quy.

4.2.1. Dung lượng: (ký hiệu là C)

Thường được đo bằng Ampe – giờ (Ah), xác định năng lượng điện mà ắc quy phóng ra với một giá trị dòng điện nhất định trong một khoảng thời gian nhất định. Khoảng thời gian thường dùng để xác định dung lượng là 5 giờ, 10 giờ và 20 giờ. Tương ứng có ký hiệu dung lượng là C5, C10, C20. Giá trị dòng điện đo được khi xác định dung lượng thường bằng 10% hoặc 20%C

Ví dụ: ắc quy có dung lượng $C = 100\text{Ah}$ sẽ cung cấp cho tải 10A trong 10 h hoặc 20A trong 5h

4.2.2. Điện áp ngưỡng thấp nhất:

Là giá trị điện áp thấp nhất cho phép trong quá trình vận hành ắc quy, xác định dung lượng bằng không (ắc quy đã phóng hết điện) tại giá trị dòng phóng nào đó. Nếu dòng phóng lớn hơn thì điện áp ắc quy sẽ giảm đến mức thấp hơn. Đây là giá trị do nhà sản xuất cung cấp.

4.2.3. Điện áp hở mạch:

Điện áp giữa hai cực của ắc quy khi không trong quá trình phóng cũng như quá trình nạp. Điện áp hở mạch của ắc quy chì - axit phụ thuộc vào nhiệt độ, tỷ trọng đặc trưng, thường có giá trị khoảng 2,1 V. Do tỷ trọng của ắc quy phụ thuộc vào dung lượng mà ắc quy đang có. Khi ắc quy phóng điện, dung lượng giảm đi nên điện áp khi hở mạch ắc quy cũng giảm theo.

4.3. Chế độ làm việc của ắc quy (xét ắc quy chì - axit)

4.3.1. Nạp ắc quy:

Có nhiều chế độ nạp ắc quy khác nhau: Chế độ nạp bình thường, chế độ nạp hoàn thiện và chế độ nạp cân bằng.

Chương 4. Bộ lưu giữ năng lượng

Chế độ nạp bình thường có thể bắt đầu bất cứ lúc nào, với dòng nạp nào, miễn là không làm cho điện áp ắc quy vượt quá mức điện áp sinh hơi. Chế độ nạp bình thường đem lại 80 đến 90% dung lượng ắc quy.

Chế độ nạp hoàn thiện bắt đầu khi ắc quy đã nạp gần đầy, phần lớn các chất tích cực trong ắc quy đã trở về dạng ban đầu của nó. Khi đó sẽ cần phải tăng giá trị điện áp nạp và dòng điện sẽ suy giảm dần về đến không.

Chế độ nạp cân bằng được sử dụng theo chu kỳ, sau vài tuần đến 2 tháng, với mục đích là làm cho các ngăn ắc quy có độ đồng đều. Chế độ này yêu cầu điện áp nạp cao hơn so với nạp hoàn thiện và dòng điện nạp phải được giữ ổn định, trong vài giờ. Thông thường, sau khi ắc quy phóng kiệt cũng cần đến chế độ nạp này.

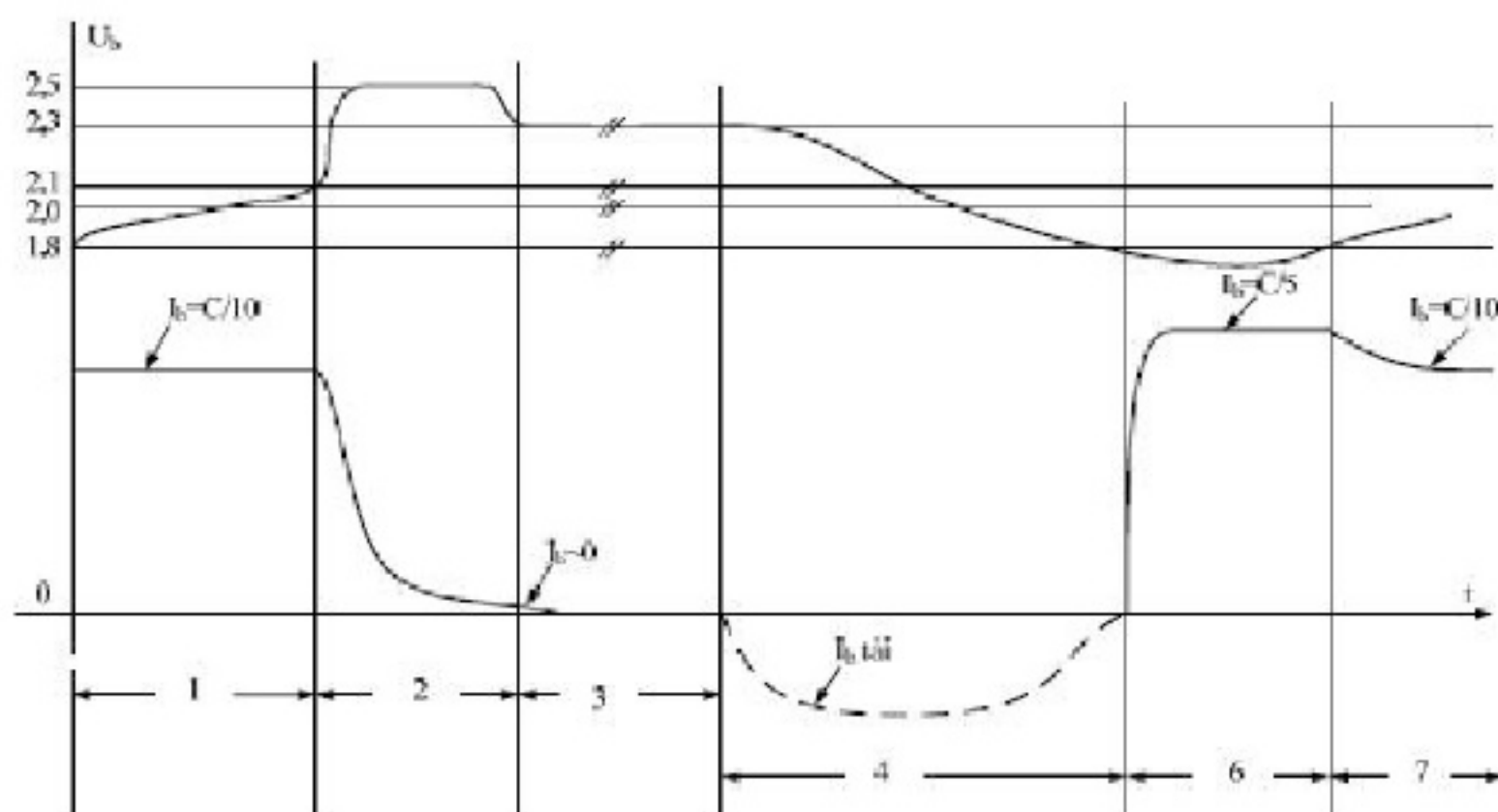
4.3.2. Ắc quy phóng:

Độ sâu phóng điện: thể hiện bởi tỷ lệ phần trăm năng lượng điện đã cấp cho tải bên ngoài so với dung lượng ắc quy. Độ sâu phóng điện, với một giá trị dòng phóng nào đó, bị hạn chế bởi điện áp ngưỡng thấp nhất, thường chỉ cho phép đến 15 – 25% dung lượng ắc quy.

Mức độ tự phóng điện: Khi ắc quy ở chế độ hờ mạch dung lượng ắc quy bị suy giảm chậm do dòng rò phía cực hoặc do cấu tạo của bản thân trong ắc quy. Mức độ tự phóng của ắc quy tăng theo nhiệt độ, có thể đạt đến 10 đến 15%.

4.4. Các chế độ của bộ nguồn nạp ắc quy

Gồm 3 chế độ sau đây: nạp với dòng không đổi, nạp với áp không đổi và nạp nổi. Lựa chọn chế độ nạp nào cho ắc quy còn tùy thuộc vào mục đích sử dụng của ắc quy (hoạt động thường xuyên theo chu kỳ hay chỉ hoạt động theo nhu cầu), tính kinh tế, thời gian nạp lại, giữ gìn tuổi thọ của ắc quy. Mục đích của các phương pháp nạp ắc quy chủ yếu là điều kiện dòng điện nạp ở cuối quá trình nạp ắc quy.



Hình 4.1. Các chế độ nạp ắc quy

4.4.1. Nạp với dòng không đổi:

Đây là chế độ nạp bình thường của ắc quy, sẽ đưa dung lượng của ắc quy lên 80 đến 90% dung lượng đầy. Với ắc quy chì - axit dòng nạp thường lấy là $C/10$. Chế độ này được duy trì nếu điện áp ắc quy ở trong khoảng $1,8V < U_b < 2,1V$. (Khoảng 1 và khoảng 7 trên hình vẽ 4.1).

Chế độ nạp với dòng không đổi này cũng được áp dụng trong chế độ nạp cân bằng, khi điện áp trên ngăn nhỏ hơn $1,8 - 1,9V$. Chế độ nạp cân bằng thực hiện với dòng lớn hơn, thường là $C/5$. Sau chế độ nạp cân bằng thường chuyển sang chế độ nạp bình thường với dòng $C/10$ (Khoảng số 6 trên hình vẽ 4.1). Khi điện áp ắc quy đạt đến $2,1 V$ thì chuyển sang chế độ nạp với điện áp không đổi.

Chế độ nạp với dòng không đổi này phù hợp với những trường hợp dung lượng phóng của chu kỳ phóng trước đó có thể biết được. Thời gian nạp và dung lượng nạp có thể dễ dàng tính toán được. Tuy nhiên để duy trì được dòng điện nạp chính xác và ổn định thì cần phải có một mạch nạp có giá thành cao. Việc điều khiển điện áp nạp hay giới hạn thời gian nạp là cần thiết để tránh trường hợp nạp quá.

4.4.2. Nạp với áp không đổi

Khi điện áp ắc quy đạt đến giá trị định mức $2,1 V$ chuyển sang chế độ nạp với áp không đổi, là quá trình nạp hoàn thiện nhằm đưa dung lượng của ắc quy đến 100%. Điện áp nạp giữ ổn định ở mức cao, từ $2,4$ đến $2,45V$. Trong quá trình này dòng nạp sẽ giảm về đến 0 (Khoảng 2 trên hình vẽ 4.1). Khi dòng nạp rất gần 0 chuyển sang chế độ nạp nổi.

Tùy thuộc vào từng loại ắc quy sử dụng mà có thể áp dụng chế độ nạp này một cách liên tục hay gián đoạn. Chế độ nạp nổi liên tục có thể được áp dụng đối với trường hợp cần nguồn dự trữ để hoạt động khi nguồn xoay chiều có thể bị gián đoạn. Chế độ nạp theo chu kỳ không liên tục có thể áp dụng đối với các thiết bị di động đòi hỏi chế độ nạp không liên tục thích hợp.

Cả hai phương pháp nạp trên đều tạo cho điện áp ổn định và giới hạn dòng nạp ban đầu của ắc quy. Đặc điểm này là cần thiết để xác định giá trị điện áp nạp dựa trên các đặc tính nạp và nhiệt độ. Việc xác định điện áp nạp không chính xác có thể gây ra sự cố nạp quá hoặc nạp thiếu. Hai phương pháp này đều có thể sử dụng cho cả thiết bị dự phòng và thiết bị làm việc theo chu kỳ.

4.4.3. Nạp nổi.

Đây thực chất là không nạp gì mà giữ điện áp ổn định ở mức $2,25 - 2,3 V$, thấp hơn so với chế độ nạp với điện áp không đổi. Trong chế độ này ắc quy đã nạp no và

Chương 4. Bộ lưu giữ năng lượng

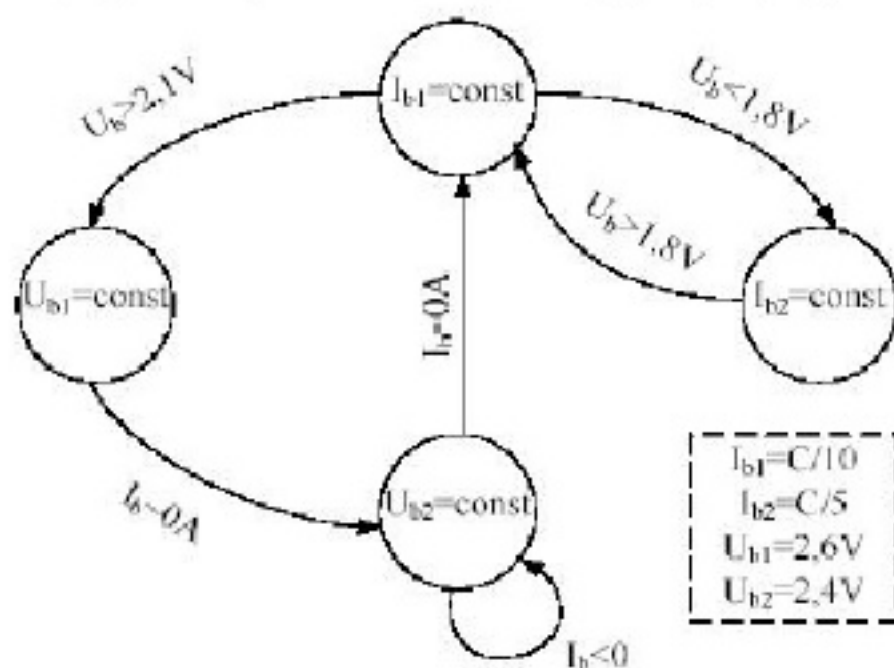
không có tải, dòng vào ắc quy bằng 0. Điện áp của bộ nguồn chỉ có tác dụng bù lại phần nào dòng dò của ắc quy nếu chế độ không tải này tồn tại lâu dài.

Khi ắc quy mang tải, ở khoảng 4 trên hình vẽ 4.1, nếu cuối giai đoạn này ắc quy phóng gần hết, chỉ còn 5 đến 10% dung lượng, thể hiện ở điện áp trên ngăn xuống dưới mức 1,8 – 1,95 V, phải ngắt tải ra khỏi ắc quy và sau đó thực hiện nạp cân bằng với dòng lớn bằng $C/5$.

Đối với ắc quy kiềm, quá trình xảy ra cũng tương tự, nhưng với các mức điện áp và dòng điện tương ứng khác nhau:

- Nạp với dòng không đổi, chế độ bình thường, $I_b = C/5$, khi $0,8V < U_b < 1,2V$.
- Nạp với áp không đổi, chế độ hoàn thiện, $U_b = 1,5 - 1,6V$.
- Nạp nổi, không tải, $U_b = 1,4 - 1,5V$.
- Nạp cân bằng, dòng không đổi, $I_b = C/2 - C/1,5$.

4.5. Logic chuyển trạng thái quá trình nạp ắc quy tự động.



Hình 4.2. Sơ đồ chuyển trạng thái logic quá trình nạp ắc quy tự động

Thiết bị nạp tự động có 4 trạng thái logic, hai trạng thái điều chỉnh dòng không đổi và hai trạng thái điều chỉnh điện áp không đổi. Các tín hiệu đo dòng ắc quy I_b và điện áp ắc quy U_b sẽ cho phép chuyển từ trạng thái nọ sang trạng thái kia, như trên hình vẽ 4.2. Nếu ắc quy đang ở trạng thái hở mạch, $U_{b2} = 2,3V$, mà mang tải thể hiện bởi dòng ắc quy $I_b < 0$, thì thiết bị sẽ ở nguyên trạng thái đó cho đến khi dòng gần bằng 0, $I_b \approx 0A$ thì sẽ chuyển sang chế độ nạp bình thường với $I_{b1} = C/10$ rồi từ đó mới chuyển sang chế độ nạp áp không đổi $U_{b1} = 2,4 - 2,45V$ hoặc sang chế độ nạp cân bằng nếu $U_b < 1,8V$.

Hình vẽ 4.2 cho thấy logic điều khiển bộ nạp tự động là logic trạng thái, hay gọi là logic có nhớ, chứ không đơn giản chỉ là logic tổ hợp. Mạch logic này có thể thiết kế nhờ một mạch logic lập trình được đơn giản (Programmable Logic Device - PLD) hoặc bằng các IC logic thông thường. Lưu ý rằng các ngưỡng điện áp đưa ra trên đây phải có thể điều chỉnh được, phù hợp với các đặc tính do nhà sản xuất cung cấp cho từng loại ắc quy.

4.6. Các sự cố cần bảo vệ của ắc quy chì - axit.

Chương 4. Bộ lưu giữ năng lượng

- Nạp quá:

Nếu điện áp nạp của ắc quy quá cao sẽ dẫn đến dòng vào ắc quy tăng mạnh sau khi ắc quy được nạp đầy. Sự cố này làm nước bị phân ly thành các electron và làm giảm tuổi thọ của pin. Nếu ắc quy thường xuyên trong tình trạng bị nạp quá đầy, nhiệt độ trong ắc quy sẽ tăng lên. Đến một mức độ nào đó, dòng điện vào ắc quy sẽ nhiều hơn và làm nhiệt độ trong ắc quy tiếp tục tăng lên có thể phá hỏng ắc quy chỉ sau vài giờ đồng hồ.

- Nạp thiếu

Hiện tượng nạp thiếu thường xuyên xảy ra với ắc quy làm việc với hệ thống pin mặt trời do thời gian ánh sáng yếu thường diễn ra trong thời gian dài. Nếu điện áp nạp của ắc quy ở mức quá thấp, dòng điện vào ắc quy không đạt giá trị cần thiết trước khi ắc quy được nạp đầy sẽ làm dư lại một số sunfat chì ở các cực ắc quy, làm giảm dung lượng của ắc quy, làm giảm tuổi thọ của ắc quy.

- Sunfat hoá

Do các tinh thể chì sunfat được biến đổi thành chì trong thời gian ắc quy nạp, nên nếu sau khi phóng hết, ắc quy lâu ngày không được nạp lại, một số các tinh thể chì sẽ còn bám lại trên các tấm bản cực. Những tinh thể này như những lớp cách ly gây trở ngại cho ắc quy khi nạp. Đây gọi là hiện tượng sunfat hoá. Hiện tượng này làm dung lượng của ắc quy giảm và có thể làm hỏng ắc quy. Để tránh hiện tượng này, có thể áp dụng chế độ nạp cân bằng để có thể làm tươi lại ắc quy, tạo sự đồng đều của dung dịch trong các ngăn của ắc quy.

4.7. Các tiêu chí lựa chọn ắc quy.

Việc lựa chọn ắc quy cho hệ PV có thể dựa vào những tiêu chí sau đây:

- * Phóng sâu (phóng sâu khoảng 70 đến 80%)
- * Dòng điện nạp/phóng thấp.
- * Thời gian nạp và thời gian phóng.
- * Độ ổn định khi nạp hay phóng.
- * Thời gian tự phóng.
- * Tuổi thọ
- * Yêu cầu bảo trì
- * Hiệu quả lưu giữ năng lượng.
- * Giá thành thấp.

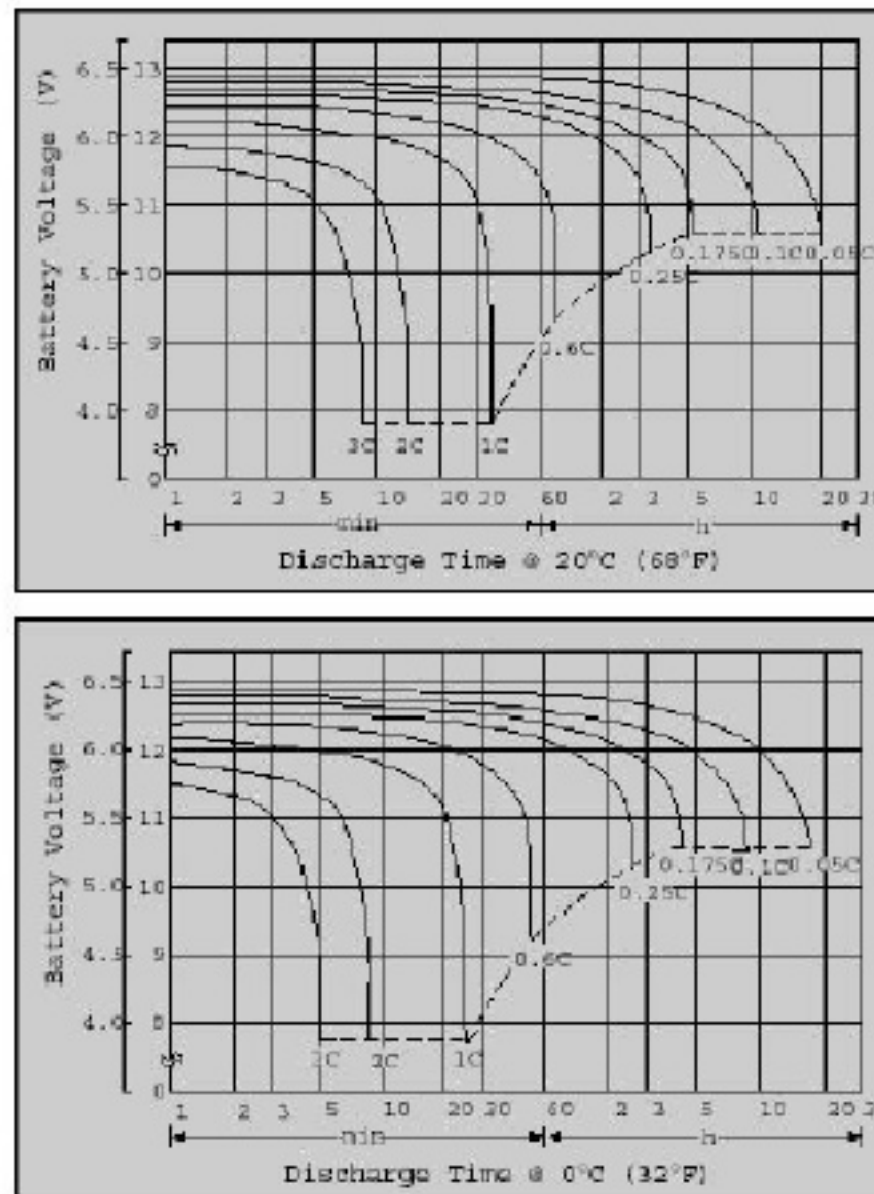
Các nhà sản xuất ắc quy thường chú trọng vào số chu kỳ phóng nạp hoàn chỉnh cũng như khả năng phóng sâu của ắc quy. Mặc dù điều này có thể giúp tính toán được tuổi thọ của ắc quy (ắc quy chì - axit) trong các hệ thống thông thường như nguồn cấp năng lượng liên tục hay các phương tiện sử dụng điện, nhưng đối với những hệ năng lượng mới vẫn có thể có những tính toán sai sót về tuổi thọ của ắc quy. Trong hệ PV, hai

Chương 4. Bộ lưu giữ năng lượng

vấn đề thường quyết định tuổi thọ của ắc quy là việc nạp chưa đầy và việc nạp thấp trong thời gian dài của ắc quy.

4.8. Các thông số đặc trưng của ắc quy Power Sonic như sau:

4.8.1. Đặc tính phóng.



Hình 4.3. Đặc tính phóng của ắc quy PowerSonic

Hình 4.3 thể hiện đặc tính phóng của ắc quy với các mức độ phóng điện và điều kiện nhiệt độ khác nhau. Đường đặc tính phóng này chỉ ra một đặc tính quan trọng của ắc quy Power Sonic là điện áp có xu hướng giữ nguyên không đổi trong một khoảng thời gian dài trước khi giảm xuống mức điện áp giới hạn.

- Điện áp hở mạch của ắc quy PowerSonic = 2,15V khi nạp no và giảm xuống còn 1,94V khi phóng hoàn toàn.
- Độ bền và khả năng tích trữ điện: Điện trở trong thấp và các bản cực được cấu tạo bằng các hợp kim đặc biệt có tác dụng đảm bảo tốc độ tự phóng điện thấp, do đó khả năng lưu trữ năng lượng của ắc quy Sonic rất lâu. Nếu được đảm bảo ở nhiệt độ 20°C, dung lượng của ắc quy vẫn đạt được 60 đến 70% dung lượng định mức sau 1 năm.

Mức độ tự phóng điện thay đổi theo nhiệt độ môi trường xung quanh: ở nhiệt độ 20°C, mức độ tự phóng điện là 3% mỗi năm, ở nhiệt độ thấp ắc quy gần như không tự phóng điện và ở nhiệt độ cao thì mức độ tự phóng điện tăng lên.

