

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



**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP**

Sinh viên : Nguyễn Hồng Việt
Giảng viên hướng dẫn: TS. Đoàn Hữu Chức

Hải Phòng -2024

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



**ĐỀ TÀI : XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHAI THÁC
NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI CÔNG SUẤT NHỎ**

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

Sinh viên thực hiện : Nguyễn Hồng Việt

Giảng viên hướng dẫn: TS. Đoàn Hữu Chức

Hải Phòng - 2024

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

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Hồng Việt - **MSV** : 2213102009

Lớp : DCL 2601

Ngành : Điện tự động công nghiệp

Tên đề tài : Xây dựng mô hình khai thác năng lượng mặt trời
công suất nhỏ

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để tính toán.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.

.....

.....

.....

.....

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên : Đoàn Hữu Chức

Học hàm, học vị : Tiến sĩ

Cơ quan công tác : Trường Đại học Thủy lợi

Nội dung hướng dẫn:

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

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày ... tháng ... năm 2024

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày ... tháng ... năm 2024

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

Giảng viên hướng dẫn

Nguyễn Hồng Việt

Đoàn Hữu Chức

Hải Phòng, ngày tháng năm 2024

TRƯỞNG KHOA

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 : Đoàn Hữu Chúc

Đơn vị công tác : Trường Đại học Thủy lợi

Họ và tên sinh viên : Nguyễn Hồng Việt

Chuyên ngành : Điện tự động công nghiệp

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 2024

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 phản biện ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2024

Giảng viên chấm phản biện
(ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

Nội dung	Trang
Lời nói đầu	1
Chương 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	2
1.1. NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	2
1.1.1. Khái niệm năng lượng mặt trời	
1.1.2. Vai trò và lợi ích của năng lượng mặt trời	2
1.1.3. Bức xạ mặt trời	3
1.1.4. Phương pháp tính toán năng lượng bức xạ mặt trời	3
1.2. Giới thiệu về pin mặt trời	3
1.2.1. Định nghĩa	
1.2.2. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động pin mặt trời	3
1.2.3. Hiệu suất của pin mặt trời	6
1.2.4. Ứng dụng	6
1.2.5. Đặc tính làm việc của pin mặt trời	8
1.2.6. Những yếu tố bên ngoài ảnh hưởng đến pin mặt trời	14
1.3. Các phương pháp phổ biến dò tìm công suất cực đại	16
1.3.1. Phương pháp điện áp hằng số	17
1.3.2. Phương pháp điện dẫn gia tăng INC	17
1.3.3. Chọn giải thuật dò tìm công suất cực đại	19
Chương 2. Mô hình hệ thống khai thác năng lượng mặt trời thành điện năng	20
2.1. Mô hình tổng quát	20
2.2. Bộ biến đổi DC-DC	20
2.3. Bộ biến đổi DC-DC tăng áp (Boost converter)	21
CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG KHAI THÁC NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI CÔNG SUẤT NHỎ	29
3.1. Đặt vấn đề	29
3.2. Pin năng lượng mặt trời	29
3.3. Pin Lithium	30
3.3. Mạch tăng áp kiểu Boost DC -DC	31
3.4. Mạch hạ áp Buck	32
3.5. Mạch sạc cho Pin 18650	33
Kết luận	36
Tài liệu tham khảo	37

LỜI MỞ ĐẦU

Với sự phát triển nhanh chóng của khoa học công nghệ, sự tăng dân số trên toàn thế giới, tốc độ khai thác và sử dụng năng lượng hóa thạch đang tăng lên nhanh chóng đang làm thay đổi và khiến loài người thay đổi các quan điểm về khai thác và sử dụng năng lượng. Các nguồn năng lượng tái tạo và năng lượng sạch ngày càng được quan tâm nghiên cứu và sử dụng trong đời sống hàng ngày. Trong đó năng lượng mặt trời là một nguồn năng lượng tái tạo và vô tận vì vậy việc nghiên cứu khai thác và sử dụng nó ngày càng phổ biến. Chính vì vậy em đã chọn đề tài “Xây dựng mô hình khai thác năng lượng mặt trời công suất nhỏ” làm đề tài tốt nghiệp của mình.

Sau thời gian làm đồ án, em đã thực hiện xong các nội dung chính gồm:

- Nghiên cứu tổng quan về năng lượng mặt trời;
- Nghiên cứu cấu tạo và nguyên lý hoạt động của pin năng lượng mặt trời;
- Thiết kế và xây dựng thử nghiệm được một hệ thống khai thác năng lượng mặt trời công suất nhỏ.

Trong quá trình làm đồ án do thời gian có hạn và kiến thức còn hạn chế nên đồ án còn nhiều vấn đề cần tiếp tục phải giải quyết vì vậy rất mong các thầy và các bạn góp ý để đồ án của em hoàn thiện hơn.

Qua đây em xin trân trọng gửi lời cảm ơn tới các thầy trong Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải phòng, đặc biệt là TS Đoàn Hữu Chức đã giảng dạy và hướng dẫn em suốt những thời gian em học tập tại trường.

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Hồng Việt

Chương 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

1.1. NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

1.1.1. Khái niệm năng lượng mặt trời

Năng lượng mặt trời là một trong các nguồn năng lượng tái tạo quan trọng nhất mà thiên nhiên ban tặng cho hành tinh chúng ta. Đồng thời nó cũng là nguồn gốc các nguồn năng lượng tái tạo khác như năng lượng gió, năng lượng sinh khối, năng lượng thủy triều...

Năng lượng mặt trời có thể nói là vô tận. 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 Nga (Liên Xô trước đây). 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.

1.1.2. Vai trò và lợi ích của năng lượng mặt trời

Việc sử dụng năng lượng tái tạo đặc biệt là năng lượng mặt trời sẽ mang lại nhiều lợi ích về sinh thái cũng như là lợi ích gián tiếp cho kinh tế. So với các nguồn năng lượng khác, năng lượng tái tạo có nhiều ưu điểm hơn vì tránh được các hậu quả có hại đến môi trường.

1.1.3. Bức xạ mặt trời

Phần năng lượng bức xạ mặt trời truyền tới bề mặt trái đất trong những ngày quang đãng (không có nhiều mây) ở thời điểm cao nhất vào khoảng 1.000W/m². Yếu tố cơ bản xác định cường độ của bức xạ mặt trời ở một điểm nào đó trên Trái đất là quãng đường nó đi qua.

1.1.4. Phương pháp tính toán năng lượng bức xạ mặt trời

Quan hệ giữa bức xạ mặt trời ngoài khí quyển và thời gian trong năm có thể xác định theo phương trình sau:

$$E_{ng} = E_0 \left(1 + 0,033 * \cos \frac{360 * n}{365} \right) [W/m^2] \quad (1.1)$$

Trong đó, E_{ng} là bức xạ ngoài khí quyển được đo trên mặt phẳng vuông góc với tia bức xạ vào ngày thứ n trong năm.

1.2. Giới thiệu về pin mặt trời

1.2.1. Định nghĩa

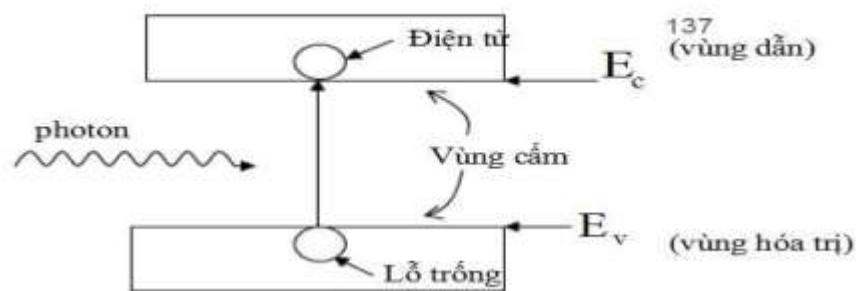
Pin năng mặt trời hay pin quang điện (Solar panel) bao gồm nhiều tế bào quang điện (solar cells) - là phần tử bán dẫn có chứa trên bề mặt một số lượng lớn các cảm biến ánh sáng là điốt quang, thực hiện biến đổi năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện. Cường độ dòng điện, hiệu điện thế hoặc điện trở 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

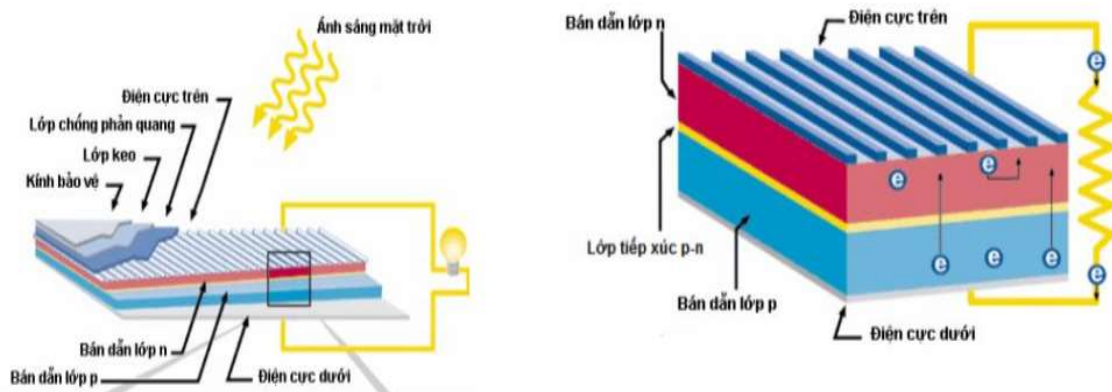
a) Cấu tạo

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.



