

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG**



ISO 9001:2015

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH : ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Đoàn Công Minh

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Ngô Quang Vĩ

HẢI PHÒNG – 2020

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG**

**NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI ĐI SÂU TÌM HIỂU THUẬT
TOÁN P&O BÁM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI CHO
PIN MẶT TRỜI**

**TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH: ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP**

**Sinh viên : Đoàn Công Minh
Giảng viên hướng dẫn: ThS. Ngô Quang Vĩ**

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên: Đoàn Công Minh

Mã SV : 1412101047

Lớp : DC 2001

Ngành : Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài: Năng lượng mặt trời đi sâu tìm hiểu thuật toán P&O bám
điểm công suất cực đại cho pin mặt trời

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các tài liệu, số liệu cần thiết

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp

.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên :

Học hàm, học vị :

Cơ quan công tác : Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn:

.....
.....
.....

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 30 tháng 03 năm 2020

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 30 tháng 06 năm 2020

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

Giảng viên hướng dẫn

Hải Phòng, ngày tháng năm 2020

HIỆU TRƯỞNG

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên: Ngô Quang Vĩ

Đơn vị công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên:.....**Chuyên ngành:**.....

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

.....
.....
.....
.....

2. Đánh giá chất lượng của đề án/khóa luận(so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

.....
.....
.....

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2020

Giảng viên hướng dẫn

(ký và ghi rõ họ tên)

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN CHẤM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:.....

Đơn vị công tác:.....

Họ và tên sinh viên:**Chuyên ngành:**.....

Đề tài tốt nghiệp:

.....

1. Phần nhận xét của giảng viên chấm phản biện

.....

.....

.....

.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2020

Giảng viên chấm phản biện

(ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI.....	3
1.1. Tổng quan	3
1.2. Giới thiệu về pin mặt trời	3
1.2.1. Định nghĩa.....	3
1.2.2. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động pin mặt trời	4
1.2.3. Hiệu suất của pin mặt trời.....	5
1.2.4. Ưu nhược điểm của hệ thống pin mặt trời.....	6
1.2.5. Ứng dụng của pin mặt trời	6
1.2.6. Đặc tính làm việc của pin mặt trời.....	8
1.2.7. Những yếu tố bên ngoài ảnh hưởng đến pin mặt trời	13
1.3. Các phương pháp phổ biến dò tìm công suất cực đại.....	16
1.3.1. Phương pháp điện áp hằng số	16
1.3.2. Phương pháp điện dẫn gia tăng INC.....	17
1.3.3. Chọn giải thuật dò tìm công suất cực đại	18
CHƯƠNG 2: THUẬT TOÁN BẮM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI	19
2.1. Giới thiệu chung	19
2.2. Nguyên lý dung hợp tải	21
2.3. Thuật toán xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất MPPT	24
2.4. Phương pháp nhiễu loạn và quan sát P&O (Perturb and observe)	25
2.5. Phương pháp điều khiển MPPT	27
2.5.1. Phương pháp điều khiển PI.....	27
2.5.2. Phương pháp điều khiển trực tiếp.....	30
2.5.3. Phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra	33
2.6. Giới hạn của MPPT	34

2.7. Điều chế độ rộng xung (PWM)	35
CHƯƠNG 3: BỘ BIẾN ĐỔI DC-DC	38
3.1. Bộ biến đổi DC-DC	38
3.2. Bộ biến đổi DC-DC tăng áp (Boost converter)	38
CHƯƠNG 4: MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BÁM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI THUẬT TOÁN P&O VỚI PHẦN MỀM MATLAB.....	46
4.1. Phần mềm matlab	46
4.2. Các thông số của hệ thống pin năng lượng mặt trời.....	47
4.2.1. Thông số của pin năng lượng mặt trời.....	47
4.2.2. Thông số của bộ biến đổi DC-DC tăng áp.....	47
4.3. Mô phỏng và kết quả mô phỏng hệ thống pin năng lượng mặt trời	47
KẾT LUẬN	56

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT

PV (PhotoVotaic) : Pin quang điện

MPPT (Maximum Power Point Tracking) : Dò tìm điểm cực đại

P&O (Perturb and Observe) : Phương pháp nhiễu loạn và quan sát

INC (Incremental Conductance) : Phương pháp điện dẫn giai tăng

LỜI MỞ ĐẦU

Nhu cầu về năng lượng trong thời đại khoa học kỹ thuật không ngừng gia tăng. Tuy nhiên các nguồn năng lượng truyền thống đang được khai thác như : than đá, dầu mỏ, khí đốt, khí thiên nhiên và ngay cả thủy điện...đang ngày càng cạn kiệt. Không những thế chúng còn có tác hại xấu đối với môi trường như: gây ra ô nhiễm môi trường, ô nhiễm tiếng ồn, mưa axit, trái đất ấm dần lên, thủng tầng ozon... Do đó, việc tìm ra và khai thác các nguồn năng lượng mới như năng lượng hạt nhân, năng lượng địa nhiệt, năng lượng gió và năng lượng mặt trời là rất cần thiết.

Việc nghiên cứu năng lượng mặt trời ngày càng thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu, nhất là trong tình trạng thiếu hụt nghiêm trọng năng lượng hiện nay. Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng sạch, dồi dào, hoàn toàn miễn phí, không gây ô nhiễm môi trường và không gây ô nhiễm tiếng ồn ... Hiện nay, năng lượng mặt trời đã dần dần đi vào cuộc sống của con người, chúng được áp dụng khá rộng rãi trong dân dụng và trong công nghiệp dưới nhiều hình thức khác nhau.

Pin mặt trời có rất nhiều các ưu điểm ưu việt nhưng giá thành của tấm pin mặt trời còn đắt nên việc tăng hiệu suất và kéo dài tuổi thọ của pin trở thành một vấn đề rất quan trọng. Để tăng hiệu suất và kéo dài tuổi thọ của pin thì cần phải để hệ thống pin năng lượng mặt trời hoạt động ổn định tại điểm có công suất cực đại. Bởi vì, điều kiện tự nhiên bao gồm bức xạ mặt trời và nhiệt độ lại luôn thay đổi nên điểm làm cho hệ thống có công suất cực đại cũng thay đổi theo. Vì vậy, cần có một phương pháp nào đó để theo dõi được sự di chuyển của điểm có công suất cực đại và áp đặt cho hệ thống làm việc tại đó. Do đó nên em đã chọn đề tài: “ **Năng lượng mặt trời đi sâu tìm hiểu thuật toán P&O bám điểm công suất cực đại** ”. Đề tài này được trình bày trong 4 chương:

- Chương 1 : Tổng quan về hệ thống pin năng lượng mặt trời.
- Chương 2 : Thuật toán bám điểm công suất cực đại.
- Chương 3 : Bộ biến đổi DC-DC.
- Chương 4 : Mô phỏng thuật toán bám điểm công suất cực đại P&O với phần mềm Matlab.

Trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp, em đã cố gắng tìm tòi, học hỏi và nghiên cứu kiến thức để hoàn thành bản đồ án. Do kinh nghiệm và kiến thức của bản thân còn nhiều hạn chế nên báo cáo đồ án tốt nghiệp này của em

khó tránh khỏi những thiếu sót. Vậy em rất mong nhận được sự góp ý từ phía thầy cô để em hoàn thiện thêm kiến thức cho bản thân.

Qua đây em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới thầy giáo ThS. Ngô Quang Vĩ đã hướng dẫn và giúp đỡ em trong suốt quá trình làm đồ án tốt nghiệp.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI

1.1. Tổng quan [18]

Cùng với những yêu cầu phát triển bền vững thì nguồn năng lượng cũng bị cạn kiệt dần. Hằng năm, toàn thế giới tiêu thụ gần như 90% lượng hóa thạch (than đá, dầu mỏ và khí tự nhiên). Trong khi đó, chúng lại gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến Trái Đất. Thêm vào đó, năng lượng hạt nhân cũng không sử dụng được nhiều nữa, một phần là do cạn kiệt, mặt khác là do tính không an toàn sau khi xảy ra những sự cố phóng xạ ở Nhật Bản hay Liên Xô. Năng lượng thủy điện cũng lên xuống thất thường do biến đổi khí hậu. Chính vì vậy, khả năng cung cấp nước cho các công trình thủy điện cũng rất hạn chế. Điều này gây nên nhiều bất lợi cho cuộc sống hàng ngày. Mục tiêu các nhà khoa học hướng đến trong thời điểm hiện tại và tương lai là nguồn năng lượng tự nhiên như năng lượng gió, năng lượng mặt trời,... Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng tái tạo được lựa chọn.

Nguồn năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng tái tạo vô tận với trữ lượng lớn, ở Việt Nam năng lượng mặt trời luôn có sẵn quanh năm, ổn định, thân thiện với môi trường, hoàn toàn miễn phí và phân bố rộng rãi trên các vùng miền khác nhau của đất nước. Gần đây, hệ thống pin quang điện đã được công nhận và sử dụng rộng rãi, đi đầu trong các ứng dụng về điện năng. Pin năng lượng mặt trời tạo ra dòng điện trực tiếp không ảnh hưởng đến môi trường và ô nhiễm khi tiếp xúc với bức xạ mặt trời. Bên cạnh đó, pin quang điện là một thiết bị bán dẫn, không có bộ phận chuyển động, điều đó giúp hệ thống ít chi phí hoạt động và bảo trì. Các đặc tính đầu ra của mô đun quang điện phụ thuộc vào bức xạ mặt trời, nhiệt độ và điện áp ra của tế bào quang điện. Các mô hình toán học pin mặt trời được sử dụng trong mô phỏng máy tính đã được xây dựng và nghiên cứu rất nhiều trong và ngoài nước. Hầu như tất cả các mô hình quang điện phát triển đều mô tả các đặc tính đầu ra chủ yếu bị ảnh hưởng bởi bức xạ mặt trời, nhiệt độ hoạt động của pin mặt trời và điện áp tải.

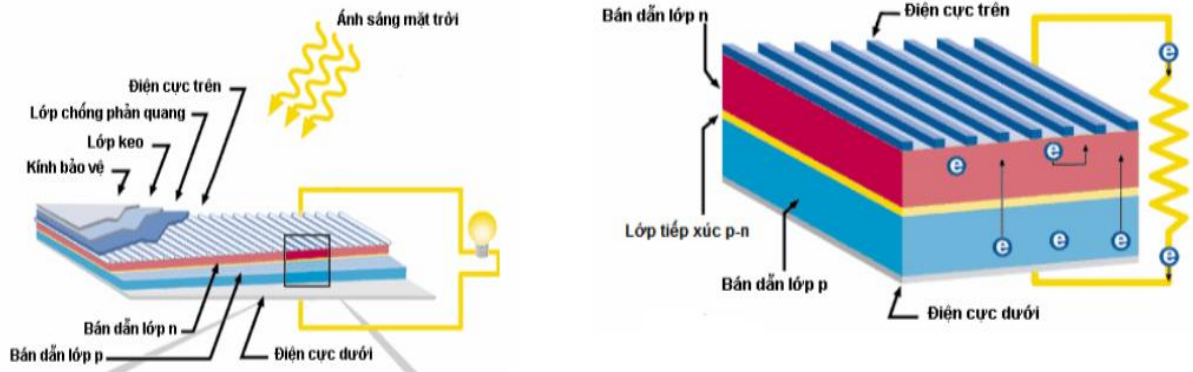
1.2. Giới thiệu về pin mặt trời [19]

1.2.1. Định nghĩa

Pin năng lượng mặt trời hay pin quang điện (Solar panel) bao gồm nhiều tế bào quang điện (solar cells) - là phần tử bán dẫn có chứa trên bề mặt một số lượng lớn các cảm biến ánh sáng là điốt quang, thực hiện biến đổi năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện. Cường độ dòng điện, hiệu điện thế hoặc điện trở của pin mặt trời thay đổi phụ thuộc bởi lượng ánh sáng chiếu lên chúng. Tế bào quang điện được ghép lại thành khối để trở thành pin mặt trời (thông thường 60 hoặc 72 tế bào quang điện trên một tấm pin mặt trời). Tế bào quang điện có khả năng hoạt động dưới ánh sáng mặt trời hoặc ánh sáng nhân

tạo. Chúng có thể được dùng như cảm biến ánh sáng (ví dụ cảm biến hồng ngoại), hoặc các phát xạ điện từ gần ngưỡng ánh sáng nhìn thấy hoặc đo cường độ ánh sáng.

1.2.2. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động pin mặt trời



Hình 1.1: Cấu tạo, nguyên lý hoạt động của pin mặt trời

a) Cấu tạo

Gồm ba thành phần chính :

- Mặt ghép bán dẫn p – n: sử dụng tinh thể Silic, đây là thành phần chính của pin và lớp n thường mỏng để ánh sáng có thể chiếu tới lớp tiếp xúc p – n.
- Điện cực: là thành phần dẫn điện ra phụ tải, vật liệu làm điện cực vừa phải có độ dẫn tốt vừa phải bám dính tốt vào chất bán dẫn.
- Lớp chống phản quang: nếu sự phản xạ ánh sáng càng nhiều sẽ làm cho hiệu suất của pin giảm. Vì vậy phải phủ một lớp chống phản quang.

b) Nguyên lý

Một tế bào quang điện sử dụng 2 lớp silicon khác nhau, 1 lớp silicon loại N là vật liệu bán dẫn có mật độ electron lớn hơn mật độ lỗ trống. Do đó, trong bán dẫn loại N, electron tự do được gọi là hạt dẫn đa số. Lớp silicon còn lại loại P là vật liệu bán dẫn có mật độ lỗ trống lớn hơn electron tự do. Do đó, trong bán dẫn loại P, lỗ trống sẽ là hạt dẫn đa số. Nếu 2 vật liệu bán dẫn này được tiếp xúc với nhau, một số electron từ bên N sẽ di chuyển qua vùng P và lấp đầy các lỗ trống có sẵn ở đó. Ngược lại, lỗ trống từ bên P cũng sẽ di chuyển qua vùng N để kết hợp với electron. Bằng cách này, một vùng mà không có các lỗ trống và các electron tự do sẽ được hình thành gọi là vùng chuyển tiếp P-N. Kết quả của sự di chuyển electron và lỗ trống như trên, ranh giới phía N sẽ tích điện dương và phía P tích điện âm.

Ở trạng thái bình thường, các electron thường được kết dính với các lỗ trống trong vùng chuyển tiếp P-N nên nó không thể di chuyển đi xa được. Khi

có ánh sáng chiếu vào mang theo những hạt rất nhỏ gọi là hạt photon. Khi hạt photon va chạm lên tế bào quang điện, năng lượng của nó sẽ được truyền đến các electron trong vùng chuyển tiếp P-N. Nếu như nguồn năng lượng này đủ mạnh thì nó có thể đánh bật electron ra khỏi liên kết hiện tại, sau đó điện trường trong vùng chuyển tiếp P-N sẽ đẩy các electron và lỗ trống ra khỏi vùng này. Khi đó nếu chúng ta kết nối chúng với tải sẽ tạo ra dòng điện liên tục.

Mỗi tế bào quang điện có thể tạo ra điện áp 0,5V, vì vậy chúng cần được nối lại với nhau thành các module để có thể tăng thêm sức mạnh đủ để sử dụng cho các thiết bị điện.

c) Phân loại

Cho tới nay thì vật liệu chủ yếu cho pin mặt trời là các silic tinh thể và được chia thành 3 loại chính:

- Một tinh thể hay đơn tinh thể module sản xuất dựa trên quá trình Czochralski. Đơn tinh thể loại này có hiệu suất tới 16%. Chúng thường rất mắc 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-đúc từ silic nung chảy cẩn thận được làm nguội và làm rắn. Các pin này thường rẻ hơn các đơn tinh thể, tuy nhiên hiệu suất kém hơn. Tuy nhiên chúng có thể tạo thành các tấm vuông che phủ bề mặt nhiều hơn đơn tinh thể bù lại 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, tuy nhiên loại này rẻ nhất trong các loại vì không cần phải cắt từ thỏi silicon. Các công nghệ trên là sản xuất tấm, nói cách khác, các loại trên có độ dày 300 μm tạo thành và xếp lại để tạo nên module.

1.2.3. Hiệu suất của pin mặt trời

Hiệu suất pin mặt trời là tỉ số giữa năng lượng điện tử và năng lượng ánh sáng mặt trời. Dùng phương pháp đo lường ánh sáng mặt trời mà hệ thống pin năng lượng mặt trời có thể chuyển đổi thành điện năng thực tế. Kết quả xác định là hiệu quả của tấm pin năng lượng mặt trời và luôn được đo bằng tỉ lệ phần trăm.

Có rất nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng đến hiệu suất pin mặt trời như vật liệu cấu tạo pin, vị trí và hướng lắp đặt, điều kiện khí hậu...

Hầu hết các hệ thống năng lượng mặt trời dành cho thương mại hiện nay chỉ đang hoạt động với hiệu suất từ 15% tới 23%.

Mặc dù còn nhiều hạn chế nhưng thực sự năng lượng mặt trời có thể cung cấp năng lượng cho toàn thế giới với những công nghệ ngày càng hiện đại hơn.

1.2.4. Ưu nhược điểm của hệ thống pin mặt trời

- **Ưu điểm:**

- Lắp đặt, vận hành đơn giản, dễ dàng. Gần như không cần phải bảo trì, bảo dưỡng.
- Không cần nhiên liệu, không gây ô nhiễm môi trường (không khí thải, không tiếng ồn, không chuyển động ...)
- Ứng dụng được mọi nơi, đặc biệt là vùng sâu, vùng xa, hải đảo... những nơi mà lưới điện quốc gia chưa vươn tới.
- Hoạt động tin cậy, lâu dài (trừ ắc quy phải thay định kỳ).

- **Nhược điểm:**

- Chi phí đầu tư ban đầu cao.
- Phải chăm sóc và thay ắc quy .
- Hệ thống không thể hoạt động liên tục được, nó chỉ hoạt động khi có ánh sáng mặt trời chiếu vào những tấm pin.

1.2.5. Ứng dụng của pin mặt trời

Hệ thống pin năng lượng mặt trời đã và đang được ứng dụng khá nhiều lĩnh vực khác nhau trong cuộc sống của chúng ta. Dưới đây là 4 ứng dụng cơ bản của hệ thống này:

a) Tích hợp vào thiết bị

Từ chiếc đồng hồ đeo tay nhỏ bé trên bàn tay bé xinh, chiếc điện thoại nhỏ nhắn được đặt trong túi quần cho đến những chiếc xe điện mặt trời chạy trên mặt đất hay những chú robot trên sao Hỏa... Sự tích hợp của pin năng lượng mặt trời mang lại một sự khác biệt cho các thiết bị: Vừa mang lại tính thẩm mỹ, vừa đảm bảo tính tiện dụng và thân thiện với môi trường.

Pin mặt trời thường được tích hợp vào những thiết bị như máy tính bỏ túi, laptop, đồng hồ đeo tay, các loại xe, máy bay, robot tự hành, điện thoại di động, đèn trang trí, đèn sân vườn, đèn tín hiệu, đèn đường, vệ tinh nhân tạo.

b) Nguồn điện di động

Nguồn điện này sẽ cung cấp điện cho các thiết bị điện tại bất kì nơi đâu. Đặc biệt những nơi không có nguồn điện lưới như vùng sâu vùng xa, hải đảo, trên biển ...

Các ứng dụng nguồn điện di động phải kể tới bộ sạc năng lượng mặt trời, cặp năng lượng mặt trời, áo năng lượng mặt trời, trạm điện năng lượng mặt trời di động.

c) Nguồn điện cho tòa nhà

Nguồn điện cho tòa nhà là một trong những giải pháp vừa giúp giảm hóa đơn tiền điện hàng tháng, vừa giúp giảm đầu tư của xã hội cho các công trình nhà máy điện khổng lồ bằng cách kết hợp sức mạnh của toàn dân trong việc tạo ra điện phục vụ đời sống sản xuất chung.

Nguồn điện cho tòa nhà được chia thành 2 loại đó là nguồn điện mặt trời cục bộ và nguồn điện mặt trời hòa lưới điện quốc gia. Riêng nguồn điện mặt trời hòa lưới điện quốc gia có nhiều ưu điểm và mang lại lợi ích kinh tế cao. Sử dụng nguồn điện mặt trời trong gia đình vừa giúp bảo vệ môi trường, vừa thể hiện phong cách sống hiện đại.