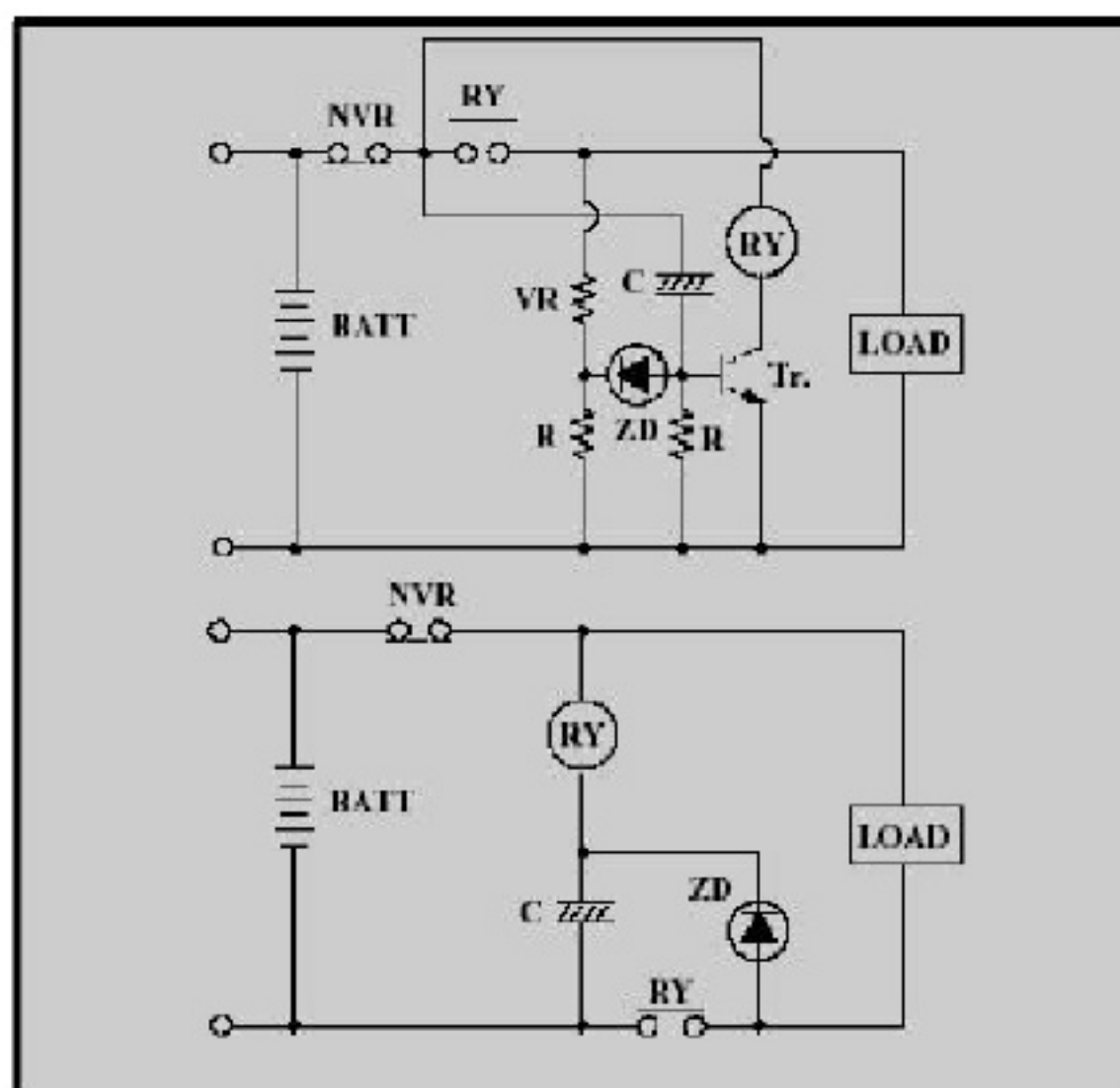
- Bảo vệ phóng sâu: Để đảm bảo độ bền, ắc quy cần phải được ngắt khỏi tải khi điện áp của ắc quy đạt đến mức điện áp ngưỡng. Mức điện áp ngưỡng là mức mà tại đó 100%

Chương 4. Bộ lưu giữ năng lượng

dung lượng hữu dụng của ắc quy đã được sử dụng hay tại đó việc tiếp tục phóng là vô ích bởi khi đó điện áp đã giảm xuống dưới mức hữu dụng.

Việc để ắc quy chì - axit phóng dưới mức điện áp ngưỡng hay vẫn nối ắc quy với tải khi điện áp trên ắc quy nhỏ sẽ làm giảm khả năng nạp no của ắc quy.

Với ắc quy Power-Sonic nên dùng mạch ngắt dựa trên tín hiệu áp để tránh hiện tượng phóng sâu.



Hình 4.4. Mạch chống hiện tượng phóng điện sâu của ắc quy

- Yêu cầu đối với mạch nạp ắc quy.

Thông thường, để nạp một ắc quy PowerSonic cần một điện áp một chiều có giá trị cao hơn giá trị điện áp hở mạch 2,15V. Tùy vào các mức độ nạp, giá trị của pin có thể thấp hơn hay cao hơn 2,15V nhưng sau 1 thời gian giá trị điện áp mỗi pin nên đạt 2,15V.

Bộ ắc quy Power-Sonic có thể nạp bằng cách sử dụng bất kỳ phương pháp nạp thông thường nào, tuy nhiên để đạt được dung lượng và thời gian lưu giữ năng lượng lớn nhất thì phương pháp nạp với áp không đổi, giới hạn dòng điện cho nhiều ưu điểm hơn cả.

Trong thời gian nạp, chì sunphat ở bản cực dương chuyển thành chì oxit. Khi ắc quy được nạp no, bản cực dương tạo thành chì điôxit làm điện áp tăng đột ngột. Như vậy, một điện áp nạp không đổi sẽ cho phép phát hiện ra lượng điện áp tăng đó và nhờ vậy điều khiển độ lớn giá trị nạp.

Nếu điện áp nạp quá cao (nạp quá), dòng điện sẽ chạy vào ắc quy gây ra hiện tượng phân ly nước ở chất điện phân, từ đó làm giảm tuổi thọ của ắc quy. Khi bị nạp quá tải, ắc quy sẽ bị nóng lên. Khi nhiệt độ cao, ắc quy sẽ nhận dòng nhiều hơn và càng nóng

hơn. Hiện tượng này gọi là không ổn định nhiệt độ, và có thể phá huỷ ắc quy trong vòng 1 vài giờ sau đó.

Nếu điện áp nạp quá thấp (nạp non), dòng chảy có thể bị dừng lại trước khi ắc quy được nạp đầy dẫn đến chì sunphat vẫn còn dính trên các điện cực và làm giảm dung lượng của ắc quy.

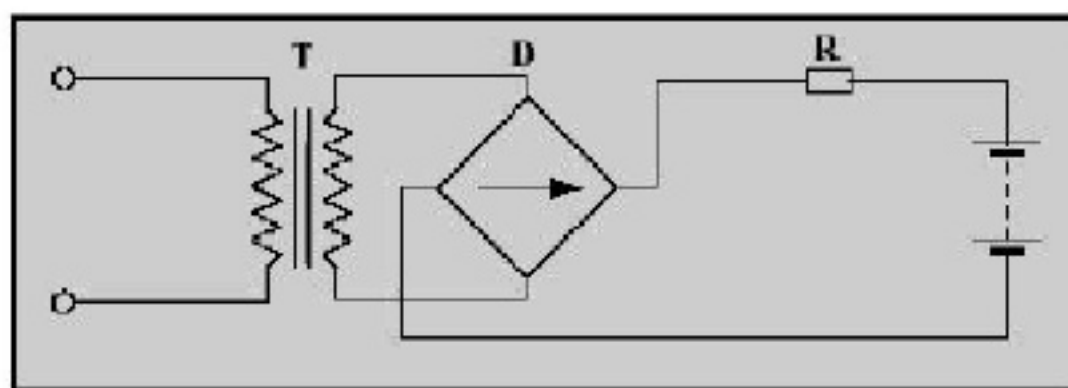
4.8.2. Các phương pháp nạp cho ắc quy.

Các phương pháp nạp được lựa chọn tùy thuộc vào mục đích sử dụng, cân nhắc về tính kinh tế, thời điểm nạp lại, dự đoán tần suất và độ sâu phóng điện, và thời gian lưu trữ mong muốn.

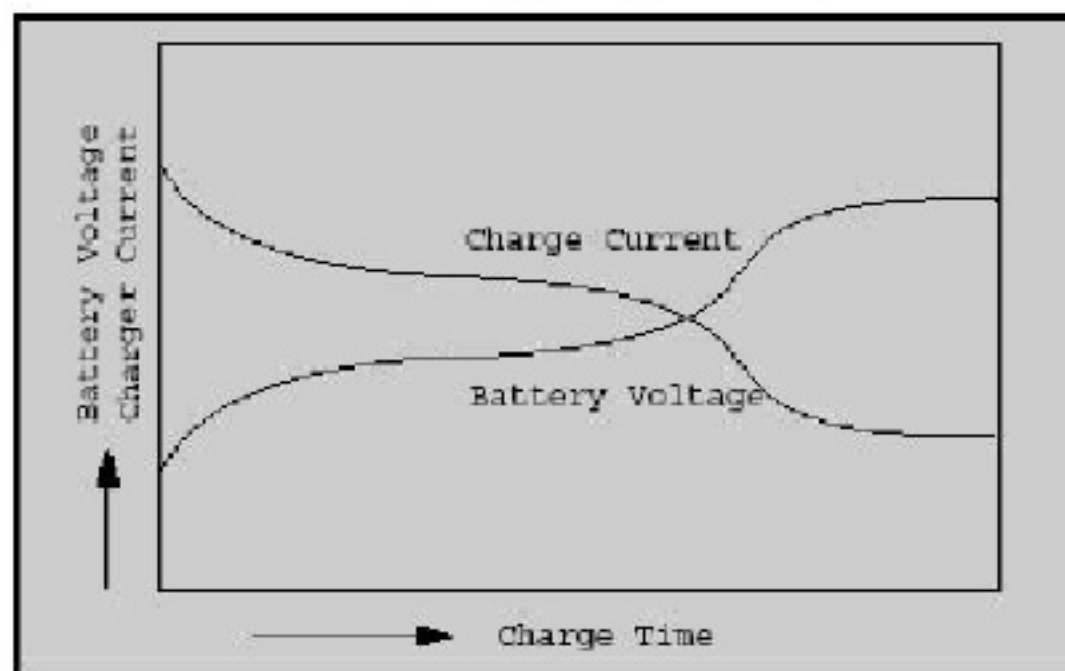
Với ắc quy Power Sonic, nhà sản xuất đưa ra các phương pháp nạp sau:

+ Phương pháp Taper.

Đây là phương pháp đơn giản nhất, ít tốn kém nhất. Cả đặc tính điện áp không đổi và dòng điện không đổi có thể được xây dựng trong bộ nạp nhờ biến áp, điốt và điện trở. Những bộ nạp Taper thông thường gồm có một biến áp nhỏ, bộ chỉnh lưu. Biến áp được thiết kế sao cho dòng được hạn chế tới giá trị dòng nạp ban đầu lớn nhất. Giá trị này được giữ cho tới khi điện áp và dòng tổng yêu cầu đạt được điểm mà tại đó dòng nạp bắt đầu giảm. Mặc dù phương pháp nạp này có thể nạp tương đối nhanh nhưng dòng không đổi và điện áp nạp có thể bị đẩy lên cao và phương pháp này cũng nhạy với sự thay đổi điện áp lưới nên rất có thể dẫn đến hiện tượng nạp quá hay nạp non.



Hình 4.5. Mạch nạp dòng bán thay đổi

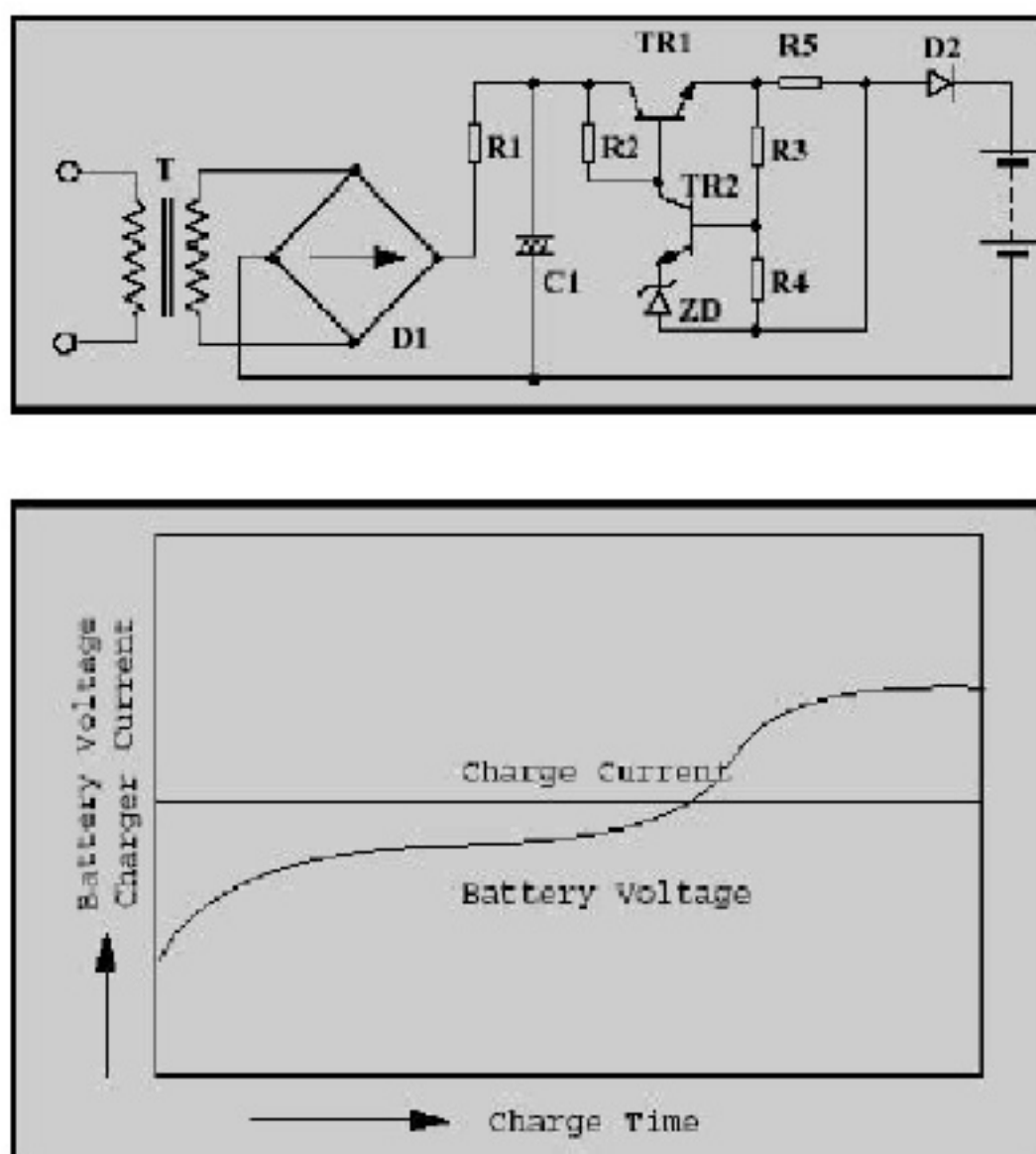


Hình 4.6. Đặc tính nạp với dòng bán thay đổi

Chương 4. Bộ lưu giữ năng lượng

+ Phương pháp nạp với dòng không đổi

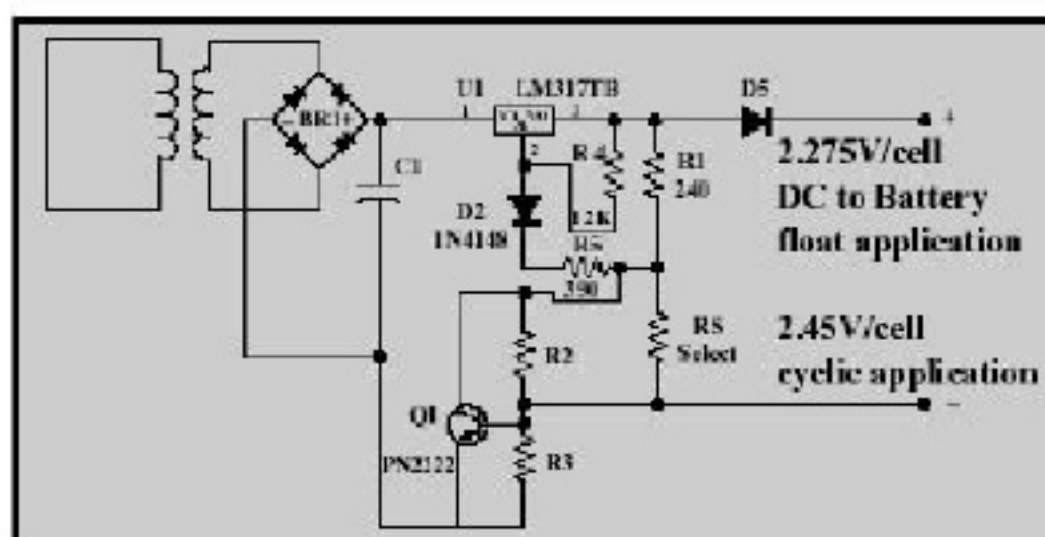
Phương pháp này được áp dụng khi biết chu kỳ phóng trước đó để tính toán thời gian nạp và giá trị nạp. Phương pháp này cần mạch phức tạp hơn để có được chính xác giá trị dòng không đổi.



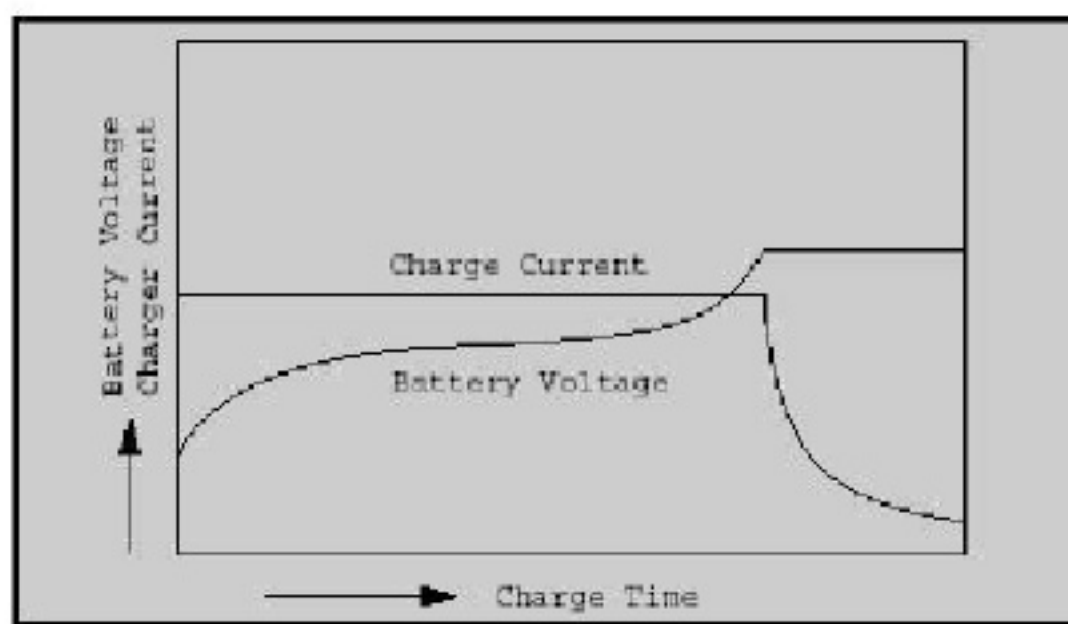
Hình 4.7. Mạch nạp (ở trên) và đặc tính nạp (ở dưới) với dòng không đổi

Cần phải theo dõi điện áp nạp và thời gian nạp để tránh nạp quá. Phương pháp này rất hiệu quả trong việc phục hồi dung lượng của ắc quy, mở rộng thời gian tích trữ năng lượng hay có thể nạp quá tải để đạt được dung lượng của ắc quy. Tuy nhiên phương pháp này lại thiếu những đặc trưng riêng biệt được đòi hỏi trong môi trường điện tử ngày nay.

+ Phương pháp nạp áp không đổi



Hình 4.8. Mạch nạp áp/dòng không đổi



Hình 4.9. Đặc tính nạp áp/dòng không đổi

Đây là phương pháp tốt nhất cho ắc quy PowerSonic. Tùy thuộc vào ứng dụng mà ắc quy có thể được nạp liên tục hay không liên tục. Trong trường hợp nguồn cấp điện dự phòng được yêu cầu hoạt động khi nguồn AC bị ngắt, ắc quy cần được nạp nối liên tục. Nạp với chu trình không liên tục được sử dụng với những thiết bị di động được, khi đó việc nạp gián đoạn là thích hợp nhất.

Nạp dòng/áp không đổi thực chất là áp một điện áp không đổi lên ắc quy và hạn chế dòng điện ban đầu. Cần phải đặt giá trị điện áp nạp theo đặc tính nạp và nhiệt độ đã được xác định. Điện áp đặt không chính xác sẽ dẫn đến hiện tượng nạp quá hay nạp non. Phương pháp này có thể sử dụng cho cả ắc quy sử dụng liên tục và ắc quy dùng để dự phòng.

Mạch nạp trên hình 4.8 có sử dụng thêm bộ bù nhiệt độ trong quá trình nạp để đảm bảo điều kiện nạp tối ưu bất chấp sự thay đổi của nhiệt độ xung quanh.

- *Nạp khi các bộ ắc quy đấu nối tiếp.*

Các ắc quy chì axit là những chuỗi gồm các tấm 2V ghép nối tiếp với nhau, thông thường là các loại ắc quy có 2,3,4 hoặc 6 pin. Hệ ắc quy Power-Sonic có điện áp lên tới 48V hay lớn hơn có thể được nạp nối tiếp một cách an toàn và hiệu quả. Tuy nhiên khi số lượng ắc quy mắc nối tiếp tăng, dung lượng các ắc quy có thể khác nhau. Sự khác nhau này là do tuổi thọ, quá trình tích trữ năng lượng, sự thay đổi nhiệt độ.

Khi một bộ nạp điện áp không đổi đơn lẻ được nối với một hệ nối tiếp điện áp cao, dòng điện qua tất cả các ắc quy trong hệ bằng nhau. Tùy thuộc vào các đặc tính riêng biệt của mỗi bộ ắc quy, một vài bộ sẽ bị nạp quá no trong khi một số bộ còn lại khác đang trong trạng thái nạp hơi non. Nếu nạp ắc quy điện áp cao theo cách này trong một thời gian kéo dài, người ta khuyến cáo nên sử dụng một bộ nghịch lưu điện áp đầu vào thấp để tăng tuổi thọ của ắc quy và đơn giản hoá các thành phần bộ nạp.

Nếu một pin có dung lượng thấp hơn các pin khác, nó có thể bị phân cực ngược trong quá trình phóng cũng với những pin khác kể cả khi điện áp tổng của cả hệ lớn hơn điện áp ngưỡng.

Chương 4. Bộ lưu giữ năng lượng

Để giảm tác hại gây ra do sự khác biệt giữa ắc quy khác nhau, nên sử dụng các ắc quy có cùng tuổi thọ, cùng thời gian tích trữ năng lượng và điện áp nạp mỗi ắc quy.

- *Nạp khi các bộ ắc quy đều song song.*

Các ắc quy được mắc song song với nhau với cùng một mức điện áp. Khi đó dòng từ bộ nạp có xu hướng được chia đều cho tất cả các ắc quy, vì vậy các ắc quy không cần phải giống nhau, nếu các ắc quy có dung lượng khác nhau thì dòng điện nạp cho các ắc quy sẽ tỉ lệ với nhau theo tỉ lệ dung lượng giữa các ắc quy đó (thực chất là điện trở trong các ắc quy này tỉ lệ với nhau theo dung lượng).

Khi mắc song song các ắc quy có dung lượng khác nhau, cần phải đảm bảo rằng dòng điện nạp cho mỗi ắc quy không thay đổi quá nhiều. Vì vậy mỗi ắc quy đều được mắc nối tiếp với một điện trở nhỏ để tạo sự phân phối đều về dòng nạp.

Nhiệm vụ của đồ án là tính toán hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập cung cấp điện cho tải có công suất 1kW, điện áp 220V, tần số 50Hz.

5.1. Chọn pin mặt trời

Sử dụng loại pin mặt trời KC50T do hãng Kyocera sản xuất có những thông số cơ bản đo ở điều kiện tiêu chuẩn (1000W/m^2 ở 25°C) như sau:

$$P_{\max} = 60.5 \text{ W}$$

$$V_{oc} = 21,06 \text{ V}$$

$$V_{MPP} = 16,5 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 3,8 \text{ A}$$

$$I_{MPP} = 3,6 \text{ A}$$

$$\text{Gồm } N_s = 36 \text{ pin mắc nối tiếp}$$

Ta dùng 20 tấm pin KC50T mắc nối tiếp nhau, khi đó theo công thức (1 – 3), (1 – 4), (1 – 5), (1 – 6) ta có:

$$I_{MPP \text{ hệ}} = I_{iMPP} = 3,6 \text{ A}$$

$$U_{MPP \text{ hệ}} = n. U_{iMPP} = 20. 16,5 = 330 \text{ V}$$

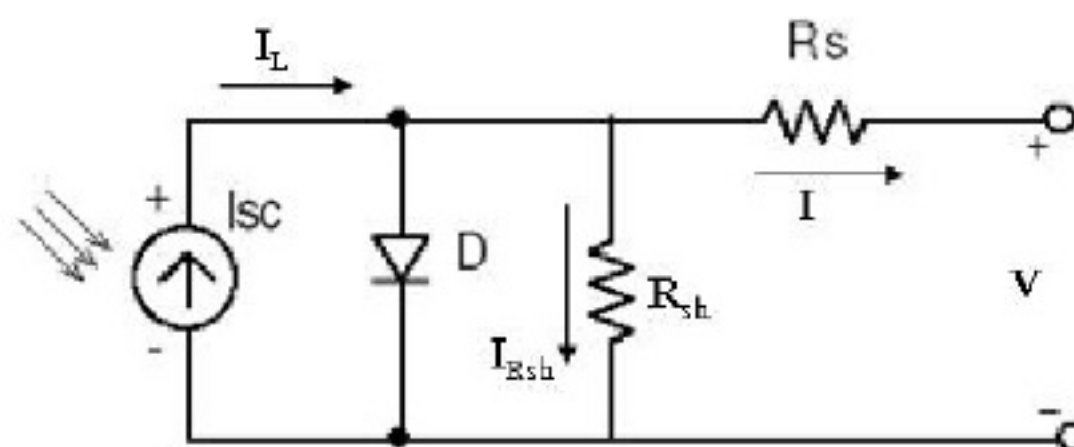
$$P_{\max \text{ hệ}} = n. P_{i\max} = 20.60,5 = 1210 \text{ W}$$

$$V_{oc \text{ hệ}} = n. V_{ioc} = 20.21,06 = 421,2 \text{ V}$$

$$I_{sc \text{ hệ}} = I_{isc} = 3,8 \text{ A}$$

5.1.1. Xây dựng mô hình pin mặt trời

Việc xây dựng mô hình các tấm pin mặt trời không có gì khác với việc xây dựng mô hình một tế bào quang điện. Nó sử dụng cùng một mô hình tế bào quang điện. Các thông số để xây dựng là như nhau, chỉ có thông số điện áp (VD: Điện áp hở mạch V_{oc}) là khác và phải được chia cho số tế bào quang điện N_s mắc trong một môđun. Vì vậy, ta sẽ xây dựng mô hình tương đương cho một tế bào quang điện và từ đó sẽ suy ra mô hình của pin mặt trời.