Hình 1.1. Mô hình năng lượng trong bán dẫn.



Hình 1.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của Pin mặt trời.

b) Nguyên lý

Nguyên lý hoạt động của pin mặt trời chính là hiện tượng quang điện xảy ra trên lớp tiếp xúc p-n. Khi photon chạm vào mảnh silic thì sẽ truyền xuyên qua mảnh silic (thường xảy ra khi năng lượng của photon thấp hơn năng lượng đủ để đưa các hạt electron lên mức năng lượng cao hơn) hoặc năng lượng của photon được hấp thu bởi silic (thường xảy ra khi

năng lượng của photon lớn hơn năng lượng đủ để đưa các hạt electron lên mức năng lượng cao hơn).

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 cần 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 từ và năng lượng ánh sáng mặt trời. Dùng phương pháp đo lượng 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. Ứng dụng

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. 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 dắt 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 1.3. Điện mặt trời cho tòa nhà.

d) Nhà máy điện mặt trời

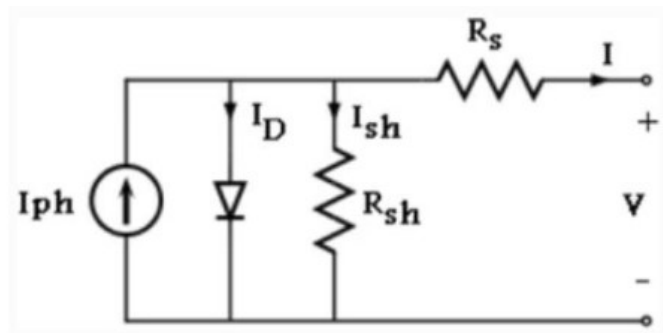
Bằng cách kết nối nhiều nguồn điện mặt trời với nhau có thể tạo ra được tổ hợp nguồn điện mặt trời có đủ khả năng thay thế một nhà máy phát điện. Nhà máy điện mặt trời có thể cung cấp cho một thành phố, một hòn đảo... Hiện nay số lượng nhà máy điện mặt trời trên thế giới còn hạn chế, tuy nhiên trong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



Hình 1.4. Cụm nhà máy điện mặt trời Dầu Tiếng DT1 và DT2 có quy mô đứng thứ hai trong số các nhà máy điện mặt trời ở Việt Nam

1.2.5. Đặc tính làm việc của pin mặt trời

a) Mô hình toán học của pin mặt trời



Hình 1.5. 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:

$$I = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{kTA} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1.2)$$

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:

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_i(T - T_r)] \frac{G}{1000} \quad (1.3)$$

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)

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

G: bức xạ mặt trời W/m^2

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

$$I_s = I_{rs} \left(\frac{T}{T_r} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_g}{kA} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad (1.4)$$

Trong đó:

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

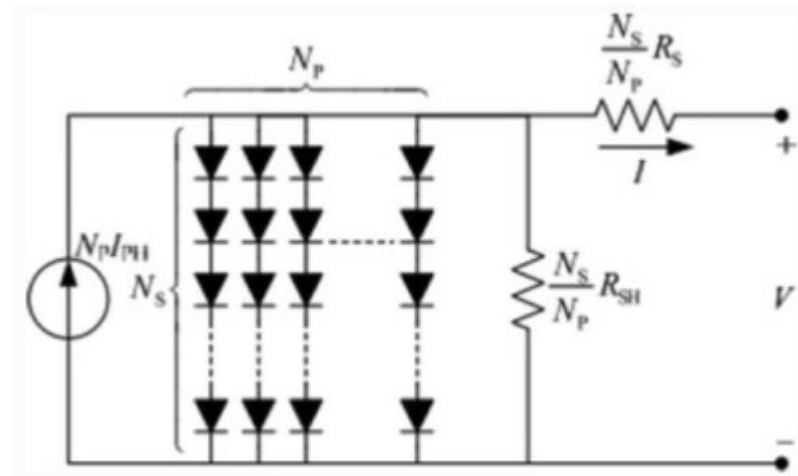
E_g : năng lượng kích hoạt electron của silic (eV)

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

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{\exp \left(\frac{qV_{oc}}{N_s kAT} \right) - 1} \quad (1.5)$$

Dòng điện của pin mặt trời có N_p tế bào song song và N_s tế bào nối tiếp:

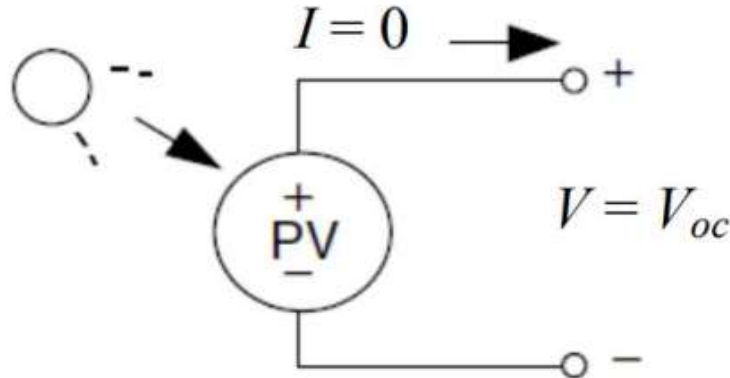
$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left[\exp \left(\frac{q \left(\frac{V}{N_s} + \frac{IR_s}{N_p} \right)}{kTA} \right) - 1 \right] - \frac{\frac{N_p V}{N_s} + IR_s}{R_{sh}} \quad (1.6)$$



Hình 1.6. Sơ đồ nhiều tế bào quang điện của pin mặt trời.

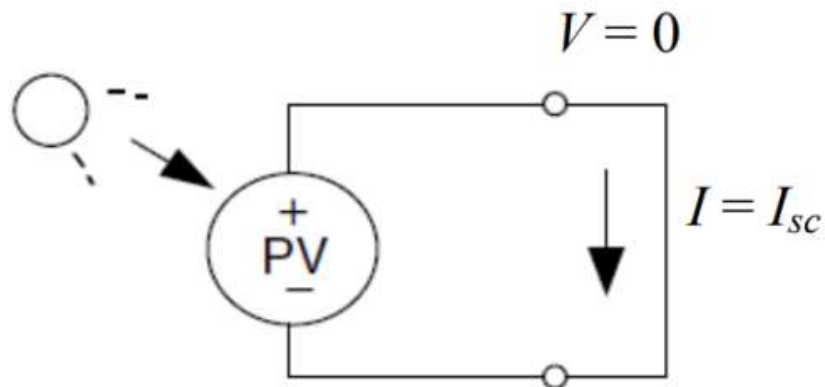
b) Đặc tính làm việc của pin mặt trời

- 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 1.7. 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 $V = 0$.

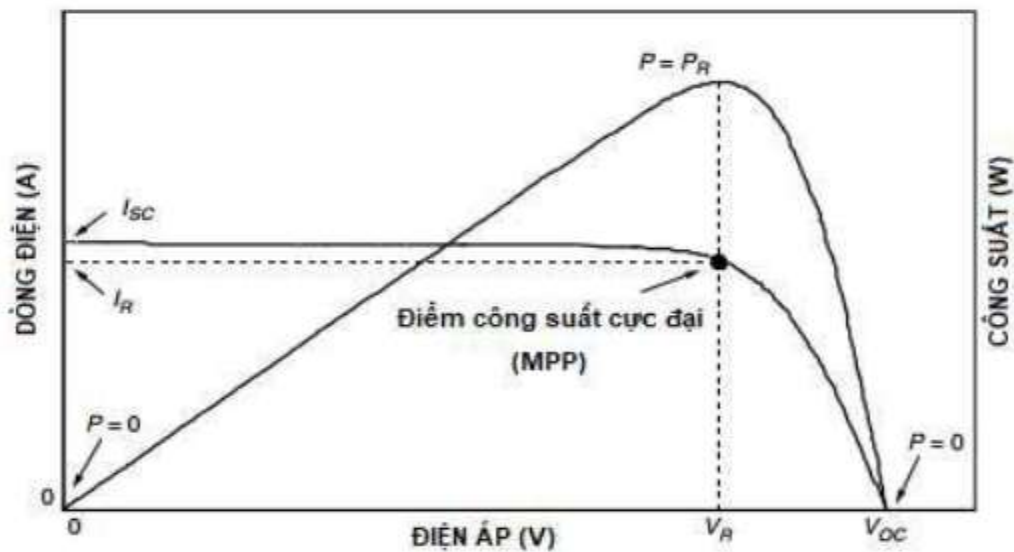


Hình 1.8. Dòng điện ngắn mạch I_{sc} .

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:

$$P = UI \quad (1-7)$$

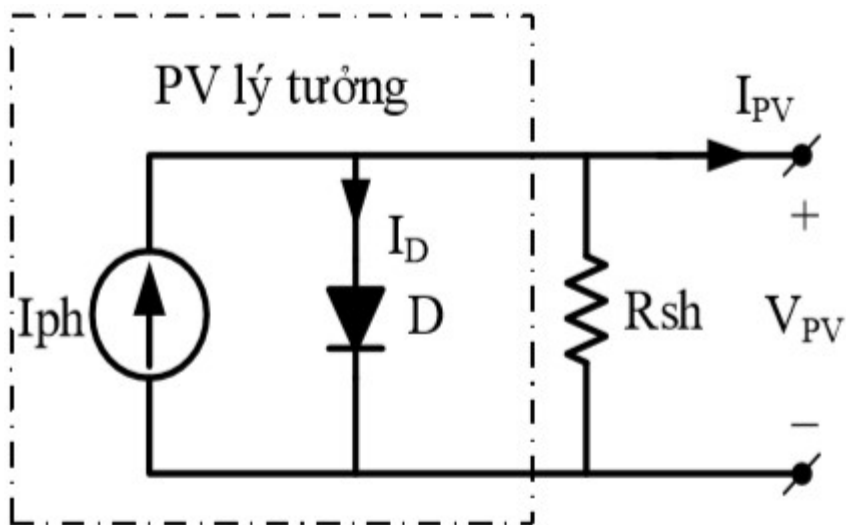
Tại điểm làm việc $U = V_{OC}$; $I = 0$ và $U = 0$; $I = I_{SC}$, Công suất làm việc của pin cũng có giá trị bằng 0.



