

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC



LÊ MINH ĐẠO

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI VỚI BỘ HÒA LƯỚI THÔNG MINH

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT NĂNG LƯỢNG

HÀ NỘI, 2022

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC**

LÊ MINH ĐẠO

**THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP
MÁI VỚI BỘ HÒA LƯỚI THÔNG MINH**

Chuyên ngành : Kỹ Thuật năng lượng

Mã số : 8520135

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT NĂNG LƯỢNG

**Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Hữu Đức
TS. Lê Quang Sáng**

HÀ NỘI, 2022

Lời cảm ơn

Lời đầu tiên, tôi muốn gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy Nguyễn Hữu Đức và thầy Lê Quang Sáng đã chỉ bảo cho tôi nhiều kiến thức chuyên môn về hệ thống điện năng lượng mặt trời để tôi có góc nhìn rõ hơn về những nguồn năng lượng mới. Từ đó, tôi đã tập trung nghiên cứu và xây dựng được một hệ thống điện mặt trời áp mái áp dụng ngay vào thực tiễn.

Tôi cũng xin cảm ơn các thầy cô trong khoa Kỹ thuật năng lượng đã truyền đạt cho tôi những kiến thức bổ ích chuyên sâu về chuyên ngành, cảm ơn các thầy cô Phòng Đào tạo sau Đại học Trường Đại học Điện lực đã giúp đỡ tôi suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn thạc sĩ.

Tiếp theo, tôi xin cảm ơn anh Bùi Duy Linh – đang công tác tại Trung tâm điều độ hệ thống điện Quốc gia đã cung cấp các tài liệu, thông tin EVN phát hành, góp ý và đưa ra những lời khuyên giá trị để tôi có thể hoàn thành luận văn.

Sau cùng, tôi xin tỏ lòng biết ơn đến cha mẹ, người thân và bạn bè đã luôn bên cạnh ủng hộ, động viên tôi trong cuộc sống cũng như trong thời gian hoàn thành luận văn thạc sĩ.

Xin chân thành cảm ơn tất cả mọi người!”

Hà Nội, ngày 20 tháng 10 năm 2022

Tác giả

Lê Minh Đạo

Lời cam đoan

Tôi xin cam đoan đã sử dụng các tài liệu tham khảo của các tác giả, các nhà khoa học và các luận văn được trích dẫn trong phụ lục “Tài liệu tham khảo” cho việc nghiên cứu và viết luận văn.

Tôi xin cam đoan luận văn về đề tài “Thiết kế hệ thống điện mặt trời áp mái với bộ hòa lưới thông minh” là công trình nghiên cứu cá nhân của tôi trong thời gian qua. Mọi số liệu sử dụng phân tích trong luận văn và kết quả nghiên cứu là do tôi tự tìm hiểu, phân tích một cách khách quan, trung thực, có nguồn gốc rõ ràng và chưa được công bố dưới bất kỳ hình thức nào. Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm nếu có sự không trung thực trong thông tin sử dụng trong công trình nghiên cứu này.”

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày 20 tháng 10 năm 2022

Tác giả

Lê Minh Đạo

MỤC LỤC

Lời cảm ơn	3
Lời cam đoan.....	4
DANH MỤC VIẾT TẮT	7
DANH MỤC BẢNG BIỂU	8
DANH MỤC HÌNH ẢNH	9
I. MỞ ĐẦU	12
1. Lý do chọn đề tài.....	12
2. Mục đích nghiên cứu.....	12
3. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu.....	12
4. Phương pháp nghiên cứu.....	12
II. NỘI DUNG	13
CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN	13
1.1 Năng lượng tái tạo - Điện Mặt trời.....	13
1.2 Bức xạ Mặt trời và phương pháp tận dụng bức xạ Mặt trời.....	14
1.2.1 Bức xạ Mặt trời	14
1.2.2 Phương pháp tận dụng bức xạ Mặt trời.....	17
1.3 Công nghệ pin năng lượng mặt trời	19
1.3.1 Hệ thống điện mặt trời áp mái.....	21
1.3.2 Các nghiên cứu về điện năng lượng mặt trời	22
1.4 Kết luận.....	22
CHƯƠNG 2. CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI.....	23
2.1 Các thành phần của hệ thống điện mặt trời áp mái	23
2.1.1 Tấm pin mặt trời và thiết bị phụ trợ	24
2.1.2 Hệ thống lưu trữ điện	26
2.1.3 Inverter thông minh.....	27
2.1.4 Khung giá đỡ, cáp và thiết bị chống sét	29
2.1.5 Công tơ điện 2 chiều	31
2.2 Nguyên lý hoạt động	31
2.2.1 Hệ thống điện Mặt trời độc lập (Off-Grid).....	31
2.2.2 Hệ thống điện Mặt trời hòa lưới (On-Grid).....	32
2.3 Các giải pháp cải thiện chất lượng hệ thống điện mặt trời.....	34
2.3.1 Lựa chọn tấm pin năng lượng mặt trời.....	34
2.3.2 Đối với Inverter thông minh.....	41

2.3.3 Nâng cao tiêu chuẩn bảo vệ khi hệ thống điện mặt trời gặp sự cố.....	57
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI KẾT HỢP INVERTER THÔNG MINH	61
3.1 Phương án thiết kế hệ thống điện năng lượng mặt trời áp mái	61
3.1.1 Tiêu chuẩn nối lưới đối với điện mặt trời áp mái.....	61
3.1.2 Quy trình tính toán vị trí và lắp đặt hệ thống	65
3.1.3 Tính tổng năng lượng nhận được:.....	67
3.1.4 Tính tổng lượng điện tiêu thụ trung bình đối với một hộ gia đình.....	68
3.1.5 Quy trình thủ tục đăng ký sử dụng và kinh doanh điện mặt trời.....	73
3.2 Bản vẽ thiết kế hệ thống điện mặt trời áp mái với Inverter thông minh	76
3.3 Mô tả hoạt động chi tiết của hệ thống khi hoàn thành lắp đặt và đấu lưới.....	77
3.4 Bài toán kinh tế khi đầu tư vào hệ thống điện mặt trời	79
3.4.1 Chi phí lắp đặt hệ thống điện mặt trời.....	79
3.4.2 Tổng tiền nhận được từ hệ thống năng lượng mặt trời.....	80
3.4.3 Bài toán minh họa	81
3.4.4 Kết luận tính kinh tế của hệ thống điện mặt trời	83
CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG ĐỂ ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI.....	84
4.1 Sự tác động của dao động điện áp đến hệ thống điện năng lượng mặt trời.....	84
4.1.1 Công suất phản kháng	84
4.1.2 Công suất phản kháng trong hệ thống điện mặt trời	87
4.2 Phương pháp bù công suất phản kháng trong hệ thống điện năng lượng mặt trời.....	89
4.2.1 Bộ bù công suất phản kháng cố định.....	89
4.2.2 Đối với Bộ bù công suất phản kháng biến đổi	90
4.3 Kết luận chương 4	94
CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN.....	95
5.1 Kết quả và kiến nghị	95
5.1.1 Tính ứng dụng thực tế:.....	95
5.1.2 Ý nghĩa khoa học:	96
5.2 Hạn chế và định hướng mở rộng.....	96
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	98

DANH MỤC VIẾT TẮT

<i>AC</i>	<i>Alternating Current</i>	<i>Dòng điện một chiều</i>
<i>DC</i>	<i>Direct current</i>	<i>Dòng điện xoay chiều</i>
<i>VAR</i>	<i>Volt ampere reactive</i>	<i>Đơn vị đo phản kháng</i>
<i>MPP</i>	<i>Max Power Point</i>	<i>Điểm công suất tối đa</i>
<i>MPPT</i>	<i>Max Power Point Tracker</i>	<i>Thuật toán bám điểm công suất tối đa</i>
<i>SPWM</i>	<i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	<i>Điều chế độ xung hình sin</i>
<i>LVRT</i>	<i>Low Voltage Ride Through</i>	<i>Chạy qua điện áp thấp</i>
<i>AD</i>	<i>Autonomy Day</i>	<i>Ngày dự phòng</i>
<i>DOD</i>	<i>Deep Of Discharge level</i>	<i>Mức xả sâu</i>
<i>PV</i>	<i>Photovoltaic</i>	<i>Tấm pin quang điện</i>
<i>P&O</i>	<i>Perturb and Observe</i>	<i>Phương pháp P O</i>
<i>IC</i>	<i>Increases Current</i>	<i>Phương pháp dẫn điện tăng dần</i>
<i>EVN</i>	<i>Vietnam Electricity</i>	<i>Tập đoàn Điện lực Việt Nam</i>
<i>NLMT</i>	<i>Năng lượng mặt trời</i>	<i>Năng lượng mặt trời</i>
<i>A-Si</i>	<i>Amorphous Silicon</i>	<i>Silic vô định hình</i>
<i>CdTe</i>	<i>Cadmium Telluride</i>	
<i>GIS</i>	<i>Gas Insulation Switchgear</i>	<i>Trạm biến áp</i>

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1 Logic chuyển đổi SPWM

Bảng 3.1 So sánh tiêu chuẩn tần số Việt Nam với quốc tế

Bảng 3.2 Tiêu chuẩn định lượng nhấp nháy quốc tế

Bảng 3.3 Tiêu chuẩn mất cân bằng pha quốc tế

Bảng 3.4 Tiêu chuẩn thiết bị Inverter thông minh

Bảng 3.5 Minh họa về thông số sử dụng điện của một hộ gia đình.

Bảng 3.6 Tính số W-giờ các tấm pin mặt trời phải cung cấp cho toàn tải

Bảng 3.7 Thông số kỹ thuật tấm pin mặt trời 400Wp hãng JinkoSolar

Bảng 3. 8 Tổng chi phí lắp đặt sử dụng hệ thống điện mặt trời

Bảng 3. 9 Bảng giá bán điện theo giờ dành cho nhóm hộ gia đình năm 2019

Bảng 3.10 Bảng thống kê tiền điện phải trả cho EVN theo trung bình tháng

Bảng 3. 11 Thống kê phụ tải của hộ gia đình

Bảng 3.12: Số tiền cần đầu tư

DANH MỤC HÌNH ẢNH

- Hình 1.1: Bức xạ mặt trời
- Hình 1.2: Bản đồ bức xạ Mặt trời ở Việt Nam
- Hình 1.3: Hệ thống nước nóng năng lượng mặt trời
- Hình 1.4: Bếp năng lượng mặt trời
- Hình 1.5: Tế bào quang điện
- Hình 1.6: Điện mặt trời mái nhà tại tp. Hồ Chí Minh
- Hình 2.1: Thành phần của hệ thống điện Mặt trời
- Hình 2.2: Cấu tạo tấm pin năng lượng mặt trời
- Hình 2.3: Nguyên lý làm việc của pin Mặt trời
- Hình 2.4: Inverter thông minh
- Hình 2.5: Đặc tuyến I-V và P-V của pin mặt trời thay đổi theo điều kiện bức xạ
- Hình 2.6: Kết cấu khung giá đỡ tấm pin
- Hình 2.7: Mô hình hệ thống điện mặt trời độc lập
- Hình 2.8: Hệ thống điện Mặt trời hòa lưới không dự trữ (On-Grid)
- Hình 2.9: Pin mặt trời đơn tinh thể Monocrystalline
- Hình 2.10: Pin mặt trời đa tinh thể
- Hình 2.11 : So sánh hiệu suất giữa các loại pin mặt trời
- Hình 2.12: Các tình huống thực tế xảy ra khi sử dụng
- Hình 2.13: Các điểm nóng (Hotspot) là các đốm sáng
- Hình 2.14: Dòng điện qua Cell 2 sẽ bị sụt giảm trở thành tải tiêu thụ
- Hình 2.15: Bypass bỏ qua các cell bị che khuất nên hoạt động bình thường
- Hình 2.16: So sánh giữa công nghệ Bypass diot mới và cũ
- Hình 2.17: Cấu trúc liên kết hệ thống
- Hình 2.18: Cấu trúc liên kết ba pha của Inverter
- Hình 2.19 Biểu đồ tác động của công suất phản kháng
- Hình 2.20: Thuật toán MPPT
- Hình 2.21a: Sơ đồ cấu trúc của thuật toán P & O
- Hình 2.21b: Sơ đồ cấu trúc của thuật toán IC

Hình 2.22a: SPWM Tham chiếu dạng sóng hình sin và tam giác ($m_a = 1$)

Hình 2.22b: SPWM Tham khảo dạng sóng hình sin và tam giác

Hình 2.23 a Dạng sóng điện áp V_{AB} không lọc và được lọc (Ba chu kỳ)

Hình 2.23 b Dạng sóng điện áp V_{AB} không lọc và được lọc (Nửa chu kỳ)

Hình 2.24 Sự phát triển tiêu chuẩn kết nối theo các năm.

Hình 2.25 Chức năng của Inverter thông minh

Hình 2.26: Micro Inverter 600w 220v Mppt Solar Grid

Hình 2.27: String inverter

Hình 2.28: Central inverter Generac PWRcell Inverter 9kWh

Hình 2.29 Thị phần các nhà sản xuất inverter năm 2019

Hình 2.30 Các giải pháp chống sét hệ thống điện mặt trời

Hình 3.1: Lượng bức xạ mặt trời theo năm tại quận Hải An - TP. Hải Phòng

Hình 3.2 Các loại công nghệ lắp đặt khung dàn Pin mặt trời

Hình 3.3 Góc nghiêng lắp đặt tấm pin

Hình 3.4 Tính toán sản lượng điện theo mô phỏng phần mềm PVsyst

Hình 3.5a: Thông số cấu hình Inverter

Hình 3.5b: Lựa chọn kích thước dây dẫn

Hình 3.6a Quy trình đăng ký kiểm tra và mua bán điện giai đoạn 1

Hình 3.6b Quy trình đăng ký kiểm tra và mua bán điện giai đoạn 2

Hình 3.7 Chi tiết giàn khung hệ thống điện mặt trời nổi lưới

Hình 3.8 Sơ đồ nguyên lý cấu tạo hệ thống

Hình 3.9 Nguyên lý đấu nối các tấm pin

Hình 3.10: Sơ đồ cấu trúc điều khiển hệ thống điện mặt trời

Hình 4.1: Công suất phản kháng

Hình 4.2: Sơ đồ nối điện điển hình khi có hệ thống NLMT.

Hình 4.3: Đồ thị P-Q tại điểm giao nhận khi có Solar

Hình 4.4: Đồ thị P-Q tại điểm giao nhận khi sau khi phát Q thêm từ hệ Solar

Hình 4.5: Đồ thị P-Q tại điểm giao nhận khi sau khi phát Q thêm từ hệ khác

Hình 4.6 Tự điện cố định và bộ điều chỉnh

Hình 4.7 Sơ đồ nguyên lý của máy đồng bộ

Hình 4.8 Sơ đồ bản vẽ SVC

Hình 4.9: Sơ đồ nguyên lý và mạch tương đương trên mỗi pha – STATCOM [44]

Hình 4.10: Đồ thị thể hiện (a) Hoạt động điện dung, (b) hoạt động quy nạp, (c)

Không có chế độ tải ($V_i = V_s$)

Hình 4. 11 Đặc điểm V-I của STATCOM

I. MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Các nguồn năng lượng sơ cấp đang có nguy cơ bị suy kiệt, do con người khai thác ngày càng nhiều. Hầu như các quy trình chuyển nguồn năng lượng sơ cấp sang điện năng thường gây ô nhiễm môi trường. Vì vậy, cần hướng đến nguồn năng lượng sạch như năng lượng gió, năng lượng nước, năng lượng mặt trời. Nhưng nguồn điện tạo ra từ năng lượng mặt trời có nhiều ưu điểm hơn vì cấu tạo hệ thống đơn giản, an toàn và chi phí đầu tư phù hợp.

2. Mục đích nghiên cứu

Thiết kế và phân tích hệ thống điện mặt trời áp mái với bộ hòa lưới thông minh. Giới thiệu chi tiết các ứng dụng năng lượng mặt trời quy mô hộ gia đình, tòa nhà cao tầng, hoặc các xí nghiệp doanh nghiệp. Luận văn đưa ra một hướng nghiên cứu mới để cải thiện chất lượng và tính năng của hệ thống khi đi sâu vào phân tích thành phần bộ hòa lưới thông minh trong hệ thống điện năng lượng mặt trời. Đồng thời nêu lên đóng góp về hiệu quả kinh tế trong việc lắp đặt hệ thống điện mặt trời thực tế.

3. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Luận văn được áp dụng cho các hộ gia đình để nâng cao tính hiệu quả kinh tế trong đầu tư và khai thác điện mặt trời. Các mô hình hệ thống điện mặt trời được phân tích và mô phỏng có thể triển khai thực hiện trong trường đại học giúp cho sinh viên thực hiện thí nghiệm trên các mô hình thực.

4. Phương pháp nghiên cứu

Đây là một dự án tương đối chi tiết với những phân tích chuyên sâu và kết quả mô phỏng rõ ràng giúp nhận ra lợi ích của việc sử dụng năng lượng mặt trời. Thông qua bài toán đầu tư hệ thống điện mặt trời, đưa ra nhìn nhận rõ hơn về hiệu quả kinh tế của một dự án đầu tư điện mặt trời áp mái.

II. NỘI DUNG

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

1.1 Năng lượng tái tạo - Điện Mặt trời

Năng lượng luôn là yếu tố quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của tất cả các nước trên thế giới. Các nguồn nhiên liệu hóa thạch như than đá, dầu mỏ, khí đốt đã và đang đáp ứng phần lớn nhu cầu năng lượng của con người. Tuy nhiên, nguồn năng lượng hóa thạch có hạn, vì vậy việc nghiên cứu và sử dụng nguồn năng lượng xanh, năng lượng tái tạo (NLTT) như hạt nhân, điện gió, Mặt trời, địa nhiệt, năng lượng sinh khối, vv... là một nhu cầu tất yếu. Phát triển năng lượng tái tạo ngày nay đang là xu hướng của thế giới, làm thay đổi nhanh chóng cơ cấu ngành năng lượng. Nhiều quốc gia đã khẩn trương xây dựng và thực thi các chiến lược, chính sách phát triển năng lượng tái tạo với tầm nhìn dài hạn, tập trung các nguồn lực con người, khoa học – công nghệ và tài chính – tín dụng... hướng tới việc phát triển nền kinh tế các-bon thấp, bền vững và thân thiện với môi trường. Nắm bắt được tầm quan trọng của vấn đề khi phải đối mặt với bài toán phức tạp và đa mục tiêu, chính phủ đã có những động thái hết sức kịp thời và tích cực, từ đó thiết lập khung hỗ trợ các nguồn năng lượng tái tạo, đặc biệt là điện Mặt trời và điện gió.

Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) cho biết, sáu tháng đầu năm 2021, sản lượng điện sản xuất và nhập khẩu toàn hệ thống đạt 128,51 tỷ kWh, tăng 7,4% so với cùng kỳ năm 2020. Trong đó, năng lượng tái tạo (điện gió, điện Mặt trời, điện sinh khối) huy động đạt 14,69 tỷ kWh, chiếm tỷ trọng 11,4%[1] Việt Nam hiện có công suất điện Mặt trời được lắp đặt toàn diện nhất ở Đông Nam Á, với 16.500 vào năm 2020. Việt Nam cũng nằm trong top 10 quốc gia có công suất lắp đặt năng lượng Mặt trời cao nhất trên toàn cầu vào năm 2020. Đây được cho là bước khởi đầu của quá trình chuyển đổi năng lượng của đất nước khỏi than đá.[2] Đến thời điểm hiện tại, tổng công suất lắp đặt về điện Mặt trời trên cả nước đã đạt tới khoảng 19.400 MWp, riêng điện Mặt trời áp mái, đến tháng 12 năm 2021 đã có 104.282 dự án được lắp đặt, tổng công suất 9.580 MWp, sản lượng phát lên lưới hơn 3,57 tỷ MWh tương ứng khoảng 16.500 MW - chiếm khoảng 25% tổng công suất lắp đặt nguồn điện của hệ thống điện Quốc gia. Nếu giá lắp đặt điện Mặt trời áp mái trung bình 12 triệu đồng/kWp thì tổng số tiền đầu tư đã gần 115 nghìn tỷ (tương đương khoảng 5 tỷ USD). Như vậy tiềm năng của điện Mặt trời áp mái là rất lớn, chi phí đầu tư phù hợp với khả năng của nhiều gia đình tại Việt Nam. Thống kê riêng tại Tp. Hồ Chí Minh cho thấy, có tới gần 277.000 mái nhà tại đây đủ điều kiện để lắp đặt điện Mặt trời. Nếu phát huy tối đa thị

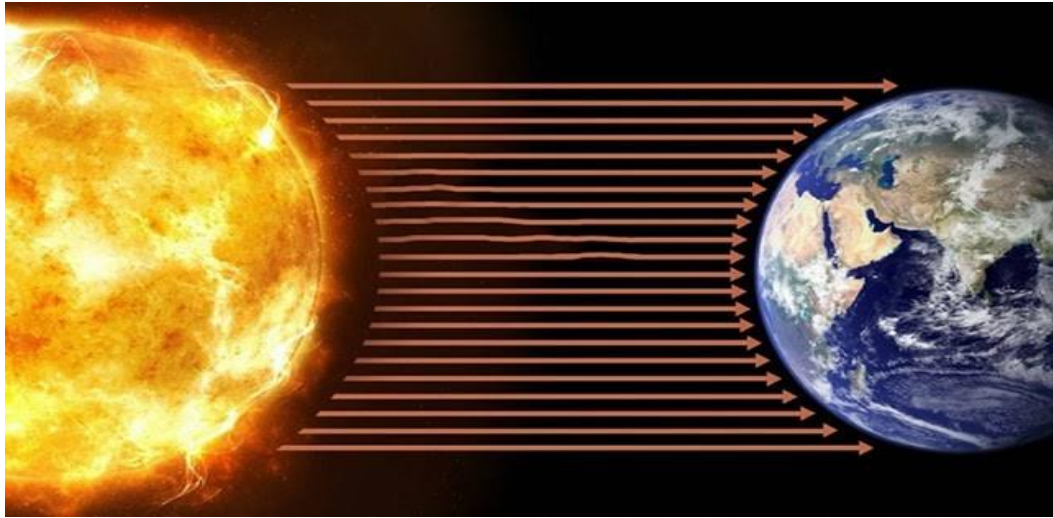
trường điện Mặt trời áp mái, nước ta sẽ có một nguồn cung điện năng rất lớn và chủ động được nguồn điện, đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia.

Với chính sách của Nhà nước khuyến khích phát triển nguồn điện từ năng lượng Mặt trời, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 13/2020/QĐ-TTg ngày 06/4/2020 về cơ chế khuyến khích phát triển các dự án điện Mặt trời tại Việt Nam. Trong đó, điện Mặt trời áp mái là một hình thức mới, ưu việt và được trợ giá bán cao nhất trong 3 công nghệ điện Mặt trời tại Việt Nam hiện nay. Giá mua điện Mặt trời áp mái hiện nay của Tập đoàn điện lực Quốc gia EVN là 1943 VNĐ/kWh tương đương 8,38 UScent/kWh. Công nghệ điện Mặt trời áp mái có nhiều ưu điểm có thể phát triển vượt bậc trong tương lai. Điện Mặt trời áp mái không tốn diện tích đất. Giúp tăng cường chống nóng hiệu quả cho các công trình. Có quy mô nhỏ, lắp đặt phân tán nên được đấu nối vào lưới điện hạ áp và trung áp hiện hữu, không cần đầu tư thêm hệ thống lưới điện truyền tải. Được lắp đặt nhiều ở các mái nhà trong thành phố, khu công nghiệp nên có tác dụng làm giảm quá tải lưới điện từ các nguồn điện truyền thống.