Hình 5.1. Sơ đồ mạch điện tương đương của pin quang điện

Mạch điện tương đương đơn giản của một tế bào quang điện là một nguồn dòng mắc song song với một diode. Tín hiệu ra của nguồn dòng tỉ lệ với cường độ ánh sáng chiếu lên tế bào quang điện (dòng quang điện I_{ph}). Trong bóng tối, tế bào quang điện không làm việc, nó giống như một diode chẳng hạn như lớp chuyển tiếp p – n. Nó không

Chương 5. Thiết kế và mô phỏng hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

sinh ra dòng cũng không sinh ra áp. Tuy nhiên, nếu nó được nối với một nguồn cấp bên ngoài (điện áp lớn) thì nó sẽ tạo ra dòng I_D còn gọi là dòng Đốt hay dòng tối. Đốt trong mạch quyết định đặc tính $I - V$ của tế bào quang điện.

Đặc điểm:

- Dòng bão hoà đốt I_0 phụ thuộc vào nhiệt độ.
- Dòng quang điện I_L phụ thuộc vào nhiệt độ.
- Điện trở nối tiếp R_s tạo độ chính xác giữa điểm làm việc MPP với điện áp hở mạch. Nó thể hiện sự tổn hao bên trong.
- Điện trở Shunt R_{sh} được mắc song song với đốt thể hiện có dòng rò qua đốt. Giá trị dòng rò thường rất nhỏ và có thể bỏ qua.
- Cũng có thể coi hệ số chất lượng Đốt n là biến tham số (thay vì phải giữ cố định ở giá trị 1 hoặc 2).

Từ công thức (1 – 2), coi R_{sh} rất lớn nên dòng điện I được tính theo công thức sau:

$$I = I_L - I_0 \left(e^{\frac{q \cdot (V + IR_s)}{nkT}} - 1 \right) \quad (5-1)$$

Sự phụ thuộc vào nhiệt độ của dòng quang điện I_L và dòng bão hoà của đốt I_0 như sau:

$$I_L = I_L(T1) + K0(T - T1) \quad (5-2)$$

$$I_L(T1) = I_{SC}(T_{1,nom}) \frac{G}{G(nom)} \quad (5-3)$$

$$K0 = \frac{I_{SC}(T2) - I_{SC}(T1)}{(T2 - T1)} \quad (5-4)$$

$$I_0 = I_0(T1) \cdot \left(\frac{T}{T1} \right)^{\frac{3}{n}} e^{\frac{q \cdot V_q(T1)}{nk \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T1} \right)}} \quad (5-5)$$

$$I_0(T1) = \frac{I_{SC}(T1)}{e^{\frac{qV_{oc}(T1)}{nkT1}} - 1} \quad (5-6)$$

T trong các công thức trên được tính theo nhiệt độ K

Điện trở R_s thể hiện giá trị điện trở của các tế bào quang điện mắc trong một module pin:

$$R_s = -\frac{dV}{dI_{V_{oc}}} - \frac{1}{X_v} \quad (5-7)$$

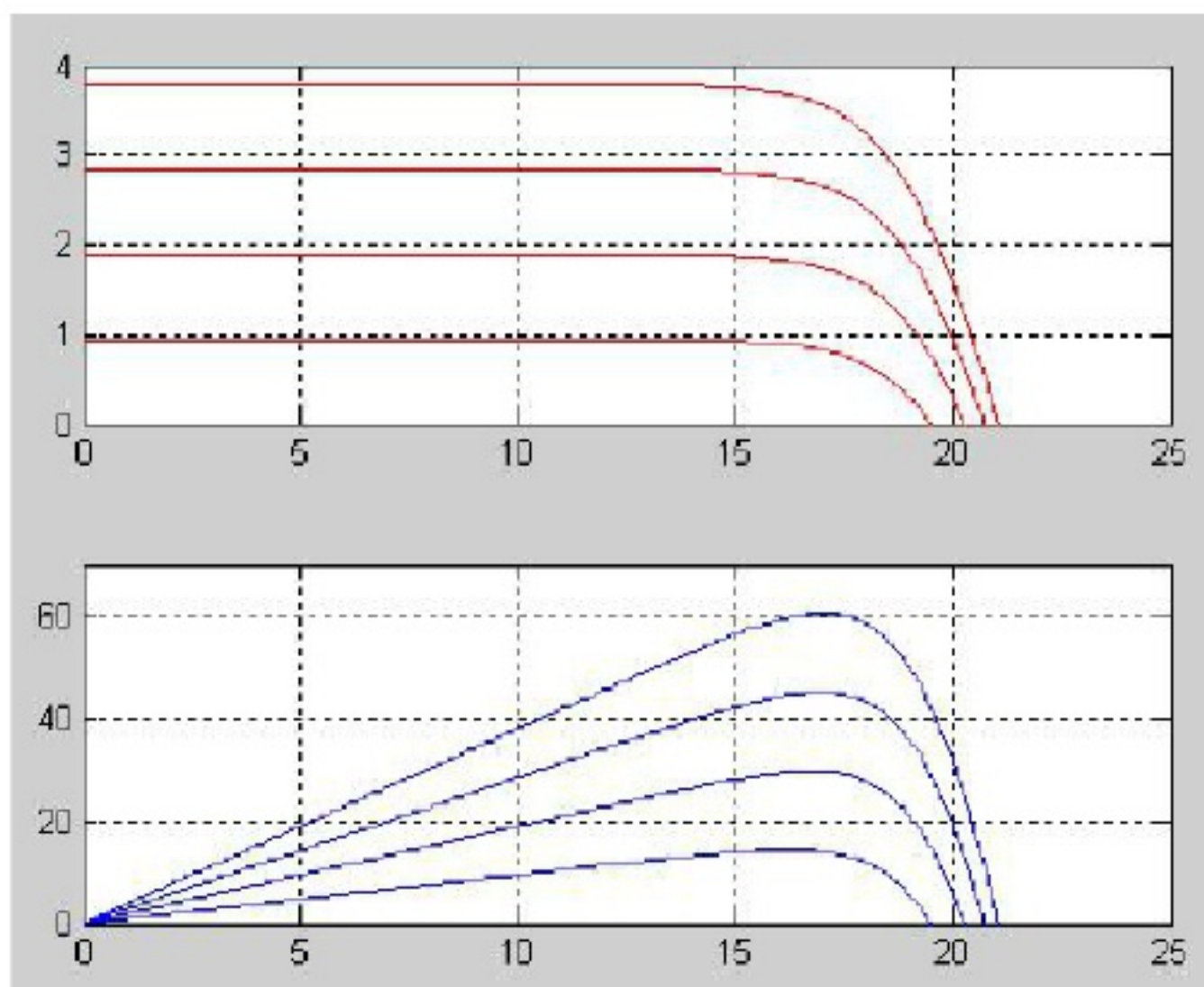
$$X_v = I_0(T1) \frac{q}{nkT1} e^{-\frac{qV_{oc}(T1)}{nkT1}} \quad (5-8)$$

Điện trở R_{sh} được coi là rất lớn nên sẽ bỏ qua.

5.1.2. Mô phỏng đặc tính làm việc của pin mặt trời

Từ sơ đồ mạch điện tương đương trên, ta dùng phần mềm Matlab để mô phỏng đặc tính làm việc của pin KC50T khi nhiệt độ thay đổi từ 0 đến 75°C và cường độ bức xạ thay đổi từ 400 đến 1000W/m². Script lập trình mô phỏng được trình bày ở phần phụ lục.

Kết quả mô phỏng như sau:

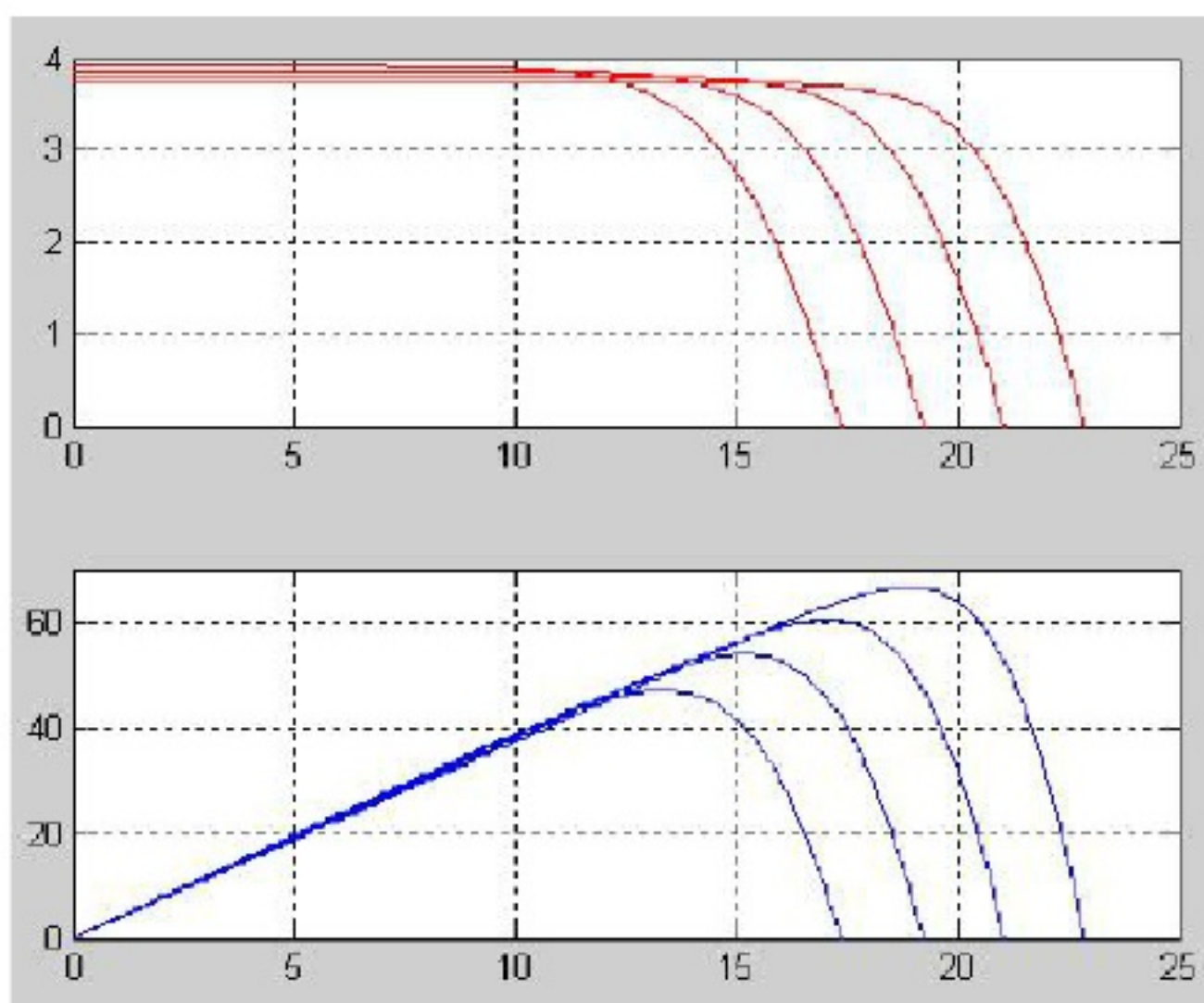


Hình 5.2. Đặc tính $I - V$ (ở trên) và $P - V$ (ở dưới) của pin KC50T khi cường độ bức xạ thay đổi từ 400W/m² đến 1000W/m²

Nhận xét:

Khi cường độ bức xạ thay đổi từ 400 đến 1000 W/m², giá trị I_{sc} tăng dần từ 0,9A đến 3.8 A và V_{oc} tăng dần từ 19 đến 22V. Đặc tính làm việc của pin và điểm làm việc MPP cũng sẽ dịch nhiều thay đổi rõ rệt khi cường độ bức xạ thay đổi.

Ta có thể thấy rõ ràng rằng khi cường độ ánh sáng càng lớn thì công suất ra của pin cũng càng lớn theo.

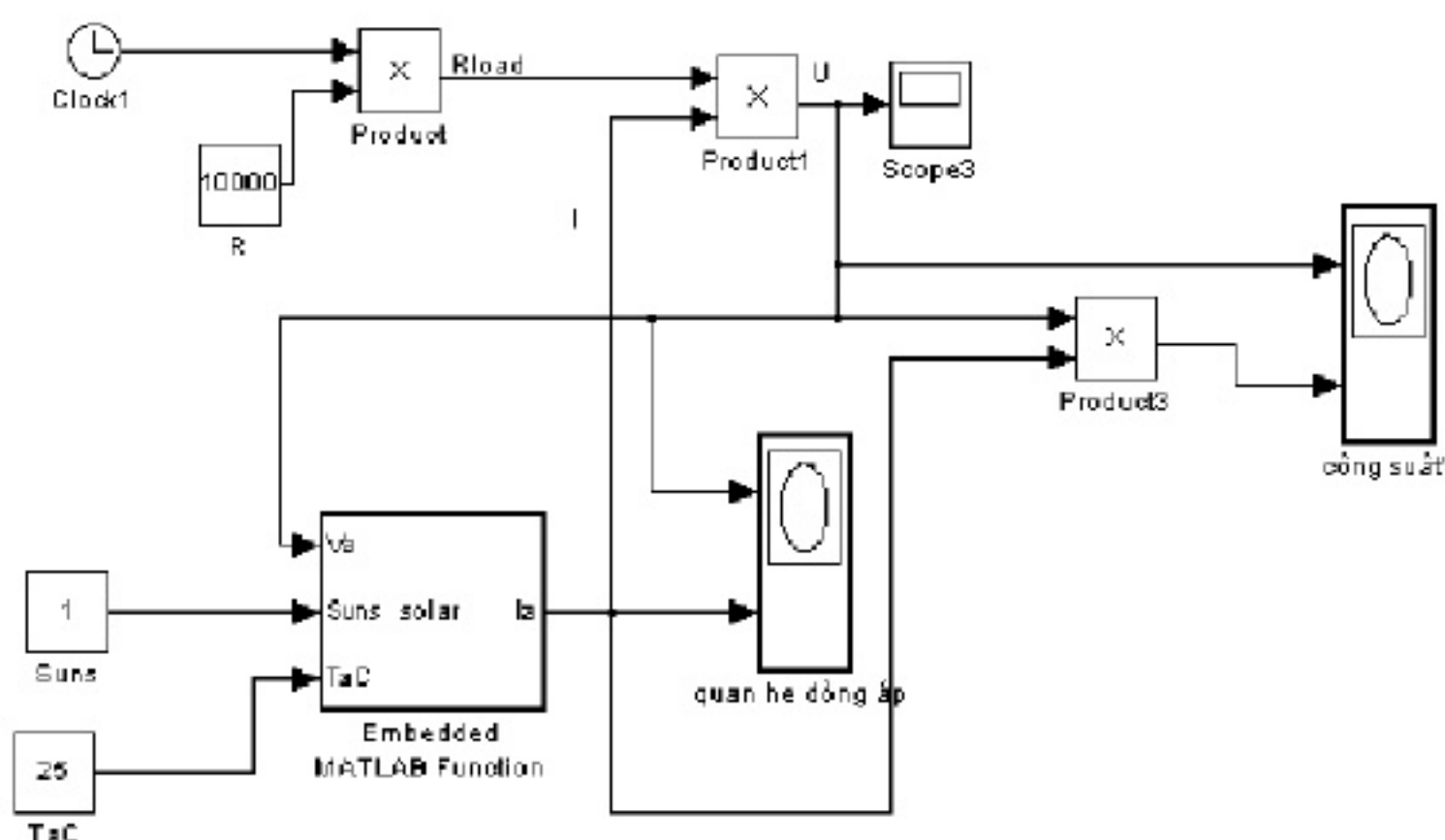


Hình 5.3. Đặc tính $I - V$ (ở trên) và $P - V$ (ở dưới) của pin KC50T khi nhiệt độ pin thay đổi từ 0 đến 75°C

Nhận xét:

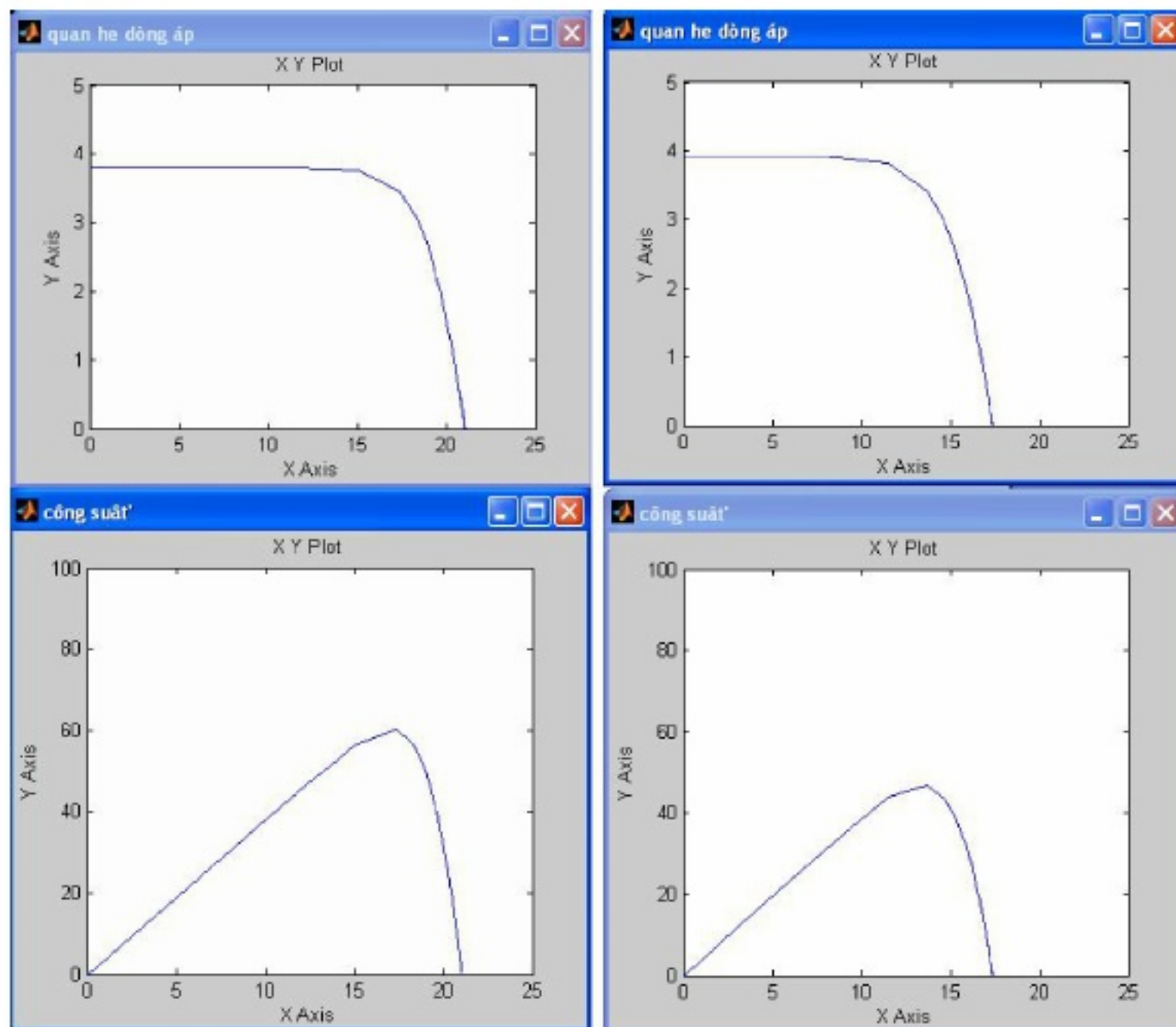
Khi nhiệt độ pin thay đổi từ 25°C đến 75°C, giá trị I_{sc} tăng dần từ 3.8 A đến 3.92 A (khoảng 3%) và V_{oc} giảm từ 21,5V xuống 17 V. Đặc tính làm việc của pin và điểm làm việc MPP cũng xê dịch nhiều thay đổi rõ rệt khi cường độ bức xạ thay đổi. Khi nhiệt độ pin càng lớn thì công suất ra của pin càng thấp.

