

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



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Bùi Tiến Phong
Giảng viên hướng dẫn: GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

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 VỀ
HỆ THỐNG ĐIỆN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI**

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

Sinh viên : Bùi Tiến Phong

Giảng viên hướng dẫn: GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

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 : Bùi Tiến Phong

MSV: 1913102006

Lớp : DCL 2301

Ngành : Điện tử động công nghiệp

Tên đề tài: Năng lượng mặt trời, đi sâu tìm hiểu về hệ thống điện năng lượng mặt trời.

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 thiết kế, tính toán.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên: Thân Ngọc Hoàn

Học hàm, học vị : GS.TSKH

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

Nội dung hướng dẫn: Năng lượng mặt trời, đi sâu tìm hiểu về hệ thống điện năng lượng mặt trời.

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 12 tháng 10 năm 2020

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 31 tháng 12 năm 2020

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N

Sinh viên

Bùi Tiến Phong

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N

Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày.....tháng năm 2020.

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: Thân Ngọc Hoàn

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

Họ và tên sinh viên: Bùi Tiến Phong.

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

Có tinh thần tự chủ , cố gắng học tập để hoàn thành đồ án đề tài tốt nghiệp.

2. Đánh giá chất lượng của đồ 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...)

Sinh viên tìm hiểu tài liệu, đã trình bày được khái niệm về lưới điện, tìm hiểu về năng lượng điện mặt trời. Năng lượng điện mặt trời gần đây được quan tâm nghiên cứu và lắp đặt hệ thống thực. Những kiến thức về quang điện mặt trời trong quá trình học sinh viên không được truyền đạt. Sinh viên tìm hiểu qua các tài liệu tham khảo đã trình bày được những kiến thức cơ bản về tấm pin năng lượng mặt trời, cách sản xuất, điều khiển quá trình tạo và khai thác năng lượng điện mặt. Là tài liệu tham khảo cho những người quan tâm tới năng lượng điện mặt trời.

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ ☒

Không được bảo vệ ☐

Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày 24.tháng.12 năm 2020

Giảng viên hướng dẫn

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

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)

LỜI NÓI ĐẦU

Trong tiến trình phát triển của loài người, việc sử dụng năng lượng mặt trời là đánh dấu một cột mốc rất quan trọng. Từ đó đến nay, loài người sử dụng năng lượng ngày càng nhiều, nhất là trong vài thập kỷ gần đây. Trong cơ cấu năng lượng hiện nay, chiếm phần chủ yếu là năng lượng tàn dư sinh học than đá, dầu mỏ, khí tự nhiên. Kế là năng lượng nước thủy điện, năng lượng hạt nhân, năng lượng sinh khối (bio, gas....) năng lượng mặt trời, năng lượng gió chỉ chiếm một phần khiêm tốn. Xã hội loài người không thể phát triển nếu không có năng lượng.

Ngày nay, năng lượng tàn dư sinh học, năng lượng không tái sinh, ngày càng cạn kiệt, giá dầu mỏ biến động liên tục, ảnh hưởng xấu đến sự phát triển kinh tế xã hội và môi trường sống. Tìm kiếm nguồn năng lượng thay thế là nhiệm vụ cấp bách của nhân loại, năng lượng thay thế đó phải sạch, thân thiện với môi trường, chi phí thấp, không cạn kiệt (tái sinh), và dễ sử dụng.

Từ lâu, loài người đã mơ ước sử dụng năng lượng mặt trời, nguồn năng lượng hầu như vô tận, đáp ứng hầu hết các tiêu chí nêu trên. Nhiều công trình nghiên cứu đã được thực hiện, năng lượng mặt trời không chỉ là năng lượng của tương lai mà còn là năng lượng của hiện tại.

Hiện nay năng lượng mặt trời đã được khai thác và đưa vào ứng dụng trong cuộc sống cũng như trong công nghiệp dưới nhiều dạng và hình thức khác nhau, thông thường để cấp nhiệt và điện. Một hệ thống quang điện sử dụng năng lượng mặt trời cơ bản gồm 2 loại: hệ thống quang điện làm việc độc lập và hệ thống quang điện làm việc với lưới. Tuy nhiên nội dung chủ yếu của đồ án nghiên cứu về công suất năng lượng mặt trời, tính toán các hệ thống năng lượng mặt trời, so sánh hiệu quả của các hệ thống.

Trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp với đề tài “**Năng lượng mặt trời, đi sâu tìm hiểu về hệ thống điện năng lượng mặt trời**” em đã củng cố được những kiến thức đã được học, tiếp thu thêm được một số kiến thức và kinh nghiệm mới về hệ thống năng lượng mặt trời. Quá trình làm đồ án thực sự có ích cho em về nhiều mặt.

Hải Phòng, ngày...tháng...năm 2020

Sinh viên thực hiện

Bùi Tiến Phong

LỜI CẢM ƠN

Đây là kết quả của quá trình những năm tháng học tập của em nhưng do kinh nghiệm thực tế của bản thân còn chưa nhiều nên khó tránh khỏi nhiều thiếu sót, do đó cần phải có sự hướng dẫn, giúp đỡ của các thầy cô giáo. Qua đây em cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý thầy cô Trường Đại học Quản Lý và Công Nghệ Hải Phòng, khoa Điện – Điện tử, các thầy cô bộ môn lời cảm ơn chân thành nhất, các thầy cô đã tận tình giảng dạy cho em thời gian vừa qua, các thầy cô đã trang bị cho em nhiều kiến thức cơ bản về lĩnh vực điện tự động công nghiệp. Và cuối cùng em xin cảm ơn thầy giáo Thân Ngọc Hoàn đã giúp đỡ và hướng dẫn em trong suốt quá trình làm đồ án tốt nghiệp. Thầy đã tận tình giúp đỡ, định hướng, góp ý và cung cấp những ý tưởng quý báu trong suốt thời gian làm đồ án.

Em xin chân thành cảm ơn !

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	1
LỜI CẢM ƠN	1
CHƯƠNG I : HỆ THỐNG LƯỚI ĐIỆN SIÊU NHỎ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	1
1.1. GIỚI THIỆU	1
1.2. QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI: NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN	7
1.3. BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG QUANG ĐIỆN	9
1.4. CHẤT LIỆU TẮM QUANG ĐIỆN	10
1.5. ĐẶC ĐIỂM CỦA TẮM QUANG ĐIỆN	12
CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ LƯỚI ĐIỆN MẶT TRỜI	22
2.1. CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG QUANG ĐIỆN.....	22
2.2 MÔ HÌNH CỦA MỘT TẮM QUANG ĐIỆN	36
2.3. ĐO LƯỜNG ĐẶC TÍNH CỦA HỆ THỐNG PV	38
2.4. ĐIỂM CÔNG SUẤT TỐI ĐA CỦA HỆ THỐNG PV	38
CHƯƠNG III: HỆ THỐNG LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG VÀ NHỮNG VẤN ĐỀ LIÊN QUAN	53
3.1. HỆ THỐNG LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG SỬ DỤNG ẮC QUY.	53
3.2. . HỆ THỐNG LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG SỬ DỤNG PIN	56
3.3. NĂNG LƯỢNG TẠO RA CỦA MỘT MÔ ĐUN PV VÀ GÓC CỦA SỰ CỐ	79
3.4. THỰC TRẠNG CỦA CÔNG NGHỆ TẠO NĂNG LƯỢNG CỦA PV	79
3.5. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA MÔ ĐUN PV	80
KẾT LUẬN	84
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	82

CHƯƠNG I

HỆ THỐNG LƯỚI ĐIỆN SIÊU NHỎ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

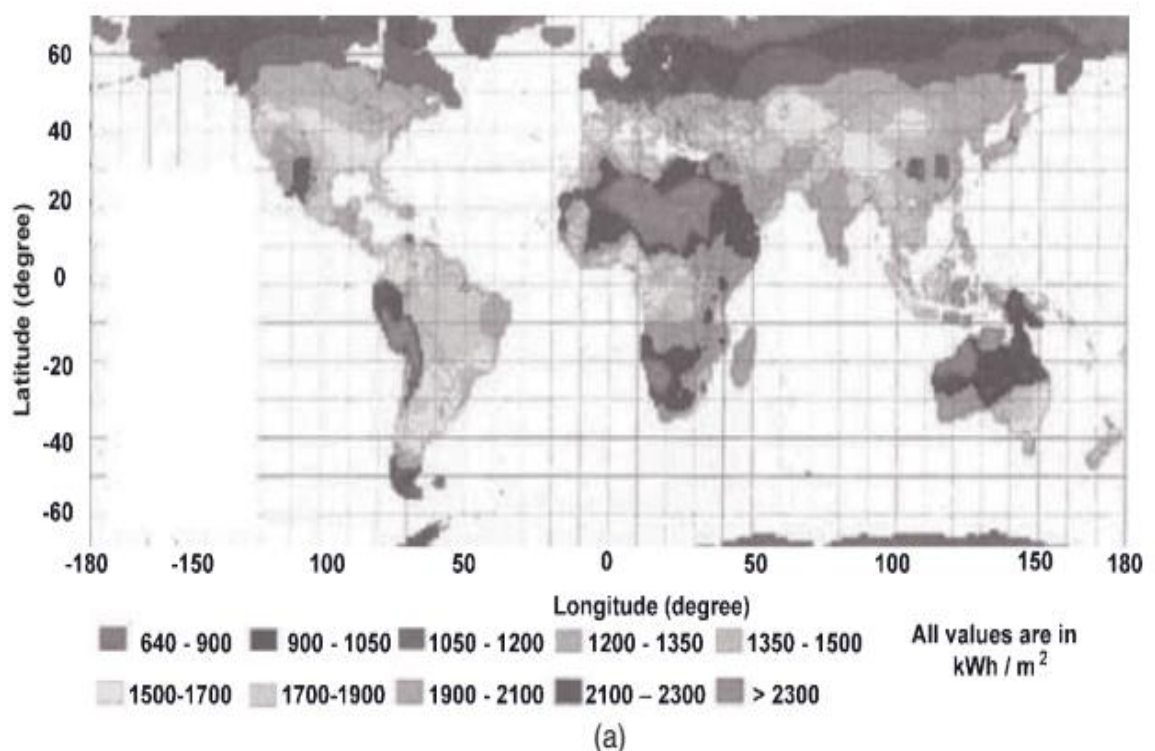
1.1. GIỚI THIỆU

Ngay từ đầu lịch sử ghi lại, con người đã tôn thờ mặt trời. Vị vua đầu tiên của Ai Cập là Ra, thần mặt trời. Thần công lý mặt trời cho Mesopotamia là Shamash. Trong Ấn Độ giáo, thần Mặt trời, Surya, được cho là là tổ tiên của loài người. Apollo và Helios là hai thần tượng của mặt trời của Hy Lạp cổ đại. Mặt trời cũng nổi bật trong các truyền thống tôn giáo của Zoroastrianism (Iran) và Phật giáo (Châu Á), cũng như ở Aztec (Mexico) và văn hóa Inca (Peru). Năng lượng của mặt trời là nguồn năng lượng chính cho sự sống trên hành tinh của chúng ta. Khi mặt trời biến mất khỏi vũ trụ của chúng ta, chúng ta sẽ không còn tồn tại. Năng lượng mặt trời là năng lượng tái tạo sẵn có; nó đến trái đất ở dạng của sóng điện từ (bức xạ). Nhiều yếu tố ảnh hưởng đến lượng bức xạ nhận được tại một vị trí nhất định trên trái đất. Những yếu tố này bao gồm vị trí, mùa, độ ẩm, nhiệt độ, khối lượng không khí và giờ trong ngày. Cách lý đề cập đến việc tiếp xúc với tia năng mặt trời, tức là từ cách nhiệt đã được sử dụng để biểu thị năng lượng bức xạ mặt trời nhận được tại một vị trí nhất định tại một thời gian nhất định. Cụm từ sự cố bức xạ mặt trời cũng được sử dụng, nó thể hiện bức xạ trung bình tính bằng watt trên mét vuông (W / m^2) hoặc kilowatt trên vuông mét (kW / m^2). Bề mặt trái đất được phối hợp với các đường vĩ độ tưởng tượng và kinh độ như trong hình 1.1 (a). Các vĩ độ trên bề mặt trái đất là đường thẳng song song tưởng tượng đo bằng độ. Các đường cung với mặt phẳng của đường xích đạo. Các vĩ độ thay đổi từ 90° nam (S) và 90° bắc (N). Các kinh độ là các đường tưởng tượng thay đổi từ 180° đông (E) đến 180° tây (W). Các kinh độ hội tụ ở các cực (90° bắc và 90° nam). Bức xạ của mặt trời trên trái đất thay đổi theo vị

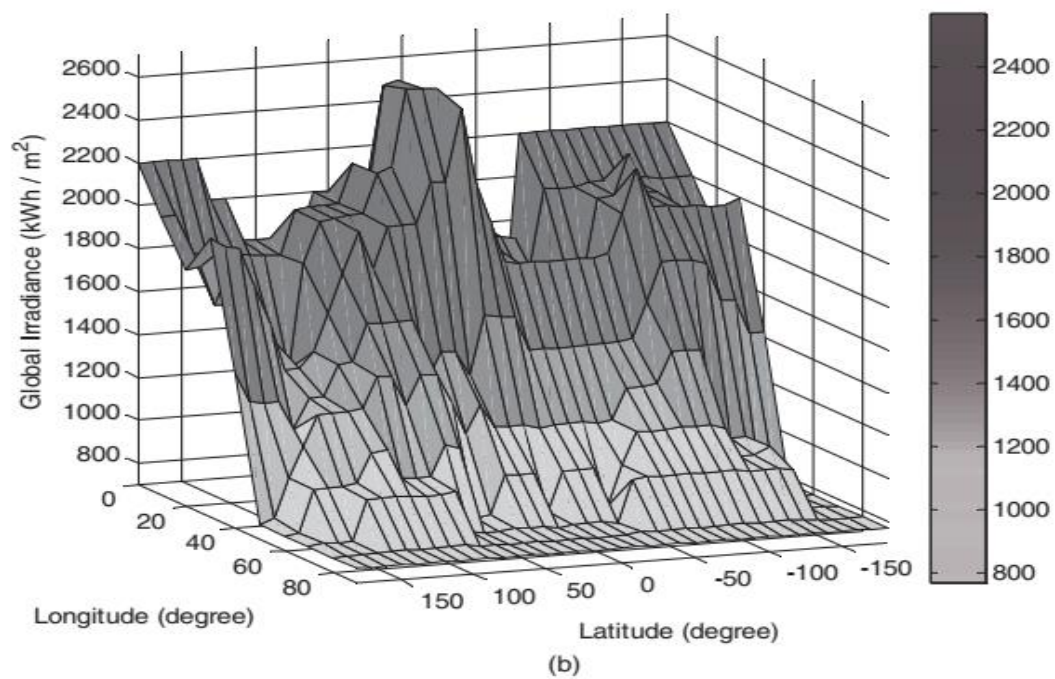
trí dựa trên các vĩ độ. Khoảng từ 30° S đến 30° N có bức xạ cao nhất như được mô tả trong hình 1.1(b). Vĩ độ mà mặt trời chiếu trực tiếp trên đầu giữa hai vĩ độ này phụ thuộc vào thời gian trong năm. Nếu mặt trời ở ngay trên bán cầu bắc, đó là mùa hè ở phía bắc và mùa đông ở Nam bán cầu. Nếu nó ở trên bán cầu nam, nó là mùa hè ở Nam bán cầu và mùa đông ở phía Bắc. Hình 1.2 (b) là một biểu đồ cho thấy bức xạ tại các vị trí khác nhau trên trái đất được đánh dấu bằng vĩ độ và kinh độ của nó. Vĩ độ thay đổi từ -90° đến 90° , tương ứng là 90° N và 90° S. Tương tự, các kinh độ thay đổi từ -180° đến 180° , tương ứng là 180° W và 180° E. Trục z của âm mưu cho bức xạ tính bằng kWh / m². Các điểm trên trục z truyền tải lượng của bức xạ. Màu sắc trên biểu đồ thể hiện cường độ của bức xạ như được cho trong hình 1.1 (b).

Vị trí của mặt trời khi nhìn từ trái đất trong khoảng vĩ độ 15° N và 35° N là khu vực có nhiều năng lượng mặt trời nhất. Vùng nửa vòm này, như được hiển thị trong hình 1.1 (b) và hình 1.1 (c), hầu hết nằm ở Châu Phi, Tây Hoa Kỳ, Trung Đông và Ấn Độ. Các địa điểm này có hơn 3.000 giờ bức xạ ánh sáng mặt trời cường độ cao mỗi năm. Khu vực có số tiềm năng bức xạ năng lượng lớn thứ hai mặt trời nằm giữa vĩ độ 15° N và xích đạo và có khoảng 2.500 giờ năng lượng mặt trời mỗi năm. Vành đai giữa vĩ độ 35° N và 45° N có năng lượng mặt trời hạn chế. Tuy nhiên, bức xạ ánh sáng mặt trời điển hình gần giống như hai khu vực còn lại, mặc dù có sự khác biệt rõ ràng theo mùa cả về cường độ mặt trời và giờ hàng ngày. Như vào mùa đông, bức xạ mặt trời giảm, vào giữa mùa đông, nó ở mức thấp nhất. Vĩ độ 45° N và vùng ngoài xấp xỉ một nửa của bức xạ mặt trời dưới dạng bức xạ khuếch tán. Năng lượng ánh sáng mặt trời nhận được bởi trái đất có thể được tính gần đúng bằng 10.000 lần năng lượng của thế giới yêu cầu. Bức xạ của mặt trời ở dạng năng lượng tia cực tím, năng lượng nhìn thấy và tia hồng ngoại như được mô tả trong hình 1.2. Phần lớn năng lượng ở dạng sóng ngắn được sử

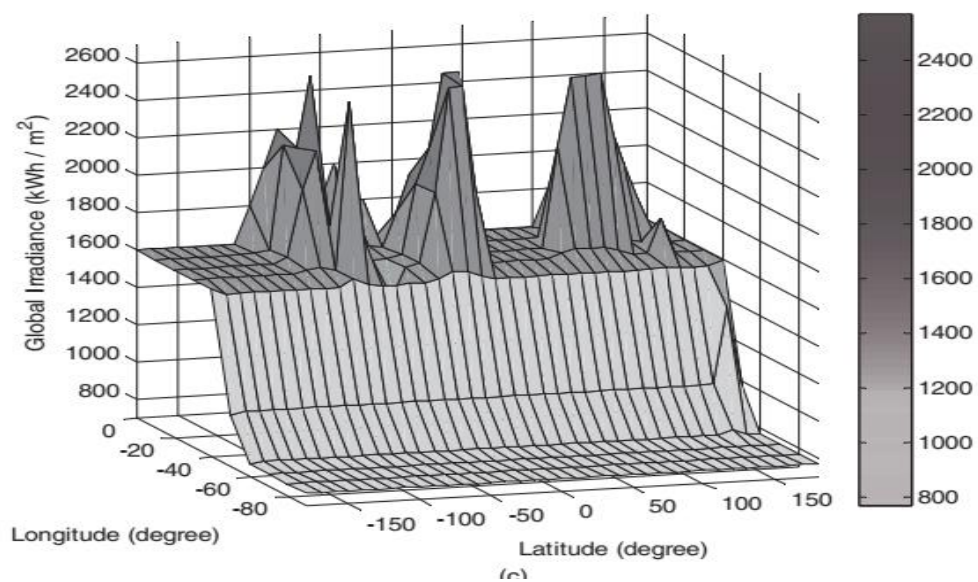
dụng trong chu kỳ nhiệt, chu kỳ thời tiết, gió và sóng của hành tinh. Một phần nhỏ năng lượng được sử dụng để quang hợp ở thực vật và phần còn lại năng lượng mặt trời được phát trở lại không gian. Năng lượng mặt trời đến khí quyển là không đổi; do đó thuật ngữ mặt trời không thay đổi. Hằng số năng lượng mặt trời được tính là trong khoảng $1,4 \text{ kW} / \text{m}^2$, hoặc $2,0 \text{ cal} / \text{cm}^2 / \text{phút}$. Các bước sóng ngắn hơn của ánh sáng mặt trời tán xạ trên một khu vực rộng hơn ánh sáng có bước sóng dài hơn. Sự tán xạ có thể là do các phân tử khí, ô nhiễm và khói mù. Ánh sáng xanh lam và tím có tán xạ khí quyển tối đa vào lúc mặt trời mọc và lặn mà không ảnh hưởng đến tia đỏ của ánh sáng mặt trời.



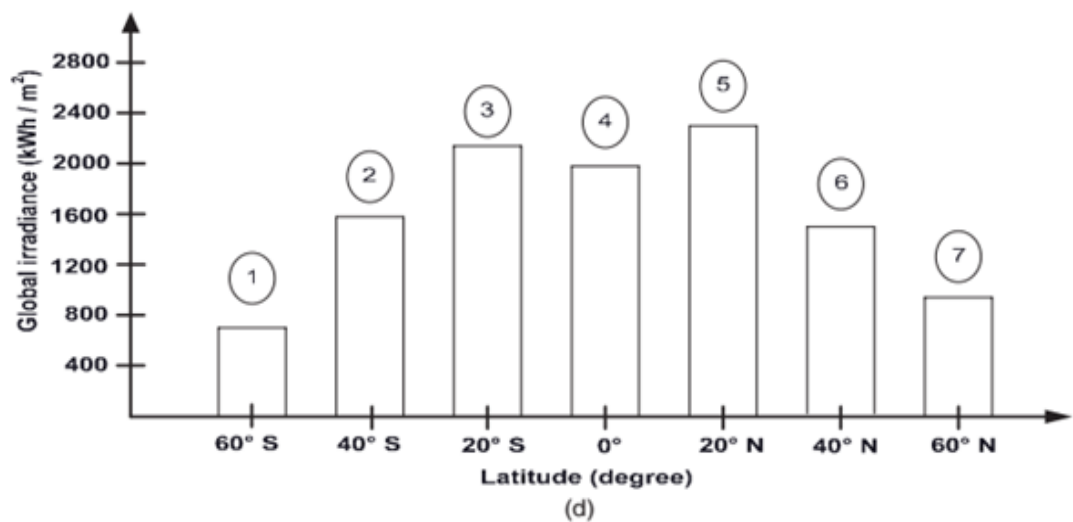
Hình 1.1(a): Sự chiếu xạ trên toàn cầu (kWh/m^2)



Hình 1.1 (b): Sự chiếu xạ trung bình ở Bắc bán cầu theo kinh độ và vĩ độ

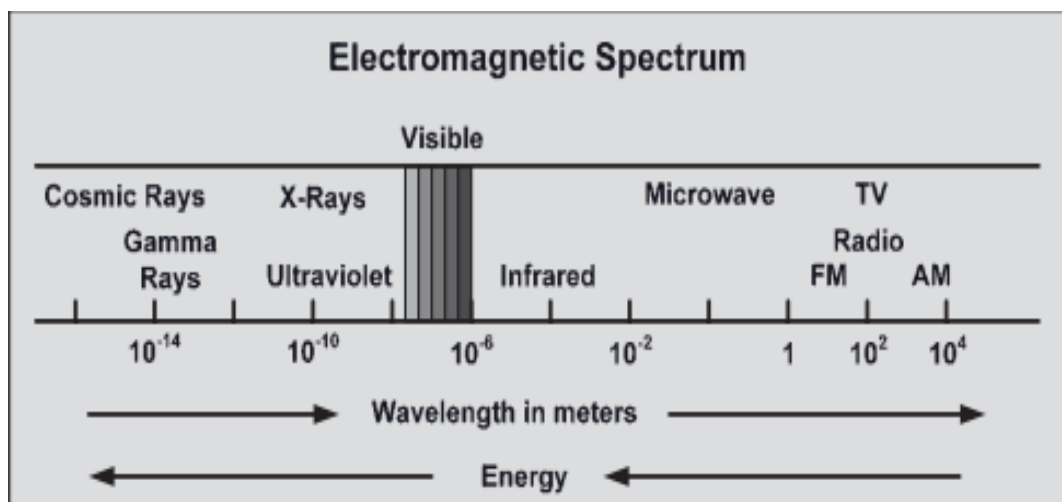


Hình 1.1(c): Sự chiếu xạ trung bình ở Nam bán cầu theo kinh độ và vĩ độ



Hình 1.1(d): Sự chiếu xạ trung bình trên toàn cầu theo khu vực.

Khu vực 1: Argentina, Chile; *Khu vực 2:* Argentina, Chile; *Khu vực 3:* Brazil, South Africa, Peru, Australia, Mozambique; *Khu vực 4:* Indonesia, Brazil, Nigeria, Columbia, Kenya, Malaysia; *Khu vực 5:* India, Pakistan, Bangladesh, Mexico, Egypt, Turkey, Iran, Algeria, Iraq, Saudi Arabia; *Khu vực 6:* China United States, Japan, Germany, France, United Kingdom, South Korea; *Khu vực 7:* Russia, Canada, Sweden, Norway.