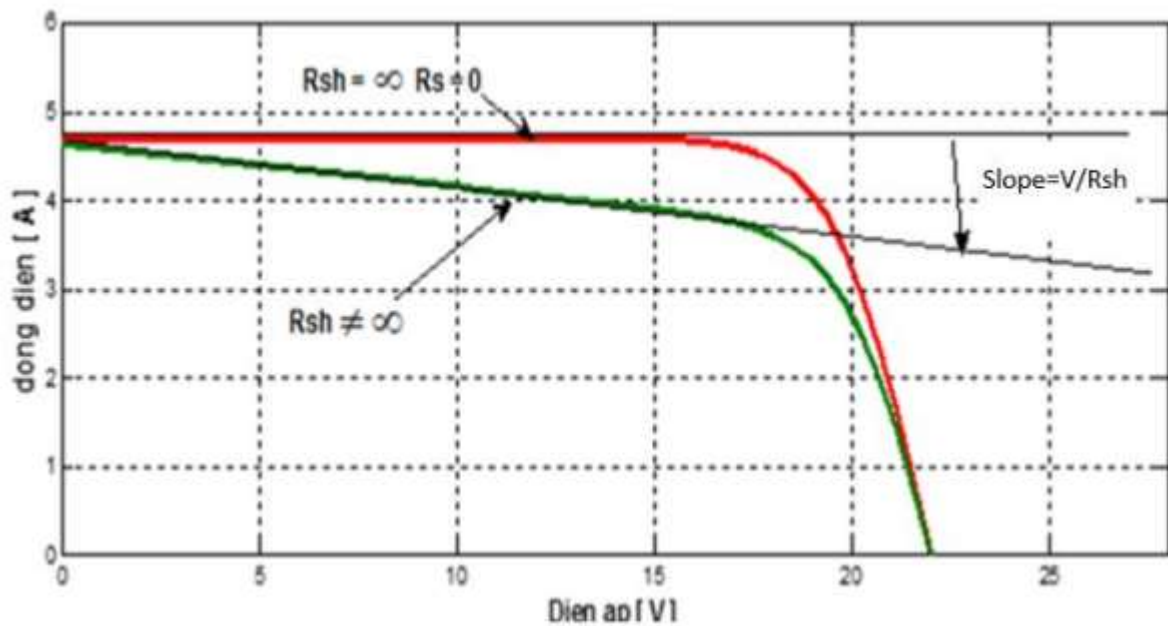
Hình 1.9. Đặc tính làm việc pin mặt trời.

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 1.11.

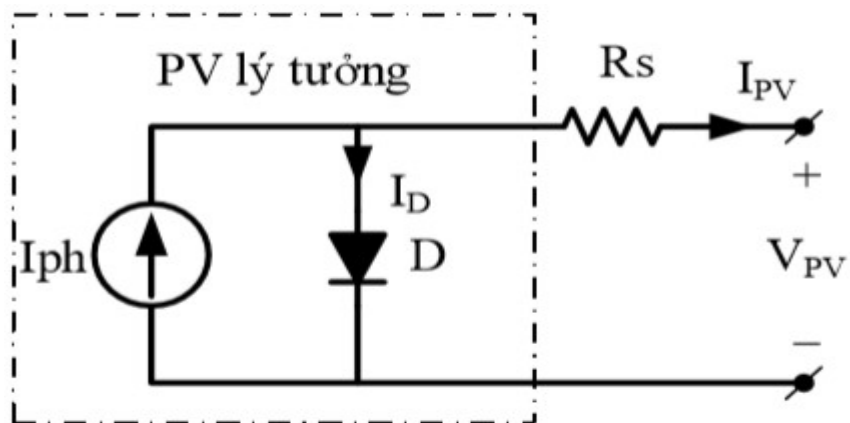


Hình 1.10. Sơ đồ pin mặt trời xét tới ảnh hưởng của R_{sh} .

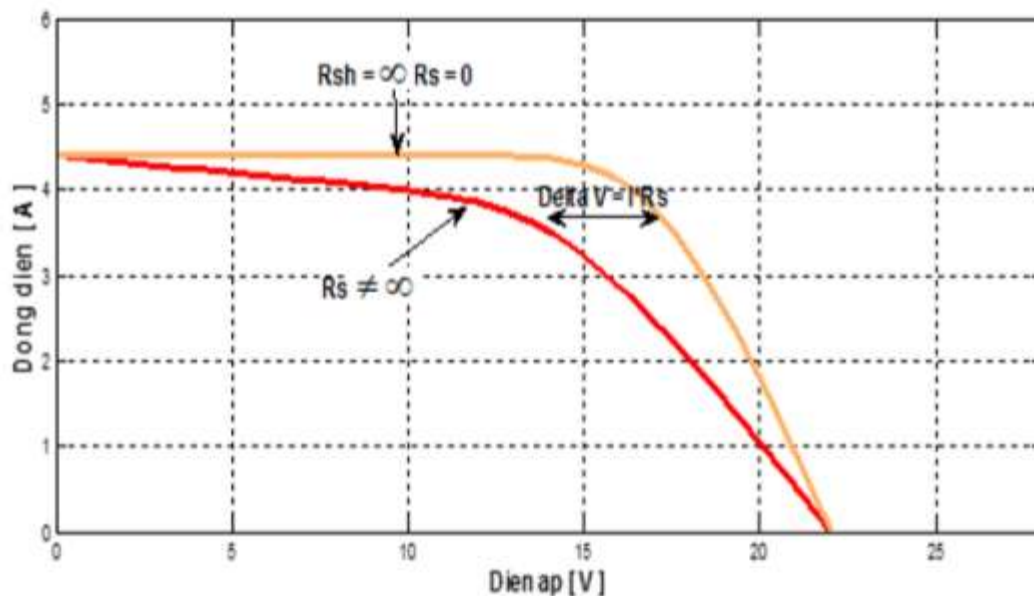


Hình 1.11. Đặc tính I-V khi có R_{sh} .

- 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 1.12. Sơ đồ pin mặt trời xét tới ảnh hưởng của R_s .

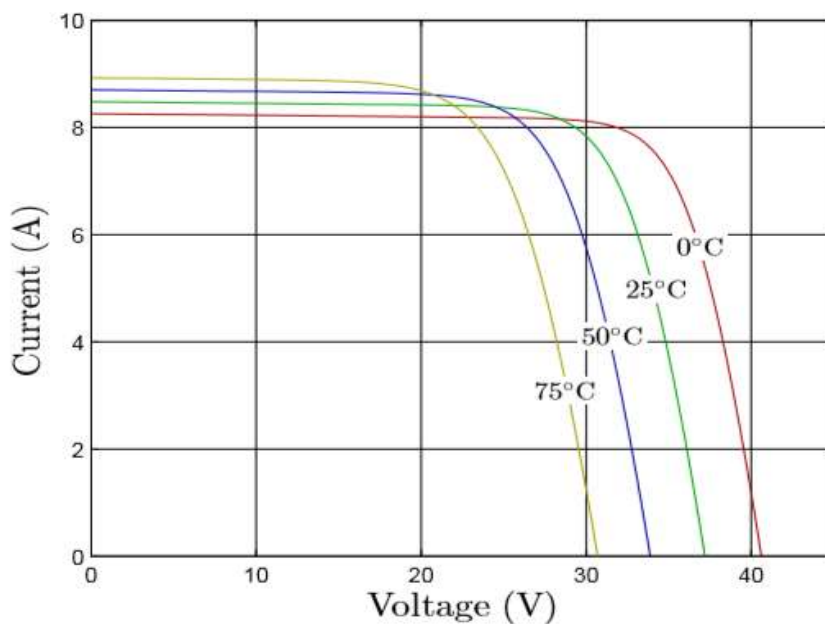


Hình 1.13. Đặc tính I-V khi có R_s .