Hình 1.2: Ngôi nhà trang bị pin mặt trời.

d) Nhà máy điện mặt trời

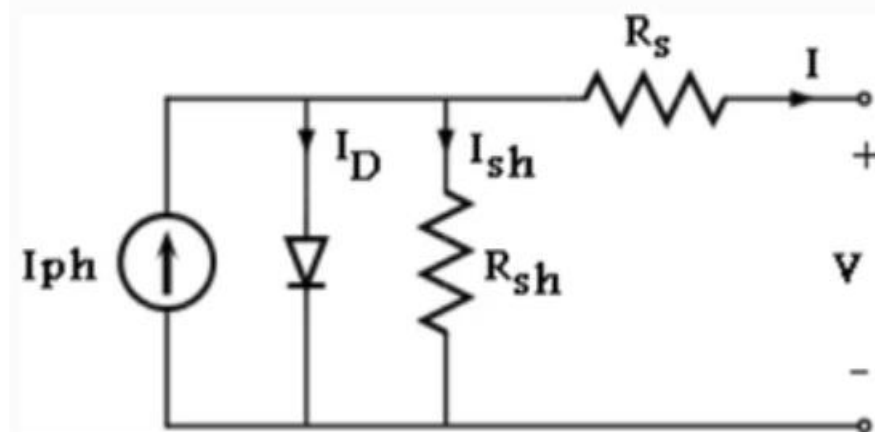


Hình 1.3: Nhà máy pin mặt trời.

Bằng cách kết nối nhiều nguồn điện mặt trời với nhau có thể tạo ra được tổ hợp nguồn điện mặt trời có đủ khả năng thay thế một nhà máy phát điện. Nhà máy điện mặt trời có thể cung cấp cho một thành phố, một hòn đảo... Hiện nay số lượng nhà máy điện mặt trời trên thế giới còn hạn chế, tuy nhiên trong tương lai số lượng này sẽ tăng lên khi giá thành của pin mặt trời giảm xuống.

1.2.6. Đặc tính làm việc của pin mặt trời

a) Mô hình toán học của pin mặt trời



Hình 1.4: Sơ đồ tương đương pin mặt trời.

Khi được chiếu sáng thì pin mặt trời phát ra một dòng quang điện I_{ph} vì vậy pin mặt trời có thể xem như một nguồn dòng.

Lớp tiếp xúc p – n có tính chất chỉnh lưu tương đương như một diode D. Tuy nhiên khi phân cực ngược, do điện trở tiếp xúc có giới hạn nên vẫn có một dòng điện rò qua nó. Đặc trưng cho dòng điện rò qua lớp tiếp xúc p – n là điện trở shunt R_{sh} .

Dòng quang điện chạy trong mạch phải đi qua các lớp bán dẫn p và n, các điện cực, các tiếp xúc... Đặc trưng cho tổng các điện trở của các lớp đó là một điện trở R_s mắc nối tiếp trong mạch.

Từ đó, phương trình điện áp – dòng điện của một tế bào quang điện pin mặt trời được tính bằng công thức :

$$I = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{kTA} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1.1)$$

Trong đó:

I_{ph} : Dòng quang điện (A)

I_s : Dòng bão hòa (A/m²)

$q = 1.6 \times 10^{-19}$: điện tích nguyên tử (C)

$k = 1.38 \times 10^{-23}$: hằng số Boltzmann (J/K)

T : nhiệt độ làm việc của tế bào quang điện (K)

A : hằng số lý tưởng của vật liệu bán dẫn

R_{sh} : điện trở song song (Ω)

R_s : điện trở nối tiếp (Ω)

Dòng quang điện của pin quang điện phụ thuộc vào bức xạ của pin mặt trời và nhiệt độ làm việc của tế bào quang điện :

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_i(T - T_r)] \frac{G}{1000} \quad (1.2)$$

Với :

I_{sc} : dòng ngắn mạch của pin quang điện tại 25°C và 1000W/m²

T : nhiệt độ làm việc của pin quang điện (K)

T_r : nhiệt độ ở điều kiện chuẩn của pin quang điện là 25°C (K)

K_i : hệ số nhiệt độ dòng ngắn mạch của tế bào quang điện

G : bức xạ mặt trời W/m²

Dòng điện bão hòa pin quang điện thay đổi theo nhiệt độ của tế bào quang điện, theo công thức :

$$I_s = I_{rs} \left(\frac{T}{T_r} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_g}{kA} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad (1.3)$$

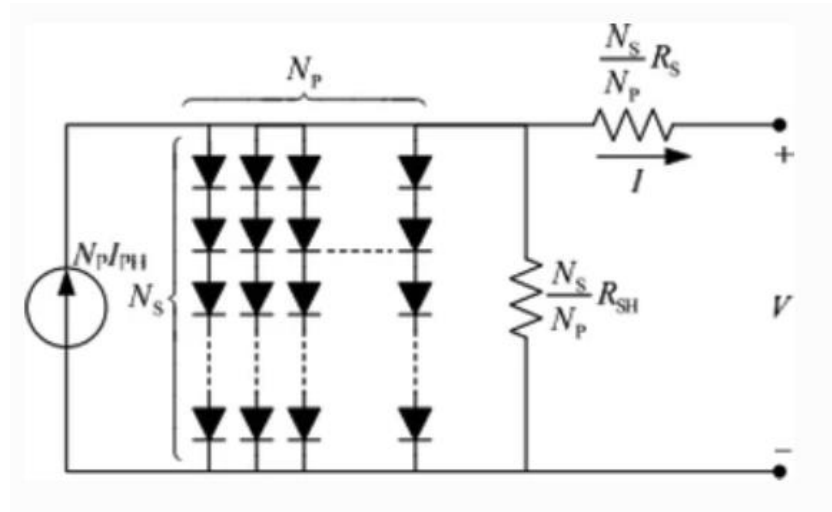
Trong đó:

I_{rs} : dòng điện chạy qua nội trở song song R_{sh}

E_g : năng lượng kích hoạt electron của silic (eV)

Dòng điện chạy qua nội trở được tính theo công thức:

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{qV_{oc}}{N_s kAT}\right) - 1} \quad (1.4)$$



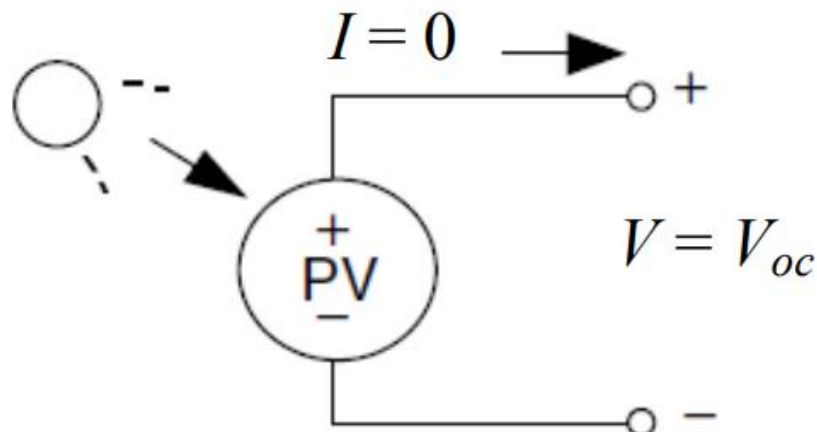
Hình 1.5: Sơ đồ nhiều tế bào quang điện của pin mặt trời.
Dòng điện của pin mặt trời có N_p tế bào song song và N_s tế bào nối tiếp

:

$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left[\exp\left(\frac{q \left(\frac{V}{N_s} + \frac{I R_s}{N_p} \right)}{kTA}\right) - 1 \right] - \frac{\frac{N_p V}{N_s} + I R_s}{R_{sh}} \quad (1.5)$$

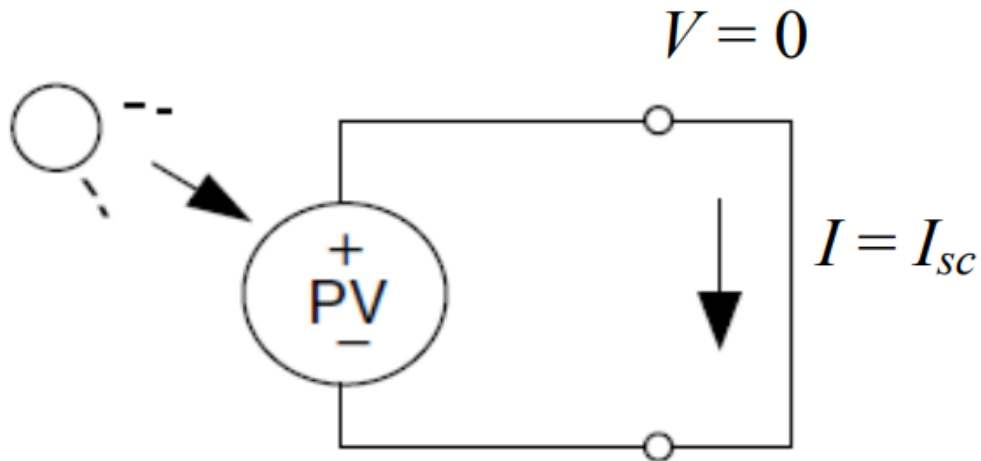
b) Đặc tính làm việc của pin mặt trời

- Điện áp hở mạch V_{oc} là hiệu điện thế được đo khi mạch ngoài của pin mặt trời hở. Khi đó dòng mạch ngoài $I = 0$.



Hình 1.6: Điện áp hở mạch V_{OC}

- Dòng ngắn mạch I_{SC} là dòng điện trong mạch của pin mặt trời khi làm ngắn mạch ngoài (chập các cực ra của pin). Lúc đó hiệu điện thế mạch ngoài của pin bằng $V = 0$.

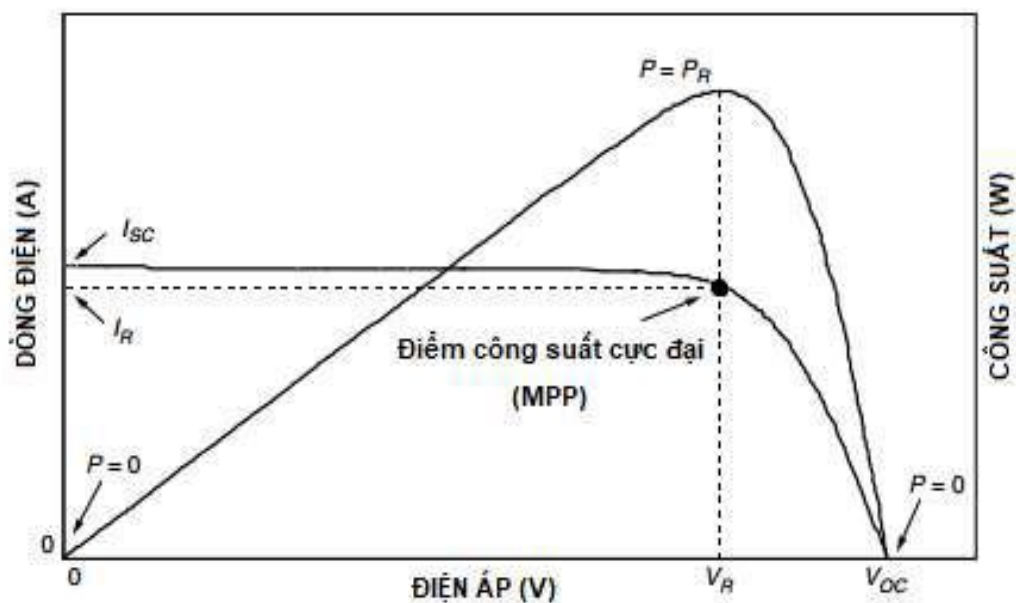


Hình 1.7: Dòng điện ngắn mạch I_{SC}

- 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:

$$P = U.I \quad (1.6)$$

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

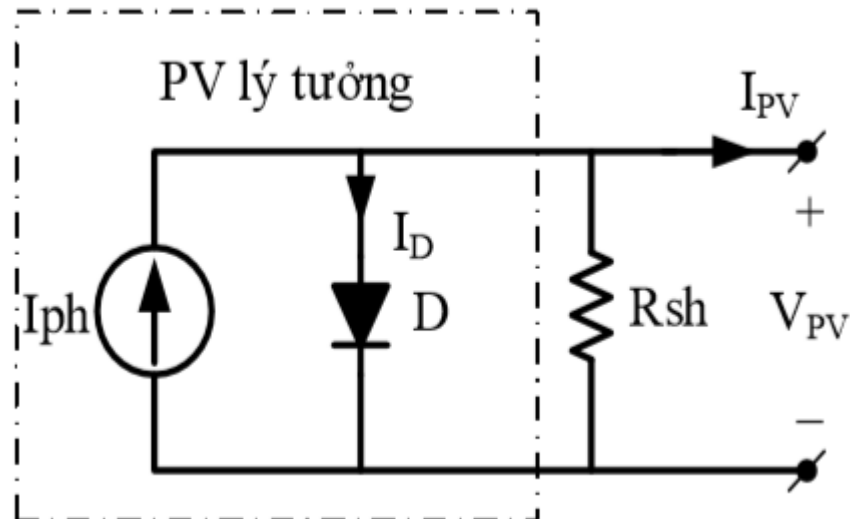


Hình 1.8: Đặc tính làm việc pin mặt trời

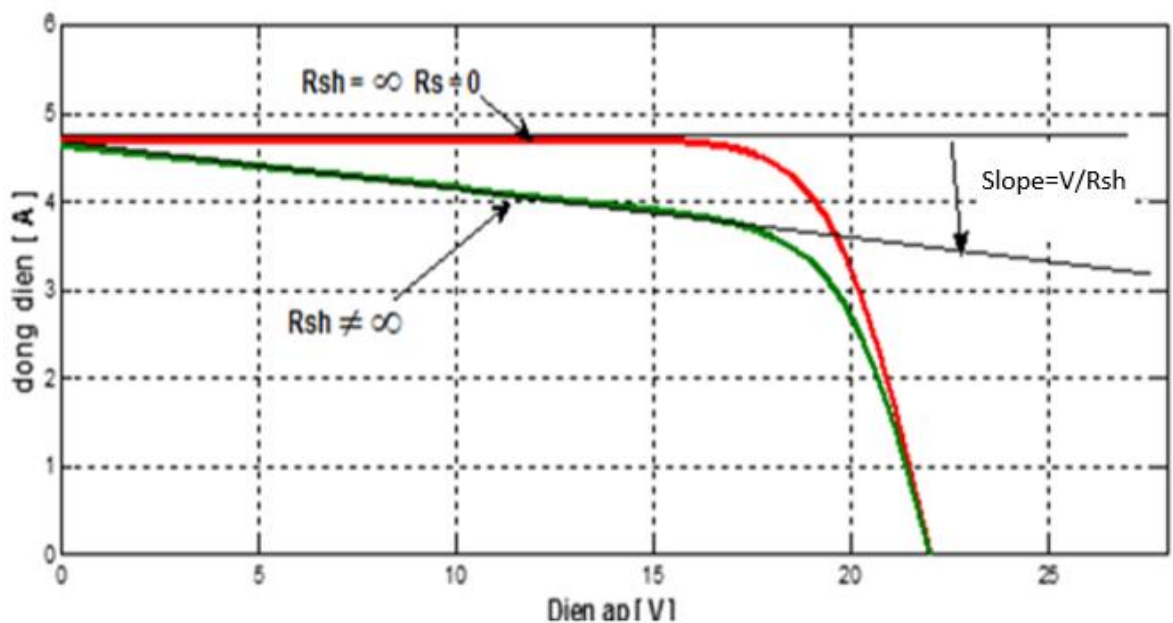
c) Ảnh hưởng của R_s và R_{sh} đến đặc tính I-V của pin mặt trời

- Ảnh hưởng của điện trở R_{sh} tới đặc tính I – V của pin

Khi có điện trở R_{sh} thì dòng điện của pin mặt trời cấp cho bị giảm đi một lượng V/R_{sh} so với đặc tính lý tưởng của pin mặt trời nên đặc tính I – V có dạng như hình 1.10.



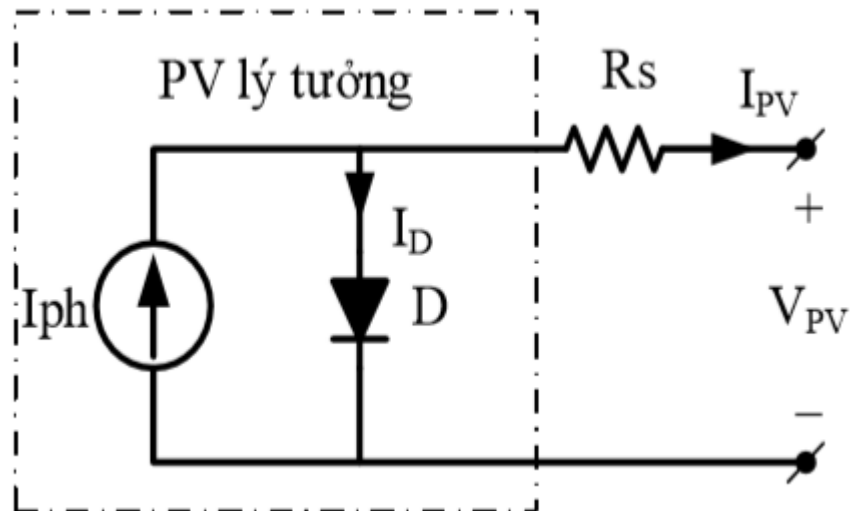
Hình 1.9: Sơ đồ pin mặt trời xét tới ảnh hưởng của R_{sh}



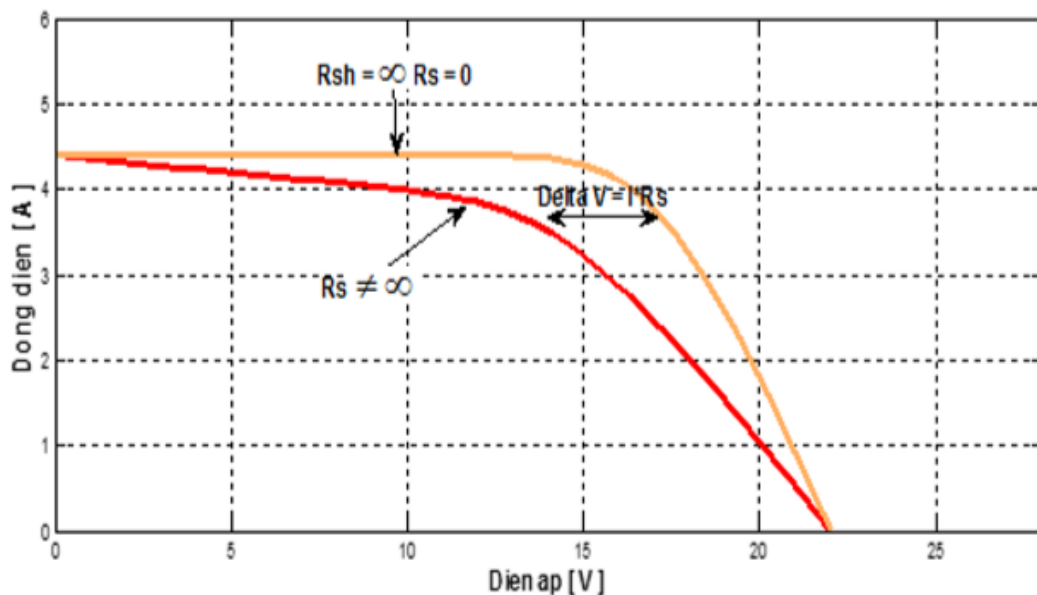
Hình 1.10: Đặc tính I-V khi có R_{sh}

- Ảnh hưởng của điện trở R_s tới đặc tính I – V của pin

Khi xét tới ảnh hưởng của R_s thì đường đặc tính thu được bị kéo về phía gốc tọa độ một lượng $\Delta V = I.R_s$ như mô tả trong hình 1.12.