- **Kiểm chứng mô phỏng bằng Simulink**

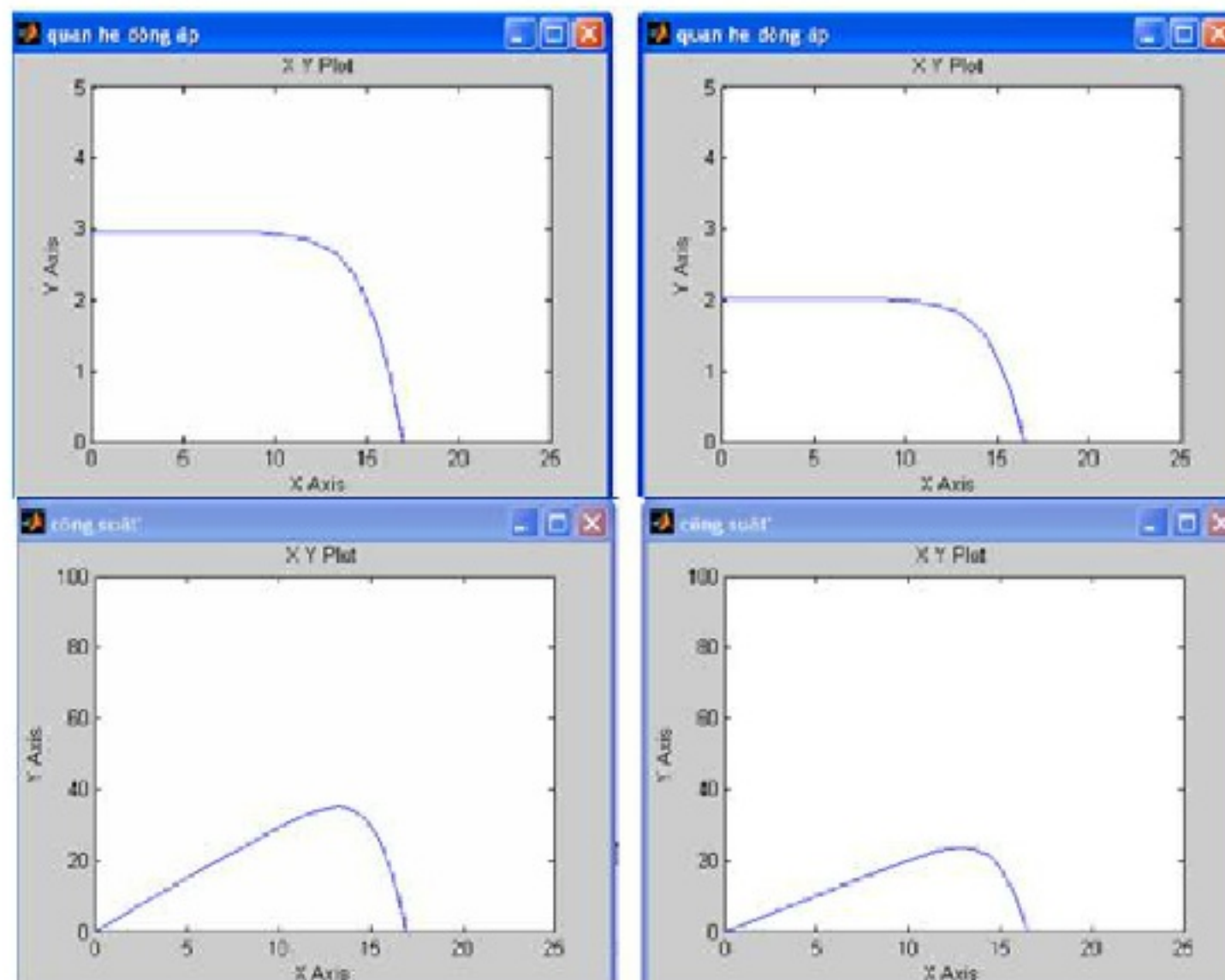


Hình 5.4. Xây dựng mô hình nguồn điện pin mặt trời trong Simulink

Kết quả:



Hình 5.5. Kết quả mô phỏng ứng với $T = 25, G = 1$ và $T = 75, G = 1$



Hình 5.6. Kết quả mô phỏng ứng với $T=75, G = 0,75$ và $T = 75, G = 0,25$

Nhận xét: Kết quả mô phỏng bằng Matlab và Simulink đều cho kết quả như nhau

5.2. Tính chọn bộ biến đổi DC/DC

Pin mặt trời được coi như là một nguồn dòng bơm vào bộ biến đổi DC/DC. Vì mục đích thiết kế hệ thống pin mặt trời để cung cấp cho tải 1000W ở 220V, 50Hz nên cần điện áp 1 chiều đưa vào bộ biến đổi DC/AC là từ 340 V đến 400V. Vì vậy ta chọn bộ biến đổi DC/DC loại Boost (tăng áp). Chọn các thông số yêu cầu của Boost:

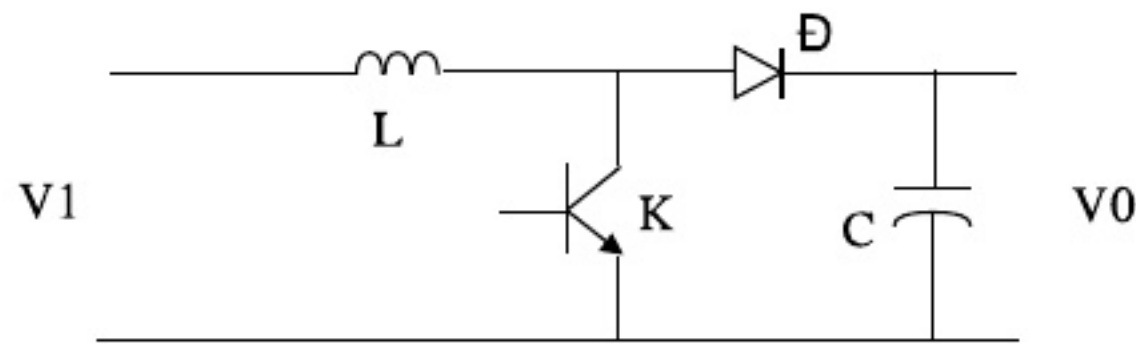
Điện áp vào $V_{in} = 300 \div 330$ VDC

Dòng điện vào $I_{in} = 0$ đến 4A

Điện áp ra $V_{out} = 340 \div 400$ VDC

Công suất ra lớn nhất $P_{max} = 1210$ W

Tần số đóng cắt $f = 100$ kHz



Hình 5.7. Sơ đồ nguyên lý mạch tăng áp Boost

Tính chọn các thiết bị trong mạch

5.2.1. Tính chọn cuộn kháng L

Giá trị L của cuộn kháng phụ thuộc vào sự biến thiên của dòng điện cảm ứng. Giá trị biến thiên này không lớn quá 5% dòng điện cảm ứng và giá trị này thường chỉ xuất hiện khi công suất là lớn nhất (P_{MPP}). Khi đó dòng điện gợn sóng bằng 5% dòng điện I_{MPP} .

$$\Delta i_L = 0,05.I_L = 0,05.3,6 = 0,18A$$

Hệ số làm việc của khoá điện tử K:

$$D = \frac{V_0 - V_{in}}{V_0} = \frac{400 - 330}{400} = 0,175$$

L được tính theo công thức:

$$L = \frac{V_{in}.D}{\Delta i_L.f} = \frac{330.0,175}{0,18.100000} = 3,2 \text{ mH}$$

5.2.2. Tính chọn tụ điện trong mạch

Việc tính chọn tụ C phụ thuộc vào thời gian lưu giữ năng lượng Δt . Giả sử ta chọn $\Delta t = 30$ ms. Khi đó C được tính theo công thức sau:

$$C = \frac{2.P_0.\Delta t}{V_0^2 - V_{0(\min)}^2} = \frac{2.1210.30.10^{-3}}{400^2 - 340^2} = 1635,1 \mu F$$

5.2.3. Chọn khoá K và Diôt

Dòng qua khoá K và Diôt ít nhất bằng với dòng điện cực đại qua cuộn cảm L.

Do đó: $I_K = I_D = I_L = 4 A$

Điện áp đặt lên K và Diôt ít nhất phải bằng điện áp ra. Nên: $U_K = U_D = 400V$

Chọn loại IGBT (có gắn sẵn Diôt) IXSH20N60AUI có các thông số sau:

Bảng 5.1. Các thông số của IGBT IXSH20N60AUI

I _{cmax}	U _{cemax}	P _{emax}	U _{cemax}	U _{ce(th)} max	I _{ge} mA
40	3	150	600	± 20	0.5

Chọn Diôt SW04PCN020 với các thông số sau:

Bảng 5.2. Các thông số của Diôt SW04PCN020

I _{tbmax} (A)	I _d (A)	U _{ngmax} (V)
16	230	400

5.3. Lựa chọn thuật toán MPPT cho hệ

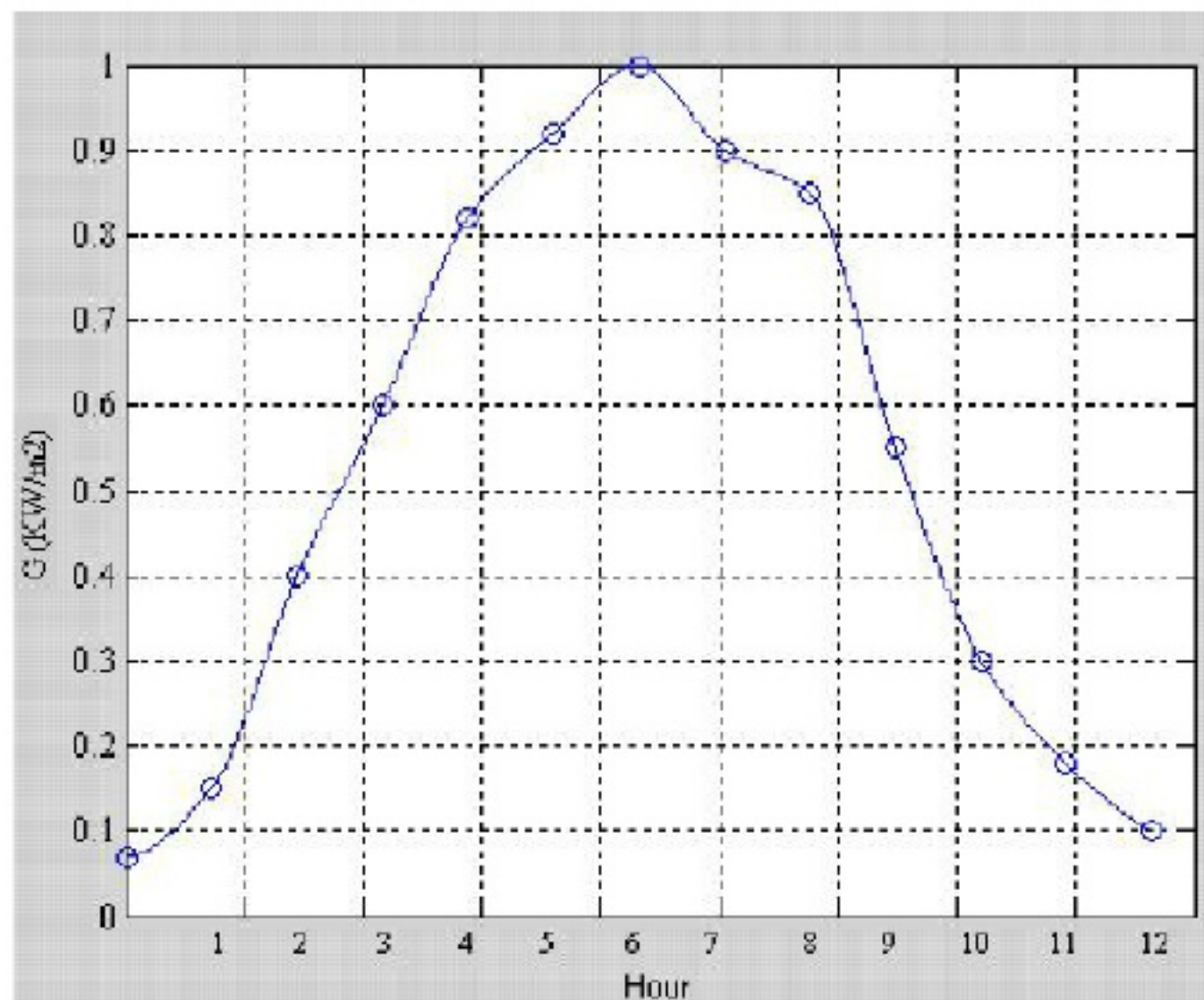
Chương 3 đã giới thiệu 2 thuật toán MPPT là P&O và INC. Phần này sẽ lập trình mô phỏng và so sánh hai thuật toán này một cách rõ ràng. Vì mục đích trong phần này chỉ là mô phỏng để so sánh hai thuật toán nên mỗi phần mô phỏng chỉ sử dụng 1 mô đun pin mẫu và không ghép nối với tải.

Nguyên tắc mô phỏng thuật toán MPPT là dựa trên lưu đồ thuật toán của hai phương pháp. Script lập trình được trình bày ở phần phụ lục.

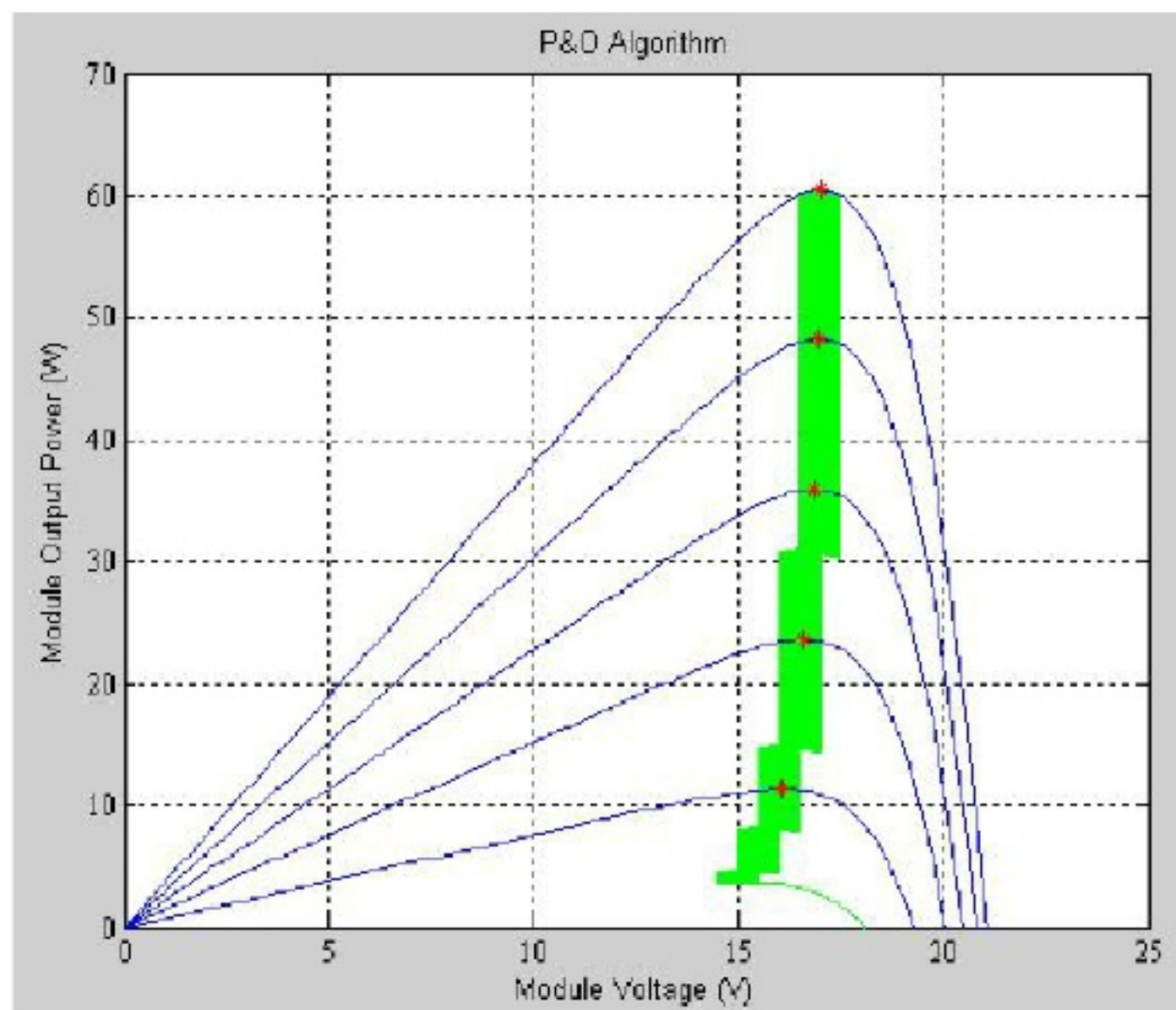
Ta mô phỏng 2 thuật toán MPPT này với 2 trường hợp cường độ bức xạ thay đổi theo giờ (các thông số được đặt ra dựa trên các thống kê thực tế để làm ví dụ mô phỏng)

- Ngày nắng: cường độ bức xạ lớn, thời tiết ổn định
- Ngày nhiều mây: cường độ bức xạ thấp, thời tiết thay đổi đột ngột do những đám mây đi qua làm che mặt trời.

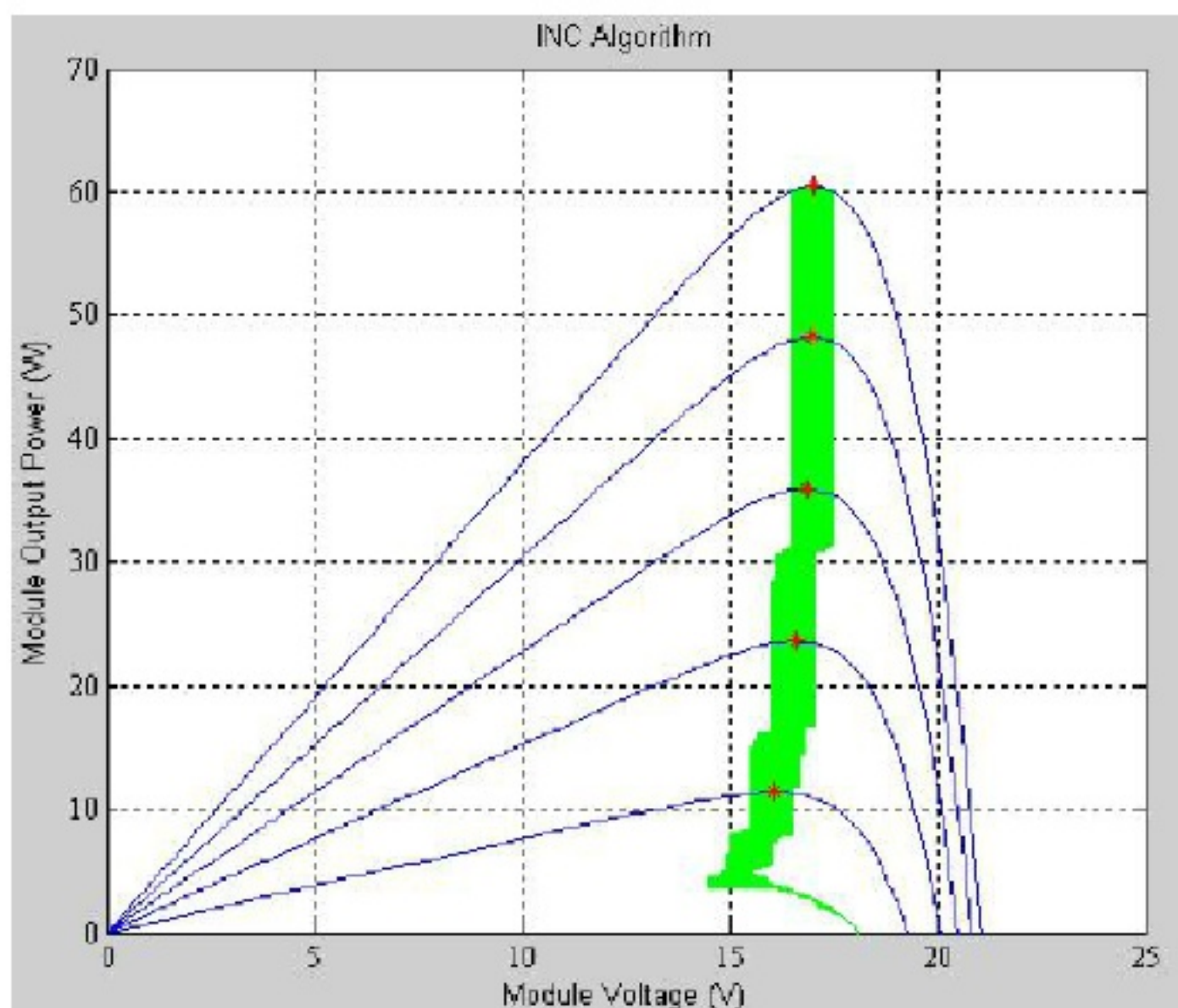
Kết quả mô phỏng 2 thuật toán trong trường hợp thứ nhất: ngày nắng, thời tiết ổn định như sau:



Hình 5.8. Sự thay đổi cường độ bức xạ theo thời gian trong ngày nắng nóng



Hình 5.9. Kết quả mô phỏng thuật toán P&O khi cường độ bức xạ thay đổi từ 400 đến 1000W.m² áp dụng cho pin KC50T trong ngày nhiều nắng



Hình 5.10. Kết quả mô phỏng thuật toán INC khi cường độ bức xạ thay đổi từ 400 đến 1000W/m² áp dụng cho pin KC50T trong ngày nhiều nắng

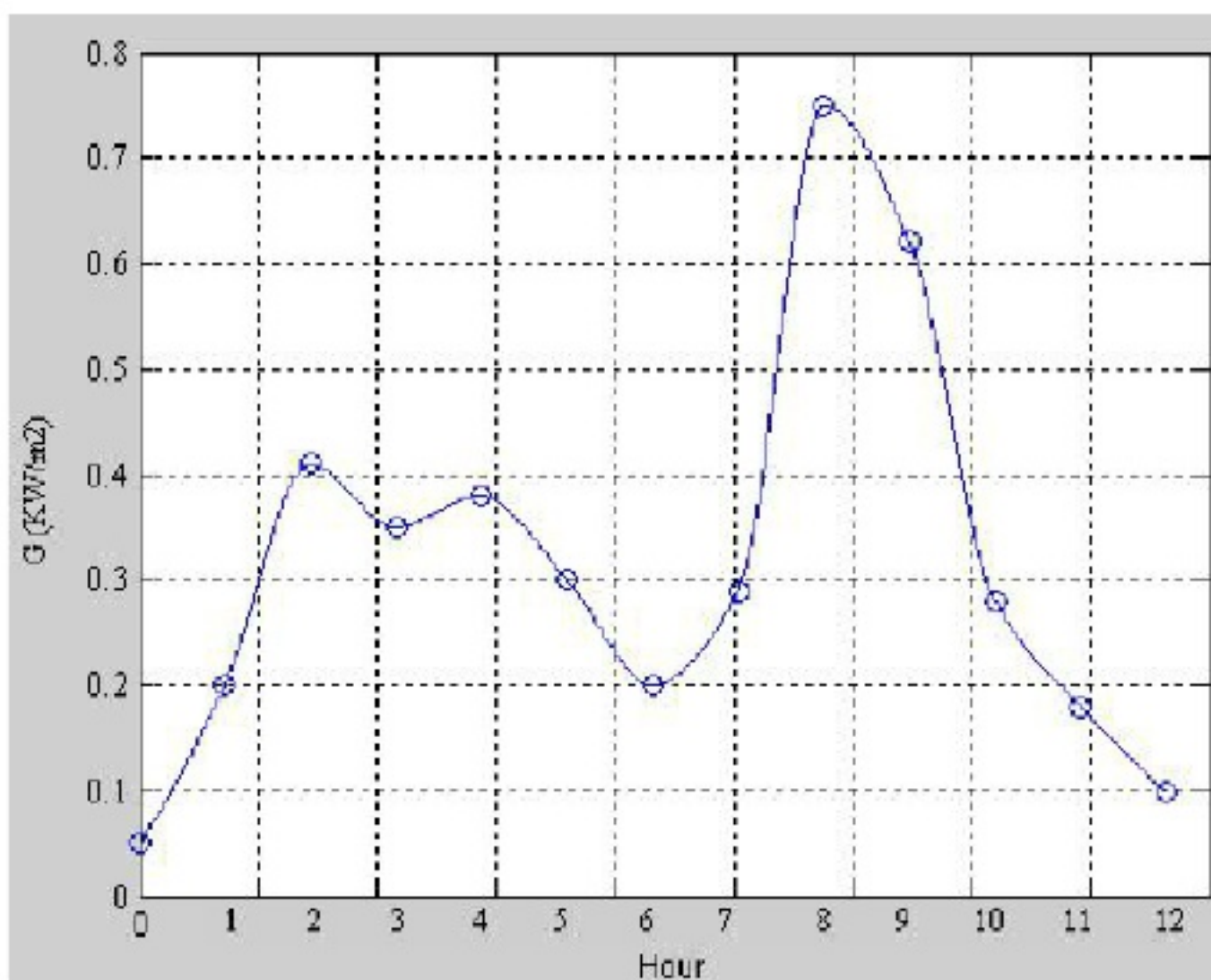
Nhận xét:

Nhìn trên hai hình 5.6 và 5.7 ta thấy trong những ngày nắng, cường độ bức xạ thay đổi đều và chậm vì không bị mây che, MPPT làm việc khá dễ dàng. Cả hai thuật toán đều xác định và duy trì điểm làm việc gần với điểm MPP và không thấy sự khác biệt rõ rệt ở cả hai thuật toán này.