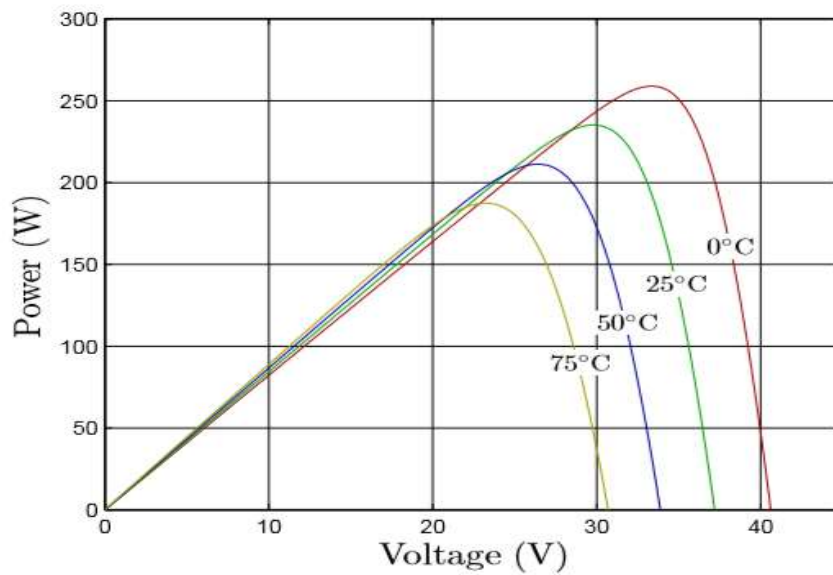
1.2.6. Những yếu tố bên ngoài ảnh hưởng đến pin mặt trời

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 1.14. Đặc tính I-V khi nhiệt độ thay đổi

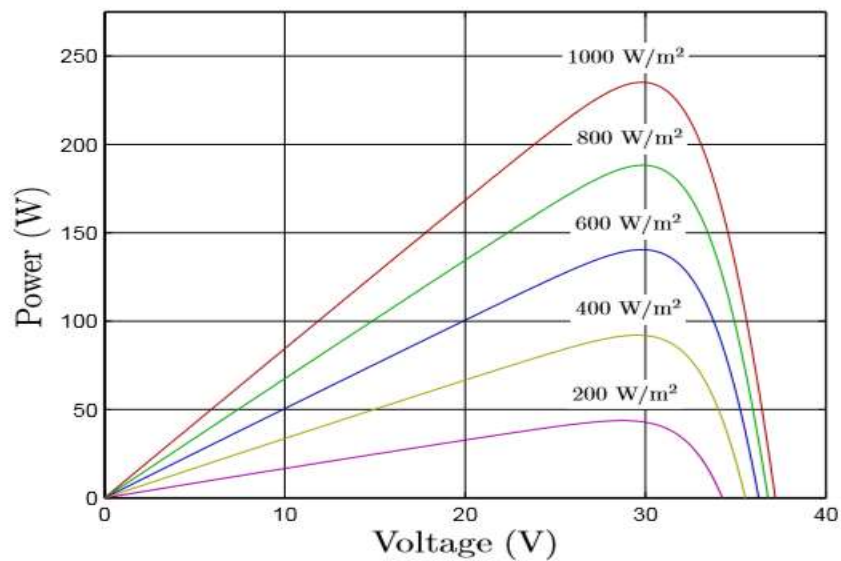


Hình 1.15. Đặc tính P-V khi nhiệt độ thay đổi

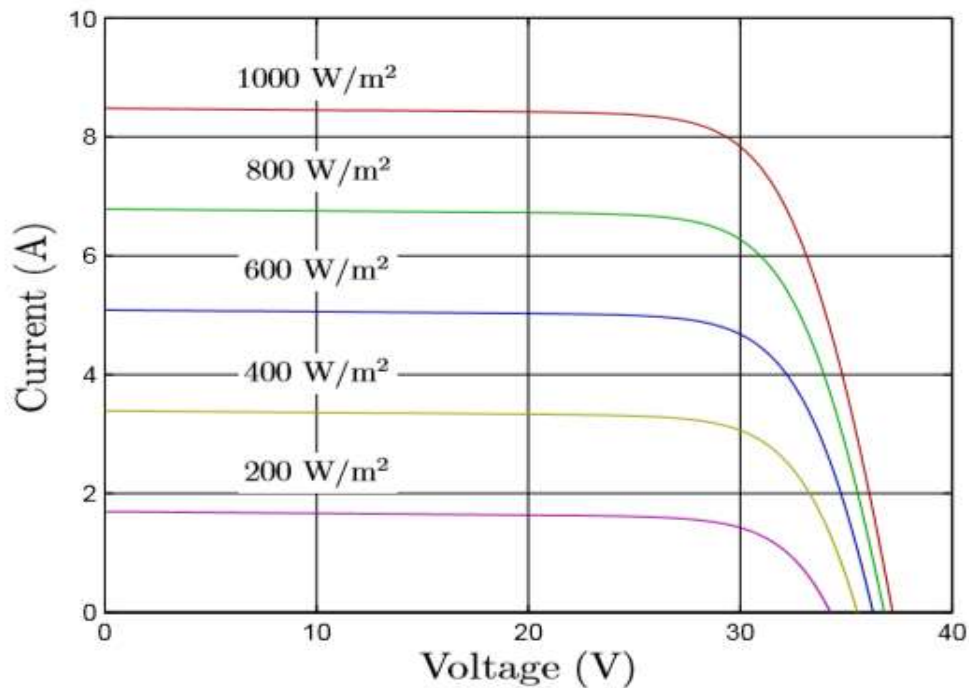
Từ hình (1.14) (1.15) ta thấy:

- 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 1.16. Đặc tính P-V khi cường độ ánh sáng thay đổi



Hình 1.17. 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 $W = 200 W/m^2$ tới bức xạ $W = 1000 W/m^2$ 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 dẫn 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.

Từ các phân tích trên 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

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 :

$$V_{MPP} \approx k.V_{OC} \quad (1.8)$$

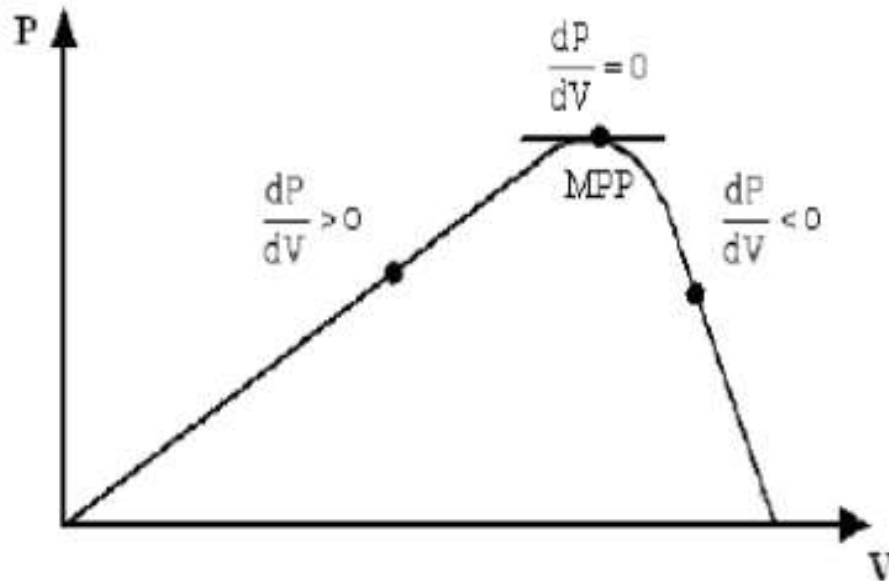
Trong đó k là hằng số phụ thuộc vào đặc tuyến của PV, được xác định bằng cách xác định V_{MPP} và V_{OC} tại các bức xạ và nhiệt độ khác nhau. Có nhiều nghiên cứu đã xác định rằng k nằm trong khoảng 0.71 và 0.85.

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 lại 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 1.18.



Hình 1.18. 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

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

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.

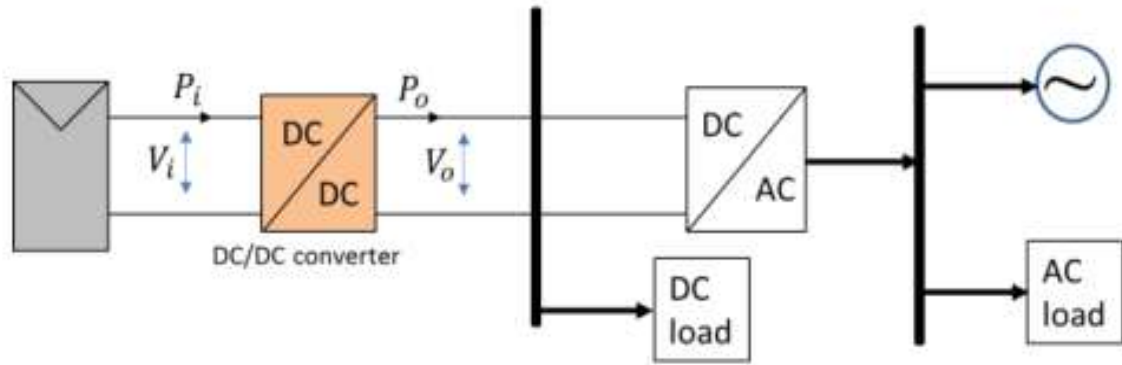
1.3.3. Chọn giải thuật dò tìm công suất cực đại

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).

Chương 2. Mô hình hệ thống khai thác năng lượng mặt trời thành điện năng

2.1. Mô hình tổng quát

Mô hình hệ thống khai thác năng lượng mặt trời được trình bày trên hình 2.1. Hệ thống pin năng lượng mặt trời sẽ nhận bức xạ mặt trời và chuyển hóa thành nguồn điện một chiều (DC). Nguồn điện DC này sẽ được đưa qua bộ chuyển đổi DC/DC để điều chỉnh điện áp cho phù hợp với điện áp trên thanh góp một chiều DC nhằm cung cấp năng lượng cho tải DC. Bộ chuyển đổi DC/AC để biến đổi điện từ một chiều sang xoay chiều nhằm cung cấp cho tải xoay chiều. Trong trường hợp cần thiết chúng có thể lấy năng lượng từ lưới điện để cung cấp cho tải DC theo chiều ngược lại.