Hình 1.2: Quang phổ điện từ

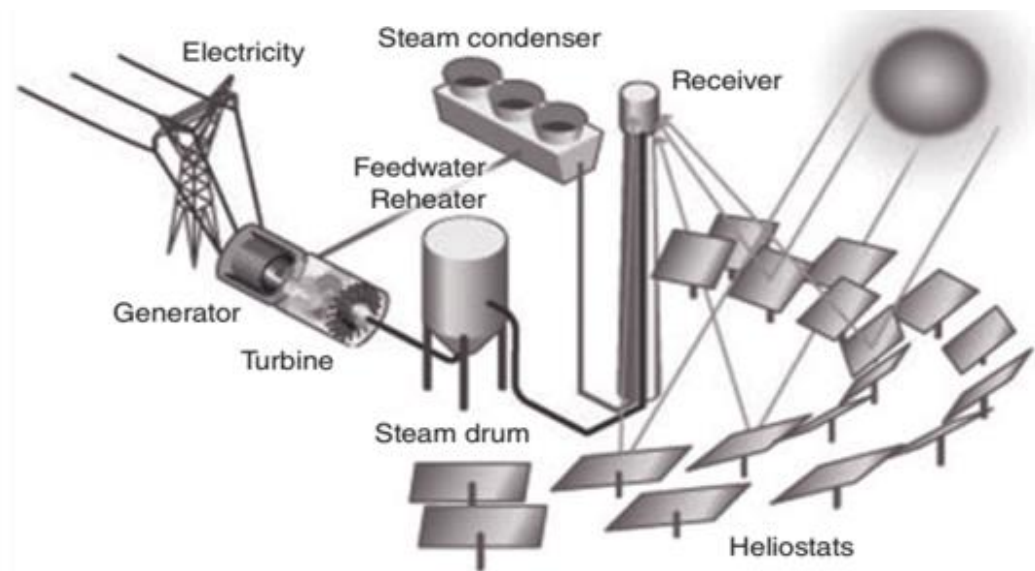
1.2. QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI: NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

Auguste Mouchout đã chế tạo một chiếc gương parabol để truyền năng lượng của mặt trời để cung cấp năng lượng cho động cơ hơi nước vào năm 1866 nhà máy điện mặt trời nhiệt điện cũng sử dụng năng lượng nhiệt của mặt trời để tạo ra năng lượng hơi nước để chạy tuabin. Hệ thống tập trung năng lượng mặt trời (CSP) có thấu kính định vị được thiết kế để tập trung ánh sáng mặt trời vào bộ thu, hoạt động như một lò hơi để tạo ra hơi nước. Hệ thống sử dụng hệ thống điều khiển bám để đạt hiệu quả tối đa. Tồn tại một số lượng công nghệ tập trung; một gương parabol sử dụng Các vật liệu có gốc bạc hoặc nhôm đánh bóng thường được sử dụng. Hình 1.3 mô tả hệ thống CSP nằm trong sa mạc Mojave ở California, sử dụng một gương parabol. Các tháp điện mặt trời (xem hình 1.4) tạo ra năng lượng hơi nước bằng cách tạo ra cường độ năng lượng mặt trời tập trung được dẫn qua hệ thống tháp xử lý nhiệt. Hệ thống sử dụng một số lượng lớn gương bám mặt trời, hoặc gương phản xạ hình parabol. Số lượng gương tùy thuộc vào công suất hệ thống. Một loại gương khác được sử dụng được gọi là heliostat (từ Helios, từ Hy Lạp có nghĩa là mặt trời). Tháp sử dụng hơi nước sớm hơn sử dụng chất lỏng truyền nhiệt. Gần đây thiết kế hiện đại hơn dùng muối nitrat nóng chảy. Một nhà vật lý người Pháp, Augustin - Jean Fresnel (1788 - 1827), đã phát triển Ống kính Fresnel, có khẩu độ lớn và tiêu cự ngắn. Cấu tạo của nó yêu cầu ít vật liệu hơn ống kính thông thường và nó cho phép nhiều ánh sáng hơn đi qua. Bộ phản xạ Fresnel tuyến tính nhỏ gọn (CLFR) được sử dụng trong các nhà máy điện mặt trời. Hệ thống CLFR sử dụng thấu kính Fresnel và gương phản xạ nằm trên một trục tập trung quang năng tạo hơi nước. CLFR sử dụng số lượng dải gương mỏng để tập trung ánh sáng mặt trời cường độ cao thành nhiệt - Hệ thống xử lý. Sản xuất gương phẳng rẻ hơn nhiều so với gương parabol và

chúng tạo điều kiện cho số lượng lớn hơn các tấm phản xạ để sử dụng trong quá trình tạo hơi nước. Hình 1.5 mô tả một trạm phát điện CLFR.

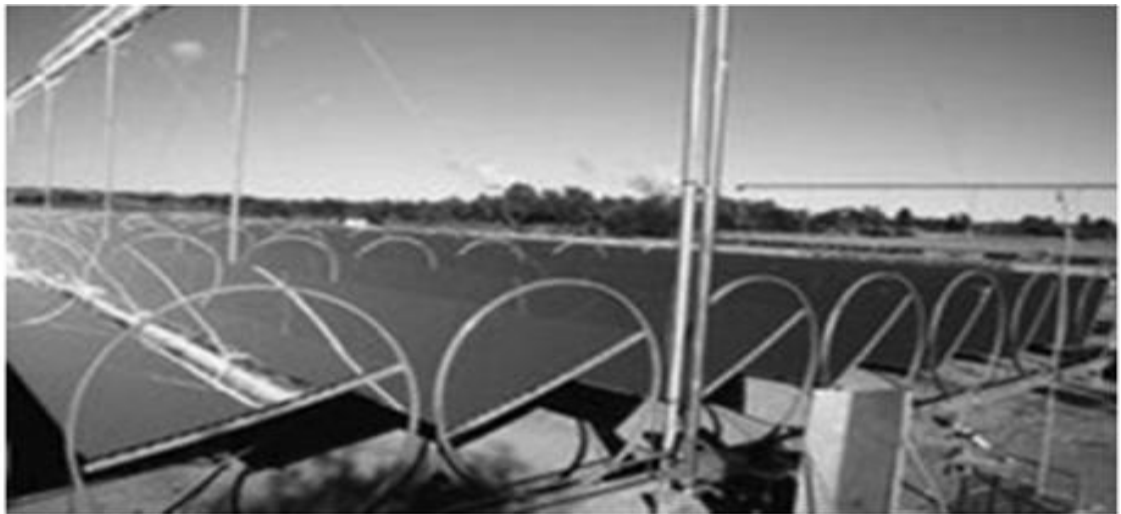


Hình 1.3: Mô tả hệ thống CSP



Hình 1.4: Mô tả một trạm phát điện mặt trời hơi nước

Một loại động cơ nhiệt mặt trời khác là động cơ Stirling. Nó hoạt động bằng cách nén theo chu kỳ với sự giãn nở của chất lỏng làm việc như không khí hoặc khí ga khác. Nó sử dụng hai mức nhiệt độ khác nhau trong quá trình nhiệt động lực học biến nhiệt năng thành cơ năng. Hệ thống động cơ đĩa năng lượng mặt trời Stirling là một lĩnh vực nghiên cứu tích cực.



Hình 1.5: Mô tả một trạm phát điện CLFR.

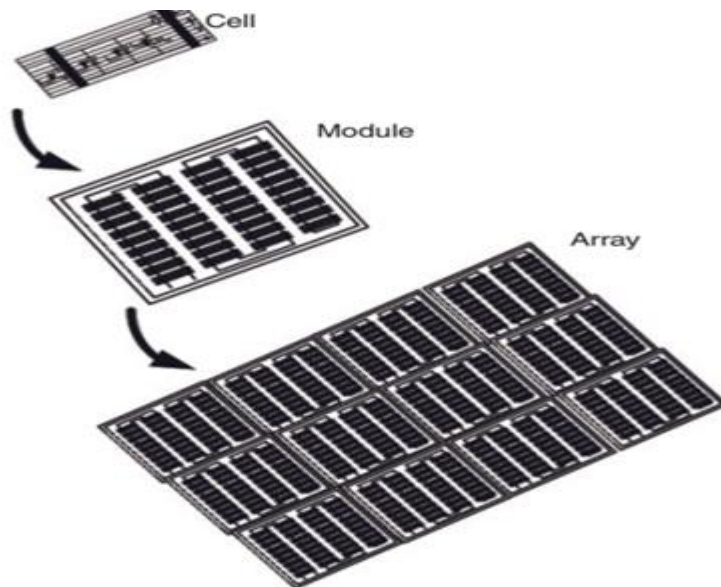
1.3. BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG QUANG ĐIỆN

Tấm quang điện chuyển đổi năng lượng bức xạ trực tiếp thành năng lượng điện. Pin mặt trời, còn được gọi là tế bào quang điện (PV), được phát triển bởi Carlson và Wronski vào năm 1976. Một mô-đun PV bao gồm một số ô PV. Khi ánh sáng mặt trời chiếu vào tế bào PV, các electron được giải phóng khỏi nguyên tử của chúng. Các electron được giải phóng hướng về mặt trước của pin mặt trời. Quá trình này tạo ra một dòng điện giữa các mặt âm và dương. PV tế bào điện tích photon cung cấp điện áp từ 1,1 đến 1,75 electron volt² (eV²) với hấp thụ quang học cao. Hình 1.6 mô tả cấu trúc tế bào quang điện (PV). Một mô-đun quang điện (PV) kết nối một số ô PV trong chuỗi. Bạn có

thể nghĩ về một PV tế bào như một số tụ điện được tích điện bằng năng lượng photon của ánh sáng. Hình 1.7 mô tả cách năng lượng bức xạ của mặt trời được chuyển đổi thành điện năng sử dụng tế bào PV.

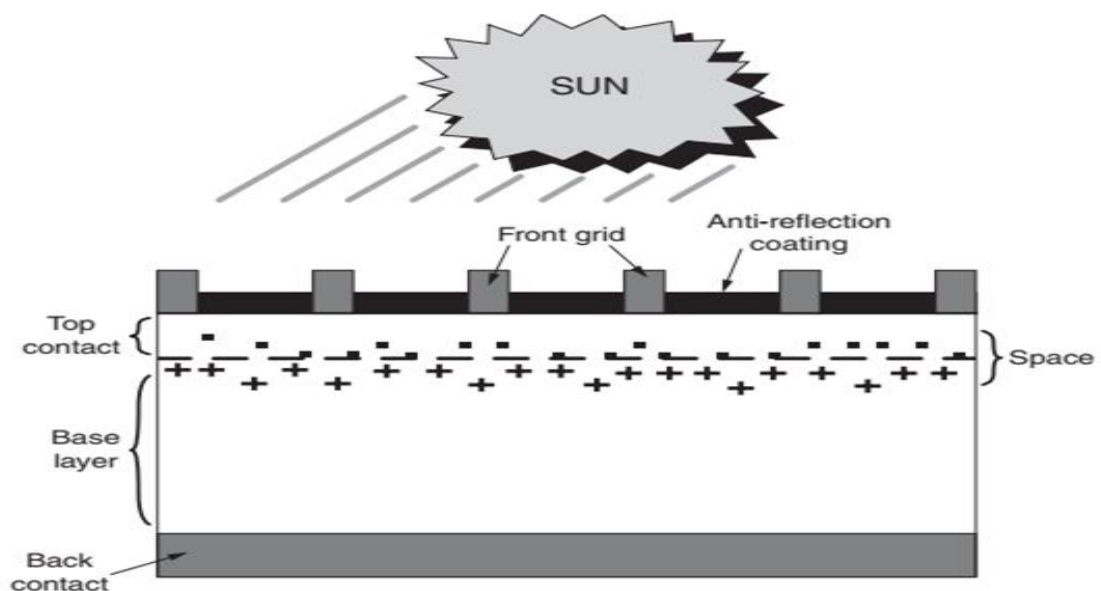
1.4. CHẤT LIỆU TẮM QUANG ĐIỆN

Việc sản xuất tế bào PV dựa trên hai loại vật liệu khác nhau: (1) a vật liệu bán dẫn hấp thụ ánh sáng và chuyển nó thành electron – cặp lỗ trống, và (2) một vật liệu bán dẫn có các tiếp giáp tách ánh sáng tạo vật mang điện tích và lỗ hổng. Các tiếp giáp ở mặt trước và mặt sau của các ô cho phép dòng điện chạy ra mạch ngoài. Tế bào tinh thể Silicon (c - Si) được sử dụng để hấp thụ năng lượng ánh sáng trong hầu hết các chất bán dẫn được sử dụng trong pin mặt trời. Tế bào silic kết tinh là những tế bào kém hấp thụ năng lượng ánh sáng; chúng có hiệu suất trong khoảng từ 11 đến 18%. Các tế bào đơn tinh thể hiệu quả nhất, tế bào c – Si sử dụng các điểm tiếp xúc lưới có rãnh, được chôn bằng laser, cho phép hấp thụ ánh sáng và thu thập dòng điện tối đa.



Hình 1.6: Cấu trúc của một tấm quang điện

Mỗi ô của các tế bào c - Si tạo ra khoảng 0,5 V. Khi 36 ô được kết nối trong chuỗi, nó tạo ra một mô-đun 18 volt. Trong pin mặt trời màng mỏng, tinh thể silicon xếp có giá thành rất cao. Các vật liệu thông thường khác là vô định hình silic (a - Si), và cadimi chouride và gali, là một loại khác của vật liệu đa tinh thể. Công nghệ pin mặt trời màng mỏng sử dụng a - Si và a p - i - n lớp trình tự đơn, trong đó “p” là dương và “n” là âm, và “i” cho giao diện của chất bán dẫn loại p và n tương ứng. Phim mỏng - pin mặt trời được xây dựng bằng cách sử dụng kỹ thuật cán màng, giúp thúc đẩy sử dụng chúng trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt: Chúng là những bền với môi trường. Do các thuộc tính cơ bản của thiết bị c-Si, chúng có thể ở dạng công nghệ PV thống trị trong nhiều năm tới. Tuy nhiên, công nghệ màng mỏng đang đạt được tiến bộ nhanh chóng và một vật liệu hoặc quy trình mới có thể thay thế việc sử dụng của c - ô Si. Ở đây giới thiệu ngắn gọn về công nghệ PV như nó tồn tại ngày nay.

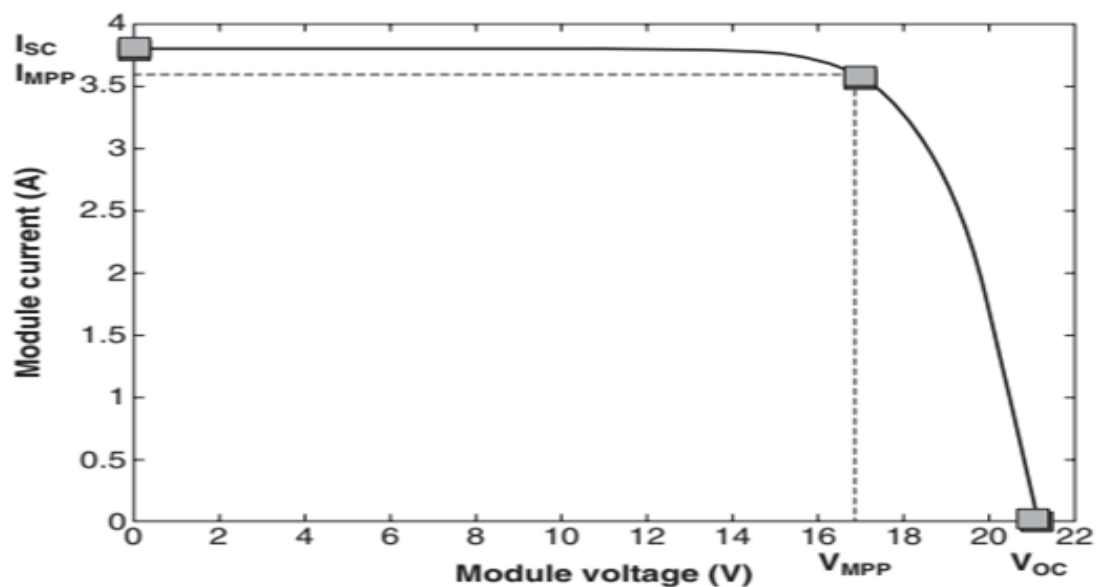


Hình 1.7: Mô tả cách năng lượng bức xạ của mặt trời được chuyển đổi thành điện năng sử dụng tế bào PV.

Nhưng với tư cách là một công nghệ phát triển, sinh viên và kỹ sư nên nhận ra rằng những tiến bộ này sẽ đến từ nghiên cứu cơ bản trong kỹ thuật vật liệu và đọc IEEE để theo kịp với sự phát triển trong công nghệ PV. Dưới đây tiếp tục thảo luận về cách phát triển các mô hình để nghiên cứu sự tích hợp của Nguồn PV vào hệ thống lưới điện thông minh.

1.5. ĐẶC ĐIỂM CỦA TẮM QUANG ĐIỆN

Khi năng lượng bức xạ mặt trời được thu nhận bởi một mô-đun PV, điện áp mạch hở của mô-đun tăng lên.



Hình 1.8: Đặc tính của một mô-đun quang điện

Module	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Power (Max), W	190	200	170	87
Voltage at maximum power point (MPP), V	54.8	26.3	28.7	17.4
Current at MPP, A	3.47	7.6	5.93	5.02
V _{OC} (open-circuit voltage), V	67.5	32.9	35.8	21.7
I _{SC} (short-circuit current), A	3.75	8.1	6.62	5.34
Efficiency	16.40%	13.10%	16.80%	>16%
Cost	\$870.00	\$695.00	\$550.00	\$397.00
Width	34.6"	38.6"	38.3"	25.7"
Length	51.9"	58.5"	63.8"	39.6"
Thickness	1.8"	1.4"	1.56"	2.3"
Weight	33.07 lbs	39 lbs	40.7 lbs	18.3 lbs

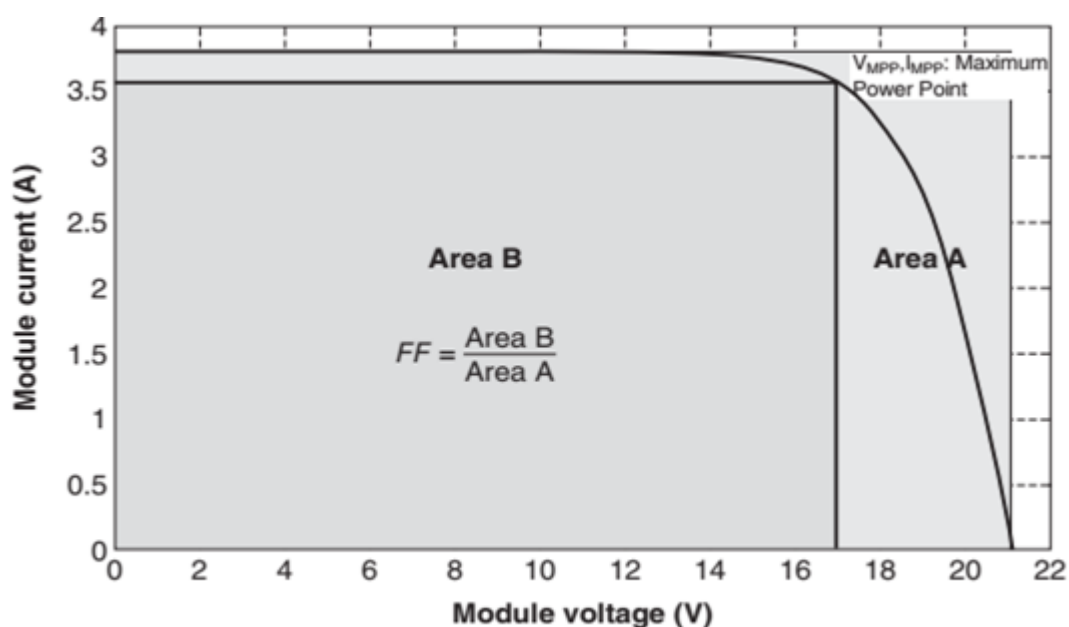
Bảng 1.1: Đặc điểm điện áp và dòng điện của mô đun quang điện

Typical Cell Temperature Coefficient		
Power	T _k (P _p)	-0.47%/°C
Open-circuit voltage	T _k (V _{oc})	-0.38%/°C
Short-circuit current	T _k (I _s)	0.1%/°C
Limits		
Maximum system voltage	600 V DC	
Operating module temperature	-40°C to 90°C	
Equivalent wind resistance	Wind speed: 120 mph	

Bảng 1.3: Đặc điểm hoạt động tối đa của tấm quang điện

Điểm này được thể hiện trong hình 1.8 bằng V_{oc} với ZERO - dòng điện đầu vào. Nếu mô-đun bị ngắn mạch, dòng điện ngắn mạch tối đa có thể được đo. Điểm này được thể hiện trong hình 1.8 bởi I_{SC} với số không - điện áp đầu ra. Với điểm nằm trên đặc tính I theo V ở đó công suất cực đại (PMPP) có thể được trích xuất nằm ở dòng IMPP và điểm điện áp, VMPP.

Dữ liệu điển hình cho một số mô-đun PV được đưa ra trong bảng 1.1. Thông tin này được sử dụng để thiết kế chuỗi PV và tạo ra nguồn năng lượng PV. Tiêu chí lựa chọn mô-đun PV dựa trên một số yếu tố (1) tính năng bảo hành, (2) dễ dàng thay thế mô-đun, và (3) tuân thủ điện tự nhiên và quy chuẩn xây dựng. Mô-đun silicon điển hình có công suất 300 W với diện tích mặt bằng 2,43 m²; một màng mỏng điển hình có công suất 69,3 W với diện tích 0,72 m².



Hình 1.9: Hệ số lấp đầy của mô-đun quang điện

Do đó, diện tích đất cần cho mô-đun silicon là ít hơn gần 35%. Dữ liệu điện điển hình áp dụng cho các thử nghiệm tiêu chuẩn (STC).

Ví dụ, theo STC, bức xạ được xác định cho một mô-đun có giá trị điện hình chẳng hạn như 1000 W / m², khối lượng phổ không khí (AM) 1,5 và nhiệt độ tế bào là 25 ° C. Hệ số lấp đầy PV (FF), như thể hiện trong hình 1.9, được định nghĩa là thước đo về cách thu nhận nhiều năng lượng mặt trời như

thể nào. Thuật ngữ này được định nghĩa bởi điện áp mạch hở mô-đun PV (V_{oc}), và dòng ngắn mạch mô-đun PV (I_{sc}).

$$FF = \frac{V_{MPP} I_{MPP}}{V_{oc} I_{sc}} \quad (1.1)$$

và

$$P_{max} = FF \cdot V_{oc} I_{sc} = V_{MPP} I_{MPP} \quad (1.2)$$

Như đã thấy trong hình 1.9, giá trị lớn nhất của FF là 1. Tuy nhiên, giá trị này không bao giờ có thể đạt được. Một số mô-đun PV có hệ số lấp đầy cao. Trong thiết kế của hệ thống PV, một mô-đun PV có FF cao sẽ được sử dụng. Đối với PV chất lượng mô-đun cao, FF có thể trên 0,85. Đối với các mô-đun PV thương mại điển hình, giá trị nằm trong khoảng 0,60. Hình 1.10 mô tả một hình ảnh ba chiều của một Mô-đun PV và năng lượng bức xạ cố định mà mô-đun nhận được. Như được hiển thị, đặc tính mô-đun PV điển hình không chỉ là hàm của năng lượng bức xạ, mà nó cũng là một hàm của nhiệt độ.

1.6. HIỆU SUẤT TẮM ĐIỆN QUANG

Hiệu suất của tấm PV có thể xác định:

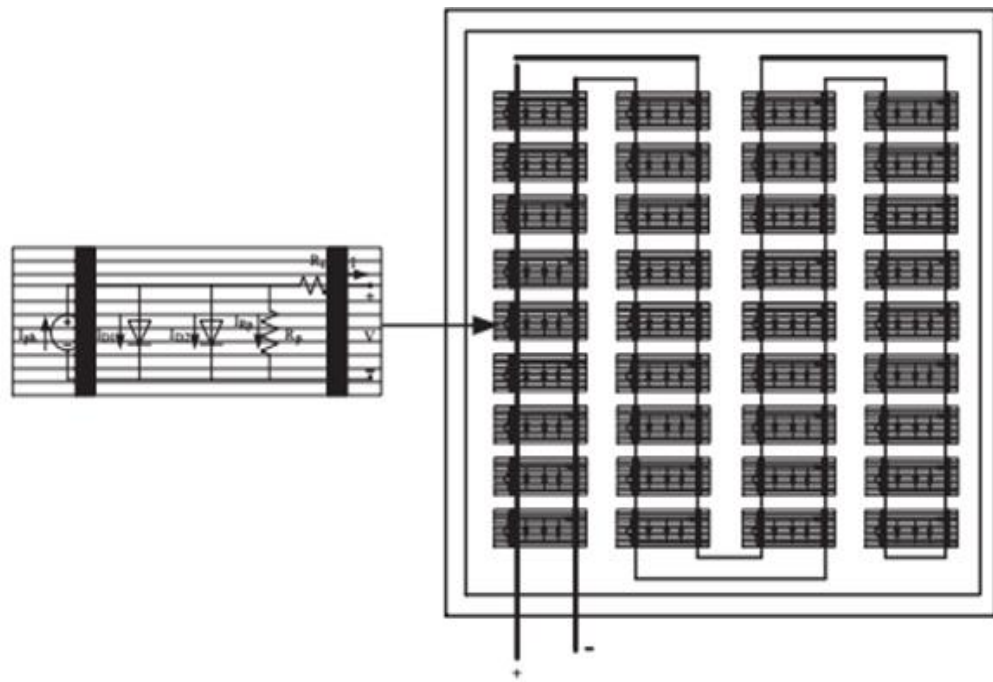
$$\eta = \frac{V_{MPP} I_{MPP}}{P_s} \quad (1.3)$$

Trong đó $V_{MPP} I_{MPP}$ là công suất ra cực đại, P_{mpp} và P_s là diện tích của modun. Hiệu suất của PV cũng có thể xác định:

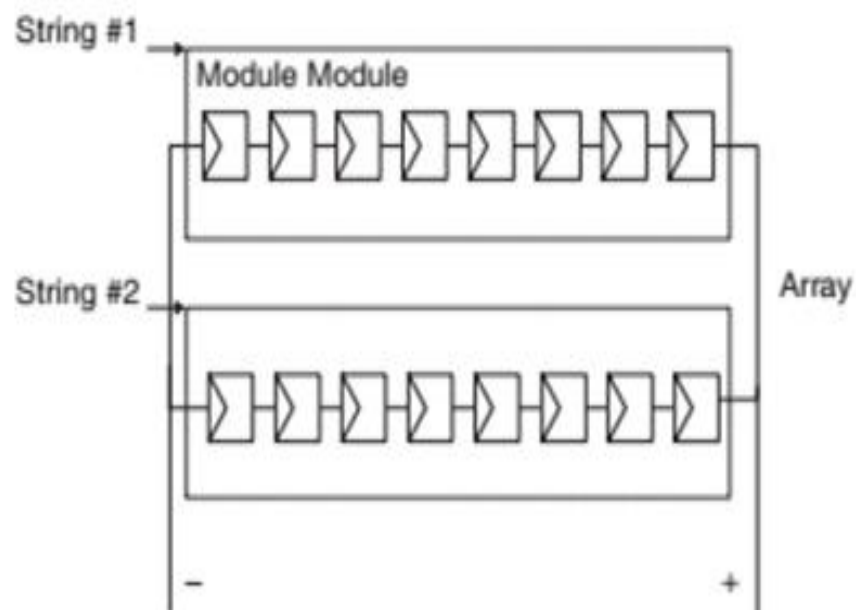
$$\eta = FF \cdot \frac{V_{oc} I_{sc}}{\int_0^{\infty} P(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (1.4)$$

trong đó $P(\lambda)$ là mật độ công suất mặt trời ở bước sóng λ . Hình 5.11 mô tả một mô-đun PV bao gồm 36 ô PV. Nếu mỗi ô định mức là 1,5 V, điện áp danh định của mô-đun là 54 V. Một chuỗi được thiết kế bằng cách nối tiếp

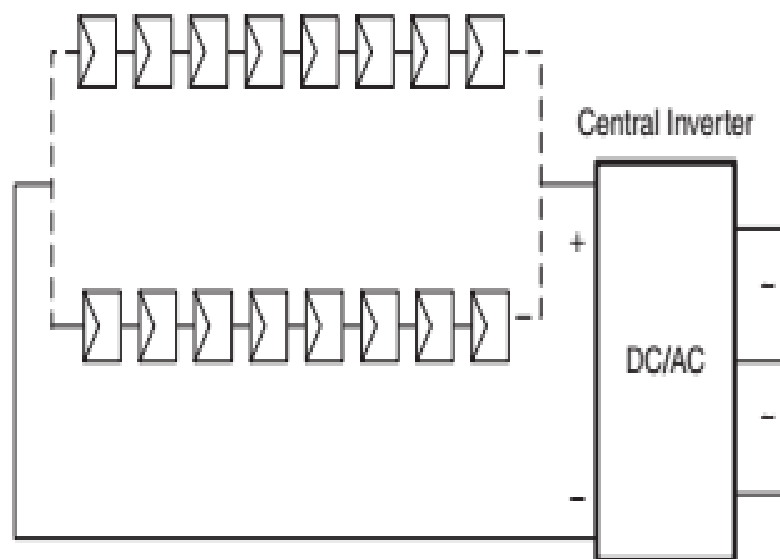
một số mô-đun PV. Một số chuỗi được kết nối song song tạo thành một mảng. Hai thiết kế tổng quát hệ thống PV có thể được đặt ra. Hình 5.13 mô tả thiết kế PV dựa trên biến tần trung tâm. Hình 5.14 mô tả việc sử dụng nhiều biến tần.