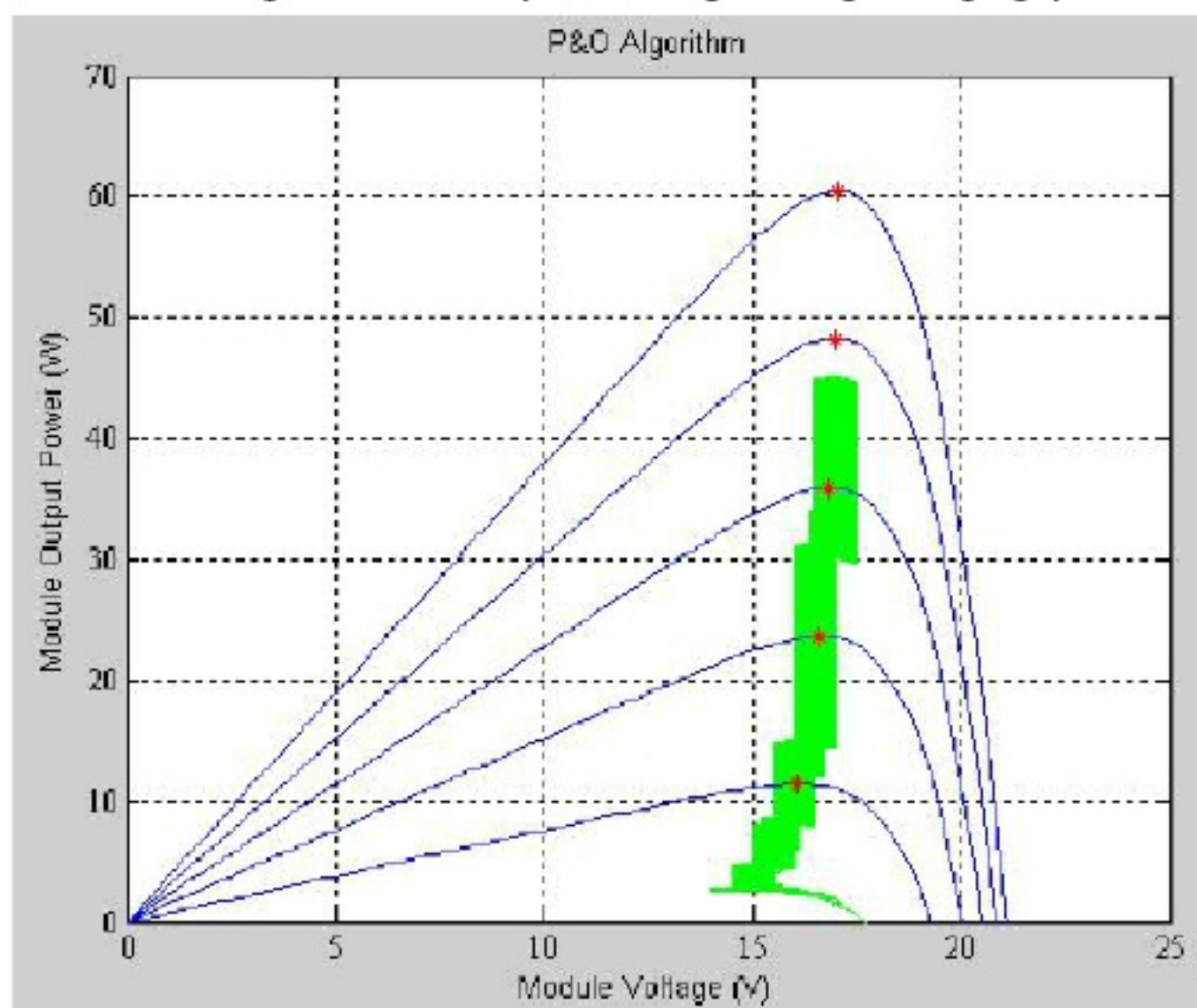
Bảng 5.3. Công suất lớn nhất ứng với từng cường độ bức xạ

Cường độ bức xạ (W/m ²)	P _{mpp}
200	10,3751
400	22,5795
600	35,9114
800	48,2253
1000	60.4527

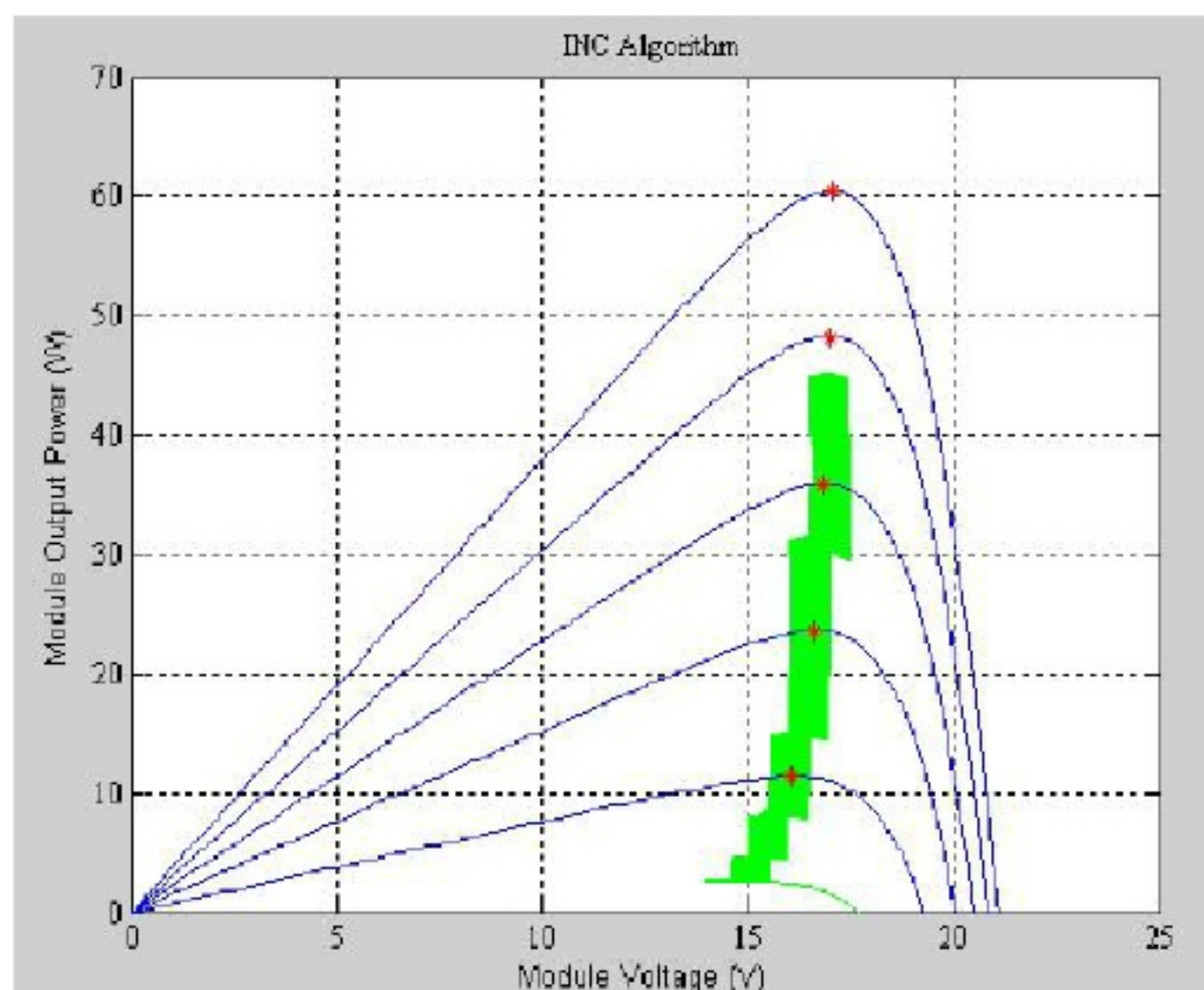
Trong ngày nhiều mây:



Hình 5.11. Cường độ bức xạ thay đổi theo giờ trong những ngày nhiều mây



Hình 5.12. Kết quả mô phỏng thuật toán P&O khi cường độ bức xạ thay đổi từ 400 đến 1000W.m² áp dụng cho pin KC50T trong ngày nhiều mây



Hình 5.13. Kết quả mô phỏng thuật toán INC khi cường độ bức xạ thay đổi từ 400 đến 1000W.m² áp dụng cho pin KC50T trong ngày nhiều nắng
Nhận xét:

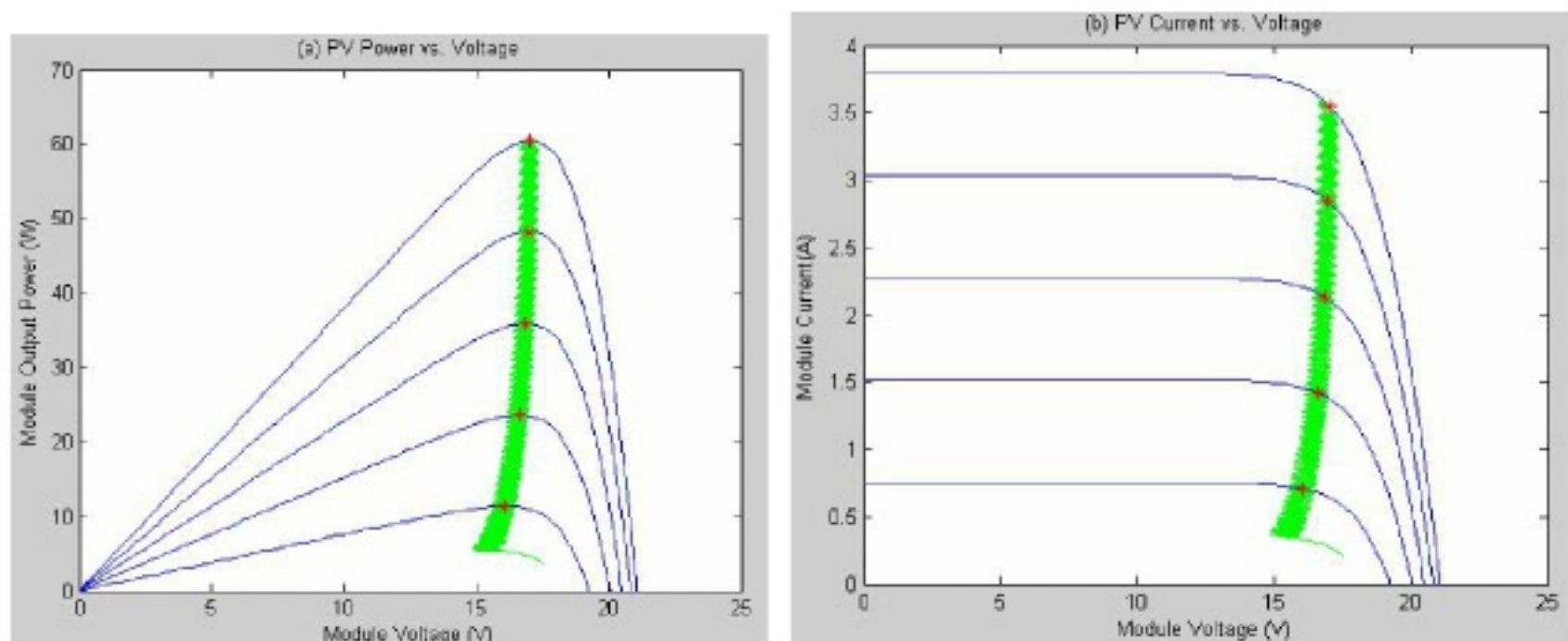
Do ảnh hưởng của mây bay qua bay lại che ánh nắng, thời tiết thay đổi đột ngột, phương pháp INC thể hiện ưu điểm rõ rệt hơn, dao động quanh điểm MPP hẹp và ít hơn thuật toán P&O.

Do các thông số thể hiện sự thay đổi của cường độ bức xạ G vào các giờ trong ngày được đặt ra làm giả thiết để mô phỏng và thể hiện theo từng giờ một, các số liệu này không phải là số liệu thực tế nên việc mô phỏng này chỉ là tương đối và được thực hiện với mục đích thể hiện cách thức làm việc của 2 thuật toán MPPT.

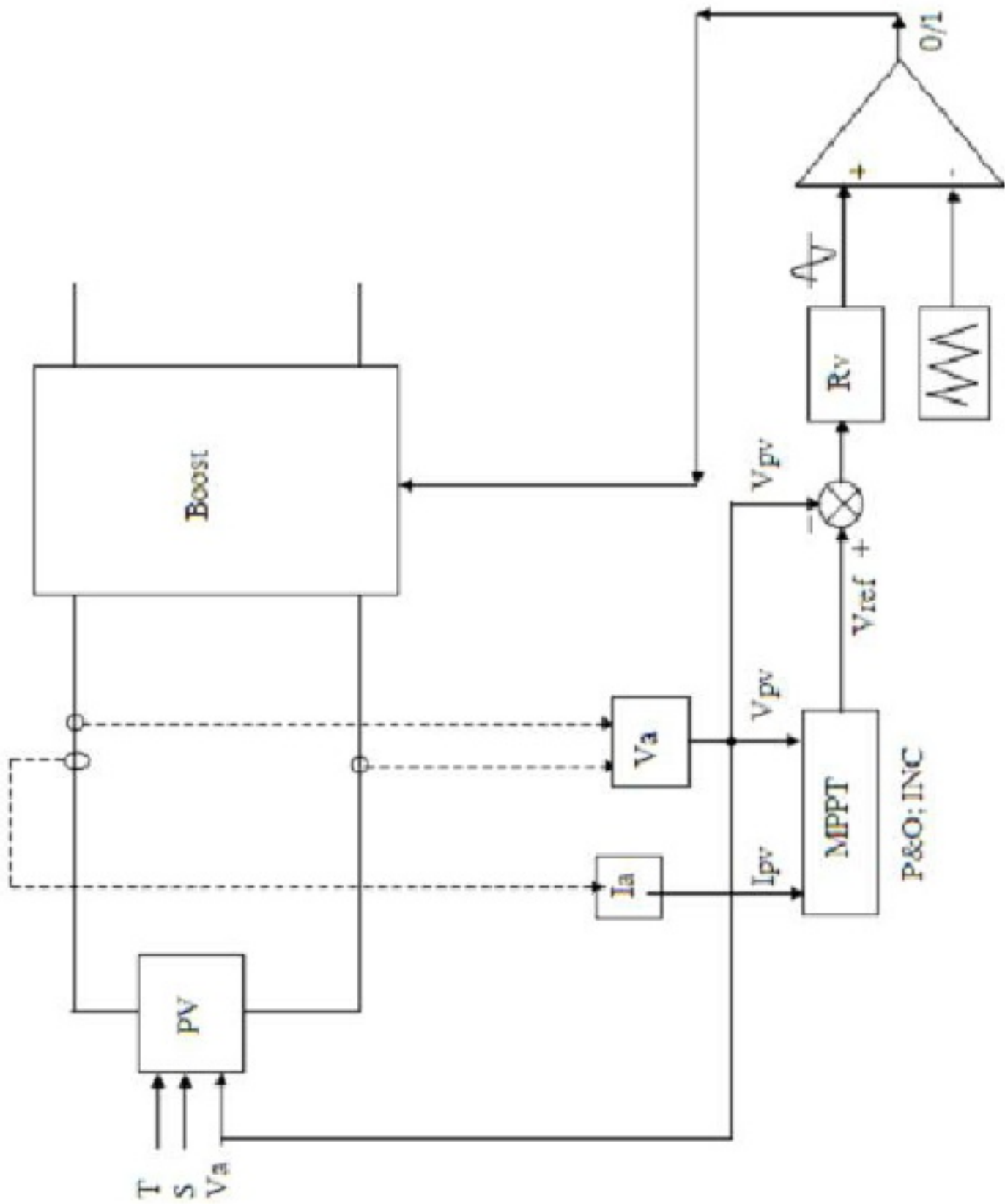
5.4. Chọn phương pháp điều khiển MPPT.

Chọn phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra vì ưu điểm của nó là chỉ sử dụng 2 cảm biến vì thế sẽ giảm giá thành lắp đặt đặc biệt phù hợp với những hệ thống nhỏ lẻ cần lắp đặt với chi phí thấp. Phương pháp này có những ưu thế lớn như cho phép phân tích trạng thái ổn định của bộ biến đổi DC/DC, trong khi việc này được thực hiện khá phức tạp ở những phương pháp khác, vì phương pháp điều khiển này chỉ thực hiện những lần trích mẫu điện áp và dòng điện ở trạng thái ổn định của chu kỳ. Do đó, ta sẽ áp dụng phương pháp điều khiển này với thuật toán P&O

Mạch vòng điều khiển được chọn là mạch vòng phản hồi điện áp.



Hình 5.14. Kết quả mô phỏng phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra áp dụng với thuật toán P&O



Hình 5.15. Mạch vòng điều khiển MPPT cho nguồn điện pin mặt trời

5.5. Tính chọn ắc quy

5.5.1. Tính chọn dung lượng ắc quy

Ắc quy cần phải tích trữ năng lượng và cung cấp cho tải có công suất là 1000 W.

Điện áp cấp cho ắc quy từ bộ Boost có dải từ $340 \div 400V$, do đó dòng điện ắc quy cần phải phóng ra ít nhất là:

$$I = \frac{1000}{400} = 2,5A$$

Dòng điện ắc quy cần phải phóng ra lớn nhất là:

$$I = \frac{1000}{340} = 2,94A \approx 3A$$

Như vậy, Chọn thời gian phóng cấp cho tải của một ắc quy là 1 giờ, khi đó dung lượng tối thiểu của một ắc quy sẽ phải là:

$$C = 1h \times 3A = 3 Ah$$

Ta chọn loại ắc quy Power Sonic có dung lượng 4,5Ah.

Ắc quy 2 chế độ làm việc:

- Chế độ cho dòng phóng lớn nhưng thời gian phóng sẽ ngắn.
- Chế độ cho dòng phóng không lớn nhưng thời gian phóng sẽ dài.

Nếu ắc quy cho dòng phóng lớn mà muốn có thời gian phóng dài thì dung lượng của ắc quy phải tương đối lớn, khi đó phải xem xét đến thời gian nạp cho ắc quy cũng sẽ kéo dài theo gây mất thời gian, bất tiện lợi và giảm hiệu quả làm việc của hệ thống. Nếu dòng phóng của ắc quy không lớn (bằng $0,1C \div 0,2C$) khi đó thời gian phóng sẽ dài hơn và không cần phải chọn dung lượng của ắc quy quá lớn.

Do đó, ta sẽ chọn chế độ dòng phóng bằng $0,1C \div 0,2C$ để thời gian phóng cấp cho tải của ắc quy được dài hơn. Khi đó, ắc quy cần phải có dung lượng là từ $C = 15Ah$ đến $C = 30Ah$. Để tránh thời gian nạp cho ắc quy quá lâu nên ta sẽ chọn dung lượng ắc quy là 15Ah.

Giả thiết dùng ắc quy 12 V, điện áp trên 1 ngăn ắc quy là 2,5V, để tích trữ được 400V thì số ngăn ắc quy cần thiết là: $\frac{400}{2,5} = 160$ ngăn.

1 bình ắc quy 12V có 6 ngăn, vậy số bình ắc quy cần thiết là:

$$\frac{160}{6} = 26,66 \text{ bình} \approx 27 \text{ bình}$$

Vậy tổng cộng số ngăn sử dụng là: $27 \times 6 = 162$ ngăn

Suy ra điện áp 1 chiều lớn nhất của ắc quy sẽ là $U_d = 2,5 \times 162 \text{ ngăn} = 405 V$

Điện áp nạp nổi mỗi ngăn là 2,35V

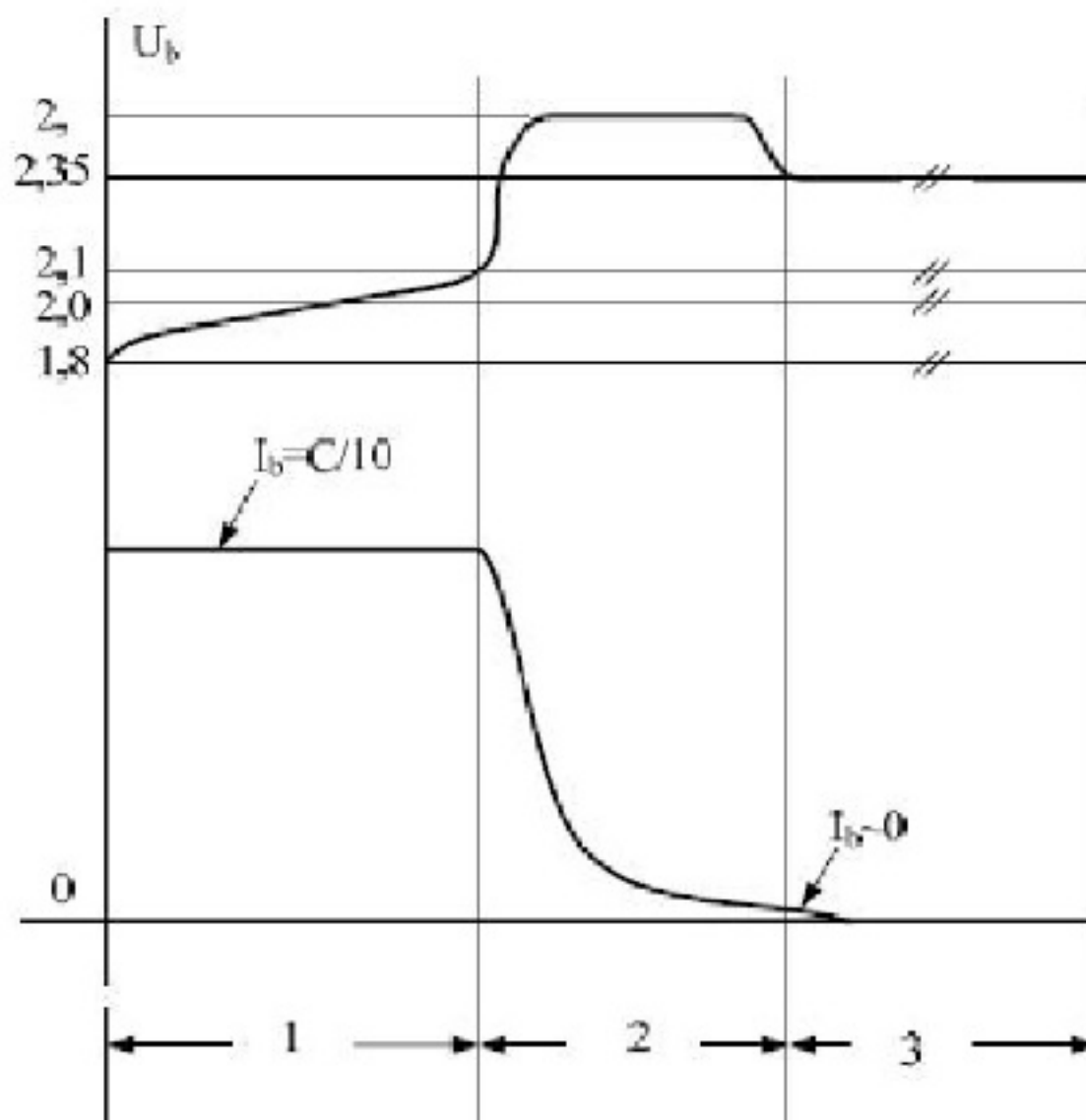
Do đó điện áp ra khỏi ắc quy là $2,35 \times 162 = 380,7 V$

Như vậy, bộ biến đổi DC/DC cần làm việc để cho ra điện áp từ 380,7V đến 405V

5.5.2. Mạch nạp ắc quy

Ắc quy được nạp qua 3 giai đoạn (Nạp với dòng không đổi, nạp với áp không đổi và nạp nổi) đã được trình bày ở chương 4 (hình vẽ 4.1).

Nhắc lại hình vẽ:



- Quá trình nạp với dòng không đổi:

Điện áp nạp của 1 ngăn ắc quy từ 1,8 đến 2,1V, do đó điện áp nạp yêu cầu của toàn bộ ắc quy trong quá trình nạp với dòng không đổi sẽ từ 291,6 V đến 340,2V.

- Quá trình nạp với áp không đổi:

Điện áp nạp của 1 ngăn ắc quy là 2,1 đến 2,5V, do đó điện áp nạp yêu cầu của toàn bộ ắc quy trong quá trình nạp với áp không đổi là: 340.2V đến 405V

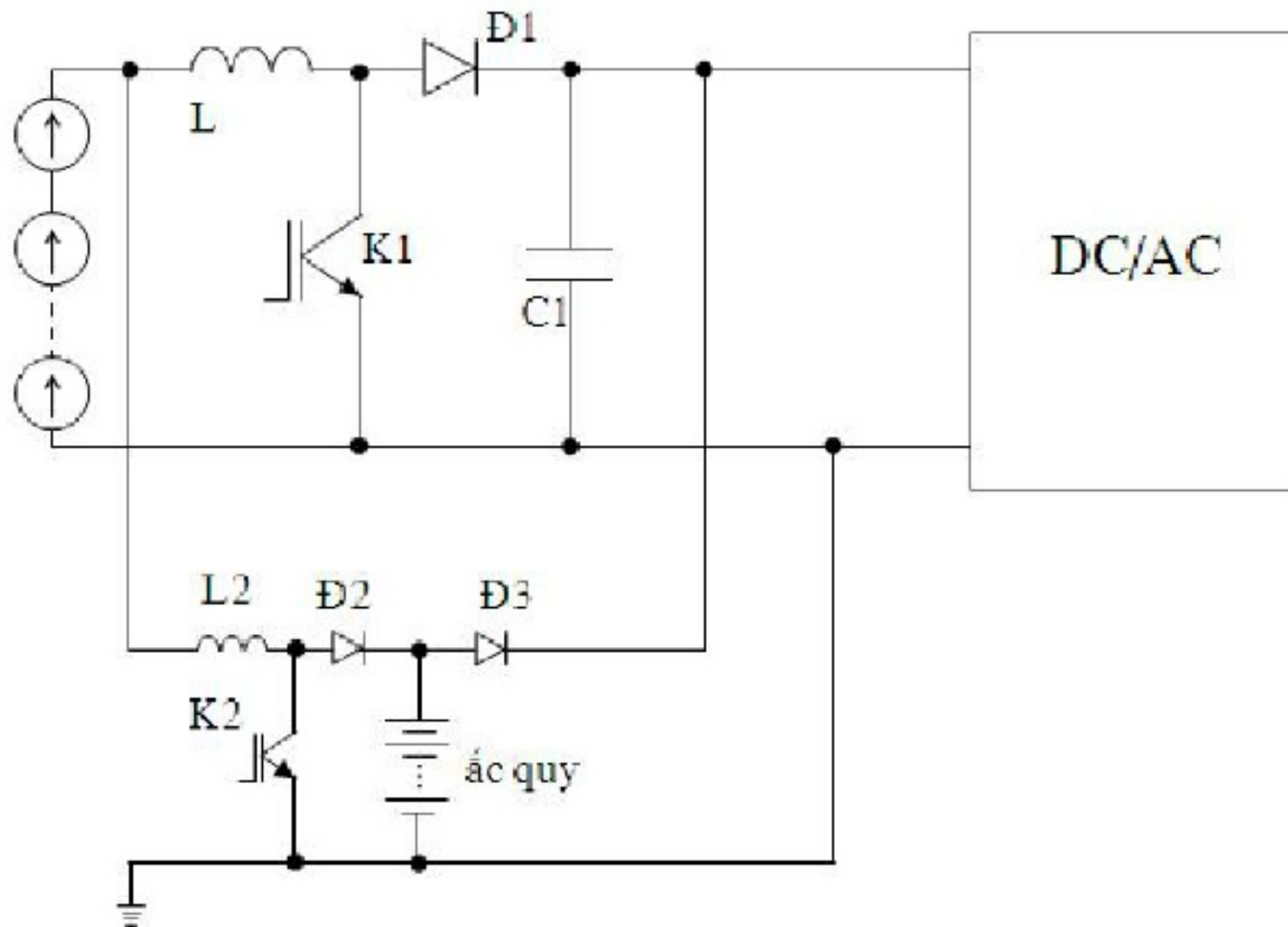
- Quá trình nạp nổi:

Điện áp nạp với 1 ngăn ắc quy là 2,35V, do đó điện áp nạp yêu cầu của toàn bộ ắc quy trong quá trình nạp nổi là: 380,7V

Như vậy điện áp lớn nhất nạp cho ắc quy là 405V

Điện áp nạp bình thường của ắc quy là 380,7V

Cấu trúc của mạch nạp ắc quy như sau:



Hình 5.16. Sơ đồ mạch nạp ắc quy

Điện áp vào mạch nạp ắc quy được lấy từ điện áp ra của pin mặt trời từ 300V đến 330V.