1.2 Bức xạ Mặt trời và phương pháp tận dụng bức xạ Mặt trời

1.2.1 Bức xạ Mặt trời

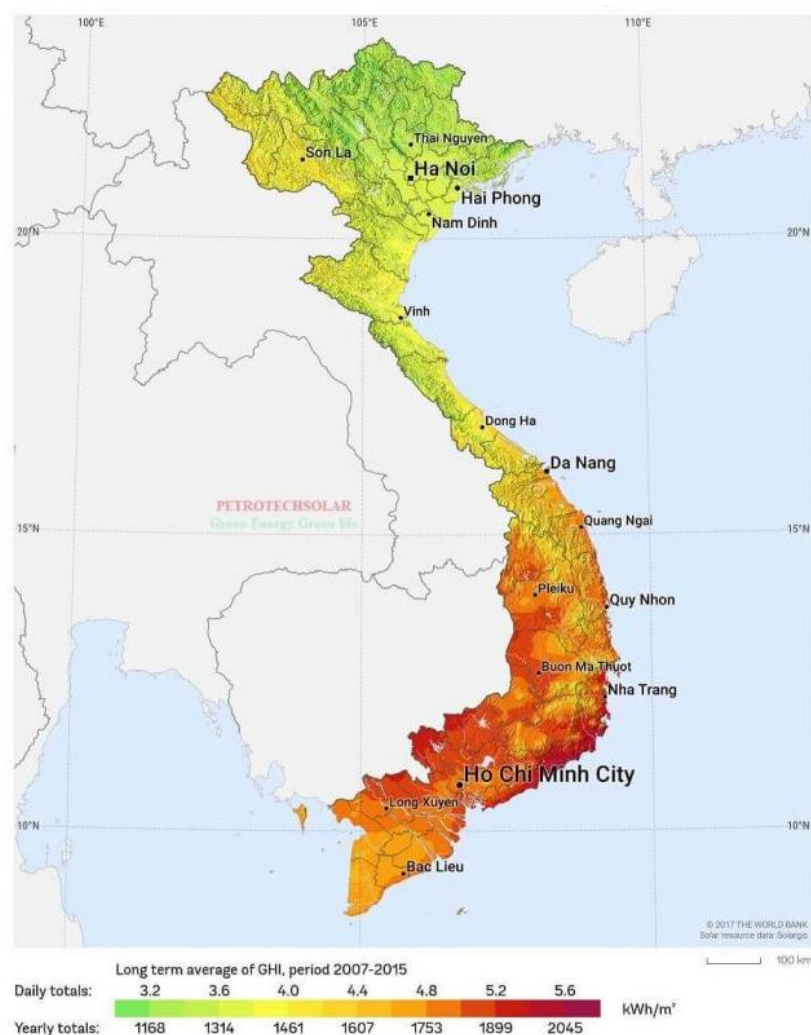
Bức xạ Mặt trời là các dòng vật chất và năng lượng do Mặt trời phát ra. Đây chính là nguồn năng lượng chính cho những quá trình phong hoá, bóc mòn, vận chuyển và bồi tụ trên Trái Đất, cũng như chiếu sáng và sưởi ấm cho các hành tinh có trong hệ Mặt trời. Bức xạ Mặt trời được hấp thụ và biến đổi thành nhiều dạng năng lượng hữu ích như nhiệt và điện sử dụng cho nhiều công nghệ. Chuyển đổi bức xạ của ánh sáng mặt trời thành nhiệt năng, phục vụ cho hệ thống sưởi ấm, làm mát, thông gió, làm nóng nước, đun nước để tạo hơi quay tuabin điện, nấu ăn từ nhiệt mặt trời, xử lý nước bằng năng lượng mặt trời... Điện mặt trời là việc chuyển đổi bức xạ của ánh sáng mặt trời thành điện năng phục vụ cho sinh hoạt, sản xuất. Điện được phát dựa trên động cơ nhiệt và pin quang điện.



Hình 1.1: Bức xạ Mặt trời

Lượng bức xạ của Mặt trời sẽ thay đổi tùy theo: Vị trí địa lý, khoảng thời gian, thời điểm trong ngày, theo mùa và thời tiết. Vì Trái Đất hình cầu nên Mặt trời chiếu vào bề mặt ở các góc khác nhau từ 0° đến 90° . Khi các tia sáng Mặt trời thẳng đứng vuông góc thì bề mặt Trái đất sẽ nhận năng lượng nhiều nhất đồng nghĩa khu vực Xích Đạo sẽ nhận nhiều năng lượng nhất. Còn ở vùng cực Bắc và Nam sẽ không bao giờ nhận được bức xạ Mặt trời theo góc 90° trong suốt cả năm. Lượng bức xạ Mặt trời được tính toán bằng cách đo lượng ánh sáng Mặt trời ở các vị trí cụ thể theo các thời điểm khác nhau trong năm và ước tính lượng ánh sáng Mặt trời tại các vùng có cùng vĩ độ và có khí hậu tương tự. Những phép đo năng lượng Mặt trời thường được biểu thị bằng tổng bức xạ trên một bề mặt ngang. Dữ liệu bức xạ cho các hệ thống điện năng lượng Mặt trời (hệ thống của pin quang điện) thường được biểu thị dưới đơn vị kilowatt-giờ trên mét vuông (kWh/m^2). Ước tính trực tiếp về năng lượng Mặt trời cũng có thể được tính bằng watt trên một mét vuông (W/m^2).

Cường độ bức xạ Mặt trời tại Việt Nam rất dồi dào, trung bình tổng bức xạ năng lượng Mặt trời ở Việt Nam vào khoảng $5\text{kWh/m}^2/\text{ngày}$ ở các tỉnh miền Trung và miền Nam, và vào khoảng $4\text{kWh/m}^2/\text{ngày}$ ở các tỉnh miền Bắc.



Hình 1.2: Bản đồ bức xạ Mặt trời ở Việt Nam [5].

Từ dưới vĩ tuyến 17, bức xạ Mặt trời không chỉ nhiều mà còn rất ổn định trong suốt thời gian của năm, giảm khoảng 20% từ mùa khô sang mùa mưa. Số giờ nắng trong năm ở miền Bắc vào khoảng 1500-1700 giờ trong khi ở miền Trung và miền Nam Việt Nam, con số này vào khoảng 2000-2600 giờ mỗi năm. Theo tài liệu khảo sát lượng bức xạ Mặt trời cả nước:

- Các tỉnh ở phía Bắc (từ Thừa Thiên – Huế trở ra) bình quân trong năm có chừng 1800 – 2100 giờ nắng. Trong đó, các vùng Tây Bắc (Lai Châu, Sơn La, Lào Cai) và vùng Bắc Trung Bộ (Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh) được xem là những vùng có nắng nhiều.

- Các tỉnh ở phía Nam (từ Đà Nẵng trở vào), bình quân có khoảng 2000 – 2600 giờ nắng, lượng bức xạ Mặt trời tăng 20% so với các tỉnh phía Bắc. Ở vùng này, Mặt trời chiếu gần như quanh năm, kể cả vào mùa mưa. Do đó, đối với các địa phương

ở Nam Trung bộ và Nam bộ, nguồn bức xạ Mặt trời là một nguồn tài nguyên to lớn để khai thác sử dụng.

1.2.2 Phương pháp tận dụng bức xạ Mặt trời

Năng lượng mặt trời, bức xạ ánh sáng và nhiệt từ mặt trời đã được con người khai thác ngay từ thời cổ đại. Bức xạ mặt trời, cùng với tài nguyên thứ cấp của năng lượng mặt trời như sức gió và sức sóng, sức nước và sinh khối tạo thành hầu hết năng lượng tái tạo có sẵn trên trái đất. Tuy nhiên chỉ một phần rất nhỏ của năng lượng mặt trời có sẵn được con người khai thác đưa vào sử dụng.

1.2.2.1 Thiết bị sấy dùng năng lượng Mặt trời

Từ lâu, năng lượng Mặt trời đã được con người áp dụng trong lĩnh vực nông nghiệp để sấy các sản phẩm như ngũ cốc, thực phẩm... nhằm giảm tỷ lệ hao hụt và tăng chất lượng sản phẩm. Ngày nay công nghệ sấy năng lượng mặt trời đang được phát triển và ứng dụng nhiều tại các đơn vị sản xuất chế biến đồ khô. Những thiết bị này được nhiều người quan tâm vì nó tiết kiệm chi phí so với các loại máy sấy chạy bằng điện thông thường và hiệu quả hơn nhiều so với cách phơi nắng thủ công. Nguyên lý hoạt động của thiết bị này là tạo một phòng sấy dạng mái vòm bằng những tấm thu nhiệt trong suốt. Khi ánh nắng mặt trời chiếu vào, nhiệt sẽ được giữ bên trong phòng sấy và ngày càng nóng lên theo dạng hiệu ứng nhà kính. Nhờ vậy mà nhiệt độ bên trong phòng sấy có thể cao hơn nhiệt độ môi trường 15 – 20 độ C giúp sấy sản phẩm nhanh khô hơn.

1.2.2.2 Thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng Mặt trời

Ứng dụng đơn giản, phổ biến và hiệu quả nhất hiện nay của năng lượng Mặt trời là dùng để đun nước nóng và đã được áp dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới. Ở Việt Nam hệ thống cung cấp nước nóng bằng năng lượng Mặt trời đã và đang được ứng dụng rộng trên toàn quốc. Các hệ thống này đã tiết kiệm cho người sử dụng một lượng đáng kể về năng lượng, góp phần rất lớn trong việc thực hiện chương trình tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường.



Hình 1.3: Hệ thống nước nóng năng lượng mặt trời

1.2.2.3 Bếp nấu năng lượng Mặt trời

Bếp năng lượng Mặt trời được biết đến là một trong những thiết bị ứng dụng nguồn năng lượng mặt trời. Chiếc bếp này có thể đạt được công suất vài trăm Watt và nhiệt độ lên tới 200 độ C, chúng hoạt động dựa trên nguyên tắc:

- Hội tụ ánh sáng: Sử dụng dụng cụ như gương hay kim loại có độ phản chiếu cao, điều này sẽ giúp ánh nắng tập trung vào một điểm.
- Chuyển ánh sáng thành sức nóng: Những vật màu đen sẽ có tính hấp thụ ánh sáng, vì vậy người ta thường sử dụng vật màu đen trong thiết kế.
- Chất liệu dẫn nhiệt tốt: Vật chất kim loại sẽ được sử dụng với tính dẫn nhiệt cao, giúp bếp nhanh nóng.
- Giữ nóng: Cần một tấm kính hoặc lớp chất dẻo trong suốt sẽ cho ánh sáng vào trong. Khi ánh sáng biến thành độ nóng, nhiệt sẽ được giữ lại bởi tấm kính.



Hình 1.4: Bếp năng lượng mặt trời

1.2.2.4 Quá trình vô trùng nước bằng năng lượng Mặt trời

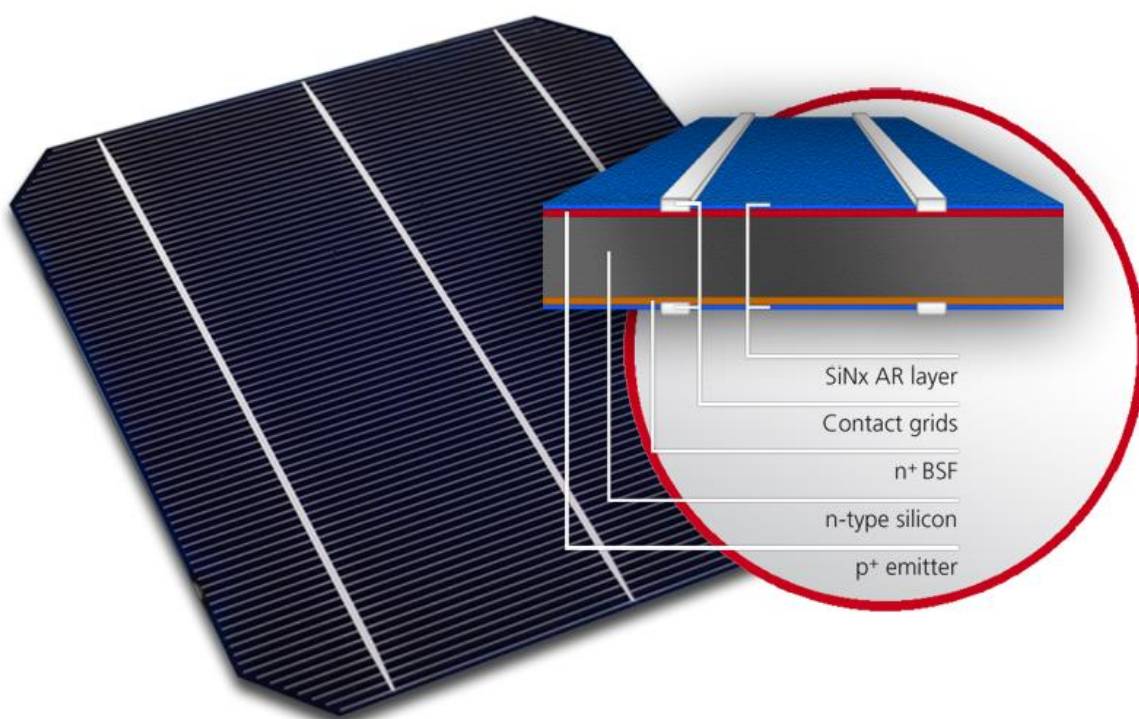
Việc vô trùng nước bằng năng lượng Mặt trời có thể được thực hiện bằng các hộp thu năng lượng Mặt trời gồm một khung gỗ có phủ một lớp màng mỏng được sơn đen để tập trung nhiệt lượng từ ánh nắng Mặt trời. Phía trong có một cái bình để đựng nước. Nhiệt lượng thu được từ ánh nắng Mặt trời sẽ đun nước tới khoảng 65 độ C sau vài chục phút và sau đó nước sẽ được vô trùng. Một hộp năng lượng Mặt trời như vậy có thể vô trùng được khoảng 4 lít nước trong vòng 3 tiếng đồng hồ. Phương án này đã được Viện Khoa học công nghệ môi trường Liên bang Thụy Sĩ (EAWAG) và Trung tâm Nghiên cứu nước và vệ sinh môi trường cho các nước đang phát triển ở Thụy Sĩ (SANDEC) nghiên cứu từ năm 1991 và được phân tích rõ trong tài liệu [3]. Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn (Cerwass) đã triển khai kêu gọi mọi người sử dụng phổ biến thông qua dự án “Thúc đẩy và lan rộng phương pháp xử lý vi sinh vật trong nước bằng ánh sáng Mặt trời” công văn số 1131/DP/AIDSMT, ngày 27/07/2005. [4]

1.3 Công nghệ pin năng lượng mặt trời

Ngày nay, ứng dụng phổ biến và quan trọng nhất của bức xạ mặt trời đối với con người đó là cung cấp năng lượng cho công nghệ pin năng lượng mặt trời. Công nghệ này cho phép chuyển đổi năng lượng mặt trời thành năng lượng điện. Pin Mặt trời, tấm năng lượng mặt trời hay tấm quang điện (Solar panel) bao gồm nhiều tế bào quang điện (solar cells) - là phần tử bán dẫn có chứa trên bề mặt một số lượng lớn các cảm biến ánh sáng là diốt quang, thực hiện biến đổi năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện. Cường độ dòng điện, hiệu điện thế hoặc điện trở của pin mặt trời

thay đổi phụ thuộc bởi lượng ánh sáng chiếu lên chúng. Tế bào quang điện được ghép lại thành khối để trở thành pin mặt trời (thông thường 60 hoặc 72 tế bào quang điện trên một tấm pin mặt trời). Tế bào quang điện có khả năng hoạt động dưới ánh sáng mặt trời hoặc ánh sáng nhân tạo. Chúng có thể được dùng như cảm biến ánh sáng (ví dụ cảm biến hồng ngoại), hoặc các phát xạ điện từ gần ngưỡng ánh sáng nhìn thấy hoặc đo cường độ ánh sáng. Trên bề mặt pin được phủ các đường dẫn bằng kim loại với các nhánh nhỏ hơn tỏa ra trên bề mặt pin để thu thập electron sinh ra bởi hiệu ứng quang điện. Sự chuyển đổi này thực hiện theo hiệu ứng quang điện. Hoạt động của pin mặt trời được chia làm ba giai đoạn:

- Đầu tiên năng lượng từ các photon ánh sáng được hấp thụ và hình thành các cặp electron-hole trong chất bán dẫn.
- Các cặp electron-hole sau đó bị phân chia bởi ngăn cách tạo bởi các loại chất bán dẫn khác nhau (p-n junction). Hiệu ứng này tạo nên hiệu điện thế của pin mặt trời.
- Pin mặt trời sau đó được nối trực tiếp vào mạch ngoài và tạo nên dòng điện.



Hình 1.5: Tế bào quang điện

Pin năng lượng Mặt trời có nhiều ứng dụng trong thực tế, chúng đặc biệt thích hợp cho các vùng mà điện lưới khó vươn tới như núi cao, ngoài đảo xa, hoặc phục vụ các hoạt động trên không gian; cụ thể như các vệ tinh quay xung quanh quỹ đạo Trái Đất,

máy bay không người lái trong quân sự, hoạt động khoa học, máy tính cầm tay, thiết bị bơm nước... Các Pin năng lượng Mặt trời được thiết kế như những modul thành phần, được ghép lại với nhau tạo thành các tấm năng lượng Mặt trời có diện tích lớn, thường được đặt trên nóc các tòa nhà nơi chúng có thể có ánh sáng nhiều nhất, và kết nối với bộ chuyển đổi của mạng lưới điện.

1.3.1 Hệ thống điện mặt trời áp mái



Hình 1.6: Điện mặt trời mái nhà tại tp. Hồ Chí Minh

Hệ thống điện mặt trời áp mái, hay còn gọi là điện mặt trời áp mái là hệ thống lắp đặt những tấm pin năng lượng mặt trời lên mái nhà để sản xuất điện năng phục vụ cho hộ gia đình. Mô hình điện mặt trời áp mái nối lưới điện Quốc gia có nhiều ưu điểm và mang lại hiệu quả kinh tế cao: điện sản xuất ra phục vụ cho chính căn hộ, không cần bộ lưu trữ và phần điện dư thừa sẽ truyền tải trực tiếp lên lưới điện. Hiện nay, đa phần dự án công suất nhỏ của các hộ gia đình đều dùng bộ biến tần (inverter) hòa lưới, không có bộ lưu trữ điện. Điện mặt trời áp mái không chỉ giúp tiết kiệm chi phí sử dụng điện của hộ gia đình, việc lắp tấm pin năng lượng mặt trời áp mái còn giúp mái nhà chống nóng, góp một phần giảm hiệu ứng nhà kính, bảo vệ môi trường.

1.3.2 Các nghiên cứu về điện năng lượng mặt trời

Ứng dụng của năng lượng Mặt trời cũng rất hữu ích và đa dạng, ở Việt Nam hiện nay đã có nhiều công trình đã đi sâu vào việc nghiên cứu và áp dụng hiệu quả vào thực tế để đảm bảo tính hiệu quả kinh tế và nâng cao hiệu suất của hệ thống như: Nghiên cứu hệ thống điều khiển bám Mặt trời phục vụ cho việc tái tạo năng lượng – Nguyễn Thái Vĩnh[7]. Nghiên cứu nâng cấp mô hình trạm cung cấp điện kết hợp sử dụng năng lượng Mặt trời và nguồn điện lưới tại Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam – Vũ Minh Pháp[8]. Những công trình của Benjamin Anders Johnson [9]; San Luis Obispo[10]; J. Schonberger [11]; Cody A. Hill, Matthew Clayton Such, Dongmei Chen, Juan Gonzalez, and W. Mack Grady [12] là những công trình nghiên cứu quốc tế với mục đích điều khiển công suất thực và công suất phản kháng trong hệ thống điện Mặt trời, đồng thời thể hiện sự ảnh hưởng của Inverter thông minh đối với lưới điện trong tình trạng lưới gặp sự cố. Đây là những phân tích, đánh giá có vai trò quan trọng đối với sự phát triển lĩnh vực điện Mặt trời trong tương lai. Tuy vậy, còn tồn tại một số vấn đề mà những tài liệu trên vẫn chưa đề cập đến là phân tích chức năng của bộ lọc để kiểm soát sóng hài, chưa phân tích chuyên sâu về Inverter thông minh khi điều khiển hệ thống điện Mặt trời vượt qua các sự cố ngắn mạch chạm đất và chạm pha, chưa phát triển hệ thống năng lượng điện Mặt trời với truyền tải điện không dây hoặc lưới điện thông minh. Từ đó thấy được việc đầu tư nghiên cứu và phát triển nguồn năng lượng mặt trời là vô cùng cần thiết, giúp điện mặt trời cũng như năng lượng tái tạo trở thành xu hướng phát triển của thế giới trong tương lai gần.

1.4 Kết luận

Việc dịch chuyển từ khai thác nguồn năng lượng truyền thống (dầu mỏ, khí đốt, than đá, vv...) sang phát triển năng lượng tái tạo (NLTT) là xu thế phát triển tất yếu không chỉ ở Việt Nam mà trên toàn thế giới. Trong đó, nguồn năng lượng điện mặt trời rất phù hợp với đặc trưng thời tiết nước ta và đảm bảo được nguồn năng lượng sạch thân thiện với môi trường. Mặt khác điện mặt trời áp mái không chỉ giúp tiết kiệm chi phí sử dụng điện của hộ gia đình, việc lắp tấm pin năng lượng mặt trời lên mái nhà còn giúp chống nóng. Đặc biệt, sử dụng điện mặt trời áp mái cũng góp phần giúp Tập đoàn điện lực Việt Nam EVN giảm bớt gánh nặng tài chính trong việc phát triển nguồn điện thay thế. Chính vì vậy, luận văn này đi sâu vào phân tích và đưa ra giải pháp cho những vấn đề còn hạn chế khi thiết kế, lắp đặt và sử dụng điện mặt trời áp mái. Giúp các hộ gia đình khai thác được nguồn tài nguyên sẵn có và vô hạn, giảm chi phí tiền điện mỗi tháng, bảo vệ môi trường và giúp cải thiện chất lượng điện cho hệ thống điện lực Quốc gia.

CHƯƠNG 2. CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI

2.1 Các thành phần của hệ thống điện mặt trời áp mái

Đối với một hệ thống điện mặt trời áp mái đầy đủ gồm có các thành phần như sau :

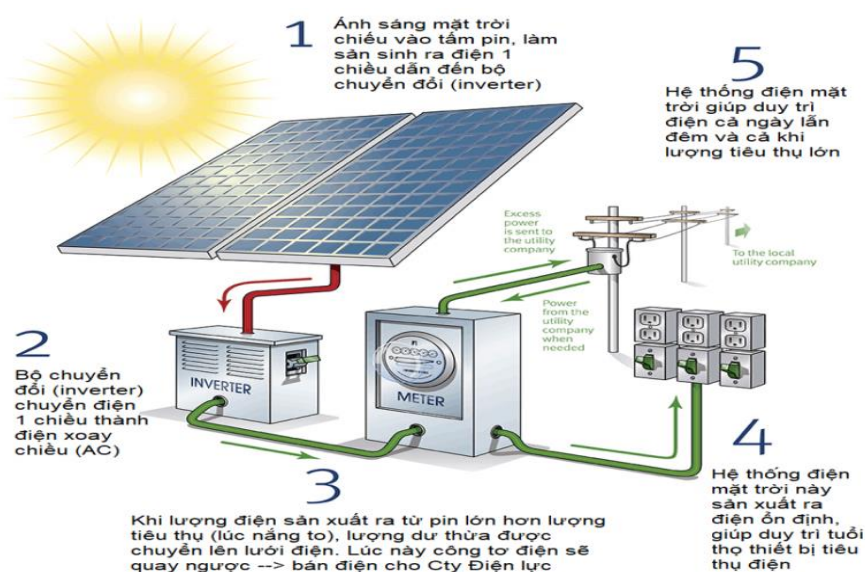
- Dàn pin mặt trời có nhiệm vụ hấp thụ và chuyển đổi dạng năng lượng từ quang năng sang điện năng (ở dạng dòng điện 1 chiều DC), cùng một số thiết bị phụ trợ khác. Hiện nay, có 2 loại tấm pin năng lượng mặt trời phổ biến đó là: pin năng lượng mặt trời Mono (đơn tinh thể) và pin năng lượng mặt trời Poly (đa tinh thể).

- Để duy trì nguồn điện cung cấp cho hộ gia đình khi mất điện hoặc vào ban đêm thì hệ thống điện mặt trời có thể sử dụng thêm acquy hoặc pin lưu trữ điện.

- Biến tần (bộ chuyển nguồn Inverter hòa lưới): là cơ chế chuyển đổi dòng điện trực tiếp (DC) được tạo ra bởi các tấm pin năng lượng mặt trời thành dòng điện xoay chiều (AC). Giúp hòa lưới trực tiếp vào lưới điện quốc gia, trong hệ thống tùy theo nhu cầu có thể kết nối với máy vi tính, các thiết bị đóng ngắt phụ trợ, các thiết bị giám sát và đo đếm để thống kê phân tích lượng điện thu được. Ngoài ra, Inverter có thể thực hiện các chức năng như dò tìm tách đảo (islanding detection), vượt sự cố (LVRT),vv...

- Khung giá đỡ, cáp điều khiển/ dây dẫn, nối đất và thiết bị chống sét.

- Ngoài ra còn có đồng hồ 2 chiều để đo tính điện năng khi mua và bán điện cho EVN.