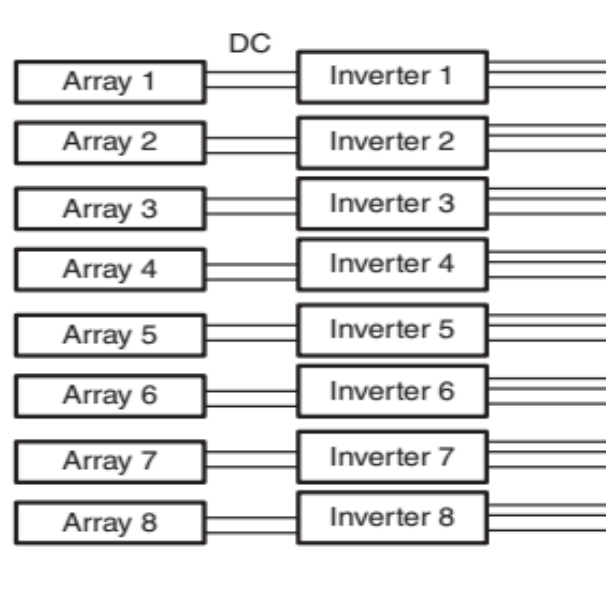
Hình 1.10: Mô tả một mô-đun quang điện bao gồm 36 tấm quang điện ghép lại.



Hình 1.11: Cấu hình cơ bản mô đun, chuỗi và một mảng



Hình 1.12: Mô tả thiết kế của hệ thống quang điện dựa trên biến tần trung tâm



Hình 1.13: Cấu trúc chung của mảng quang điện dùng biến tần

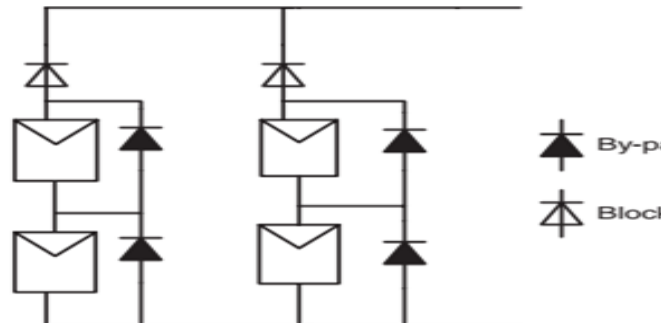
Về cơ bản để có điện áp ra lớn mắc nối tiếp các mô đun, để có dòng ra lớn mắc song song các mô đun:

$$V_{\text{series connected}} = \sum_{j=1}^n V_j; n: \text{number of series connected panels} \quad (1.5)$$

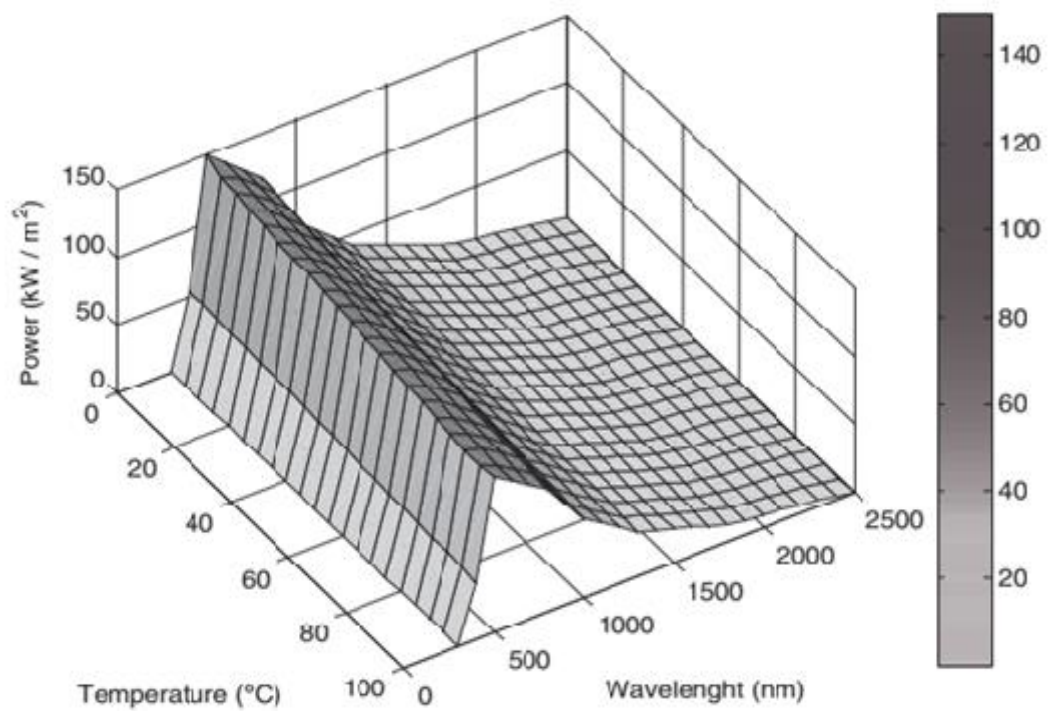
Cho các tấm mắc song song:

$$I_{\text{(parallel connected)}} = \sum_{j=1}^m I_j; m: \text{number of parallel connected panels} \quad (1.6)$$

Trong một hệ thống quang điện bao gồm một số mảng, tất cả các mảng phải có tiếp xúc với ánh sáng mặt trời: thiết kế nên đặt các mô-đun của hệ thống quang điện để sao cho không một mô đun nào bị che bóng. Nếu không, điện áp không bằng nhau sẽ dẫn đến một số mảng có dòng điện tuần hoàn không bằng nhau và sự gia nhiệt bên trong gây ra tổn thất điện năng và hiệu suất thấp hơn. Điốt mắc song song thường được sử dụng giữa để tránh hư hỏng. Hầu hết các mô-đun quang điện mới có điốt song song như được hiển thị trong hình 1.15 để đảm bảo tuổi thọ lâu hơn. Tuy nhiên, rất khó thay thế điốt đã tích hợp trong mạng nếu một điốt bị lỗi trong . Ngành công nghiệp quang điện (PV), Hiệp hội thử nghiệm quốc tế và Vật liệu (ASTM), và Bộ Năng lượng Hoa Kỳ đã thành lập tiêu chuẩn phân bố bức xạ quang phổ mặt trời trên mặt đất. Sự chiếu xạ của một vị trí được đo bằng một dụng cụ gọi là pyranometer. Hình 1.16 mô tả bức xạ tính bằng W / m^2 trên nanomet (nm) dưới dạng hàm của bước sóng tính bằng nanomet (nm). Quang phổ mặt trời là biểu đồ của bức xạ từ mặt trời nhận được tại một vị trí cụ thể ở nhiệt độ và lưu lượng không khí nhất định. Cường độ ($W / m^2 / nm$) của bức xạ được vẽ dưới dạng hàm của bước sóng (nm).



Hình 1.14: Mô tả cách mắc các đi ốt trong tấm quang điện



Hình 1.15: Hiệu suất quang điện dưới bức xạ mặt trời

Các mô đun quang điện chuyển đổi năng lượng bức xạ thành năng lượng điện. Các lượng năng lượng được tạo ra bởi mô-đun PV tỷ lệ thuận với diện tích của mô-đun. KW / m² / nm của mô-đun PV được vẽ dưới dạng một hàm của độ dài bước sóng và nhiệt độ ước tính từ quang phổ mặt trời. Các đường cong trên được vẽ với khối lượng không khí là 1,5. Các mô-đun quang điện được thử nghiệm ở nhiệt độ danh định (NT). NT được sử dụng để ước tính nhiệt độ tế bào dựa trên nhiệt độ môi trường như hình bên dưới.

$$T_c = T_a + \left(\frac{NT - 20}{K_c} \right) \cdot S \quad (1.7)$$

Nhiệt độ tế bào, T_c và nhiệt độ môi trường, T_a tính bằng độ C. Nhiệt độ danh nghĩa hoạt động, NT chỉ định nhiệt độ tế bào theo thử nghiệm của các nhà sản xuất; S là cách điện mặt trời (kW / m²). K_c là một hằng số được tính toán theo kinh nghiệm từ dữ liệu thử nghiệm; nó nằm trong khoảng từ 0,7 đến 0,8.

CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ LƯỚI ĐIỆN MẶT TRỜI

2.1. CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG QUANG ĐIỆN

Việc thiết kế hệ thống kỹ thuật dựa trên thử nghiệm và sai số. Tuy nhiên, thiết kế phải thể hiện sự hiểu biết rõ ràng về khoa học và các nguyên tắc kỹ thuật đằng sau thiết kế được đề xuất. Theo nghĩa này, "thử nghiệm và sai số" là để tinh chỉnh thiết kế cuối cùng. Tuy nhiên, tất cả các hệ thống kỹ thuật phải dựa trên quy trình vật lý cơ bản. Nói một cách cụ thể, nếu chúng ta đang thiết kế một hệ thống tạo ra PV, chúng ta đang sử dụng các mô-đun PV được sản xuất có các đặc điểm nhất định. Tuy nhiên, khi xác định mục tiêu tổng thể của các hệ thống PV mà chúng ta đang áp dụng, thì một số mô-đun PV có thể đáp ứng các mục tiêu đó và một số có thể không. Vì thế, chúng ta cần kiểm tra các mô-đun PV có sẵn so với các thông số kỹ thuật thiết kế của chúng ta. Đối với hệ thống tạo PV, đặc điểm kỹ thuật đầu tiên là yêu cầu về nguồn điện tính bằng kW hoặc MW mà chúng ta dự định sản xuất. Nếu hệ thống PV hoạt động như một trạm phát điện độc lập, điện áp tải định mức được quy định. Ví dụ, đối với hệ thống PV dân dụng, chúng ta có thể đặt nguồn điện từ một vài kilowatt để phục vụ các tải dân dụng ở điện áp danh định 120 V và 207,8 V. Nếu PV dân cư được kết nối với lưới địa phương, thì điện áp kết nối phải được chỉ định cho thiết kế của hệ thống đó. Hạn chế thiết kế khác cũng có thể áp dụng cho một thiết kế cụ thể. Một lần nữa, hãy xem xét trường hợp thiết kế hệ thống PV dân cư. Chúng ta đã biết rằng một mô-đun PV tạo ra nguồn điện áp một chiều và nguồn điện một chiều. Điện áp một chiều cao bao nhiêu an toàn trong một hệ thống dân cư được xác định bởi các mã điện của một địa phương. Về nguyên tắc, chúng ta có thể muốn thiết kế hệ thống PV dân cư tại điện áp một chiều thấp hơn và điện áp một chiều PV cao hơn để hệ thống có nhiều năng lượng hơn tại các khu thương mại và công

nghiệp. Một xem xét thiết kế khác đối với người dùng dân cư có thể là trọng lượng và diện tích bề mặt cần thiết cho một hệ thống quang điện. Cuối cùng, người ta hiểu rằng nhà thiết kế PV luôn tìm cách thiết kế Hệ thống PV để đáp ứng các hạn chế về địa điểm với chi phí lắp đặt và vận hành thấp nhất. Bảng 2.1 xác định một số thuật ngữ mà chúng ta đã thảo luận trong. Chúng ta sẽ sử dụng các thuật ngữ này để giới thiệu thiết kế của hệ thống PV. Chúng ta biết rằng tất cả các trạm phát điện PV được thiết kế dựa trên kết nối Mô-đun PV để tạo ra năng lượng cần thiết. Một mô-đun quang điện có định mức công suất hạn chế; do đó, để thiết kế công suất định mức cao hơn, chúng ta xây dựng một chuỗi bằng cách kết nối một số mô-đun PV trong chuỗi.

$$SV = NM \times V_{oc} \quad (2.1)$$

Trong đó SV- được định nghĩa là điện áp chuỗi, Voc-là điện áp hở mạch của 1 mô đun. Ví dụ nếu số lượng của mô đun là 5 và điện áp hở mạch là 50V chúng ta có:

$SV=5.50=250V$ DC. Đây có thể là điện áp cao cho hộ gia đình. Chúng ta nghĩ rằng một tế bào PV, một mô đun hay một ma trận như là một tụ điện biến đổi. Số lượng hệ thống PV là hàm của độ bức xạ mặt trời

Vào lúc mặt trời đầy đủ, lượng điện tích được lưu trữ sẽ tạo ra điện áp hở mạch cao nhất cho một PV hệ thống. Nói chung, điện áp hở mạch của hệ thống quang điện cho hệ thống khu dân cư có thể được đặt ở điện áp thấp hơn 250 V DC. Điện áp định mức hở mạch được điều chỉnh bởi các mã điện địa phương. Nói chung, điện áp chuỗi hở mạch nhỏ hơn 600 V DC cho hệ thống thương mại và công nghiệp tại thời gian này. Tuy nhiên, thiết kế điện áp DC cao hơn của hệ thống quang điện được xem xét để các trang web PV năng lượng cao hơn. Công suất chuỗi, SP, là công suất có thể được tạo ra bởi một chuỗi.

$$SP = NM \times PM \quad (2.2)$$

Trong đó NM là số lượng mô đun còn PM là công suất tạo ra bởi mô đun. Ví dụ: nếu một thiết kế sử dụng bốn mô-đun quang điện, mỗi mô-đun có điện áp định mức 50 W, thì tổng công suất được tạo ra bởi chuỗi được cho là $SP = 4 \times 50 = 200$ W Như chúng ta đã thảo luận, để tạo ra công suất định mức cao hơn từ trạm phát điện PV, chúng ta có thể tăng điện áp chuỗi. Ngoài ra, chúng ta có thể kết nối một số chuỗi song song và tạo một mảng. Do đó, công suất mảng, AP bằng số chuỗi nhân với công suất của chuỗi.

$$AP = NS \times SP \quad (2.3)$$

Nếu số chuỗi là 10 và mỗi chuỗi tạo ra 200 W, chúng ta có:

$$AP = 10 \times 200 = 2000 \text{ W.}$$

Năng lượng một chiều được tạo ra bởi một mảng là hàm của vị trí của mặt trời và năng lượng bức xạ mà mảng nhận được. Một mảng có thể nằm trên mái nhà hoặc cấu trúc tự do. Công suất mảng được xử lý bởi một bộ biến đổi để trích xuất công suất cực đại từ năng lượng bức xạ của mặt trời. Vì việc truyền điện áp DC qua cáp ở điện áp thấp dẫn đến tổn thất điện năng cao, nguồn mảng được chuyển đổi hoặc thành thành nguồn AC bằng cách sử dụng bộ biến tần DC/AC hoặc trong một số thiết bị, công suất mảng được chuyển đổi thành công suất điện áp DC cao hơn để tạo ra điện áp xoay chiều cao hơn và để có công suất danh định cao hơn. Để có được công suất tối đa của một mảng, phương pháp bám điểm công suất tối đa (MPP) được sử dụng. Phương pháp bám MPP định vị điểm trên quỹ đạo của công suất được tạo ra bởi một mảng trong đó điện áp mảng và mảng dòng điện đang ở điểm cực đại và công suất đầu ra tối đa cho mảng. Mảng MPP được định nghĩa là:

$$P_{MPP} = V_{MPP} \times I_{MPP} \quad (2.4)$$

Trong đó: V_{MPP} là điện áp mảng khi bám MPP và I_{MPP} là dòng điện mảng bám điểm năng lượng tối đa (MPPT). Một mảng được kết nối với bộ biến tần hoặc bộ biến đổi tăng áp và hệ thống điều khiển vận hành mảng

bám MPP của nó. Thiết kế cuối cùng của một hệ thống quang điện dựa trên hoạt động MPP của một trạm phát quang điện. Tuy nhiên, hãy ghi nhớ điều khiển bộ biến đổi hệ thống được thiết kế để định vị điểm hoạt động tối đa dựa trên điện áp mảng và dòng điện mảng, do đó điều chỉnh sự thay đổi bức xạ năng lượng nhận được bởi một mảng khi vị trí của mặt trời thay đổi trong ngày. Điện áp đầu ra biến tần được điều khiển bằng cách điều khiển biên độ điều biến biến tần. Để xử lý công suất cực đại bằng biến tần, chỉ số điều chế biên độ phải được đặt ở giá trị lớn nhất mà không tạo ra méo hài không mong muốn. Giá trị của M_a được đặt nhỏ hơn một và trong khoảng 0,95 để tạo ra điện áp đầu ra AC cao nhất.

Bảng 2.1: Thuật ngữ thiết kế quang điện

Terms	Abbreviations	Descriptions
String voltage	SV	String voltage for series-connected modules
Power of a module	PM	Power produced by a module
String power	SP	Power that can be generated in one string
Number of strings	NS	Number of strings per array
Number of arrays	NA	Number of arrays in a design
Surface area of a module	SM	Surface area of a module
Total surface area	TS	Total surface area
Array power	AP	Array power is generated by connecting a number of strings in parallel
Number of modules	NM	Number of modules per string
Total number of modules	TNM	Total number of modules in all arrays put together
Array voltage for maximum power point tracking	V_{AMPP}	The operating voltage for maximum power point tracking of an array
Array current for maximum power point tracking	I_{AMPP}	The operating current for maximum power point tracking of an array
Array maximum power point	P_{AMPP}	The maximum operating power of an array
Number of converters	NC	Total number of DC/DC converters
Number of rectifiers	NR	Total number of AC/DC rectifiers
Number of inverters	NI	Total number of inverters

Ví dụ 1: Thiết kế một hệ thống quang điện 10Kw ở điện áp 220V, 60Hz một pha AC. Cần xác định:

- Số lượng mô đun trong chuỗi tạo mảng
- Tính năng của bộ biến tần và sơ độ hoạt động

Số liệu quang điện cho dưới đây:

Giải điện áp tải một pha xác định là 230V, để tạo ra điện áp cực đại từ mảng PV chúng ta chọn hệ số điều biên $M_a=0,9$. Điện áp bộ biến tần cho bằng:

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}V_{ac}}{M_a}$$
$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2} \times 230}{0.9} = 361.4 \text{ V}$$

(2.5)

Bộ biến tần được thiết kế để làm việc tại điểm MPP của mảng quang điện. Vì vậy số lượng mô đun mắc nối tiếp thành chuỗi như sau:

$$NM = \frac{V_{dc}}{V_{MPP}}$$

(2.6)

Trong đó VMPP là điện áp tại điểm MPP của chuỗi

$$NM = \frac{361.4}{50.6} \approx 7$$

Điện áp của chuỗi có giá trị:

$$SV = NM \times V_{MPP}$$

(2.7)

Sử dụng mô đun này, điện áp của chuỗi cho thiết kế này(xem bảng 5.5) như sau:

$$SV = 7 \times 50.6 = 354.2 \text{ V}$$

Điện áp tạo ra bởi chuỗi như sau:

$$SP = NM \times P_{MPP}$$

Trong đó PMPP là công suất tạo ra tại điểm bám MPP của chuỗi.

Bảng 2.1: Đặc điểm của điện áp và dòng điện của hệ thống quang điện

Power (max)	300 W
Maximum voltage, P_{MPP}	
Voltage at maximum power point (MPP), V_{MPP}	50.6 V
Current at MPP, I_{MPP}	5.9 A
V_{oc} (open-circuit voltage)	63.2 V
I_{sc} (short-circuit current)	6.5 A

Bảng 2.3: Đặc điểm kỹ thuật của hệ thống quang điện 10kW

Modules per String	Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)
7	5	1	354.2

Công suất tạo ra bởi chuỗi cho thiết kế này là:

$$\text{kW/ string} = 7 \times 300 = 2100 \text{ W.}$$

Để tính toán số lượng chuỗi cho 10kW chúng ta chia công suất định mức PV cho công suất chuỗi:

$$NS = \frac{AP}{SP} \quad (2.8)$$

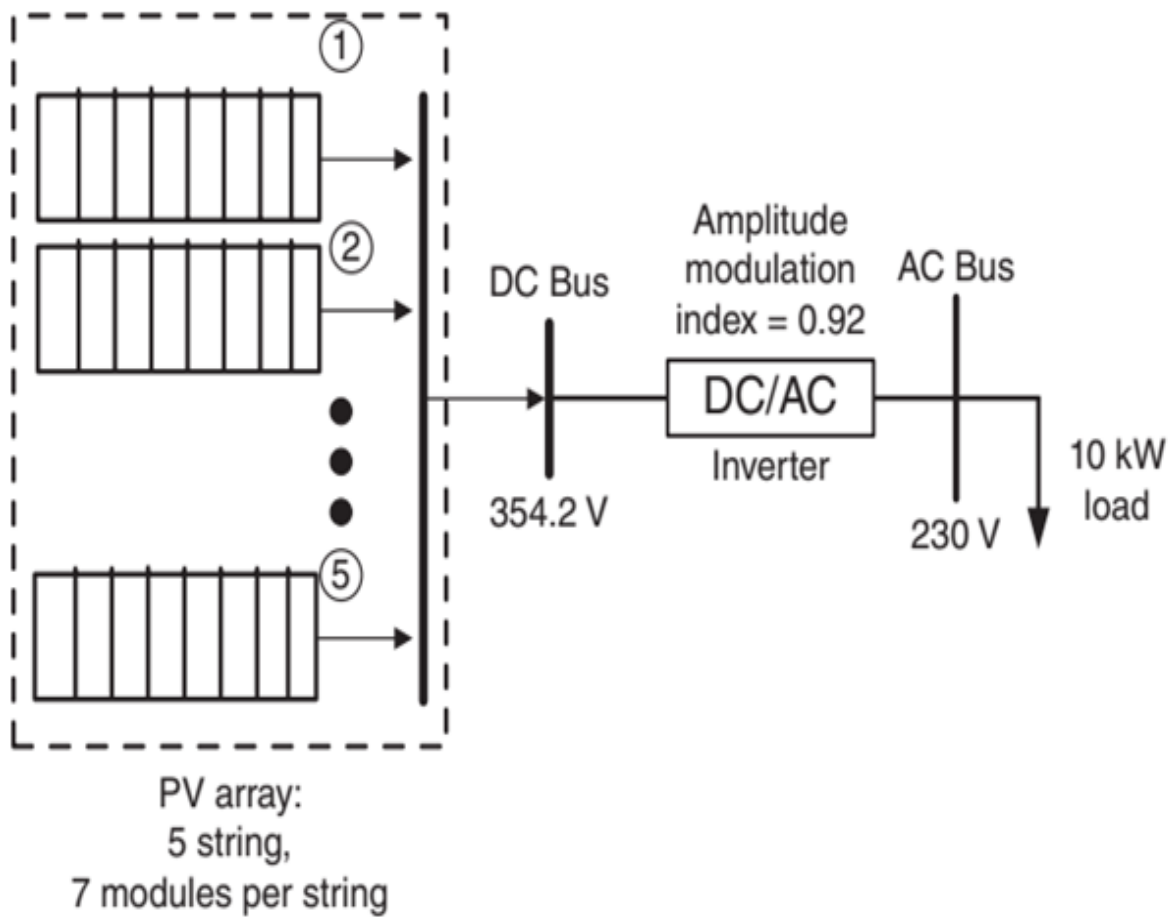
Do chúng ta có 5 chuỗi và 1 mảng để tạo ra 10kW công suất. Ở thiết kế cuối cùng biến tần phải chịu tải phát 10kW và cấp cho tải 230VAC từ mảng

của nó tại điểm MPP. Dựa trên mô đun quang điện của bảng 2.2 điện áp chuỗi xác định như sau:

$V_{idc}=354.2V$

Bảng 2.4: Thông số của biến tần

Input Voltage V_{idc} (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_{AC} (V)	Amplitude Modulation Index, M_a	Frequency Modulation Index, M_f
354.2	10	230	0.92	100