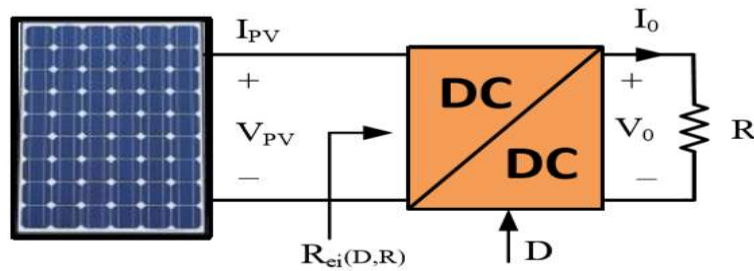


Hình 2.1. Mô hình một hệ thống khai thác năng lượng mặt trời.

Bộ biến đổi DC-DC là thành phần quan trọng nhất của hệ thống và trong đồ án tập trung thiết kế thực tế hệ thống công suất nhỏ nên em sẽ trình bày chi tiết về chuyển đổi DC-DC dưới đây.

2.2. 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.



Hình 2.2. Pin mặt trời nối với tải qua bộ biến đổi DC-DC

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.

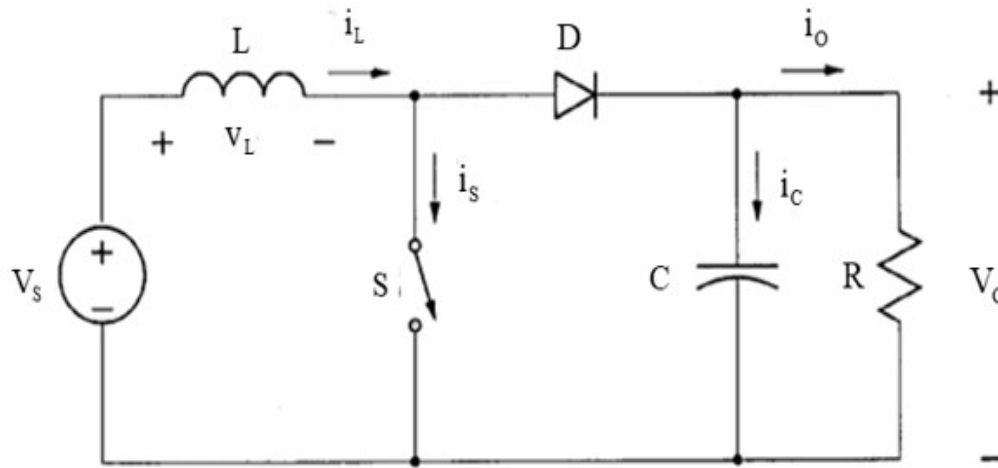
Có nhiều loại bộ biến đổi DC-DC được sử dụng nhưng phổ biến nhất vẫn là 3 loại là: Bộ tăng áp Boost, Bộ giảm áp Buck và Bộ hỗn hợp tăng giảm Boost – Buck. Cả 3 loại DC-DC trên đều sử dụng nguyên tắc đóng mở khóa điện tử theo một chu kỳ được tính toán sẵn để đạt được mục đích sử dụng. Các loại bộ biến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

2.3. 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 2.3. 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 $R_{\text{esr}} = 0$, R_L được chọn khác 0.

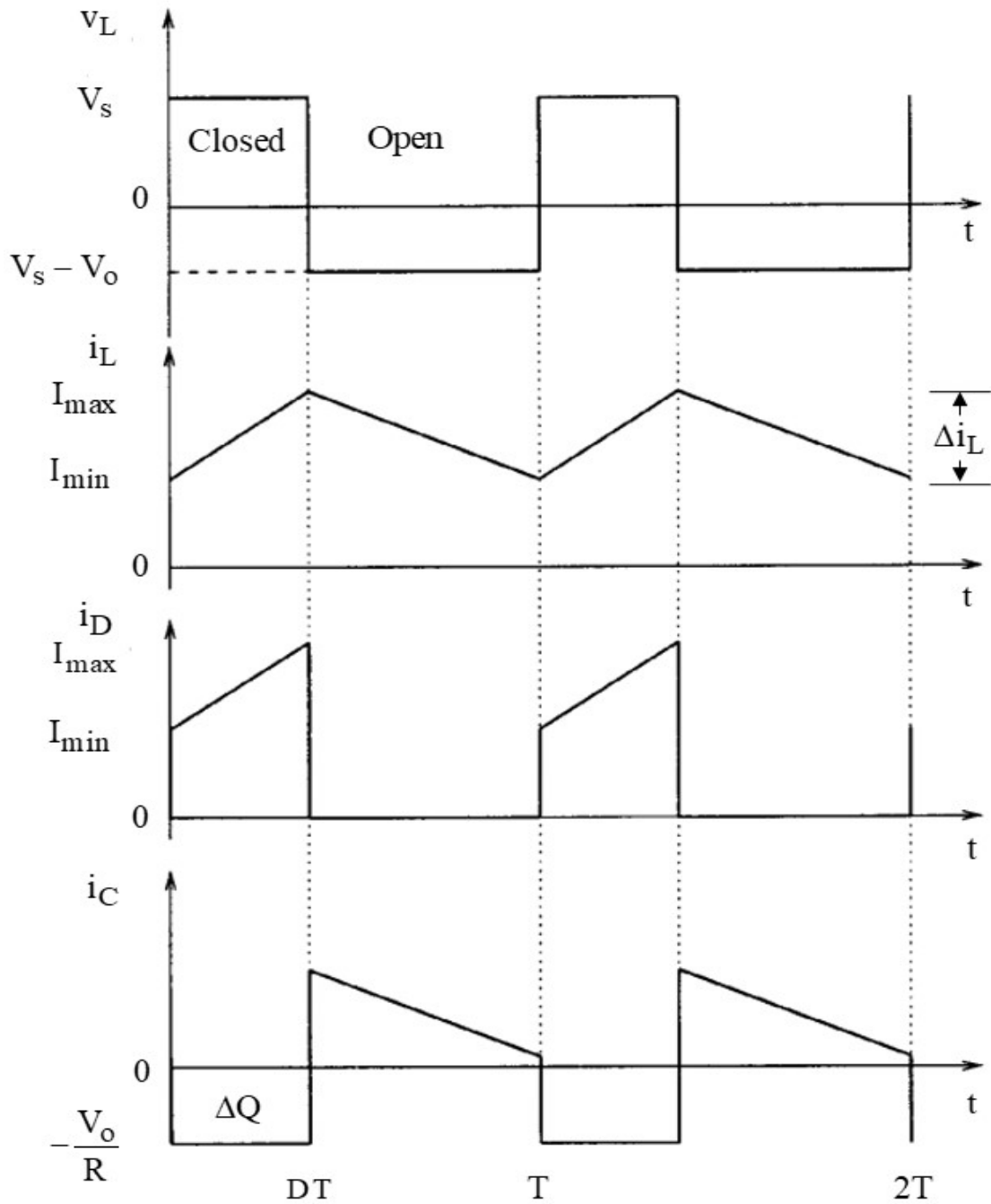


Hình 2.3. Mô hình bộ biến đổi DC-DC tăng áp

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.

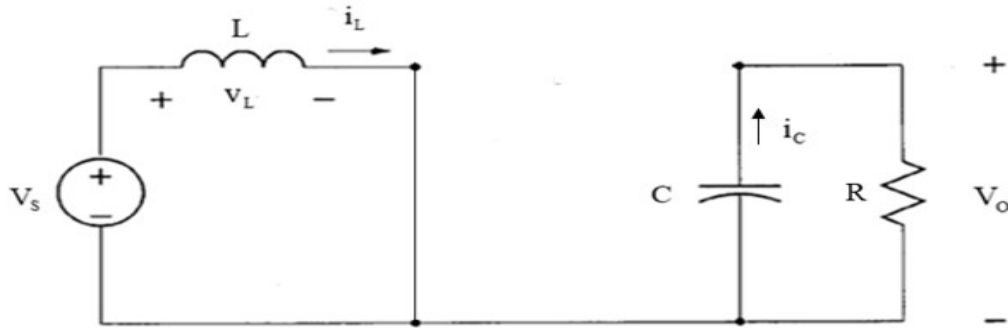
- Tự điện rất lớn, và điện áp ngõ ra là hằng số tại V_O .
- Để xây dựng các biểu thức toán học và tìm hiểu nguyên lý hoạt động được dễ dàng hơn thì các linh kiện xem như lý tưởng.
- ❖ Phân tích các trường hợp của bộ biến đổi khi đóng, mở van S.



Hình 2.4. Các dạng sóng của bộ biến đổi DC-DC tăng áp

- Khi van S đóng (0 - DTs) :

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 diốt D. Được mô tả như hình 2.5.



Hình 2.5. Bộ biến đổi DC-DC tăng áp khi đóng khóa S

Theo định luật Kirchhoff :

$$V_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.1)$$

$$\Rightarrow \frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L} \quad (2.2)$$

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

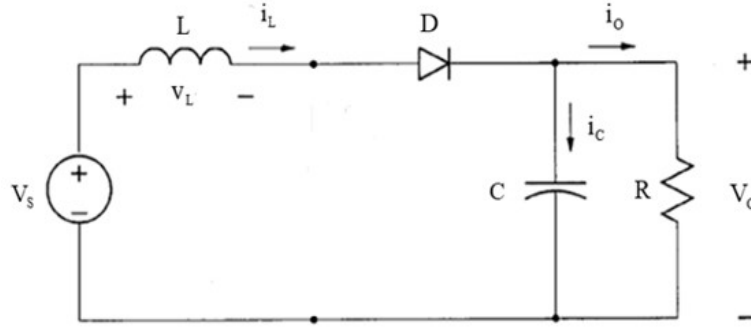
Thay đổi dòng trong cuộn dây khi khóa S đóng là :

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \quad (2.3)$$

$$\Rightarrow (\Delta i_L)_{\text{close}} = \frac{D.T.V_s}{L} \quad (2.4)$$

- Khi khóa S mở (DTs – 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 2.5.