Mạch nạp ắc quy phải cấp điện áp nạp cho ắc quy trong dải từ 380,7 đến 405V

Dòng điện nạp ắc quy là $C/10 = 1,5A$

Việc tính toán cho mạch nạp ắc quy tương tự như việc tính toán bộ Boost chính

- Chọn cuộn kháng L2:.

$$\Delta i_L = 0,05.I_L = 0,05.1,5 = 0,075A$$

Hệ số làm việc của khoá K2 là:

$$D = \frac{V_0 - V_{in}}{V_0} = \frac{405 - 380,7}{405} = 0,06$$

$$L = \frac{V_{in}.D}{\Delta i_L.f} = \frac{330.0,06}{0,075.100000} = 2,64 \text{ mH}$$

- Chọn khoá K2 và D2:

Dòng qua khoá K và Điốt ít nhất bằng với dòng điện cực đại qua cuộn cảm L2.

$$\text{Do đó: } I_K = I_D = I_L = 1,5 \text{ A}$$

Điện áp đặt lên K và Điốt ít nhất phải bằng điện áp ra. Nên: $U_K = U_D = 405V$

Chương 5. Thiết kế và mô phỏng hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

Chọn loại IGBT IXSH20N60AUI có các thông số như ở trên:

Chọn Diôt SW04PCN020 với các thông số như ở trên

- Chọn Đ2:

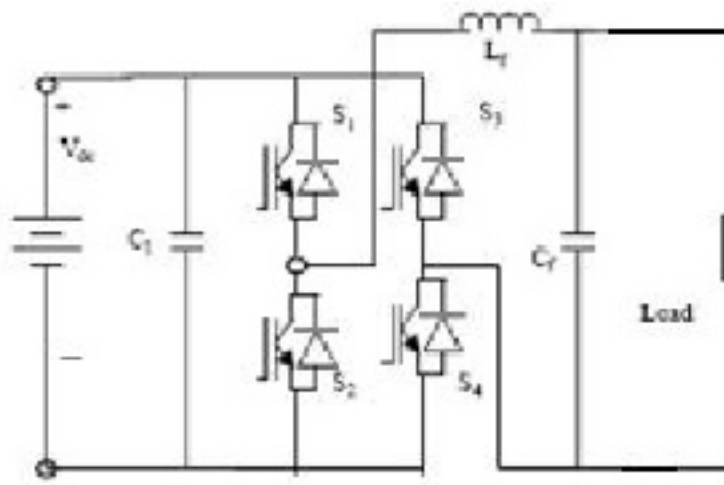
Dòng qua Đ2 bằng dòng phóng lớn nhất của ắc quy = 3A

Điện áp đặt lên Đ2 bằng điện áp ra: $U_{D2} = 405V$

Ta cũng chọn Đ2 là loại SW04PCN020

5.6. Tính chọn bộ biến đổi DC/AC.

Sử dụng bộ biến đổi DC/AC một pha mạch cầu.



Hình 5.17. Sơ đồ bộ biến đổi DC/AC một pha mạch cầu

5.6.1. Tính chọn van

- Điện áp ngược đặt lên một van có giá trị bằng:

$$U_{\max \text{ van}} = 405 \text{ V}$$

Chọn điện áp làm việc của van thỏa mãn điều kiện

$$U_V > k_{UV} \cdot U_{\max \text{ van}}$$

Trong đó: k_{UV} là hệ số dự trữ về điện áp cho van.

Thực tế điện áp vào không ổn định mà dao động và có nhiều yếu tố ảnh hưởng ngẫu nhiên nên hệ số dự trữ điện áp được lấy trong khoảng 1,7 đến 2,2V.

Chọn $k_{UV} = 1,7$ ta có $U_V > 1,7 \cdot 405 = 688,5V$

- Làm mát cho van bằng phương pháp dùng cánh tản nhiệt và làm mát tự nhiên.

Chọn loại van IGBT (có gắn sẵn Diôt) IXSH20N60AUI

5.6.2. Tính toán thông số bộ lọc đầu ra.

Bộ lọc đầu ra có ý nghĩa rất quan trọng. Nó gồm 2 phần tử L và C có tác dụng lọc bỏ các thành phần điều hoà bậc cao, chỉ cho phép thành phần sóng cơ bản đi qua, do đó tạo điện áp đầu ra có dạng Sin theo yêu cầu.

Bộ lọc LC thường đảm bảo theo yêu cầu sau:

- Dòng điện đầu ra khi không tải nhỏ hơn 10% giá trị dòng điện khi đầy tải.
- Tần số cơ bản của bộ lọc gấp 10 lần tần số điện áp đầu ra.
- Sụt áp trên cuộn cảm L khi đầy tải nhỏ hơn 5% giá trị điện áp định mức.

Công thức tính tần số cơ bản của bộ lọc là:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Chọn cuộn cảm có giá trị $L = 0,5\text{mH}$

Tần số điện áp ra là 50Hz, do đó tần số cơ bản của bộ lọc

$$f_r = 10.50 = 500 \text{ Hz}$$

Giá trị điện dung của tụ điện C là:

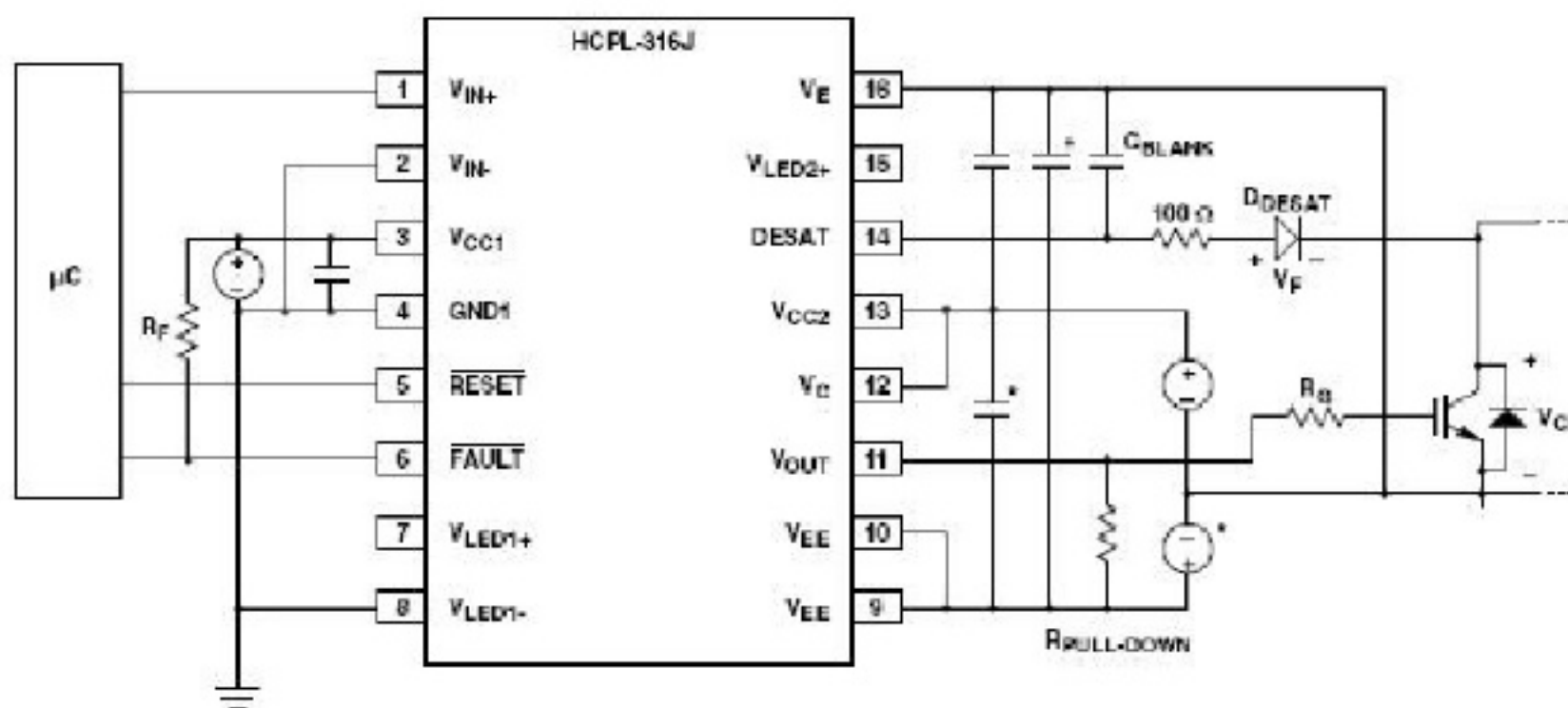
$$C = \frac{1}{(2\pi.500)^2 L} = 202,64.10^{-6} = 202,64 \mu\text{F}$$

5.7. Tính chọn các mạch điều khiển trong hệ thống.

Các khoá điện tử trong hệ thống (trong mạch nạp ắc quy và trong bộ biến đổi DC/AC) đều sử dụng IGBT. Ta chọn Driver cho các IGBT này là một IC chuyên dụng HCPL-316J, đây là loại IC có tích hợp khả năng bảo vệ chống bão hòa cho IGBT.



Hình 5.18. IC chuyên dụng HCPL-316J



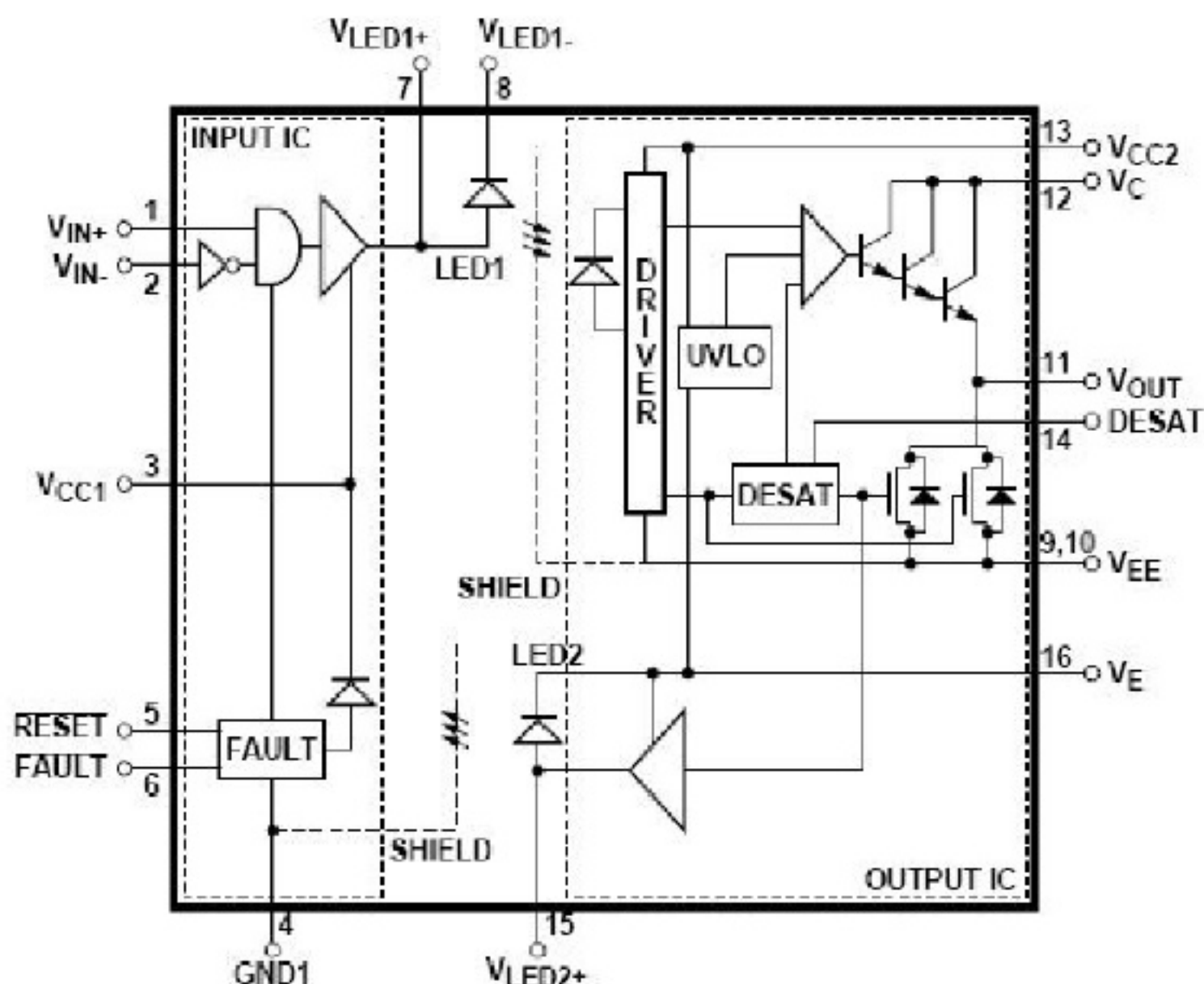
Hình 5.19. Sơ đồ sử dụng IC HCPL-316J

Cực điều khiển của IGBT được cung cấp tín hiệu điều khiển từ đầu ra Vout qua điện trở R_g , với mức điện áp do các nguồn cung cấp $V_{cc2} = 18V$ và $V_{ee} = -5V$. Tín hiệu DESAT, được lấy từ collector qua diode D_{DESAT} qua một mạch lọc tần thấp bằng điện trở 100Ω và tụ $100pF$, đưa vào chân 14 của IC. Mức điện áp ở chân 14 được theo dõi để phát hiện mức độ bão hoà của IGBT. Nếu điện áp này lớn hơn 7V sau khi có tín hiệu điều khiển mở IGBT chứng tỏ có quá dòng điện, mạch xử lý logic khoá mềm Soft Shutdown sẽ phát tín hiệu khoá và tự động tăng điện trở đưa đến cực điều khiển đến cỡ 500Ω , lớn hơn mười lần so với khi khoá, mở thông thường.

Tín hiệu ra Vout và $\overline{\text{Fault}}$ được điều khiển nhờ sự phối hợp giữa Vin, UVLO và tín hiệu Desat. Mỗi quan hệ này được thể hiện ở dưới bảng sau đây:

Bảng 5.4. *Mối quan hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của IC HCPL-316J*

V_{IN+}	V_{IN-}	UVLO ($V_{CC2} - V_E$)	Tín hiệu Desat từ chân 14	Tín hiệu ra Output $\overline{\text{Fault}}$	V_{OUT}
X	X	Active	X	X	Low
X	X	X	Yes	Low	Low
Low	X	X	X	X	Low
X	High	X	X	X	Low
High	Low	Not Active	No	High	High



Hình 5.20. Cấu trúc trong của IC HCPL-316J

Các chân của IC được miêu tả như sau:

V_{IN+}	Tín hiệu điều khiển vào không đảo.
V_{IN-}	Tín hiệu điều khiển vào đảo.
GND	Chân nối đất.
$\overline{\text{RESET}}$	Tín hiệu vào đặt lại $\overline{\text{Fault}}$ là tín hiệu logic mức thấp trong ít nhất $0,1 \mu s$. Tín hiệu này đặt $\overline{\text{Fault}}$ ở mức cao và kích hoạt V_{in} , điều khiển $\overline{\text{RESET}}$ tương ứng và phụ thuộc vào V_{in} . $\overline{\text{RESET}}$ không phụ thuộc vào UVLO. Khi V_{out} ở mức cao thì $\overline{\text{RESET}}$ không có tác dụng.
$\overline{\text{FAULT}}$	Tín hiệu lỗi. Khi điện áp rơi trên Desat > mức điện áp chuẩn 7V thì tín hiệu $\overline{\text{FAULT}}$ sẽ chuyển từ mức cao xuống mức thấp trong vòng $5 \mu s$. Tín hiệu ra lỗi này sẽ được duy trì cho đến khi tín hiệu $\overline{\text{RESET}}$ xuống mức thấp. Đây là một tín hiệu cho phép kết hợp trực tiếp với vi xử lý thông qua một bus đơn.
V_{LED1+}	Là anốt của Led1. Chân này chỉ dùng để test cách ly giữa tín hiệu vào với tín hiệu ra.
V_{LED1-}	Là cathod của Led1. Chân này phải được nối với đất.

Chương 5. Thiết kế và mô phỏng hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

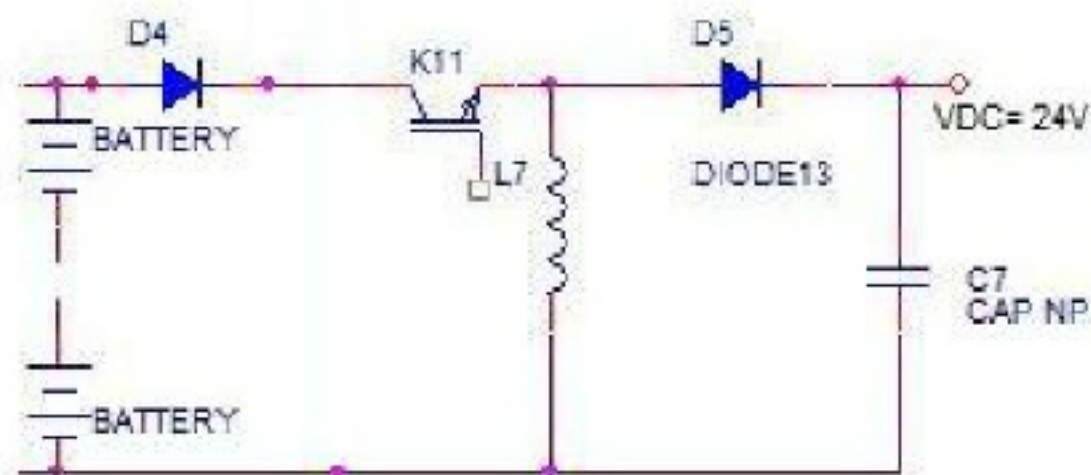
V_E	Chân cấp điện áp vào cực emitter của IGBT.
V_{LED2+}	Anốt của LED2. Chân này chỉ dùng để test cách ly giữa tín hiệu ra với tín hiệu vào.
DESAT	Điện áp chống bão hòa cho IGBT. Nếu điện áp rơi trên DESAT lớn hơn 7V trong khi IGBT đang làm việc thì tín hiệu $\overline{FAULT}$ sẽ chuyển từ trạng thái cao xuống thấp trong vòng 5 μs
V_{cc2}	Cung cấp nguồn điện áp dương.
V_c	Được nối trực tiếp với V_{cc2} hoặc qua một điện trở để giới hạn dòng mở.
V_{out}	Điện áp ra cấp vào cực điều khiển.
V_{ee}	Điện áp cấp ra.

5.8. Giải pháp nguồn

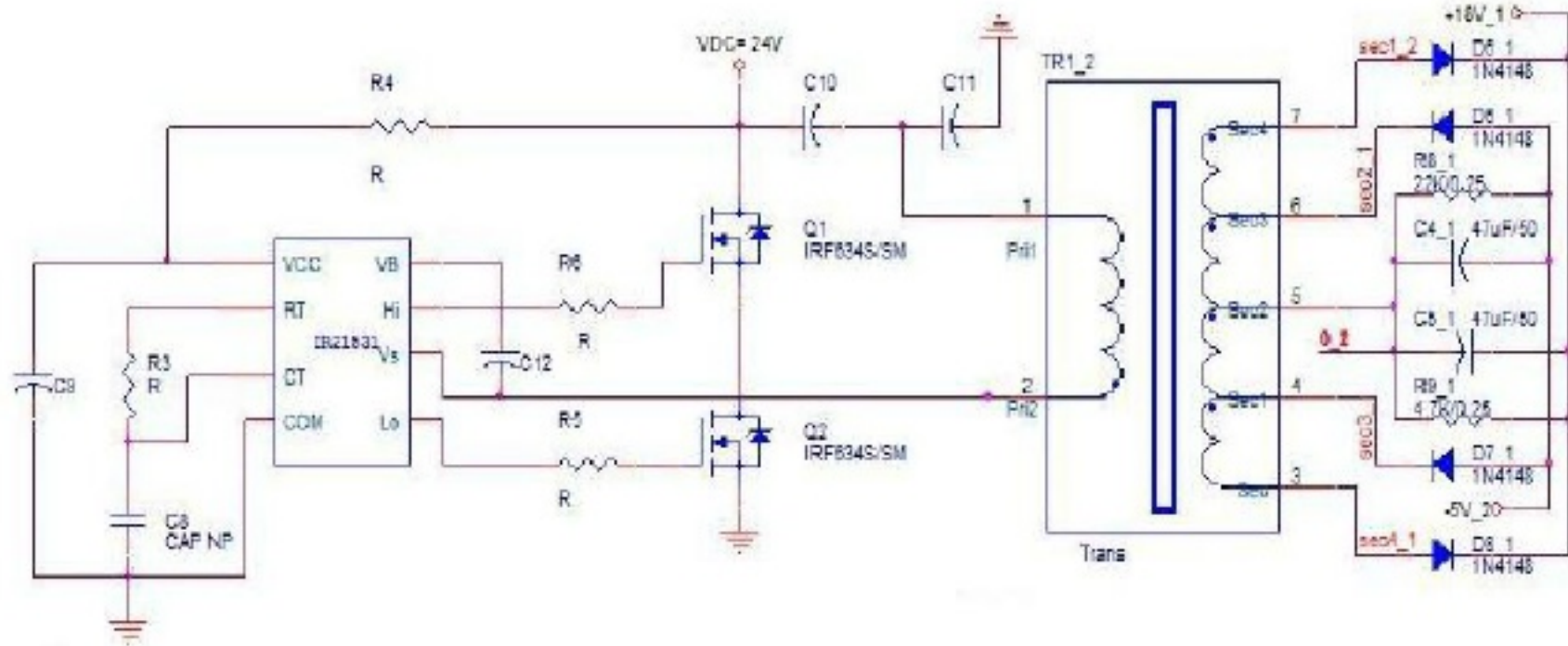
Nguồn điều khiển nhìn chung bao gồm 4 loại phổ biến:

- Nguồn 5V: nguồn nuôi vi điều khiển, đây là nguồn cần chất lượng cao nhất.
- Nguồn $\pm 15V$: Nguồn vi sai là nguồn đối xứng thường cấp cho Opam.
- Nguồn 24V: Nguồn đóng cắt Role.
- Nguồn để cấp cho các Driver. Trong đồ án này, IC điều khiển cho van IGBT cần nguồn cách ly là 18V, 0V và -5V.

Trong đồ án, ta sử dụng điện áp từ ắc quy để tạo thành nguồn cấp cho các Driver dùng bộ Buck để giảm điện áp từ 380,7 đến 405V xuống còn nguồn 24VDC. Sau đó dùng bộ băm xung để tạo ra các mức điện áp phù hợp là 18V, 0V và -5V.

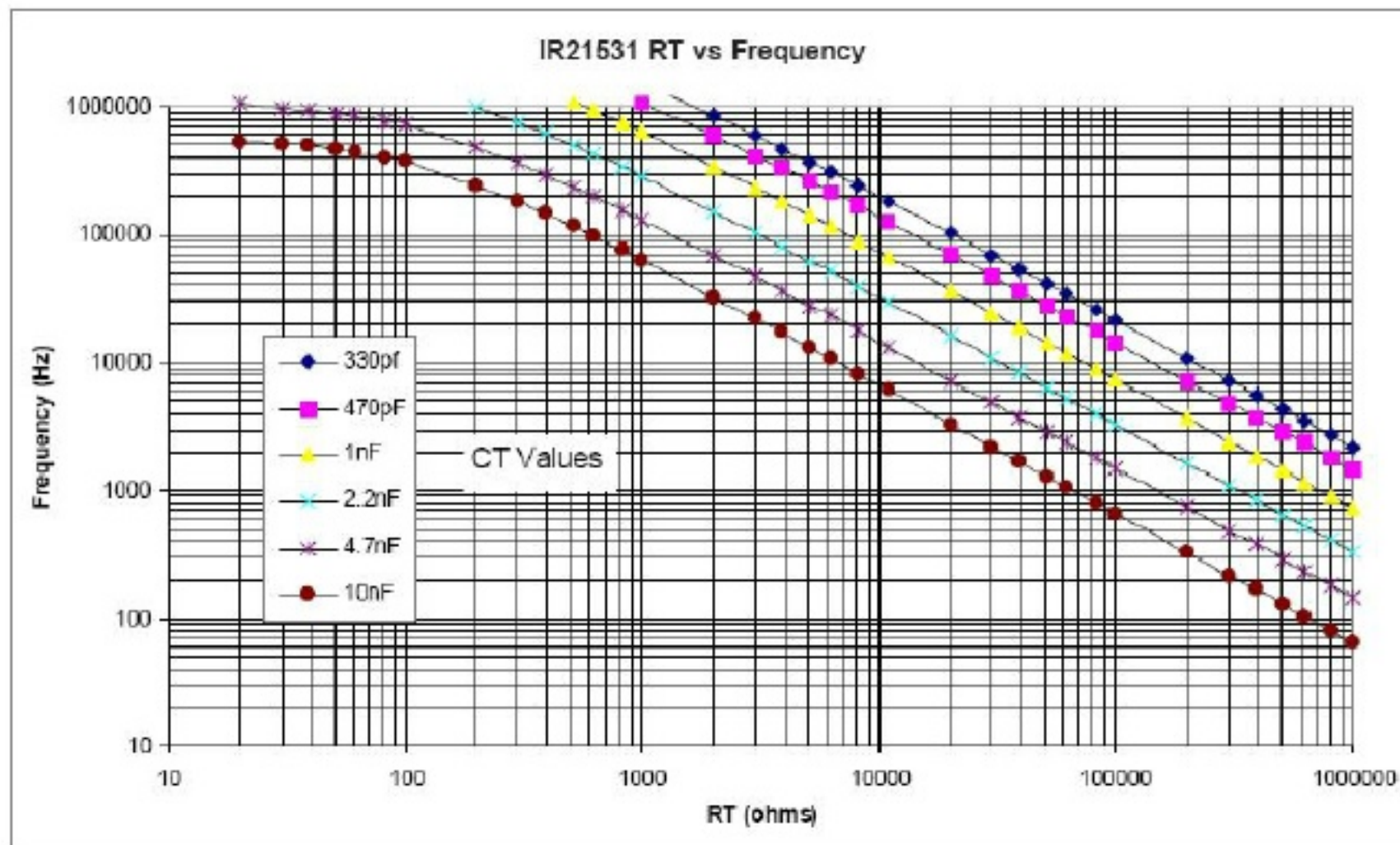


Hình 5.21. Sơ đồ mạch lấy điện áp 24V từ ắc quy



Hình 5.22. Sơ đồ mạch băm xung tạo điện áp 18V, 0V, -5V cấp cho 1 driver

Trong sơ đồ này sử dụng IC IR21531 để băm xung. IC này sử dụng nguồn vào ổn định (24VDC) để nguồn ra tỉ lệ với nguồn vào vì thế IC này còn gọi là nguồn điều khiển cố định.