Hình 2.1: Sơ đồ một nhánh của ví dụ 1
Chỉ số điều biên cho như sau:

$$M_a = \frac{\sqrt{2}V_{ac}}{V_{idc}}$$

$$M_a = \frac{\sqrt{2} \times 230}{354.2} = 0.92$$

Chọn tần số đóng ngắt là 60Hz, vậy tăng số điều biến:

$$M_f = \frac{f_s}{f_e} = \frac{6000}{60} = 100$$

Sơ đồ 1 dây cho ở hình 2.1

Ví dụ 2 Thiết kế một hệ thống quang điện để đầu ra 500 kW ở 460 VAC, 60 Hz, xoay chiều ba pha và sử dụng dữ liệu quang điện của Ví dụ 5.1. Xác định tiếp theo:

- 1) Số mô-đun trong một chuỗi và số chuỗi trong một mảng
- 2) Đặc điểm kỹ thuật biến tần và tăng cường
- 3) Điện áp đầu ra dưới dạng hàm và tổng độ méo hài
- 4) Sơ đồ một dòng của hệ thống này

Giải : Tải là 500 kW định mức ở 460 VAC. Dựa trên điện áp của tải và chỉ số điều chế biên độ 0,9, ta có điện áp một chiều đầu vào như sau đối với bộ nghịch lưu ba pha:

$$V_{idc} = \frac{2\sqrt{2}V_{LL}}{\sqrt{3}M_a}$$

$$= \frac{2\sqrt{2} \times 460}{\sqrt{3} \times 0.9} = 835 \text{ V} \quad (2.9)$$

Chúng ta sẽ giới hạn điện áp chuỗi tối đa là 600 V DC. Do đó, chúng ta có thể sử dụng một bộ chuyển đổi tăng cường để tăng điện áp chuỗi lên 835 V. Nếu chúng ta chọn điện áp chuỗi gần đúng là 550 V, chúng ta có:

1) Số lượng mô-đun trong một chuỗi được cho bởi:

$$\frac{V_{string}}{V_{MPP}} = \frac{550}{50.6} \approx 11$$

Trong đó VMPP là điện áp của modul tại điểm MPPT. Công suất chuỗi SP có thể tính:

$$SP = NM \times P_{MPP}$$

Sử dụng modul có giá trị định mức 300W ta có:

$$SP = 11 \times 300 = 3300 \text{ W}$$

Điện áp chuỗi như sau:

$$SV = NM \times V_{MPP}$$

Do đó điện áp chuỗi modul cho thiết kế này là:

$$SV = 11 \times 50.6 = 556.6 \text{ V}$$

Modules per String	Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)
11	6	25	556.6

Bảng 2.4: Thông số kỹ thuật quang điện

Nếu thiết kế để mảng tạo ra 20kW thì số lượng chuỗi có trong mảng là:

$$NS = \frac{\text{power of one array}}{\text{power of one string}}$$

$$NS = \frac{20}{3.3} = 6$$

Số lượng NA mảng để tạo tổng công suất sẽ là:

$$NA = \frac{PV \text{ generation}}{\text{power of one array}} \quad (2.10)$$

$$NA = \frac{500 \cdot kW}{20 \cdot kW} = 25$$

2) Các bộ biến tần phải có giá trị định mức đáp ứng điện áp ra của bộ boost sẽ có khả năng cung cấp công suất cần thiết. Biến tần có công suất định mức

100 kW với điện áp đầu vào là 835 V DC và chỉ số điều biến biên độ 0,9. Điện áp đầu ra của biến tần là 460 V AC. Số lượng biến tần, NI, cần thiết để xử lý một thể hệ 500 kW là được cho bởi:

$$NI = \frac{PV \text{ generation}}{\text{power of one inverter}} \quad (2.11)$$

Do đó:

$$NI = \frac{500}{100} = 5$$

Do đó chúng ta cần nối 5 bộ biến tần song song để cấp điện cho tải 500KW, nếu tần số đóng ngắt đặt là 5.04kHz.

Do đó chỉ số tần số điều biến M_f cho bởi:

$$M_f = \frac{f_s}{f_c} = \frac{5040}{60} = 84$$

Number of Inverters	Input Voltage V_{idc} (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_{AC} (V)	Amplitude Modulation Index, M_a	Frequency Modulation Index, M_f
5	835	100	460	0.90	84

Bảng 2.5: Thông số kỹ thuật của biến tần

Number of Boost Converters	Input Voltage, V_i (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_o (V)	Duty Ratio, D
25	556.6	20	835	0.33

Bảng 2.6: Thông số kỹ thuật của bộ biến đổi tăng cường 500kw

Số lượng bộ biến đổi tăng cường cần thiết cũng giống như số mảng, là 25 và công suất định mức của mỗi bộ chuyển đổi nâng áp là 20 kW. Điện áp đầu vào của bộ biến đổi nâng áp bằng với điện áp chuỗi: $V_i=556.6V$ Điện áp đầu ra của bộ biến đổi tăng áp bằng với điện áp đầu vào của biến tần: $V_{idc}=835 V$. Tỷ lệ chu kỳ làm việc của bộ nâng áp được đưa ra bởi

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o}$$

$$D = 1 - \frac{556.6}{835} = 0.33$$

iii) Với tần số điều biên là 84, hàm lượng hài của điện áp đầu ra được tính toán từ một thử nghiệm mô phỏng bằng cách sử dụng biến đổi Fourier nhanh; nó được lập bảng dưới đây (bảng 2.7).

Điện áp pha đầu ra là hàm thời gian:

3 rd Harmonic	5 th Harmonic	7 th Harmonic	9 th Harmonic
0.01%	0.02%	0	0.03%

Bảng 2.7: Sóng hài của điện áp liên quan tới dòng trung tính

$$V_{ac} = \frac{460\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \sin(2\pi 60 \cdot t) + \frac{0.01}{100} \times \frac{460\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \sin(2\pi \times 3 \times 60 \cdot t)$$

$$+ \frac{0.02}{100} \times \frac{460\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \sin(2\pi \times 5 \times 60 \cdot t) + \frac{0}{100} \times \frac{460\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \sin(2\pi \times 7 \times 60 \cdot t)$$

$$+ \frac{0.03}{100} \times \frac{460\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \sin(2\pi \times 9 \times 60 \cdot t)$$

$$= 376 \sin(2\pi 60 \cdot t) + 0.037 \sin(6\pi 60 \cdot t) + 0.075 \sin(10\pi 60 \cdot t)$$

$$+ 0.113 \sin(18\pi 60 \cdot t)$$

Độ biến dạng tổng:

$$THD = \sqrt{\sum (\%harmonic)^2} = \sqrt{0.01^2 + 0.02^2 + 0^2 + 0.03^2} = 0.04\%$$

iV.Sơ đồ một dây cho ở hình 2.1.

Ví dụ 5.3 : Thiết kế hệ thốn PV để có công suất 1000kW, điện áp 460V, 60Hz 3 pha dòng AC sử dụng các tấm Pv cho ở bảng 5.12. Hãy thực hiện những nhiệm vụ sau:

i).Số lượng module trong chuỗi, số lượng chuỗi trong ma trận, diện tích mặt bằng, trọng lượng và giá thành của PV.

ii).Bộ biến tần DC/AC và bộ boost và sơ đồ một dây của hệ thống

Module	Type 1
Power (Max), W	190
Voltage at MPP, V	54.8
Current at MPP, A	3.47
V _{OC} (open-circuit voltage), V	67.5
I _{SC} (short-circuit current), A	3.75
Efficiency	16.40%
Cost	\$870.00
Width	34.6"
Length	51.9"
Thickness	1.8"
Weight	33.07 lbs

Bảng 2.8: Dữ liệu tấm điện quang cho ví dụ 3

Giải:

Tải là định mức 1000 kW ở 460 V AC. Dựa trên điện áp của tải và chỉ số điều chế biên độ 0,85, điện áp một chiều đầu vào cho ba pha biến tần là:

$$\text{Chúng ta sẽ gọi } V_{idc} = \frac{2\sqrt{2}V_{LL}}{\sqrt{3}M_a} = \frac{2\sqrt{2} \times 460}{\sqrt{3} \times 0.85} = 884 \text{ V} \quad \text{5 là 600 V.}$$

Do đó, chúng ta sử dụng một bộ boost để tăng điện áp chuỗi lên 884 V.

i) Nếu chúng ta chọn điện áp gần đúng của chuỗi là 550 V, thì số mô-đun trong một chuỗi, NM, được đưa ra dưới dạng:

$$NM = \frac{V_{string}}{V_{MPP}} = \frac{550}{54.8} \approx 10$$

Trong đó V_{MPP} là điện áp chuỗi ở điểm MPP

$$SP = NM \times P_{MPP}$$

Trong đó P_{MPP} là công suất của modul tại điểm MPP

$$SP = 10 \times 190 = 1900 \text{ W}$$

$$SV = NM \times V_{MPP}$$

$$SV = 10 \times$$

Và điện áp chuỗi SV là

Nếu mỗi ma trận có công suất định mức 20kW thì số lượng chuỗi trong mạng là:

$$NS = \frac{AP}{SP}$$

$$NS = \frac{20}{1.9} = 11$$

Sơ lượng ma trận NA cho thiết kế:

$$NA = \frac{PV \text{ generation}}{\text{power of one array}}$$

$$NA = \frac{1000}{20} = 50$$

Tổng số mô-đun PV, TNM, được cho bởi tích số mô-đun trên mỗi chuỗi, số chuỗi trên mỗi mảng và số mảng:

$$TNM = NM \times NS \times NA$$

$$TNM = 10 \times 11 \times 50 = 5,500 \quad (2.12)$$

$$SM = \frac{34.6 \times 51.9}{144} = 12.5 \text{ ft}^2$$

Diện tích một module bằng tích chiều dài với chiều rộng. Do đó, tổng diện tích bề mặt, TS, được tính bằng tổng số mô-đun và diện tích bề mặt của mỗi m $TS = 5500 \times 12.5 = 68,750 \text{ ft}^2 = \frac{68,750}{43,560} = 1.57 \text{ acre}$ ỉnh tích của mô-đun PV và chi phí của một mô-đun.

$$\text{Tổng chi phí} = 5500 \times 870 = 4.78 \text{ triệu đô la}$$

Tổng trọng lượng của các mô-đun PV bằng tích số của PV mô-đun và trọng lượng của một mô-đun.

$$\text{Tổng trọng lượng} = 5500 \times 33.07 = 181.885 \text{ lb}$$

ii) Các bộ biến tần phải có giá trị định mức để chịu được điện áp đầu ra của bộ boost và sẽ có thể cung cấp năng lượng cần thiết. Chọn một biến tần

có công suất 250 kW, chúng ta có số biến tần, NI, cần thiết để PV tạo ra công suất 1000 kW

$$NI = \frac{PV \text{ generation}}{\text{power of one inverter}}$$

$$NI = \frac{1000}{250} = 4$$

Do đó, chúng ta cần kết nối song song bốn bộ biến tần để cung cấp tải 1000 kW. Chọn tần số chuyển mạch là 5,40 kHz, tỷ số tần số điều biên:

$$M_f = \frac{f_s}{f_e} = \frac{5400}{60} = 90$$

Modules per String	Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Total Area (ft ²)	Total Weight (lbs)	Total Cost (million \$)
10	11	50	548	68,750	181,885	4.78

Bảng 2.9: Thông số kỹ thuật của tấm quang điện 100kW

Number of Inverters	Input Voltage V _{idc} (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V _{AC} (V)	Amplitude Modulation Index, M _a	Frequency Modulation Index, M _f
4	884	250	460	0.85	90

Bảng 2.10: Thông số kỹ thuật của biến tần

Number of Boost Converters	Input Voltage V _i (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V _o (V)	Duty Ratio, D
50	548	20	884	0.38

Bảng 2.11: Thông số kỹ thuật của bộ biến đổi

Số lượng bộ boost cần thiết cũng giống như số mảng, là 50. Chọn công suất bộ boost là 20 kW và điện áp đầu vào của bộ boost bằng điện áp chuỗi:

$$V_i = 548V$$

Điện áp đầu ra của bộ boost bằng với đầu vào biến tần Vôn:

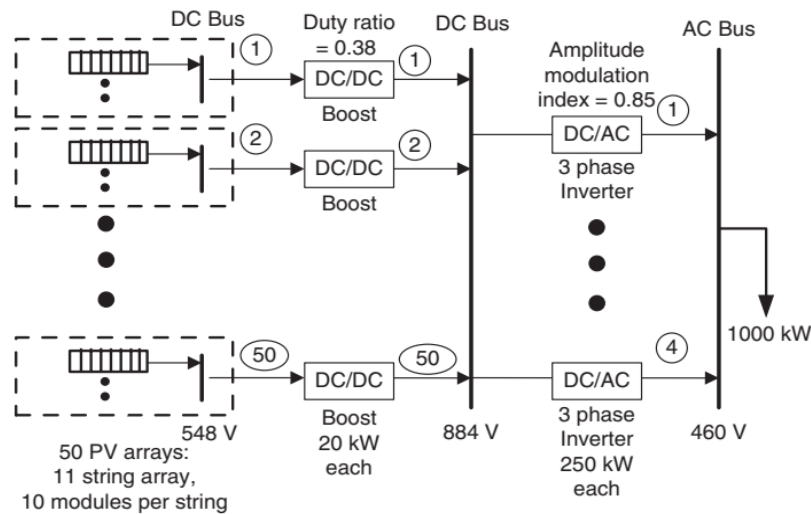
$$V_{idc} = V_0 = 884$$

Tỷ lệ nhiệm vụ của bộ chuyển đổi tăng cường được đưa ra bởi

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o}$$

$$D = 1 - \frac{548}{884} = 0.38$$

Sơ đồ 1 dây hệ thống cho ở hình 2.2.

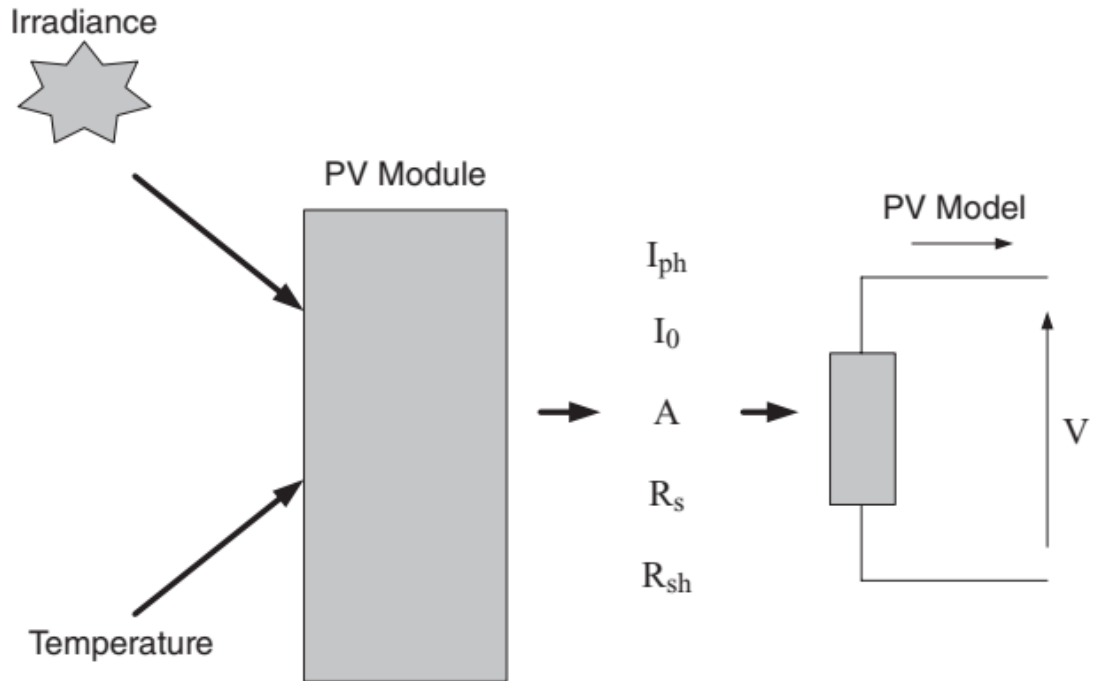


Hình 2.2: Sơ đồ một dây cho ví dụ 3

2.2 MÔ HÌNH CỦA MỘT TẮM QUANG ĐIỆN

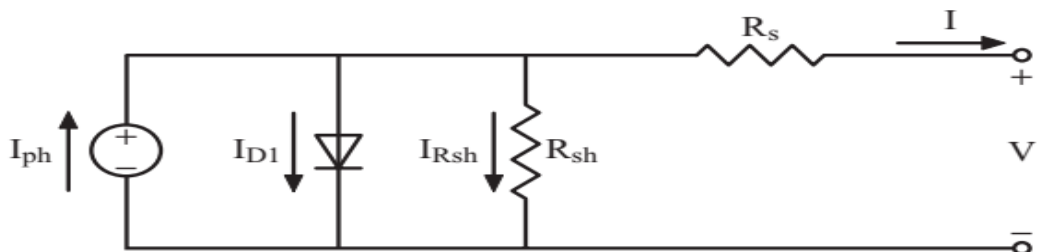
Như chúng ta đã thảo luận, mô-đun PV thương mại được xây dựng từ một số Tế bào PV. Một tế bào PV được xây dựng từ vật liệu ghép nối p - n. Đó là khi một chất bán dẫn pha tạp loại p được gắn với một chất bán dẫn pha tạp loại n, và một tiếp giáp p-n được hình thành. Nếu chất bán dẫn loại p và loại n có cùng năng lượng dải tần, một tiếp giáp đồng nhất được hình thành. Tiếp giáp đồng nhất là một ghép nối bán dẫn, một hiện tượng diễn ra giữa các lớp bằng vật liệu bán dẫn giống nhau. Các loại chất bán dẫn này có khoảng cách dải và chúng thường có sự pha tạp khác nhau. Sự hấp thụ của các photon năng lượng tạo ra nguồn điện một chiều. Một ô PV được hiển thị trong Hình 5.20. Khi năng lượng

bức xạ của mặt trời nhận được bởi mô-đun, nó được tích điện bằng năng lượng điện.



Hình 2.3: Mô hình của một mô-đun quang điện

Mô hình của ô PV tương tự của một diode và có thể được biểu thị bằng phương trình Shockley nổi tiếng. Mô-đun PV có thể được mô hình hóa bằng một mô hình hàm mũ duy nhất. Mô hình được trình bày trong hình 2.4. Dòng điện được biểu thị bằng điện áp, dòng điện, và nhiệt độ như trong công thức 2.13.



Hình 2.4: Mô hình mũ của một mô đun quang điện

Trong mô hình trên, mô-đun PV được biểu diễn bằng nguồn dòng điện I_{ph} song song với điện trở R_{sh} . Dòng điện chạy qua diode trở song song được chỉ định là I_{Rsh} . Điện áp DC đầu ra, V mắc nối tiếp với điện trở nội bộ R_s . Mô hình PV được hiển thị trong Hình 5.21 cũng mô tả công suất mất mát qua dòng điện, ID1 lưu thông qua diode. Mô hình mũ đưa ra bởi Công thức 5.20.

$$I = I_{ph} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{n_c A k T} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (2.13)$$

2.3. ĐO LƯỜNG ĐẶC TÍNH CỦA HỆ THỐNG PV

Mô-đun PV ở mức bức xạ không đổi tối đa có thể tạo ra 1000 W/m². 1000 W/m² cũng được gọi là một mặt trời. Sản lượng điện của mô-đun PV được hiệu chỉnh liên quan đến việc tiếp xúc với ánh nắng mặt trời. Bảng 2.12 mô tả bức xạ tính bằng W/m². Năng lượng bức xạ mặt trời được hiệu chỉnh cho hệ thống mảng PV dựa trên góc của sự cố. Dữ liệu này được sử dụng để vận hành mảng PV tại MPP của nó. Ở phần dưới, chúng ta sẽ thảo luận về bộ biến đổi nguồn công suất sử dụng bộ điều khiển kỹ thuật số thế nào để vận hành một trạm phát điện PV tại MPP của nó.

2.4. ĐIỂM CÔNG SUẤT TỐI ĐA CỦA HỆ THỐNG PV

Trước tiên, chúng ta hãy xem xét việc truyền công suất tối đa trong một mạch điện trở. Xét mạch của hình 2.6. Giả sử nguồn điện áp có điện trở vào là R_{in} . Nguồn này được kết nối với điện trở tải, R_L . Dòng điện cung cấp cho tải là

$$I = \frac{V}{R_{in} + R_L} \quad (2.14)$$

Công suất tỏa ra trên tải là:

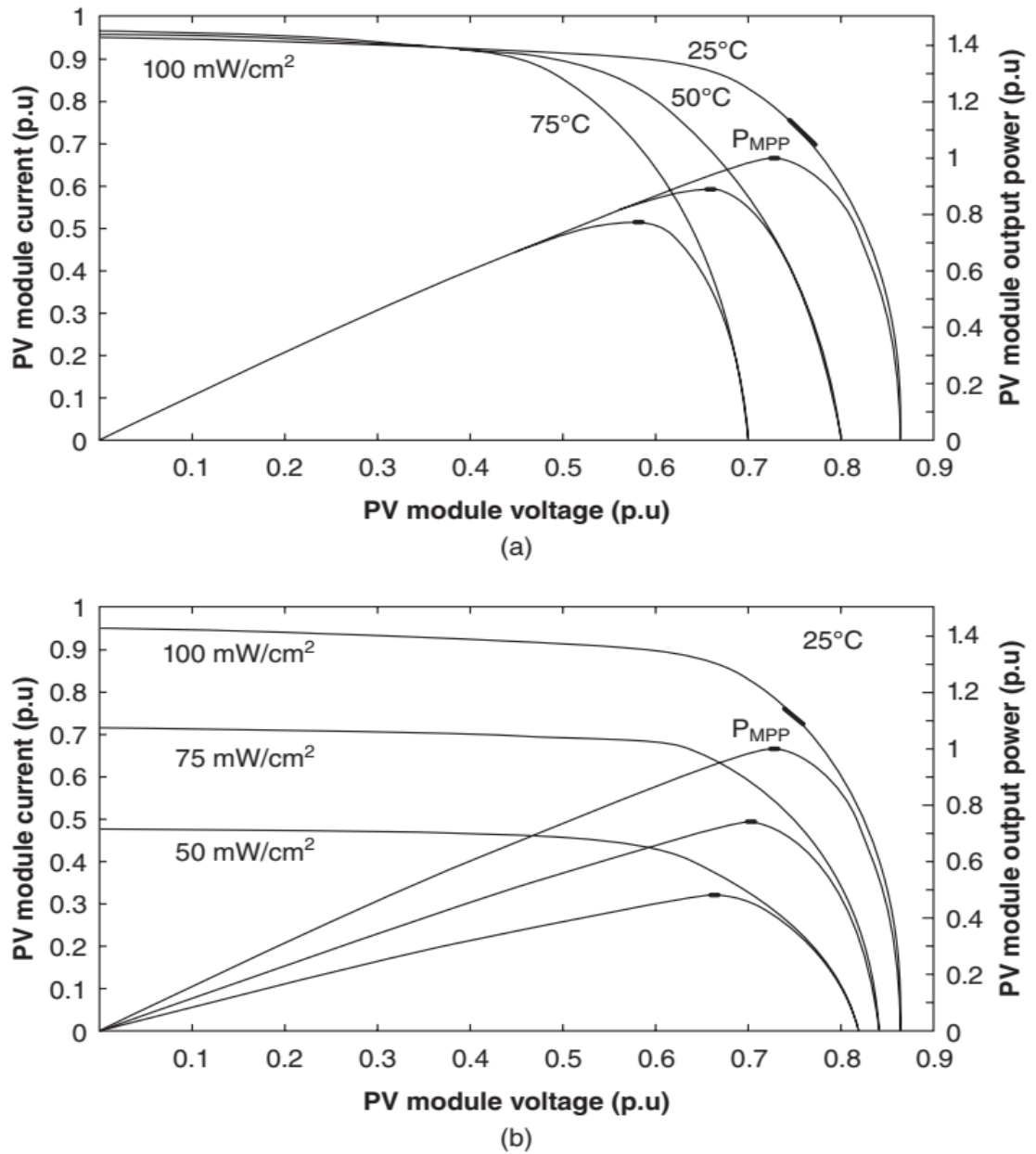
$$P = I^2 R_L \quad (2.15)$$

$$P = V^2 \frac{R_L}{(R_{in} + R_L)^2} \quad (2.16)$$

Tính đạo hàm đôi với R_L nhận được:

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dR_L} &= V^2 \frac{(R_{in} + R_L)^2 \frac{dR_L}{dR_L} - R_L \frac{d(R_{in} + R_L)^2}{dR_L}}{(R_{in} + R_L)^4} \\ \frac{dP}{dR_L} &= V^2 \frac{R_{in} - R_L}{(R_{in} + R_L)^3} \end{aligned} \quad (2.17)$$

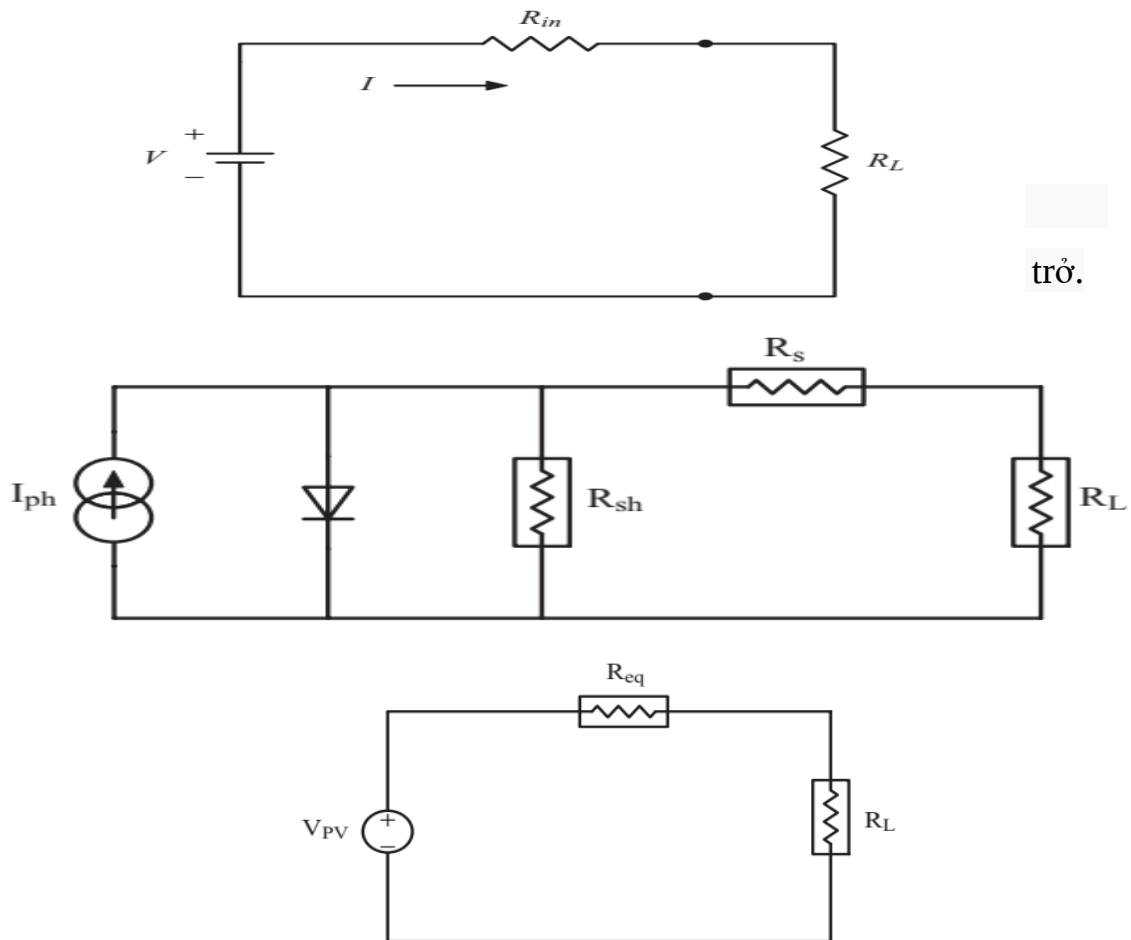
Cho bằng 0, ta có thể tính toán điểm hoạt động tối đa công suất. MPP có thể được chuyển đến tải khi $R_L = R_{in}$. Công suất đầu ra của mô-đun PV là hàm của năng lượng mặt trời bức xạ. Hình 2.5 mô tả công suất đầu ra tính bằng W / m^2 tại các bức xạ khác nhau dưới dạng một hàm dòng điện mô-đun và điện áp đầu ra. Hệ thống PV phải được vận hành để khai thác công suất tối đa từ Mảng PV khi các điều kiện môi trường thay đổi liên quan đến vị trí của mặt trời, độ che phủ của mây và sự thay đổi nhiệt độ hàng ngày. Mạch tương đương mô hình của một mảng PV được mô tả trong hình 2.4 có thể được trình bày trong quá trình cấp nguồn của nó chuyển chế độ sang R_L tải như trong hình 2.7. Hình 2.7 trình bày mô hình mạch cho nguồn PV bằng nguồn dòng có điện trở song song, R_{sh} và điện trở nối tiếp R_s . Điện trở song song có giá trị lớn và điện trở nối tiếp rất nhỏ. Tải trọng được đại diện bởi R_L . Trong hình 2.7, R_L là tải phản xạ vì trong thực tế, tải được kết nối với phía bộ biến đổi nếu PV hoạt động độc lập. Khi PV được kết nối với lưới điện, tải dựa trên nguồn vào lưới điện. Mô hình mạch nguồn điện áp tương đương của mô hình nguồn dòng điện được mô tả bằng hình 2.8.