Hình 1.11: Sơ đồ pin mặt trời xét tới ảnh hưởng của R_s

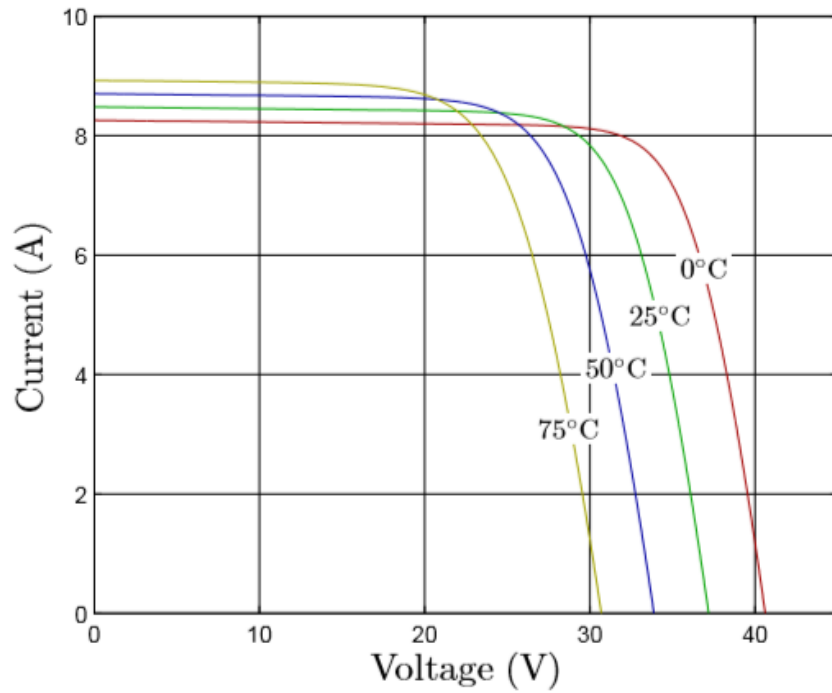


Hình 1.12: Đặc tính I-V khi có R_s

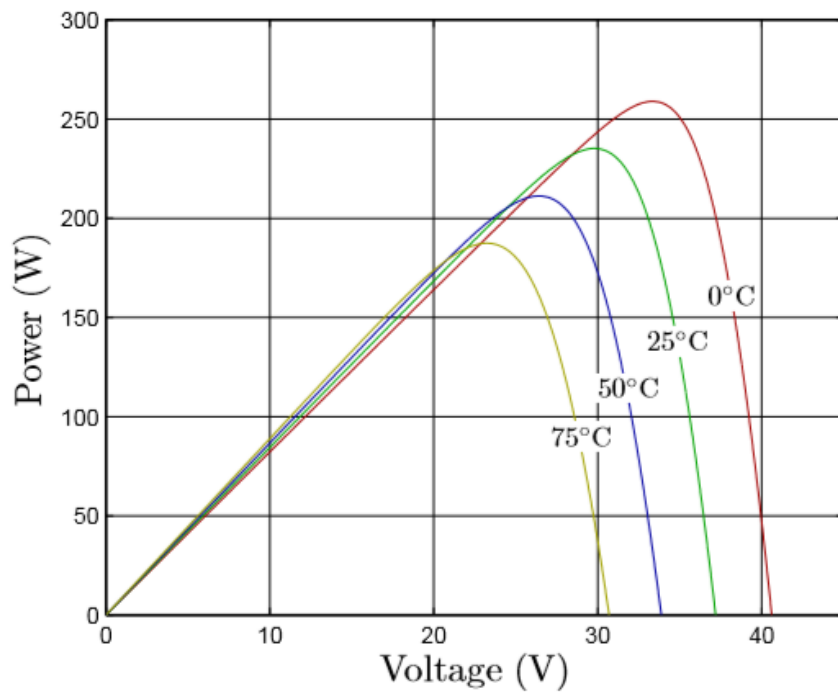
1.2.7. Những yếu tố bên ngoài ảnh hưởng đến pin mặt trời

a) Ảnh hưởng của nhiệt độ

Mặt trời thay đổi cường độ chiếu sáng liên tục, do đó các điểm MPP cũng thay đổi, giả sử tải là một điện trở, ta có đường đặc tính làm việc sau:



Hình 1.13: Đặc tính I-V khi nhiệt độ thay đổi

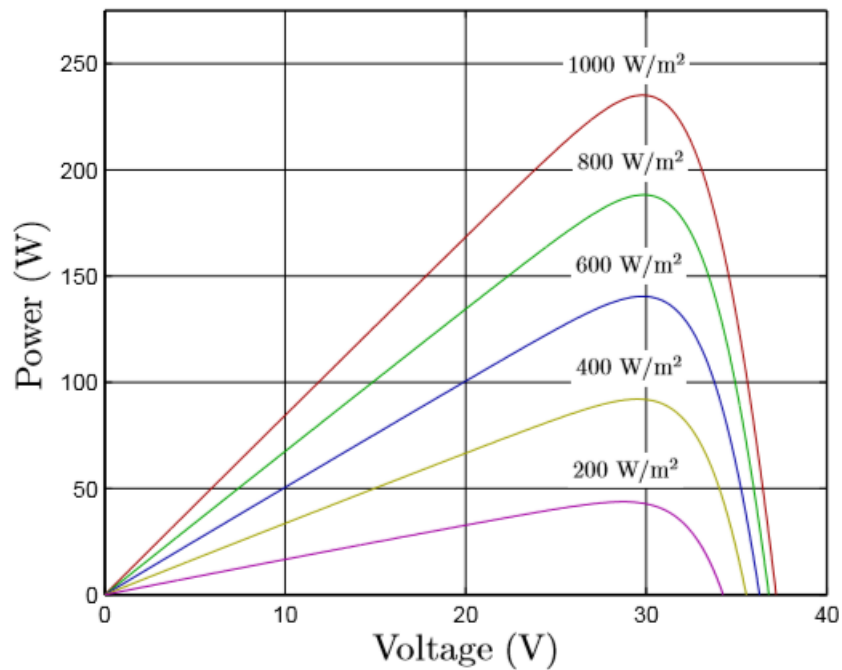


Hình 1.14: Đặc tính P-V khi nhiệt độ thay đổi

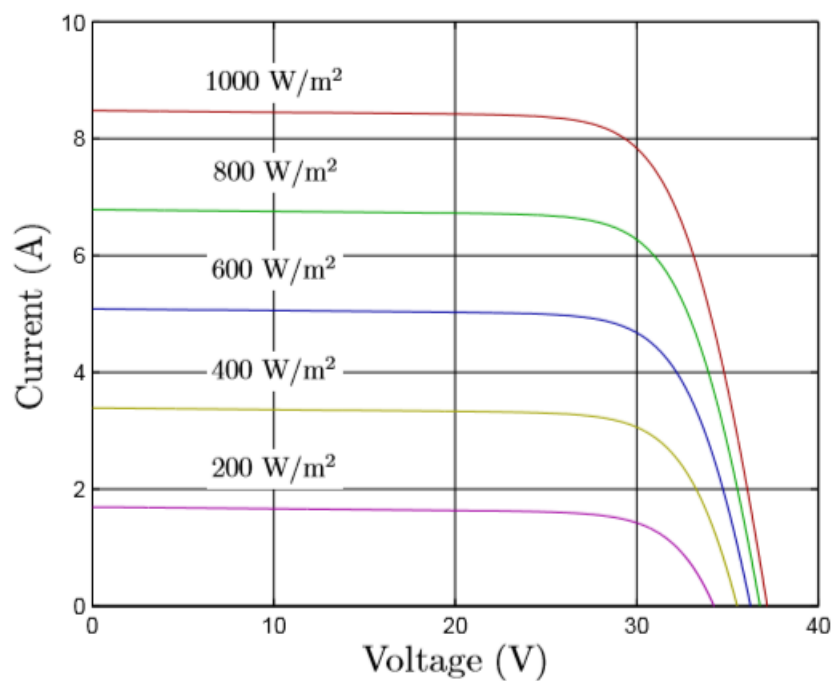
Từ hình (1.13) (1.14) ta thấy:

- Khi nhiệt độ tăng thì điện áp hoạt động của pin mặt trời giảm mạnh, còn dòng điện thì tăng ít.
- Công suất của pin mặt trời giảm khi nhiệt độ tăng.

b) Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng



Hình 1.15: Đặc tính P-V khi cường độ ánh sáng thay đổi



Hình 1.16: Đường đặc tính I-V khi cường độ ánh sáng thay đổi

Khi thay đổi điều kiện của cường độ ánh sáng mặt trời từ $W = 200 \text{ W/m}^2$ tới bức xạ $W = 1000 \text{ W/m}^2$ thu được đặc tính I – V và P – V .Từ đó có một số kết luận như sau:

- Dòng ngắn mạch I_{sc} tỉ lệ thuận với cường độ bức xạ chiếu sáng. Cường độ bức xạ càng lớn thì dòng I_{sc} càng lớn và ngược lại.
- Do dòng điện và điện áp tăng dần tới công suất hoạt động của pin cũng tăng hay nói cách khác điểm MPP có công suất lớn nhất cũng tăng lên, di chuyển về phía trên khi cường độ chiếu sáng của mặt trời tăng.

- **Nhận xét:**

Ta thấy công suất đầu ra tỉ lệ nghịch với nhiệt độ và tỉ lệ thuận với cường độ bức xạ mặt trời. Sự thay đổi của nhiệt độ và cường độ bức xạ mặt trời thì điểm thu được công suất tối đa cũng thay đổi. Do đó, việc cần thiết để khai thác hiệu quả tấm pin mặt trời là phải có một thuật toán để theo dõi được vị trí, quá trình di chuyển điểm có công suất cực đại.

1.3. Các phương pháp phổ biến dò tìm công suất cực đại [18]

Thuật toán tìm điểm công suất cực đại là một phần không thể thiếu trong hệ thống pin năng lượng mặt trời. Nó được đặt trong bộ biến đổi DC-DC.

Các thuật toán tìm điểm công suất cực đại 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 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 tìm điểm công suất cực đại đã nghiên cứu và ứng dụng trên nhiều hệ thống. Dưới đây là một số phương pháp phổ biến.

1.3.1. Phương pháp điện áp hằng số

Phương pháp này sử dụng quan hệ gần đúng giữa điện áp tại điểm MPP(V_{MPP}) và điện áp hở mạch V_{OC} vốn thay đổi theo nhiệt độ và bức xạ :

$$V_{MPP} \approx k.V_{OC} \quad (1.7)$$

Trong đó k là hằng số phụ thuộc vào đặc tuyến của PV, được xác định bằng cách xác định V_{MPP} và V_{OC} tại các bức xạ và nhiệt độ khác nhau. Có nhiều nghiên cứu đã xác định rằng k nằm trong khoảng 0.71 và 0.85.

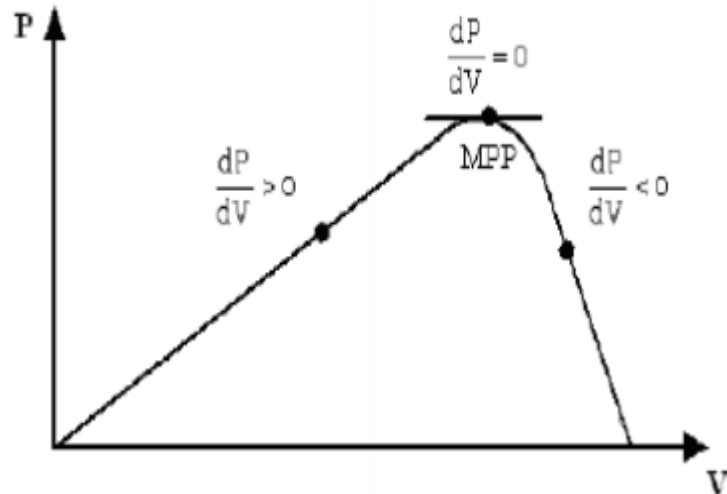
Với một hằng số k đã biết, điện áp V_{MPP} có thể xác định bằng cách đo V_{OC} . Để đo V_{OC} , pin mặt trời phải được ngắt tải một thời gian ngắn, điều này dẫn đến tổn hao công suất. Sau khi nối mạch trở lại, điện áp pin được điều chỉnh lên 76% của V_{OC} . Tỷ lệ % này phụ thuộc vào loại pin mặt trời sử dụng. Việc thực hiện phương pháp này đơn giản và ít chi phí mặc dù hiệu quả tìm điểm công suất cực đại là thấp (từ 73% đến 91%). Ngoài ra khi bức xạ mặt trời thay đổi dẫn đến sai số lớn vì việc xác định V_{MPP} không liên tục. Hơn nữa

đây cũng chỉ là phương pháp gần đúng nên kết quả sẽ không có độ chính xác cao.

Để khắc phục điều này, có nhiều giải pháp đã được đề xuất, chẳng hạn như dùng PV mẫu để đo V_{OC} . PV mẫu phải được chọn lọc kỹ càng và lắp đặt chung với modul PV để đảm bảo có cùng điều kiện môi trường. Tuy nhiên việc dùng thêm PV mẫu có thể sẽ làm cho giá thành của hệ thống tăng cao.

1.3.2. Phương pháp điện dẫn gia tăng INC

Phương pháp này sử dụng tổng điện dẫn gia tăng của dãy pin mặt trời để dò tìm điểm công suất cực đại. Phương pháp được minh họa trên hình 1.19.



Hình 1.17: 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 MPP. Thể hiện như sau :

- $\frac{dP}{dV} = 0$, tại điểm MPP
- $\frac{dP}{dV} > 0$, ở bên trái MPP
- $\frac{dP}{dV} < 0$, ở bên phải MPP

Vì :

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(IV)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} \approx I + V \frac{\Delta I}{\Delta V}$$

Nên ta có thể viết :

- $\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V}$, tại MPP

- $\frac{\Delta I}{\Delta V} > -\frac{I}{V}$, ở bên trái MPP
- $\frac{\Delta I}{\Delta V} < -\frac{I}{V}$, ở bên phải MPP

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 công suất cực đại. Tại điểm MPP, điện áp $V_{\text{ref}} = V_{\text{MPP}}$. 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 thời tiết và của 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 dao động.

Nhược điểm của phương pháp này là mạch điều khiển phức tạp. Nó sử dụng hai cảm biến để đo giá trị dòng điện và điện áp, nên chi phí lắp đặt cao.

1.3.3. Chọn giải thuật dò tìm công suất cực đại

Qua trình bày nghiên cứu các giải thuật tìm điểm công suất cực đại của pin mặt trời đang được ứng dụng rộng rãi hiện nay, bao gồm giải thuật điện áp hằng số và INC ở trên. Tuy nhiên các phương pháp này có những khuyết điểm về độ phức tạp và chi phí cao (phương pháp INC) hay độ chính xác không cao (phương pháp điện áp hằng số) ta có một trong những phương pháp có thể khắc phục các khuyết điểm trên, đồng thời tính đơn giản của giải thuật và hiệu quả trong việc tìm điểm công suất cực đại của pin mặt trời, chi phí thấp dễ áp dụng. Đó là phương pháp nhiễu loạn và quan sát (P&O). Phương pháp này sẽ được tìm hiểu ở chương sau.

CHƯƠNG 2: THUẬT TOÁN BẮM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI

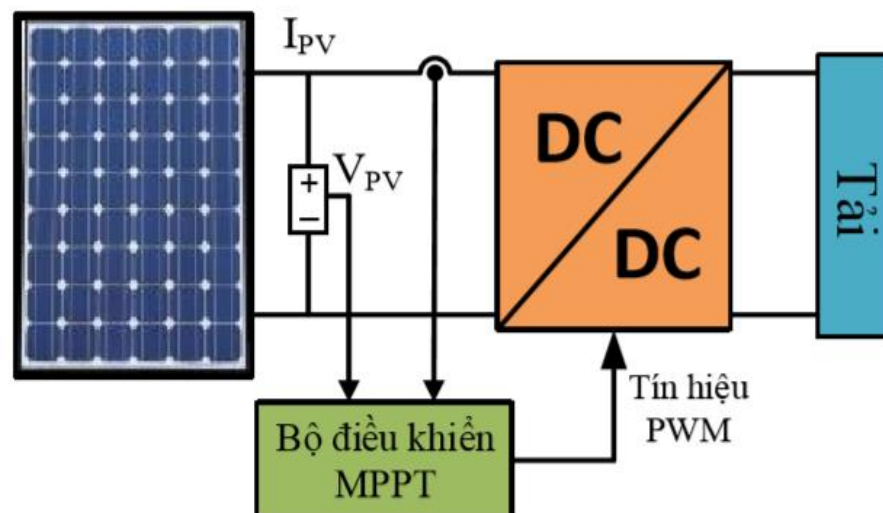
2.1. Giới thiệu chung

Như đã nói ở phần trên, pin mặt trời ngày càng trở nên quan trọng bởi nó được xem là nguồn năng lượng tái tạo có nhiều ưu điểm như không phát sinh nhiên liệu, không gây ô nhiễm môi trường, ít khi bảo trì và không phát ra tiếng ồn so với các nguồn năng lượng khác. Tuy nhiên, các module pin khi làm việc với tổng trở tải không thích hợp, vẫn có hiệu suất chuyển đổi thấp. Do đó, việc dò tìm công suất cực đại (MPPT) là điều cần thiết trong một hệ thống pin mặt trời.

Thuật toán dò tìm công suất cực đại MPPT (Maximum Power Point Tracking) là phương pháp dò tìm điểm làm việc có công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời thông qua việc đóng mở khóa điện tử của bộ biến đổi 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.

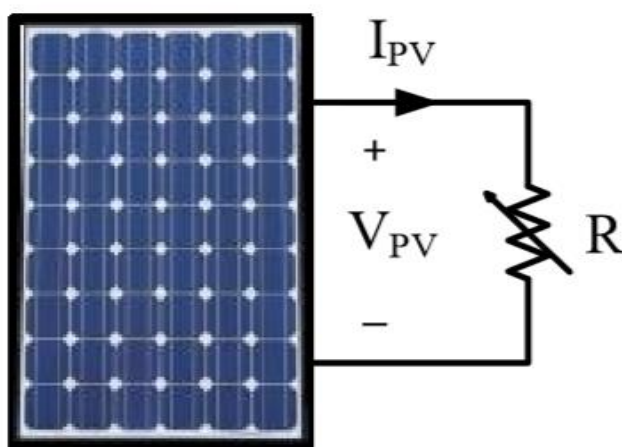
MPPT bản chất là thiết bị điện tử công suất ghép nối nguồn điện PV với tải để khuếch đại nguồn công suất ra khỏi nguồn pin mặt trời khi điều kiện làm việc thay đổi, và từ đó có thể nâng cao được hiệu suất làm việc của hệ. MPPT được ghép với bộ biến đổi DC/DC và một bộ điều khiển.

Bộ điều khiển MPPT có thể 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 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 và 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 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.

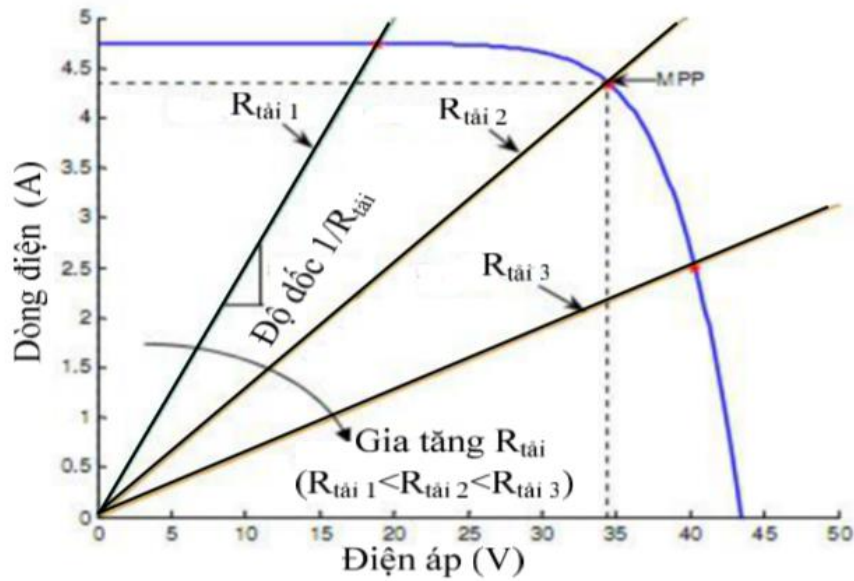


Hình 2.1: Bộ điều khiển MPPT trong hệ thống pin mặt trời

Khi một tấm PMT được mắc trực tiếp vào một tải, điểm làm việc của tấm PMT 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 với hệ số góc là $1/R$.



Hình 2.2: Pin mặt trời mắc trực tiếp với tải thuần trở có thể thay đổi giá trị



Hình 2.3: Đặc tính làm việc của pin mặt trời và của tải có thể thay đổi giá trị. Điểm làm việc hiếm khi đứng tại vị trí có công suất lớn nhất. Như hình 2.3, chỉ có trường hợp tải trở là $R_{t\grave{a}i2}$ thì công suất vận hành của PV là cực đại. Khi điện trở không thay đổi, điểm làm việc cũng sẽ thay đổi khi điều kiện môi trường khác đi. Vì vậy, nó sẽ không sinh ra công suất lớn nhất. Do đó, để đảm bảo hệ thống luôn làm việc ở điểm MPP hoặc ở lân cận điểm MPP thì người ta sử dụng một mạch đặc biệt gọi là MPPT để bám theo điểm có công suất cực đại.