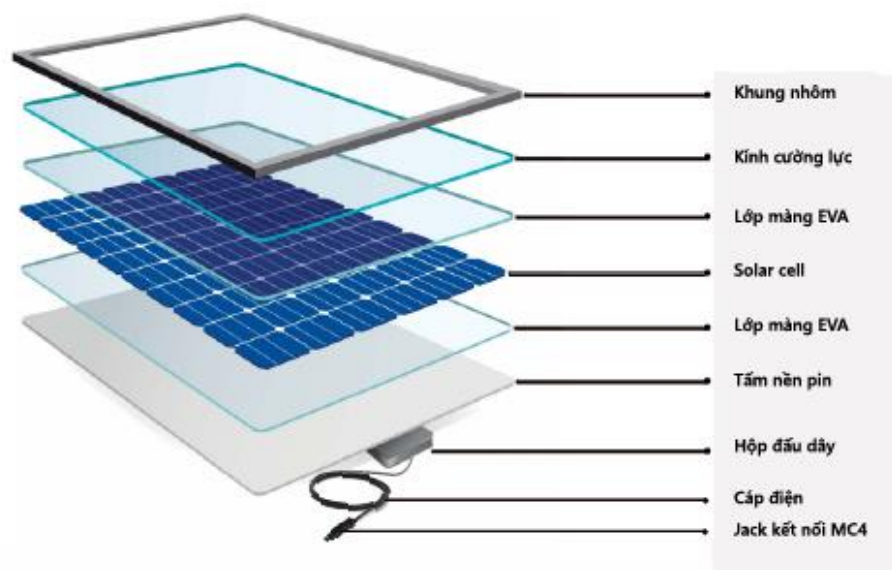


Hình 2.1 Thành phần của hệ thống điện Mặt trời

2.1.1 Tấm pin mặt trời và thiết bị phụ trợ

Cấu tạo

Pin năng lượng mặt trời hay pin quang điện bao gồm nhiều tế bào quang điện - là phân tử bán dẫn trên bề mặt có chứa một số lượng lớn các cảm biến ánh sáng là các điốt quang, thực hiện biến đổi năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện [15]. Pin năng lượng mặt trời được chia làm 8 bộ phận gồm: khung nhôm, kính cường lực, lớp màng EVA, solar cell, tấm nền pin (phía sau), hộp đấu dây (junction box), cáp điện và cổng kết nối MC4.

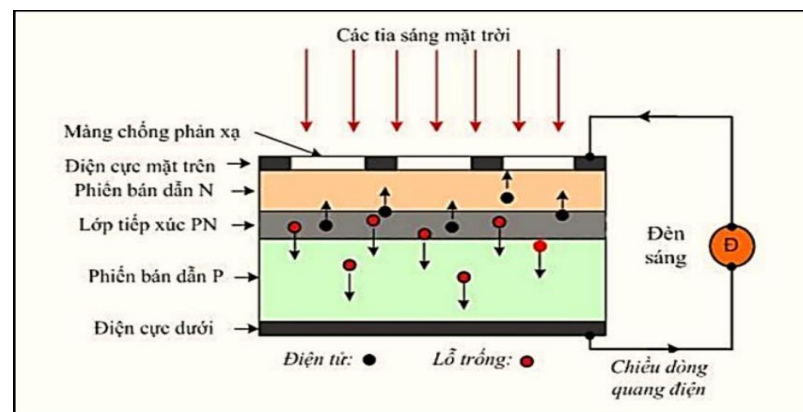


Hình 2.2 Cấu tạo tấm pin năng lượng mặt trời

- Khung nhôm: có chức năng tạo ra một kết cấu đủ cứng cáp để gắn lên tế bào quang điện và các bộ phận khác. Thiết kế chắc chắn nhưng vẫn đảm bảo trọng lượng đủ nhẹ, khung nhôm bảo vệ và cố định các thành phần bên trong trước ngoại lực tác động bên ngoài. Một số hãng ví dụ như Canadian Solar, thậm chí khung nhôm còn được anode hóa và gia cố thanh ngang để tăng độ chắc chắn cho tấm pin.
- Kính cường lực: giúp bảo vệ tế bào quang điện khỏi các tác động của thời tiết như nhiệt độ, mưa, tuyết, bụi,... và các tác động va đập khác từ bên ngoài. Kính cường lực được thiết kế có độ dày từ 2-4mm (đa số là khoảng 3.2-3.3mm) để đảm bảo vừa đủ khả năng bảo vệ và duy trì được độ trong suốt cho tấm pin mặt trời (ánh sáng ít bị phản xạ tăng khả năng hấp thụ).

- Lớp màng EVA (ethylene vinyl acetate) hay chất kết dính là 2 lớp màng polymer trong suốt được đặt trên và dưới lớp solar cell có tác dụng kết dính solar cell với lớp kính cường lực phía trên và tấm nền phía dưới. Lớp này còn có tác dụng hấp thụ và bảo vệ solar cell khỏi sự rung động, tránh bám bụi và hơi ẩm. Vật liệu EVA có khả năng chịu đựng nhiệt độ khắc nghiệt và có độ bền cực kỳ cao.
- Lớp Solar cell (tế bào quang điện) là các đơn vị nhỏ cấu thành nên tấm pin năng lượng mặt trời. Những loại pin năng lượng mặt trời thông dụng như Mono (monocrystalline) – đơn tinh thể và Poly (polycrystalline) – đa tinh thể đều được làm từ Silic, một loại chất bán dẫn phổ biến. Trong một cell, tinh thể silic bị kẹp giữa hai lớp dẫn điện (ribbon và các thanh busbar). Một tế bào quang điện sử dụng hai lớp silic khác nhau, loại n và loại p.
- Tấm nền pin (phía sau), có chức năng cách điện, bảo vệ cơ học và chống ẩm. Vật liệu được sử dụng có thể là polymer, nhựa PP, PVF, PET. Tấm nền có độ dày khác nhau tùy vào hãng sản xuất. Phần lớn tấm nền sẽ có màu trắng.
- Hộp đấu dây (junction box) nằm ở phía sau cùng, là nơi tập hợp và chuyển năng lượng điện được sinh ra từ tấm pin năng lượng mặt trời ra ngoài.
- Cáp điện DC, loại cáp điện chuyên dụng cho điện năng lượng mặt trời, có khả năng cách điện một chiều DC cực tốt, kèm với đó là khả năng chống chịu tốt trước sự khắc nghiệt của thời tiết (tia cực tím, bụi, nước, ẩm..) và tác động cơ học khác.
- Jack kết nối MC4, là đầu nối điện thường được dùng để kết nối các tấm pin mặt trời. “MC” trong MC4 là viết tắt của nhà sản xuất Multi-Contact. Loại jack này dễ dàng kết nối các tấm pin và dây pin bằng cách gắn jack từ các tấm pin liền kề với nhau bằng tay.

Nguyên lý làm việc của pin năng lượng mặt trời



Hình 2.3: Nguyên lý làm việc của pin Mặt trời

Một tế bào quang điện sử dụng hai lớp silic khác nhau, loại n có các electron dư thừa và loại p có các khoảng trống cho các electron dư thừa, gọi là lỗ trống. Tại nơi tiếp xúc giữa 2 loại silic (P/N Junction), electron có thể di chuyển qua tiếp diện P/N để lại điện tích dương ở một mặt và tạo ra điện tích âm ở mặt còn lại. Ánh sáng mặt trời bao gồm các hạt rất nhỏ gọi là photon, các hạt photon va đập vào solar cell với đủ năng lượng, nó có thể đánh bật một electron khỏi liên kết để lại một lỗ trống. Electron mang điện tích âm và lỗ trống mang điện tích dương nay có thể di chuyển tự do, nhưng bởi vì trường điện từ tại tiếp diện P/N nên chúng chỉ có thể đi theo một hướng. Electron bị hút về mặt N và lỗ trống bị hút về mặt P. Các electron di động được thu thập ở các lá kim loại tại đỉnh solar cell (ribbon và các thanh busbar). Từ đây chúng đi vào mạch tiêu thụ trước khi quay trở về lá nhôm ở mặt sau. Electron là thứ duy nhất di chuyển trong solar cell và quay về nơi xuất phát. Không có thứ gì hao mòn hay cạn kiệt nên solar cell có tuổi thọ lên tới hàng chục năm. Điện được tạo ra từ tấm pin năng lượng mặt trời là điện một chiều (DC). Để có thể sử dụng cho các tải, thiết bị bình thường thì cần phải chuyển điện DC thành AC (điện xoay chiều). Đó là chức năng của Inverter.

2.1.2 Hệ thống lưu trữ điện

Hệ thống lưu trữ (pin, acquy) sẽ mở rộng khả năng cung cấp năng lượng mặt trời vào buổi tối và khi mất điện đột ngột. Việc lắp đặt số lượng thiết bị lưu trữ dựa trên tổng năng lượng cần cung cấp cho tải sử dụng và số ngày hệ thống sẽ cung cấp năng lượng mà không nhận được nguồn năng lượng đầu vào. Nếu có máy phát điện cung cấp năng lượng cho hệ thống và tải thì dung lượng dự trữ cũng có thể giảm xuống nhờ sự cơ động của máy phát. Cần xét các thông số sau để xây dựng một hệ thống lưu trữ hợp lý: số giờ sử dụng, hệ số nhiệt độ, kích thước, chủng loại và tuổi thọ của thiết bị lưu trữ.

Để có được số giờ tiêu thụ điện cần tính toán:

- Giờ tiêu thụ điện hàng ngày;
- Số ngày dung lượng lưu trữ (thường là 1 ngày khi không có đầu vào);
- $(\text{Giờ tiêu thụ hàng ngày}) \times (\text{số ngày dung lượng lưu trữ}) = \text{Số giờ cần thiết.}$

Một yếu tố cần lưu ý khi đánh giá bất kỳ loại thiết bị lưu trữ nào là độ xả sâu (DoD). Đây là một thông số đóng một vai trò quan trọng trong việc cần sử dụng bao nhiêu thiết bị lưu trữ và sử dụng được trong bao lâu. Độ xả sâu là phần trăm pin, acquy đã được xả so với tổng dung lượng. Dung lượng là tổng năng lượng cung cấp từ thiết bị, được biểu thị bằng đơn vị năng lượng theo thời gian, chẳng hạn như kilowatt-giờ

(kWh). Ví dụ: nếu xả 6 kWh từ pin lưu trữ năng lượng mặt trời có dung lượng 8 kWh, độ xả sâu của pin sẽ là 75% ($6 \text{ kWh} / 8 \text{ kWh}$). Độ xả sâu rất quan trọng vì nó ảnh hưởng đến sức khỏe của pin lưu trữ và số lượng, kích thước của khối pin lưu trữ cần thiết để đáp ứng nhu cầu năng lượng.

Các nhà sản xuất thiết bị lưu trữ tính toán và chỉ định một giới hạn độ xả sâu nhất định cho từng sản phẩm. Giới hạn đó thể hiện lượng xả tối đa có thể mà không làm ảnh hưởng đến hiệu suất của thiết bị lưu trữ trong tương lai. DoD khuyến nghị cho thiết bị lưu trữ loại axit-chì là khoảng 50%, nghĩa là không nên xả quá nửa dung lượng hiện có để tránh hư hỏng hoặc xuống cấp hệ thống sớm. Đối với các loại thiết bị Lithium-Ion có DoD nằm trong khoảng từ 80% đến 95%. Độ xả sâu của thiết bị lưu trữ là điều quan trọng để lựa chọn số lượng lưu trữ phù hợp. Ví dụ: muốn có 20 kWh năng lượng dự trữ, nếu giới hạn DoD khuyến nghị là 80%, thì tổng dung lượng lưu trữ phải được thiết kế là 25 kWh.

2.1.3 Inverter thông minh

Năng lượng mặt trời áp mái ngày càng phát triển thì các vấn đề phát sinh cũng ngày càng nhiều, ảnh hưởng đến chất lượng điện năng của hệ thống điện Quốc Gia. Vì vậy, việc nghiên cứu và đưa vào sử dụng Inverter thông minh là vô cùng cần thiết để đảm bảo tính ổn định của hệ thống, nâng cao hiệu suất và kiểm soát chất lượng điện năng. Tại Mỹ vào tháng 12 năm 2014, Golden State đã trở thành tiểu bang đầu tiên ở Hoa Kỳ được ủy quyền sử dụng các Inverter thông minh cho việc lắp đặt năng lượng Mặt trời trên tầng thượng. Theo Cơ quan Thông tin Năng lượng Hoa Kỳ (EIA), California là tiểu bang đầu tiên sản xuất 5% lượng điện tiêu thụ từ năng lượng Mặt trời, với công suất năng lượng Mặt trời quy mô nhỏ đứng đầu cả nước là 2.300 MW). Tiếp theo là tiểu bang Arizona đã sản xuất bằng một phần ba năng lượng Mặt trời được sản xuất tại California vào năm 2014 [13]. Tại Việt Nam, Tp. Hồ Chí Minh là một trong những khu vực đi đầu về khai thác và phát triển điện Mặt trời áp mái tuy nhiên việc đưa vào sử dụng Inverter thông minh còn hạn chế và ít được biết đến. Việc mất ổn định của năng lượng mặt trời có thể tạo ra vấn đề lớn, thậm chí chỉ 10% năng lượng cấp từ các tấm pin mặt trời cũng có thể gây ra sự mất ổn định lưới điện.

Inverter thông minh được chế tạo bằng cách sử dụng các lập trình phát triển chức năng đo lường và phân tích xử lý làm tăng sức mạnh tính toán và khả năng liên lạc phù hợp với dòng điện hai chiều. Giống như đồng hồ đo thông minh, Inverter thông minh có thể thu thập dữ liệu về chất lượng điện năng, bao gồm điện áp tại một vị trí và tần số tại các thiết bị điểm cuối Inverter. Ngoài ra, Inverter thông minh vượt ra ngoài khả năng thu thập dữ liệu, nó có thể điều chỉnh tăng điện áp và tần số khi cần

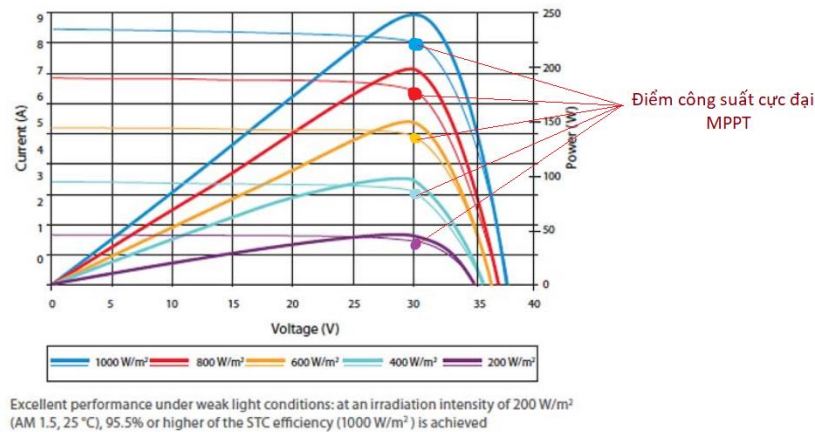
thiết. Inverter thông minh kiểm soát 3 thông số quan trọng nhất của một hệ thống điện: Điện áp, tần số và độ tin cậy. Trong mỗi Inverter thông minh hiện nay ngoài những tính năng mới được phát triển và nâng cấp như điều khiển công suất thực và công suất phản kháng, ổn định hệ thống sau các sự cố trên lưới, kiểm soát độ dốc, bù sóng hài thì vẫn giữ được những chức năng cơ bản như tích hợp thuật toán theo dõi điểm cực đại MPPT để dò tìm và tính toán công suất phát tối đa [14].



Hình 2.4: Inverter thông minh

MPPT (Maximum Power Point Tracker) là phương pháp dò tìm kiếm điểm làm việc có công suất tối ưu của hệ thống nguồn điện pin mặt trời qua việc điều khiển chu kỳ đóng mở khóa điện tử (IGBT) của các bộ nghịch lưu (Inverter). MPPT bản chất là thiết bị điện tử công suất ghép nối nguồn điện PV với tải để khuếch đại nguồn công suất ra khỏi nguồn pin mặt trời khi điều kiện làm việc thay đổi và từ đó có thể nâng cao được hiệu suất làm việc của hệ. Điều khiển MPP là điều khiển bên trong có bộ vi xử lý sử dụng thuật toán dò tìm điểm công suất cực đại để làm pin mặt trời hấp thụ tối đa năng lượng bức xạ của mặt trời chuyển đổi thành nguồn điện sử dụng (DC/AC).

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (250S-20)



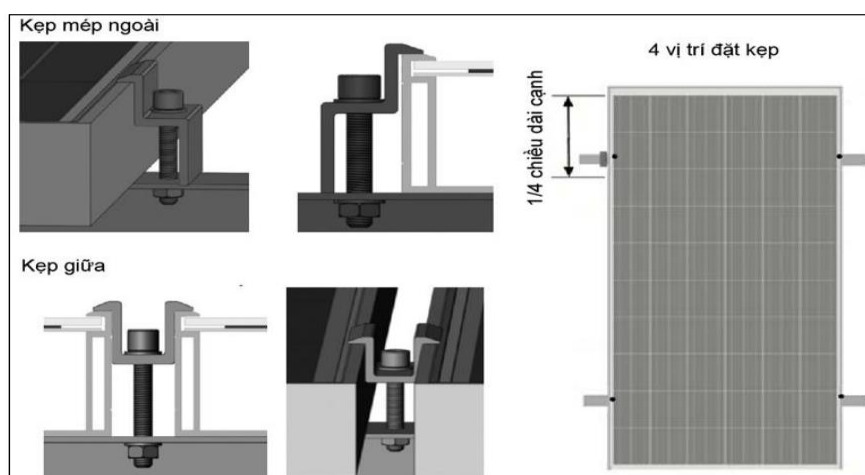
Hình 2.5: Đặc tuyến I-V và P-V của pin mặt trời thay đổi theo điều kiện bức xạ

- Đối với kết nối đến pin mặt trời: Bộ vi xử lý sử dụng thuật toán MPPT theo dõi đường cong dòng-áp làm việc của pin mặt trời, ép pin mặt trời làm việc tại dòng và áp của điểm công suất cực đại MPP.
- Đối với kết nối bình acquy, điều khiển sạc bao gồm một bộ chuyển đổi DC-DC: lấy điện DC (một chiều) từ pin mặt trời, đổi sang điện AC (xoay chiều), sau đó đổi lại điện DC để nạp vào bình acquy. Điều khiển sạc điều khiển tích cực và riêng biệt cho cả hai đầu vào (pin mặt trời) và đầu ra (bình acquy) cho nên cần hai dòng DC riêng biệt điều khiển sạc cấp dòng DC nạp bình có đặc tính dòng nạp tối ưu: khi dòng từ pin mặt trời thấp, điều khiển sạc MPPT làm nhiệm vụ tăng, nâng dòng lên để nạp vào bình, khi dòng từ pin mặt trời cao, điều khiển sạc làm nhiệm vụ giảm, hạ dòng xuống để bảo vệ bình. Có thể thấy đối với thời tiết thay đổi, lượng bức xạ mặt trời khi thấp khi cao thì vai trò điều tiết của điều khiển sạc là rất lớn. Do vậy điều khiển sạc rất hữu dụng nhất là cho các hệ thống năng lượng mặt trời độc lập (off-grid), sử dụng bình acquy và không kết nối với lưới điện.

2.1.4 Khung giá đỡ, cáp và thiết bị chống sét

Đối với hệ thống khung giá đỡ:

Khung giá đỡ là điểm tựa cho những tấm pin và có thể tạo nên kết cấu mang tính thẩm mỹ, tiện ích theo mục đích của người sử dụng. Phần khung giá đỡ cần đáp ứng những tiêu chí cần thiết như tạo khoảng cách giữa pin mặt trời để đảm bảo thông gió tản nhiệt. Sử dụng chất liệu inox, 4 kẹp cố định khung pin và chỉ tiếp xúc vào khung bên ngoài tấm pin tránh tiếp xúc với mặt kính, chú ý lắp đặt lỗ thoát nước của tấm pin, tránh làm tắc hoặc cản trở nước thoát ra từ tấm pin.



Hình 2.6: Kết cấu khung giá đỡ tấm pin

Kiểm tra công suất của mạch mảng pin năng lượng mặt trời như sau:

Công suất tối thiểu cho dây dẫn từ modul đến bộ tổ hợp dựa trên công suất tối đa của module được in trên nhãn của thiết bị (ví dụ: 15-A trên mô-đun 330 W)

Kích thước đầu dây mảng PV

Xét điện áp sụt giảm tối đa ở trạng thái công suất phát lớn nhất trong ngày từ các mô-đun PV đến inverter là 3% hoặc ít hơn (9A cho mô-đun 330W). Nếu hộp bộ tổ hợp được đặt ở xa inverter, thì sẽ xảy ra phân tán sự sụt giảm điện áp tương ứng từ điểm đầu nối tấm pin PV đến điểm đầu nối của inverter.

Ước tính chiều dài dây dẫn từ inverter đến bảng điều khiển

Dây dẫn từ inverter đến bảng điều khiển là 2 mét. Mục tiêu là giảm 1% điện áp cho phía AC của hệ thống (tối đa 3%). Thông thường bảng điều khiển 100-amp được sử dụng cho các hệ thống điện Mặt trời áp mái của các hộ gia đình. Suy ra, tổng công suất vào thanh cái của bảng điều khiển bằng 120% mức đánh giá thanh cái ($100\text{ A} \times 1,2 = 120\text{-A}$). Điều này có nghĩa là bảng 100-amp có thể có bộ ngắt chính 100-amp và bộ ngắt PV 20-amp.

Đối với thiết bị chống sét

Thiết bị chống sét lan truyền cho điện năng lượng Mặt trời một chiều có điện áp định mức 500V, 600V, 800V và 1000V, được đấu nối song song với mạch điện từ các tấm pin đi về Inverter thông minh có thể lắp bảo vệ trước các tấm pin năng lượng Mặt trời, trong các tủ điện bên ngoài hoặc trước các bộ điều khiển sạc, Inverter thông minh, bộ chuyển đổi DC/AC để triệt tiêu các xung điện quá áp xuống hệ thống tiếp địa một cách an toàn. Thông số kỹ thuật của thiết bị được thể hiện như sau:

- Loại: 1 pha và 3 pha
- Điện áp thử tối đa: 1000VDC
- Dòng xung sét tối đa (8/20 μ s) 40kA
- Dòng xả danh định 20kA
- Nhiệt độ làm việc: -40°C đến +80°C

2.1.5 Công tơ điện 2 chiều

Công tơ điện 2 chiều 1 pha được dùng để đo năng lượng hữu công (kWh) ở lưới điện xoay chiều 1 pha, đạt cấp chính xác 1,0. Công tơ dùng linh kiện điện tử và ghi nhận điện năng tiêu thụ theo 2 chiều riêng biệt (chiều thuận và chiều ngược), tích lũy trong 2 thanh ghi điện năng riêng biệt. Trong đó, thanh ghi điện là thiết bị điện cơ hoặc điện tử bao gồm bộ nhớ, bộ hiển thị để lưu lại và hiển thị giá trị điện năng đếm được. Đo đếm điện năng hữu công gián tiếp cấp chính xác 0,5s.

2.2 Nguyên lý hoạt động

2.2.1 Hệ thống điện Mặt trời độc lập (Off-Grid)

Nguyên lý, cấu tạo

Off-grid là một hệ thống điện năng lượng mặt trời không nối lưới điện quốc gia, có thể hoạt động độc lập dựa trên công suất tải bám tải. Hệ thống điện mặt trời áp mái độc lập sẽ hấp thụ năng lượng mặt trời, quang năng sẽ được chuyển hóa thành điện năng nhờ các tấm pin dưới dạng dòng một chiều DC. Dòng DC này được nạp vào hệ thống lưu trữ (pin, ắc quy) thông qua bộ điều khiển sạc. Cuối cùng thông qua bộ chuyển đổi điện áp DC – AC (inverter), dòng điện một chiều được chuyển đổi thành dòng điện xoay chiều chuẩn 220V/50HZ, để cung cấp và cho các thiết bị điện dân dụng thường ngày.