Hình 2.6. 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 :

$$V_L = V_s - V_o = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.5)$$

$$\Rightarrow \frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.6)$$

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 :

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.7)$$

$$\Rightarrow (\Delta i_L)_{\text{open}} = \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} \quad (2.8)$$

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

$$(\Delta i_L)_{\text{close}} + (\Delta i_L)_{\text{open}} = 0 \quad (2.9)$$

$$\Leftrightarrow \frac{D.T.V_s}{L} + \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} = 0 \quad (2.10)$$

$$\Leftrightarrow V_o = \frac{V_s}{1-D} \quad (2.11)$$

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

$$V_L = V_s D + (V_s - V_o)(1-D) = 0 \quad (2.12)$$

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 :

$$P_o = \frac{V_o^2}{R} = V_o I_o \quad (2.13)$$

Công suất ngõ vào là :

$$P_s = V_s I_s \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \text{Cân bằng phương trình : } V_s I_L &= \frac{V_o^2}{R} \\ &= \frac{[V_s / (1-D)]^2}{R} \\ &= \frac{V_s^2}{(1-D)^2 R} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Dòng trung bình qua cuộn cảm là :

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{V_s}{(1-D)^2 R} \\ &= \frac{V_o^2}{V_s R} \\ &= \frac{V_o I_o}{V_s} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Xác định dòng cuộn cảm lớn nhất và nhỏ nhất :

$$I_{L\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{D.T.V_s}{2L} \quad (2.17)$$

$$I_{L\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{D.T.V_s}{2L} \quad (2.18)$$

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

$$I_{L\min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{D.T.V_s}{2L} > 0 \quad (2.19)$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_s}{(1-D)^2 R} > \frac{D.T.V_s}{2L} = \frac{DV_s}{2Lf} \quad (2.20)$$

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

$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (2.21)$$

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

$$L = \frac{D.T.V_s}{\Delta i_L} = \frac{D.V_s}{f.\Delta i_L} \quad (2.22)$$

- 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 2.4.

Thay đổi tụ điện được tính từ :

$$|\Delta Q| = \left(\frac{V_o}{R} \right).D.T = C.\Delta.V_o \quad (2.23)$$

Biểu thức điện áp gợn sóng là :

$$\Delta V_o = \frac{V_o.D.T}{R.C} = \frac{V_o.D}{R.C.f} \quad (2.24)$$

Hoặc

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (2.25)$$

Điện dung được tính :

$$C = \frac{D}{R(\Delta V_o / V_o)f} \quad (2.26)$$

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.

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

$$\Delta V_{O,ESR} = \Delta I_C \cdot r_{ESR} = I_{Lmax} \cdot r_{ESR} \quad (2. 27)$$

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG KHAI THÁC NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI CÔNG SUẤT NHỎ

3.1. Đặt vấn đề

Như em đã trình bày ở trên, việc khai thác năng lượng mặt trời ngày càng trở nên có ý nghĩa và hiệu quả. Với những hệ thống lớn ta có thể khai thác năng lượng đủ sử dụng cho những hộ gia đình, nông trại, nhà xưởng thậm chí có thể hòa vào mạng lưới cung cấp điện thương mại. Điều đó góp phần làm tăng tính an toàn về an ninh năng lượng nói chung của quốc gia. Hơn thế nữa các ứng dụng khai thác năng lượng với mức công suất nhỏ cũng ngày càng phổ biến, đặc biệt trong bối cảnh phát triển của thế hệ công nghệ 4.0, với sự phát triển của các mạng thông tin thế hệ mới 5G, 6G và những thiết bị tiêu tốn năng lượng thấp ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khoa học công nghệ.

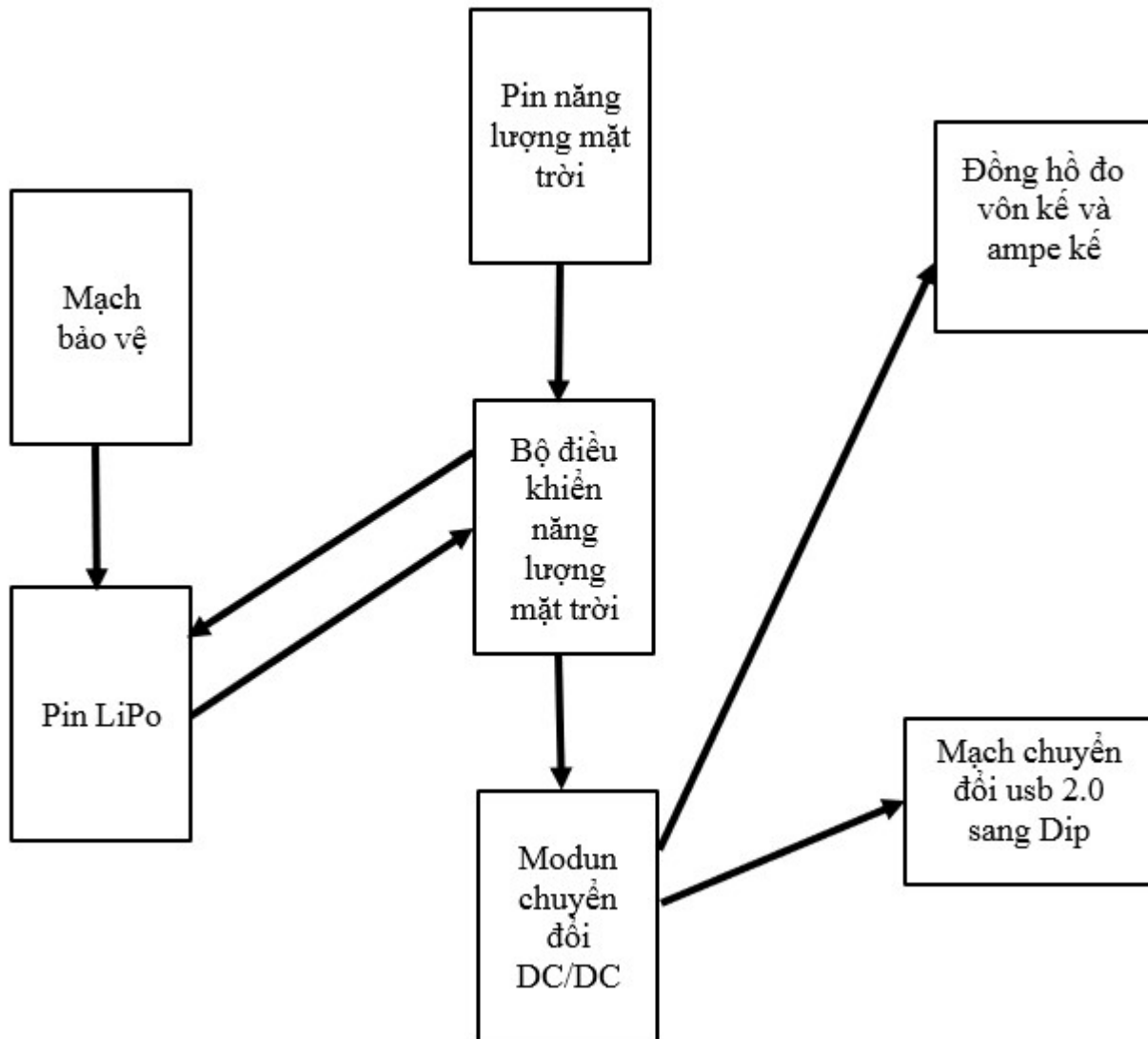
Với mục đích thiết kế hệ thống nhỏ gọn, đủ năng lượng cung cấp cho các thiết bị tiêu thụ năng lượng thấp như điện thoại, thiết bị kết nối Internet, hệ thống Internet vạn vật IoT, em thực hiện xây dựng một sản phẩm nhỏ gọn bao gồm tấm pin năng lượng mặt trời, các mạch tăng áp, hạ áp và mạch điều khiển giám sát nguồn năng lượng làm nội dung chế tạo sản phẩm cho đồ án của mình. Chi tiết sơ đồ khối của hệ thống cho trên hình 3.1 dưới đây.

3.2. Pin năng lượng mặt trời

Để thu năng lượng mặt trời ta sử dụng tấm Pin năng lượng loại 6V-25W. Chi tiết các thông số tấm pin như sau:

- Model: P25-23
- Công suất tấm pin năng lượng mặt trời (P_{max}): **25W**
- Điện áp định danh (V_{mp}): **6V**
- Dòng định danh (I_{mp}): 4.17A
- Điện áp hở mạch (V_{oc}): 7.2V
- Dòng hở mạch (I_{sc}): 4.5A
- Chuẩn loại Pin (cell): Pin Silic đa tinh thể (polycrystalline)
- Kích thước: 530mm x 350mm x 17mm
- Trọng lượng tấm pin: 1.59kg

Tín hiệu điện áp ra của tấm pin được đưa qua mạch nạp cho Pin Lithium dùng để tích trữ năng lượng sử dụng cho các thiết bị tiêu thụ.



Hình 3.1. Sơ đồ khối hệ thống khai thác năng lượng mặt trời công suất nhỏ.