Hình 2.5: a, Dòng điện đầu ra so với điện áp đầu ra và công suất đầu ra biểu thị trên nhiệt độ; b, Công suất đầu ra W/m² so với nhiệt độ.

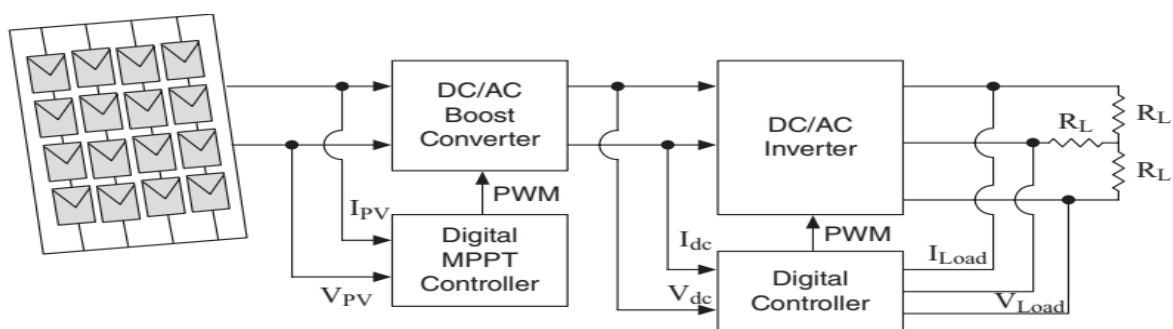
Như thấy trong hình 2.5, các đặc tính của mô-đun PV rất phi tuyến. Trở kháng đầu vào của mảng PV bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi bức xạ và nhiệt độ. Công suất đầu ra tương ứng cũng được hiển thị trong hình 2.5. Hình 2.9 mô tả hệ thống xử lý năng lượng PV dùng bộ biến đổi tăng áp để nâng cấp điện áp và một bộ biến tần để chuyển đổi nguồn DC thành AC. Đến đạt được mức

truyền công suất tối đa từ mảng PV, trở kháng đầu vào của bộ phát PV phải phù hợp với tải. Thuật toán điều khiển MPPT tìm cách vận hành bộ biến đổi tăng áp tại một điểm trên đặc điểm dòng điện và điện áp mảng PV mà công suất phát lớn nhất có thể đạt được.

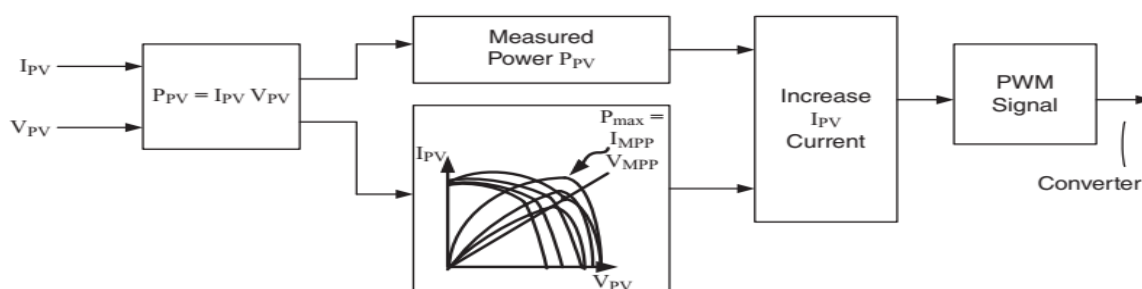


Hình 2.8: Mô hình điện áp đơn giản của một mô đun quang điện

Đối với một PV trạm phát điện, thuật toán điều khiển tính toán $dP / dV > 0$ và $dP / dV < 0$ để xác định xem đã lấy được nguồn điện chưa. Hình 2.10 mô tả thuật toán điều khiển. Nếu hệ thống PV được cung cấp điện cho tải DC, thì Biến tần DC / AC là không cần thiết. Tùy thuộc vào ứng dụng, một số thiết kế của hệ thống PV có thể đề xuất. Khi hệ thống PV sạc hệ thống lưu trữ pin.

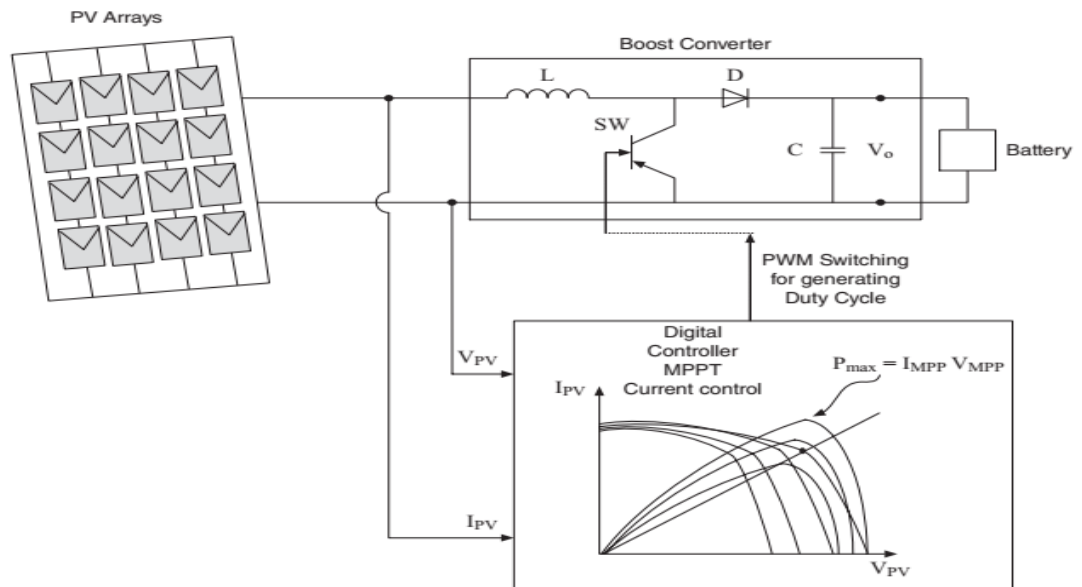


Hình 2.9: Một mô hình năng lượng quang điện sử dụng bộ biến đổi điện áp và biến tần

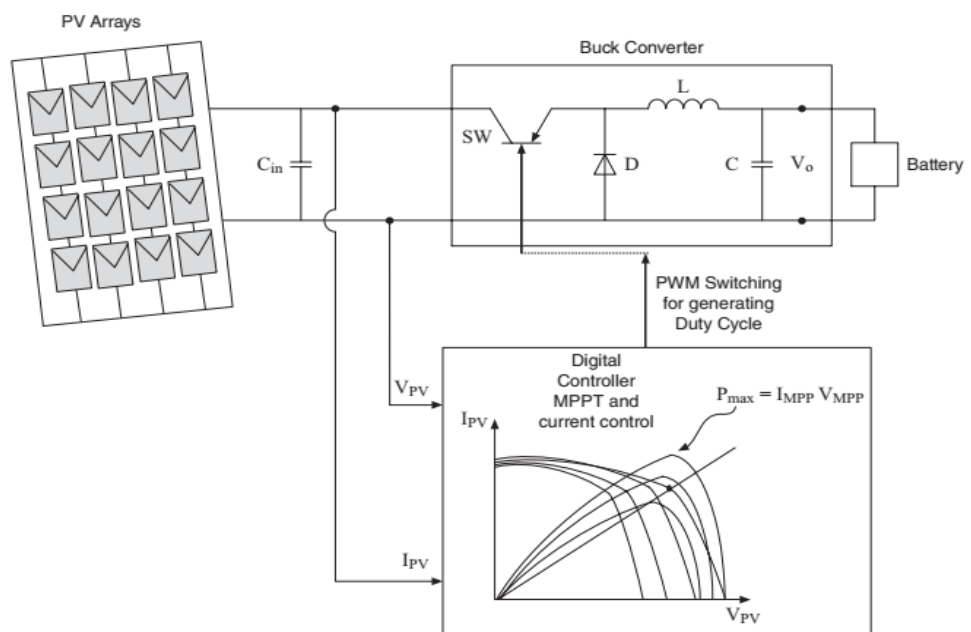


Hệ thống PV có thể được thiết kế như mô tả trong hình 2.11 bằng cách sử dụng bộ biến đổi tăng áp hoặc trong hình 2.12 bằng cách sử dụng bộ biến đổi buck. Trong thiết kế này một lần nữa, MPPT được thực hiện bằng cách sử dụng thuật toán điều khiển MPPT được mô tả trong hình 2.10. Hình 2.13 mô tả thiết kế của hệ thống tạo PV và MPPT sử dụng một biến tần khi trạm phát điện PV được kết nối với một lưới điện quốc gia. Một lần nữa, bộ điều khiển kỹ thuật số bám điện áp và dòng điện đầu ra của trạm PV và tính điểm MPPT theo thuật toán điều khiển của hình 2.10. Thuật toán điều khiển đưa ra chính sách chuyển mạch PWM để điều khiển biến tần dòng điện sao cho trạm PV hoạt động tại MPP của nó. Tuy nhiên, kết quả thuật toán điều khiển có thể không dẫn đến méo hài tổng tối thiểu. Các thiết kế được trình bày trong hình 2.10 có hai vòng điều khiển. Vòng điều khiển đầu tiên là được thiết kế để điều khiển bộ biến đổi DC / DC và vòng điều khiển thứ hai có thể điều khiển tổng méo hài và điện áp đầu ra. Khi điều khiển MPPT được thực hiện như một phần của biến tần như hiển thị trong hình 2.13, bám MPPT có thể không tối ưu. Trong loại MPPT này dòng điện đến biến tần chạy qua tất cả các mô-đun

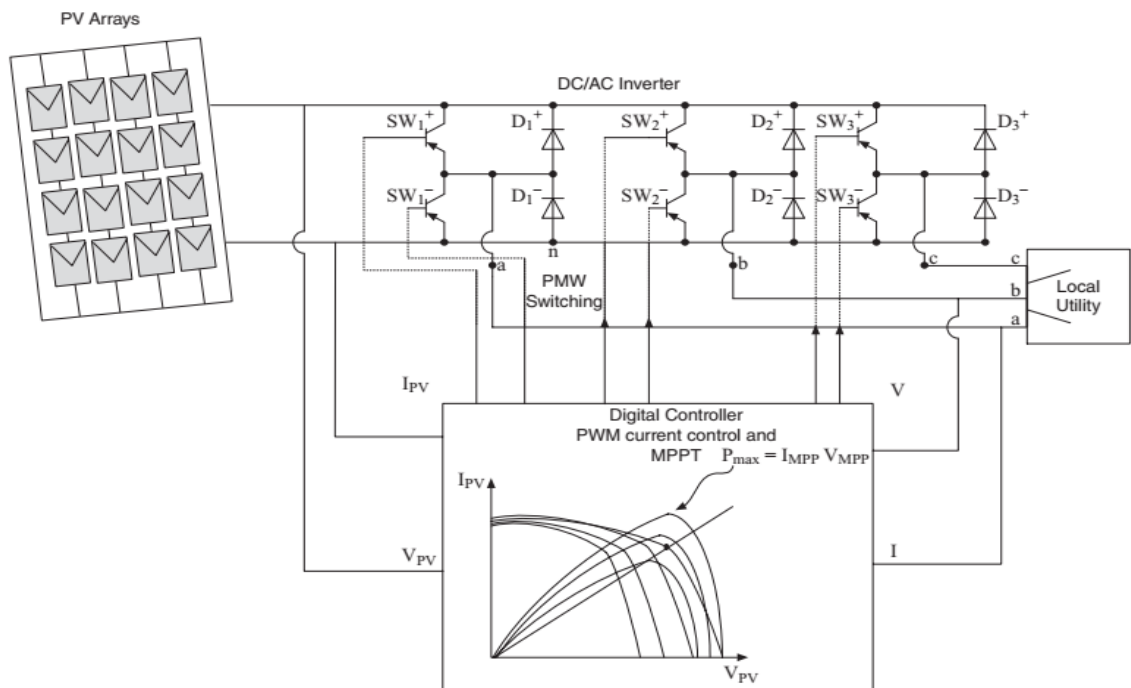
trong chuỗi. Tuy nhiên, các đường cong I - V có thể không giống nhau và một số chuỗi sẽ không hoạt động ở MPPT. Do đó, năng lượng thu được có thể không cao và một số năng lượng sẽ bị mất trong các hệ thống như vậy.



Hình 2.11: Điểm công suất tối đa sử dụng bộ chuyển đổi Boost.



Hình 2.12: Điểm công suất tối đa sử dụng bộ chuyển đổi Bucks



Hình 2.13: Trạm phát điện quang năng tại điểm công suất cực đại khi được kết nối với lưới điện địa phương.

Hình 2.14 mô tả một trạm phát điện PV có hệ thống lưu trữ pin khi hệ thống PV được kết nối với tiện ích địa phương. Bộ chuyển đổi DC / DC và MPPT của nó được gọi là bộ điều khiển bộ sạc. Bộ điều khiển bộ sạc có một số chức năng. Một số bộ điều khiển bộ sạc được sử dụng để phát hiện biến thể trong đặc tính dòng điện - điện áp của mảng PV. Bộ điều khiển MPPT là cần thiết để một hệ thống PV hoạt động ở điện áp gần với MPP để thu hút công suất khả dụng tối đa như trong hình 2.10. Bộ điều khiển bộ sạc cũng thực hiện quản lý năng lượng pin. Đối với hoạt động bình thường, bộ điều khiển kiểm soát điện áp pin, thay đổi giữa mức tối đa có thể chấp nhận được và các giá trị nhỏ nhất. Khi điện áp của pin đạt đến giá trị tối hạn, Chức năng điều khiển sạc là sạc pin và bảo vệ pin khỏi xả quá. Điều khiển này được thực hiện bằng hai điện áp ngưỡng khác nhau, cụ thể là điện áp pin và điện áp mô-đun PV. Ở điện áp thấp hơn, thường là 11,5 V, một bộ điều khiển sẽ tắt

tải và sạc hệ thống lưu trữ pin. Ở điện áp cao hơn, thường là 12,5 V cho một Hệ thống lưu trữ pin 12 V sạc, bộ điều khiển chuyển tải sang ắc quy. Thuật toán điều khiển điều chỉnh hai ngưỡng điện áp tùy thuộc trên hệ thống lưu trữ pin. Bộ điều khiển bộ sạc DC / DC MPPT PV tạo điều kiện tiêu chuẩn hóa tích hợp hệ thống PV để sử dụng trong hệ thống lưu trữ cục bộ. Hệ thống hình 2.13 cũng có thể được sử dụng như một vi lưới điện độc lập có thể cung cấp điện chất lượng cao cho nguồn điện liên tục (UPS).

Ví dụ 4: Thiết kế một lưới điện nhỏ của hệ thống PV có công suất định mức 50 kW ở 220 V, 60 Hz AC một pha sử dụng bộ biến đổi tăng áp và Biến tần DC / AC một pha. Sử dụng dữ liệu cho trong bảng 2.11 cho thiết kế của bạn. Xác định những điều sau:

i).Số mô-đun trong một chuỗi cho mỗi loại PV, số chuỗi trong một mảng cho mỗi loại PV, số mảng và diện tích bề mặt, trọng lượng và chi phí cho từng loại PV

ii).Thông số kỹ thuật của bộ biến đổi và biến tần tăng áp và sơ đồ một dây của hệ thống này

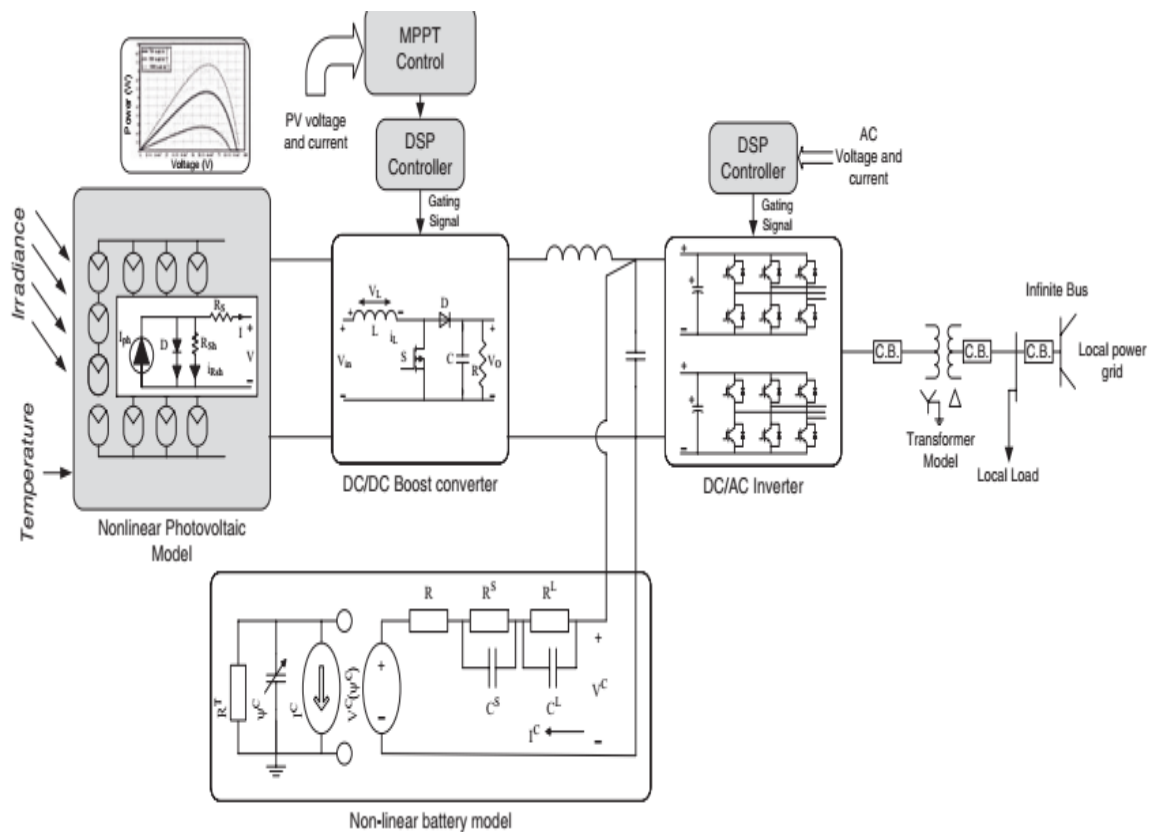
Giải:

Tải định mức là 50 kW ở 220 V AC. Dựa trên điện áp của tải và chỉ số điều biên độ 0,9, điện áp một chiều đầu vào cho biến tần là

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}V_{ac}}{M_a} = \frac{\sqrt{2} \times 220}{0.9} = 345 \text{ V}$$

i) Nếu chúng ta chọn điện áp chuỗi, SV là 250 V, số lượng mô-đun là:

$$NM = \frac{\text{string voltage}}{V_{MPP}}$$



Hình 2.14: Mô hình một trạm phát điện quang năng có hệ thống ắc quy lưu trữ, được kết nối với lưới điện

Module	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Power (Max), W	190	200	170	87
Voltage at max. power point (MPP), V	54.8	26.3	28.7	17.4
Current at MPP, A	3.47	7.6	5.93	5.02
V_{OC} (open-circuit voltage), V	67.5	32.9	35.8	21.7
I_{SC} (short-circuit current), A	3.75	8.1	6.62	5.34
Efficiency	16.40%	13.10%	16.80%	>16%
Cost	\$870.00	\$695.00	\$550.00	\$397.00
Width	34.6"	38.6"	38.3"	25.7"
Length	51.9"	58.5"	63.8"	39.6"
Thickness	1.8"	1.4"	1.56"	2.3"
Weight	33.07 lbs	39 lbs	40.7 lbs	18.3 lbs

Bảng 2.11: Mô đun quang điện điển hình.

Inverter	Type 1	Type 2	Type 3	Type 3
Power	500 W	5 kW	15 kW	4.7 kW
Input voltage DC	500 V	500 V max	500 V	500 V
Output voltage AC	230 VAC/60 Hz @ 2.17 A	230 VAC/ 60 Hz @ 27 A	220 VAC/ 60 Hz@ 68 A	230 VAC/ 60 Hz @ 17.4 A
Efficiency	Min. 78% @ full load	97.60%	>94%	96%
Length	15.5"	315 mm	625 mm	550 mm
Width	5"	540 mm	340 mm	300 mm
Height	5.3"	191 mm	720 mm	130 mm
Weight	9 lbs	23 lbs	170 kg	21 kg

Bảng 2.12: Dữ liệu biến tần 1 pha

Input Voltage (V)	Output Voltage (V)	Power (kW)
24–46	26–48	9.2
24–61	26–63	12.2
24–78	26–80	11.23
24–78	26–80	13.1
24–98	26–100	12.5
80–158	82–160	15.2
80–198	82–200	14.2
80–298	82–300	9.5
200–600	700–1000	20.0

Bảng 2.13: Bộ chuyển đổi điện hình.