Hình 2.7: Mô hình hệ thống điện mặt trời độc lập

Ưu điểm

Hệ thống điện năng lượng mặt trời không hòa lưới mang có nhiều ưu điểm:

- Tự chủ nguồn điện mà không cần phụ thuộc vào điện lưới. Khi nguồn điện lưới có bị cắt, bị chập chờn thì hệ thống không bị ảnh hưởng.
- Hệ thống dễ dàng di chuyển và lắp đặt mọi nơi mà không vướng mắc truyền tải như điện lưới;
- Hệ thống hoạt động trong cả thời tiết lạnh, chỉ cần có ánh sáng mặt trời;

Nhược điểm

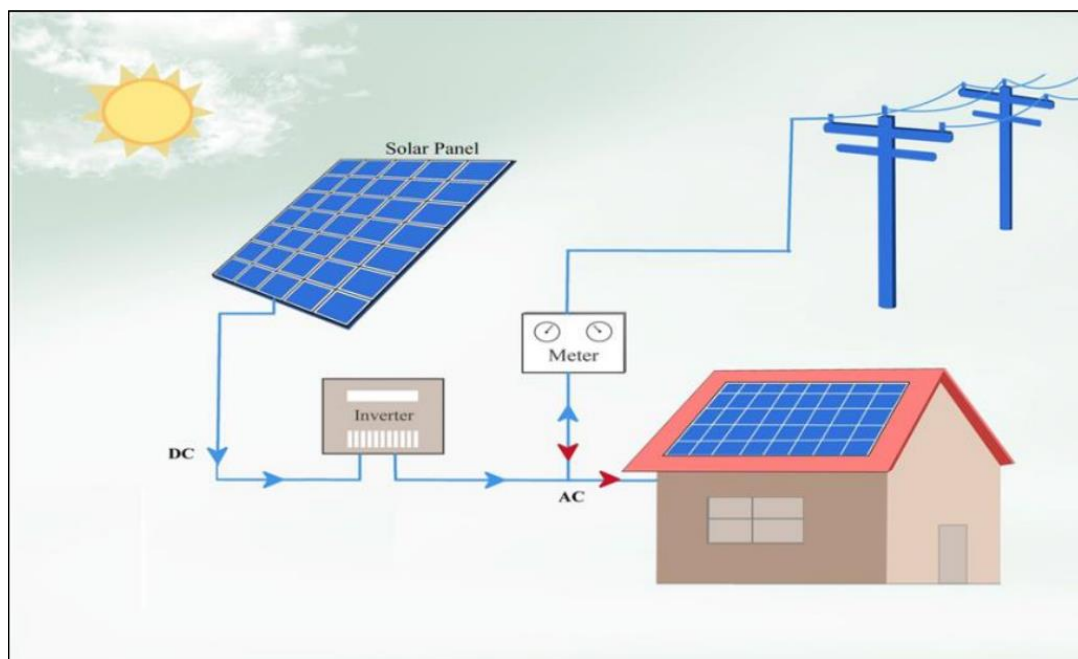
Chi phí đầu tư một hệ thống điện mặt trời độc lập cao hơn so với hệ thống hòa lưới cùng công suất vì ngoài các thiết bị như pin mặt trời, thang máng cáp, giàn khung... hệ thống này còn đòi hỏi có hệ dự trữ như acquy, pin lithium. Ngay cả với những nguồn điện dự phòng hay lưu trữ năng lượng sẽ đều bị hạn chế, chưa kể trong những ngày thời tiết khí hậu có nhiều mây, người dùng có thể đối mặt với nguy cơ bị hết đi nguồn điện dự trữ. Mặt khác, nếu hệ thống dự trữ và điện năng tiêu thụ thấp hơn công suất điện tạo ra, phần điện dư sẽ không thể bán lại cho ngành điện như hệ thống hòa lưới.

2.2.2 Hệ thống điện Mặt trời hòa lưới (On-Grid)

Nguyên lý, cấu tạo

Điện mặt trời hòa lưới (On grid solar system) là hệ thống điện mặt trời được đấu nối trực tiếp vào nguồn điện lưới. Thiết bị tải điện sẽ dùng cả điện lưới và điện mặt trời, với ưu tiên điện mặt trời luôn được sử dụng trước. Qua đó, sẽ giảm được lượng điện lưới mà tải tiêu thụ nên sẽ giảm được hóa đơn tiền điện. Mặt khác, nếu thiết bị tải sử

dụng không hết lượng điện mặt trời sản sinh ra, phần điện dư sẽ được bán lại cho EVN.



Hình 2.8: Hệ thống điện Mặt trời hòa lưới không dự trữ (On-Grid)

Nguyên lý tạo ra điện từ năng lượng mặt trời của hệ thống này cũng giống với hệ thống năng lượng Mặt trời độc lập. Tuy nhiên, nguồn điện từ hệ thống này sẽ được đấu nối hòa cùng với điện lưới Quốc gia, thiết bị sẽ sử dụng song song điện mặt trời và điện lưới. Qua bộ biến tần (solar inverter), nguồn điện mặt trời sẽ được thiết lập ưu tiên cung cấp cho tải tiêu thụ trước, nếu còn dư điện, phần dư này sẽ được đẩy ngược lên điện lưới và được ngành điện mua lại. Trường hợp cường độ ánh sáng mặt trời thấp, lượng điện sinh ra ít, không đủ cung cấp cho các thiết bị đang sử dụng thì điện lưới sẽ tự động bổ sung lượng điện còn thiếu. Luôn đảm bảo các thiết bị tải hoạt động bình thường, không bị thiếu điện. Khi trời tối, không có ánh sáng mặt trời, hệ thống điện mặt trời sẽ không sản sinh ra điện. Lúc này, thiết bị tải sử dụng điện lưới bình thường. Vì hệ thống điện mặt trời và điện lưới kết nối tự động với nhau nên để đảm bảo an toàn lưới điện, trong trường hợp mất điện lưới, hệ điện mặt trời cũng tự động ngắt để không truyền điện lên lưới. Nếu muốn sử dụng, thì cần thiết kế bổ sung acquy hoặc pin tích trữ điện. Lúc này, hệ thống hoạt động như một hệ thống điện Mặt trời độc lập (Off-Grid).

Ưu điểm

- Hệ thống điện năng lượng mặt trời hoạt động như một nhà máy sản xuất điện, dựa vào ánh sáng tự nhiên – nguồn năng lượng sẵn có và vô hạn.

- Kênh đầu tư hiệu quả: Độ bền của hệ thống điện năng lượng mặt trời rất cao, dao động từ 20 đến 30 năm.
- Chỉ cần vệ sinh, lau rửa mặt tấm pin theo chu kỳ chống bám bụi.
- Làm mát công trình: lắp đặt trên mái công trình (mái nhà, mái xưởng), nhiệt lượng từ mặt trời sẽ chỉ ảnh hưởng rất ít đến mái nhà vì được tấm pin hấp thụ hết. Giúp cho công trình của giảm nhiệt độ đáng kể trong những ngày hè nóng bức, tăng tuổi thọ công trình.
- Giảm tải cho điện lưới quốc gia: khi các hộ gia đình tự sản xuất được điện để sử dụng, đây sẽ là nguồn bổ sung đắc lực cho ngành điện. Cũng như giảm tải được cho hệ thống điện lưới khi mà nguồn nhiên liệu hóa thạch ngày càng cạn kiệt trong khi nhu cầu sử dụng điện của con người ngày càng tăng.

Nhược điểm

- Sản lượng điện không ổn định: Do sử dụng trực tiếp ánh sáng mặt trời để chuyển hóa thành điện năng nên sản lượng điện từ hệ thống điện năng lượng mặt trời phụ thuộc vào cường độ mạnh yếu của ánh sáng. Có nghĩa là lượng điện sinh ra phụ thuộc mùa, thời tiết và thay đổi theo giờ, ngày, tháng. Điều này dẫn đến việc để tính toán ra một con số chính xác về sản lượng điện có được là tương đối khó khăn.
- Chưa thay thế được điện lưới hoàn toàn: Chính vì tính chất không ổn định ở trên, trong khi nhu cầu sử dụng điện của chúng ta có tính ổn định cao nên điện mặt trời chưa thể thay thế được hoàn toàn điện lưới. Về cơ bản, nguồn điện mặt trời chỉ bổ trợ và thay thế một phần nhất định cho điện lưới.

2.3 Các giải pháp cải thiện chất lượng hệ thống điện mặt trời

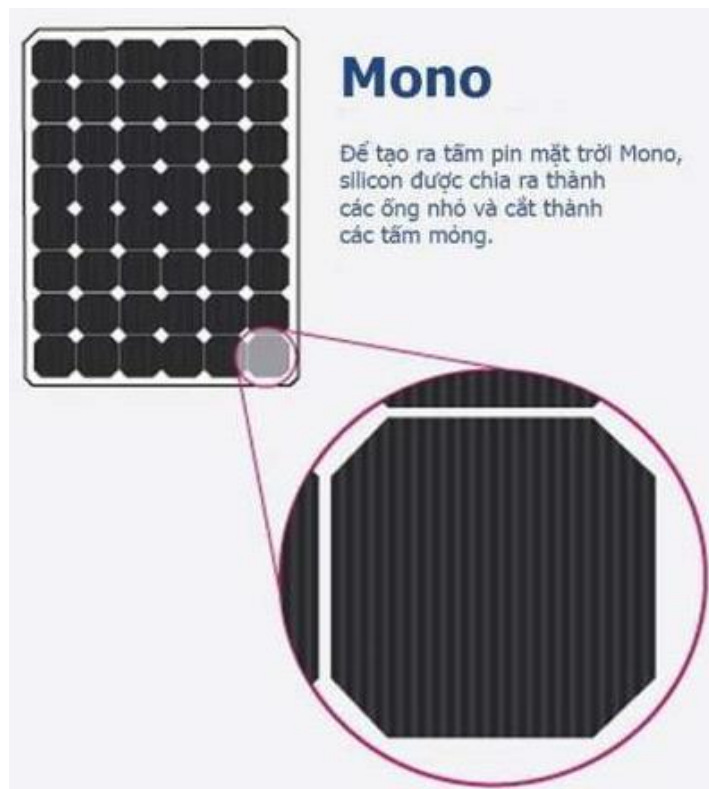
Thiết bị năng lượng mặt trời ngày nay có các yếu tố độ bền thiết bị cao hơn, tăng hiệu suất chuyển đổi, chức năng của Inverter tốt hơn và tăng khả năng tương tác giữa hệ thống năng lượng mặt trời và lưới điện. Với các sản phẩm mới được phát triển hệ thống điện mặt trời có thể hoạt động hiệu quả hơn, đảm bảo chất lượng điện năng và tính ổn định của hệ thống. Ngoài ra, còn nâng cao độ bền và tính an toàn cho thiết bị.

2.3.1 Lựa chọn tấm pin năng lượng mặt trời

Khi nói đến tấm pin mặt trời, công nghệ C-Si hiện là công nghệ đang thống trị ngành năng lượng mặt trời trên thế giới với thị phần lên đến 95% so với các công nghệ khác thì hiện nay trên thị trường chủ yếu sử dụng 3 loại công nghệ pin quang điện chính là pin đơn tinh thể (mono), pin đa tinh thể (poly) và pin màng mỏng (thin film) với các ưu nhược điểm khác nhau.

Pin mặt trời đơn tinh thể

Pin mặt trời được làm từ Silic đơn tinh thể hay còn gọi là thủy tinh đơn tinh thể (Monocrystalline Silicon Solar Cell) với độ tinh khiết cao. Pin mặt trời mono đơn tinh thể được cắt từ các thỏi silic hình ống, các tấm đơn tinh thể này có các mặt trống ở góc nối các module. Một tinh thể hay tinh thể đơn (module) sản xuất dựa trên quá trình Czochralski – một quy trình điều chế silic đơn tinh thể – một nguyên liệu quan trọng trong việc chế tạo các vi mạch bán dẫn.



Hình 2.9: Pin mặt trời đơn tinh thể Monocrystalline

Ưu điểm:

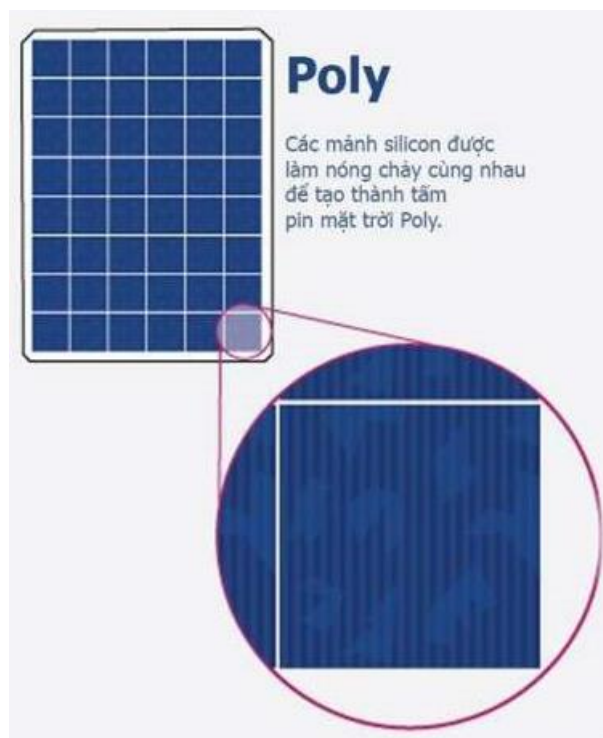
- Các tấm pin mono có hiệu suất cao do làm từ các thỏi silicon chất lượng cao. Vì vậy hiệu suất thường cao hơn các loại pin khác.
- Tấm pin có tuổi thọ cao.

Nhược điểm:

- Các tấm pin mono có chi phí sản xuất cao.
- Tổn thất năng lượng nhiều hơn khi bị bóng râm, bụi hoặc tuyết phủ.
- Tổn thất nhiệt độ cao hơn so với pin màng mỏng (thin film).

Pin mặt trời đa tinh thể

Các tấm pin năng lượng mặt trời đầu tiên được tạo nên từ silicon đa tinh thể như polysilicon (p-Si) và silicon đa tinh thể (mc-Si). Nguyên liệu silicon tan chảy và được đổ vào khuôn hình vuông, được làm nguội và cắt thành những tấm wafer vuông hoàn hảo. Các tấm pin tích năng lượng mặt trời poly cũng được làm từ silic. Tuy nhiên, thay vì sử dụng silicon đơn tinh thể các nhà sản xuất đã làm tan chảy nhiều mảnh silicon với nhau để tạo ra tấm pin mỏng. Các tấm pin poly cũng được gọi là silicon đa tinh thể hoặc nhiều tinh thể. Vì có nhiều tinh thể trong tế bào nên các khoảng trống ít hơn làm cho các phân tử điện electron di chuyển cũng khó khăn hơn. Kết quả là các tấm pin năng lượng mặt trời poly có hiệu suất thấp hơn tấm pin mono.



Hình 2.10: Pin mặt trời đa tinh thể

Ưu điểm :

- Quy trình sản xuất đơn giản nên có chi phí thấp hơn pin mono
- Sai số nhiệt độ thấp hơn pin mono

Nhược điểm

- Hiệu suất pin thấp hơn pin đơn tinh thể,
- Tuổi thọ pin thấp hơn pin đơn tinh thể.

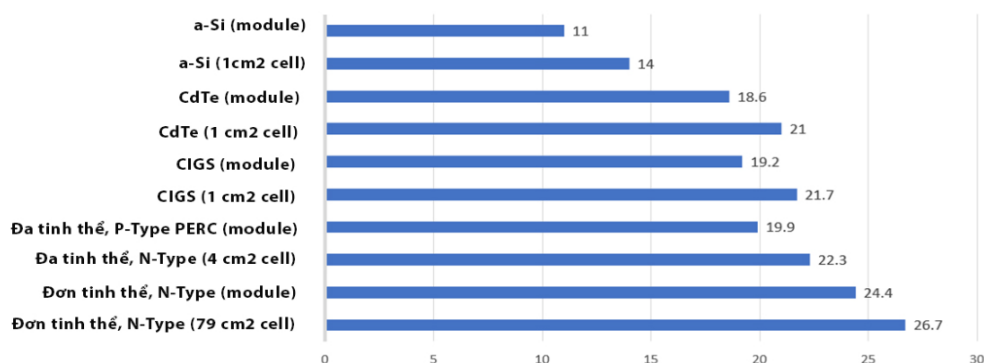
Pin mặt trời màng mỏng

Một tấm pin năng lượng mặt trời màng mỏng được làm bằng các màng mỏng của chất bán dẫn lắng đọng trên thủy tinh, nhựa hoặc kim loại. Các màng này rất mỏng, thường mỏng hơn 20 lần so với các tấm pin silicon. Điều này làm cho các tấm pin năng lượng mặt trời màng mỏng nhẹ hơn. Nếu các tế bào màng mỏng được bọc bằng nhựa, sản phẩm có thể đủ dẻo để uốn đúc thành những hình dạng khác nhau. Khi sử dụng kính, các tấm pin màng mỏng cứng hơn và nặng hơn.

Có ba cách phân chia màng mỏng phổ biến: silicon vô định hình (a-Si), cadmium telluride (CdTe), và đồng indium gallium selenide (CIGS) hoặc CIS không chứa gallium.

- a-Si là công nghệ màng mỏng lâu đời nhất. Nó sử dụng sự lắng đọng hơi hóa học để đặt một lớp silicon mỏng lên kính, nhựa hoặc đế kim loại. Nó không độc hại, hấp thụ nhiều dải quang phổ ánh sáng và hoạt động tốt trong ánh sáng yếu nhưng mất hiệu quả nhanh chóng. Máy tính bỏ túi và máy tính bàn sử dụng tế bào a-Si và PowerFilm sản xuất các sản phẩm năng lượng mặt trời di động. Hiệu suất cao nhất được ghi lại đối với a-Si là 13,6%.
- CdTe là công nghệ năng lượng mặt trời màng mỏng phổ biến nhất. Cadmium và tellurium là một kim loại hiếm được lắng đọng trên thủy tinh. Năm 2016, First Solar đạt kỷ lục thế giới về hiệu suất pin của CdTe là 22,1%, mặc dù các module của nó trung bình là 17%.
- Các module CIS và CIGS thường được sản xuất bằng cách sử dụng đồng bay hơi hoặc đồng lắng đọng. Đồng, indium, selen và đôi khi gali được lắng đọng trên chất nền ở các nhiệt độ khác nhau để trộn lẫn với nhau. Solar Frontier có kỷ lục về hiệu suất tế bào CIS 22,9%, trong khi các module đầy đủ của nó trung bình thấp hơn và đạt đỉnh ở mức 180W. Module màng mỏng CIGS linh hoạt của MiaSolé có hiệu suất trung bình là 16,5% và có thể đạt đỉnh ở 250 W.
- So sánh, module c-Si 60-cell có công suất trung bình từ 250 đến 350 W với hiệu suất cao hơn gần 18 hoặc 19%, với các nhãn hiệu hiệu suất cao hoạt động tốt hơn nữa. Người ta sẽ cần nhiều module màng mỏng hơn và nhiều diện tích hơn để tạo ra công suất tương tự như một nhóm c-Si nhỏ hơn. Các module silicon tinh thể đáng tin cậy hơn đối với phần lớn thị trường năng lượng mặt trời và đó là lý do tại sao chúng là sự lựa chọn hàng đầu.

SO SÁNH HIỆU SUẤT GIỮA CÁC LOẠI PIN MẶT TRỜI

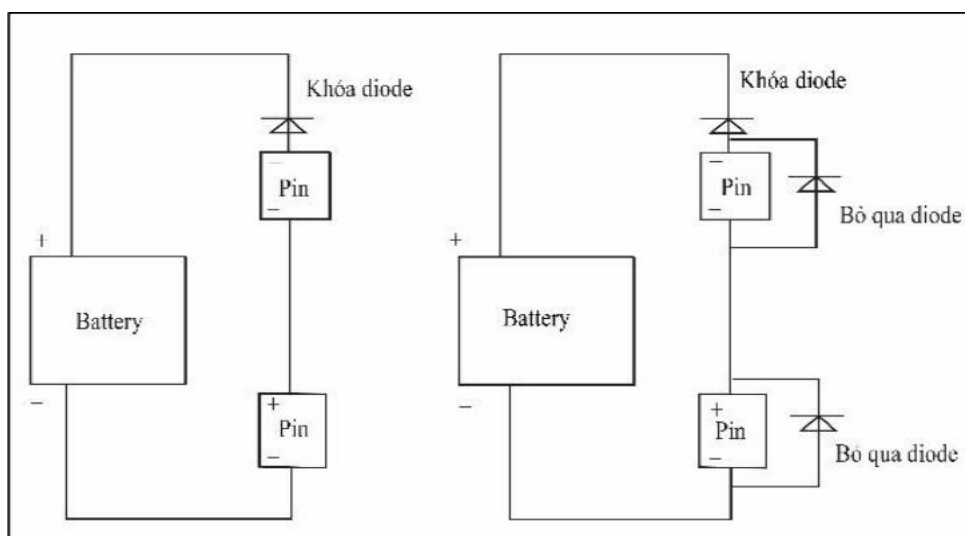


Hình 2.11 : So sánh hiệu suất giữa các loại pin mặt trời

Giải quyết vấn đề dòng điện chạy ngược từ acquy về tấm pin

Trong thời gian nắng, khi điện áp do các tấm tạo ra lớn hơn acquy, việc sạc sẽ diễn ra. Trong bóng tối, điện áp của acquy sẽ lớn hơn tấm pin và gây ra dòng điện ngược chiều, điều này có thể dẫn đến việc xả acquy. Một diode chặn được sử dụng nối tiếp với các tấm pin và acquy theo xu hướng ngược để ngăn dòng chảy ngược. Diode tiếp giáp p-n bình thường có thể được sử dụng làm điốt chặn. Để chọn một diode chặn, cần lưu ý các thông số sau:

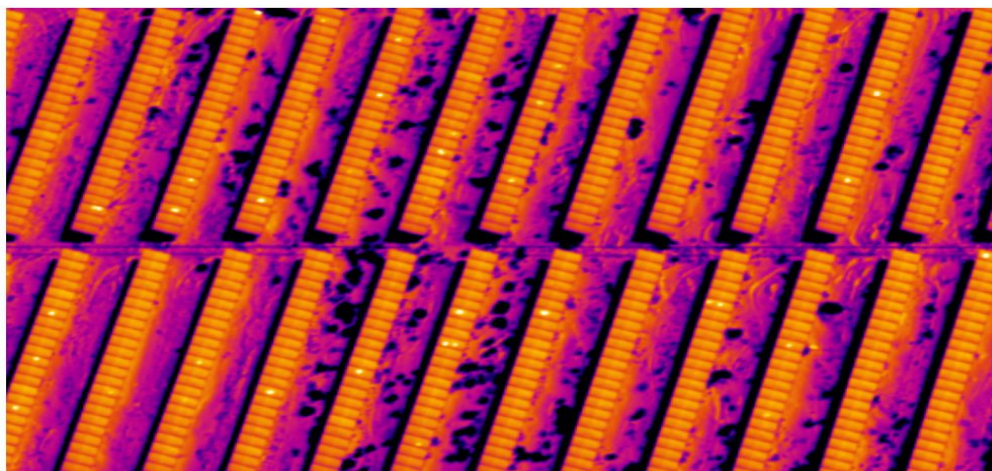
- Dòng tối đa được cung cấp bởi các tấm pin.
- Điện áp của diode.
- Điện áp đánh thủng ngược của diode.



Hình 2.12: Các tình huống thực tế xảy ra khi sử dụng

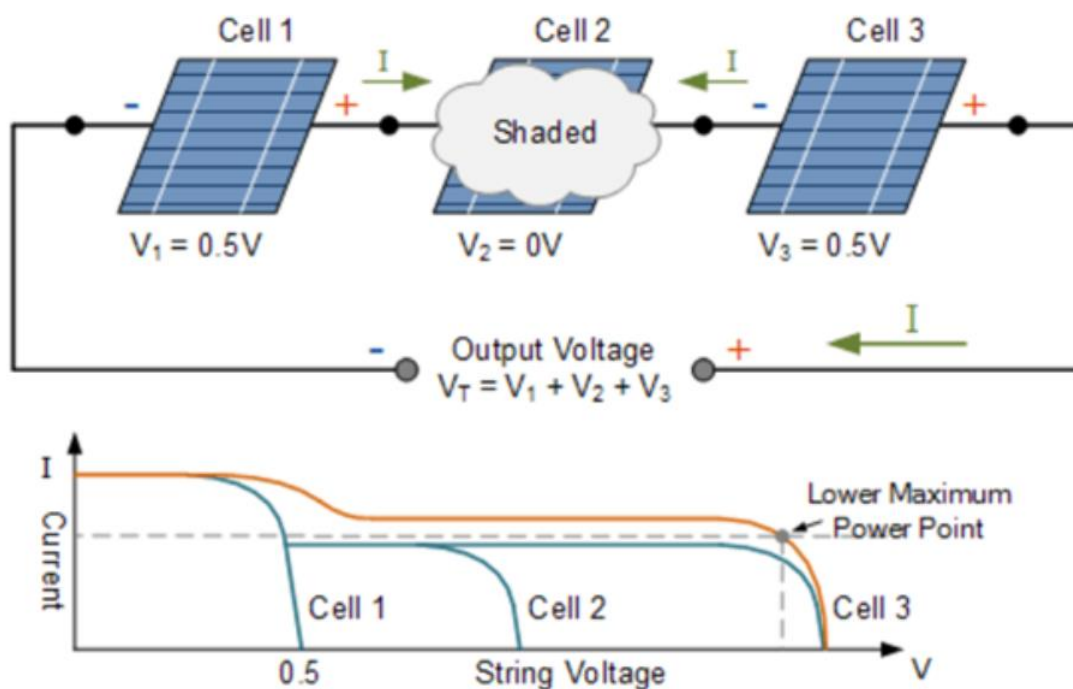
Ảnh hưởng bóng che trong hệ thống điện mặt trời

Bóng che là hiện tượng một cell pin trong tấm năng lượng mặt trời bị che phủ bởi các vật thể trên cao (ví dụ như cây, cột, tường nhà đổ bóng v.v.), thậm chí vật phát triển quá mức, ô nhiễm bụi bẩn bề mặt, vật lạ trên bề mặt, vv... Đây cũng là nguyên nhân gây nên hiện tượng Hot-spots nóng cục bộ tại vị trí bị che phủ.