3.2. Pin Lithium

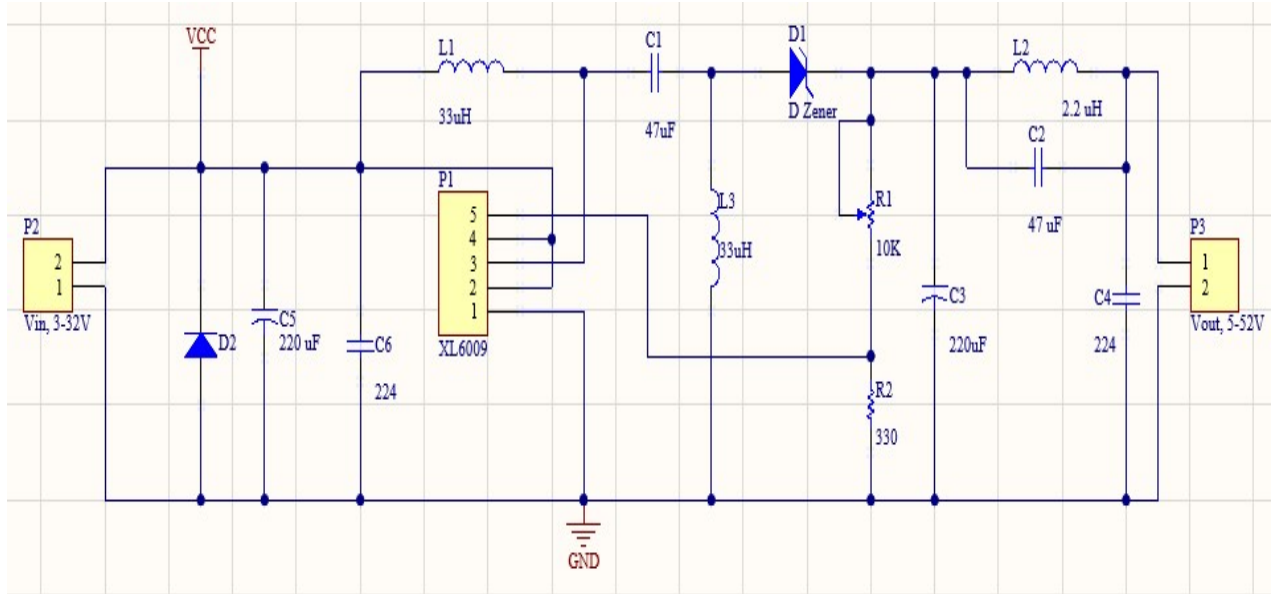
Với tấm thu năng lượng mặt trời trên ta sử dụng 3 pin Lithium loại 18650 cao cấp, tuổi thọ rất dài, hơn 3.000 lần nạp xả, an toàn và thân thiện với môi trường. Các thông số chính của Pin như sau:

- Pin vỏ thép siêu bền, an toàn.
- Kích thước: Dài 65mm, đường kính 18mm.

- Điện áp 3.7V
- Dung lượng : 2.000mAh

3.3. Mạch tăng áp kiểu Boost DC -DC

Phần cơ sở lý thuyết của mạch này đã được trình bày ở chương 2. Trong thiết kế này em sử dụng linh kiện XL6009 để tạo mạch tăng áp. Sơ đồ nguyên lý của mạch như ở hình 3.2 dưới đây.



Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý mạch tăng áp sử dụng XL6009.

Tín hiệu điện áp đưa vào mạch trong khoảng từ 3V đến 32V. Tín hiệu điện áp DC lối ra có thể biến đổi từ 5V đến 52V tùy theo yêu cầu và được điều chỉnh bởi biến trở R1.

Mạch có các thông số thiết kế chính như sau:

- IC chính: XL6009
- Tần số: 400Khz
- Dòng không tải: 18mA
- Điện áp đầu vào từ 3.5V đến 32V
- Điện áp đầu ra từ 5 V đến 52V
- Công suất tối đa: 10W
- Dòng đáp ứng 4A, có hiệu suất làm việc 94%.
- Kích thước mạch: 43x21x14mm

3.4. Mạch hạ áp Buck

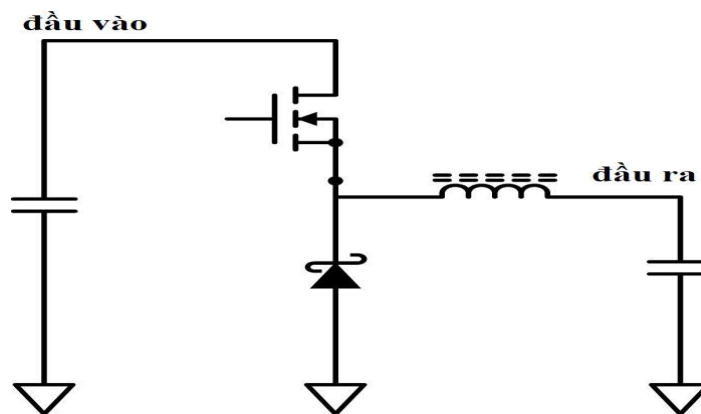
Năng lượng từ tấm pin mặt trời được chuyển thành điện áp DC trong khoảng từ 6-7,2V. Vì vậy để nạp cho các Pin Lithium ta phải thực hiện giảm điện áp lỗi vào cho mạch sạc. Trong trường hợp này ta sử dụng mạch hạ áp kiểu Buck.

Mạch Buck hay mạch Buck hạ áp, Buck converter là bộ chuyển đổi DC-DC phổ biến giúp chuyển đổi điện áp cao sang điện áp thấp một cách hiệu quả. Chuyển đổi năng lượng hiệu quả kéo dài tuổi thọ pin, giảm nhiệt và cho phép xây dựng các tiện ích nhỏ hơn. Mạch Buck có thể được sử dụng trong rất nhiều ứng dụng.

Hình 3.3 là một sơ đồ đơn giản của mạch Buck. MOSFET bên cao MOSFET bật và tắt. Một vi mạch điều khiển, không có trong hình, sử dụng một vòng phản hồi kín để điều khiển điện áp đầu ra. Hàm truyền DC là một phương trình liên quan đến điện áp đầu vào, điện áp đầu ra và chu kỳ làm việc của mạch buck hạ áp.

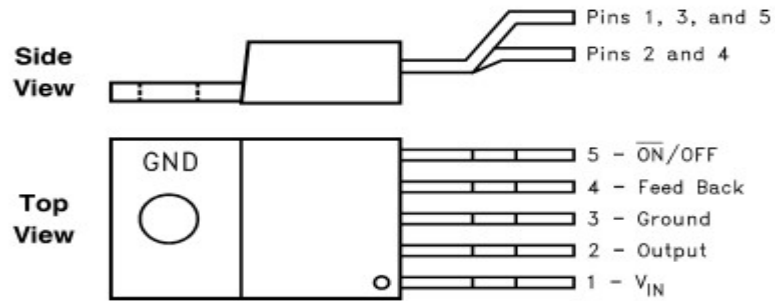
$$V_{out} = V_{in} * D$$

Trong đó V_{out} là điện áp đầu ra, V_{in} là điện áp đầu vào và D là chu kỳ làm việc hoặc phần trăm thời gian MOSFET được bật. Cuộn cảm và tụ điện trong hình 3.3 tạo thành một bộ lọc thông thấp. Bộ lọc thông thấp này làm mịn hoạt động chuyển mạch MOSFET và tạo ra điện áp DC

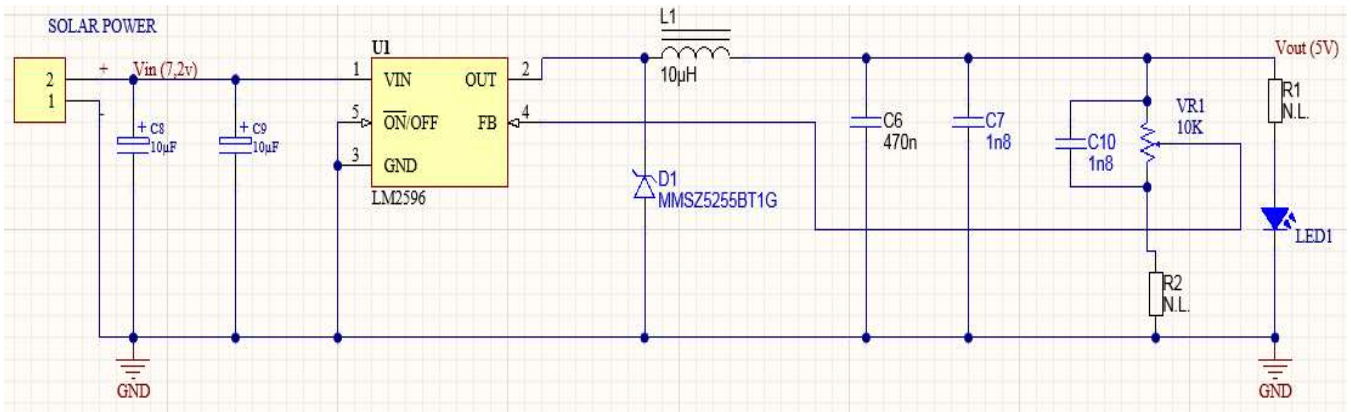


Hình 3.3. Sơ đồ nguyên lý mạch hạ áp kiểu Buck.

Một IC thường dùng cho mạch hạ áp là LM2596. Em sử dụng linh kiện này để thiết kế mạch hạ áp cho mạch sạc. Sơ đồ và ý nghĩa các chân của LM2596 như trên hình 3.4. Sơ đồ thiết kế mạch hạ áp cho trên hình 3.5.