Trong đó VMPP là điện áp tại điểm MPP của mảng PV:

$$\begin{aligned}NM &= \frac{250}{54.8} \approx 5 && \text{type 1} \\&= \frac{250}{26.3} \approx 10 && \text{for type 2} \\&= \frac{250}{28.7} \approx 9 && \text{for type 3} \\&= \frac{250}{17.4} \approx 15 && \text{for type 4}\end{aligned}$$

Điện áp chuỗi PV xác định bằng:

$$SV = NM \times V_{MPP}$$

Vì vậy giá trị SV cho thiết kế này như sau:

$$\begin{aligned}SV &= 5 \times 54.8 = 274 \text{ V} && \text{for type 1} \\&= 10 \times 26.3 = 263 \text{ V} && \text{for type 2} \\&= 9 \times 28.7 = 258.3 \text{ V} && \text{for type 3} \\&= 15 \times 17.4 = 261 \text{ V} && \text{for type 4}\end{aligned}$$

Khi lựa chọn bộ Boost 15,2 kW từ bảng 5.19 số lượng bộ boost NC như sau:

$$\begin{aligned}NC &= \frac{PV \text{ generation}}{\text{boost converter power rating}} \\NC &= \frac{50}{15.2} \approx 4\end{aligned}$$

Do thiết kế nhận 4 ma trận, mỗi ma trận một bộ boost do đó công suất của ma trận PV là:

$$\begin{aligned}AP &= \frac{PV \text{ generation}}{\text{number of arrays}} \\AP &= 50/4 = 12.5 \text{ kW}.\end{aligned}$$

Công suất của chuỗi PV xác định bằng:

$$SP = NM \times P_{MPP}$$

Trong đó P_{MPP} là công suất phát của modul PV tại điểm MPP:

$$\begin{aligned}
 SP &= 5 \times 190 = 0.95 \text{ kW} && \text{for type 1} \\
 &= 10 \times 200 = 2.0 \text{ kW} && \text{for type 2} \\
 &= 9 \times 170 = 1.53 \text{ kW} && \text{for type 3} \\
 &= 15 \times 87 = 1.305 \text{ kW} && \text{for type 4}
 \end{aligned}$$

Số chuỗi NS xác định bằng:

$$\begin{aligned}
 NS &= \frac{\text{power per array}}{\text{power per string}} \\
 NS &= \frac{12.5}{0.95} = 14 && \text{for type 1} \\
 &= \frac{12.5}{2} = 7 && \text{for type 2} \\
 &= \frac{12.5}{1.53} = 9 && \text{for type 3} \\
 &= \frac{12.5}{1.305} = 10 && \text{for type 4}
 \end{aligned}$$

Tổng số mô đun TNM cho bằng:

$$\begin{aligned}
 TNM &= NM \times NS \times NA \\
 TNM &= 5 \times 14 \times 4 = 280 && \text{for type 1} \\
 &= 10 \times 7 \times 4 = 280 && \text{for type 2} \\
 &= 9 \times 9 \times 4 = 324 && \text{for type 3} \\
 &= 15 \times 10 \times 4 = 600 && \text{for type 4}
 \end{aligned}$$

Diện tích TS cần thiết để cho mỗi PV xác định bằng tích của tổng số modul với độ dài, rộng của mỗi mô đun:

$$\begin{aligned}
 TS &= \frac{280 \times 34.6 \times 51.9}{144} = 3492 \text{ sq ft} && \text{for type 1} \\
 &= \frac{280 \times 38.6 \times 58.5}{144} = 4391 \text{ sq ft} && \text{for type 2} \\
 &= \frac{324 \times 38.3 \times 63.8}{144} = 5498 \text{ sq ft} && \text{for type 3} \\
 &= \frac{600 \times 25.7 \times 39.6}{144} = 4241 \text{ sq ft} && \text{for type 4}
 \end{aligned}$$

PV Type	Number of Modules per String	Number of Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Total Area of the PV (ft ²)	Total Weight of the PV (lb)	Total Cost of the PV (\$)
1	5	14	4	274	3,492	9,260	243,600
2	10	7	4	263	4,391	10,920	194,600
3	9	9	4	258.3	5,498	13,187	178,200
4	15	10	4	261	4,241	11,040	238,200

Bảng 2.14: Thông số kỹ thuật cho mỗi loại quang điện.
 Trọng lượng cho mỗi PV bằng tích của số lượng mô đun và số lượng modul:

$$\begin{aligned}
 \text{Tổng trọng lượng :} &= 280 \times 33.07 = 9260 \text{ lb} \quad \text{for type 1} \\
 &= 280 \times 39.00 = 10920 \text{ lb} \quad \text{for type 2} \\
 &= 324 \times 40.70 = 13187 \text{ lb} \quad \text{for type 3} \\
 &= 600 \times 18.40 = 11040 \text{ lb} \quad \text{for type 4}
 \end{aligned}$$

Tổng giá thành: bằng tích giá một modul với số lượng modul:

$$\begin{aligned}
 \text{Tổng giá thành:} &= 280 \times 870 = \$243,600 \quad \text{for type 1} \\
 &= 280 \times 695 = \$194,600 \quad \text{for type 2} \\
 &= 324 \times 550 = \$178,200 \quad \text{for type 3} \\
 &= 600 \times 397 = \$238,200 \quad \text{for type 4}
 \end{aligned}$$

ii). Công suất định mức của bộ boost:

$$\text{The boost converter power rating} = \frac{PV \text{ generation}}{\text{number of converters}}$$

$$\text{The boost converter rating} = \frac{50}{4} = 12.5 \text{ kW}$$

Chọn công suất ra của bộ boost là $V_{idc}=V_0=345V$ và điện áp vào bảng điện áp chuỗi:

$$\begin{aligned}
 V_i &= 274 \text{ V for type 1, } V_i = 263 \text{ V for type 2, } V_i = 258.3 \text{ V for type 3 and} \\
 V_i &= 261 \text{ V for type 4}
 \end{aligned}$$

PV Type	Number of Boost Converters	Input Voltage V_i (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_o (V)	Duty Ratio, D
1	4	274	12.5	345	0.205
2	4	263	12.5	345	0.237
3	4	258.3	12.5	345	0.251
4	4	261	12.5	345	0.243

Bảng 2.15: Thông số kỹ thuật cho bộ chuyễn đổi Boots.
Tỷ số chu kỳ làm việc của bộ boost là:

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o}$$

$$D = 1 - \frac{274}{345} = 0.205 \quad \text{for type 1 PV}$$

$$= 1 - \frac{263}{345} = 0.237 \quad \text{for type 2 PV}$$

$$= 1 - \frac{258.3}{345} = 0.251 \quad \text{for type 3 PV}$$

$$= 1 - \frac{261}{345} = 0.243 \quad \text{for type 2 PV}$$

Điện áp định mức của biến tần phải chịu được điện áp đầu ra của bộ tăng áp và có thể cung cấp năng lượng cần thiết. Để mỗi biến tần có định mức 10 kW. Điện áp đầu vào của biến tần là $V_{idc} = 345$ với một biên độ chỉ số điều biên 0,90. Điện áp đầu ra của biến tần là 220 V AC, Số lượng biến tần, NI, để xử lý một hệ 50 kW được đưa ra bởi:

$$NI = \frac{50}{10} = 5$$

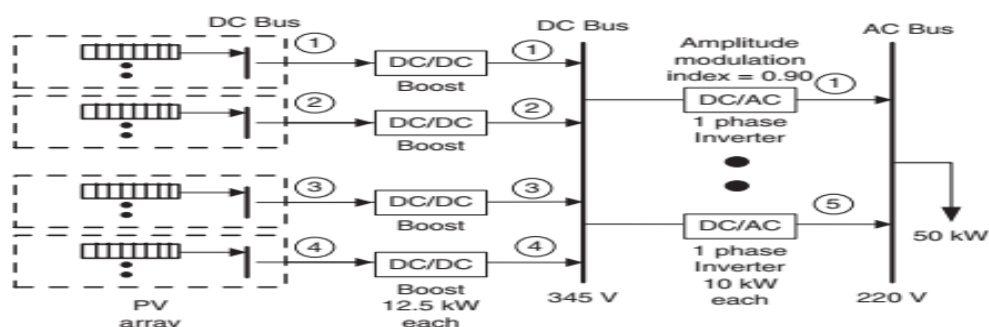
Do đó, chúng ta cần một hệ thống biến tần để cung cấp tải 50 kw. Tất nhiên, cũng có thể sử dụng một biến tần có giá trị định mức cao hơn để chuyễn đổi nguồn DC thành AC. Tuy nhiên, nhiều thiết kế khác cũng có thể. Chọn tần số chuyễn mạch là 5,1 kHz, chỉ số điều tần sẽ được đưa ra như:

$$M_f = \frac{f_s}{f_e} = \frac{5100}{60} = 85$$

Number of Inverters	Input Voltage V_{idc} (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_{AC} (V)	Amplitude Modulation Index, M_a	Frequency Modulation Index, M_f
5	345	10	220	0.90	85

Bảng 2.16: Thông số kĩ thuật của biến tần.

Việc lựa chọn loại hệ thống PV có thể dựa trên trọng lượng và chi phí của hệ thống. Đối với hệ thống dân cư và thương mại với cấu trúc mái, thường chọn các mô-đun PV có trọng lượng tối thiểu. Việc lựa chọn bộ biến đổi tăng áp dựa trên công suất định mức của bộ biến đổi tăng áp và điện áp đầu ra của nó. Bộ biến đổi tăng áp phải được tải ở điện áp đầu ra tối thiểu của hệ thống PV và điện áp đầu vào DC yêu cầu của biến tần.



Hình 2.15: Sơ đồ một dòng của ví dụ 4.

Chỉ số điều biên được chọn nhỏ hơn một, nhưng xấp xỉ bằng 1 để xử lý công suất tối đa của nguồn DC vào nguồn điện xoay chiều. Chỉ số điều chế tần số được chọn dựa trên thời gian lấy mẫu cao nhất do nhà sản xuất biến tần khuyến nghị để hạn chế méo hài tổng. Số lượng chuỗi và số lượng mô-đun trong chuỗi dựa trên điện áp định mức đầu vào của bộ biến đổi tăng điện áp. Số lượng bộ biến đổi tăng điện áp và bộ biến tần dựa trên công suất đầu ra yêu cầu của trạm phát điện PV. Sơ đồ một dòng của hệ thống được thể hiện trong hình 2.15.

CHƯƠNG III: HỆ THỐNG LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG VÀ NHỮNG VẤN ĐỀ LIÊN QUAN

3.1. HỆ THỐNG LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG SỬ DỤNG ẮC QUY.

Dung lượng của ắc quy được tính bằng ampe - giờ (Ah). Số đo Ah khả năng chứa năng lượng của ắc quy trong một giờ 1Ah có nghĩa là ắc quy có thể cung cấp một amp trong 1 giờ. Dựa trên khái niệm tương tự, ắc quy 110 Ah có khả năng cung cấp 10 amps trong 11 giờ. Tuy nhiên, sau khi hết trong một giờ, ắc quy sẽ cần được sạc lâu hơn một giờ. Người ta ước tính sẽ mất 1,25 Ah để khôi phục ắc quy về trạng thái cũ. Hiệu suất của ắc quy cũng thay đổi theo nhiệt độ, loại ắc quy và tuổi tác. Công nghệ ắc quy axit - chì đã được thiết lập và là một nguồn năng lượng được chấp nhận là nguồn dự trữ năng lượng cho các ngành công nghiệp khác nhau. Những tiến bộ gần đây trong việc thiết kế chu trình sâu của ắc quy axit - chì đã thúc đẩy việc sử dụng hệ thống lưu trữ ắc quy khi cần xả và sạc nhanh.

Ví dụ: Nếu tải yêu cầu dung lượng 900 Ah, có thể thiết kế một số hệ thống lưu trữ pin:

- + , Thiết kế đầu tiên, dùng ba chuỗi ắc quy chu kỳ sâu 300 Ah song song .
- + , Thiết kế thứ hai có thể dựa trên hai chuỗi ắc quy 450 Ah chu kỳ sâu.
- + , Thiết kế cuối cùng có thể dựa trên một pin công nghiệp lớn duy nhất.

Ắc quy chì - axit được thiết kế để có khoảng 2,14 V trên mỗi ngăn. Đối với một ắc quy định mức điện áp 12 V có thể thiết kế ắc quy khoảng 12,6 đến 12,8 V. Vấn đề cơ bản là nếu một ngăn trong chuỗi bị sự cố, thì toàn bộ ắc quy lưu trữ sẽ nhanh chóng xả quá mức xả yêu cầu. Điều này sẽ phá hủy vĩnh viễn ắc quy.

Thông thường trong công nghiệp không lắp nhiều hơn ba chuỗi ắc quy song song. Mỗi chuỗi được giám sát để đảm bảo tốc độ sạc và xả bằng nhau.

Nếu một bộ ắc quy lưu trữ mất khả năng cân bằng của nó, nó sẽ dẫn đến sự hư hại nhanh chóng của bất kỳ ô yếu nào và toàn bộ hệ thống ắc quy lưu trữ. Các đặc tính của ắc quy thay đổi theo tuổi và tốc độ sạc và xả. Do đó trong công nghiệp thường không được mở rộng một hệ thống ắc quy cũ bằng cách thêm hệ thống ắc quy mới. Khi ắc quy yếu, sự lão hóa không đồng đều cho tất cả các tế bào. Một số ô sẽ thiết lập dòng chảy đến các ô xung quanh và dòng điện này sẽ khó bị phát hiện. Nếu một ô hỏng, sẽ thay đổi điện trở trong một chuỗi ắc quy, tuổi thọ của toàn bộ hệ thống được giảm đáng kể. Do đó, hệ thống lưu trữ sẽ bị sự cố. Bằng cách nối song song nhiều chuỗi, khả năng điện áp không bằng nhau trên các chuỗi tăng lên; do đó, để tối ưu hóa hệ thống ắc quy, hệ thống nên được thiết kế bằng cách sử dụng mắc nối tiếp các ắc quy có kích thước phù hợp cho các tải của chúng. Dung lượng ắc quy có thể được tính trong một khoảng thời gian nhất định bằng cách nhân công suất tiêu thụ của tải định mức tính bằng watt với số giờ tải được lên lịch để hoạt động. Điều này dẫn đến tiêu thụ năng lượng tính bằng oát giờ (hoặc kilowatt giờ [kWh]), được nêu là:

$$\text{kWh} = \text{kVAh} \quad (3.1)$$

Ví dụ, một bóng đèn 60 W hoạt động trong một giờ sử dụng 60 watt - giờ. Tuy nhiên, nếu cùng một bóng đèn được cung cấp bởi ắc quy 12V, thì đèn sẽ sáng tiêu thụ 5 amp/giờ

Class 1	34–40 Ah	12 V
Class 2	70–85 Ah	12 V
Class 3	85–105 Ah	12 V
Class 4	95–125 Ah	12 V
Class 5	180–215 Ah	12 V
Class 6	225–255 Ah	12 V
Class 7	180–225 Ah	6 V
Class 8	340–415 Ah	6 V

Bảng 3.1: Thông số kỹ thuật của ắc quy.

Do đó, để tính toán dung lượng Ah cần thiết cho một tải, mức sử dụng trung bình hàng ngày tính bằng W sẽ được chia cho điện áp của ắc quy.

Ví dụ khác, nếu tải tiêu thụ 5 kWh mỗi ngày từ ắc quy 48 - V của hệ thống lưu trữ, có thể xác định Ah yêu cầu bằng cách chia watt - giờ cho điện áp của ắc quy. Đối với ví dụ này, chúng ta sẽ cần 105 Ah. Tuy nhiên, bởi vì chúng ta không muốn xả ắc quy hơn 50%, nên lưu trữ cần thiết phải là 210 Ah. Nếu tải này phải hoạt động trong 4 ngày, công suất yêu cầu là 840 Ah. Nếu các ắc quy không được sạc điện đúng cách tới đất, việc ghép nối điện dung từ hệ thống DC với đất có thể gây ra dòng điện dò từ hệ thống DC đến các cơ sở kim loại dưới lòng đất, sẽ ăn mòn cấu trúc kim loại dưới lòng đất. Việc lưu trữ năng lượng ắc quy vẫn còn đắt đối với nguồn điện tĩnh quy mô lớn ứng dụng dưới dòng điện tải. Tuy nhiên, hệ thống lưu trữ ắc quy là một công nghệ quan trọng để sử dụng hiệu quả hệ thống năng lượng tái tạo gián đoạn như gió hoặc PV trong hội nhập năng lượng tái tạo vào hệ thống điện. Các công ty quan tâm đến ứng dụng việc tích hợp quy mô lớn của hệ thống lưu trữ ắc quy trong lưu trữ năng lượng mặt trời và năng lượng gió. Hệ thống lưu trữ cộng đồng với khả năng phát ít nhất một giờ có thể được sử dụng trong hệ thống điện điều khiển. Đây là một cân nhắc quan trọng đối với các công ty điện vì hệ thống lưu trữ năng lượng đã lắp đặt có thể được sử dụng làm dự trữ. Hệ thống lưu trữ phải được lên lịch hiệu quả cho thời gian sạc, xả và nghỉ của mỗi chuỗi. Do đó, pin của hệ thống lưu trữ yêu cầu giám sát và kiểm soát rộng rãi. Những vấn đề này là hiện đang được nghiên cứu để ứng dụng một cách hiệu quả và kinh tế nhất.

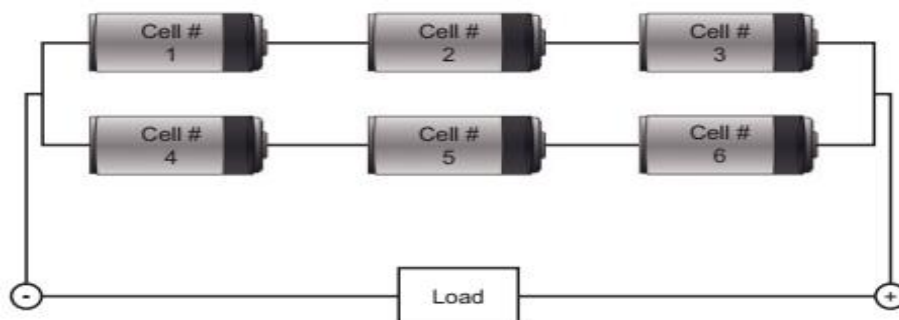
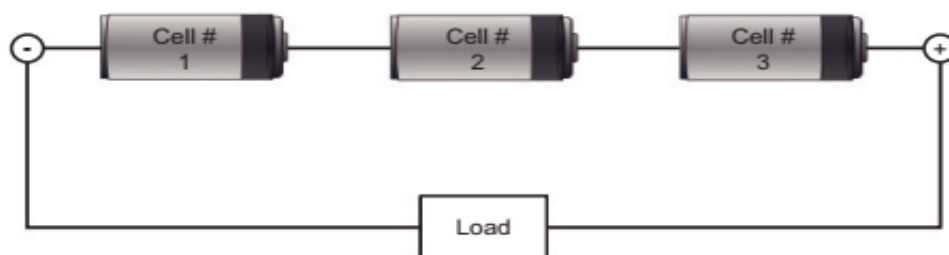
3.2. . HỆ THỐNG LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG SỬ DỤNG PIN

Quá trình điện khí hóa nhanh chóng của ngành công nghiệp ô tô có tác động lớn đến công nghệ lưu trữ và việc sử dụng nó trong điện tĩnh. Hiện tại,

pin niken hyđrua (NiMH) được sử dụng trong hầu hết các loại xe điện và xe điện hybrid có sẵn cho công chúng. Pin Lithium-ion có hiệu suất tốt nhất.

Chi phí lưu trữ cho năng lượng tái tạo hiện tại khoảng \$ 300 - \$ 500 mỗi kWh. Giá sẽ giảm nhanh chóng khi có nhiều công ty đang phát triển công nghệ mới. Hệ thống lưu trữ pin lớn được xây dựng từ pin đơn và được coi là một hệ thống lưu trữ đa bào. Hiệu suất của lưu trữ đa tế bào là một hàm của điện áp đầu ra, điện trở trong, ghép nối tế bào, tốc độ dòng điện phóng điện và sự lão hóa tế bào. Công nghệ pin đơn tế bào đang nhanh chóng tạo ra những tiên bộ mới.

Ví dụ: Pin lithium-ion đang được phát triển. Giá của pin một tế bào cũng đã giảm đáng kể. So với ắc quy axit chì thông thường -trong đó 12 ô được nối bên trong một pin 12V, một ô pin có thể được kết nối riêng và cấu hình lại. Ngoài ra, bởi vì có thể theo dõi tốc độ sạc và xả của từng tế bào đơn lẻ, tình trạng và hiệu suất của tất cả các ô trong một chuỗi có thể được đánh giá. Hình 3.1 mô tả ba ô đơn trong một chuỗi. Hình 3.2 mô tả một hệ thống lưu trữ pin bao gồm hai chuỗi ba ô đơn lẻ được kết nối song song tạo thành một mảng. Bảng 3.1 trình bày mật độ năng lượng và mật độ năng lượng của hai tế bào đơn pin. Bảng 3.2 trình bày mật độ năng lượng và chi phí của hệ thống lưu trữ ắc quy chì-axit so với pin đơn.



Hình 3.2: Hai chuỗi gồm 3 pin đơn mắc song song nhau.

Application/ Battery Type	Energy Density (Wh/kg)	Energy Stored (kWh)	Fraction of Usable Energy (%)
NiMH hydride	65	40–50	80
Lithium-ion	130	40–50	80

Bảng 3.1: So sánh mật năng lượng và công suất.

Type	Wh/kg	Wh	Weight Kg (1)	\$/kg	\$/kWh	\$/kW
Standard	25	1875	75	2.5	100	9.35
Thin-film	20	1000	50	4.0	200	10.0
NiMH hydride	45	1800	40	22.5	500	45.0
Lithium-ion	65	1170	18	45	700	41.0

Bảng 3.2: So sánh mật độ năng và chi phí cấu thành.

Trong tất cả các loại pin, hiệu năng sẽ thay đổi khi sạc lặp lại ở tốc độ dòng xả. Theo dự kiến, tốc độ dòng điện phóng điện càng cao thì công suất càng thấp và điện áp đầu ra còn lại và nội trở càng cao. Tuy nhiên, công suất giảm do tốc độ dòng xả cao hơn sẽ được phục hồi sau khi hệ thống pin được phép nghỉ ngơi trước lần chu kỳ phóng điện tiếp theo. Do đó, việc thiết kế và tối ưu hóa hệ thống lưu trữ đa ô yêu cầu hiểu biết về hiệu suất xả của hệ thống lưu trữ theo các điều kiện hoạt động khác nhau. Hơn nữa, nếu hệ thống lưu trữ pin được sử dụng như một hệ thống lưu trữ cộng đồng trong hệ thống phân phối lưới điện, mô hình động của hệ thống pin là cần thiết. Mô hình động của một hệ thống lưu trữ sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc điều động điện từ nguồn năng lượng xanh không liên tục.

Ví dụ 5: Thiết kế một lưới điện siêu nhỏ có tải 1000 kW định mức ở 460 V AC và kết nối với lưới điện địa phương ở 13,2 kV bằng máy biến áp danh định 2 MVA, 460 V / 13,2 kV và điện kháng 10%. Để hỗ trợ tải khẩn cấp, microgrid cần một hệ thống lưu trữ 200 kWh để sử dụng trong 8 giờ một

ngày. Dữ liệu cho bộ nghịch lưu ba pha được đưa ra trong bảng 3.3. Dữ liệu cho PV hệ thống được cho trong ví dụ 4 xác định những điều sau:

i) Xếp hạng của mảng PV, bộ chuyển đổi, bộ biến tần, hệ thống lưu trữ và Sơ đồ đường đơn của thiết kế này dựa trên diện tích bề mặt tối thiểu. Ngoài ra, tính toán chi phí, trọng lượng và diện tích feet vuông của từng loại PV và đưa ra kết quả trong một bảng.

ii) Mỗi mô hình đơn vị cho thiết kế

Inverter	Type 1	Type 2	Type 3	Type 3
Power	100 kW	250 kW	500 kW	1 MW
Input voltage DC	900 V	900 V max	900 V	900 V
Output voltage AC	660 VAC/ 60 Hz	660 VAC/ 60 Hz	480 VAC/ 60 Hz	480 VAC/ 60 Hz
Efficiency	Peak efficiency 96.7%	Peak efficiency 97.0%	Peak efficiency 97.6%	Peak efficiency 96.0%
Depth	30.84"	38.2"	43.1"	71.3"
Width	57"	115.1"	138.8"	138.6"
Height	80"	89.2"	92.6"	92.5"
Weight	2350 lbs	2350 lbs	5900 lbs	12000 lbs

Number of Inverters	Input Voltage V_{idc} (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_{AC} (V)	Amplitude Modulation Index, M_a	Frequency Modulation Index, M_f
4	835	250	460	0.90	84

GIẢI

- i) Tải có công suất 1000 kW ở 460 V AC. Dựa trên điện áp của tải và chỉ số điều biên là 0,9, chúng ta có điện áp DC đầu vào cho biến

$$V_{idc} = \frac{2\sqrt{2}V_{LL}}{\sqrt{3} \cdot M_a} = \frac{2\sqrt{2} \times 460}{\sqrt{3} \times 0.9} = 835 \text{ V}$$

Chọn một biến tần công suất 250 kW, tổng số biến tần, NI, cho xử lý 1000 kW được đưa ra như:

$$NI = \frac{PV \text{ generation}}{\text{rating of inverters}}$$

$$NI = \frac{1000}{250} = 4$$

PV Type	Surface Area of One Module (ft ²)	Power Rating (W)	Area per Unit Power (ft ² /W)
1	12.47	190	0.066
2	15.68	200	0.078
3	16.97	170	0.100
4	7.07	87	0.081

Bảng 3.5: Thiết kế hệ thống quang điện dựa trên 2 hệ thống quang điện.

Đối với thiết kế này, bốn biến tần nên được kết nối song song. Nếu chúng ta chọn tần số chuyển mạch là 5,04 kHz, chỉ số điều tần là:

$$M_f = \frac{f_s}{f_e} = \frac{5040}{60} = 84$$

Nên nhận ra rằng các thiết kế khác cũng có thể. DC đầu vào điện áp của PV xác định điện áp AC đầu ra của biến tần. Bảng 3.5 đưa ra dữ liệu cho từng loại PV. Như đã lưu ý trong bảng 3.5, mô-đun PV của loại 1 yêu cầu bề mặt tối thiểu khu vực. Chọn loại PV 1 và điện áp mạch hở của chuỗi là 550 V DC, số mô-đun, NM là:

Ở đây V_{MPP} là điện áp tại điểm MPP của PV.

$$NM = \frac{\text{string voltage}}{V_{MPP}}$$

Điện áp chuỗi dưới tải như sau:

$$SV = NM \times V_{MPP}$$

Công suất $SV = 10 \times 54.8 = 548 \text{ V}$

$$SP = NM \times P_{MPP}$$

Trong đó: P_{MPP} là công suất tạo ra của PV tại điểm MPP

$$SP = 10 \times 190 = 1.9 \text{ kW for type 1}$$

Nếu chúng ta thiết kế mỗi array tạo ra một công suất 20KW thì số lượng chuỗi NS sẽ bằng:

$$NS = \frac{\text{power of one array}}{\text{power of one string}}$$

Số lượng

$$NS = \frac{20}{1} = 11$$

$$NA = \frac{PV \text{ generation}}{\text{power of one array}}$$

$$NA = \frac{1000}{20} = 50$$

Tổng số modul PV trong một array TNM xác định bằng:

$$TNM = NM \times NS \times NA$$

Trong đó NM là số mô-đun trong một chuỗi, NS là số chuỗi và NA là số mảng trong một trạm PV.