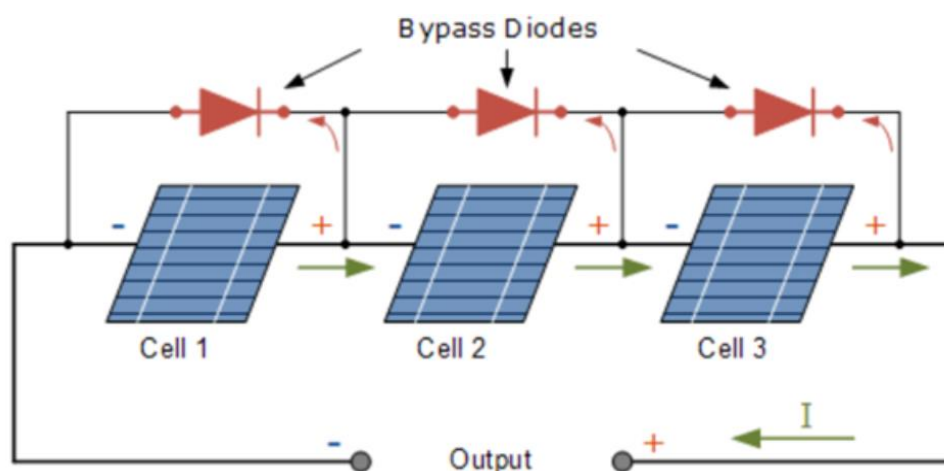
Hình 2.13: Các điểm nóng (Hotspot) là các đốm sáng

Trong điều kiện làm việc bình thường (không bóng che), dòng điện qua các cell là như nhau và xem như gần bằng giá trị trên datasheet (tấm pin được mắc nối tiếp để tạo ra các giá trị điện áp V_{oc} và V_{mp} như trong datasheet). Tuy nhiên nếu một cell bị che, thì dòng điện tạo ra bởi cell đó sẽ bị sụt giảm và cell đó đóng vai trò như là một điện trở bán dẫn (semiconductive resistance) tiêu thụ năng lượng tạo ra từ các cell không bị che trong cùng chuỗi. Kết quả là cell bị che sẽ tăng nhiệt độ hơn bình thường, gọi là hiện tượng Hot-spot. Nếu xử lý không tốt điểm nóng này có thể dẫn đến cháy tấm pin, gây hỏa hoạn.



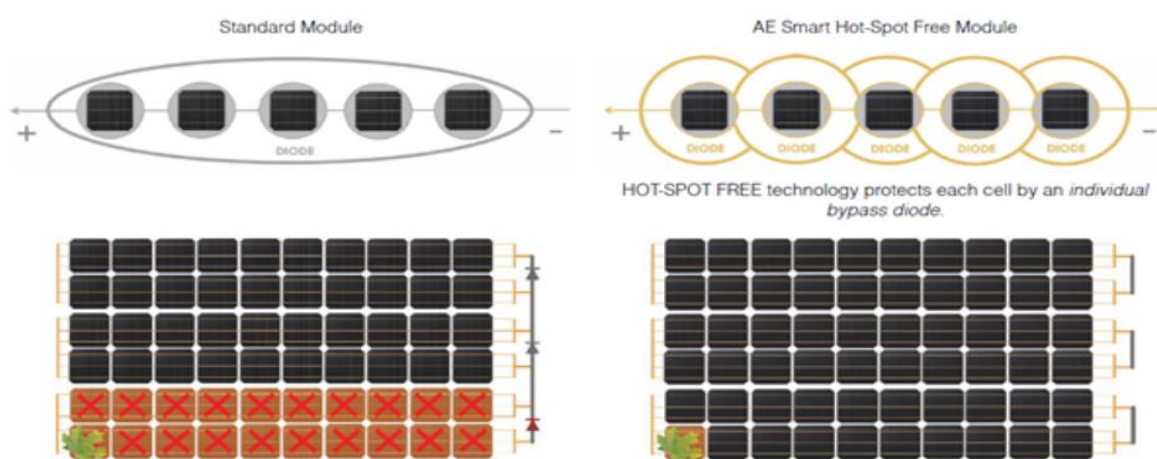
Hình 2.14: Dòng điện qua Cell 2 sẽ bị sụp giảm trở thành tải tiêu thụ

Để giải quyết vấn đề này, các tấm năng lượng mặt sử dụng 3 Diot bỏ qua (bypass diode) để bảo vệ cho 3 ô trong một bảng điều khiển. Bypass diode là các thiết bị trong một mô-đun, trong đó dòng điện có thể đi qua các vùng của mô-đun bị che phủ. Nếu một solar cell bị che thì cả 24 cells (loại tấm pin 72cell) trên chuỗi đó cũng sẽ bị bỏ qua bởi diode, hiệu suất tấm pin sẽ bị giảm 1/3, dẫn đến cả chuỗi cũng sẽ bị giảm dòng vì mắc nối tiếp. Dòng điện của cả chuỗi sẽ bằng dòng thấp nhất từ một mảng nào đó trong chuỗi. Tuy nhiên giải pháp bên trên là bỏ qua cả 1/3 mảng khi 1 hoặc vài cell bị bóng che.



Hình 2.15: Bypass bỏ qua các cell bị che khuất nên hoạt động bình thường

Có một công nghệ mới được tích hợp vào những tấm năng lượng hiện đại là dùng kỹ thuật mắc song song bypass diode vào mỗi cell để chỉ loại bỏ những cell bị ảnh hưởng bóng che và điểm nóng. Khi cell bị bóng che thì dòng điện qua cell đó sẽ giảm và không còn bằng với dòng điện tạo ra từ các cell không bị che đang hoạt động bình thường. Cell bị che đó sẽ có hiện tượng ngược áp (reverse voltage). Nếu điện áp này $> 0.6V$ thì sẽ tự động kích hoạt bypass diode mắc song song với cell đó và cách ly cell đó ra khỏi chuỗi trong tấm pin, dòng trong chuỗi sẽ đi qua bypass diode, và như vậy sẽ không có hiện tượng hot -spot trên cell đó.



Hình 2.16: So sánh giữa công nghệ Bypass diot mới và cũ [27]

Kết quả là chỉ cách ly cell nào bị phủ bóng chứ không phải cách ly 1/3, 2/3 hay 100% như thường thấy trong các tấm pin chuẩn. Khi bóng che biến mất, cell đó hoạt động bình thường trở lại. Kết quả là hiệu suất đảm bảo lớn hơn so với công nghệ 3 bypass diode thông thường, đổi lại giá thành tấm pin cũng sẽ cao hơn vì nhiều bypass diode hơn. Tuy nhiên cũng không quá cao so với hiệu quả thật sự mà công nghệ này mang lại[16].

Các ảnh hưởng của bóng và bụi bẩn có thể được giảm thiểu trong giai đoạn thiết kế và vận hành hệ thống điện năng lượng mặt trời. Tính toán một thiết kế chi tiết có thể xác định được ảnh hưởng của cây, cột hoặc các vật thể khác phủ bóng lên các mô-đun trong những giờ nắng xiên, giúp chọn vị trí lắp đặt phù hợp. Vệ sinh lau chùi bề mặt của tấm năng lượng mặt trời cũng rất cần thiết giúp loại bỏ bụi bẩn. Thời gian bảo trì phụ thuộc vào từng điều kiện của mỗi vùng có thể 6 tháng hoặc 1 năm, để tránh tình trạng che bóng hoặc Hot-spots gây ảnh hưởng đến hoạt động của hệ thống.

2.3.2 Đối với Inverter thông minh

Bộ inverter hòa lưới hay còn có tên gọi khác là biến tần điện mặt trời hòa lưới. Nó có tác dụng giúp biến đổi dòng điện một chiều (DC) trực tiếp được tạo ra từ hệ thống

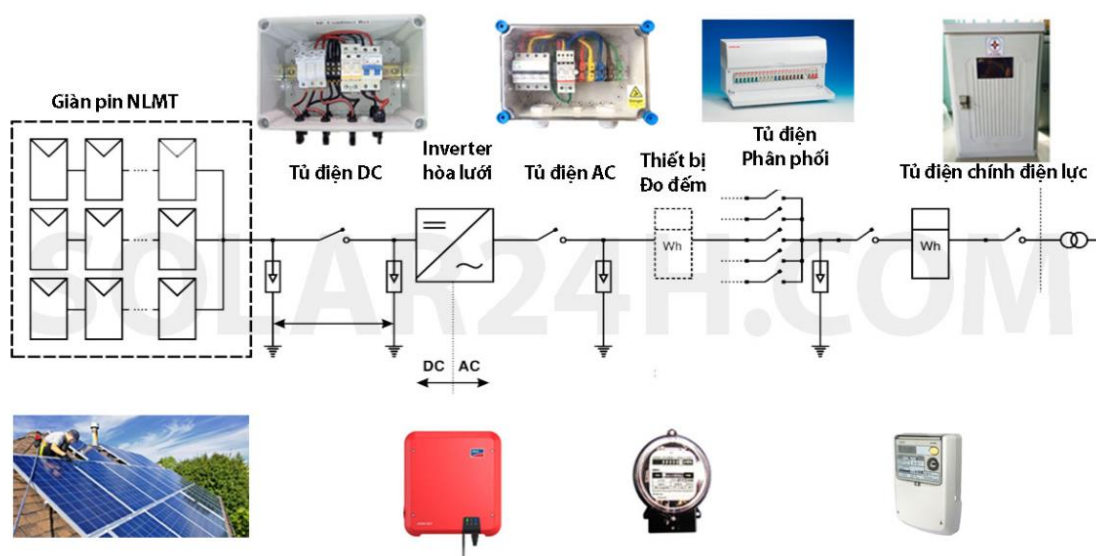
điện năng lượng mặt trời trở thành dòng điện xoay chiều. Dòng điện này sẽ được cung cấp cho các tải tiêu thụ có thể là mạng lưới điện thương mại và mạng lưới điện cục bộ. Ngoài ra, bộ biến tần inverter còn có chức năng thích nghi đặc biệt với những tấm pin năng lượng mặt trời. Hỗ trợ theo dõi công suất cực đại của các tấm pin và chống sự xâm nhập của dòng điện ngược chiều DC.

Cấu tạo

- Bộ chỉnh lưu: thiết bị điện chuyển đổi dòng điện xoay chiều (AC) hoặc định kỳ đảo chiều hướng dòng điện DC chảy theo 1 hướng.
- Tuyến dẫn điện 1 chiều: đường đi của dòng điện 1 chiều.
- Bộ điện kháng xoay chiều: Còn gọi là AC Reactor. Là cuộn dây được cuốn quanh lõi thép. Cuộn kháng AC giúp giảm nhiễu trên dòng điện xoay chiều đầu vào. Hoạt động như 1 bộ lọc để bảo vệ mạch chỉnh lưu đầu vào khỏi nhiễu và xung đột gây ra khi bật tắt các tải.
- Bộ điện kháng 1 chiều: Còn gọi là DC Reactor. Nó được gắn vào biến tần trước tụ điện. Chức năng là ổn định, năng lượng dự trữ lớn chống sụt áp đầu vào, giảm nhiễu quay về nguồn do biến tần gây ra.
- Bộ phận nghịch lưu: Là thiết bị biến đổi nguồn dòng 1 chiều thành dòng xoay chiều có tần số tùy biến
- Module công suất IGBT: để đo lường độ phân giải lớn, độ chính xác cao, có thể đo điện áp các thiết bị sử dụng điện DC.
- Điện trở hãm: Sẽ giúp inverter xả hoặc hãm năng lượng dư thừa, điện áp được trả lại Bus DC. Năng lượng này sẽ đánh thủng bus DC và gây cháy nổ IGBT, tụ nạp nếu không được triệt tiêu bởi điện trở hãm (điện trở phanh).

Các chức năng và tiêu chuẩn về thông số của Inverter thông minh được thể hiện trong các quy chuẩn quốc tế bao gồm DNP3, SEP2, IEC 61850, SunSpec và MESA và mã số hòa lưới điện trên toàn thế giới [17]. Năm 2016, các chức năng cho Inverter thông minh đã được sửa đổi bởi bộ khoa học và công nghệ của Mỹ nhằm tập trung vào chức năng điều khiển lưu trữ năng lượng. Điều này bao gồm hoạt động trên tiêu chuẩn IEC-61850 và hoạt động trên các thông số kỹ thuật bao gồm SunSpec và MESA (Các hệ thống vi mô và ứng dụng khoa học kỹ thuật). Mã lưới bao gồm cả 24 Tiêu chuẩn IEEE 1547 và thử nghiệm tuân thủ tiếp theo của Inverter trong UL 1741 SA và IEEE Standard 1547.1. Các chuyên gia đã nghiên cứu tiêu chuẩn UL 1741 SA và IEEE Standard 1547.1 để đảm bảo rằng các chức năng của Inverter thông minh vẫn đảm bảo các yêu cầu cơ bản như chuyển đổi AC/DC, tìm điểm công suất tối ưu MPPT, điều khiển bộ sạc. Các chức năng cơ bản này dùng để hỗ trợ thu thập thông tin từ hệ

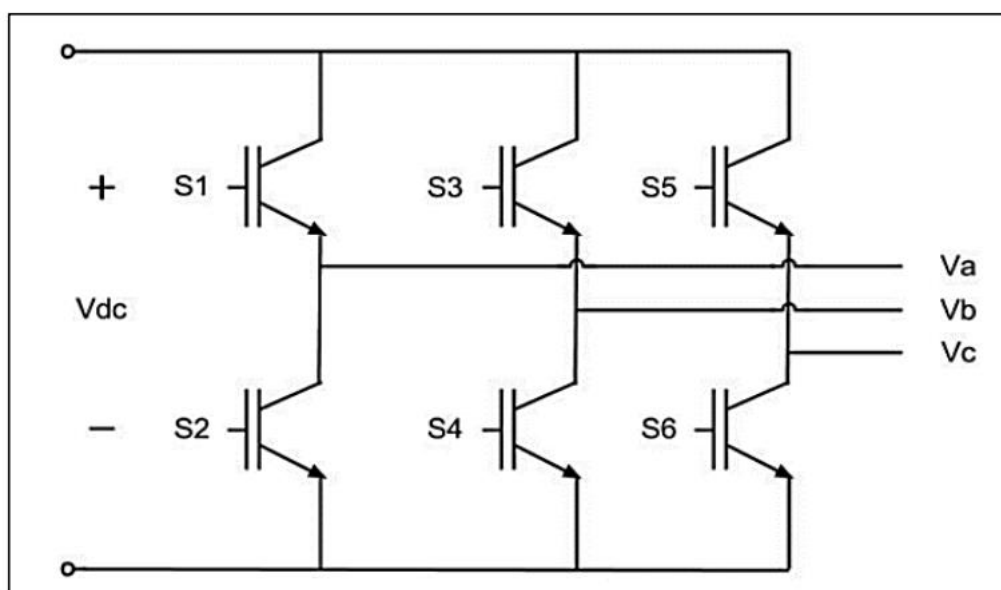
thống bởi Kế hoạch hành động ưu tiên NIST (PAP) 07, từ đó cung cấp thông tin đầu vào để xử lý trong IEC TC57 WG17 và IEEE 1547.8, đáp ứng tiêu chuẩn của Viện tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia (NIST) tại Hoa Kỳ và các hoạt động trong Viện Kỹ sư Điện và Điện tử (IEEE) và Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế (IEC). Hiệu chức năng của Inverter thông minh đòi hỏi kiến thức cơ bản về các công nghệ đằng sau chúng. Inverter thông minh bao gồm mọi thể hệ dựa trên các chức năng chung của Inverter trước đó, sau đây được phát triển và bổ sung thêm những vai trò công dụng mới. Khi các hệ thống điện năng lượng mặt trời phát triển lớn hơn và bao gồm nhiều tấm pin mặt trời được kết nối với nhau theo các cách sắp xếp khác nhau, các cấu trúc liên kết khác nhau được phát triển. Hệ thống điện mặt trời sử dụng Inverter thông minh bao gồm ba loại: tập trung, chuỗi và đa chuỗi. Hệ thống điện năng lượng mặt trời tập trung bao gồm một Inverter thông minh duy nhất trong đó tất cả các tấm pin mặt trời được kết nối với Inverter thông minh. Hệ thống điện mặt trời chuỗi thì phân tán các tấm pin mặt trời thành các chuỗi song song, riêng biệt và mỗi chuỗi cung cấp Inverter thông minh riêng. Inverter thông minh đa chuỗi cho ta thấy khái niệm về Inverter thông minh chuỗi mở rộng hơn bằng cách kết hợp một bộ chuyển đổi DC/AC riêng lẻ vào từng chuỗi, nhưng sau đó tất cả các bộ biến đổi DC/AC cung cấp một Inverter thông minh như cấu trúc liên kết tập trung. Luận văn sử dụng cấu hình Inverter thông minh tập trung để mô hình hóa hệ thống đang nghiên cứu.



Hình 2.17: Cấu trúc liên kết hệ thống

Các Inverter năng lượng mặt trời cần kết nối với các hệ thống điều trung tâm và trạm phân phối lên đường dây. Các nhà khai thác lưới từ lâu đã lo ngại rằng việc tích hợp năng lượng mặt trời vào lưới điện sẽ tác động tiêu cực đến khả năng phục hồi và độ

tin cậy của hệ thống điện. Cường độ năng lượng khác nhau (năng lượng mặt trời sẽ khác nhau vào các thời điểm trong ngày) và không liên tục (do điều kiện khí quyển thay đổi như mây che phủ) sẽ làm công suất phát các nguồn năng lượng mặt trời biến thiên liên tục, không thể chủ động kiểm soát. Có thể ảnh hưởng đến chất lượng điện năng, công suất của hệ thống và tuổi thọ của thiết bị. Ngoài ra, do nguồn năng lượng mặt trời cung cấp năng lượng trực tiếp vào lưới phân phối, không được kiểm soát bởi hệ thống truyền tải nên có thể gây ra các vấn đề sự cố về chất lượng điện năng, tính ổn định của hệ thống và đặc biệt khó khăn cho các bên điều hành lưới (EVN). Với những chức năng được cải thiện và phát triển của Inverter thông minh nêu ở phần trên có thể giải quyết được những vấn đề này. Một thiết bị thông minh có nghĩa là nó có khả năng hoạt động hiệu quả và tự chủ xử lý có vấn đề phát sinh một cách nhanh chóng mà không cần sự can thiệp quá nhiều từ người điều khiển. Để thể hiện rõ hơn vấn đề đó, cần phân tích cụ thể hơn về cấu trúc và chức năng mở rộng của Inverter thông minh. Cấu trúc liên kết Inverter thông minh được chọn cho thiết kế này là cấu trúc ba pha sáu công tắc cơ bản. Cấu trúc này được áp dụng vì cấu tạo đơn giản, có thể nhận và xử lý thông tin linh hoạt, đồng thời cấu trúc liên kết này hỗ trợ tối đa cho các chức năng cải tiến của Inverter thông minh. Cấu trúc liên kết bao gồm sáu công tắc được sắp xếp theo ba nhánh song song, trong đó mỗi nhánh có hai công tắc nối tiếp. Đầu vào DC cho Inverter thông minh được áp dụng cho ba nhánh song song. Đầu ra AC ba pha được tạo ra ở giữa hai công tắc trong mỗi ba nhánh. Cấu trúc liên kết được mô tả được hiển thị trong hình 2.18.



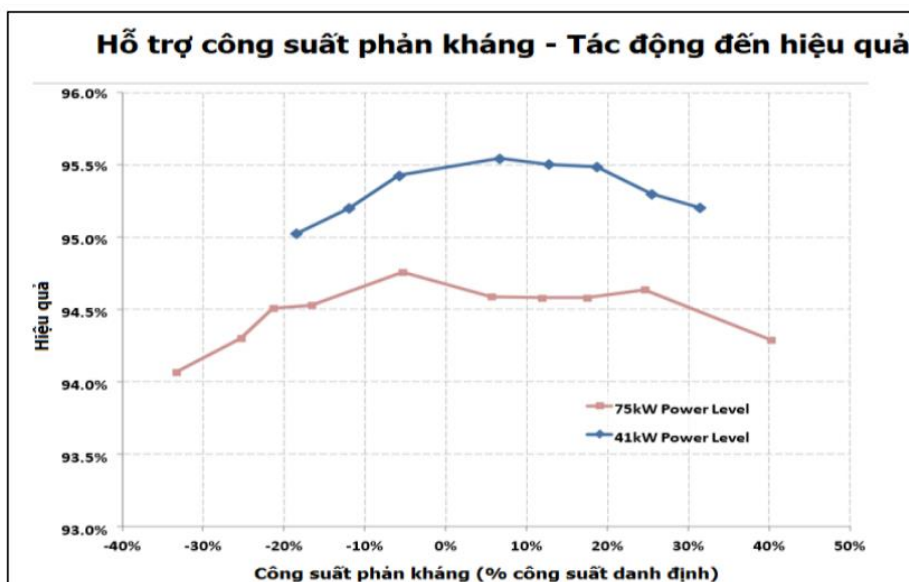
Hình 2.18: Cấu trúc liên kết ba pha của Inverter

Chức năng

Hỗ trợ điện áp tĩnh dựa trên công suất phản kháng.

Việc phát triển hệ thống điện mặt trời áp mái ngày càng nhiều dẫn đến vấn đề điện được cung cấp trực tiếp lên lưới hạ thế và trung thế tăng đáng kể dẫn đến tăng điện áp gây ra khó khăn cho việc vận hành lưới điện. Để bảo vệ các tải được kết nối, điện áp phải được giữ trong phạm vi cho phép. Khả năng kiểm soát công suất phản kháng cho phép các Inverter thông minh đảm bảo chất lượng điện áp cần thiết trong lưới điện. Chức năng kiểm soát công suất phản kháng của Inverter thông minh cũng có thể được sử dụng để bù cho hệ số công suất hiện có vì công suất phản kháng làm giảm hiệu quả, điều này làm giảm tải cho cơ sở hạ tầng lưới điện, đặc biệt là khi đã đạt đến giới hạn công suất. Nguyên nhân điển hình của hệ số công suất thấp bao gồm máy biến áp, động cơ lớn hoặc thậm chí đơn giản là các đoạn cáp dài. Có một số tùy chọn để tùy chỉnh thông số công suất phản kháng:

- Các điểm đặt được chỉ định bởi nhà điều hành.
- Các giá trị công suất phản kháng khác nhau có thể được đặt qua lịch trình đã thỏa thuận hoặc được lập trình bởi bên điều hành nhà máy hoặc nhà máy.
- Quy định tùy chỉnh công suất phản kháng thông qua một đường cong đặc trưng tùy thuộc vào điện áp lưới được đo tại điểm kết nối hoặc đầu ra công suất thực của Inverter.



Hình 2.19 Biểu đồ tác động của công suất phản kháng [19]

Hỗ trợ lưới động:

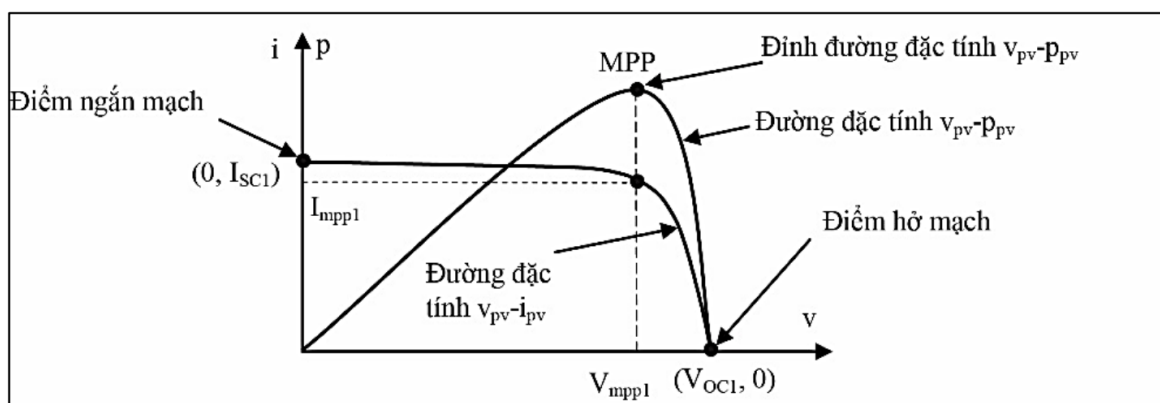
Vượt qua các nhiễu loạn trên lưới điện, hỗ trợ lưới động yêu cầu các nhà máy phát điện không được ngắt kết nối lưới điện trong trường hợp có sự cố hoặc sai lệch trên lưới điện và hỗ trợ điện áp lưới điện trong khi xảy ra lỗi sự cố bằng cách cung cấp dòng điện phản kháng vào lưới điện. Các yêu cầu này áp dụng cho tất cả các loại lỗi (nghĩa là các lỗi một pha, hai pha và ba pha). Hai loại đặc trưng như sau:

- Vượt qua điện áp thấp (LVRT): Thông thường các nhà máy PV phải ngắt kết nối với lưới điện ngay lập tức khi xảy ra sự cố điện áp thấp, ngay cả khi điện áp lưới giảm tạm thời. Điều này có nghĩa là nhiều nhà máy phải ngừng hoạt động trong trường hợp mất điện lưới, làm lưới càng trở nên mất cân bằng. Inverter thông minh có chức năng hỗ trợ lưới động hoạt động trong vòng một phần nghìn giây trong các sự kiện như vậy, ngăn ngừa sự cố lưới lan rộng hơn nữa. Việc hỗ trợ lưới động bị hạn chế đảm bảo rằng Inverter thông minh sẵn sàng cung cấp năng lượng vào lưới ngay sau khi lưới bị giảm điện áp. Các thiết bị vượt qua điện áp thấp (LVRT) hoặc vượt qua sự cố (FRT) cũng có thể cung cấp điện phản kháng vào lưới điện trong quá trình giảm điện áp lưới. Inverter thông minh có thể giúp duy trì hoạt động của nhà máy năng lượng mặt trời qua các giai đoạn điện áp lưới thấp hơn để tránh phải ngắt kết nối. Nếu không được duy trì hoạt động, phản ứng dây chuyền sẽ xảy ra khiến các nhà máy khác bị ngắt kết nối do sự sụt giảm điện áp, được gọi là xếp tầng. Vì vậy, khi giữ được nhiều nguồn PV hoạt động trong các trường hợp điện áp sụt giảm thì có thể giúp lưới giữ được trạng thái cân bằng công suất...
- Chức năng điều tần: Inverter thông minh không phải lúc nào cũng phát MPP. Trong trường hợp yêu cầu cân bằng lưới, Inverter có thể thoát khỏi vị trí MPP và giảm bớt công suất phát để giúp giảm tần số. Khi tải giảm hoặc tăng, Inverter sẽ thoát khỏi điểm MPP, khi tần số xuống thấp để đảm bảo cân bằng lưới thì Inverter sẽ trở lại điểm MPP.