2.2. Nguyên lý dung hợp tải [17]

Khi PMT được mắc trực tiếp với một tải thì điểm làm việc sẽ do đặc tính tải xác định. Điện trở tải được xác định như sau :

$$R = \frac{V_o}{I_o} \quad (2.1)$$

Tải tại điểm có công suất cực đại của pin mặt trời được xác định như sau :

$$R_{mpp} = \frac{V_{mpp}}{I_{mpp}} \quad (2.2)$$

Trong đó:

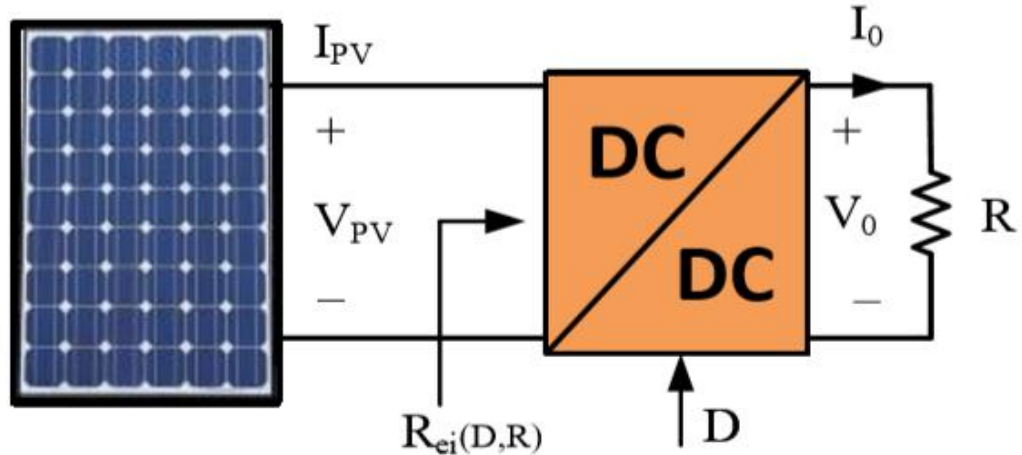
V_{mpp} , I_{mpp} : lần lượt là điện áp lớn nhất, dòng điện lớn nhất của pin mặt trời.

V_o , I_o : lần lượt là điện áp ra, dòng điện ra của tải.

Khi giá trị của tải lớn nhất khớp với giá trị R_{mpp} 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.

Bộ biến đổi Boost được ứng dụng rộng rãi khi đòi hỏi điện áp ra cao hơn điện áp đầu vào. Với ưu điểm là dòng điện vào liên tục và dễ dàng điều

hiển nên nó được sử dụng nhiều trong bộ công suất của bộ điều khiển MPPT. Hệ thống MPPT sử dụng mạch Boost được trình bày như hình 2.4:



Hình 2.4: Pin mặt trời nối với tải qua bộ biến đổi DC-DC
Bộ biến đổi Boost có thể được mô tả bởi các hệ thức toán học như sau:

$$\frac{V_{pv}}{V_o} = (1 - D) \quad (2.3)$$

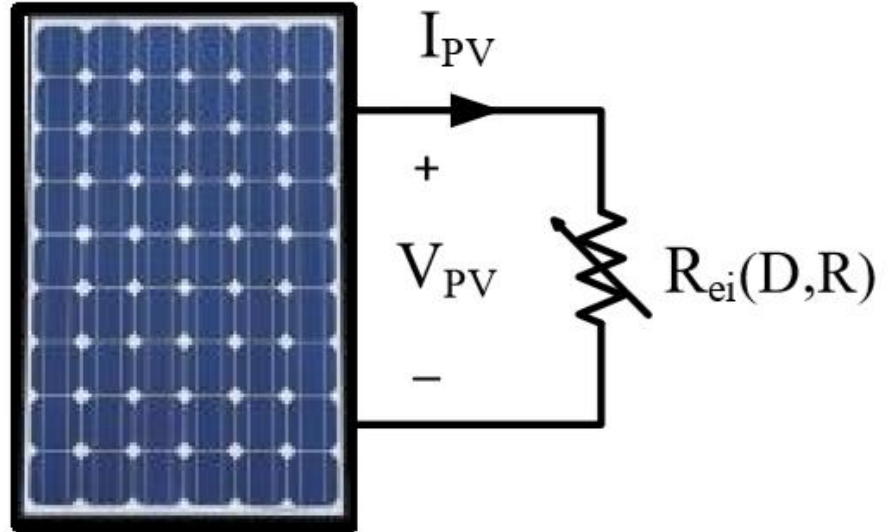
$$\frac{I_o}{I_{pv}} = (1 - D) \quad (2.4)$$

$$V_o = RI_o \quad (2.5)$$

Từ (2.3)(2.4)(2.5) ta thu được trở kháng đầu vào tối ưu:

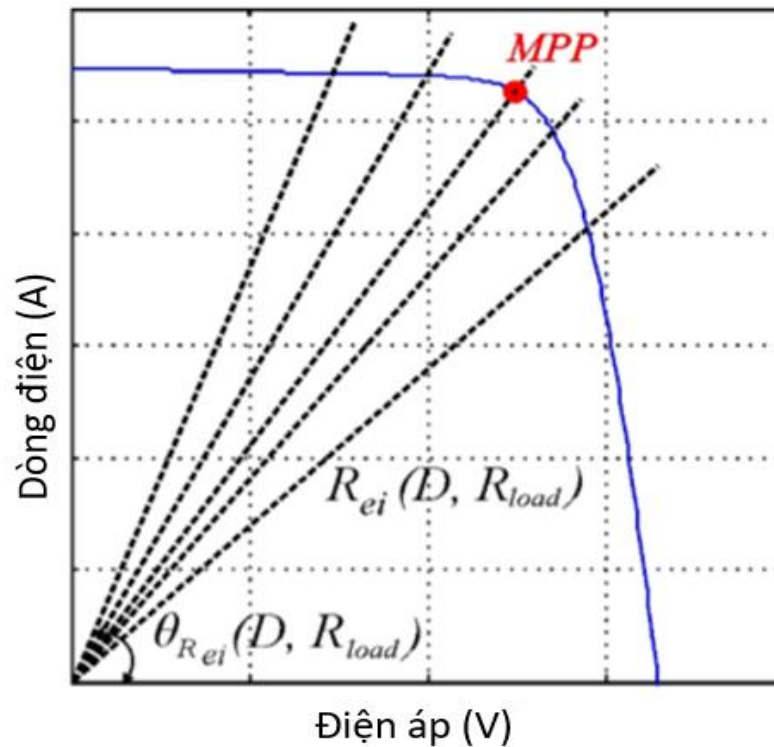
$$R_{ei}(D, R) = (1 - D)^2 R \quad (2.6)$$

Từ công thức (3.6), ta thấy $R_{ei}(D, R)$ phụ thuộc vào chu kỳ nhiệm vụ D và giá trị của tải R . Do đó, ta có thể thay đổi R_{ei} bằng cách thay đổi chu kỳ nhiệm vụ D hoặc tải R hoặc thay đổi cả hai. Thông thường thì tải R cố định nên người ta thường thay đổi giá trị của D .



Hình 2.5: Pin mặt trời với điện trở R_{ei}

Để thay đổi vị trí của điểm làm việc thì chúng ta cần thay đổi góc nghiêng $\theta_{Rei}(D, R)$ của đường đặc tính tải bằng cách thay đổi chu kỳ nhiệm vụ D , việc thay đổi chu kỳ nhiệm vụ D một cách hợp lý sẽ cho phép giao điểm giữa hai đường đặc tính xác lập tại đúng điểm MPP.



Hình 2.6: Đặc tính của pin mặt trời và một số đường cong của tải
Góc nghiêng của đặc tính tải được xác định theo công thức :

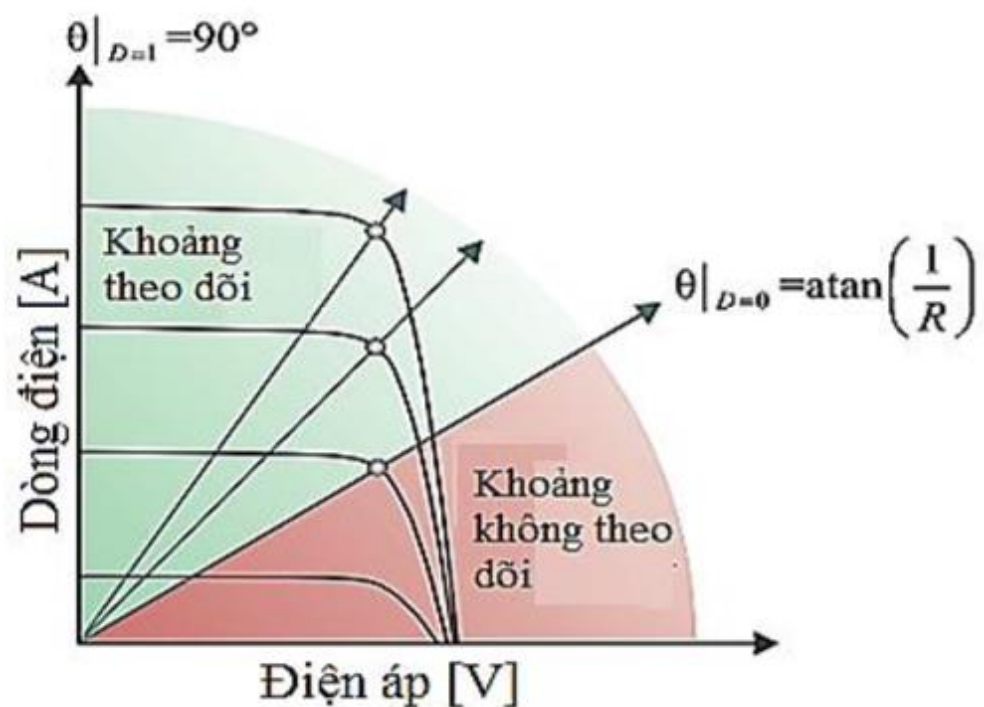
$$\theta_{Rei}(D, R) = a \tan \frac{1}{R_{ei}(D, R)} = a \tan \frac{1}{(1-D)^2 R} \quad (2.7)$$

Chu kỳ nhiệm vụ D chỉ có thể thay đổi từ 0 tới 1 nên dải giá trị của góc nghiêng của tải là :

$$a \tan\left(\frac{1}{R}\right) < \theta_{\text{Rei}}(D, R) < 90^\circ \quad (2.8)$$

Từ công thức (2.8) được minh họa và giải thích bằng hình 2.7 nó xác định rõ hai khoảng riêng biệt :

- Khoảng theo dõi: nếu điểm MPP nằm trong khoảng này, thì sẽ tồn tại một giá trị của chu kỳ nhiệm vụ D để xác lập điểm làm việc tại điểm MPP và từ đó công suất ra của pin năng lượng sẽ là lớn nhất.
- Khoảng không theo dõi: nếu điểm MPP nằm trong khoảng này thì sẽ không thể tìm ra được giá trị của chu kỳ nhiệm vụ D làm cho điểm làm việc của hệ thống ở tại điểm MPP, dẫn tới công suất ra của pin mặt trời không thể đạt giá trị lớn nhất được. Do đó, nếu điểm MPP nằm ở trong khoảng không theo dõi này thì điểm làm việc sẽ là giao điểm của đường đặc tính pin và giới hạn dưới của đường cong tải.

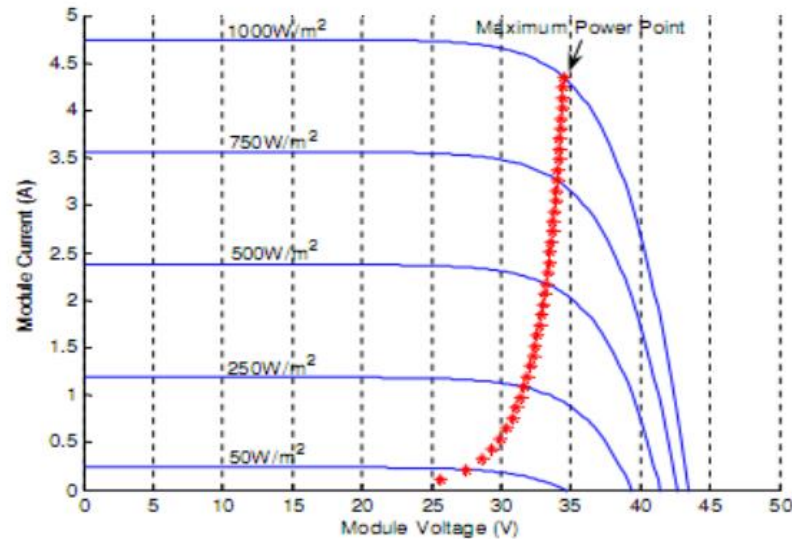


Hình 2.7: Khoảng làm việc của bộ biến đổi tăng áp

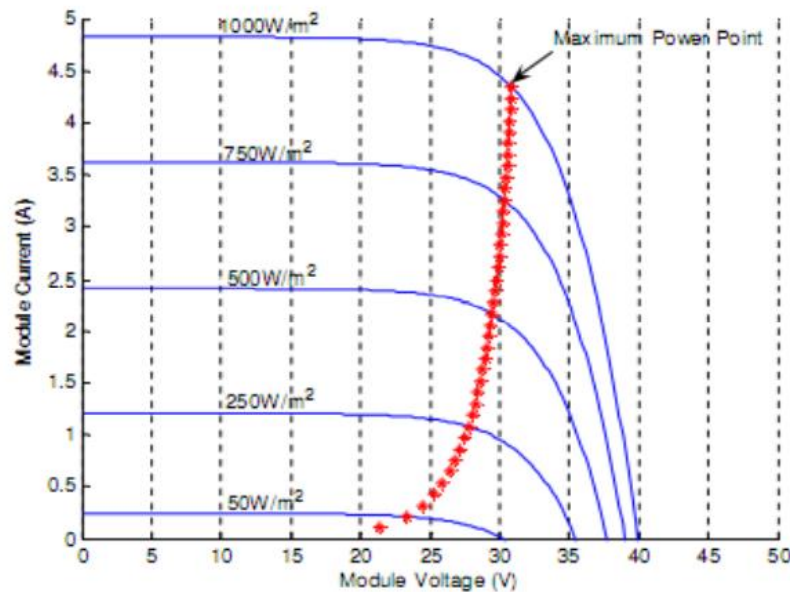
2.3. Thuật toán xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất MPPT

Như đã nói ở chương 1, 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 2.8 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 2.9 thể hiện các đường đặc tính làm việc ở cùng một mức cường độ bức xạ nhưng với nhiệt độ tăng dần.



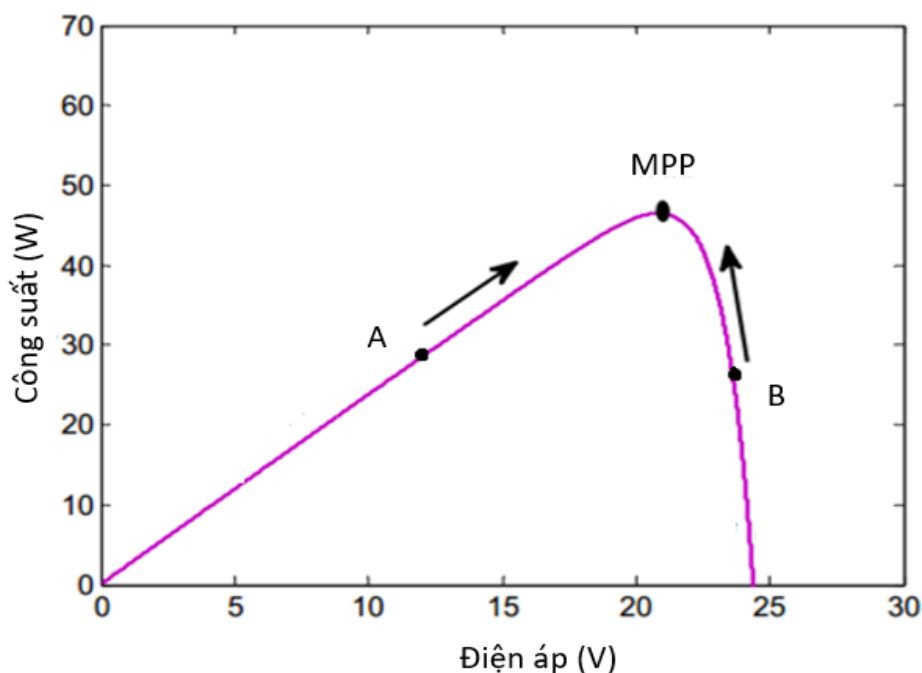
Hình 2.8: Đường đặc tính làm việc của pin khi cường độ bức xạ thay đổi ở cùng một mức nhiệt độ



Hình 2.9: 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.

2.4. Phương pháp nhiễu loạn và quan sát P&O (Perturb and observe)



Hình 2.10: Thuật toán dò tìm điểm làm việc công suất lớn nhất 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.

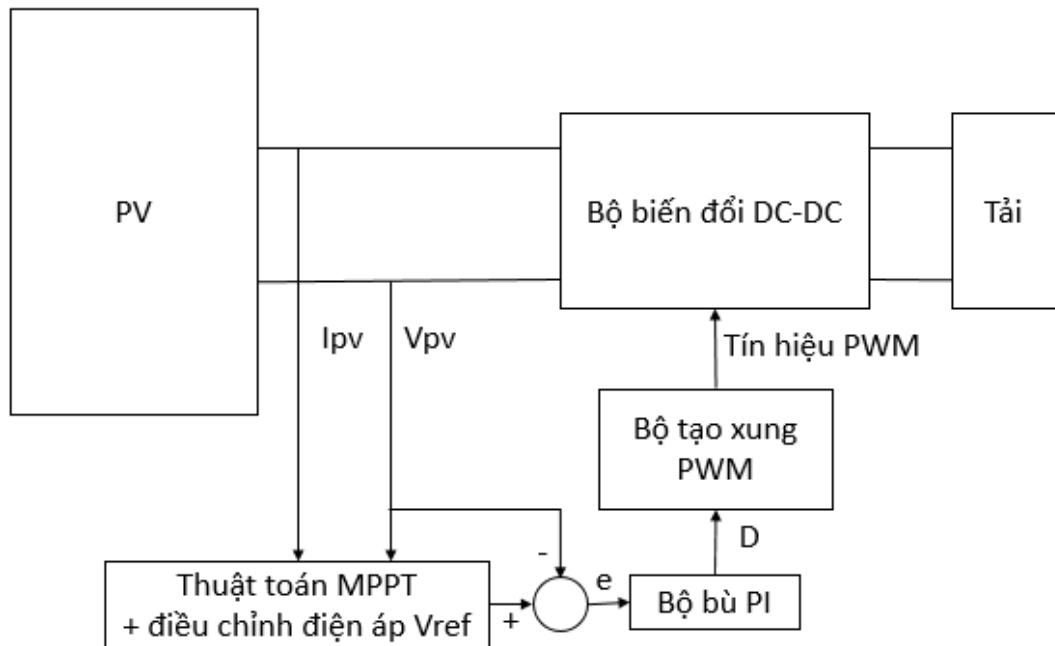
Khi điểm làm việc có công suất lớn nhất được xác định trên đường cong đặc tính thì sự biến thiên điện áp sẽ dao động xung quanh (điểm MPP) điểm làm việc có công suất lớn nhất đó.

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 thuật toán 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 thuật toán là 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. Thuật toán này không phù hợp với điều kiện thời tiết thay đổi thường xuyên và đột ngột.

2.5. Phương pháp điều khiển 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.

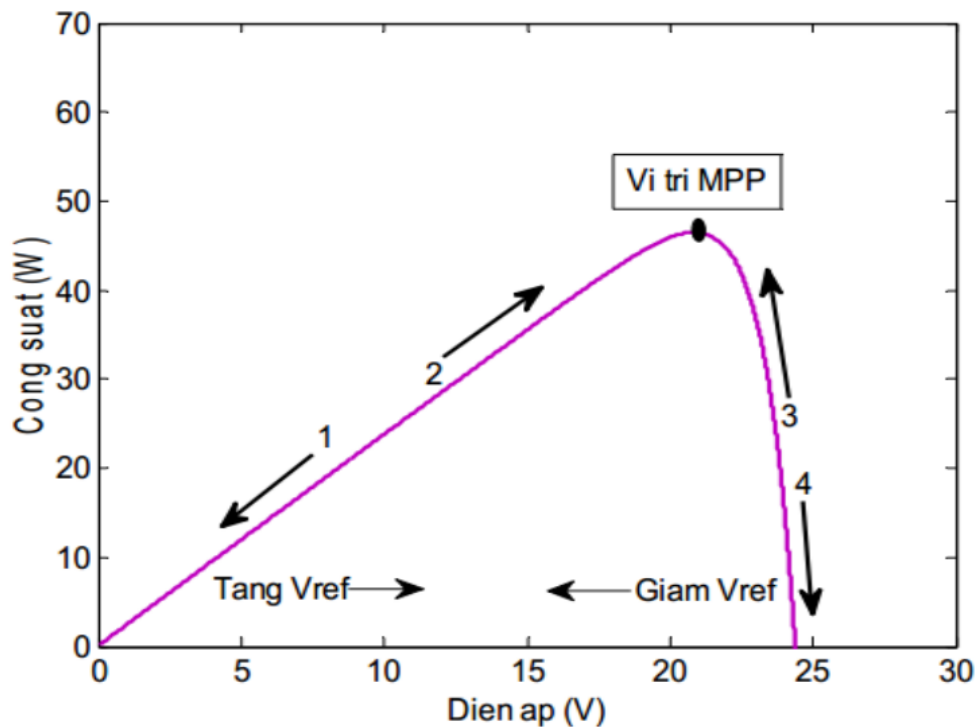
2.5.1. Phương pháp điều khiển PI



Hình 2.11: Sơ đồ khối phương pháp điều khiển MPPT sử dụng bộ bù PI

MPPT sẽ đo giá trị điện áp PV và dòng PV, sau đó dựa vào thuật toán MPPT P&O 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).