Diện tích cần

$$NA = 10 \times 11 \times 50 = 5500 \text{ for PV module}$$

Tổng trọng lực

$$TS = \frac{5500 \times 34.6 \times 51.9}{144} = 68,586 \text{ ft}^2 = 1.5$$

đại 1 là sản phẩm của

số lượng mô-đun và trọng lượng của mỗi mô-đun:

$$TW = 5500 \times 33.07 = 181,885 \text{ lb}$$

Tổng chi phí cho một mô-đun PV là tích số của số mô-đun và chi phí của mỗi mô-đun.

$$\text{Total cost} = 5500 \times 870 = \$4.78 \text{ million for PV module type 1}$$

Number of Boost Converters	Input Voltage V_i (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_o (V)	Duty Ratio, D
50	548	20	835	0.34

Bảng 3.6: Thông số kỹ thuật bộ chuyển đổi.

Điện áp đầu ra của bộ boost, V_o , giống như điện áp đầu vào, của biến tần, V_{idc} .

$$V_{idc} = V_o = 835V.$$

Điện áp đầu vào tăng, V_i , giống như điện áp chuỗi:

$$SV = V_i = 548V.$$

Tỷ lệ nhiệm vụ của bộ chuyển đổi tăng cường được đưa ra bởi:

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o}$$

PV Type	Number of Modules per String	Number of Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Total Area of the PV (ft ²)	Total Weight of the PV (lb)	Total Cost of the PV (Million \$)
1	10	11	50	548	68,586	181,885	4.78

Bảng 3.7: Thông số kĩ thuật quang điện.

Cho thiết kế này:

$$D = 1 - \frac{548}{835} = 0.34$$

$$NS = \frac{\sim}{1.9} = 11$$

The number of arrays, NA , is given by

$$NA = \frac{PV \text{ generation}}{\text{power of one array}}$$

$$NA = \frac{1000}{20} = 50$$

The total number of PV modules, TNM , in an array is given by

$$TNM = NM \times NS \times NA$$

Chúng ta cần một bộ biến đổi tăng áp cho mỗi mảng. Do đó, số lượng bộ biến đổi tăng áp là 50 và mỗi bộ biến đổi có công suất 20 kW. Bảng 3.1 trình bày một số loại pin để lưu trữ 200 kWh năng lượng. Trong thiết kế lưu trữ, chúng ta cần giới hạn số lượng pin trong một chuỗi và giới hạn số mảng đến ba. Những hạn chế này được áp dụng đối với loại pin chì - axit để kéo dài tuổi thọ của hệ thống lưu trữ. Chúng ta chọn lớp 6 pin có dung lượng định mức: 255 Ah ở 12 V. Trong thiết kế này, ba pin trên mỗi chuỗi và ba chuỗi trong mỗi mảng được sử dụng. Điện áp chuỗi, SV , của bộ lưu trữ hệ thống là:

Chuỗi năng lượng tích lũy, SES trong mỗi ác qui nhận được bằng tích của Ah với điện áp của ác qui:

$$SV = 3 \times 12 = 36 \text{ V}$$

$$SES = 225 \times 12 = 6.06 \text{ kWh}$$

Mỗi một mảng có 9 pin vì vậy ma trận tích lũy năng lượng AES cho bằng:

$$AES = 9 \times 3,06 = 27,54 \text{ kWh}$$

Battery Class	Number of Batteries per String	Number of Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Energy Stored per Array (kWh)
6	3	3	8	36	27.54

Số lượng mảng NA cần thiết để lưu trữ 200kWh cho bởi:

$$NA = \frac{\text{total energy}}{\text{energy in each array}}$$

$$NA = \frac{200}{27.54} = 8$$

Bởi vì chúng ta có tám mảng lưu trữ, chúng ta sử dụng một bộ chuyển đổi tăng áp cho mỗi hệ thống lưu trữ mảng. Chúng ta cần tổng cộng tám bộ biến đổi buck - boost. Bộ biến đổi buck-boost được sử dụng để sạc - xả bộ lưu trữ pin hệ thống. Trong thiết kế này, đầu vào bộ biến đổi buck-boost là 835 V của cấp DC và đầu ra của nó phải là 36 VDC để sạc hệ thống lưu trữ pin. Nếu kho lưu trữ được sử dụng trong 8 giờ, chúng có thể được xả xuống 50% sức chứa. Do đó, chúng có thể được sử dụng để cung cấp 100 kWh. Công suất, P, được cung cấp bởi hệ thống lưu trữ xác định bởi:

$$P = \frac{\text{kwh}}{\text{hour}}$$

Do đó $P = 100/8 = 12,5 \text{ kW}$.

Giá trị định mức của ma trận năng lượng cho bằng:

$$AP = \frac{\text{power}}{\text{number of array}}$$

$$AP = \frac{12,5}{8} = 1,56 \text{ kW}$$

Giả sử chúng ta chọn bộ buck-boost công suất 1.56kW, tỷ số chu kỳ làm việc của bộ nâng áp:

$$D = \frac{V_o}{V_i + V_o}$$

$$D = \frac{36}{835 + 36} = 0.04$$

Do đó:

Number of Buck-Boost Converters	Input Voltage V_i (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_o (V)	Duty Ratio, D
8	835	1.56	36	0.04

ii) Để tính toán ở hệ tương đối, chúng ta đặt vôn cơ bản - ampe là $S_b=1$

MVA. Các giá trị cơ bản cho hệ thống của hình 5.35 là:

-, Giá trị cơ bản của oát - giờ là $E_b=1\text{MWh}$.

-, Điện áp cơ bản ở phía lưới là 13,2 kV.

-, Điện áp cơ bản ở phía hạ áp của máy biến áp là 460 V.

-, Điện kháng mới p.u của máy biến áp trên 1 - MVA mới là được cho bởi:

$$X_{p.u \text{ trans}(new)} = X_{p.u \text{ trans}(old)} \times \frac{S_{b(new)}}{S_{b(old)}} \times \left(\frac{V_{b(old)}}{V_{b(new)}} \right)^2$$

$$X_{p.u \text{ trans}(new)} = 0.1 \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{13.2}{13.2} \right)^2 = 0.05 \text{ p.u}$$

Công suất định mức của biến tần đo bằng đơn vị tương đối tính bằng:

$$P_{p.u} = \frac{\text{power rating}}{S_b}$$

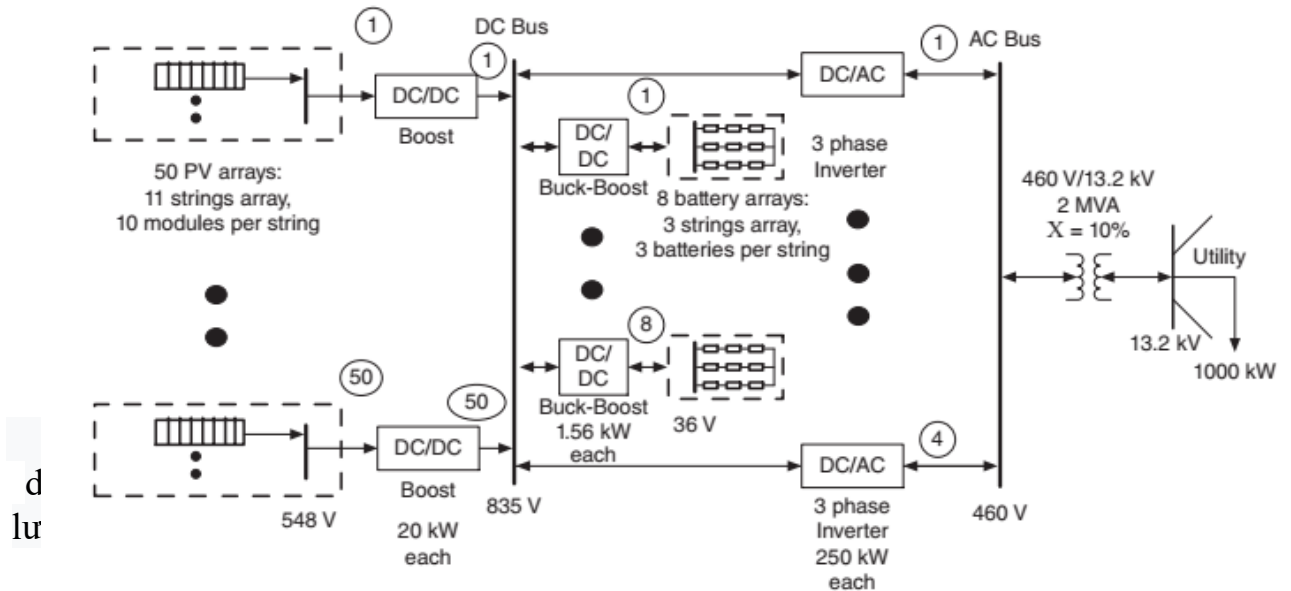
$$P_{p.u \text{ inverter}} = \frac{250 \times 10^3}{1 \times 10^6} = 0.25 \text{ p.u}$$

Công suất định mức đo bằng % của bộ boost là:

$$P_{p.u \text{ boost}} = \frac{20 \times 10^3}{1 \times 10^6} = 0.020 \text{ p.u}$$

Điện áp cơ sở của bộ biến tần phía DC là 835V. Do đó điện áp phía DC của bộ biến tần:

$$V_{p.u} = \frac{835}{835} = 1 \text{ p.u}$$



$$P_{p.u \text{ buck-boost}} = \frac{1.56 \times 10^3}{1 \times 10^6} = 0.001 \text{ p.u}$$

Mô h

$$\text{Energy stored} = \frac{27.54 \times 10^3}{1 \times 10^6} = 0.027 \text{ p.u}$$

Ví dụ 6: Thiết kế một microgrid của hệ thống PV sử dụng dữ liệu trong bảng , giả sử tổng tải là 500 kW tại 460 V, 60 Hz xoay chiều ba pha. Đối với mỗi loại hệ thống PV, hãy xác định những điều sau:

i) Số mô-đun trong một chuỗi, số chuỗi trong một mảng, số mảng, trọng lượng và diện tích bề mặt

ii) Các thông số kỹ thuật của bộ boost và biến tần, và biểu đồ một dây.

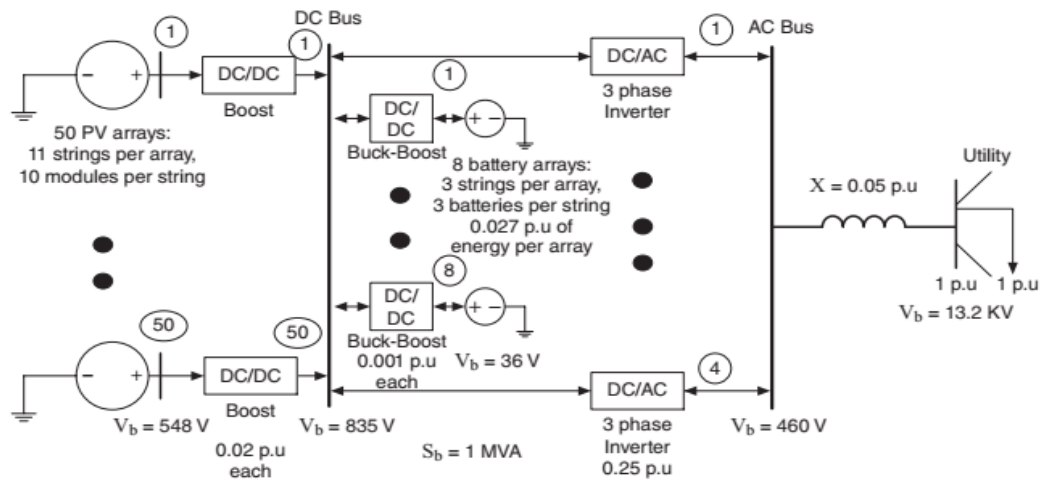
Giải:

Tải là 500 kW định mức ở 460 V AC. Dựa trên điện áp của tải và chỉ số điều chế độ rộng xung 0,9, điện áp một chiều đầu vào cho bộ nghịch lưu 3 pha từ phương trình 2.6 là:

$$\frac{2\sqrt{2} \times 460}{\sqrt{3} \times 0.9} = 835 \text{ V}$$

i) Giới hạn điện áp tối đa cho một chuỗi ở 600 V DC, một bộ biến đổi boost phải được sử dụng để tăng điện áp chuỗi. Nếu chúng ta chọn điện áp chuỗi, SV, đến 550 V, số lượng mô-đun, NM từ phương trình 2.6 là:

$$NM = \frac{550}{55} \approx 10 \quad \text{for type 1}$$



$$SV = 10 \times 54.8 = 548 \text{ V} \quad \text{for type 1}$$

$$= 21 \times 26.3 = 552 \text{ V} \quad \text{for type 2}$$

$$= 20 \times 28.7 = 574 \text{ V} \quad \text{for type 3}$$

$$= 32 \times 17.4 = 557 \text{ V} \quad \text{for type 4}$$

$$SP = 10 \times 190 = 1.9 \text{ kW} \quad \text{for type 1}$$

$$= 21 \times 200 = 4.2 \text{ kW} \quad \text{for type 2}$$

$$= 20 \times 170 = 3.4 \text{ kW} \quad \text{for type 3}$$

$$= 32 \times 87 = 2.784 \text{ kW} \quad \text{for type 4}$$

Còn

Nếu thiết kế mỗi array tạo ra công suất 20kw thì số lượng chuỗi NS là:

$$NS = \frac{20}{1.9} = 11 \quad \text{for type 1}$$

$$= \frac{20}{4.2} = 5 \quad \text{for type 2}$$

$$= \frac{20}{3.4} = 6 \quad \text{for type 3}$$

$$= \frac{20}{2.784} = 8 \quad \text{for type 4}$$

Số lượng mảng Na sẽ là:

$$NA = \frac{500}{20} = 25$$

Tổng số lượng mô-đun PV TNM cho bởi (5.10) là:

$$\begin{aligned} TNM &= 10 \times 11 \times 25 = 2750 \quad \text{for type 1} \\ &= 21 \times 5 \times 25 = 2625 \quad \text{for type 2} \\ &= 20 \times 6 \times 25 = 3000 \quad \text{for type 3} \\ &= 32 \times 8 \times 25 = 6400 \quad \text{for type 4} \end{aligned}$$

Tổng

được tính từ số

lượng mô-đun và diện tích mỗi mô-đun tính bằng feet vuông.

$$\begin{aligned} TS &= \frac{2750 \times 34.6 \times 51.9}{144} = 34,294 \text{ ft}^2 = 0.787 \text{ acre} \quad \text{for type 1} \\ &= \frac{2625 \times 38.6 \times 58.5}{144} = 41,164 \text{ ft}^2 = 0.944 \text{ acre} \quad \text{for type 2} \\ &= \frac{3000 \times 38.3 \times 63.8}{144} = 50,907 \text{ ft}^2 = 1.169 \text{ acre} \quad \text{for type 3} \\ &= \frac{6400 \times 25.7 \times 39.6}{144} = 45,232 \text{ ft}^2 = 1.038 \text{ acre} \quad \text{for type 4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total weight} &= 2750 \times 33.07 = 90,943 \text{ lb} \quad \text{for type 1} \\ &= 2625 \times 39.00 = 102,375 \text{ lb} \quad \text{for type 2} \\ &= 3000 \times 40.70 = 122,100 \text{ lb} \quad \text{for type 3} \\ &= 6400 \times 18.40 = 117,760 \text{ lb} \quad \text{for type 4} \end{aligned}$$

Giá thành cho mỗi thiết kế:

$$\begin{aligned} \text{Total cost} &= 2750 \times 870 = \$2.39 \text{ million} \quad \text{for type 1} \\ &= 2625 \times 695 = \$1.82 \text{ million} \quad \text{for type 2} \\ &= 3000 \times 550 = \$2.09 \text{ million} \quad \text{for type 3} \\ &= 6400 \times 397 = \$2.54 \text{ million} \quad \text{for type 4} \end{aligned}$$

ii) Chúng ta

số của bộ biến

đổi nâng áp là 25 - mỗi bộ có thể được chọn với định mức 20 kW. Các điện áp đầu ra danh định của bộ boost giống như đầu vào của biến tần.

$$V_{idc} = V_o = 835 \text{ V}$$

PV Type	Number of Modules per String	Number of Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Total Area of the PV (ft ²)	Total Weight of the PV (lb)	Total Cost of the PV (Million \$)
1	10	11	25	548	34,294	90,943	2.39
2	21	5	25	552	41,164	102,375	1.82
3	20	6	25	574	50,907	122,100	2.09
4	32	8	25	557	45,232	117,760	2.54

Bảng 3.10: Thông số kĩ thuật quang điện cho từng loại.
Điện áp V_i vào của boost bằng điện áp chuỗi:

$$V_i = 548 V \quad \text{for type 1}$$

$$V_i = 552 V \quad \text{for type 2}$$

$$V_i = 574 V \quad \text{for type 3}$$

Tỷ số chu kỳ làm việc $V_i = 557 V \quad \text{for type 4}$

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o}$$

$$D = 1 - \frac{548}{835} = 0.34 \quad \text{for type 1 PV}$$

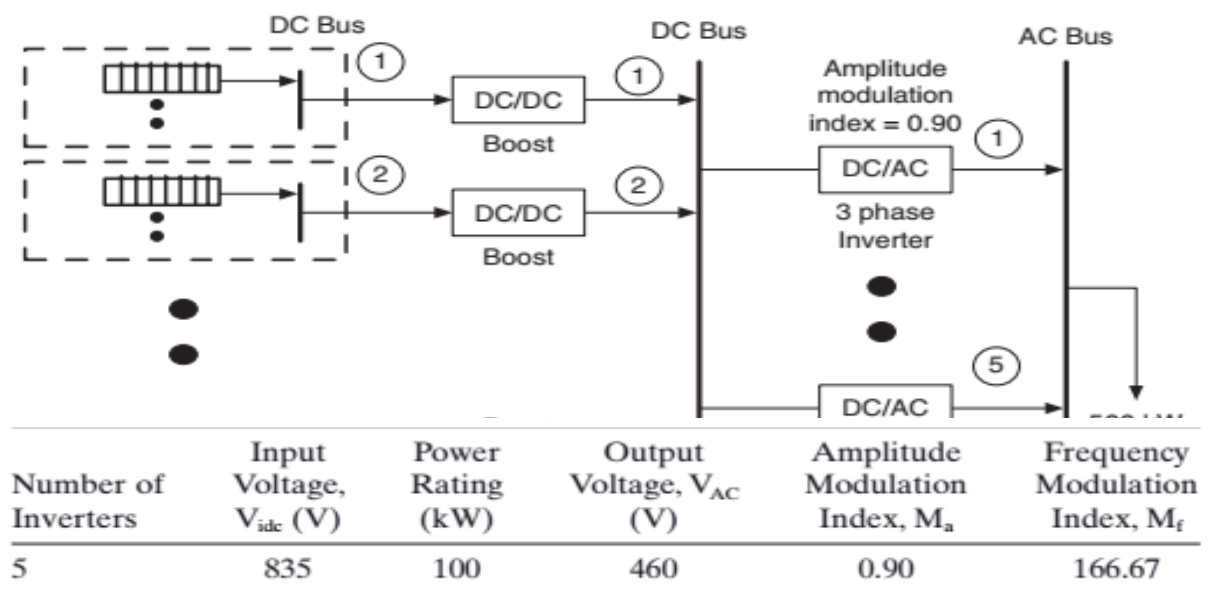
$$= 1 - \frac{552}{835} = 0.34 \quad \text{for type 2 PV}$$

$$= 1 - \frac{574}{835} = 0.31 \quad \text{for type 3 PV}$$

Các bộ biến tần phải có định mức chịu được điện áp đầu ra của bộ tăng áp và có thể cung cấp năng lượng cần thiết. Chúng ta có thể chọn mỗi biến tần có định mức là 100kW, điện áp đầu vào của biến tần để là $V_{idc} = 835V$ với chỉ số điều biên là 0,9 và điện áp đầu ra là biến tần ở 460 V AC. Số lượng biến tần NI cần thiết để phát công suất 500 kW được đưa ra bởi:

PV Type	Number of Boost Converters	Input Voltage, V_i (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_o (V)	Duty Ratio, D
1	25	548	20	835	0.34
2	25	552	20	835	0.34
3	25	574	20	835	0.31
4	25	557	20	835	0.33

Bảng 3.11: Thông số kĩ thuật của bộ chuyển đổi boots.



Bảng 3.12: Thông số kỹ thuật của biến tần.

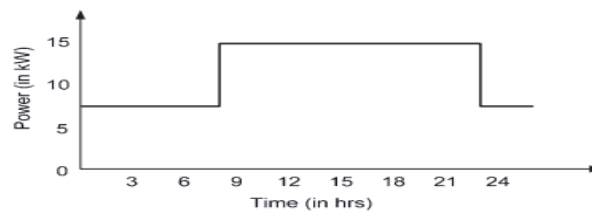
Do đó, chúng ta cần kết nối song song năm bộ biến tần để cung cấp tải 500 kw Chọn tần số đóng cắt là 10 kHz để hạn chế méo hài tổng, chỉ số điều tần cho bằng

$$M_f = \frac{f_s}{f_e} = \frac{10000}{60} = 166.67$$

Ví dụ 7: Giả sử tổng phụ tải của một ngôi nhà dân dụng là 7,5 kw từ 11 giờ tối. - 8 giờ sáng và 15 kW trong 24 giờ còn lại. Xác định những điều sau:

- Chu kỳ tải lô trong 24 giờ
- Tổng tiêu thụ năng lượng kWh trong 24 giờ
- Nếu bức xạ mặt trời là 0,5 mặt trời trong 8 giờ hàng ngày thì không gian mái là bao nhiêu cần thiết để tạo ra đủ kWh cho hoạt động 24 giờ?

iv) Giả sử lượng kWh tối đa được sử dụng trong đêm là 40% của tổng tải hàng ngày. Tìm trên Internet để chọn hệ thống lưu trữ pin và cung cấp dữ liệu thiết kế của bạn.



Hình 3.6: Biểu đồ chu kỳ tải hàng ngày cho ví dụ 7.

Giải:

i) Phụ tải là 7,5 kW trong 9 giờ (11 giờ trưa đến 8 giờ sáng) và 15 kW cho 15 giờ (8:00 sáng - 11:00 tối). Chu kỳ tải được cho trong Hình 5.38.

ii) Tổng năng lượng tiêu thụ kWh trong 24 giờ là diện tích dưới đường cong của chu kỳ phụ tải hàng ngày và được cho bởi $\text{kWh} = \text{kW} \times \text{giờ}$. Do đó, năng lượng tiêu thụ bằng: $7,5 \times 9 + 15 \times 15 = 292,5 \text{ kWh}$

iii) PV loại 1 được chọn vì nó cần diện tích tối thiểu trên mỗi đơn vị năng lượng sản xuất. Lượng điện năng do PV loại 1 tạo ra bằng 190 W trên mỗi mô-đun cho 1 Mặt trời. Do đó, năng lượng sinh ra từ 0,5 mặt trời cho 8h được cho bởi: $0,5 \times 190 \times 8 = 0,76 \text{ kWh}$. Số lượng mô-đun, NM, cần thiết được đưa ra bởi:

$$NM = \frac{\text{total energy demand}}{\text{energy of one panel}}$$

$$NM = \frac{292.5}{0.76} \approx 385$$

Diện tích mặt bằng SM của một Pv bằng tích chiều dài với chiều rộng của PV:

$$SM = 34.6 \times 51.9 / 144 = 12.47 \text{ ft}^2$$

Tổng diện tích TS cho 292,5kWh bằng tích của số modun nhân với diện tích một modun.

$$TS = 385 \times 12.47 = 4801.11 \text{ ft}^2$$

iv) Năng lượng lưu trữ cần thiết. Vì thế, nhu cầu năng lượng trong một đêm = $0,4 \times 292,5 = 117 \text{ kWh}$. Từ dữ liệu ở trên, hệ thống lưu trữ pin Loại 6 được chọn để lưu trữ kWh cần thiết cho ban đêm. Để bảo tồn bộ lưu trữ pin, không được thải pin quá 50% công suất. Năng lượng được lưu trữ trên mỗi pin được tính bằng amp - giờ $\times$ điện áp (Ah $\times$ V). Do đó, năng lượng tích trữ trong một pin = $255 \times 12 = 3,06 \text{ kWh}$. Con số pin, NB, cần thiết được cung cấp bởi

$$NB = \frac{2 \times \text{energy demand}}{\text{energy stored per battery}}$$

$$NB = \frac{2 \times 117}{3.06} = 77.$$

Chúng ta có thể sử dụng ba pin trong một chuỗi; số lượng chuỗi tối đa trong một mảng là ba. Do đó, số lượng pin tối đa trong mảng là $3 \times 3 = 9$. Số lượng dãy pin được cho bởi đề bài.

$$NA = \frac{\text{total number of batteries}}{\text{number of batteries per array}}$$

$$NA = \frac{77}{9} = 8$$

Ví dụ 8 : Hãy xét một microgrid có 2MW. Hệ thống hoạt động như một phần của một lưới điện siêu nhỏ được kết nối với lưới địa phương ở 13,2 KV. Lưới điện cục bộ sử dụng dữ liệu thiết kế sau:

a) Các thông số kỹ thuật của máy biến áp là 13,2 kV / 460 V, 2 MVA và 10% điện kháng; 460 V / 220 V, 20 kVA, và điện kháng 5%.

b) Dữ liệu cho hệ thống PV được cho ở trên . Xác định những điều sau:

i) Số mô-đun trong một chuỗi, số chuỗi, số mảng, diện tích bề mặt, trọng lượng và chi phí

ii) Đặc điểm kỹ thuật biến tần và sơ đồ một dây.