Kiểm soát độ dốc:

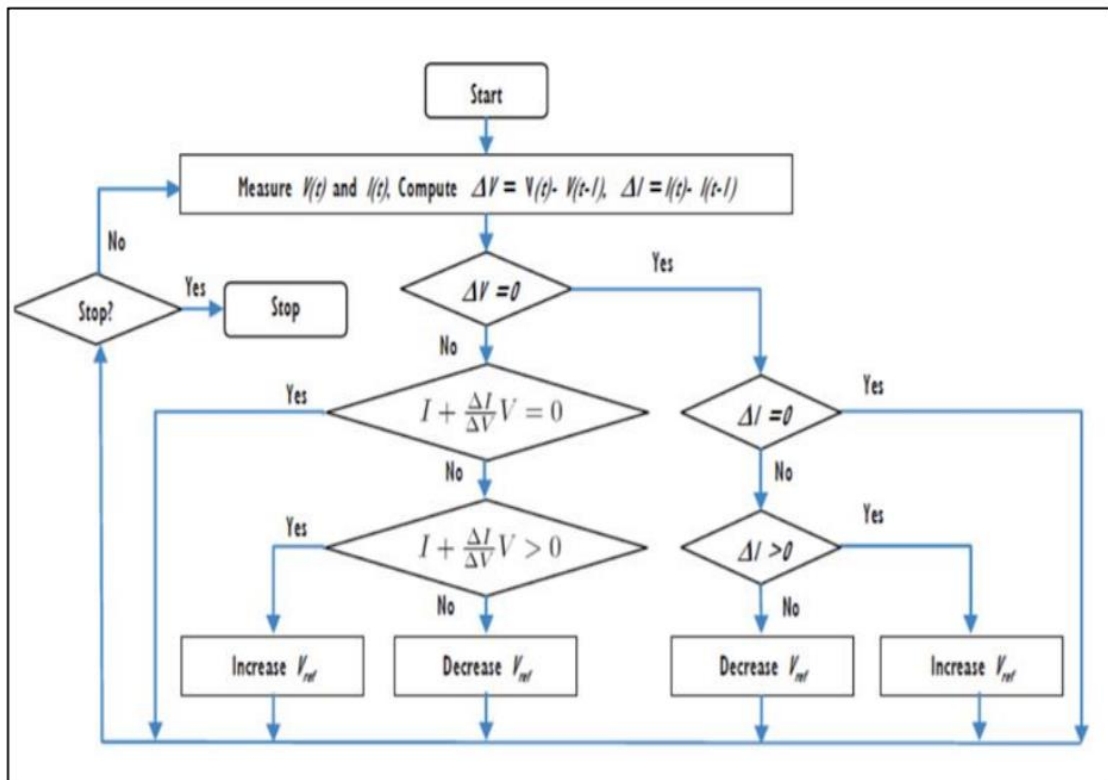
Inverter thông minh có thể điều khiển độ dốc giữa các điểm chuyển tiếp công suất khác nhau để đảm bảo đầu ra của hệ thống điện mặt trời luôn ổn định theo giới hạn. Công nghệ lưu trữ năng lượng có thể giúp hệ thống kiểm soát và điều khiển năng lượng đầu ra từ những tấm năng lượng. Chức năng này cũng có thể được sử dụng để hạn chế ảnh hưởng của việc lưu trữ tạm thời tại điểm phát công suất của hệ thống, nhưng yêu cầu lưu trữ năng lượng của PV cần có hệ thống bình acquy hoặc máy phát điện hỗ trợ. Vai trò của Inverter thông minh trong lưới điện là hoạt động như một giao diện giữa điểm tạo năng lượng và điểm tiêu thụ. Song song với các chức năng

hỗ trợ lưới, Inverter thông minh đang chạy ở chế độ MPPT (bộ theo dõi điểm công suất tối đa) để vận hành các tấm PV được kết nối trong điểm hoạt động tối ưu, có bộ vi xử lý và thiết bị đo chọn được điểm có công suất cực đại MPP (Max Power Point) P_{max} để sạc cho acquy [20]. Để thấy rõ hơn cách lựa chọn điểm công suất cực đại, thông số kỹ thuật được lấy từ một hệ thống điện năng lượng mặt trời cụ thể và phân tích đường cong năng lượng điện hình từ các tấm pin. Từ đó đưa ra các thuật toán được sử dụng trong Inverter thông minh để tính toán được điểm công suất tối đa MPPT. Thuật toán MPPT dựa trên thuật toán P&O [21]. Các phương pháp này đo lường công suất của PV để đánh giá vùng vận hành nhất thời. Theo khu vực, chu kỳ nhiệm vụ (D) của bộ chuyển đổi được tăng hoặc giảm sao cho hệ thống hoạt động gần với điểm công suất tối đa. Bởi vì phương pháp chỉ so sánh công suất của PV, nên việc thực hiện rất đơn giản.



Hình 2.20: Thuật toán MPPT [31]

Để sử dụng đầy đủ bất kỳ hệ thống điện năng lượng mặt trời nào, điện áp trên các cực của bảng điều khiển năng lượng mặt trời cần phải được theo dõi và kiểm soát theo cách sao cho nó luôn ở mức điện áp điểm tối đa. Hai thuật toán điều khiển được sử dụng và nghiên cứu phổ biến nhất để theo dõi điểm công suất tối đa (MPPT) là phương pháp (P&O) và phương pháp dẫn điện tăng dần (IC) [21]. Phương pháp P&O tính toán công suất đầu ra hiện hành của bảng điều khiển năng lượng mặt trời. Từ đó, làm mất ổn định điện áp điểm cuối của bảng điều khiển năng lượng mặt trời bằng cách tăng hoặc giảm điện áp và so sánh công suất đầu ra được tính toán mới với điện áp được tính toán trước đó. Nếu giá trị mới lớn hơn, thì điện áp đầu cực tiếp tục theo hướng tăng hoặc giảm. Thuật toán được vận hành theo kiểu này cho đến khi đạt được điểm công suất tối đa (MPP). Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là một khi đạt được MPP, nó tiếp tục dao động quanh điểm này. Để khắc phục điều này có thể làm cho điện áp nhiễu nhỏ hơn nhưng điều này dẫn đến phản ứng chậm hơn với sự thay đổi nhanh của bức xạ.



Hình 2.21b: Sơ đồ cấu trúc của thuật toán IC

Điều chế độ rộng xung hình sin đơn cực (SPWM)

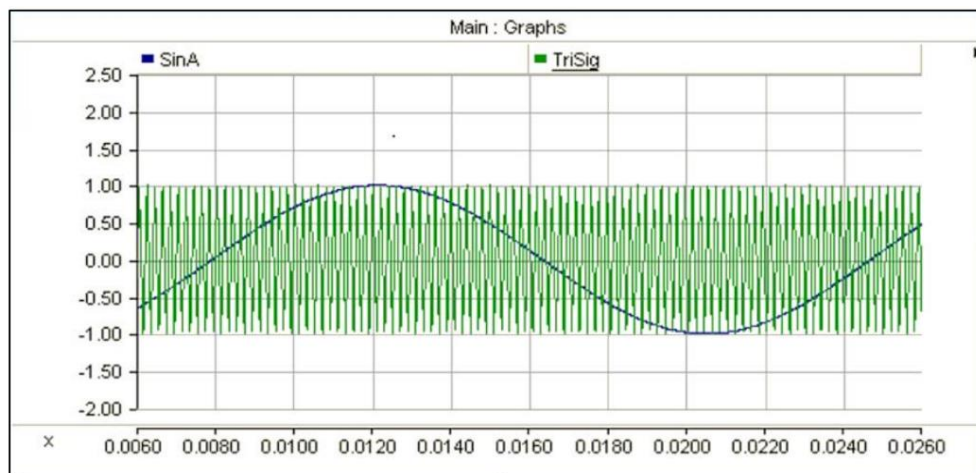
Hình dạng và chất lượng của dạng sóng đầu ra AC có liên quan trực tiếp đến cách kiểm soát các khoảng thời gian dẫn của các công tắc. Phương pháp được chọn cho Inverter thông minh là điều chế độ rộng xung hình sin đơn cực (SPWM). Kỹ thuật điều khiển này cho phép kiểm soát ba biến dạng sóng đầu ra rất quan trọng. Ba biến này là pha, cường độ và tần số của dạng sóng AC được tạo có tầm quan trọng lớn để đảm bảo chất lượng và hiệu suất cho hệ thống điện năng lượng mặt trời. SPWM là một kỹ thuật điều khiển yêu cầu ba dạng sóng hình sin tham chiếu (cho hoạt động ba pha) có cùng tần số với dạng sóng đầu ra mong muốn và một dạng sóng tam giác tần số cao được gọi là tín hiệu sóng mang [22]. Tín hiệu quyết định khi nào công tắc thích hợp nên điều khiển hay tắt được xác định bằng cách so sánh cường độ của dạng sóng hình sin và tam giác. Giữa điểm so sánh logic và cổng cuối cùng của IGBT là một mạch điều khiển cung cấp điện áp và năng lượng cần thiết để vận hành công tắc. Ba dạng sóng hình sin tham chiếu có thể được diễn tả theo mẫu sau:

$$\begin{aligned}
 V_{Aref} &= A \sin(2\pi f_r t + \theta) \\
 V_{Bref} &= A \sin(2\pi f_r t + \theta - 120^\circ) \\
 V_{Cref} &= A \sin(2\pi f_r t + \theta + 120^\circ)
 \end{aligned}$$

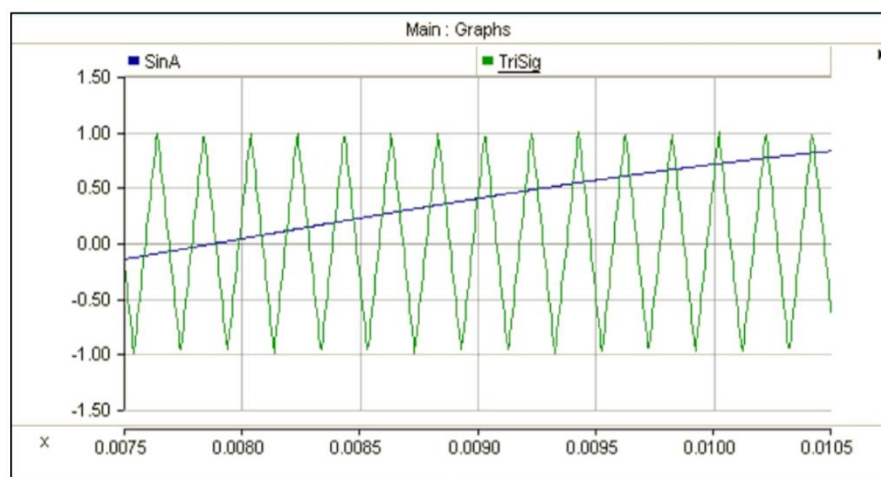
Trong đó:

- A là biên độ sóng hình sin tham chiếu còn được gọi là chỉ số điều chế (ma)
- f_r là tần số mong muốn của dạng sóng đầu ra
- θ là chỉ số lệch pha
- V_{TRI} là dạng sóng tam giác thay đổi từ -1 đến 1 với chu kỳ làm việc ở mức 50% tại tần số f_c cao hơn nhiều so với f_r .

Chỉ số biến điệu là tỷ lệ biên độ của sóng hình sin tham chiếu với tín hiệu sóng hình tam giác, nhưng vì dạng sóng hình tam giác thường có biên độ là 1, nên biên độ của sóng hình sin tham chiếu có thể được coi là hệ số dao động biên độ. Đối với các van đóng mở 1 và 2, logic chuyển đổi được lấy từ việc so sánh V_{Aref} và V_{TRI} . Hai tín hiệu chồng lên nhau được thể hiện trong hình 2.17a và hình 2.17b.



Hình 2.22a: SPWM Tham chiếu dạng sóng hình sin và tam giác ($ma = 1$)



Hình 2.22b: SPWM Tham khảo dạng sóng hình sin và tam giác

Khi $V_{A\ ref}$ lớn hơn V_{TRI} , van đóng mở 1 được bật, van đóng mở 2 bị tắt và điện áp pha đầu ra V_{AN} bằng với bộ biến đổi điện áp đầu vào DC là V_{DC} . Đối với các trường hợp khi $V_{A\ ref}$ nhỏ hơn V_{TRI} , van đóng mở 1 bị tắt, van đóng mở 2 được bật và điện áp pha đầu ra V_{AN} bằng 0. Tín hiệu chuyển mạch cho các van đóng mở 3, 4, 5 và 6 và điện áp pha đầu ra V_{BN} và V_{CN} có thể được xác định tương tự như cách tạo ra các van đóng mở 1 và 2 nhưng sử dụng $V_{B\ ref}$ và $V_{C\ ref}$ tương ứng. Logic chuyển đổi hoàn chỉnh được tóm tắt trong Bảng 2.1.

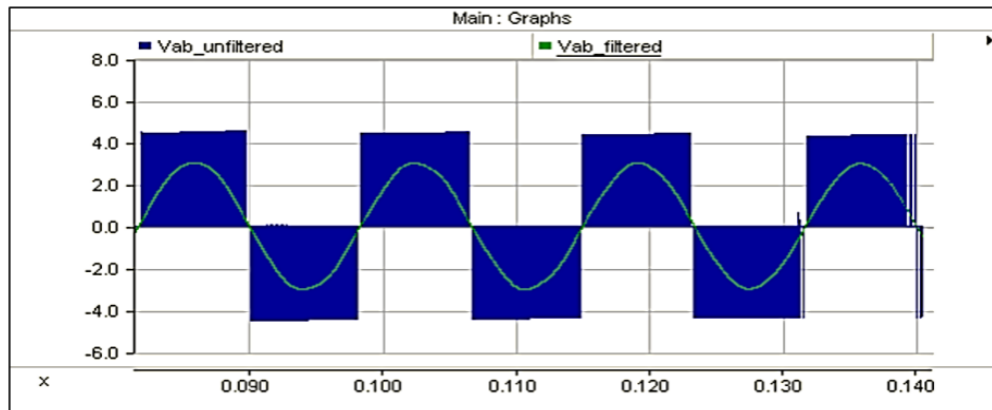
Bảng 2.1 Logic chuyển đổi SPWM

Van đóng mở điện	Sóng hình sin áp dụng	Chuyển đổi logic	
		$V_{SIN} > V_{TRI}$	$V_{SIN} < V_{TRI}$
$S1$	V_A	ON	OFF
$S2$		OFF	ON
$S3$	V_B	ON	OFF
$S4$		OFF	ON
$S5$	V_C	ON	OFF
$S6$		OFF	ON

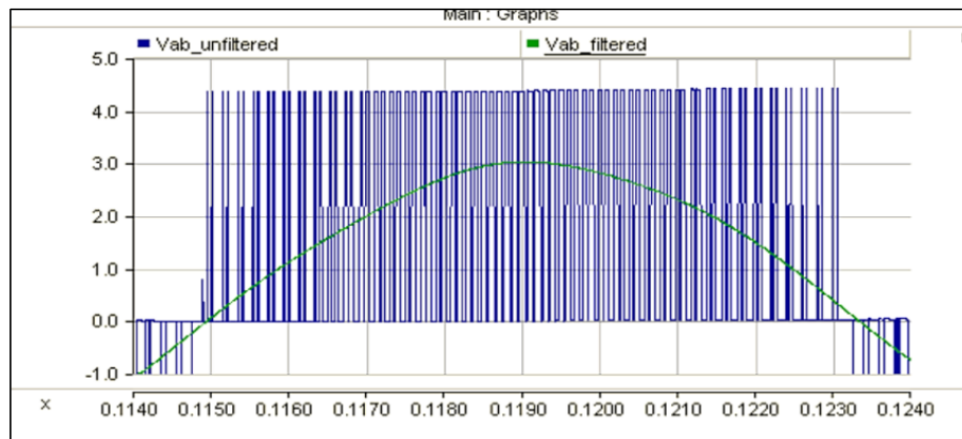
Bằng cách thực hiện phép trừ đơn giản giữa các điện áp pha V_{AN} và V_{BN} , điện áp đường dây hữu dụng hơn được xác định là V_{AB} . Dạng sóng này chuyển từ 0 sang V_{DC} ở dạng biến điệu độ rộng xung trong nửa đầu chu kỳ đầu ra và sau đó từ 0 đến $-V_{DC}$ trong nửa sau của chu kỳ. Các dạng sóng này không xuất hiện hình sin nhưng sau khi lọc các dạng sóng, các thành phần cơ bản có thể được trích xuất. Biên độ tỷ lệ tuyến tính với chỉ số biến điệu nhân với điện áp đầu vào DC của Inverter thông minh. Lưu ý rằng mối quan hệ chỉ tuyến tính miễn là chỉ số biến điệu bị giới hạn thay đổi từ 0 đến 1, đây là vùng vận hành tuyến tính cho sơ đồ điều khiển PWM được chọn. Về mặt toán học, thành phần cơ bản của điện áp RMS từ dòng đến dòng được mô tả bởi công thức:

$$\bar{Y}_{1LL} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \cdot ma \cdot V_{DC}$$

Đường dây không được lọc và được lọc đối với điện áp đường dây.



Hình 2.23 a Dạng sóng điện áp VAB không lọc và được lọc (Ba chu kỳ)

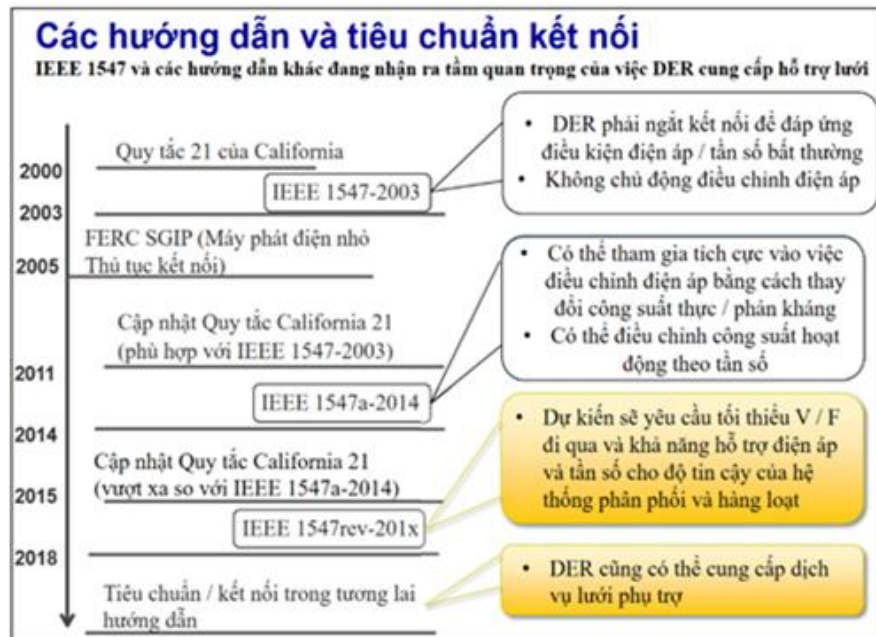


Hình 2.23 b Dạng sóng điện áp VAB không lọc và được lọc (Nửa chu kỳ)

Để giảm thiểu sóng hài đầu ra, tần số sóng mang f_c của dạng sóng tam giác phải được chọn là bội số lẻ của tần số tham chiếu. [22]

Hệ thống điều khiển từ vòng lặp PLL

Các tham số lưới (ví dụ: điện áp và tần số) cho hệ thống điều khiển được lấy từ vòng lặp PLL (vòng khóa pha). Tất cả các loại cấu trúc điều khiển có thể được thực hiện cục bộ như các khái niệm điều khiển độc lập hoặc với một bộ điều khiển giám sát trung tâm, gửi các lệnh hoạt động đến Inverter thông minh thông qua một giao diện truyền thông phù hợp. Mỗi bộ chuyển đổi năng lượng đóng vai trò là giao diện cho nguồn năng lượng phân tán (DER) vào lưới điện phải đáp ứng các yêu cầu của loạt tiêu chuẩn IEEE 1547. [23]

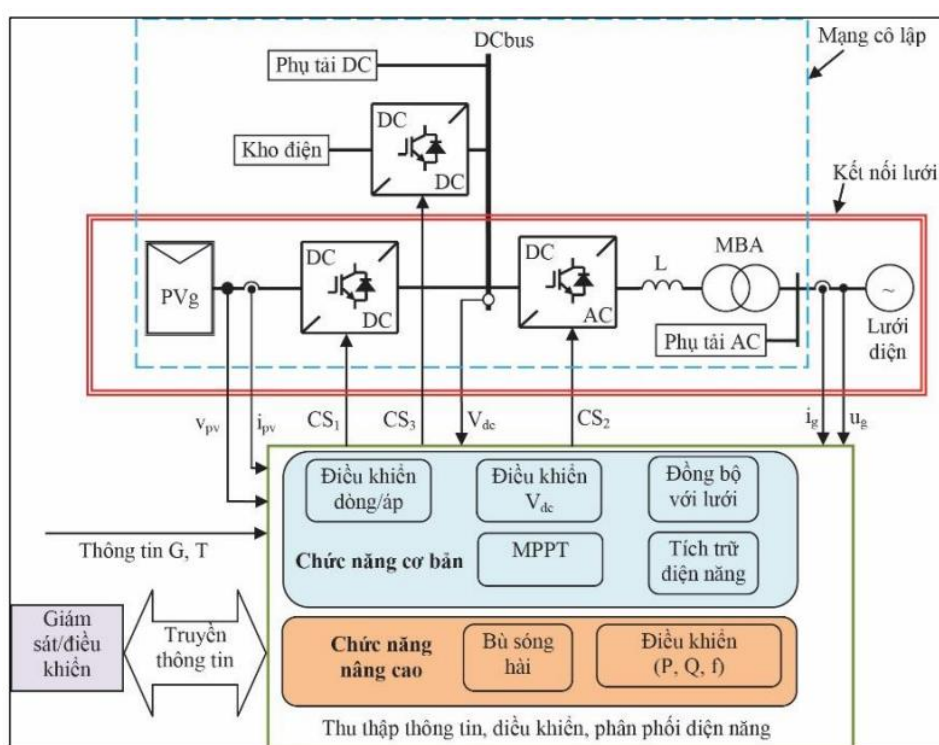


Hình 2.24 Sự phát triển tiêu chuẩn kết nối theo các năm. [24]

Các tiêu chuẩn này đã được thực hiện và sửa đổi định kỳ để đối phó với các khía cạnh như điện áp và chất lượng điện năng, nối đất, phát hiện đảo,... [24], [25], [26] Phiên bản mới nhất, IEEE 1457-2018, đã được sửa đổi cho các lưới điện dựa trên Inverter. Hơn nữa, trong phiên bản 2018 yêu cầu phải có các tính năng hỗ trợ lưới như điện áp và tần số đi qua có khả năng tiếp tục hoạt động trong trường hợp mất cân bằng tham số. Sự điều chỉnh này hoàn toàn khác biệt so với tiêu chuẩn IEEE 1457-2003 trước đó, cần phải được bổ sung phụ lục trong những tình huống này [23]. Điều đó cho thấy các thiết bị kỹ thuật ngày càng được phát triển mạnh mẽ nhằm nâng cao hiệu quả và hỗ trợ lẫn nhau trong cùng hệ thống. Trong tài liệu số [26], mô tả các chỉ số chính về độ thông minh và chi phí tiết kiệm cho Inverter thông minh. Mỗi chỉ số này chứa một số tính năng hoạt động được mô tả trong các phần chính và phần phụ riêng biệt. Trọng tâm của luận văn này là thiết kế và mô hình hóa một Inverter thông minh nhận đầu vào hệ thống pin mặt trời, sử dụng phần mềm PSCAD phân tích đưa ra kết quả mô phỏng. Ngoài chức năng chính của Inverter là chuyển đổi dòng điện trực tiếp (DC) được sản xuất bởi các tấm pin mặt trời thành dòng điện xoay chiều (AC), Inverter thông minh còn được phát triển thêm những chức năng đặc biệt sau:

- Inverter thông minh với chức năng quản lý nguồn cấp dữ liệu, điều khiển công suất phản kháng, khả năng hỗ trợ lưới động và kiểm soát độ dốc.
- Chọn được điểm có công suất cực đại MPP (Max Power Point)

- Điều chế độ rộng xung hình sin đơn cực (SPWM) kiểm soát ba biến dạng sóng đầu ra rất quan trọng. Ba biến này là pha, cường độ và tần số của dạng sóng AC có tầm quan trọng lớn để đảm bảo chất lượng và hiệu suất cho hệ thống điện năng lượng mặt trời.
- Quản lý năng lượng lưu trữ. Lưu trữ cũng có thể được sử dụng để hấp thụ năng lượng dư thừa từ lưới điện, tùy thuộc vào trạng thái sạc, hỗ trợ kiểm soát điện áp mạng.
- Điều khiển độc lập và giám sát có thể được điều chỉnh phù hợp với tình huống mạng để kiểm soát dòng điện, lỗi cảm giác, ngắt kết nối khi cần thiết.