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.



Hình 2.12: Nguyên lý hoạt động thuật toán P&O

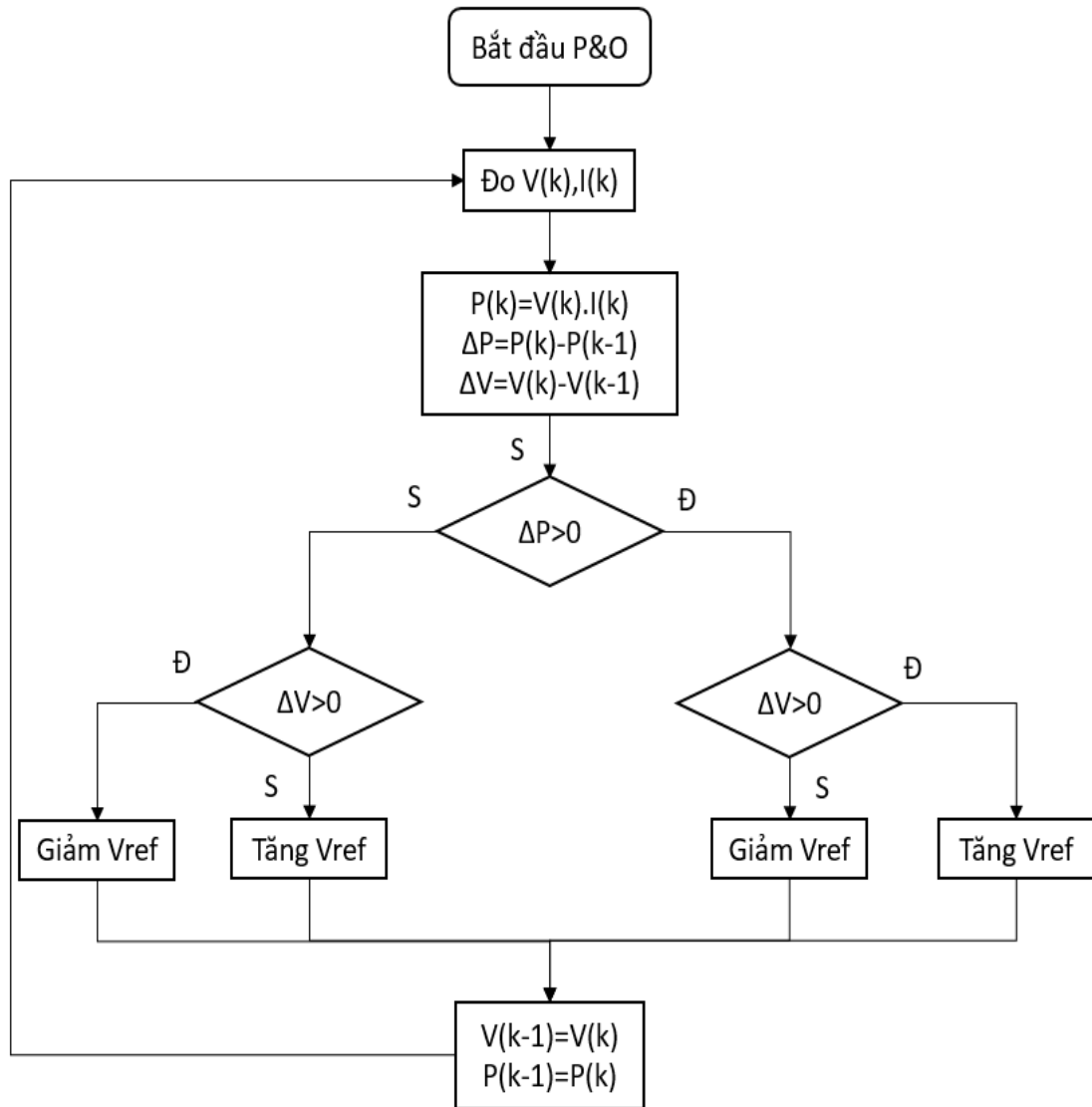
Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 1 ($\Delta P < 0$ và $\Delta V < 0$) thì cần tăng điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 2 ($\Delta P > 0$ và $\Delta V > 0$) thì cần tăng điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 3 ($\Delta P > 0$ và $\Delta V < 0$) thì cần giảm điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 4 ($\Delta P < 0$ và $\Delta V > 0$) thì cần giảm điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

Lưu đồ thuật toán :



Hình 2.13: Lưu đồ thuật toán P&O điều khiển qua điện áp V_{ref}

Giải thích thuật toán :

Bộ điều khiển MPPT đo giá trị điện áp V và dòng điện I . Sau đó tính toán độ sai lệch ΔP , ΔV và kiểm tra :

- Nếu $\Delta P \cdot \Delta V > 0$ thì tăng giá trị điện áp tham chiếu V_{ref} .
- Nếu $\Delta P \cdot \Delta V < 0$ thì giảm giá trị điện áp tham chiếu V_{ref} .

Sau đó cập nhật giá trị V , P trước đó và tiến hành đo V , I cho chu kỳ làm việc tiếp theo.

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

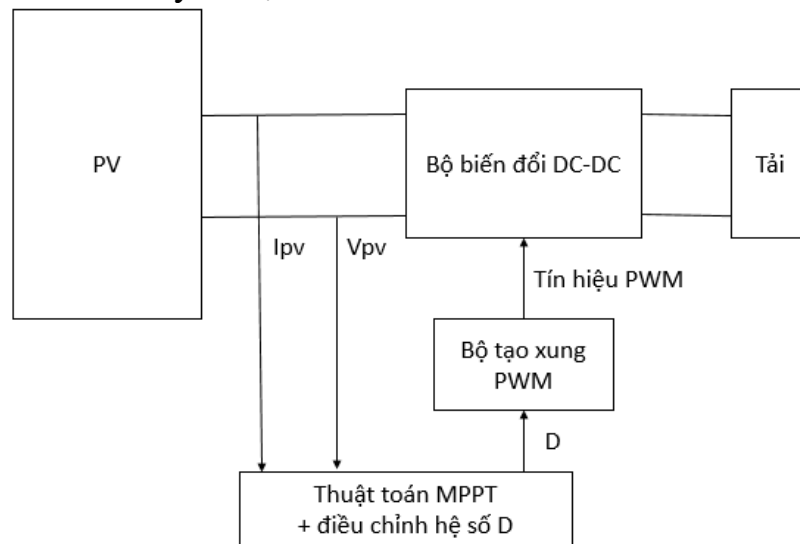
điều kiện thời tiết thay đổi, thuật toán này sẽ trở nên chậm chạp hơn trong việc bám theo điểm MPP và công suất sẽ bị hao hụt nhiều hơn.

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.

2.5.2. 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 2.2.



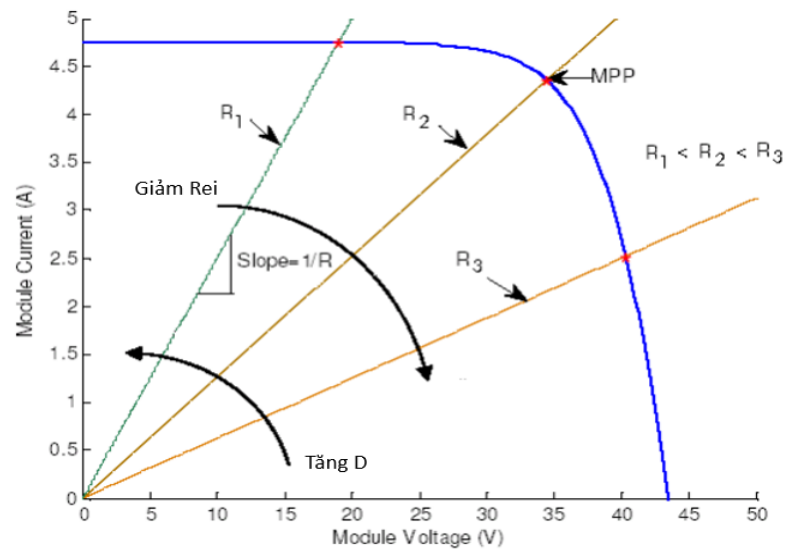
Hình 2.14: Sơ đồ khối phương pháp điều khiển trực tiếp MPPT

Tổng trở của PV được coi là tổng trở vào bộ biến đổi. Nhắc lại công thức (2.6):

$$R_{ei}(D, R) = (1 - D)^2 R \quad (2.9)$$

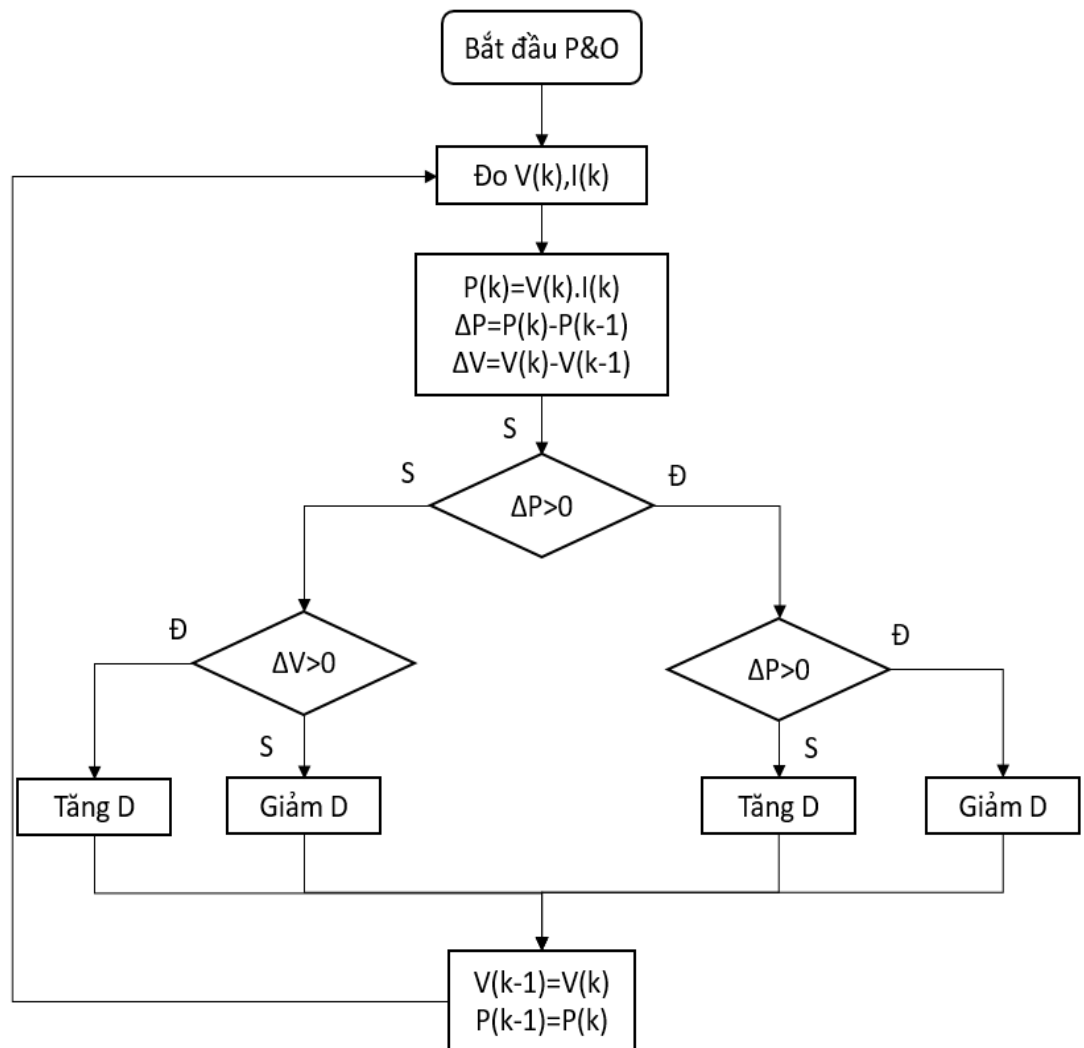
Trong đó: D là hệ số làm việc của bộ biến đổi Boost.

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



Hình 2.15: Mối quan hệ giữa tổng trở vào của mạch Boost và hệ số làm việc D

Từ phân tích nêu trên dễ dàng suy ra được lưu đồ thuật toán như được trình bày trong hình và thuyết minh lưu đồ thuật toán tương tự như lưu đồ hình .



Hình 2.16: Lưu đồ thuật toán P&O điều khiển trực tiếp chu kỳ nhiệm vụ D

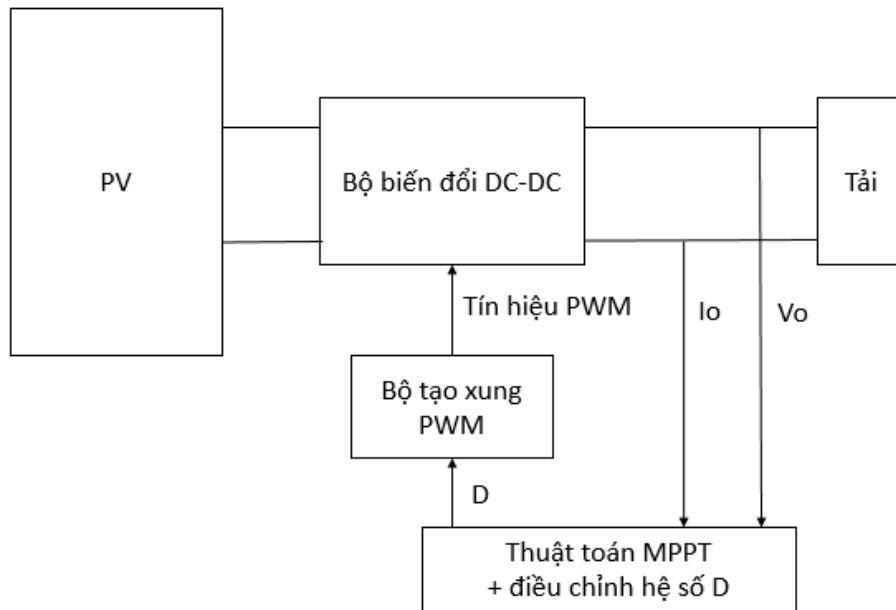
Nhận xét:

- 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.

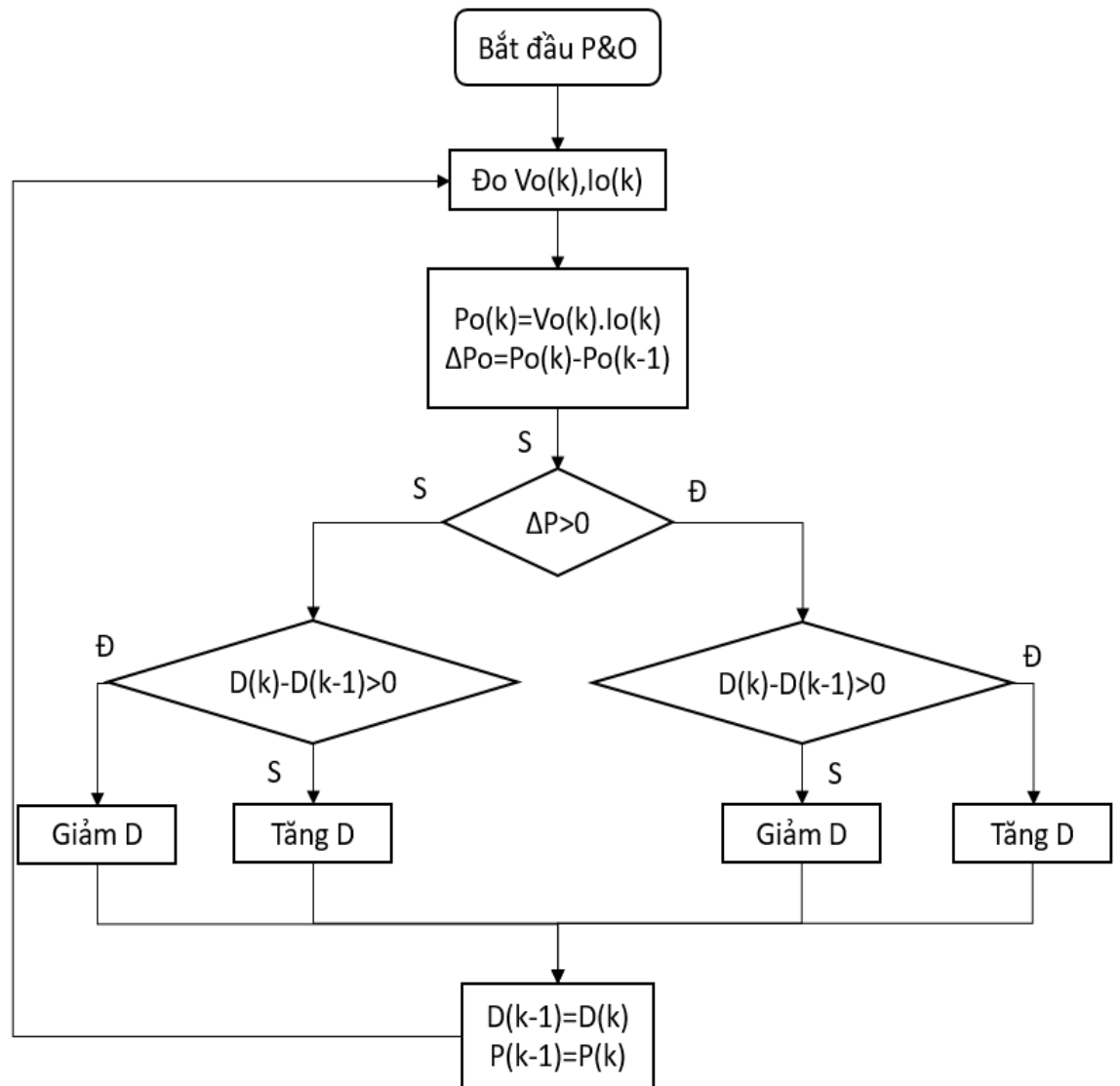
2.5.3. Phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra



Hình 2.17: Sơ đồ khối phương pháp điều khiển 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 phải 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 2.18: Lưu đồ thuật toán P&O điều khiển 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 tham số của thuật toán P&O.

2.6. 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 và tín hiệu ra. Vì vậy, nếu hệ thống cần điện áp ra ổn định thì phải sử dụng đến ắc 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.

Nhìn chung, cả ba phương pháp điều khiển thuật toán trên tương đối giống nhau. Nhưng để chọn ra phương pháp đơn giản, tối ưu nhất và phù hợp với nhu cầu thực tế thì ta nên chọn phương pháp thứ hai điều khiển trực tiếp chu kỳ nhiệm vụ D.

2.7. Điều chế độ rộng xung (PWM)

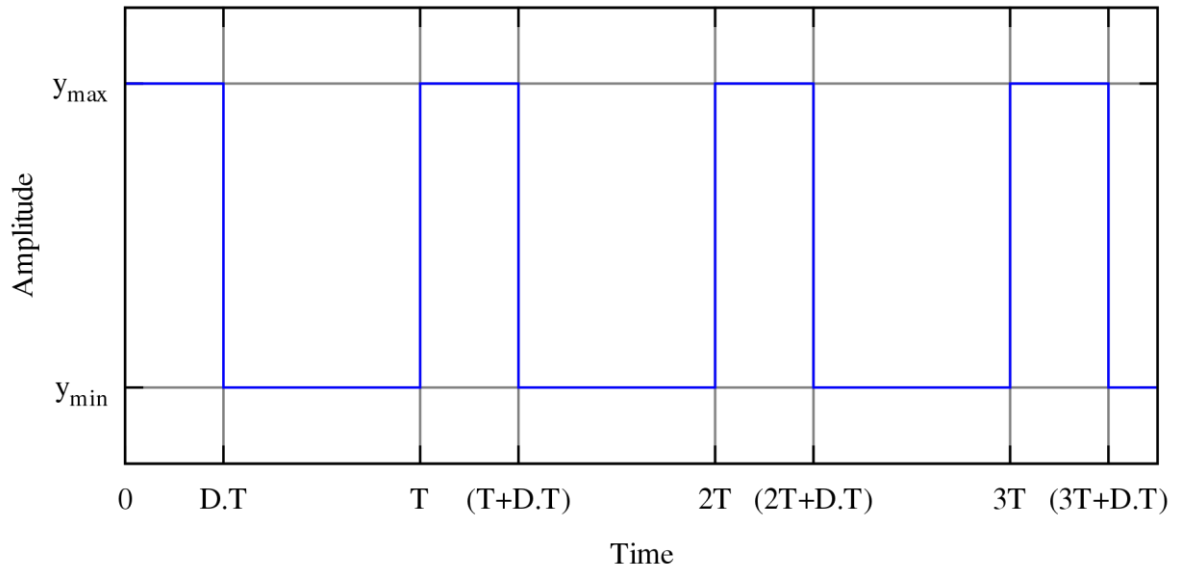
Tín hiệu điều khiển bộ DC-DC có dạng nhị phân nên việc mã hóa tín hiệu từ bộ bám điểm công suất cực đại là điều cần thiết. Để làm được điều đó thì ta cần một bộ PWM.