Giải

Biến tần ba pha có điện áp định mức xoay chiều 220 V có thể xử lý xấp xỉ 20 kW. Dựa trên biến tần ba pha 20 kW và đầu ra AC 220 volt và chỉ số điều chế 0,9, điện áp một chiều đầu vào được cho bởi Công thức 5.16.

$$V_{idc} = \frac{2\sqrt{2} \times 220}{\sqrt{3} \times 0.9} = 399 \text{ V}$$

PV Type	Surface Area of One Module (ft ²)	Power Rating (W)	Weight per Unit Power (lb per W)
1	33.07	190	0.174
2	39.00	200	0.195
3	40.70	170	0.239
4	18.30	87	0.210

Bảng 3.13: Trọng lượng trên công suất.

i) Bảng 3.13, là bảng dữ liệu cho từng loại trong số bốn loại mô-đun PV. Bảng 3.13 cho thấy mô-đun PV loại 1 có trọng lượng tối thiểu trên mỗi đơn vị công suất, do đó chúng ta lựa chọn loại này. Điện áp chuỗi, SV của hệ thống PV phải gần với điện áp đầu vào biến tần định mức, V_{idc} . Sử dụng điện áp chuỗi, SV là 400, từ công ở trên chúng ta có:

$$NM = \frac{399}{54.8} \approx 7$$

Sử dụng 7 modul, điện áp chuỗi SV có giá trị:

$$SV = 7 \times 54.8 = 384 \text{ V}$$

Công suất chuỗi SP có:

$$SP = 7 \times 190 = 1.33 \text{ kW}$$

Thiết kế một mảng để tạo ra 20 kW, số lượng chuỗi, NS, trong một mảng được:

$$NS = \frac{20}{1.33} = 15$$

Số lượng chuỗi cần thiết cho thiết kế này:

Tổng số modul PV là T

$$NA = \frac{2000}{20} = 100$$

PV Type	Number of Modules per String	Number of Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Power per String (kW)	Total Area of the PV (ft ²)	Total Weight of the PV (lb)	Total Cost of the PV (million \$)
1	7	15	100	384	1.33	130,940	347,235	9.14

Tổng diện tích bề mặt, TS, cần thiết của mô-đun PV loại 1 được tính từ diện tích của một mô-đun và tổng số mô-đun.

$$TS = \frac{10,500 \times 34.6 \times 51.9}{144} = 130,940 \text{ ft}^2 = 3 \text{ acre}$$

Tổng trọng lượng cho modul PV loại 1 như sau.

$$TW = 10,500 \times 33.07 = 347,235 \text{ lb}$$

Tổng chi phí cho mô-đun PV loại 1 là tích số của mô-đun và chi phí của mỗi mô-đun như đưa ra bên dưới.

Tổng chi phí của mô-đun PV = 10,500x870= 9,14triệu \$.

ii) Chúng ta sẽ sử dụng một biến tần cho mỗi mảng. Do đó, giá trị định mức của mỗi biến tần cũng sẽ là 20 kW. Số lượng biến tần, NI, cần thiết cho một thể hệ 2(

$$NI = \frac{2000}{20} = 100$$

Đối với trạm phát điện PV 2000 kW, chúng ta cần 100 biến tần để vận hành song song. Các thiết kế khác sử dụng biến có giá trị định mức cao hơn cũng có thể. Đối với thiết kế này, điện áp DC đầu vào cuối cùng của biến tần được chỉ định bởi chuỗi điện áp như:

$$V_{\text{chuỗi}} = V_{\text{idc}} = 384 \text{ V}$$

Với đầu vào DC danh định, điện áp của biến tần được chọn, chỉ số biên độ điều chế, M_a được cho là:

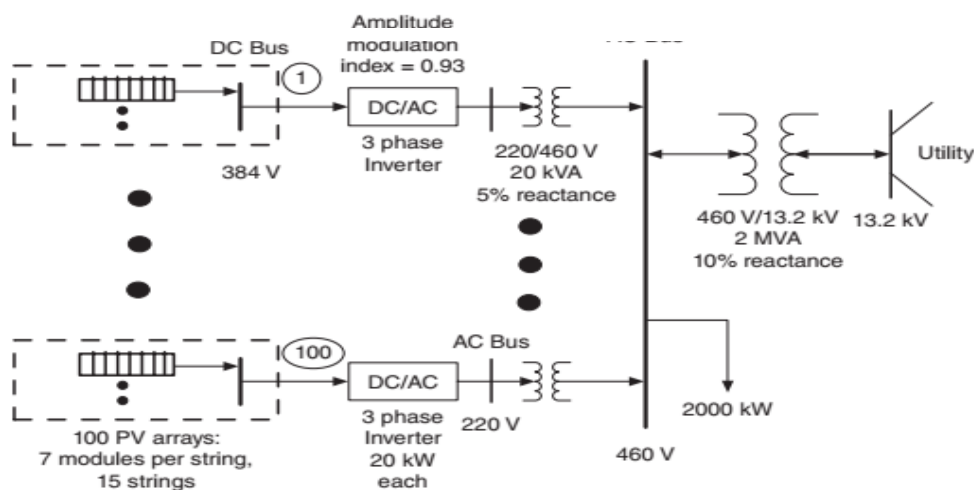
$$M_a = \frac{2\sqrt{2} \times 220}{\sqrt{3} \times 384} = 0.93 \text{ V}$$

Nếu tần số chuyển mạch được chọn ở 10 kHz thì chỉ số điều biên M_f được cho là:

$$M_f = \frac{f_s}{f_e} = \frac{10000}{60} = 166.67$$

Sơ đồ một dây của hệ thống được cho trong hình 3.8. Chúng ta sẽ sử dụng 100 bộ biến tần 20 kVA và điện kháng 5%, được kết nối với bộ biến tần để nâng điện áp từ 220 V lên 460 V. Cuối cùng, một máy biến áp 460 / 13,2 kV và điện kháng 10% của 2 MVA được sử dụng để nối hệ thống với mạng lưới điện cục bộ. Cần lưu ý rằng có thể có nhiều thiết kế. Mỗi đặc điểm kỹ thuật thiết kế có hạn chế riêng của nó mà phải được tính đến. Các phân tích trên có thể được thay đổi khi cần thiết để đáp ứng bất kỳ yêu cầu thiết kế nào.

Number of Inverters	Input Voltage V_{idc} (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_{AC} (V)	Amplitude Modulation Index, M_a	Frequency Modulation Index, M_f
100	384	20	220	0.93	166.67



Hình 3.8: Sơ đồ một dòng của hệ thống trên ví dụ 8.

Ví dụ 9: Thiết kế lưới điện nhỏ của hệ thống PV 1000 kW được nối đến cấp lưới địa phương ở 13,2 kV bằng máy biến áp 220V / 13,2kV, 500 kVA, trở kháng 5%. Một tải cục bộ 500 kW được cung cấp ở 220 V. Một bộ lưu trữ pin

hệ thống 100 kWh được cấp nguồn từ cáp AC của hệ thống PV sử dụng bộ chỉnh lưu hai chiều sử dụng 8 giờ một ngày.

Giải:

Hình 5.40 mô tả microgrid của ví dụ 9. Chúng ta có thể chọn mô-đun PV loại 1 có trọng lượng tối thiểu nhất trong số bốn loại PV như được hiển thị trong bảng 3.13. Số lượng mô-đun có thể được chỉ định, dựa trên lựa chọn của điện áp chuỗi, SV là:

$$NM = \frac{400}{54.8} \approx 7$$

Số lượng NM=7 vậy số lượng SV là.

$$SV = 7 \times 54.8 = 384 V$$

Công suất chuỗi là:

$$SP = 7 \times 190 = 1.33 kW$$

Nếu chúng ta thiết kế dựa trên 20 kW trong một mảng, thì số chuỗi, NS, trong một mảng là:

$$NS = \frac{20}{1.33} = 15$$

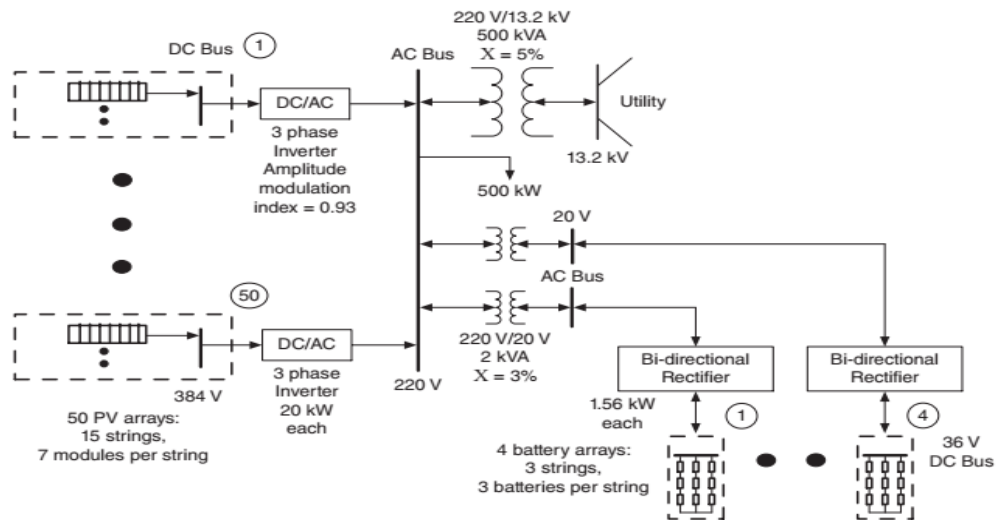
Tổng số modul PV TNM là:

$$TNM: NA = \frac{1000}{20} = 50$$

Diện tích TS cho một module là:

$$TS = \frac{5,250 \times 34.6 \times 51.9}{144} = 65,470 sq ft = 1.50 acre$$

Bằng phương pháp tương tự ta có thể tính tổng trọng lượng và giá thành



Hình 3.9: Sơ đồ một nhánh của hệ thống quang điện cho ví dụ 9.

PV Type	Number of Modules per String	Number of Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Total Area of the PV (ft ²)	Total Weight of the PV (lb)	Total Cost of the PV (Million \$)
1	7	15	50	384	65,470	173,618	4.56

Bảng 3.16: Thông số của quang điện 100kw.

Number of Inverters	Input Voltage, V_{dc} (V)	Power Rating (kW)	Output Voltage, V_{AC} (V)	Amplitude Modulation Index, M_a	Frequency Modulation Index, M_f
50	384	20	220	0.93	84

Bảng 3.17: Bảng thông số kĩ thuật của biến tần.

$$\text{Total weight} = 5,250 \times 33.07 = 173,618 \text{ lb}$$

$$\text{Total cost} = 5,250 \times 870 = \$4.56 \text{ million}$$

Định mức của mỗi biến tần phải giống với công suất được tạo ra bởi mỗi biến tần mảng - 20 kW. Vì DC đầu vào của biến tần là 384 V DC và đầu ra điện áp AC của biến tần là 220 V AC, chỉ số điều chế biên độ, M_a của biến tần được cung cấp bởi:

$$M_a = \frac{2\sqrt{2} \times 220}{\sqrt{3} \times 384} = 0.93$$

Số bộ biến tần, NI, cho hệ thống PV 1000 kW từ Công thức 5.18 là

$$NI = \frac{1000}{20} = 50$$

Do đó, chúng ta cần nối 50 bộ biến tần, để tạo ra 1000 kW. Chúng ta hãy chọn tần số chuyên mạch là 5,04 kHz. Do đó, chỉ số điều chế được đưa ra:

$$M_f = \frac{f_s}{f_c} = \frac{5040}{60} = 84$$

Một lựa chọn thiết kế để lưu trữ 100 kWh năng lượng sử dụng pin loại 6.

Battery Class	Number of Batteries per String	Number of Strings per Array	Number of Arrays	String Voltage (V)	Energy Stored per Array (kWh)
6	3	3	4	36	27.54

Bảng 3.18: Đặc điểm của mảng ắc quy lưu trữ 100kw.

Loại pin này được đánh giá là 255 Ah ở 12 V. Sử dụng ba pin trên mỗi chuỗi và ba chuỗi trong mỗi mảng, chúng ta sẽ có một hệ thống lưu trữ pin bao gồm chín pin trong một mảng. Điện áp chuỗi, SV, cho hệ thống lưu trữ pin được đưa ra dưới đây.

$$SV = 3 \times 12 = 36V$$

Năng lượng tích lũy ES bằng:

$$ES = \text{Amp-hours} \times \text{Voltage}$$

$$ES = 255 \times 12 = 3.06 \text{ kWh}$$

Năng lượng tích lũy trong một array ESA là:

$$ESA = \text{number of batteries} \times \text{kWh of one battery}$$

$$ESA = 9 \times 3.06 = 27.54 \text{ kWh}$$

Số lượng mảng cần tích lũy cho 1000kwh là:

$$NA = \frac{\text{total energy}}{\text{energy in each array}}$$

$$NA = \frac{100}{27.54} \approx 4$$

Nếu hệ thống lưu trữ pin cung cấp tải PV trong 8 giờ, pin của hệ thống lưu trữ nên được thiết kế để xả đến 50% công suất. Vì thế, năng lượng do hệ thống lưu trữ pin cung cấp bằng 50% sức chứa lưu trữ hệ thống. Đối với thiết kế này, sử dụng 50 kwh:

$$\text{Storage kW} = \frac{50}{8} = 6.25 \text{ kW}$$

Và mỗi mảng cần cung cấp 1/4 tổng số kW hoặc 1,56 kW.

Number of Bidirectional Rectifiers	Input Voltage (V) AC	Power Rating (kW)	Output Voltage (V) DC	Amplitude Modulation Index
4	20	1.56	36	0.9

Bảng 3.19: Thông số của bộ chỉnh lưu 2 cầu để sạc cho hệ thống lưu trữ.

Bộ chỉnh lưu hai chiều có thể được sử dụng để sạc và xả hệ thống năng lượng từ thanh cái AC của trạm phát điện PV (xem ví dụ 9). Một bộ chỉnh lưu hai chiều được sử dụng cho mỗi mảng của hệ thống pin lưu trữ. Một bộ chỉnh lưu hai chiều có chỉ số điều chế biên độ là 0,9 với Điện áp DC đầu ra bằng điện áp của dây pin được chọn. AC đầu vào của bộ chỉnh lưu cho đầu ra 36 V, với chỉ số điều chế 0,9 là được cho bởi:

$$V_{L-L} = \frac{\sqrt{3} \times M_a \times V_{odc}}{2\sqrt{2}}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 0.9 \times 36}{2\sqrt{2}} = 20 \text{ V AC}$$

Một bộ chỉnh lưu được kết nối với mỗi dây pin và mỗi bộ chỉnh lưu được thiết kế để giá trị định mức của nó cùng mức công suất của dây pin. Tổng công suất định mức của tất cả các bộ chỉnh lưu cùng nhau là: $4 \times 1,56 = 6,24$ kw. Điện áp cấp tại các đầu ra của biến tần là 220 V. Một máy biến áp 220/20 V, điện kháng 3%, 2 kVA được sử dụng để giảm điện áp từ 220 V đến 20 V cho mỗi bộ chỉnh lưu hai chiều. Một máy biến áp 500 kVA, 220 V / 13,2 kV, 5% điện kháng được sử dụng để kết nối hệ thống với lưới điện địa phương.

3.3. NĂNG LƯỢNG TẠO RA CỦA MỘT MÔ ĐUN PV VÀ GÓC CỦA SỰ CỐ

Để ước tính năng suất của một môđun quang điện, góc nghiêng đối với một mô-đun liên quan đến vị trí của mặt trời phải được xác định. Các góc nghiêng được xác định là vị trí mà kim từ tính tạo ra với mặt phẳng nằm ngang tại bất kỳ vị trí cụ thể nào. Độ nghiêng từ tính là 0° tại xích đạo và 90° tại mỗi cực từ. Chiếu xạ được định nghĩa là mật độ của bức xạ tới trên một bề mặt nhất định được tính bằng W/m^2 hoặc W/ft^2 . Khi mặt trời quay, góc mà các tia nắng mặt trời tiếp cận được mô-đun PV thay đổi. Năng lượng PV tạo tại một vị trí là hàm của góc nghiêng của mô-đun PV được cho trong Phụ lục C.

3.4. THỰC TRẠNG CỦA CÔNG NGHỆ TẠO NĂNG LƯỢNG CỦA PV

Trong những năm gần đây, sự chuyển dịch theo hướng phát triển và lắp đặt các nguồn năng lượng PV đã dẫn đến sự bùng nổ tăng trưởng trong nghiên cứu, phát triển và sản xuất hệ thống PV. Cụ thể, tính đến năm 2008, 13,4 GW công suất PV đã được lắp đặt ở các nước phương Tây, đây là tốc độ tăng trưởng 71%, trong đó Đức dẫn đầu về công suất lắp đặt, tiếp theo là Tây Ban Nha. Điều quan trọng là trong những năm gần đây, sự tăng trưởng này đã được thúc đẩy bằng cách gia tăng các hệ thống nối lưới. Ngày nay, 35% thị phần của lưới điện - công suất lắp đặt tích lũy được kết nối bao gồm lưới điện - PV - kết nối các ứng dụng tập trung. Điều này càng làm nổi bật mức độ liên

quan ngày càng tăng của PV trong việc đáp ứng nhu cầu năng lượng ngày càng tăng của thế kỷ 21. Các mô-đun PV hiện tại có hiệu suất khoảng 12 - 16%. Tuy nhiên, đã có sản xuất các mô-đun trong với hiệu suất 36% làm thay đổi các tấm pin PV từ 300 W đến 900W trong cùng một diện tích. Nghiên cứu phát triển thêm các mô-đun PV với hiệu suất cao đang diễn ra trên toàn thế giới. Giới hạn lý thuyết cho một mô-đun PV được xây dựng từ các tế bào nhiều lớp là 60%. Trong tương lai, chúng ta có thể mong đợi các tấm PV có giá trị định mức là 1.500 W; Ngày nay các tấm pin PV điện mặt trời tập trung có tiềm năng phát triển lên đến 200 mặt trời. Công nghệ biến tần công suất cao đang đạt đến loại 2 MW. Các tấm pin mặt trời đang được thiết kế ở điện áp cấp 600 V. Ở Ý, việc lắp đặt sử dụng biến tần một MW và sản xuất 1,4 GWh mỗi năm. Thiết kế này sử dụng các tấm 180 W. Năm hoặc 10 năm kể từ bây giờ, chúng ta có thể hình dung một thiết kế có thể mở rộng của một hệ thống điện mặt trời trên mái nhà có thể sản xuất 2 MW. Sẽ không mất nhiều thời gian để đến đó từ phía PV.

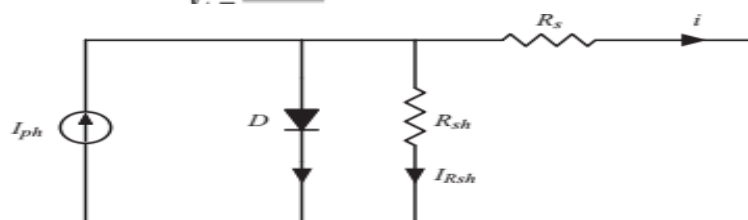
3.5. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA MÔ ĐUN PV

Nhớ lại mạch tương đương của mô hình diode đơn của tế bào PV. Mô hình của Hình 5.41 trình bày các đặc tính dòng điện - điện áp cho một tế bào đơn của mô-đun PV. Mô hình của mô-đun gồm một số của tế bào, nói chung có thể được trình bày dưới dạng:

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{V + IR_s}{n_i V_t}} - 1 \right) - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (3.2)$$

Trong (5.26) V_t là điện áp nhiệt của tiếp giáp cho bằng:

$$V_t = \frac{AkT_{stc}}{q} \quad (3.3)$$



Hình 3.10: Mô hình lũy thừa của mô đun quang điện.

I_{ph}	Photo-generated current at STC
I_o	Dark saturation current at STC
R_s	Panel series resistance
R_{sh}	Panel parallel (shunt) resistance
n_c	Number of cells in the panel connected in series
V_t	Junction thermal voltage
A	Diode quality (ideality) factor
k	Boltzmann's constant
T_{sc}	Temperature at STC in Kelvin
q	Charge of the electron

Bảng 3.20: Các thông số mô đun quang điện của mô hình đi ốt đơn.

Sẽ rất hữu ích nếu biểu diễn các phương trình dưới dạng V_t hơn là A . Giá trị của A có thể được xác định dễ dàng nếu biết được V_t , bằng cách sắp xếp lại các điều khoản của phương trình 5.27, chúng ta có:

$$A = \frac{qV_t}{kT_{sc}} \quad (3.4)$$

Bảng 3.20 mô tả các biến được sử dụng trong mô hình hóa mô-đun trình bày bởi phương trình ở trên.

Thuật ngữ STC biểu thị các điều kiện tiêu chuẩn được sử dụng để đo công suất định mức phát của tế bào quang điện. Nhiệt độ tiếp giáp tế bào ở STC là 25 ° C, mức bức xạ là 1000W/ m² và khối lượng không khí tham chiếu là 1,5 phân bố bức xạ quang phổ mặt trời. Trong biểu thức 5.26, thuật ngữ “- 1” là hơn nhiều số hạng mũ và nó thường bị bỏ qua. Có 5 tham số mô hình là cần xác định đó là I_{ph} , I_o , R_s , R_{sh} và A từ bảng dữ liệu do nhà sản xuất mô-đun PV cung cấp được đo theo STC. Vì A có thể được biểu diễn dễ dàng theo về V_t , q , k và T_{sc} , trong đó chỉ có cái trước là chưa biết, Việc đầu

tiên sẽ là phải xác định V_t , và sau đó giải phương trình ở trên cho A . Đặc tính $V - I$ sẽ được sử dụng để ước tính các tham số của mô hình. Những đặc điểm này là dòng ngắn mạch, điện áp hở mạch, và MPP. Bảng 5.44 tóm tắt dữ liệu đo được tại STC được sử dụng cho phát triển mô hình. Mô hình của phương trình được đánh giá tại các điểm dữ liệu đo được và được xác định trong bảng 3.21.

I_{sc}	Short-circuit current at STC
V_{oc}	Open-circuit voltage at STC
V_{mmp}	Voltage at the maximum power point (MPP) at STC
I_{mpp}	Current at the MPP at STC

Bảng 3.21: Thông số sử dụng trong mô hình.

$$I_{sc} = I_{ph} - I_o e^{\frac{I_{sc} R_s}{n_c V_t}} - \frac{I_{sc} R_s}{R_{sh}} \quad (3.5)$$

$$I_{mpp} = I_{ph} - I_o e^{\frac{V_{MPP} + I_{MPP} R_s}{n_c V_t}} - \frac{V_{MPP} + I_{MPP} R_s}{R_{sh}} \quad (3.6)$$

$$I_{oc} = 0 = I_{ph} - I_o e^{\frac{V_{oc}}{n_c V_t}} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \quad (3.7)$$

Vì MPP là điểm công suất nhận được cực đại trên đường đặc tính $V-I$ Chúng ta có:

$$\left. \frac{dP}{dV} \right|_{V=V_{MPP}, I=I_{MPP}} = 0 \quad (3.8)$$

Chúng ta đang ước tính năm tham số; do đó, một phương trình thứ năm vẫn cần thiết. Đạo hàm của dòng điện với điện áp lúc ngắn mạch được cho là giá trị âm của nghịch đảo R_{sho} ,

$$\left. \frac{dI}{dV} \right|_{I=I_{sc}} = -\frac{1}{R_{sho}} \quad (3.9)$$

Như vậy năm phương trình với năm biến đã được thiết lập. Chi tiết suy ra năm tham số từ năm phương trình được đưa ra trong tài liệu tham khảo [17 – 19]

Trong chương này, chúng ta đã nghiên cứu các hệ thống năng lượng mặt trời, đặc biệt là sự phát triển và thiết kế hệ thống PV với mô hình PV microgrid. Chúng ta cũng đã học cách ước tính năng suất của môđun quang điện dựa trên góc nghiêng của một chuỗi PV so với vị trí của mặt trời. Chiều xạ được định nghĩa là mật độ của bức xạ trên một bề mặt nhất định được biểu thị bằng W/m^2 hoặc W/ft^2 . Cuối cùng, chúng ta đã phát triển một phương pháp ước tính để xây dựng mô hình cho một mô-đun PV.

KẾT LUẬN

Sau thời gian tìm hiểu, nghiên cứu và được sự hướng dẫn của thầy Thân Ngọc Hoàn em đã hoàn thành đồ án: “ **Năng lượng mặt trời, đi sâu tìm hiểu về hệ thống điện năng lượng mặt trời**”. Qua đó em biết được 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 của các năng lượng tái tạo khác như năng lượng gió, năng lượng các dòng sông...

Hệ thống năng lượng mặt trời là hệ thống biến đổi trực tiếp năng lượng mặt trời thành điện năng để chúng ta có thể sử dụng mà không hề gây ô nhiễm môi trường. Ở các chương 1, 2 và 3 của đồ án em đã trình bày được cơ sở, cấu tạo hệ thống, tính toán các hệ thống năng lượng mặt trời.

Tuy em đã hoàn thành đồ án được giao, nhưng do giới hạn về thời gian cũng như kiến thức còn hạn chế, đồ án vẫn còn thiếu sót. Em mong rằng, trong thời gian tới, trường có thể nghiên cứu và đưa vào giáo trình giảng dạy các nguồn năng lượng mới, giúp sinh viên sớm có điều kiện tiếp cận, nghiên cứu và hiểu biết rõ hơn về các nguồn năng lượng này.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày.....tháng....năm 2020

Sinh viên

Bùi Tiến Phong

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- 1, PGS. TS Đặng Đình Thống (2006): Pin Mặt Trời và Ứng Dụng.
- 2, PGS.TS Lê Danh Liên (2006): Cơ sở năng lượng mới và tái tạo.
- 3, Trịnh Quang Dũng (2001): Điện Mặt Trời.
- 4, PGS.TS Nguyễn Bôn, TS Hoàng Dương Hùng: Năng lượng Mặt Trời.
- 5, Báo Khoa học và đời sống, số 280, ngày 24/12/2005: Giải pháp nào cho năng lượng bền vững.

Tiếng Anh

- 6, Design of smart power grid renewable energy.(tham khảo chương 5 của tài liệu này)

Internet

- 7, <http://www.dientuvietnam.net>
- 8, <http://www.advantech.com/support>