Hình 2.25 Chức năng của Inverter thông minh [27]

Định hướng phát triển và đồng bộ hóa hệ thống điện mặt trời sử dụng Inverter thông minh

Bài học kinh nghiệm từ nước Đức khi không sử dụng Inverter thông minh khi sự tăng trưởng của các nguồn năng lượng mặt trời phân tán phát triển theo cấp số nhân gây nên sự thâm nhập lớn của năng lượng mặt trời phân tán vào lưới điện của Đức. Làm tăng dao động điện áp và đe dọa đến sự mất ổn định điện lưới trên toàn hệ [28]. Do đó, chính quyền Đức đã phải đặt hàng một bộ cải tiến hàng loạt các Inverter thông minh với chi phí hàng trăm triệu đô la. Dự án EPRI được tài trợ bởi một khoản trợ

cấp sáng kiến của SunShot với 4,4 triệu USD, nhà sản xuất Inverter Solectria Renewables đóng góp 2,7 triệu đô la. [29] Dự án EPRI liên quan đến việc lắp đặt Inverter 350 kW tại địa điểm DTE Energy, Inverter 500 kW và Inverter 380 kW tại hai địa điểm National Grid và mười tám bộ Inverter 100 kW tại Pepco Holdings. Cho đến nay, kết quả ban đầu từ dự án dẫn đầu EPRI đã cho thấy các Inverter thông minh không làm tăng đáng kể chi phí lắp đặt của một dự án năng lượng mặt trời phân tán mới. Hiệp hội Điện mặt trời (SEPA) coi các Inverter thông minh là một phần quan trọng của việc mở rộng năng lượng mặt trời trong tương lai. [30] Inverter thông minh sẽ không chỉ làm tăng sự phát triển của nguồn năng lượng mặt trời phân tán, mà còn làm cho lưới điện trở nên đáng tin cậy hơn. Để năng lượng mặt trời triển hơn nữa, các tiêu chuẩn hòa lưới của IEEE phải được sửa đổi và việc lắp đặt các Inverter thông minh là bắt buộc đối với tất cả các dự án năng lượng mặt trời.

Thị trường phát triển

Hiện nay, trên thị trường Inverter cho hệ thống pin mặt trời có ba loại chính là: micro inverter, string inverter và central invert. Mỗi loại có những tính chất ứng dụng và ưu, nhược điểm riêng.

- Micro inverter được sử dụng để kết nối trực tiếp với mỗi panel, vì vậy chúng rất dễ để lắp đặt, dễ thay thế và mở rộng, giá thành thấp. Các micro inverter có công suất nhỏ, điện áp và dòng điện thấp, hiệu suất đạt được thấp hơn các loại inverter khác. Công suất của micro inverter đến 300Wp, thường sử dụng cho quy mô nhỏ.



Hình 2.26: Micro Inverter 600w 220v Mppt Solar Grid

- Inverter chuỗi (String Inverter): Các inverter chuỗi có công suất lớn hơn loại micro inverter, chúng được sử dụng kết nối nhiều chuỗi panel do đó điện áp và dòng điện sẽ lớn hơn. Mỗi inverter chuỗi sẽ làm việc tại điểm công suất cực

đại cho một chuỗi hoặc nhiều chuỗi, chi phí vận hành và bảo dưỡng thấp, thường có công suất đến 100kWp.



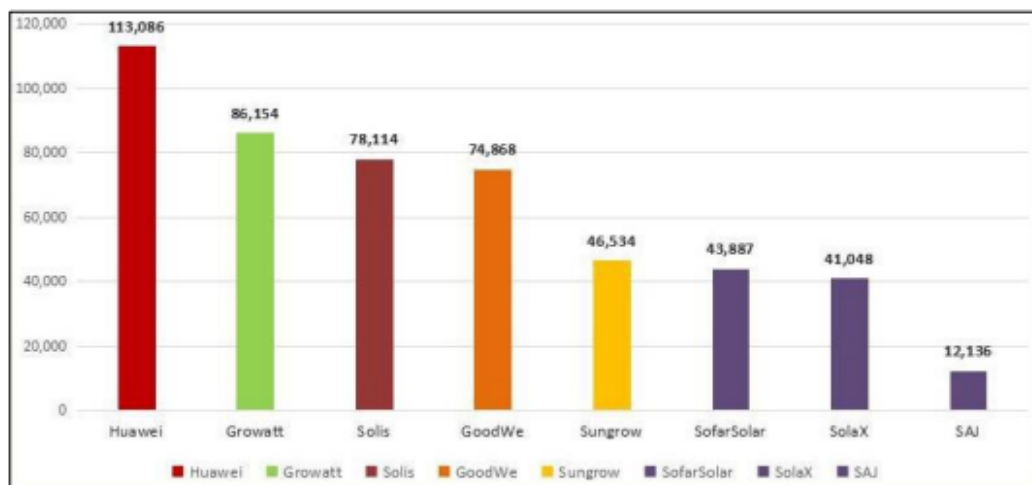
Hình 2.27: String inverter

- Central Inverter: Các central inverter được sử dụng cho hệ thống pin mặt trời công suất lớn. Chi phí vận hành và bảo dưỡng cao.



Hình 2.28: Central inverter Generac PWRcell Inverter 9kWh

Đối với các dự án điện mặt trời áp mái, hầu hết đều sử dụng các inverter chuỗi do đơn giản trong lắp đặt, vận hành và bảo dưỡng. Inverter nên chọn từ các nhà sản xuất có uy tín trên thế giới. Thị phần các nhà sản xuất inverter năm 2019:



Hình 2.29 Thị phần các nhà sản xuất inverter năm 2019 [31]

2.3.3 Nâng cao tiêu chuẩn bảo vệ khi hệ thống điện mặt trời gặp sự cố

Các thiết bị liên kết với nhau tạo thành Hệ thống năng lượng điện mặt trời vì vậy chỉ cần một bộ phận xảy ra sự cố có thể ảnh hưởng đến toàn bộ hệ thống. Với những thiết bị mang tính đặc thù phải đặt áp mái những tòa nhà cao tầng như tấm Pin mặt trời, dàn giá đỡ, dây dẫn và hòa lưới với hệ thống điện nên khả năng bị sét đánh là rất lớn. Có thể gây cháy nổ cho các tấm pin mặt trời, các đường dây hoặc bộ điều khiển hoặc tạo các xung điện quá áp đột biến có thể lan truyền trên các đường dây nguồn DC từ tấm pin về, dây tín hiệu cảm biến, dây nguồn AC nối ra lưới và các tải tiêu thụ.

Giải pháp cơ bản để bảo vệ chống sét cho hệ thống PV

Để chống lại sự tác động của sét đánh ta cần phải có giải pháp bảo vệ tổng thể và đầy đủ gồm:

- Bảo vệ bên ngoài bằng hệ thống chống sét trực tiếp (không để sét đánh trúng vào hệ thống PV);
- Bảo vệ chống quá áp đột biến lan truyền trên đường dây DC, AC và tín hiệu;
- Hệ thống nối đất đảm bảo kỹ thuật.

Về giải pháp chống sét trực tiếp cho hệ thống điện năng lượng mặt trời:

Các hệ thống điện mặt trời cho công nghiệp hoặc tòa nhà: Với các công trình lớn này nên sử dụng kim phân tán sét, nó sẽ phân tán các điện tích trái dấu để ngăn ngừa các dòng sét đánh xuống khu vực, an toàn hơn nhưng chi phí có thể cao hơn.

Với hệ thống sử dụng có quy mô nhỏ (nhà ở, cột đèn NLMT, biển báo ..): Các hệ thống điện này thường có diện tích nhỏ, các tấm pin thường được đặt trên đỉnh hoặc

mái nhà thì không cần thiết phải sử dụng kim thu sét ESE, có thể bảo vệ bằng kim thu lôi truyền thống. Đặc biệt, nếu sử dụng các kim phân tán sét đặt trên mái nhà thì sẽ hiệu quả hơn nhiều, các model có thể dùng cho công trình nhỏ như: TerrStat ST-100 hoặc ST-400.

Khi sử dụng kim phân tán sét thì sẽ ngăn ngừa hiện tượng sét đánh xuống khu vực mà nó bảo vệ, tác dụng này đồng nghĩa với việc sẽ hạn chế sự xuất hiện các xung quá áp lặp lại hay sét lan truyền trên các đường dây của hệ thống điện mặt trời. Thi công và lắp đặt hệ thống tiếp đất cho các cột thu lôi này phải đáp ứng các tiêu chí kỹ thuật. Các hệ thống tiếp địa cũng cần phải liên kết đẳng thế với nhau.

Đối với chống sét lan truyền cho nguồn điện mặt trời DC:

Sử dụng các thiết bị chống sét nguồn điện DC để bảo vệ trên các đường dây nối từ các tấm pin về tủ nguồn, các thiết bị chống sét cho nguồn điện mặt trời DC này phải được lắp đặt bảo vệ ngay tại lối vào DC của Invertor và các tấm pin (theo khuyến cáo CLS/TS 5039-12..). Với hệ thống có lắp đặt kim thu sét thì phải sử dụng thiết bị Type 1 để đảm bảo chịu được các dòng xung 10/350 μ s (như DS60VG PV, DS50VG PV-G/10KT).

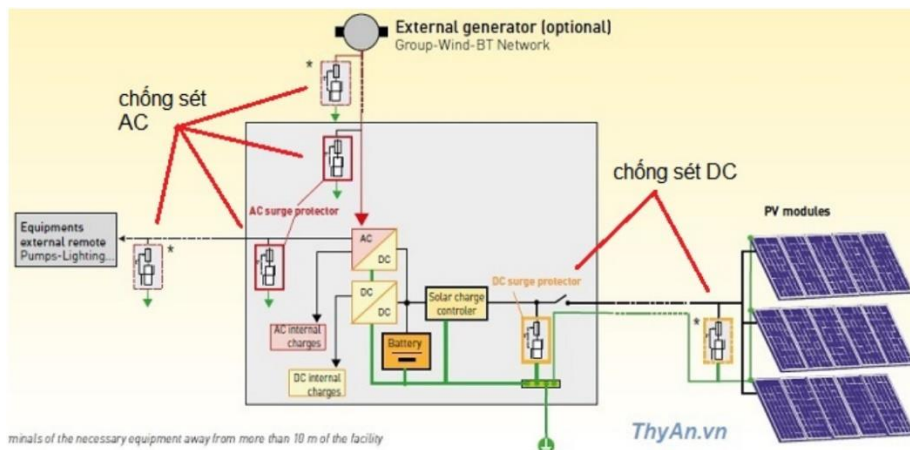
Với các hệ thống không trang bị cột chống sét (hoặc có sử dụng kim phân tán sét) thì có thể dùng thiết bị Type 2 (như DS50VG PV, DS240-DC, ATVOLTP) để bảo vệ. Nếu sử dụng thêm các thiết bị cắt sét type 1 bảo vệ sơ cấp phía trước thì càng tốt. Lựa chọn các thiết bị chống sét có mức điện áp hoạt động định mức và tối đa phù hợp với nguồn DC mà các tấm pin cung cấp. Ngoài ra có thể chọn thêm tính năng bổ sung như công nghệ VG, kiểu cắm rút, dây báo hiệu tình trạng hoạt động .v.v. phù hợp với nhu cầu.

Đối với chống sét lan truyền cho đường nguồn AC:

Lắp đặt các thiết bị chống sét nguồn AC để bảo vệ ngay trước lối vào AC của Invertor, của các phụ tải và cầu dao kết nối với điện lưới. Quá áp có thể lan truyền trên đường dây từ các phụ tải (máy bơm, đèn chiếu sáng...) hoặc từ hệ thống lưới điện quốc gia (có hòa mạng).

Với các công trình có lắp đặt kim thu sét thì phải sử dụng các thiết bị cắt sét AC Type 1 (như: DS250VG, DS150E, ATSHOCK...) để bảo vệ, sau đó có thể dùng thêm Type 2 để bảo vệ thứ cấp. Lưu ý nếu thiết bị không phải công nghệ VG thì phải đảm bảo khoảng cách tối thiểu giữa sơ cấp và thứ cấp.

Với các công trình ở vùng có mật độ sét đánh không nhiều, cường độ dòng sét không cao và không trang bị các kim thu sét trực tiếp thì có thể sử dụng các thiết bị cắt sét AC Type 2 (như: DS70, DS42, ATSUB 40, ATCOVER 230T...) để bảo vệ.



Hình 2.30 Các giải pháp chống sét hệ thống điện mặt trời[33]

Về giải pháp chống sét lan truyền cho các đường tín hiệu:

Hệ thống điện NLMT có thể có rất nhiều đường tín hiệu như tín hiệu từ các cảm biến, đầu dò, tín hiệu giám sát và điều khiển... chúng thường chạy theo các đường dây DC từ ngoài vào nên khả năng nhiễm quá áp là rất cao. Các thiết bị chống sét cho đường tín hiệu được lắp đặt trong các tủ điều khiển, tủ trung gian bên ngoài hoặc trước khi vào các thiết bị và cảm biến. Lựa chọn các thiết bị phù hợp với dạng tín hiệu truyền như RS485, RS232, Ethernet, PoE hay các đường tín hiệu DC có mức điện áp thấp khác. Có thể chọn các thiết bị dạng DIN gắn trên ray lắp nối tiếp (như dòng ATLINE, DLA, DLA2) hoặc các thiết bị gắn trên dây như B180, MTJ và thiết bị chống sét đường mang Ethernet như MJ8-CAT5... phù hợp với điều kiện lắp đặt.

Về giải pháp tiếp đất cho hệ thống điện mặt trời:

Hệ thống tiếp đất là một bộ phận vô cùng quan trọng cho hệ thống, nó vừa có chức năng tiếp đất công tác, tiếp đất bảo vệ và tiếp đất chống sét. Toàn bộ các kết cấu giá đỡ, vỏ tủ, khung bao, thiết bị chống sét... đều phải được nối tiếp địa, đảm bảo sự đẳng thế trong toàn bộ hệ thống, có thể dùng thiết bị đẳng thế (như AT-50K) để liên kết các khu vực tiếp đất theo các chức năng khác nhau lại. Giá trị điện trở nối đất càng nhỏ càng tốt tùy theo đặc điểm địa lý và công suất hệ thống điện mặt trời. Các vật liệu sử dụng trong hệ thống tiếp đất nên sử dụng loại tốt, có khả năng chống ăn mòn cao (vì nó chịu tác động của ăn mòn hóa học, ăn mòn điện phân). Cọc tiếp địa có thể dùng loại mạ đồng chất lượng cao hoặc đồng nguyên chất, đặc biệt nếu sử dụng loại

cọc tiếp đất hóa học (ApliRod), cọc tiếp đất Graphite thì càng đảm bảo hiệu quả cao nhất.

Có thể sử dụng thêm các hóa chất giảm điện trở đất để tăng cường khả năng dẫn điện, giảm điện trở như: Conductiver Plus (dùng cho vùng đất nhiều cát, sỏi đá), Aplifill (dùng cho các hố điện cực), Aplicem (dùng cho các cọc và dây liên kết). Số lượng điện cực tiếp đất và hóa chất sử dụng phụ thuộc vào đặc điểm địa chất riêng của mỗi công trình.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI KẾT HỢP INVERTER THÔNG MINH

3.1 Phương án thiết kế hệ thống điện năng lượng mặt trời áp mái

Để thực hiện một dự án điện mặt trời cần phải lên kế hoạch các bước cơ bản như sau:

Bước 1: Nghiên cứu các cơ sở pháp lý liên quan tới việc thiết kế, vận hành hệ thống điện mặt trời ở Việt Nam

Bước 2: Khảo sát khu vực lắp đặt

Bước 3: Tính toán và lựa chọn phương án kỹ thuật

Bước 4: Hoàn thành thủ tục giấy phép

Bước 5: Thiết kế chi tiết

Bước 6: Thi công xây dựng và kiểm tra vận hành hệ thống.

3.1.1 Tiêu chuẩn nối lưới đối với điện mặt trời áp mái

Hệ thống điện lắp mái nối lưới ngày càng phổ biến và mở rộng về quy mô. Với mong muốn góp phần đảm bảo nguồn năng lượng quốc gia những vẫn phải đảm bảo được tính an toàn và sự ổn định chung của toàn hệ thống. Việc cung cấp và hòa vào hệ thống lưới điện Quốc gia cần có những tiêu chuẩn rõ ràng về bảo vệ tại điểm hòa lưới, chất lượng điện năng, khả năng duy trì kết nối – điện áp, tần số, sự mất cân bằng pha, sự xâm nhập của dòng DC vào hệ thống, vấn đề về an toàn khi xảy ra sự cố và các tiêu chuẩn cho thiết bị lắp đặt để đảm bảo an toàn cho toàn trong vận hành hệ thống.

Đối với bảo vệ quá dòng chung tại điểm kết nối:

Điểm đấu nối là điểm nối trang thiết bị, lưới điện và nhà máy điện của Khách hàng sử dụng lưới điện truyền tải vào lưới điện truyền tải.

- *Quốc tế:* Hai tình huống khác nhau có thể được đáp ứng, theo cấp điện áp. Các kết nối điện hạ áp, bảo vệ dòng xâm nhập phải được chọn và cài đặt theo các tiêu chí và quy tắc đặt ra theo các tiêu chuẩn của IEC 60364 cũng như các Quy định của đối với việc lắp đặt điện. [34] Với các kết nối điện trung áp, áp dụng các tiêu chuẩn IEC 60255, IEC 61936-1.
- *Tại Việt Nam :* Sơ đồ đấu nối điện chính phải bao gồm tất cả các thiết bị điện trung và cao áp tại vị trí đấu nối, phải thể hiện được liên kết giữa lưới điện của Khách hàng sử dụng lưới điện truyền tải với lưới điện truyền tải. Các trang

thiết bị điện phải được mô tả bằng các biểu tượng, ký hiệu tiêu chuẩn và được đơn vị vận hành hệ thống điện và thị trường điện đánh số theo quy định hiện hành. Ngoài ra cần đảm bảo yêu cầu đối với hệ thống bảo vệ rơ-le, yêu cầu đối với hệ thống thông tin, yêu cầu về hệ thống SCADA/EMS, yêu cầu khả năng huy động, điều khiển công suất tác dụng và công suất phản kháng của tổ máy phát điện, hệ thống kích từ của tổ máy phát điện, hệ số công suất của khách hàng sử dụng lưới điện truyền tải, độ dao động phụ tải, hệ thống tự động sa thải phụ tải theo tần số theo Mục 2 Thông tư số 39/2015/TT-BCT. [35]

Tần số

Bảng 3. 1 So sánh tiêu chuẩn tần số Việt Nam với quốc tế

	Việt nam	Quốc tế (Australia)
Chế độ vận hành của hệ thống điện	Dải tần số cho phép	Dải tần số cho phép
Vận hành bình thường của hệ thống điện	49,8 Hz ÷ 50,2 Hz	48.75 to 51 Hz
Sự cố đơn lẻ	49,5 Hz ÷ 50,5 Hz	47.0 to 52.0 Hz

Điện Áp

- *Quốc tế (Các nước trong liên minh châu Âu):* Ngoại trừ hậu quả của sự kiện dự phòng không đáng tin cậy, điện áp trạng thái tối thiểu trên hệ thống truyền tải và các bộ phận của hệ thống phân phối hoạt động ở điện áp từ 6 kV trở lên phải là 90% điện áp danh định và điện áp trạng thái ổn định tối đa phải là 110% điện áp danh định. Đối với những bộ phận của hệ thống phân phối hoạt động dưới mức điện áp 6 kV, điện áp trạng thái ổn định phải nằm trong: $\pm 6\%$ điện áp danh định trong trạng thái hoạt động bình thường, $\pm 8\%$ điện áp danh định trong điều kiện bảo trì, $\pm 10\%$ điện áp danh định trong điều kiện khẩn cấp.
- *Tại Việt Nam :* Trong trường hợp hệ thống điện truyền tải bị sự cố nhiều phần tử, sự cố nghiêm trọng, trong trạng thái khẩn cấp hoặc trong quá trình khôi phục hệ thống, cho phép mức dao động điện áp trên lưới điện tạm thời lớn hơn $\pm 10\%$ so với điện áp danh định nhưng không được vượt quá $\pm 20\%$ so với điện áp danh định. Trong thời gian sự cố, điện áp tại nơi xảy ra sự cố và vùng lân

cần có thể giảm quá độ đến giá trị bằng 0 ở pha bị sự cố hoặc tăng quá 110% điện áp danh định ở các pha không bị sự cố cho đến khi sự cố được loại trừ.

Mức nhấp nháy điện áp

- *Quốc tế (Australia)*: Mức độ nhấp nháy được đặc trưng bởi hai đại lượng: P_{st} - thời hạn nghiêm trọng nhấp nháy ngắn hạn (thu được cho 10 phút/lần); P_{lt} - mức độ nghiêm trọng nhấp nháy dài hạn (thu được cho 2 giờ/lần). Mức độ nhấp nháy gây ra do dao động điện áp trong hệ thống truyền tải và phân phối phải nằm trong các mức quy hoạch được nêu dưới đây trong 99% thời gian.

Bảng 3. 2 Tiêu chuẩn định lượng nhấp nháy quốc tế

Định lượng nhấp nháy	Hạ áp (415 V)	Trung áp (≤ 35 kV)	Cao áp và siêu cao áp (> 35 kV)
P_{st}	1.0	0.9	0.8
P_{lt}	0.8	0.7	0.6

- *Việt Nam* : Nhấp nháy điện áp tại điểm đầu nối trung áp và hạ áp không được vượt quá giới hạn quy định (theo điều 8 của thông tư 39/2015/TT-BCT). Mức nhấp nháy điện áp ngắn hạn (P_{st}) là giá trị đo được trong khoảng thời gian mười 10 phút bằng thiết bị đo tiêu chuẩn theo IEC868. $P_{st} 95\%$ là ngưỡng giá trị của P_{st} sao cho trong khoảng 95% thời gian đo (ít nhất một tuần) và 95% số vị trí đo P_{st} không vượt quá giá trị này. Mức nhấp nháy điện áp dài hạn (P_{lt}) được tính từ 12 kết quả đo P_{st} liên tiếp (trong khoảng thời gian hai 2 giờ), theo công thức:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \times \sum_{j=1}^{12} P_{stj}^3}$$

$P_{lt95\%}$ là ngưỡng giá trị của P_{lt} sao cho trong khoảng 95% thời gian đo (ít nhất một tuần) và 95% số vị trí đo P_{lt} không vượt quá giá trị này. Cụ thể $P_{st95\%} = 1,00$; $P_{lt95\%} = 0,80\%$. (Dành cho tất cả các cấp điện áp).

Mất cân bằng Pha

- *Quốc tế (Australia)*: Mức điện áp thứ tự nghịch của điện áp pha trung bình 10 phút tại tất cả các điểm kết nối phải bằng hoặc nhỏ hơn các giá trị được đặt ra.

Bảng 3. 3 Tiêu chuẩn mất cân bằng pha quốc tế

Điện áp hệ thống danh nghĩa (kV)	Điện áp thứ tự nghịch (%)
> 100	1
10 – 100	1.5
< 10	2

- *Việt Nam*: Trong chế độ làm việc bình thường, thành phần thứ tự nghịch của điện áp pha không được vượt quá 3% điện áp danh định đối với các cấp điện áp danh định trong lưới điện truyền tải theo Điều 7 Thông tư số 39/2015/TT-BCT.