PWM là một kỹ thuật điều chế được sử dụng để mã hóa một thông điệp thành một tín hiệu xung. PWM sử dụng một sóng hình chữ nhật có độ rộng được điều chế dẫn đến sự biến thiên của giá trị trung bình của dạng sóng. Nếu ta xem xét một sóng xung $f(t)$, với chu kỳ T , giá trị thấp là $y_{\min}$, giá trị cao là $y_{\max}$ và chu kỳ làm việc D , giá trị trung bình của dạng sóng đó được cho bởi:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (2.10)$$

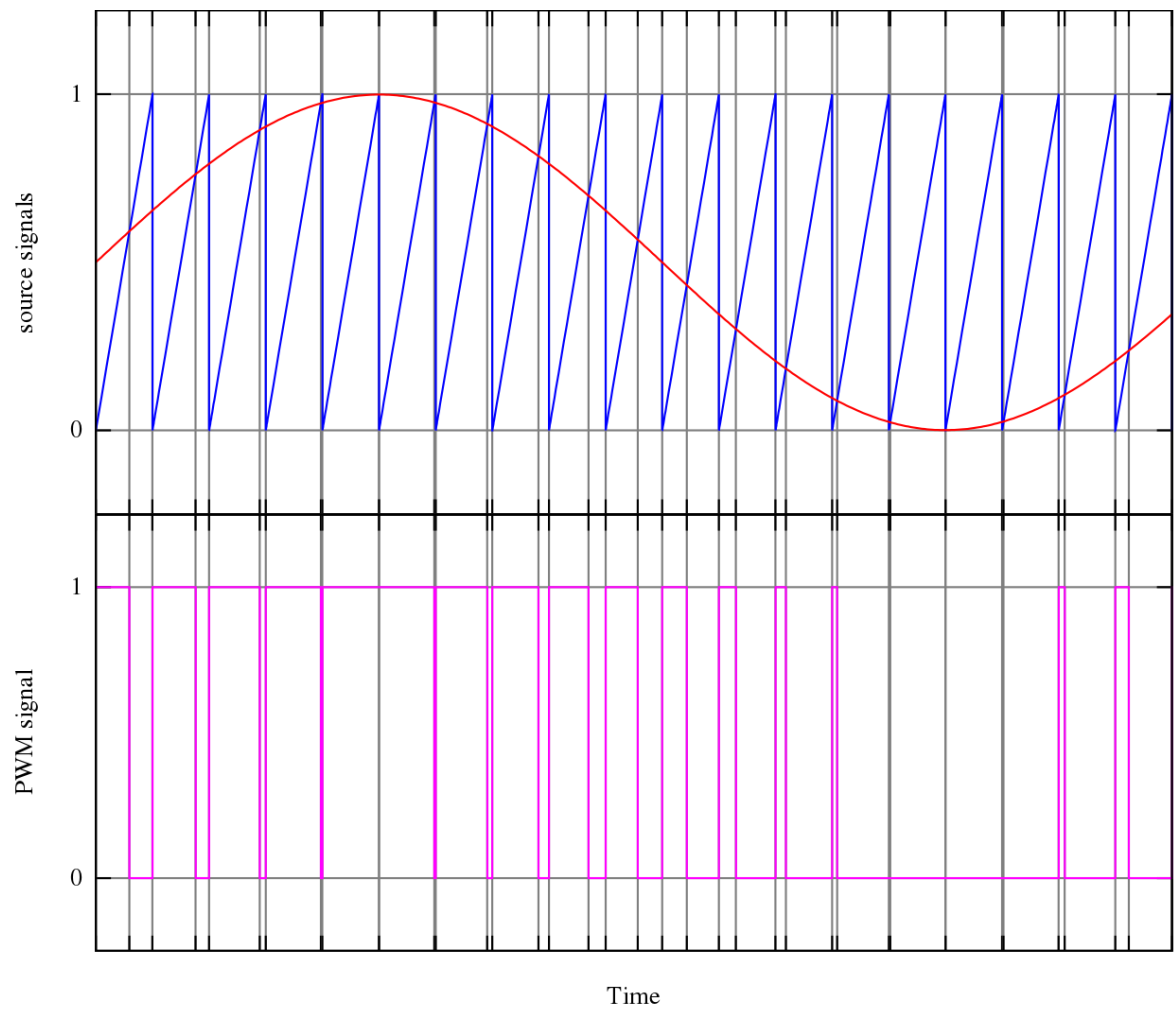
Vì $f(t)$ là một sóng xung, giá trị của nó là $y_{\max}$ trong khoảng $0 < t < D.T$ và $y_{\min}$ trong khoảng $D.T < t < T$ biểu thức trên trở thành:

$$\begin{aligned}
\bar{y} &= \frac{1}{T} \left(\int_0^{DT} y_{\max} dt + \int_{DT}^T y_{\min} dt \right) \\
&= \frac{1}{T} (D \cdot T \cdot y_{\max} + T(1-D)y_{\min}) \\
&= D \cdot y_{\max} + (1-D)y_{\min}
\end{aligned} \tag{2.11}$$



Hình 2.19: Nguyên lý điều chế độ rộng xung

Cách đơn giản nhất để tạo ra một tín hiệu PWM là phương pháp giáp thoa, chỉ cần một sóng hình răng cưa hoặc sóng tam giác và một mạch so sánh. Khi giá trị tín hiệu tham chiếu (sóng hình sin màu đỏ) lớn hơn sóng điều biến (màu xanh), thì tín hiệu PWM (màu hồng) sẽ ở trạng thái cao, nếu không thì ở trạng thái thấp.



Hình 2.20: Phương pháp tạo xung PWM

CHƯƠNG 3: BỘ BIẾN ĐỔI DC-DC

3.1. Bộ biến đổi DC-DC

Bộ biến đổi DC-DC là bộ điều khiển dòng điện, điện áp một chiều khi nguồn cấp là một chiều. Và được sử dụng nhiều trong nguồn điện một chiều với mục đích đổi nguồn một chiều không ổn định thành nguồn một chiều có thể điều khiển được.

Trong hệ thống pin mặt trời, bộ biến đổi DC-DC được kết hợp chặt chẽ với thuật toán MPPT. Thuật toán 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 khóa điện tử, một cuộn cảm để giữ năng lượng, một diode dẫn dòng và một tụ điện để lọc nguồn.

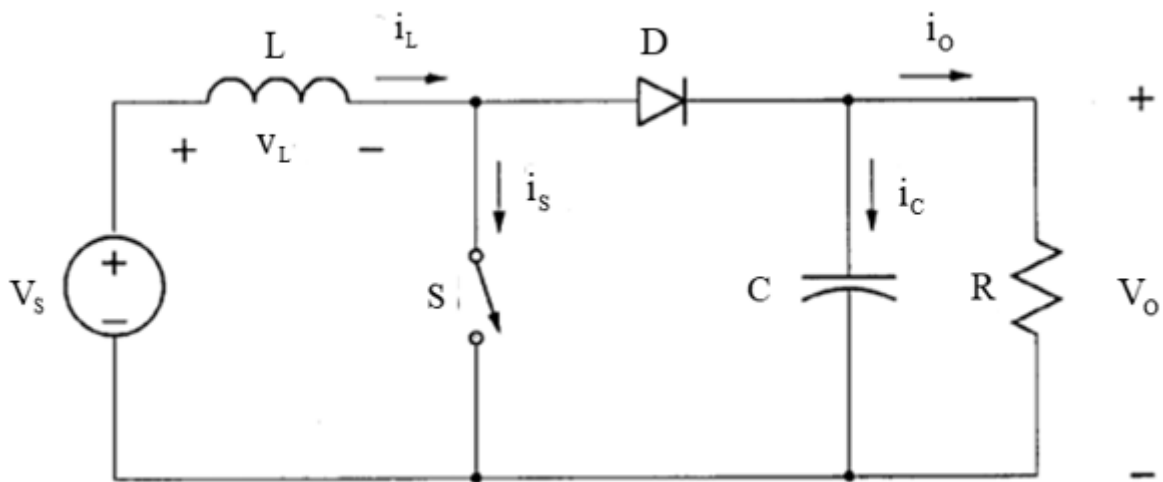
Có nhiều loại bộ biến đổi DC-DC được sử dụng nhưng phổ biến nhất vẫn là 3 loại là: Bộ tăng áp Boost, Bộ giảm áp Buck và Bộ hỗn hợp tăng giảm Boost – Buck. Cả 3 loại DC-DC trên đều sử dụng nguyên tắc đóng mở khóa điện tử theo một chu kỳ được tính toán sẵn để đạt được mục đích sử dụng. Các loại bộ biến đổi DC-DC thường dùng trong hệ PV gồm: bộ giảm áp (buck) bộ tăng áp (boost).

- Bộ giảm áp Buck có thể định được 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.

Trong ba bộ biến đổi DC-DC thì bộ biến đổi DC-DC tăng áp (Boost converter) dùng cuộn kháng hồ cảm với hệ số biến đổi điện áp và hiệu suất cao (90%-95%), phù hợp với hệ thống pin năng lượng mặt trời.

3.2. Bộ biến đổi DC-DC tăng áp (Boost converter)

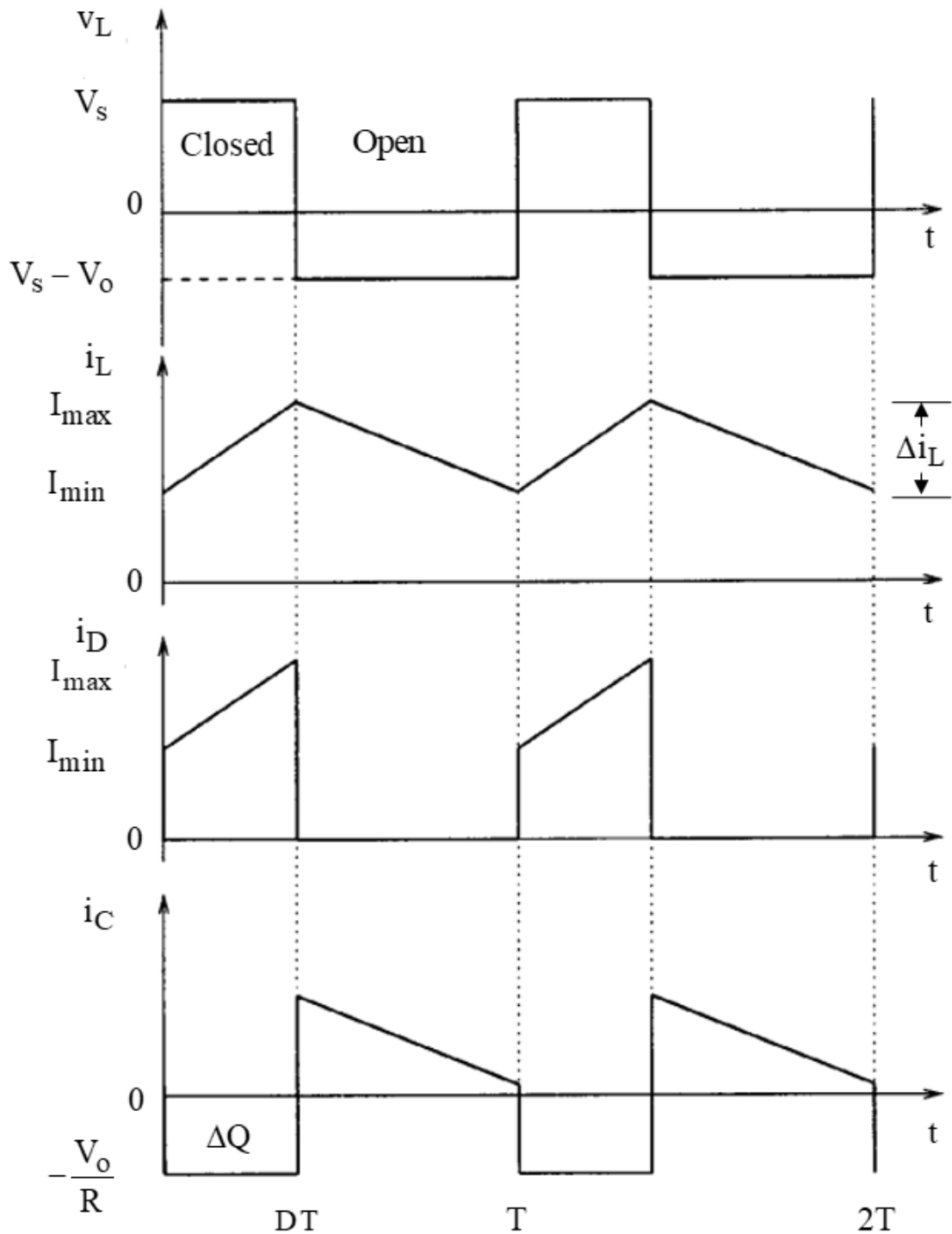
Bộ biến đổi Boost là bộ biến đổi DC – DC thông dụng thường được áp dụng cho các ứng dụng đòi hỏi điện áp ra cao hơn điện áp vào. Mô hình bộ biến đổi DC-DC tăng áp có cấu hình đầy đủ như được trình bày trong hình 3.1. Trong đó để xây dựng các biểu thức toán học và tìm hiểu nguyên lý hoạt động được dễ dàng hơn, nên loại bỏ ảnh hưởng của $R_{esr} = 0$, R_L được chọn khác 0.



Hình 3.1: Mô hình bộ biến đổi DC-DC tăng áp

Các kí hiệu trong sơ đồ:

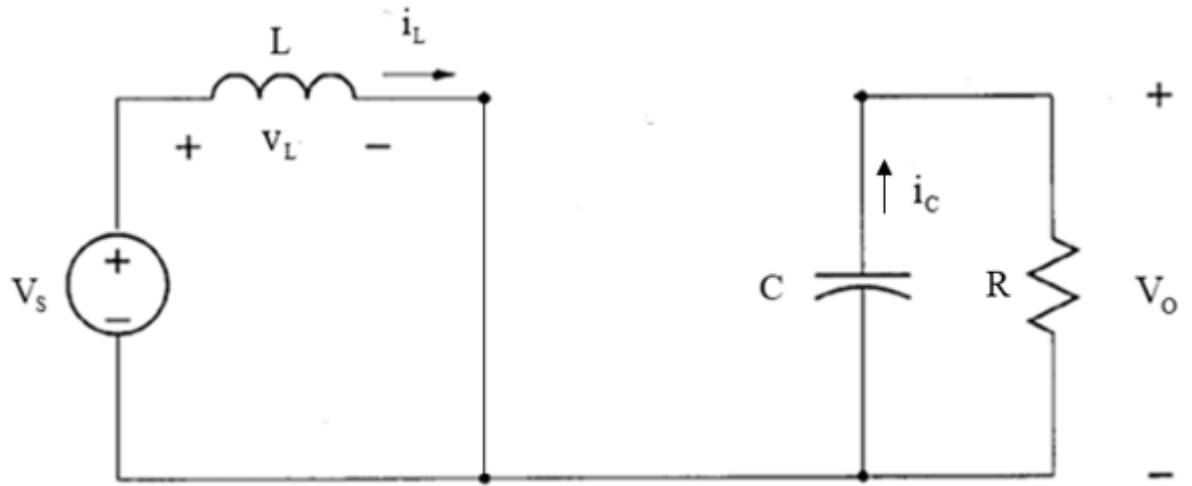
- V_s là nguồn điện một chiều tuyến tính đầu vào.
- C là tụ phân cực, dùng để lọc ngõ ra của bộ biến đổi.
- S là thiết bị chuyển mạch. Thiết bị chuyển mạch là bộ kích hoạt để sạc và xả điện dẫn đầu vào. Hiện nay, có các thiết bị chuyển mạch phổ biến như IGBT, MOSFET, v.v ... MOSFET thường có thể chuyển đổi ở tần số tương đối cao hơn, so với IGBT.
- L là cuộn cảm, là một thiết bị lưu trữ năng lượng trung bình.
- D là diode. Nó điều chỉnh hướng dòng điện trong thời gian S bật và tắt.
- R là tải. Tải có thể là bóng đèn, động cơ, ...
- ❖ Đặc điểm của bộ biến đổi DC-DC tăng áp :
 - Dòng và áp tồn tại ở chế độ xác lập.
 - Chu kỳ chuyển mạch là T , khóa S đóng trong khoảng thời gian DT , và khóa mở trong khoảng thời gian $(1-D)T$.
 - Dòng cuộn cảm liên tục.
 - Tụ điện rất lớn, và điện áp ngõ ra là hằng số tại V_o .
 - Để xây dựng các biểu thức toán học và tìm hiểu nguyên lý hoạt động được dễ dàng hơn thì các linh kiện xem như lý tưởng.
- ❖ Phân tích các trường hợp của bộ biến đổi khi đóng, mở van S .



Hình 3.2: Các dạng sóng của bộ biến đổi DC-DC tăng áp

- Khi van S đóng (0 - DT) :

Dòng điện $i_L(t)$ chạy từ cực dương của nguồn qua điện cảm L rồi qua van trở về cực âm của nguồn và dòng điện $i_C(t)$ khép vòng qua điện trở R , tụ điện C , và không có dòng chảy qua điốt D . Được mô tả như hình 3.3.



Hình 3.3: Bộ biến đổi DC-DC tăng áp khi đóng khóa S
Theo định luật Kirchhoff :

$$V_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (3.1)$$

$$\Rightarrow \frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L} \quad (3.2)$$

Tỉ lệ thay đổi của dòng điện là hằng số, nên dòng tăng tuyến tính khi khóa S đóng.

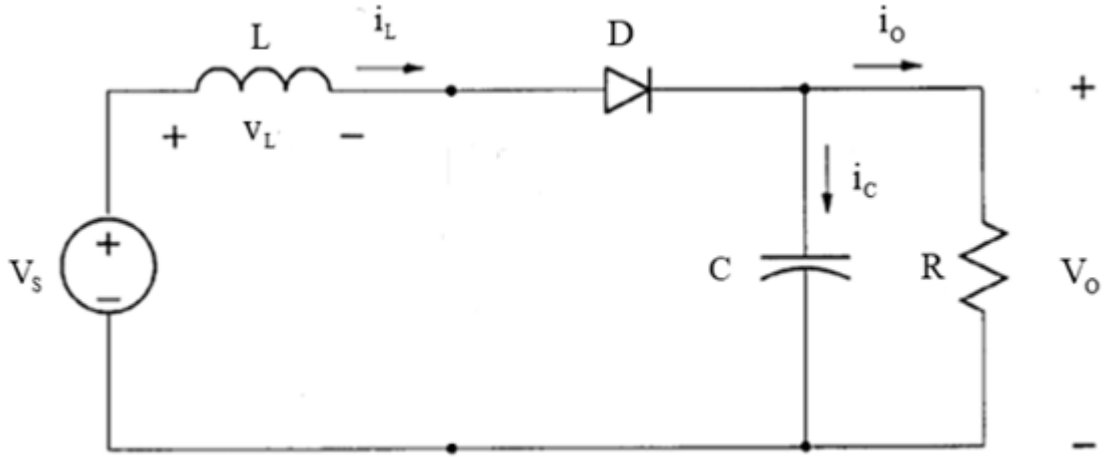
Thay đổi dòng trong cuộn dây khi khóa S đóng là :

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \quad (3.3)$$

$$\Rightarrow (\Delta i_L)_{\text{close}} = \frac{D.T.V_s}{L} \quad (3.4)$$

- Khi khóa S mở ($DT_s - Ts$) :

Dòng điện trong cuộn dây không thể thay đổi tức thời. Diot được phân cực thuận duy trì dòng qua cuộn cảm. Sơ đồ mạch tương đương như hình 3.4.



Hình 3.4: Bộ biến đổi DC-DC tăng áp khi mở khóa S
 Từ sơ đồ mạch điện dễ dàng tìm được điện áp qua cuộn cảm :

$$V_L = V_s - V_o = L \frac{di_L}{dt} \quad (3.5)$$

$$\Rightarrow \frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (3.6)$$

Tỉ lệ thay đổi dòng cuộn cảm là hằng số, nên dòng thay đổi tuyến tính khi khóa mở.

Thay đổi dòng trong cuộn dây khi khóa S mở là :

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (3.7)$$

$$\Rightarrow (\Delta i_L)_{\text{open}} = \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} \quad (3.8)$$

Để trạng thái hoạt động ổn định, độ gợn dòng trong cuộn cảm phải bằng 0:

$$(\Delta i_L)_{\text{close}} + (\Delta i_L)_{\text{open}} = 0 \quad (3.9)$$

$$\Leftrightarrow \frac{D \cdot T \cdot V_s}{L} + \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} = 0 \quad (3.10)$$

$$\Leftrightarrow V_o = \frac{V_s}{1-D} \quad (3.11)$$

Cũng như vậy, điện áp trung bình của cuộn cảm phải bằng 0 trong chu kỳ:

$$V_L = V_s D + (V_s - V_o)(1-D) = 0 \quad (3.12)$$

Nếu khóa luôn mở và D bằng không thì điện áp ngõ ra bằng điện áp ngõ vào.