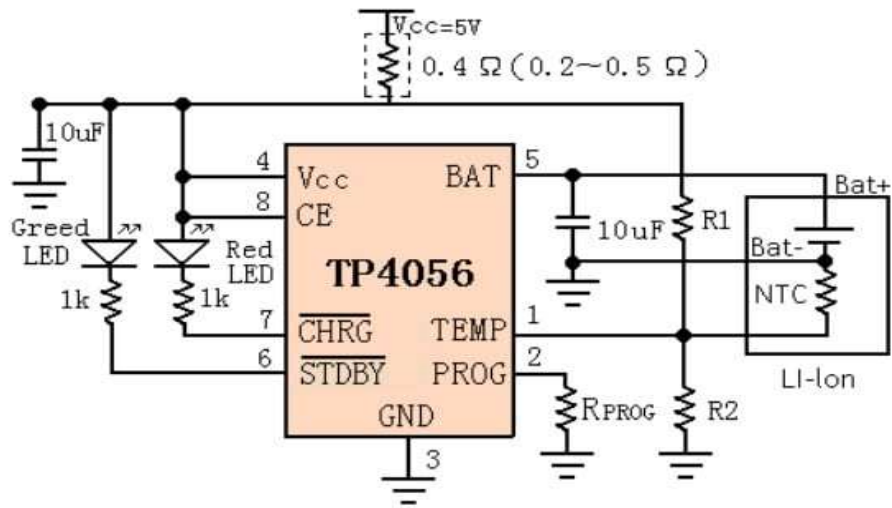
Hình 3.4. Sơ đồ và ý nghĩa các chân của LM2596.



Hình 3.5. Sơ đồ nguyên lý mạch hạ áp sử dụng LM2596.

3.5. Mạch sạc cho Pin 18650

Trong đồ án em sử dụng mạch sạc loại IC TP4056. Sơ đồ mạch sạc như hình 3.6.



Hình 3.6. Sơ đồ mạch nạp.

Nguyên lý hoạt động của mạch thông qua giải thích các chân như sau:

TEMP(Pin 1): Đầu vào Cảm biến Nhiệt độ Kết nối chân TEMP với đầu ra của nhiệt điện trở NTC trong bộ pin Lithium ion. Nếu điện áp của chân TEMP dưới 45% hoặc trên 80% điện áp cung cấp VIN trong hơn 0,15s, điều này có nghĩa là nhiệt độ của pin quá cao hoặc quá thấp, đang sạc cấm. Có thể tắt chức năng cảm biến nhiệt độ bằng cách nối đất chân TEMP.

PROG(Chân 2): Cài đặt dòng sạc không đổi và Giám sát dòng sạc Dòng sạc chân được thiết lập bằng cách kết nối một điện trở RISE từ chân này với GND. Khi ở chế độ nạp tiền, điện áp của chân ISET được điều chỉnh thành 0,2V. Khi ở chế độ dòng sạc không đổi, điện áp của chân ISET được điều chỉnh thành 2V. Ở tất cả các chế độ trong khi sạc, điện áp trên chân ISET có thể được sử dụng để đo dòng sạc như sau:

GND(Pin3): Trạm nối đất

Vcc(Pin 4): Điện áp cung cấp đầu vào dương VIN là nguồn cung cấp điện cho mạch bên trong. Khi VIN giảm xuống trong phạm vi 30mv so với điện áp chân BAT, TP4056 sẽ chuyển sang chế độ ngủ công suất thấp, giảm dòng điện của chân BAT xuống dưới 2uA.

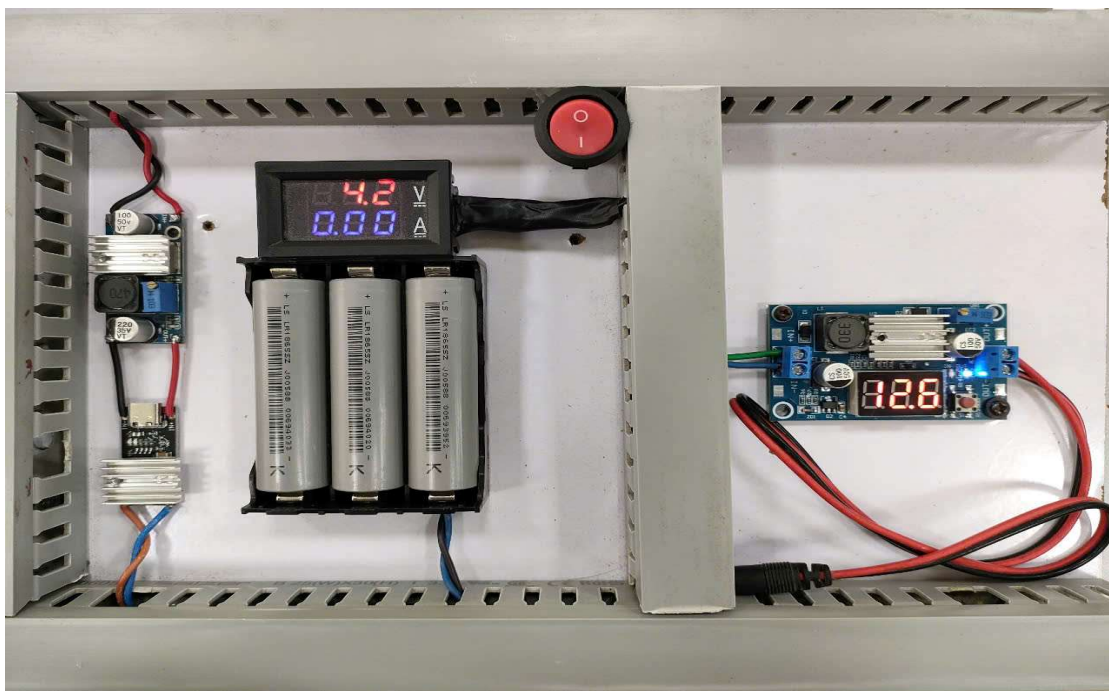
BAT(Pin5): Chân Kết Nối Pin. Kết nối cực dương của pin với chân BAT. Chân BAT sử dụng dòng điện dưới 2uA ở chế độ vô hiệu hóa chip hoặc ở chế độ ngủ. Chân BAT cung cấp dòng sạc cho pin và cung cấp điện áp điều chỉnh 4,2V.

(Chân 6): Đầu ra Trạng thái Sạc Xả Xả Khi Kết thúc Sạc pin, chân được kéo xuống mức thấp bằng một công tắc bên trong, nếu không thì chân ở trạng thái trở kháng cao.

(Pin7): Open Drain Charge Status Đầu ra Khi pin đang được sạc, pin được kéo xuống thấp bằng một công tắc bên trong, nếu không thì pin ở trạng thái trở kháng cao.

CE(Pin8): Đầu vào kích hoạt chip. Đầu vào cao sẽ đặt thiết bị ở chế độ hoạt động bình thường. Kéo chân CE xuống mức thấp sẽ đặt YP4056 vào chế độ tắt. Chân CE có thể được điều khiển bởi mức logic TTL hoặc CMOS.

Sau khi thiết kế, lắp đặt các thành phần của hệ thống, em nhận được sản phẩm là một hệ thống thu năng lượng mặt trời công suất nhỏ với tám Pin mặt trời loại 6V-25W. Các thành phần khác của hệ thống được sử dụng để giúp khai thác hiệu quả nguồn năng lượng. Chi tiết sản phẩm như các hình dưới đây.



Hình 3.7. Hình ảnh sản phẩm thực tế.

Kết luận

Sau thời gian thực hiện đồ án em đã thực hiện được các nội dung chính gồm:

- Hiểu được những kiến thức tổng quan về nguồn năng lượng mặt trời và các nguyên tắc khai thác nguồn năng lượng tái tạo này.
- Nghiên cứu, tìm hiểu được cấu trúc của các tấm pin năng lượng mặt trời.
- Nghiên cứu, tìm hiểu được cấu trúc và nguyên lý hoạt động của các mạch chuyển đổi điện áp DC-DC.
- Thiết kế và chế tạo một hệ thống khai thác năng lượng mặt trời công suất nhỏ thực tế với tấm Pin năng lượng mặt trời có điện áp lối ra 6V và công suất 25W.

Trong thời gian làm đồ án em đã nhận được nhiều sự giúp đỡ, hướng dẫn từ thầy TS Đoàn Hữu Chúc và các thầy cô trong Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hai Phòng, nhờ những điều đó mà em đã hoàn thành được đồ án của mình.

Em xin trân trọng cảm ơn tới tất cả thầy cô và các bạn.

Người thực hiện

Nguyễn Hồng Việt

Tài liệu tham khảo

- [1] Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh (2004), Điện tử công suất, NXB Khoa Học Kỹ Thuật, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Văn Thuận (2003), Điện tử công suất, NXB Học viện KTQS, Hà Nội.
- [3] Nguyễn Phùng Quang, Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2008.
- [4] Trần Trọng Minh, “Bài giảng : Thiết kế điều khiển cho các bộ biến đổi Điện tử công suất”, BKHN, 12/4/2013.
- [5] Ts. Hoàng Dương Hùng, Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.
- [6] “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.
- [7] “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; tan78dhbk@dut.udn.vn, dmquan@dut.udn.vn, tatuan@dut.udn.vn, pvkien@dut.udn.vn, lhlam@dut.udn.vn.
- [8] “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 Ngự, Lê Thị Minh Tâm, Trần Thị Thường, Nguyễn Xuân Trường.
- [9] “Nghiên cứu thuật toán điều khiển bám điểm công suất cực đại cho pin mặt trời”, Trương Văn Trọng.
- [10] “Tìm điểm công suất cực đại của pin mặt trời”, Nguyễn Ngọc Trung.