Hình 5.23. Mối quan hệ giữa giá trị điện trở RT và tần số đóng cắt

Các thông số của IC IR21531 này như sau:

Bảng 5.5. Các thông số định mức của IC IR21531

Ký hiệu	Miêu tả	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Đơn vị
V_B	Điện áp cấp ở mức cao	-0,3	625	V
V_S	Điện áp lệnh ở mức cao	$V_B - 25$	$V_B + 0,3$	
V_{HO}	Điện áp ra mức cao	$V_S - 0,3$	$V_B + 0,3$	
V_{LO}	Điện áp ra mức thấp	-0,3	$V_{CC} + 0,3$	

Chương 5. Thiết kế và mô phỏng hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập

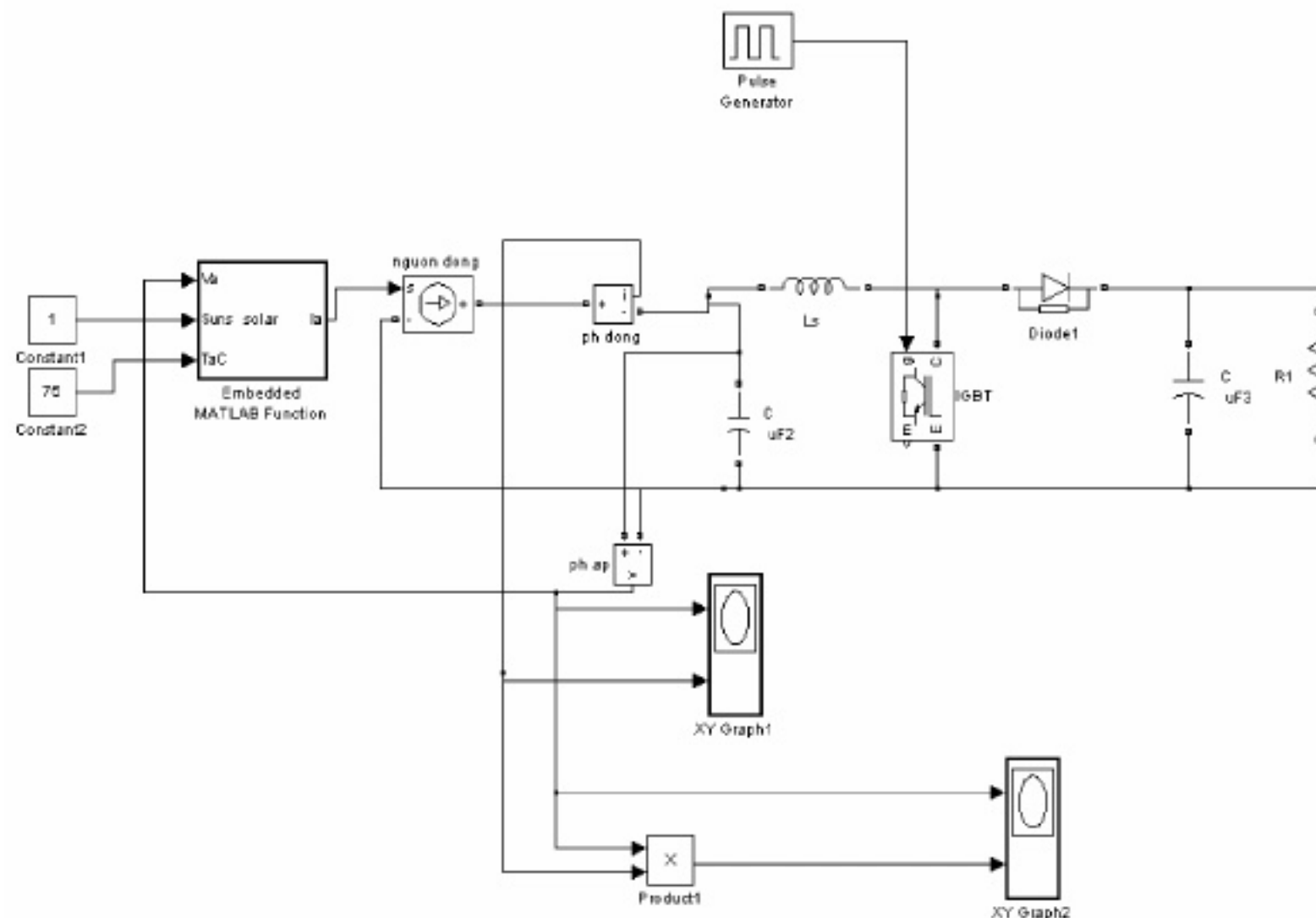
V_{RT}	Điện áp chân R_T	-0,3	$V_{CC} + 0,3$	
V_{CT}	Điện áp chân C_T	-0,3	$V_{CC} + 0,3$	
I_{CC}	Dòng cấp	-	5	mA
I_{RT}	Dòng vào chôn R_T	-5	5	
dV_s/dt	Tốc độ biến thiên điện áp V_s	-50	50	V/ns
P_D	Tổn thất cực đại	-	1,0	W
R_{thJA}	Điện trở nhiệt	-	125	$^{\circ}C/W$
T_J	Nhiệt độ lớp tiếp xúc	-55	150	$^{\circ}C$
T_S	Nhiệt độ bảo quản	-55	150	$^{\circ}C$

5.9. Sử dụng Simulink để mô phỏng vai trò của MPPT trong hệ PV

Ta thực hiện mô phỏng hệ nguồn điện pin mặt trời dùng mạch Boost trong 2 trường hợp:

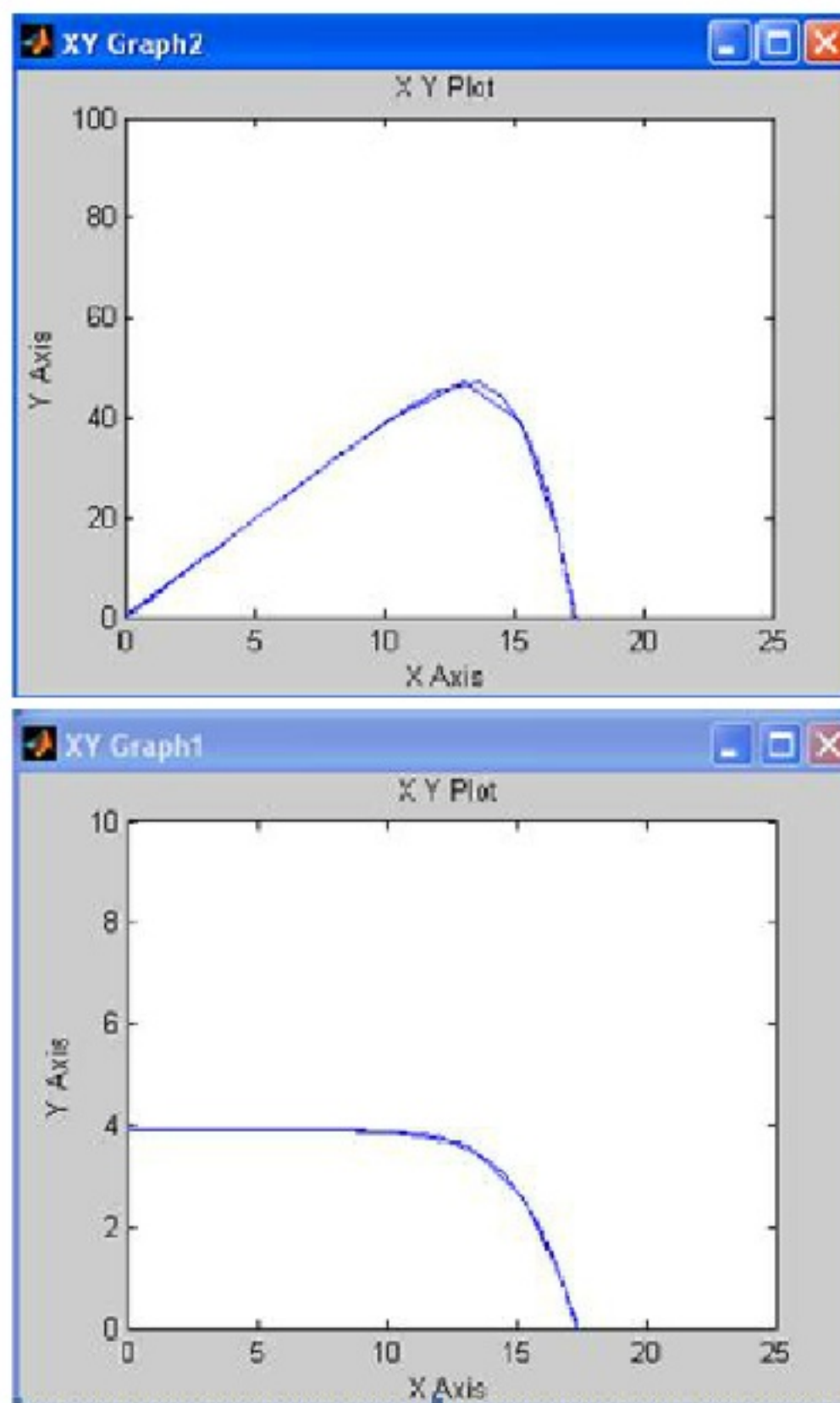
- Trường hợp mạch điều khiển không sử dụng MPPT
- Trường hợp mạch điều khiển dùng thuật toán MPPT

Trường hợp 1: Trường hợp mạch điều khiển không sử dụng MPPT: Chỉ sử dụng một bộ tạo xung để điều khiển đóng cắt khoá điện tử trong mạch Boost. Thử nghiệm với $T = 25$, $G = 1$



Hình 5.24. Sơ đồ mô phỏng hệ pin mặt trời không sử dụng MPPT

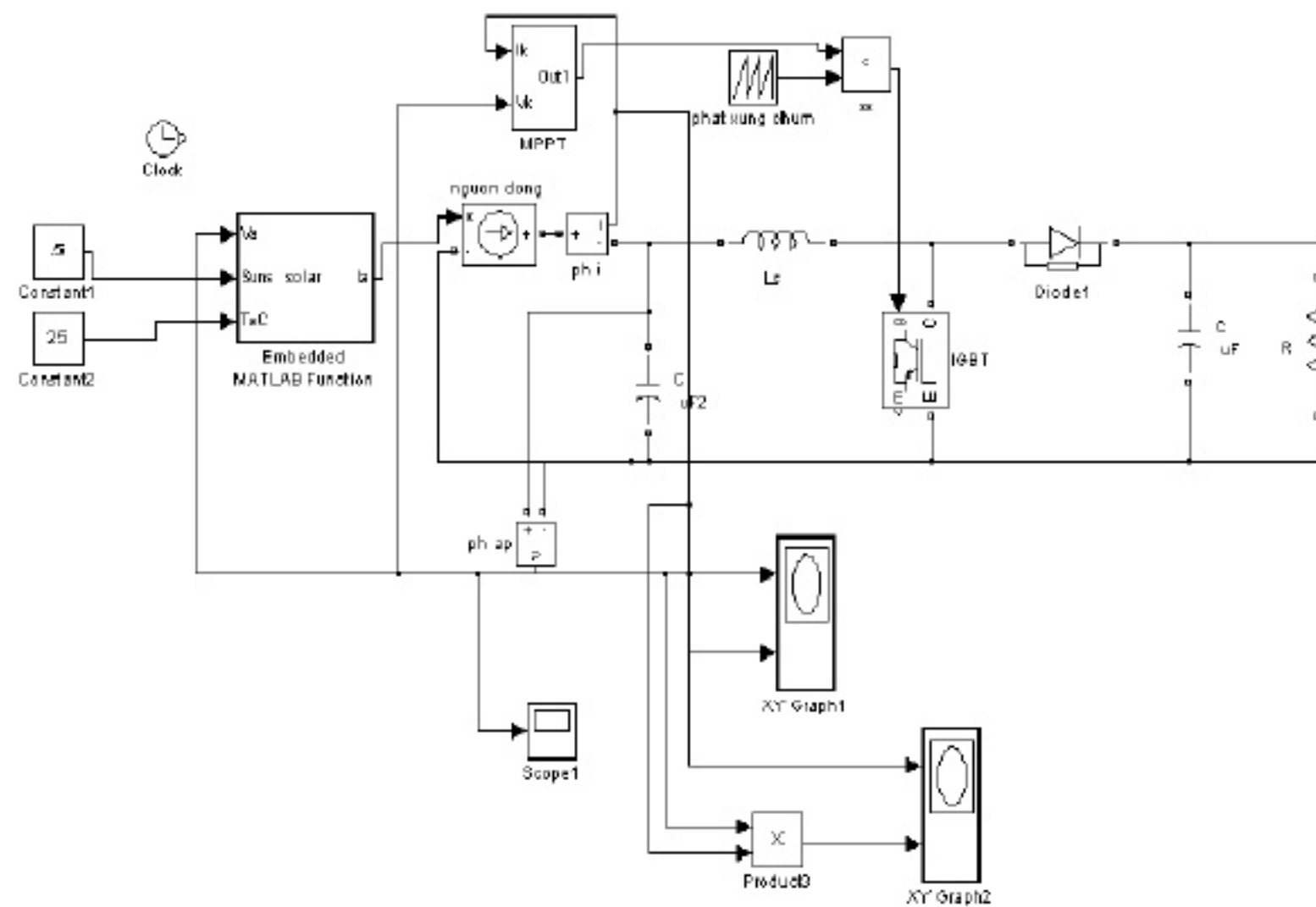
Kết quả là:



Hình 5.25. Đường đặc tính làm việc của pin khi không có MPPT

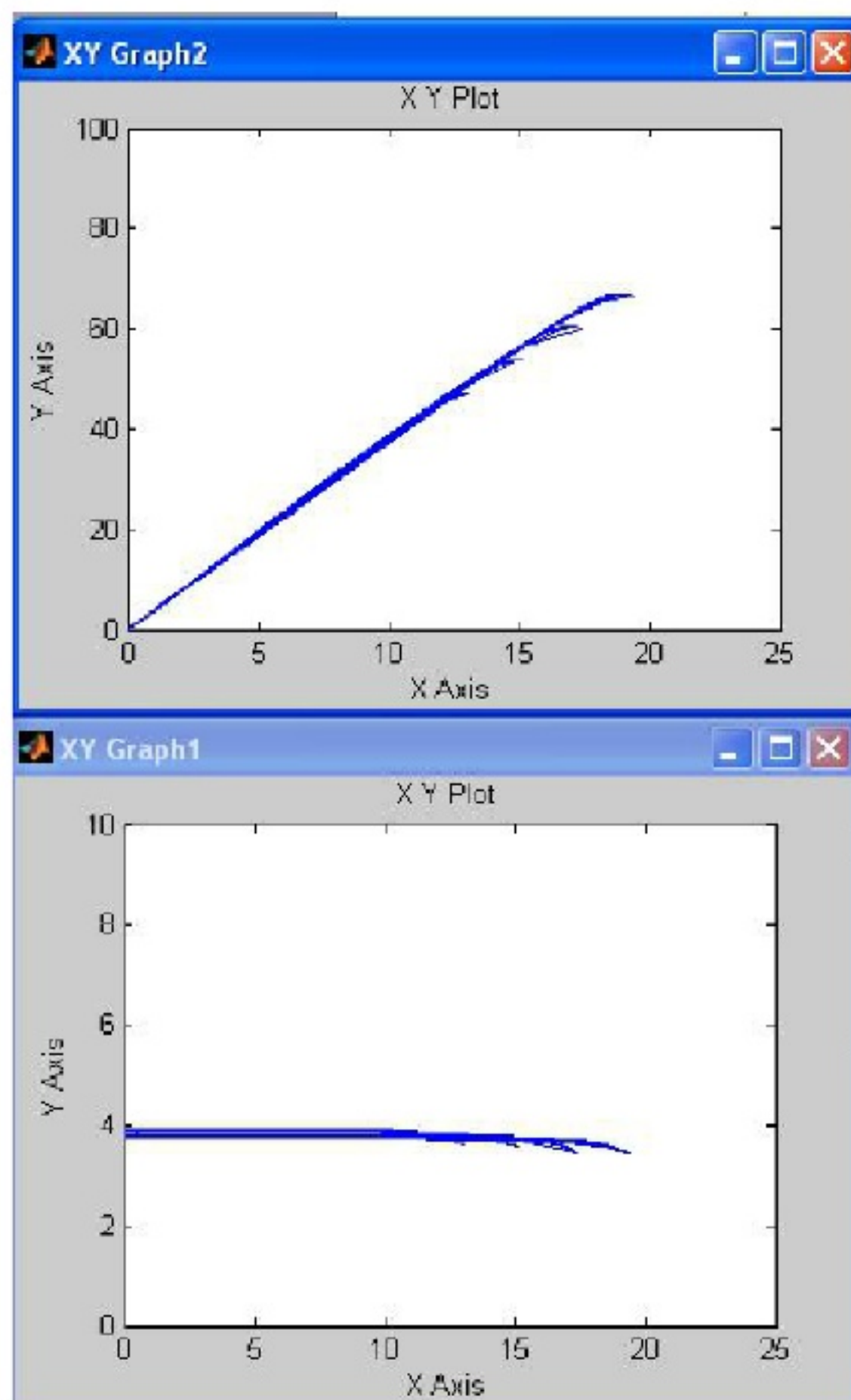
Ta thấy, khi không có MPPT điều khiển điểm làm việc của hệ thống chạy trên toàn bộ đường đặc tính chứ không phải là điểm có công suất lớn nhất như mong muốn.

Trường hợp 2: Sử dụng thuật toán MPPT để điều khiển. Ở đây MPPT sử dụng là thuật toán P&O

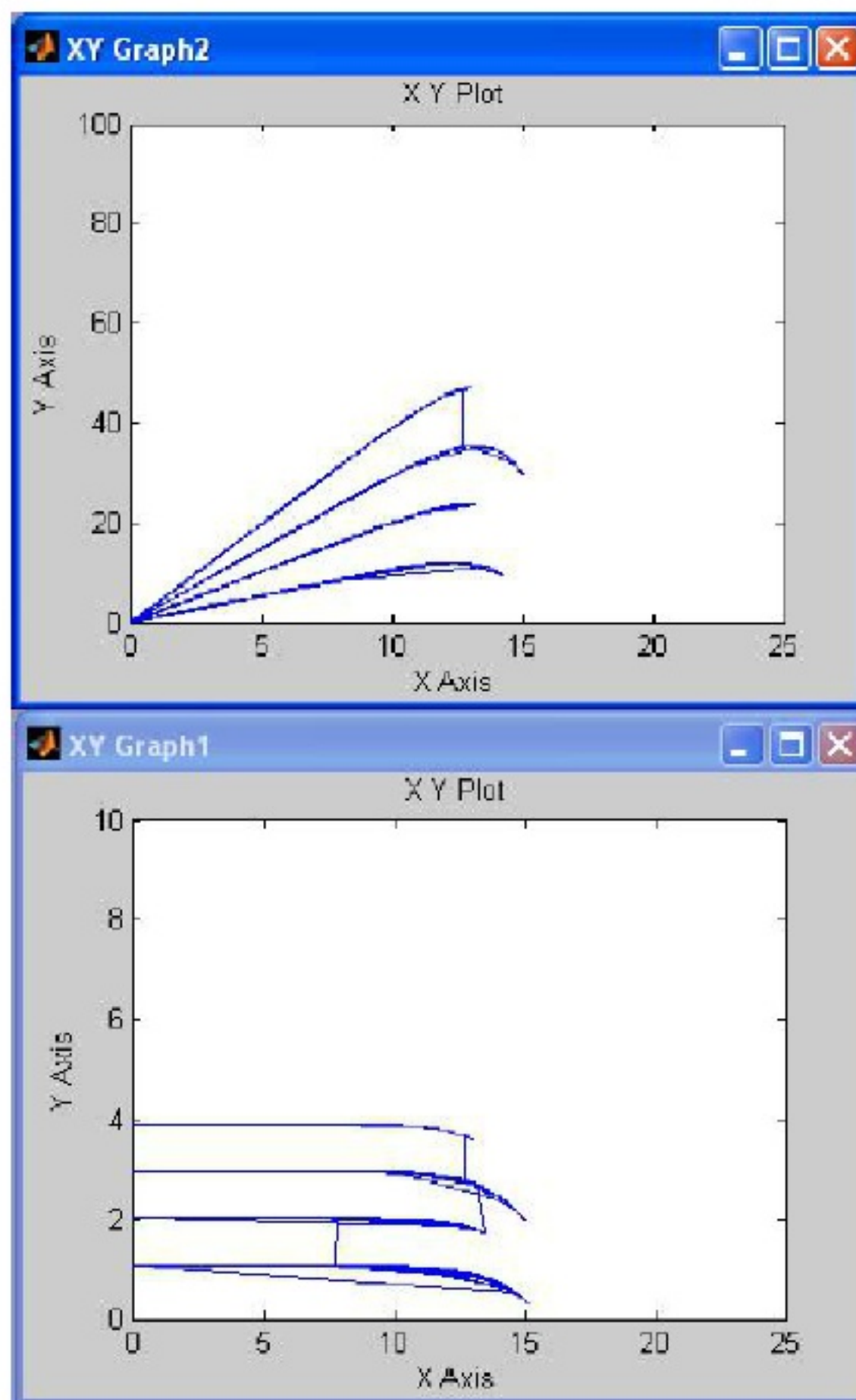


Hình 5.26. Mô phỏng hệ có sử dụng MPPT

Kết quả thu được:



Hình 5.27. Đặc tính làm việc của pin khi có MPPT điều khiển ứng với $G=1$, $T = 0, 25; 50; 75$



Hình 5.28. Đặc tính làm việc của pin khi có MPPT điều khiển ứng với $T=75$, $G=1; 0,75; 0,5; 0,25$

Nhận xét: Khi có MPPT điều khiển, điểm làm việc của hệ pin mặt trời luôn được duy trì dao động xung quanh điểm làm việc có công suất lớn nhất MPP (đây là điều mong muốn). Những đường ngoằn ngoèo trên hình vẽ thể hiện điểm làm việc bị dao động xung quanh điểm MPP.

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Sau một thời gian nghiên cứu, làm việc một cách nghiêm túc, em đã hoàn thành quyền đồ án này đạt được một số mục tiêu đề ra. Đồ án đã trình bày chi tiết một hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập với cấu trúc đầy đủ từ nguồn điện pin mặt trời, thành phần lưu giữ năng lượng, thành phần điều khiển và các bộ biến đổi bán dẫn dùng trong hệ. Nội dung đồ án đã thể hiện chi tiết nguyên lý hoạt động của hệ thống, xây dựng mô hình nguồn điện pin và mô phỏng từng khâu của hệ bằng phần mềm Matlab - Simulink. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình PV nếu dùng mạch điện tương đương có cấu trúc phức tạp sẽ cho sự tương thích với tải trong thực tế tốt.

Việc mô phỏng đã thể hiện rõ ràng được sự phụ thuộc của đặc tính làm việc của pin mặt trời vào sự thay đổi của nhiệt độ và cường độ bức xạ ánh sáng. Đồ án đã mô phỏng được hai thuật toán MPPT áp dụng cho 2 trường hợp thời tiết thay đổi thường gặp trong thực tế (ngày nhiều nắng và ngày nhiều mây) để thấy rõ cách thức làm việc cũng như ưu, nhược điểm của từng phương pháp. Thuật toán INC mặc dù có nhiều ưu điểm khắc phục được những nhược điểm của thuật toán P&O như cho hiệu quả làm việc tốt hơn khi điều kiện thời tiết nhiều mây mưa, thay đổi đột ngột nhưng thuật toán này cũng khó có thể cân bằng về chi tiêu kinh tế ở những hệ thống nhỏ đòi hỏi giảm chi phí lắp đặt vì thuật toán này chỉ có thể điều khiển bằng phương pháp điều khiển sử dụng PI hoặc điều khiển trực tiếp phải cần đến 4 cảm biến để có thể làm việc được tốt nhất.