Khi tỉ số D tăng lên nghĩa là mẫu số của phương trình điện áp V_O giảm. Kết quả là điện áp ngõ ra lớn.

Dòng điện trung bình qua cuộn dây được xác định bởi công suất trung bình của nguồn bằng với công suất trung bình của tải.

Công suất ngõ ra là :

$$P_O = \frac{V_O^2}{R} = V_O I_O \quad (3.13)$$

Công suất ngõ vào là :

$$P_S = V_S I_S \quad (3.14)$$

Cân bằng phương trình :

$$\begin{aligned} V_S I_L &= \frac{V_O^2}{R} \\ &= \frac{[V_S / (1-D)]^2}{R} \\ &= \frac{V_S^2}{(1-D)^2 R} \end{aligned} \quad (3.15)$$

Dòng trung bình qua cuộn cảm là :

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{V_S}{(1-D)^2 R} \\ &= \frac{V_O^2}{V_S R} \\ &= \frac{V_O I_O}{V_S} \end{aligned} \quad (3.16)$$

Xác định dòng cuộn cảm lớn nhất và nhỏ nhất :

$$I_{L\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_S}{(1-D)^2 R} + \frac{D.T.V_S}{2L} \quad (3.17)$$

$$I_{L\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_S}{(1-D)^2 R} - \frac{D.T.V_S}{2L} \quad (3.18)$$

Vì dòng qua cuộn dây là liên tục nghĩa là nó luôn dương, nên $I_{\min}$ là dương :

$$I_{L\min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{D.T.V_s}{2L} > 0 \quad (3.19)$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_s}{(1-D)^2 R} > \frac{D.T.V_s}{2L} = \frac{DV_s}{2Lf} \quad (3.20)$$

Điện cảm tối thiểu cho dòng liên tục trong bộ biến đổi là :

$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (3.21)$$

Thiết kế bộ biến đổi DC-DC tăng áp để dòng liên tục thì phải có giá trị cuộn cảm lớn hơn $L_{\min}$:

$$L = \frac{D.T.V_s}{\Delta i_L} = \frac{D.V_s}{f.\Delta i_L} \quad (3.22)$$

- Độ gợn sóng điện áp ngõ ra :

Giả sử điện áp ngõ ra là hằng số, nên có thể xem giá trị điện dung là rất lớn.

Thực tế điện dung có giá trị giới hạn nên điện áp ngõ ra sẽ biến thiên hoặc gợn sóng.

Gợn sóng điện áp ngõ ra có thể được tính từ dạng sóng dòng tụ như hình 3.2.

Thay đổi tụ điện được tính từ :

$$|\Delta Q| = \left(\frac{V_o}{R} \right).D.T = C.\Delta.V_o \quad (3.23)$$

Biểu thức điện áp gợn sóng là :

$$\Delta V_o = \frac{V_o.D.T}{R.C} = \frac{V_o.D}{R.C.f} \quad (3.24)$$

Hoặc

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (3.25)$$

Điện dung được tính :

$$C = \frac{D}{R(\Delta V_o / V_o)f} \quad (3.26)$$

Trở kháng của tụ điện có thể góp phần đáng kể vào gợn sóng điện áp ngõ ra.

Sự biến thiên dòng qua tụ cũng giống như dòng max trong cuộn cảm (hình 4.2).

Gợn sóng điện áp do trở kháng tương đương (ESR) là :

$$\Delta V_{O,ESR} = \Delta I_C \cdot r_{ESR} = I_{Lmax} \cdot r_{ESR} \quad (3.27)$$

CHƯƠNG 4: MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BẮM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI THUẬT TOÁN P&O VỚI PHẦN MỀM MATLAB

Mô phỏng là một công cụ rất hiệu quả và được sử dụng rất rộng rãi trong nghiên cứu, thiết kế chế tạo các sản phẩm. Nhờ có mô phỏng ta dự đoán được chất lượng của thiết kế trước khi hiện thực hóa. Có rất nhiều công cụ để thực hiện chức năng này. Để đánh giá các quá trình dòng và áp xảy ra trong các phần tử thì MATLAB tỏ ra rất hiệu quả, do đó có thể đánh giá về khả năng làm việc của thiết kế trên cơ sở sử dụng MATLAB.

4.1. Phần mềm matlab

MATLAB là một chương trình được sử dụng để mô phỏng và mô hình hóa các mạch điện tử tương tự. Chương trình này nó cho phép chúng ta mô phỏng các thiết kế trước khi bắt tay vào xây dựng phần cứng. Các chương trình mô phỏng cho phép chúng ta quan sát nhưng thay đổi của mạch điện khi ta thay đổi tín hiệu đầu vào hoặc giá trị của các thành phần trong mạch điện. Do đó có thể kiểm tra lại các thiết kế được coi là đã hoàn thành để xem chúng có chạy đúng trong thực tế hay không. MATLAB chỉ mô phỏng và tiến hành các phép đo kiểm tra chứ không phải là phần thiết kế các mạch điện.

Để khảo sát một mạch điện nói chung cũng như một mạch điện tử công suất nói riêng ta tiến hành theo các bước sau:

- Xác định mô hình các phần tử cần thiết để xây dựng mạch điện. Đa số các phần tử này đều có trong thư viện mô hình của chương trình, tuy nhiên trong một số trường hợp ta phải xây dựng mới. Mô hình trong MATLAB phản ánh đúng đặc điểm và tính chất vật lý của thiết bị thực. Mô hình càng gần với thực tế thì kết quả phân tích càng đáng tin cậy. Mặc dù vậy trong một số trường hợp, khi khảo sát một đặc tính nào đó thì chỉ cần mô hình hóa các tham số, thông số liên quan đến đặc tính đó.
- Thiết lập sơ đồ nguyên lý của mạch cần nghiên cứu. Cần phải đảm bảo chắc chắn rằng sơ đồ nguyên lý được xây dựng là đúng đắn.
- Thiết lập các thông số của sơ đồ và các tham số khảo sát.

- Tiến hành khảo sát, thường chia làm hai giai đoạn: Trước hết chạy thử chương trình với chế độ mà kết quả đã biết trước để kiểm tra độ chính xác của mô hình. Tiếp theo, khi mô hình đạt độ tin cậy cần thiết, tiến hành nghiên cứu với các chế độ cần khảo sát theo yêu cầu đặt ra.

4.2. Các thông số của hệ thống pin năng lượng mặt trời

4.2.1. Thông số của pin năng lượng mặt trời

Bảng 5.1: Thông số kỹ thuật của pin mặt trời mono 100W

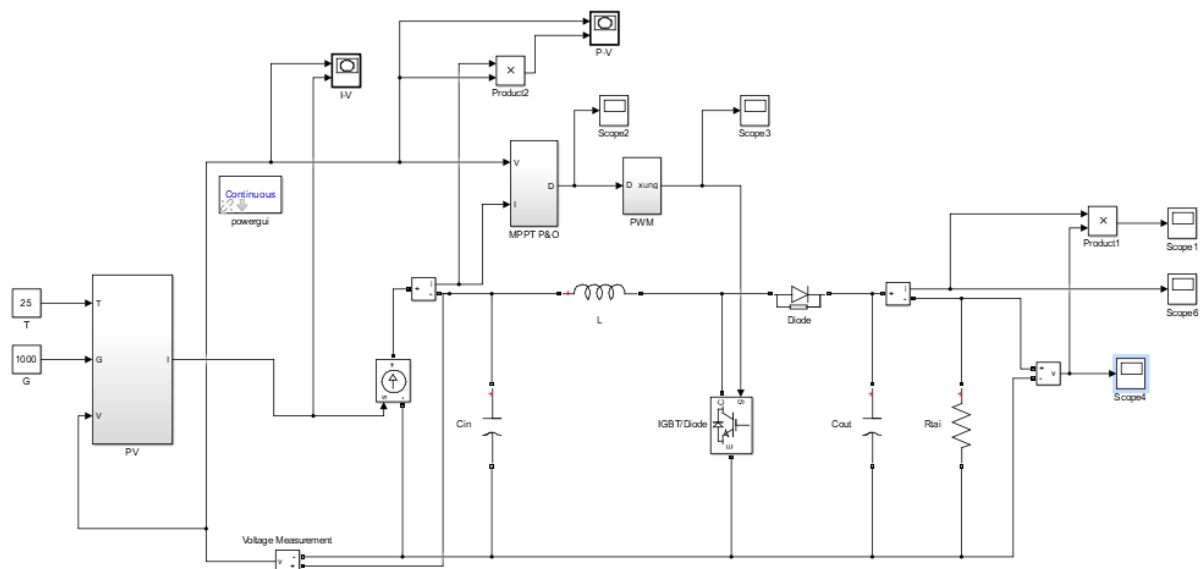
Thông số	Kí hiệu	Giá trị
Công suất lớn nhất	P_{max}	100 W
Điện áp tại điểm cực đại MPP	V_{MPP}	18,9 V
Dòng điện tại điểm cực đại MPP	I_{MPP}	5,29 A
Điện áp hở mạch	V_{OC}	22,5 V
Dòng điện ngắn mạch	I_{SC}	5,75 A
Hệ số nhiệt độ của dòng điện ngắn mạch	K_i	0,04 A/°C
Số modul pin ghép nối tiếp	N_s	36
Số modul pin ghép song song	N_p	1

4.2.2. Thông số của bộ biến đổi DC-DC tăng áp

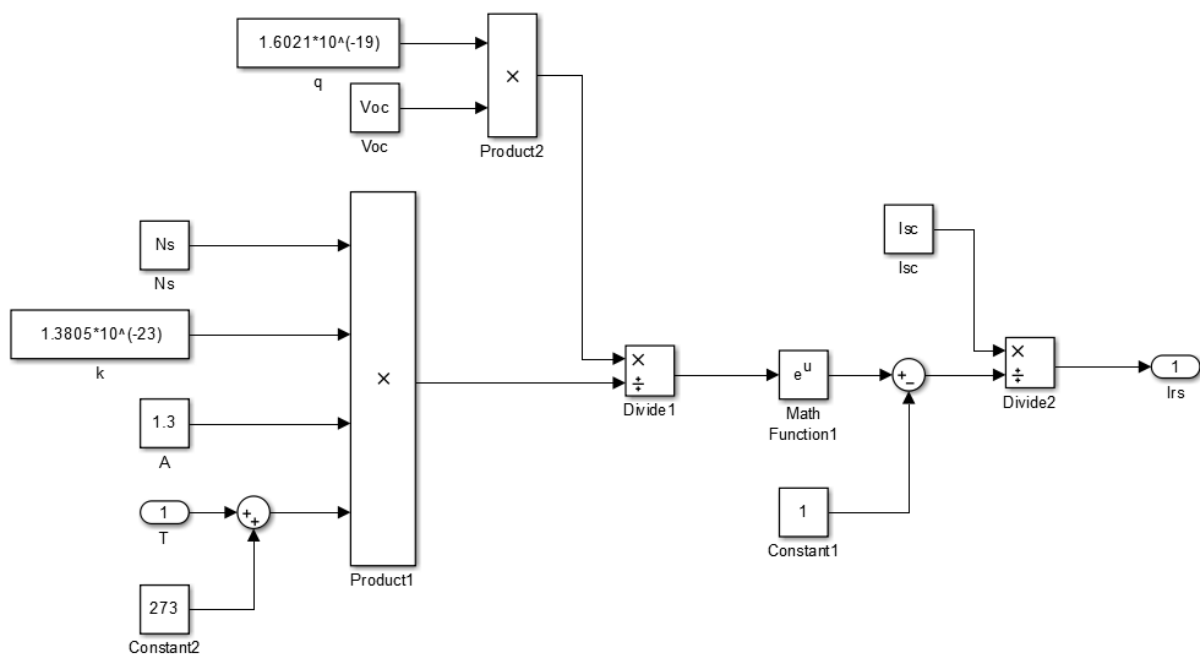
Bảng 5.2: Thông số kỹ thuật của bộ biến đổi tăng áp

Thông số	Kí hiệu	Giá trị
Tụ điện đầu vào	C_{in}	50 uF
Cuộn cảm	L	50 uH
Tụ điện đầu ra	C_{out}	3000 uF
Điện trở tải	$R_{tải}$	20 Ω

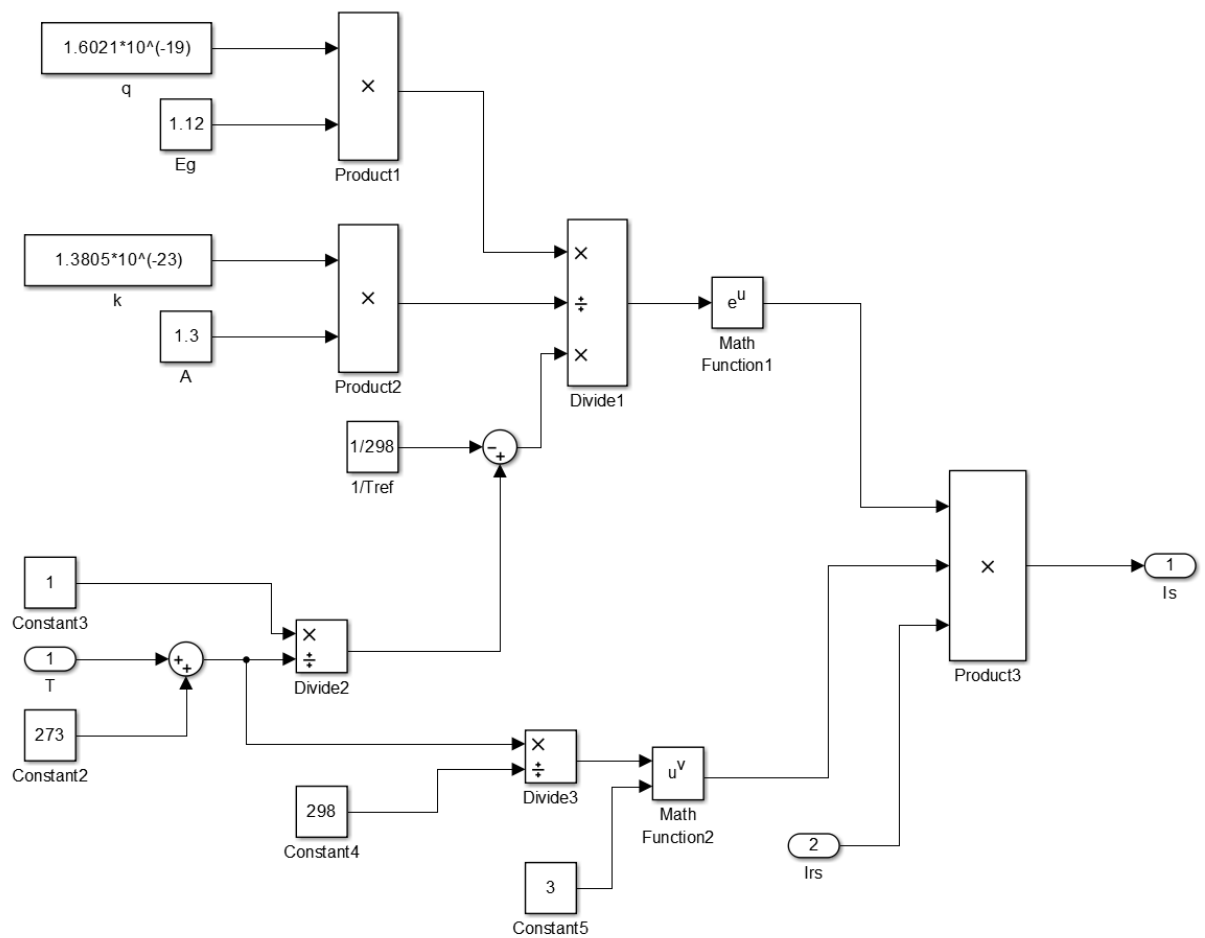
4.3. Mô phỏng và kết quả mô phỏng hệ thống pin năng lượng mặt trời



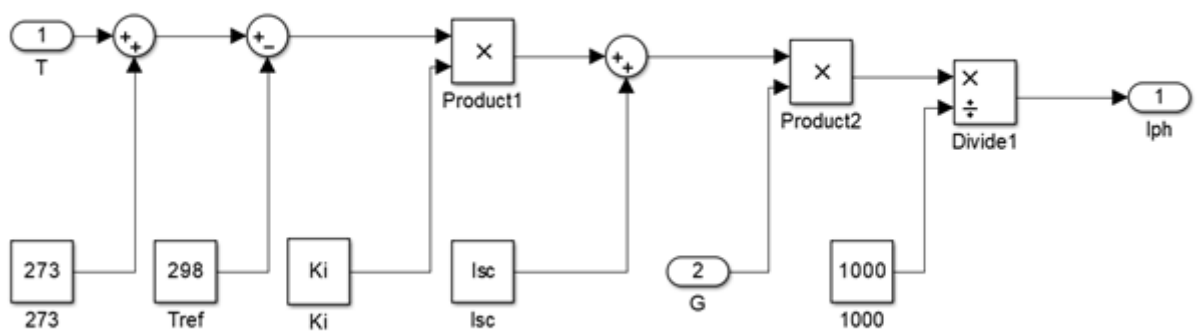
Hình 5.1: Hệ thống pin năng lượng mặt trời



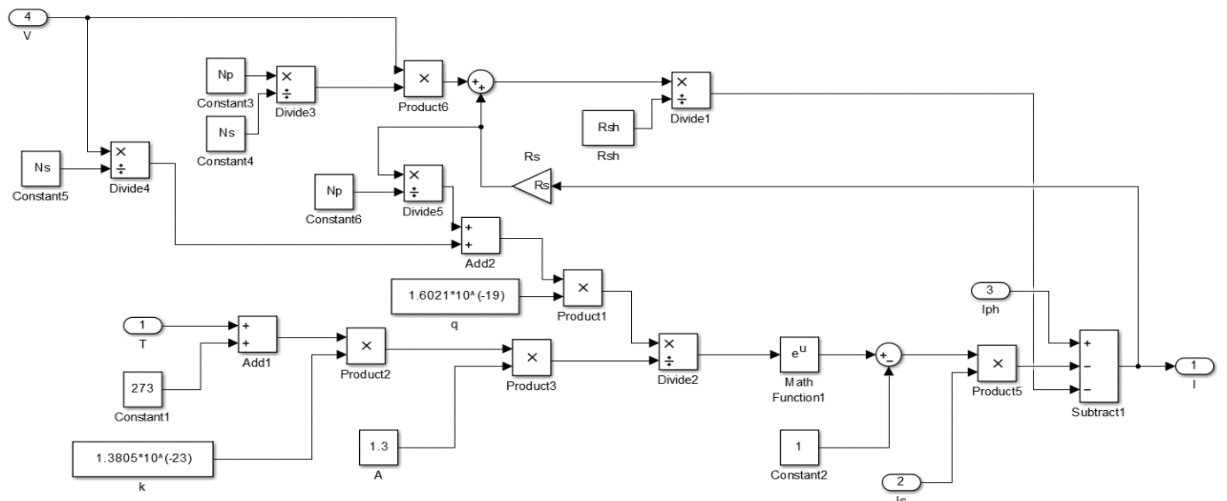
Hình 5.2: Dòng điện chạy qua nội trở R_{sh}



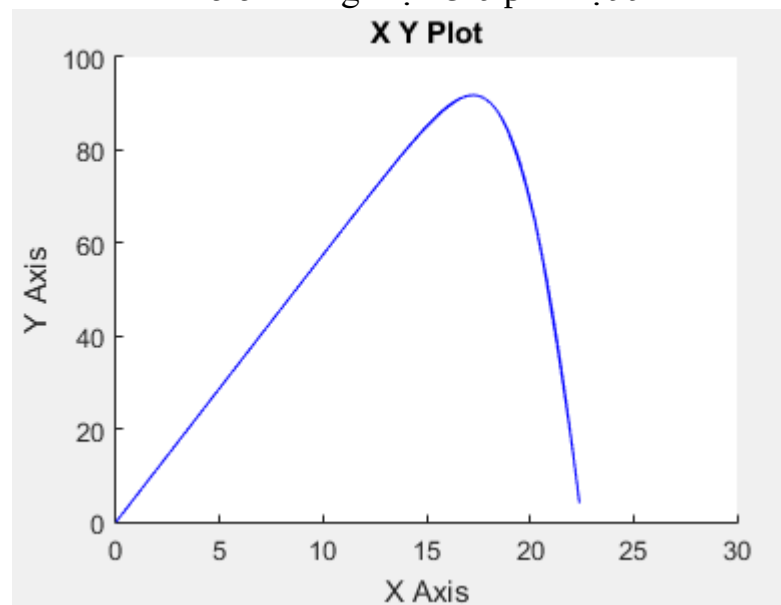
Hình 5.3: Dòng điện bão hòa của pin mặt trời