Do đây là đề tài còn rất mới, khả năng nhận thức còn hạn chế nên đồ án vẫn còn một số khâu chưa hoàn chỉnh, còn nhiều vấn đề còn chưa được đề cập đến như: phương pháp cấp nguồn cho bộ điều khiển, mạch điều khiển tín hiệu cho bộ chuyển đổi A/D, mạch điều khiển cho khoá điện từ trong các bộ biến đổi công suất. Đặc biệt đồ án còn chưa nghiên cứu được nhiều về mạch điều khiển phóng nạp cho ắc quy vì đây cũng là những thành phần quan trọng quyết định đến tính hiệu quả và ứng dụng tiện lợi của hệ thống pin mặt trời. Đồ án mới chỉ mô phỏng được rời rạc từng thành phần trong hệ thống, chưa thể mô phỏng được toàn bộ hệ thống pin mặt trời để có được cái nhìn tổng quan hơn về hoạt động của toàn hệ thống.

Từ những vấn đề trên, em xin đề xuất các mong muốn: tiếp tục nghiên cứu, thiết kế, thử nghiệm mạch điều khiển MPPT có sử dụng bộ vi điều khiển hay điều khiển lập trình tín hiệu số DSP hiện đại, hoàn chỉnh khâu bảo vệ quá trình phóng nạp cho ắc quy, nguồn cấp và mạch điều khiển van để hệ thống pin mặt trời được hoàn thiện để có thể áp dụng trong thực tế.

Em rất mong các thầy cô giáo, các bạn đóng góp cho em những ý kiến, nhận xét quý báu để đồ án này được hoàn thiện hơn nữa.

Kết luận

Qua đây, Em xin chân thành cảm ơn thầy **Trần Trọng Minh** và các thầy cô trong bộ môn Tự động hoá XNCN đã tạo điều kiện, giúp đỡ em hoàn thành bản đồ án này. Em cũng xin gửi lời cảm ơn các cán bộ nghiên cứu trong phòng Điện tử công suất và Truyền động điện thuộc Trung tâm nghiên cứu và triển khai công nghệ cao Hitech đã tận tình hướng dẫn cho em trong suốt thời gian thực hiện.

Hà Nội, ngày 28 tháng 5 năm 2008

Sinh Viên

Lê Thị Thuỳ Linh

PHỤ LỤC

1. Vẽ đặc tính làm việc của pin mặt trời dưới điều kiện nhiệt độ T và cường độ bức xạ thay đổi.

```
% file khai bao ham solar
function Ia=solar(Va,Suns,TaC)
%Ia = solar (Va,G,T) = vector of voltage
%Ia,Va = vector of corriente y voltage
%G = number of Suns (1 Sun = 1000 W/m^2)
%T = Temperature in Celcius.

%constants
q = 1.60218e-19; %elementary charge
k = 1.3806e-23; %Hang so Boltzmann

n = 1.2; %he so khong ly tuong cua diot; n=1 to 2, typically 1.2
Vg = 1.12; %voltage of band-gap; 1.12eV for xtal Si,
           %and 1.75eV for Si amorfo.
Ns = 36; %So te bao pin mac noi tiep trong mot modun pin.

T1 = 273 + 25; %nhiet do chuan @25oC.
Voc_T1 = 21.06/Ns; %Voc@25oC
Isc_T1 = 3.80; %Isc@25oC
T2 = 273 + 75; %T2
Voc_T2 = 17.05/Ns; %Voc@T2
Isc_T2 = 3.92; %Isc@T2

TaK = 273 + TaC; %nhiet do pin, [K]
alpha = (Isc_T2 - Isc_T1)/(T2 - T1);
IL_T1 = Isc_T1 * Suns;
IL = IL_T1 + alpha*(TaK - T1);

I0_T1 = Isc_T1/(exp(q*Voc_T1/(n*k*T1))-1);
I0 = I0_T1*(TaK/T1).^(3/n).*exp(-q*Vg/(n*k).*((1./TaK)-(1/T1)));

Xv = I0_T1*q/(n*k*T1)*exp(q*Voc_T1/(n*k*T1));
dVdI_Voc = -1.15/Ns/2;

Rs = - dVdI_Voc - 1/Xv;
Rsh = 300;

Vt_Ta = n*k*TaK/q;
Vc = Va/Ns;

%Ia = IL - I0.*(exp((Vc+Ia.*Rs)/Vt_Ta)-1) - (Vc+Ia.*Rs)/Rsh;
Ia = zeros(size(Vc));
```

Phụ lục

```
% x[n+1] = x[n]-f(x[n])/f'(x[n])
% where:
%   x[n]=Ia;
%   f(Ia)=Ia-IL+I0*exp{q*(V+I*Rs)/(n*k*T)-1}+(V+I*Rs)/Rsh
%   f'(Ia)=1+I0*(q*Rs/(n*k*T))*exp{q*(V+I*Rs)/(n*k*T)-1}+Rs/Rsh
for j=1:5
    Ia = Ia - (-IL + Ia + ((Vc+Ia*Rs)/Rsh) + I0.*(exp((Vc+Ia.*Rs)/Vt-Ta)-1))./...
        (1 + (Rs/Rsh) + (I0.*(exp((Vc+Ia.*Rs)/Vt-Ta)-1)).*Rs./Vt-Ta);

end %Het vong lap for

end
=====

'kiem tra voi cuong do anh sang thay doi'
for G = 0.25:0.25:1
    V=0:0.1:25;
    I=solar(V,G,25);
    P = V.*I;

    figure(1);
    subplot(2,1,1);
    axis([0,25,0,4]);
    plot(V,I,'r');
    grid on; hold on;

    subplot(2,1,2);
    axis([0,25,0,70]);
    plot(V,P,'b');
    grid on; hold on;

end
'Press any key...'
pause
'Kiem tra voi dieu kien nhiet do thay doi'
for T = 0:25:75
    V=0:0.1:25;
    I=solar(V,1,T);
    P = V.*I;

    figure(2);
    subplot(2,1,1);
    axis([0,25,0,4]);
    plot(V,I,'r');
    grid on; hold on;

    subplot(2,1,2);
    axis([0,25,0,70]);
    plot(V,P,'b');
    grid on; hold on;
```



```
end
```

2. Mô phỏng thuật toán MPPT

```
'xay dung ham tim MPP'
```

```
function [Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC)
```

```
% [Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC)
```

```
% in: G (irradiance, KW/m^2), TaC (temp, deg C)
```

```
% out: Pa_max (maximum power), Imp, Vmp
```

```
% Xac dinh bien ban dau
```

```
Va = 12;
```

```
Pa_max = 0;
```

```
% Start process
```

```
while Va < 48-TaC/8
```

```
Ia = solar(Va,G,TaC);
```

```
Pa_new = Ia * Va;
```

```
if Pa_new > Pa_max
```

```
Pa_max = Pa_new;
```

```
Imp = Ia;
```

```
Vmp = Va;
```

```
end
```

```
Va = Va + .005;
```

```
end
```

```
% Thuat toan P&O
```

```
% Kiem tra trong ngay nang nong
```

```
%
```

```
clear;
```

```
% Xac dinh thong so
```

```
TaC = 25; % Nhiet do pin (deg C)
```

```
C = 0.5; % Buoc tinh dien ap chuan (V)
```

```
% Xac dinh cac thong so voi dieu kien ban dau
```

```
G = 0.028; % Irradiance (1G = 1000W/m^2)
```

```
Va = 26.0; % PV voltage
```

```
Ia = solar(Va,G,TaC); % PV current
```

```
Pa = Va * Ia; % PV output power
```

```
Vref_new = Va + C; % Dien ap chuan moi
```

```
% Set up arrays storing data for plots
```

```
Va_array = [];
```

```
Pa_array = [];
```

```
x = [0:3600:43200];
```

```
y = [0.04 0.15 0.4 0.6 0.82 0.92 1 0.9 0.85 0.55 0.3 0.18 0.1];
```

```
xi = 0:1:43200; % Set points for interpolation
```

```
yi = interp1(x,y,xi,'cubic'); % Do cubic interpolation
```

```
plot(x,y,'o');
```

```
hold on;
```

```
plot(xi,yi);
```

```
% Lay mẫu 43200 giây (12 hours)
```

```
for Sample = 1:43200;
```

```
% Doc G
```

Phụ lục

```
G = yi(Sample);
% Doc gia tri do moi
Va_new = Vref_new;
Ia_new = solar(Vref_new,G,TaC);
% Calculate new Pa
Pa_new = Va_new * Ia_new;
deltaPa = Pa_new - Pa;
% P&O bat dau
if deltaPa > 0
if Va_new > Va
Vref_new = Va_new + C; % Increase Vref
else
Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref
end
elseif deltaPa < 0
if Va_new > Va
Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref
else
Vref_new = Va_new + C; %Increase Vref
end
else
Vref_new = Va_new; % No change
end
% Update history
Va = Va_new;
Pa = Pa_new;
% luu giu so lieu de ve
Va_array = [Va_array Va];
Pa_array = [Pa_array Pa];
end
% Plot result
figure
plot (Va_array, Pa_array, 'g')
% Overlay with P-I curves and MPP
Va = linspace (0, 45, 200);
hold on
for G=.2:.2:1
Ia = solar(Va, G, TaC);
Pa = Ia.*Va;
plot(Va, Pa)
[Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);
plot(Vmp, Pa_max, 'r*')
end
title('P&O Algorithm')
xlabel('Module Voltage (V)')
ylabel('Module Output Power (W)')
axis([0 25 0 70])
%gtext('1000W/m^2')
%gtext('800W/m^2')
%gtext('600W/m^2')
```


Phụ lục

```
%gtext('400W/m^2')
%gtext('200W/m^2')
hold off
=====
% Kiem tra P&O
% Kiem tra trong ngay nhieu may
%
clear;
% Xac dinh hang so
TaC = 25; % Cell temperature (deg C)
C = 0.5; % Step size for ref voltage change (V)
% Xac dinh thong so ban dau
G = 0.028; % Irradiance (1G = 1000W/m^2)
Va = 26.0; % PV voltage
Ia = solar(Va,G,TaC); % PV current
Pa = Va * Ia; % PV output power
Vref_new = Va + C; % New reference voltage
%Luu giu so lieu de ve
Va_array = [];
Pa_array = [];

x = [0:3600:43200];
y = [0.05 0.2 0.41 0.35 0.38 0.3 0.2 0.29 0.75 0.62 0.28 0.18 0.1];
xi = 0:1:43200; % Set points for interpolation
yi = interp1(x,y,xi,'cubic'); % Do cubic interpolation
plot(x,y,'o');
hold on;
plot(xi,yi);
% Take 43200 samples (12 hours)
for Sample = 1:43200;
% Read irradiance value
G = yi(Sample);
% Take new measurements
Va_new = Vref_new;
Ia_new = solar(Vref_new,G,TaC);
% Calculate new Pa
Pa_new = Va_new * Ia_new;
deltaPa = Pa_new - Pa;
% P&O Algorithm starts here
if deltaPa > 0
if Va_new > Va
Vref_new = Va_new + C; % Increase Vref
else
Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref
end
elseif deltaPa < 0
if Va_new > Va
Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref
else
Vref_new = Va_new + C; %Increase Vref
```

Phụ lục

```
end
else
Vref_new = Va_new; % No change
end
% Update history
Va = Va_new;
Pa = Pa_new;
% Store data in arrays for plot
Va_array = [Va_array Va];
Pa_array = [Pa_array Pa];
end
% Plot result
figure
plot (Va_array, Pa_array, 'g')
% Overlay with P-I curves and MPP
Va = linspace (0, 45, 200);
hold on
for G=.2:.2:1
Ia = solar(Va, G, TaC);
Pa = Ia.*Va;
plot(Va, Pa)
[Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);
plot(Vmp, Pa_max, 'r*')
end
title('P&O Algorithm')
xlabel('Module Voltage (V)')
ylabel('Module Output Power (W)')
axis([0 25 0 70])
%gtext('1000W/m^2')
%gtext('800W/m^2')
%gtext('600W/m^2')
%gtext('400W/m^2')
%gtext('200W/m^2')
hold off
=====
% Kiem tra thuat toan INC
% Kiem tra voi thoi tiet nhieu nang
clear;
% Define constants
TaC = 25; % Cell temperature (deg C)
C = 0.5; % Step size for ref voltage change (V)
E = 0.002; % Maximum dI/dV error
% Define variables with initial conditions
G = 0.045; % Irradiance (1G = 1000W/m^2)
Va = 27.2; % PV voltage
Ia = solar(Va,G,TaC); % PV current
Pa = Va * Ia; % PV output power
Vref_new = Va + C; % New reference voltage
% Set up arrays storing data for plots
Va_array = [];
```


Phụ lục

```
Pa_array = [];  
Pmax_array = [];  
x = [0:3600:43200];  
y = [0.05 0.15 0.4 0.6 0.82 0.92 1 0.9 0.85 0.55 0.3 0.18 0.1];  
xi = 0:1:43200; % Set points for interpolation  
yi = interp1(x,y,xi,'cubic');  
plot(x,y,'o');  
hold on;  
plot(xi,yi);  
% Take 43200 samples (12 hours)  
for Sample = 1:43200;  
    G = yi(Sample);  
    % Take new measurements  
    Va_new = Vref_new;  
    Ia_new = solar(Vref_new,G,TaC);  
    % Calculate incremental voltage and current  
    deltaVa = Va_new - Va;  
    deltaIa = Ia_new - Ia;  
    % incCond Algorithm starts here  
    if deltaVa == 0  
        if deltaIa == 0  
            Vref_new = Va_new; % No change  
        elseif deltaIa > 0  
            Vref_new = Va_new + C; % Increase Vref  
        else  
            Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref  
        end  
    else  
        if abs(deltaIa/deltaVa + Ia_new/Va_new) <= E  
            Vref_new = Va_new; % No change  
        else  
            if deltaIa/deltaVa > -Ia_new/Va_new + E  
                Vref_new = Va_new + C; % Increase Vref  
            else  
                Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref  
            end  
        end  
    end  
end  
% Calculate theoretical max  
[Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);  
% Update history  
Va = Va_new;  
Ia = Ia_new;  
Pa = Va_new * Ia_new;  
% Store data in arrays for plot  
Va_array = [Va_array Va];  
Pa_array = [Pa_array Pa];  
Pmax_array = [Pmax_array Pa_max];  
end  
% Total electric energy: theoretical and actual
```

Phụ lục

```
Pth = sum(Pmax_array)/3600;
Pact = sum(Pa_array)/3600;
% Plot result
figure
plot (Va_array, Pa_array, 'g')
% Overlay with P-V curves and MPP
Va = linspace (0, 45, 200);
hold on
for G=.2:.2:1
Ia = solar(Va, G, TaC);
Pa = Ia.*Va;
plot(Va, Pa)
[Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);
plot(Vmp, Pa_max, 'r*')
end
title('incCond Method')
xlabel('Module Voltage (V)')
ylabel('Module Output Power (W)')
axis([0 25 0 70])
%gtext('1000W/m^2')
%gtext('800W/m^2')
%gtext('600W/m^2')
%gtext('400W/m^2')
%gtext('200W/m^2')
hold off

=====

% Kiem tra thuat toan INC
% Kiem tra voi thoi tiet nhieu may
%
clear;
% Define constants
TaC = 25; % Cell temperature (deg C)
C = 0.5; % Step size for ref voltage change (V)
E = 0.002; % Maximum dI/dV error
% Define variables with initial conditions
G = 0.045; % Irradiance (1G = 1000W/m^2)
Va = 27.2; % PV voltage
Ia = solar(Va,G,TaC); % PV current
Pa = Va * Ia; % PV output power
Vref_new = Va + C; % New reference voltage
% Set up arrays storing data for plots
Va_array = [];
Pa_array = [];
Pmax_array = [];
% Load irradiance data
x = [0:3600:43200];
y = [0.05 0.2 0.41 0.35 0.38 0.3 0.2 0.29 0.75 0.62 0.28 0.18 0.1];
xi = 0:1:43200; % Set points for interpolation
yi = interp1(x,y,xi,'cubic');
```


Phụ lục

```
plot(x,y,'o');
hold on;
plot(xi,yi);
for Sample = 1:43200;
    G = yi(Sample);
    % Take 43200 samples (12 hours)
    %for Sample = 1:43.2e+3
    % Read irradiation value
    %G = yi(Sample);
    % Take new measurements
    Va_new = Vref_new;
    Ia_new = solar(Vref_new,G,TaC);
    % Calculate incremental voltage and current
    deltaVa = Va_new - Va;
    deltaIa = Ia_new - Ia;
    % incCond Algorithm starts here
    if deltaVa == 0
    if deltaIa == 0
        Vref_new = Va_new; % No change
    elseif deltaIa > 0
        Vref_new = Va_new + C; % Increase Vref
    else
        Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref
    end
    else
    if abs(deltaIa/deltaVa + Ia_new/Va_new) <= E
        Vref_new = Va_new; % No change
    else
    if deltaIa/deltaVa > -Ia_new/Va_new + E
        Vref_new = Va_new + C; % Increase Vref
    else
        Vref_new = Va_new - C; % Decrease Vref
    end
    end
    end
    % Calculate theoretical max
    [Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);
    % Update history
    Va = Va_new;
    Ia = Ia_new;
    Pa = Va_new * Ia_new;
    % Store data in arrays for plot
    Va_array = [Va_array Va];
    Pa_array = [Pa_array Pa];
    Pmax_array = [Pmax_array Pa_max];
    end
    % Total electric energy: theoretical and actual
    Pth = sum(Pmax_array)/3600;
    Pact = sum(Pa_array)/3600;
    % Plot result
```

Phụ lục

```
figure
plot (Va_array, Pa_array, 'g')
% Overlay with P-V curves and MPP
Va = linspace (0, 45, 200);
hold on
for G=.2:.2:1
Ia = solar(Va, G, TaC);
Pa = Ia.*Va;
plot(Va, Pa)
[Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);
plot(Vmp, Pa_max, 'r*')
end
title('incCond Method')
xlabel('Module Voltage (V)')
ylabel('Module Output Power (W)')
axis([0 25 0 70])
%gtext('1000W/m^2')
%gtext('800W/m^2')
%gtext('600W/m^2')
%gtext('400W/m^2')
%gtext('200W/m^2')
hold off
```

3. Mô phỏng phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra.

```
% po_dutyCycle2Test2:
% Dung thuật toán P&O
%
clear;
% Define constants
TaC = 25; % Cell temperature (deg C)
Rload = 6; % Resistive Load (Ohms)
deltaD = .0035; % Step size for Duty Cycle change (.35%)
% Define variables with initial conditions
G = .1; % Irradiance (1 G = 1000W/m^2)
D = .22; % Duty Cycle, D(k+1), (0.1 Min, 0.6 Max)
D_k_1 = .22; % Duty Cycle, D(k-1), (0.1 Min, 0.6 Max)
Va_k_1 = 0; % PV voltage, Va(k-1)
Pa_k_1 = 0; % PV output power, Pa(k-1)
Vo_k_1 = 0;
Io_k_1 = 0;
Po_k_1 = 0;
% Set up arrays storing data for plots
Va_array = [];
Ia_array = [];
Pa_array = [];
Vo_array = [];
Io_array = [];
Po_array = [];
D_array = [];
% Take 3600 samples
```


Phụ lục

```
for Sample = 1:3600
% Read present value of duty cycle
D_k = D;
% Calculate input impedance of ideal Boost converter (Rin)
Rin = (1-D_k)^2 * Rload;
% Locate the operating point of PV module and
% calculate its voltage, current, and power
f = @(x) x - Rin*solar(x,G,TaC);
Va_k = fzero (f, [0, 45]);
Ia_k = solar(Va_k,G,TaC);
Pa_k = Va_k * Ia_k;
% Measure the outputs for ideal Boost converter
Vo_k = 1/(1-D_k) * Va_k;
Io_k = (1-D_k)* Ia_k;
% Calculate new Po and deltaPo
Po_k = Vo_k * Io_k;
deltaPo = Po_k - Po_k_1;
% Output voltage and current protection (30V/5A Max)
if (Vo_k > 30.6) | (Io_k > 5.1) % '2%' margin added
if deltaPo >= 0
if D_k > D_k_1
D = D_k - deltaD; % Decrease duty cycle
else
D = D_k + deltaD; % Increase duty cycle
end
else
if D_k > D_k_1
D = D_k + deltaD; % Increase duty cycle
else
D_k = D_k - deltaD; % Decrease duty cycle
end
end
elseif (Vo_k > 30) | (Io_k > 5)
D = D_k; % No change
elseif D_k < .1
D = .1; % Set minimum duty cycle
elseif D_k > .6
D = .6; % Set maximum duty cycle
else
% P&O Algorithm starts here
if deltaPo > 0
if D_k > D_k_1
D = D_k + deltaD; % Increase duty cycle
else
D = D_k - deltaD; % Decrease duty cycle
end
elseif deltaPo < 0
if D_k > D_k_1
D = D_k - deltaD; % Decrease duty cycle
else
```

Phụ lục

```
D = D_k + deltaD; % Increase duty cycle
end
else
D = D_k; % No change
end
end
% Update history
Va_k_1 = Va_k;
Ia_k_1 = Ia_k;
Pa_k_1 = Pa_k;
Vo_k_1 = Vo_k;
Io_k_1 = Io_k;
Po_k_1 = Po_k;
D_k_1 = D_k;
% Store data in arrays for plots
Va_array = [Va_array Va_k];
Ia_array = [Ia_array Ia_k];
Pa_array = [Pa_array Pa_k];
Vo_array = [Vo_array Vo_k];
Io_array = [Io_array Io_k];
Po_array = [Po_array Po_k];
D_array = [D_array D_k];
% Increase insolation until G=1
if (Sample > 20) & (G < 1)
G = G + .0003;
end
% Goto next sample
end
% Functions to plot
figure(1)
plot (Va_array, Pa_array, 'g')
% Overlay with P-V curves and MPP
Va = linspace (0, 45, 200);
hold on
for G=.2:.2:1
Ia = solar(Va, G, TaC);
Pa = Ia.*Va;
plot(Va, Pa)
[Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);
plot(Vmp, Pa_max, 'r*')
end
title('(a) PV Power vs. Voltage')
xlabel('Module Voltage (V)')
ylabel('Module Output Power (W)')
axis([0 25 0 70])
hold off
figure(2)
plot (Va_array, Ia_array, 'g')
% Overlay with I-V curves and MPP
hold on
```


Phụ lục

```
for G=.2:.2:1
Ia = solar(Va, G, TaC);
plot(Va, Ia)
[Pa_max, Imp, Vmp] = find_mpp(G, TaC);
plot(Vmp, Imp, 'r*')
end
title('(b) PV Current vs. Voltage')
xlabel('Module Voltage (V)')
ylabel('Module Current(A)')
axis([0 25 0 4])
hold off
figure(3)
plot (D_array, Po_array, 'b')
title('(c) Output Power vs. Duty Cycle')
xlabel('Duty Cycle')
ylabel('Output Power (W)')
axis([0 0.6 0 70])
figure(4)
plot (Vo_array, Io_array, 'g.')
hold on
Vo = linspace (0, 35, 200);
Io = Vo ./ Rload;
plot (Vo, Io)
title('(d) Output Current vs. Voltage')
xlabel('Output Voltage (V)')
ylabel('Output Current (A)')
axis([0 25 0 4])
hold off
```

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Mukund R. Patel, Ph.D., P.E - **Wind and Solar Power Systems**
2. Ryan C. Campbell, *IEEE* - **A Circuit – based Photovoltaic Array Model for Power System Studies**
3. Francisco M. Gonzalez – Longatt - **Model of Photovoltaic Module in MatlabTM**
4. Chihchiang Hua and Chihming Shen Department of Electrical Engineering National Yunlin University of Science & Technology - **Comparative Study of Peak Power Tracking Techniques for Solar Storage System**
5. K.H.Hussein, I.Muta, T. Hoshino, M. Osakada - **Maximum photovoltaic power tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions**
6. Tài liệu về ắc quy của hãng Power PS Sonic
7. Bangyin Liu, Shanxu Duan, 93Fei Liu, and Pengwei Xu – **Analysis and Improvement of Maximum Power Point Tracking Algorithm Based on Incremental Conductance Method for Photovoltaic Array** - *College of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, P.R China*

8. – Hardik P.Desai*, and H.K Patel **- **Maximum Power Point Algorithm in PV Generation: An Overview**
9. Thầy Nguyễn Phùng Quang - **Matlab Simulink**
10. PGS.TS. Đặng Đình Thống – **Pin mặt trời và ứng dụng** – Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
11. Phạm Quốc Hải – **Hướng dẫn thiết kế mạch điện tử công suất** – Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội
12. Hart, Daniel W. **Introduction to Power Electronics** Prentice Hall Inc. 1996
13. John Wiley & Sons Ltd, 2002 **Modelling Photovoltaic Systems, Using Pspice**
14. Enslin, John H., Mario S.Wolf, Daniel B.Snyman, & Wernher Swiegers, **Integrated Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Converter**, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol.44, No6 December 1997
15. Hohm, D.P. & M.E. Ropp “**Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Algorithms**” *Progressing in Photovoltaics: Research and Applications* November 2002
16. Kyocera Solar Inc. **Solar Water Pump Applications Guide** 2001
17. Walker, Geoff R. “**Evaluating MPPT converter topologies using a MATLAB PV model**” *Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC ‘00, Brisbane, 2000*