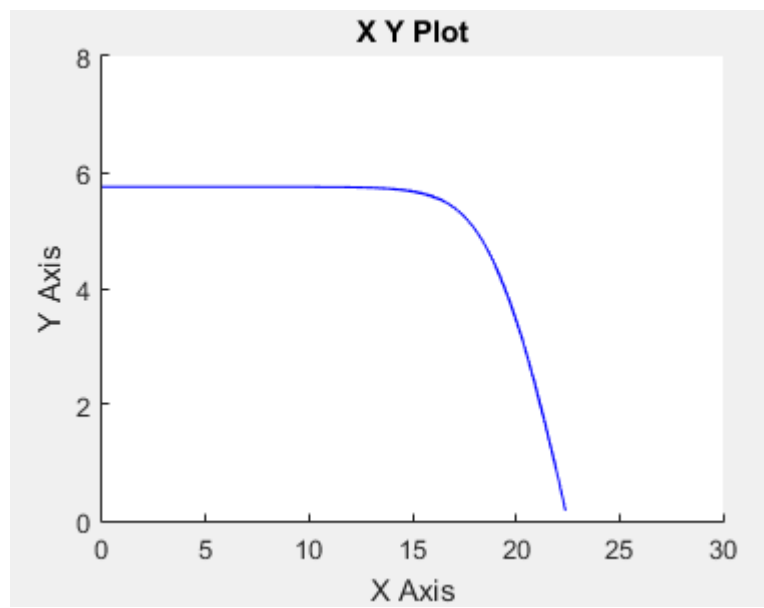
Hình 5.4: Dòng quang điện của pin mặt trời



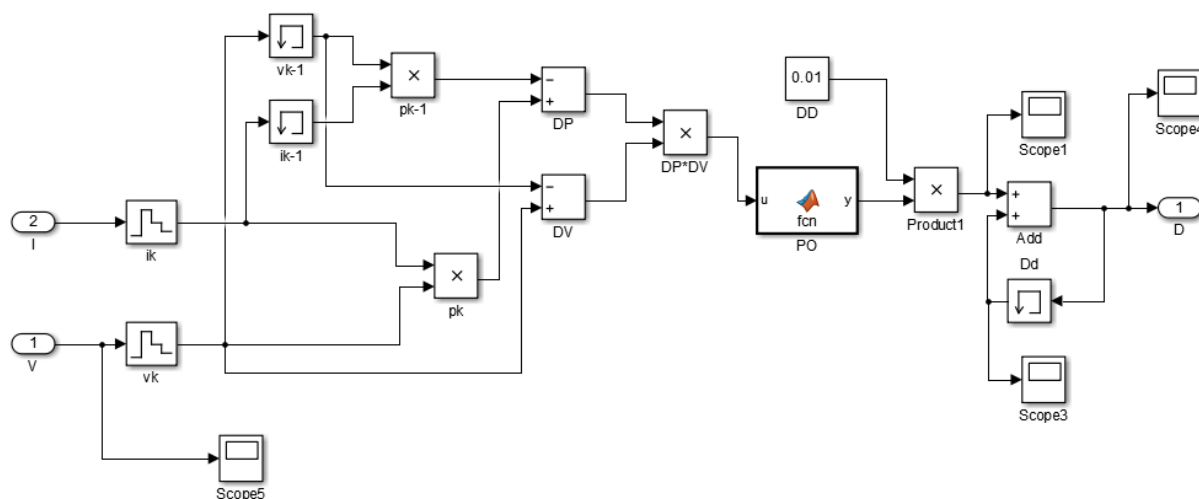
Hình 5.5: Dòng điện của pin mặt trời



Hình 5.6: Đặc tính P-V của pin năng lượng mặt trời



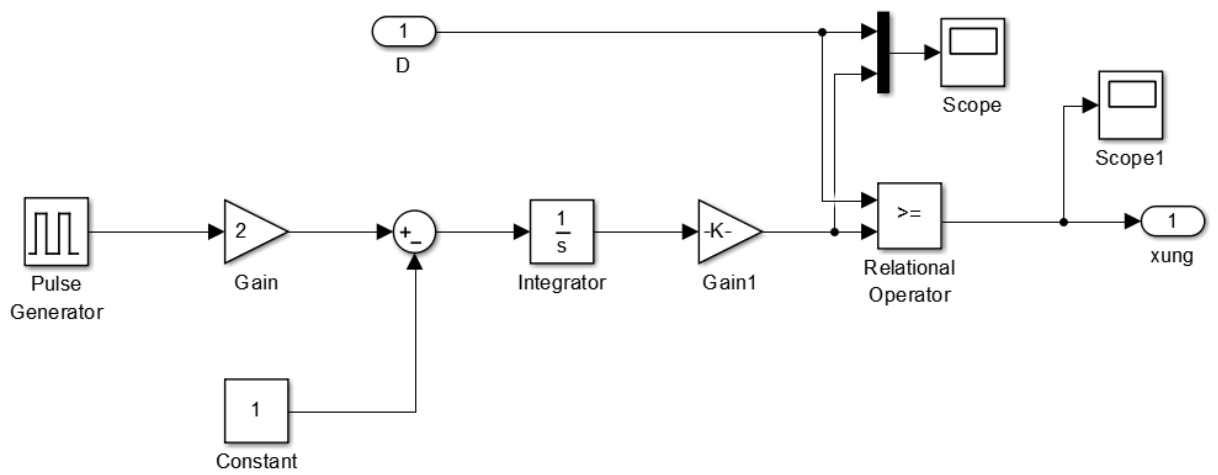
Hình 5.7: Đặc tính I-V của pin năng lượng mặt trời



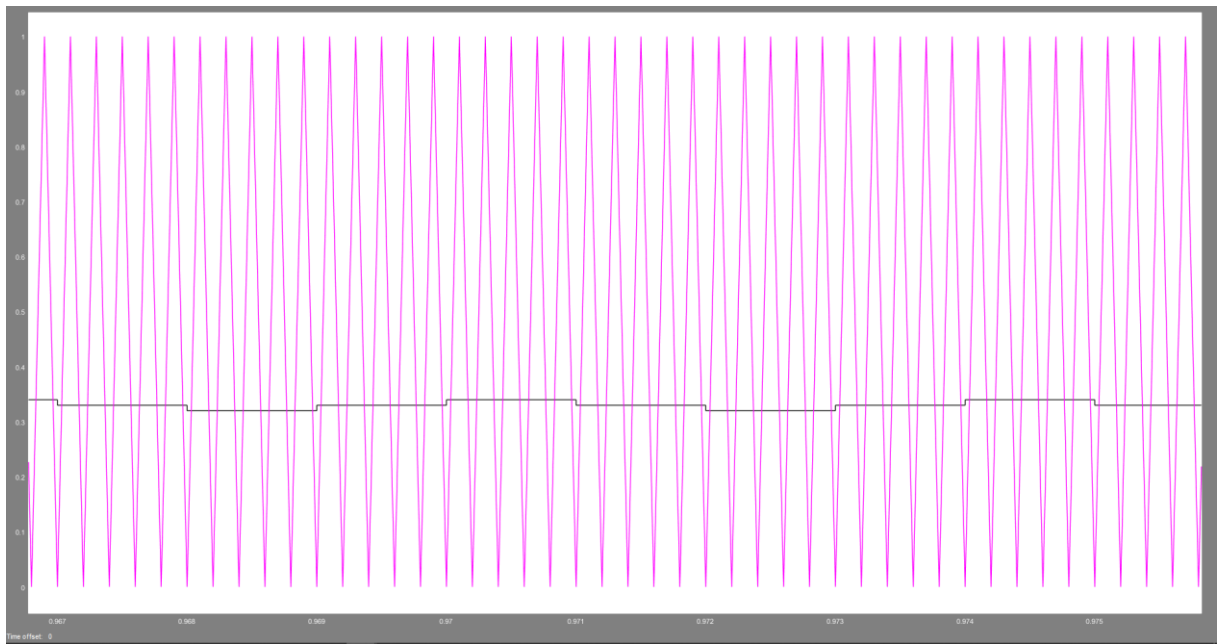
Hình 5.8: Thuật toán MPPT P&O



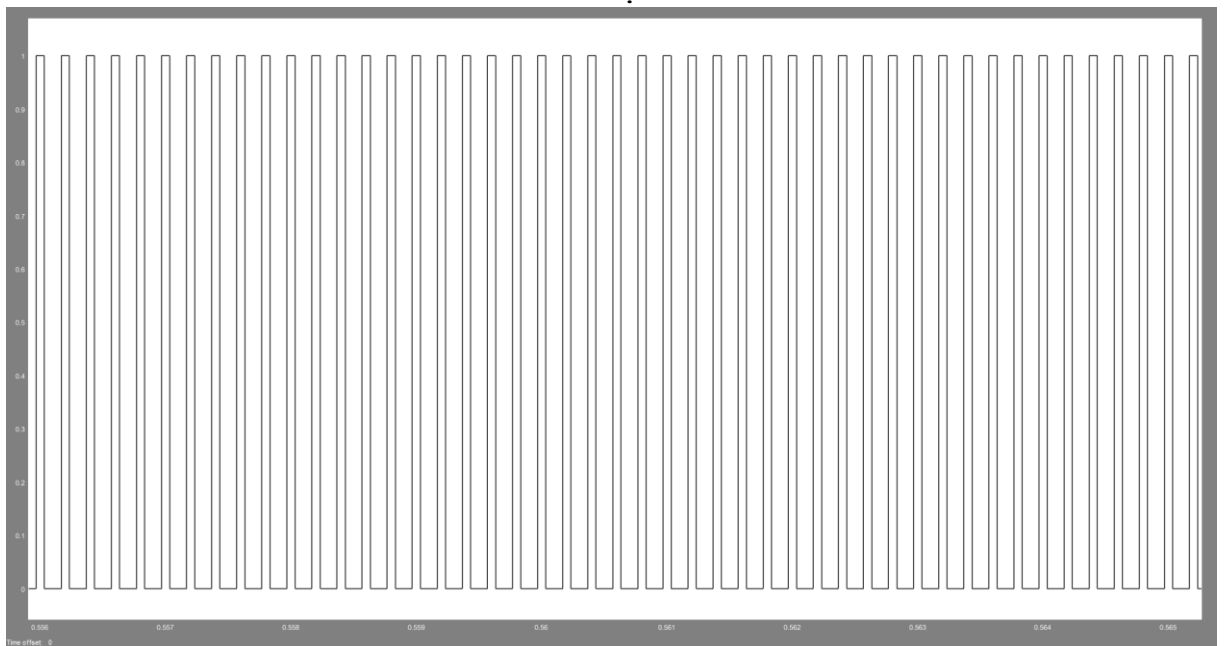
Hình 5.9: Chu kỳ nhiệm vụ D ($D=0,36$)



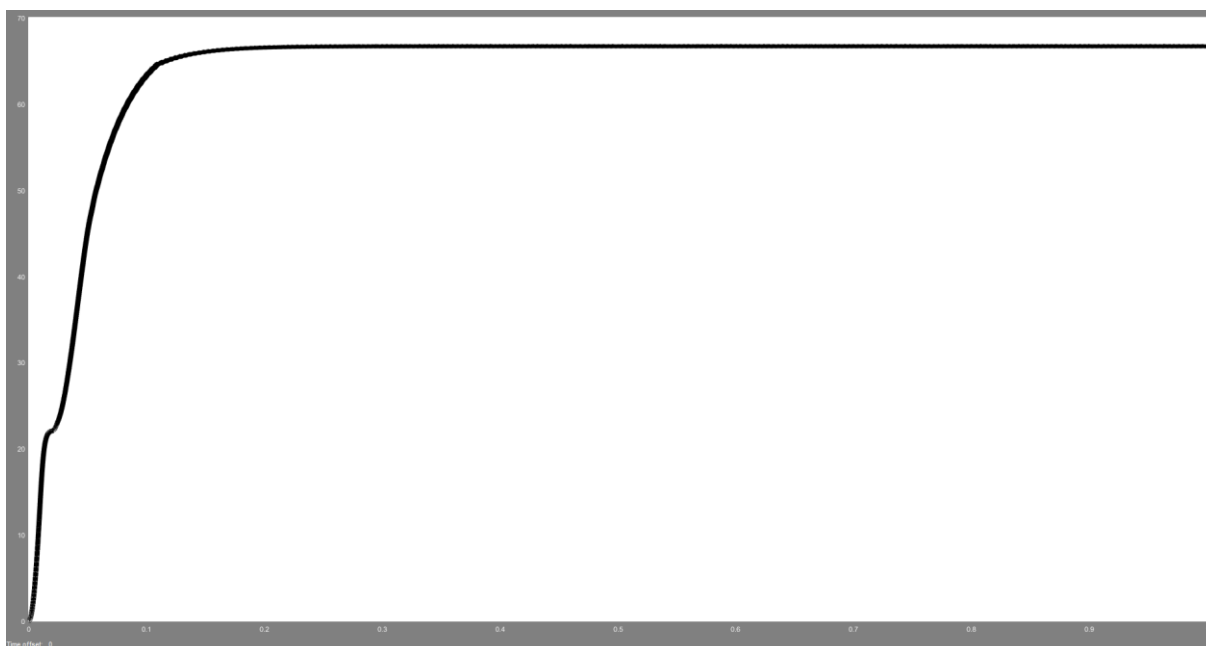
Hình 5.10: Bộ tạo xung PWM



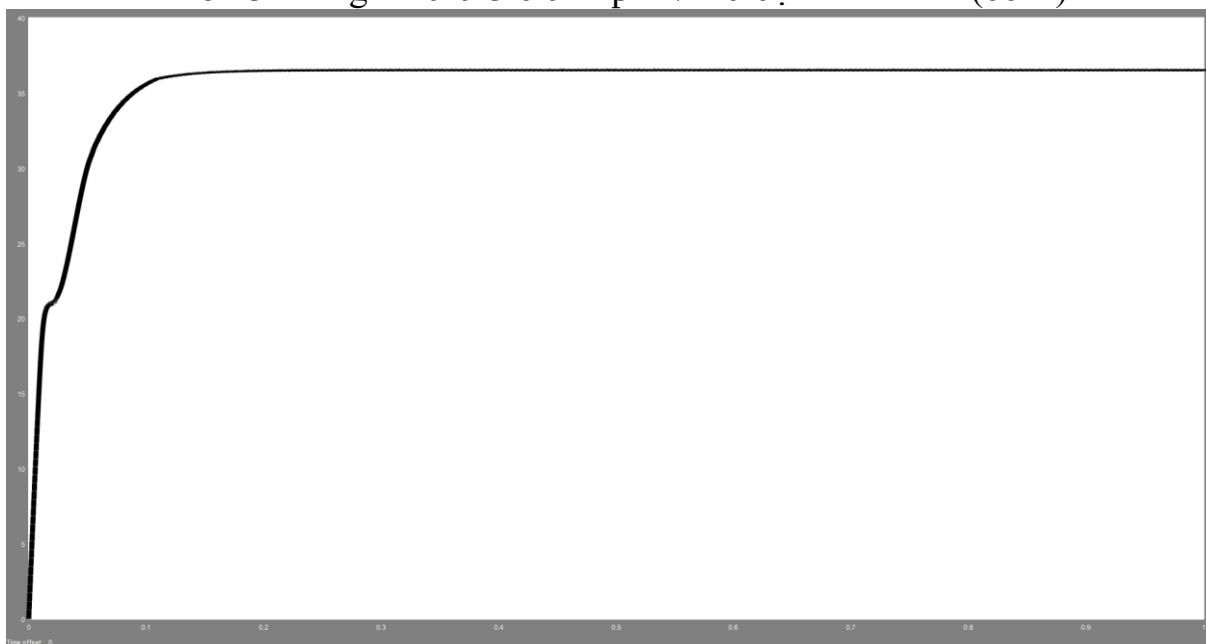
Hình 5.11: Bộ so sánh



Hình 5.12: Xung PWM (36%)



Hình 5.13: Công suất ra của tấm pin với thuật toán P&O (66W)



Hình 5.14: Điện áp ra của tấm pin với thuật toán P&O (36V)



Hình 5.15: Dòng điện ra của tấm pin với thuật toán P&O (1,8A)

KẾT LUẬN

Sau một thời gian nghiên cứu và làm việc dưới sự hướng dẫn tận tình của Ths. Ngô Quang Vĩ cùng với sự giúp đỡ của bạn bè trong khoa Điện - Tự Động Công Nghiệp trường Đại học dân lập Hải Phòng. Em đã hoàn thành đồ án tốt nghiệp và đạt được một số kết quả như sau :

- Nêu được tổng quan và xây dựng mô hình nhỏ hệ thống pin năng lượng mặt trời.
- Đã tìm hiểu cấu tạo, nguyên lý hoạt động, đặc tính làm việc của pin mặt trời.
- Nghiên cứu, xây dựng thuật toán P&O bám điểm công suất cực đại.
- Nêu được nguyên lý hoạt động của bộ biến đổi DC-DC.

Do đây là đề tài còn rất mới đối với bản thân, khả năng nhận thức còn hạn chế nên đồ án vẫn còn một số khâu chưa hoàn chỉnh, còn nhiều vấn đề chưa đề cập đến. Những nghiên cứu này chỉ dừng lại ở lý thuyết, thiếu quá trình thực nghiệm thực tế.

Vì thế em rất mong các thầy cô và các bạn đóng góp thêm nhiều ý kiến, nhận xét quý báu để kiến thức của em được hoàn thiện hơn.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn sự chỉ bảo, hướng dẫn tận tình của thầy giáo Ths. Ngô Quang Vĩ trong suốt quá trình làm đề tài tốt nghiệp này.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày....tháng....năm 2020
Sinh viên thực hiện

Đoàn Công Minh

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Anh

[1]“Advanced Algorithm For Mppt Control Of Photovoltaic Systems”, C. Liu, B. Wu and R. Cheung, Department of Electrical & Computer Engineering, Ryerson University, Toronto, Ontario, Canada M5B 2K3.

[2]“Evaluation of Micro Controller Based Maximum Power Point Tracking Methods Using dSPACE Platform”, Australian University Power Engineering Conference 2006.

[3]“A Detailed Performance Model for Photovoltaic Systems”, Hongmei Tian University of Colorado – Denver and Shenzhen Polytechnic, Fernando Mancilla-David, Kevin Ellis and Peter Jenkins University of Colorado – Denver, Eduard Muljadi National Renewable Energy Laboratory.

[4]“Design and simulation DC-DC power converters buck and boost for mobile applications using Matlab/Simulink”, Kaoutar Bendaoud Polydisciplinary Faculty of Ouarzazate, Department Mathematics and Informatics and Management, Laboratory of Engineering Sciences and Energy, Ibn Zohr University- Agadir, Morocco.

[5]Robert W. Erickson ,Fundamentals of Power Electronics, second edition. Kluwer Academic Publishers, 2001.

[6]Cyril W. Lander (1993), Power Electronic

[7]Ryszard Strzelecki, Grzegorz Benysek; Power Electronics in Smart Electrical Energy Networks; Springer 2008.

[8]Frede Blaabjerg, Remus Teorescu, Zhe Chen, Marco Liserre; Power converters and control of renewable energy systems; ICPE (ISPE) (2004): 2-20.

Tài liệu tiếng Việt

[9]Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh (2004), Điện tử công suất, NXB Khoa Học Kỹ Thuật, Hà Nội.

- [10] Nguyễn Văn Thuận (2003), Điện tử công suất, NXB Học viện KTQS, Hà Nội.
- [11] Nguyễn Phùng Quang, Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2008.
- [12] Trần Trọng Minh, “Bài giảng : Thiết kế điều khiển cho các bộ biến đổi Điện tử công suất”, BKHN, 12/4/2013.
- [13] Ts. Hoàng Dương Hùng, Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.
- [14] “Thiết kế bộ chuyển đổi dc/dc mới cho hệ thống điện sử dụng năng lượng mặt trời”, Trịnh Trung Hiếu, Đoàn Anh Tuấn, Lê Thị Tịnh Minh.
- [15] “So sánh các thuật toán bắt điểm công suất cực đại bằng phương pháp mô phỏng và thực nghiệm”, Nguyễn Văn Tấn, Dương Minh Quân, Trần Anh Tuấn, Phạm Văn Kiên, Lê Hồng Lâm, Hà Hải Long Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; tan78dhhbk@dut.udn.vn, dmquan@dut.udn.vn, tatuan@dut.udn.vn, pvkien@dut.udn.vn, lhlam@dut.udn.vn.
- [16] “So sánh hai thuật toán inc và p&o trong điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời cấp điện độc lập”, Nguyễn Viết Ngu, Lê Thị Minh Tâm, Trần Thị Thường, Nguyễn Xuân Trường.
- [17] “Nghiên cứu thuật toán điều khiển bám điểm công suất cực đại cho pin mặt trời”, Trương Văn Trọng.
- [18] “Tìm điểm công suất cực đại của pin mặt trời”, Nguyễn Ngọc Trung.
- [19] <https://www.wikipedia.org/>