Sóng hài

- *Quốc tế (USA)*: Các mức lập kế hoạch phân phối cho điện áp hài trong các mạng có điện áp hệ thống nhỏ hơn hoặc bằng 35 kV (tính bằng phần trăm của điện áp danh định). Tổng độ méo sóng hài nhỏ hơn hoặc bằng 6,5% . Các mức kế hoạch truyền tải cho điện áp hài trong các mạng có điện áp hệ thống trên 35 kV (tính bằng phần trăm của điện áp danh định). Tổng độ méo sóng hài nhỏ hơn hoặc bằng 3%.
- *Việt Nam*: Giá trị cực đại cho phép của tổng mức biến dạng điện áp (tính theo % điện áp danh định) do các thành phần sóng hài bậc cao gây ra đối với các cấp điện áp 110kV, 220kV và 500kV phải nhỏ hơn hoặc bằng 3%. Giá trị cực đại cho phép của tổng mức biến dạng phía phụ tải (tính theo % dòng điện danh định) đối với các cấp điện áp 110kV, 220kV và 500kV phải nhỏ hơn hoặc bằng 3%.

Đối với sự xâm nhập của dòng DC vào hệ thống

Trong hệ thống điện mặt trời, để đảm bảo tính ổn định của hệ thống cần tránh các thành phần DC > 0,5% dòng định mức Inverter thông minh. Tuy nhiên, yêu cầu này phải đạt được bằng một trong hai cách sau:

- Một máy biến áp dùng để tách dòng DC tiêu chuẩn (hoạt động ở tần số chính);
- Một chức năng bảo vệ có thể cảm nhận được thành phần DC được phát lên lưới, được tích hợp vào Inverter thông minh.

Chức năng bảo vệ này sẽ hoạt động để ngắt bộ ngắt mạch thành phần hệ thống năng lượng điện mặt trời: [36]

- Nhiều nhất trong 200 ms nếu thành phần DC vượt quá 1 A;

- Nhiều nhất trong 1s nếu thành phần DC vượt quá 0,5% dòng định mức.

Đối với vấn đề về an toàn khi xảy ra sự cố

Các bảo vệ chống điện giật chống lại ảnh hưởng của sét và quá áp trên đường dây. Các bảo vệ này sẽ tác động để bảo vệ các dây cáp khỏi các sự cố về cảm ứng điện từ và bằng cách tăng độ tự cảm, làm suy giảm sự tăng đột biến điện áp khi có sét.

Đối với yêu cầu tiêu chuẩn của thiết bị Inverter thông minh

Bảng 3.4 Tiêu chuẩn thiết bị Inverter thông minh [36]

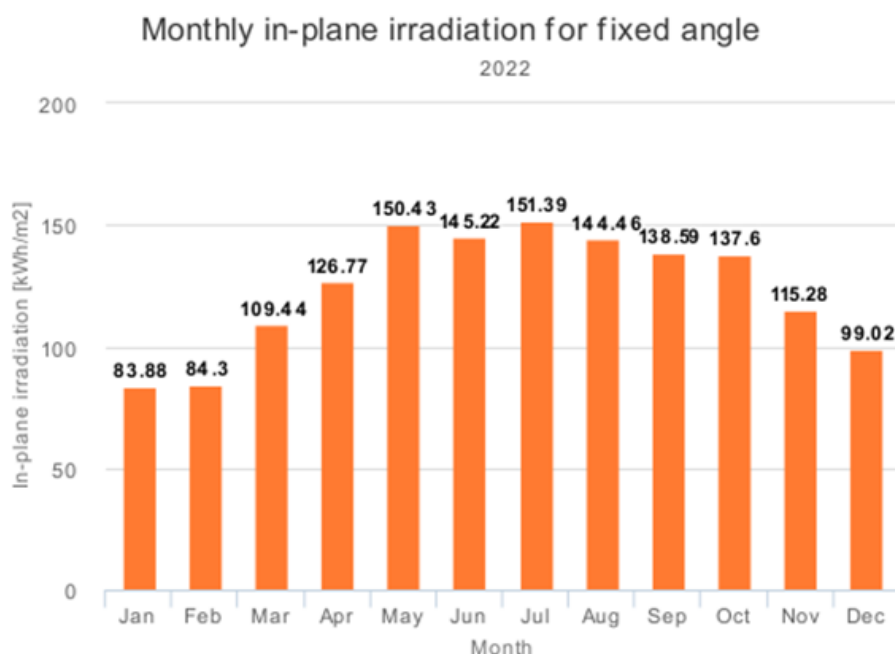
Tiêu chuẩn quốc tế	Thông tin tổng quan	Áp dụng
IEC 62109-1 IEC 62109-2	An toàn của bộ chuyển đổi điện để sử dụng trong hệ thống năng lượng quang điện	Yêu cầu an toàn cho Inverter thông minh, tiêu chuẩn quốc tế
UL 1741	Tiêu chuẩn cho Inverter thông minh, Bộ chuyển đổi, Bộ điều khiển và Thiết bị hệ thống kết nối để sử dụng với các nguồn năng lượng phân tán	Yêu cầu an toàn cho Inverter thông minh, tiêu chuẩn Hoa Kỳ
EN 50530	Hiệu suất tổng thể của Inverter thông minh quang điện nối lưới	Phương pháp kiểm tra đo hiệu suất tĩnh và động của Inverter thông minh PV
IEC 62116	Inverter thông minh quang điện liên kết tiện ích - Quy trình thử nghiệm các biện pháp phòng ngừa đảo chiều	Các phương pháp kiểm tra để đánh giá công suất Inverter thông minh và khả năng bảo vệ của nó để tránh đảo chiều

3.1.2 Quy trình tính toán vị trí và lắp đặt hệ thống

Khảo sát khu vực lắp đặt:

Việc đánh giá tiềm năng bức xạ mặt trời cung cấp dữ liệu cần thiết cho việc thiết kế và tính toán sản lượng điện đầu ra cho các dự án điện mặt trời. Nó có thể ảnh hưởng đến chủ sở hữu nếu có sự khác biệt lớn giữa kết quả tính toán và mô phỏng đầu ra lý

thuyết. Sử dụng phần mềm PVSyst, thu được biểu đồ bức xạ mặt trời tại khu vực được nghiên cứu. Từ đó, chọn nguồn dữ liệu bức xạ mặt trời để đánh giá tiềm năng bức xạ mặt trời và tính toán sản lượng điện cho dự án. Bức xạ mặt trời trong khu vực dự án được hiển thị như sau:



Hình 3.1: Lượng bức xạ mặt trời theo năm tại quận Hải An - TP. Hải Phòng

Khảo sát phương án lắp đặt khung trục tại vị trí mái:

Một số công nghệ lắp đặt hệ thống năng lượng mặt trời như sau:

- Công nghệ tấm quang năng theo một hướng nhất định: Đây là cấu hình lắp đặt đơn giản nhất, chi phí lắp đặt và bảo trì thấp nhất cho hệ thống điện mặt trời. Các tấm quang năng sẽ được lắp đặt vĩnh viễn để hướng của các tấm quang năng nhận được nhiều bức xạ mặt trời nhất.

- Công nghệ lắp đặt hệ thống các bảng quang năng một chiều: định hướng các bảng quang năng theo vị trí của mặt trời từ Đông sang Tây bằng cách sử dụng trục xoay duy nhất. Tăng thu năng lượng mặt trời. Tuy nhiên, thiết kế hệ thống cảm biến và điều khiển động cơ phức tạp. Chi phí đầu tư cao hơn hệ thống lắp đặt cố định (Diện tích đất tăng 1,3 lần so với hệ thống cố định).

- Công nghệ lắp đặt hệ thống quang năng được định hướng theo 2 trục: định hướng các tấm quang năng theo vị trí của mặt trời từ Đông sang Tây và từ Bắc vào Nam bằng cách sử dụng 2 trục xoay. Tăng hiệu quả thu năng lượng mặt trời lên cao nhất. Hệ thống cảm biến và điều khiển động cơ sẽ phức tạp vì thế chi phí đầu tư và

bảo trì rất cao. Đồng thời, khi cài đặt thêm thiết bị và hệ thống hỗ trợ cho hệ thống sẽ làm tăng khả năng xảy ra lỗi hệ thống. (Diện tích đất tăng 1,5 lần so với pin cố định)



Hình 3.2 Các loại công nghệ lắp đặt khung dàn Pin mặt trời

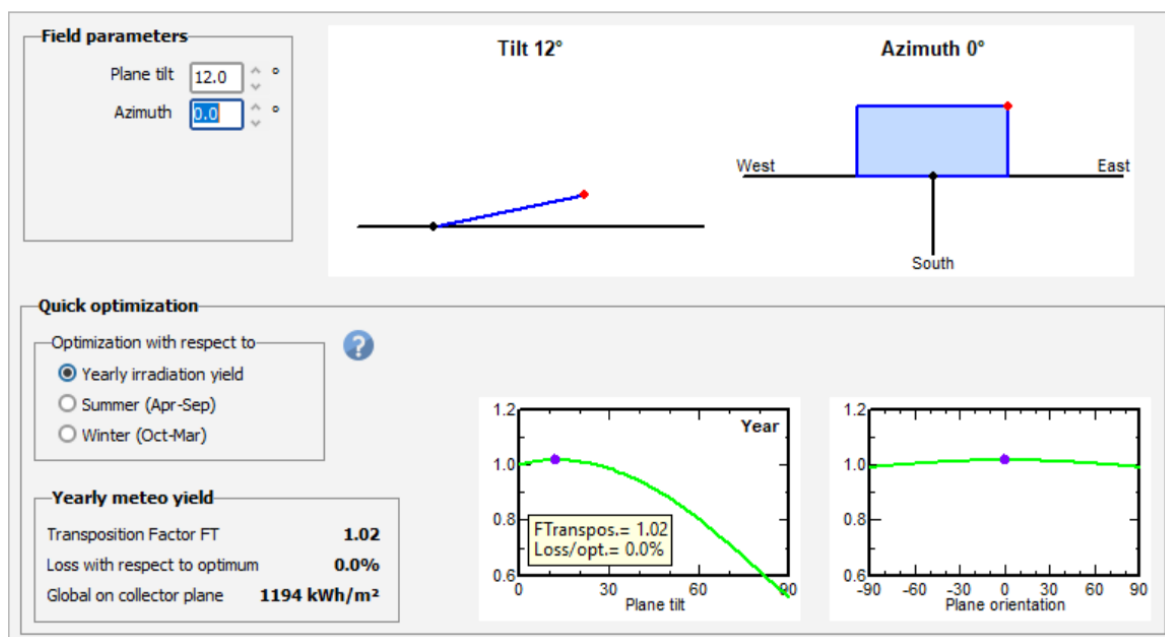
Sử dụng phần mềm PVSyst để tính toán lượng bức xạ cũng như sản lượng năng lượng theo từng góc độ. Inverter thông minh được đặt ngoài trời, ở vị trí sao cho lượng dây dẫn nối các tấm quang năng với Inverter thông minh là thấp nhất để giảm thiểu tổn thất năng lượng.

3.1.3 Tính tổng năng lượng nhận được:

Để các tấm PV thu được bức xạ mặt trời và chuyển đổi chúng thành điện năng với công suất tối ưu, cần phải tính toán khoảng cách hàng mô-đun và góc nghiêng khi lắp đặt. Góc của các tấm quang năng càng lớn thì khả năng rửa trôi bụi bẩn càng tốt, đồng thời có tính đến khả năng giảm tổn thất bụi của các mô-đun quang năng.

Góc nghiêng của tấm pin mặt trời

Áp dụng trên lãnh thổ Việt Nam, nên được lắp đặt với góc nghiêng về hướng nam từ $11-15^\circ$ (phụ thuộc vào từng vùng miền) vì Việt Nam nằm ở vị trí Bắc bán cầu. Năng lượng mặt trời sẽ đạt đỉnh vào buổi trưa theo hướng Nam. Vậy nên nếu đặt mảng pin ở phía Nam sẽ nhận được toàn bộ mặt trời vào buổi trưa cũng như hấp thụ được một tỷ lệ lớn năng lượng mặt trời vào buổi sáng và buổi chiều. Thiết lập mô phỏng tại phần mềm PVSyst để tính toán được góc, hướng đặt tấm pin mặt trời đạt hiệu quả tại góc nghiêng 12° hướng chính Nam cho công suất tối đa là 1194kWh/m^2 .



Hình 3.3 Góc nghiêng lắp đặt tấm pin.

Phần mềm PVsyst nhận chính xác thông số kỹ thuật đạt được theo từng tháng.

Site	Data source					
	Meteonorm 8.0 (1993-2000), Sat=100%					
	Global horizontal irradiation	Horizontal diffuse irradiation	Temperature	Wind Velocity	Linke turbidity	Relative humidity
	kWh/m²/mth	kWh/m²/mth	°C	m/s	[-]	%
January	58.6	48.8	16.5	1.70	6.410	86.0
February	66.5	54.5	17.8	1.72	6.801	89.8
March	86.1	65.7	20.4	1.80	8.705	89.7
April	107.6	77.5	23.7	2.10	8.099	91.2
May	116.0	79.6	27.4	2.30	5.222	86.4
June	125.9	82.6	28.9	2.30	4.473	86.6
July	145.6	85.3	29.0	2.29	4.134	85.8
August	117.6	80.0	28.2	2.00	4.676	88.8
September	118.6	76.4	27.0	2.19	5.514	89.3
October	83.4	59.4	25.4	2.11	7.364	83.3
November	74.1	49.7	21.8	1.99	6.107	84.0
December	74.2	51.8	18.3	1.90	6.771	81.0
Year	1174.0	811.2	23.7	2.0	6.190	86.8

Hình 3.4 Tính toán sản lượng điện theo mô phỏng phần mềm PVsyst [38]

3.1.4 Tính tổng lượng điện tiêu thụ trung bình đối với một hộ gia đình

Để đầu tư hệ thống điện mặt trời cần phải tính toán lượng điện tiêu thụ của phụ tải, từ đó tính số lượng tấm pin tối thiểu cần sử dụng, đối với hệ thống hòa lưới có dự trữ còn phải tính được lượng acquy cần thiết dùng cho hệ thống, công suất Inverter trong hệ thống có bộ điều khiển nạp xả được tích hợp. Trình tự tính toán như sau:

Tính tổng lượng điện cần cung cấp

Bảng 3.5 Minh họa về thông số sử dụng điện của một hộ gia đình.

Thiết bị	Công suất thiết bị (kW)	Số lượng	Giờ sử dụng	Công suất tiêu thụ (kWh)
Ti vi	N_1	A_1	B_1	$A_1 \cdot B_1 \cdot N_1$
Tủ lạnh	N_2	A_2	B_2	$A_2 \cdot B_2 \cdot N_2$
Điều hòa	N_3	A_3	B_3	$A_3 \cdot B_3 \cdot N_3$
.....				
Đèn	N_j	A_j	B_j	$A_j \cdot B_j \cdot N_j$
Điện tiêu thụ trung bình ngày				$\sum_{i=1}^j A_i \cdot B_i \cdot N_i$
Điện tiêu thụ trung bình tháng (k là số ngày sử dụng điện trong tháng, $k \leq 30$ ngày)				$k \cdot \sum_{i=1}^j A_i \cdot B_i \cdot N_i$

Do tổn hao trong hệ thống, số Watt-hour của tấm pin mặt trời cung cấp phải cao hơn tổng số Watt-hour của toàn tải.

Theo công thức trong bảng 3.6:

Bảng 3.6 Tính số W-giờ các tấm pin mặt trời phải cung cấp cho toàn tải

Số W-hour các tấm pin mặt trời trung bình ngày	$\sum_{i=1}^j A_i \cdot B_i \cdot N_i$ (kWh)
Số W-hour các tấm pin mặt trời trung bình tháng	$k \cdot \sum_{i=1}^j A_i \cdot B_i \cdot N_i$ (kWh)

Đối với luận văn, sử dụng dữ liệu lượng điện tiêu thụ sau 01 năm của một hộ gia đình trên địa bàn quận Hải An, Tp. Hải Phòng. Trung bình hàng tháng sử dụng 268 kWh,. Với mức giá điện trung bình 2800VND/1kWh, gia đình sẽ chi trả 750000VND/ tháng.

Tính toán số lượng tấm pin mặt trời

Để tính toán kích cỡ hệ thống cần sử dụng, ta phải tính Watt-peak (Wp) cần có của pin mặt trời. Lượng Wp mà pin mặt trời tạo ra lại tùy thuộc vào khí hậu của từng vùng trên thế giới. Cùng 1 tấm pin nhưng đặt ở nơi này thì mức độ hấp thu năng lượng sẽ khác với khi đặt nó nơi khác. Để thiết kế chính xác, người ta phải khảo sát từng

vùng và đưa ra một hệ số gọi là “panel generation factor”, tạm dịch là hệ số phát điện của pin mặt trời. Hệ số “panel generation factor” này là tích số của hiệu suất hấp thu (collection efficiency) và độ bức xạ năng lượng mặt trời (solar radiation) trong các tháng ít nắng của vùng, đơn vị tính của nó là (kWh/m²/ngày). Theo số liệu cường độ bức xạ từ phần mềm PVSyst, mức trung bình cường độ bức xạ mặt trời ước tính khoảng 4,66kWh/m²/ngày, tương đương 1700,9 giờ nắng/năm.

Đầu tiên, ta phải tính được số kWp/năm dựa vào hiệu số hoạt động của tấm pin. Hiệu suất hoạt động của tấm pin khoảng 80% vì các yếu tố ảnh hưởng như hiệu suất của biến tần, độ nghiêng, hướng, bụi, dây dẫn, vv...

Sản lượng năm = 1700,9 giờ nắng/năm x 80% = 1360,72 kWp/năm

Sản lượng điện mặt trời (kWh/năm) = công suất cực đại (kWp/năm) x mức sản xuất năng lượng trên công suất cực đại (kWh/kWp). Với dự án 10kWp sẽ tạo ra: 10 x 1360,72 = 13607,2 kWh mỗi năm.

Số Wp các tấm pin phải cung cấp = hệ số an toàn 1,3 x tổng số Wh toàn tải sử dụng. Theo số liệu cung cấp từ hộ gia đình được khảo sát, trung bình hàng tháng sử dụng 265 kWh, tương đương 8,83 kWh/ngày. Vậy số Wp các tấm pin mặt trời phải cung cấp là: 1,3 x 8,83 = 11,5 kWp.

Số lượng tấm pin cần dùng = Số Wp các tấm pin phải cung cấp / số Wp của 1 tấm

Chọn tấm pin mặt trời hãng JinkoSolar 400Wp, thì cần tối thiểu 29 tấm pin mặt trời. Số lượng pin mặt trời đủ hoặc dư ít sẽ làm cho hệ thống điện hoạt động hiệu quả, tuổi thọ cùng độ bền cao, đúng với chi phí dự định. Vậy nên ta sẽ chọn hệ thống với 34 tấm pin 400Wp, lắp nối tiếp trên 2 dãy

Bảng 3.7 Thông số kỹ thuật tấm pin mặt trời 400Wp hãng JinkoSolar

Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Thông số
Công suất cực đại	Wp	400
Điện áp tại công suất cực đại Vmp	V	41.7V
Dòng điện tại công suất cực đại Imp	A	9.60A
Điện áp hở mạch Voc	V	49.8V
Hiệu suất quang năng mô-dun	%	20.17%

Ngưỡng nhiệt độ vận hành	°C	-40°C~+85°C
Dòng điện ngắn mạch	A	10.36A
Kích thước	mm	1979×1002×40mm
Khối lượng	Kg	22.5kg (49.6lbs)

Tính toán số lượng acquy

Acquy dùng cho hệ thống năng lượng mặt trời là loại chu kỳ xả sâu. Loại này cho phép xả đến mức bình rất thấp và cho phép nạp đầy nhanh, có khả năng nạp xả rất nhiều lần (có nhiều chu kỳ) mà không bị hư tổn nên tuổi thọ cao. Số lượng acquy cần dùng là số lượng acquy đủ cung cấp điện cho những ngày dự phòng (AD – Autonomy day) khi các tấm pin mặt trời không sản sinh ra điện được. Hiệu suất của acquy Chì-Axit khoảng 85%, với mức DOD (mức xả sâu) là 0,6. [69] Từ đó tính dung lượng acquy :

$$AH = \frac{1,3. \sum_{i=1}^j A_i. B_i. N_i}{E. DOD. Voltage} = \frac{1,3. \sum_{i=1}^j A_i. B_i. N_i}{0,85. 0,6. Voltage}$$

Kết quả trên cho thấy dung lượng acquy tối thiểu cho hệ thống năng lượng mặt trời không có dự phòng. Khi hệ thống năng lượng mặt trời có số ngày dự phòng (AD), phải nhân dung lượng acquy cho số AD để có số lượng acquy cần cho hệ thống:

$$AH = \frac{1,3. \sum_{i=1}^j A_i. B_i. N_i}{0,85. 0,6. Voltage} . AD$$

Hộ gia đình khảo sát sử dụng 8,95kWh/ngày. Số ngày dự phòng là 1 ngày:

$$Psd = 8,95 \times 1,3 = 11,635 \text{ kWh}$$

$$\text{Dung lượng: } AH = \frac{11,635 \text{ kWh}}{0,8 \times 0,6 \times 48V} = 505 \text{ Ah}$$

Ta chọn 01 bộ pin lưu trữ năng lượng mặt trời Acid 500Ah.

Tính toán lựa chọn Inverter tích hợp điều khiển sạc

Khi lựa chọn Inverter tích hợp điều khiển sạc quan trọng nhất là công suất vào tối đa của Inverter phải lớn hơn công suất đỉnh của dàn pin. Ngoài ra, Inverter cần có những đặc tính và chế độ hoạt động phù hợp với cấu hình và mục đích của hệ thống điện

mặt trời. Hệ thống 34 tấm pin 400Wp, chia làm 02 string có tổng công suất là 13,6kWp. Việc lựa chọn bộ inverter phải đủ lớn để có thể đáp ứng được khi tất cả tải đều bật lên, như vậy inverter phải có công suất bằng 125% công suất tải. Từ đó tính toán chọn inverter 12kW đủ để đáp ứng nhu cầu.

Mặt khác, lựa chọn thông số Inverter phải đảm bảo 2 yếu tố sau :

- $V_{mpp} \times \text{số tấm pin} / 1 \text{ string}$ nằm trong dải điện áp MPPT của inverter.
- $V_{oc} \times \text{số tấm pin} / 1 \text{ string} < \text{điện áp DC tối đa cho phép của Inverter}$.

Kiểm tra dòng điện tối đa ngõ vào:

$$I_{sc} = 9,6 (A) < I_{max} = 19 (A)$$

Kiểm tra điện áp tối đa của hệ thống yêu cầu đáp ứng được V_{oc-pv}

$$V_{oc} = 49,8 \times 15 = 747 < 1000 V$$

Căn cứ vào thông số tính toán trên có thể chọn Inverter loại của INVT solar technology với thông số kỹ thuật như sau: Công suất: 12kW; Điện áp một chiều tối đa: 1000(V); Điện áp điểm công suất tối ưu MPPT: 200-800 (V); Cường độ dòng điện đầu vào tối đa: 19x2 (A) với 2 MPPT tương đương 4 ngõ vào.

Specification

	BG12KTR	BG15KTR	BG17KTR
INPUT (DC)			
Max. DC input power (W)	12500	15600	17500
Max. DC input voltage (V)	1000		
Starting voltage (V) /	200/180		
Min. opration voltage (V)			
MPPT Range(V)	180- 800		
Number of MPPT /	2/2		
String per MPPT			
Max. DC current (A) Per MPPT	19x2	21x2	23x2
x Number of MPPT			
DC switch	Integrated		

Hình 3.5a: Thông số cấu hình Inverter

Cable sizing calculator IEC 60364 and HD 60364

The cable sizing calculator considers current rating, voltage drop and short circuit current according to the IEC 60364 and HD 60364 standards.

Load		Cable	
Voltage (V)	3 Phase	400	Three-core
Load	kW	14	Thermoplastic (PVC), 70 Deg
Load power factor		0.86	Number of parallel cables
Maximum volt drop (%)		3	1
Distance	m	10	Installation
Short circuit current (kA)		5	A1 - Direct in insulation
Short circuit time (ms)		20	
		Calculate	

Size mm ²	Rating A	Volt drop %	Fault rating kA
1.5	13.5	15.26	1.2
2.5	18.0	9.16	2
4	24.0	5.72	3.1
6	31.0	3.82	4.7
10	42.0	2.29	7.8
16	56.0	1.43	12.6

Cable	
Load current	23.5 A
Recommended cable	1 x 10 mm ²
Rating from IEC 60364	Table B.52.2

Hình 3.5b: Lựa chọn kích thước dây dẫn

Như vậy hệ thống sẽ bao gồm 34 tấm pin mặt trời loại JinkoSolar - CheetahPerc JKM400M-72-V chia thành 2 dãy nối tiếp để kết nối vào 01 Inverter Inverter INVT Solar 12 kW cùng với 01 bộ pin lưu trữ năng lượng mặt trời LiFePO4 RS485 500Ah 48V 400V. Dây dẫn sử dụng là loại cáp:

Load current	23.5 A
Recommended cable	1 x 10 mm ²
Rating from IEC 60364	Table B.52.2

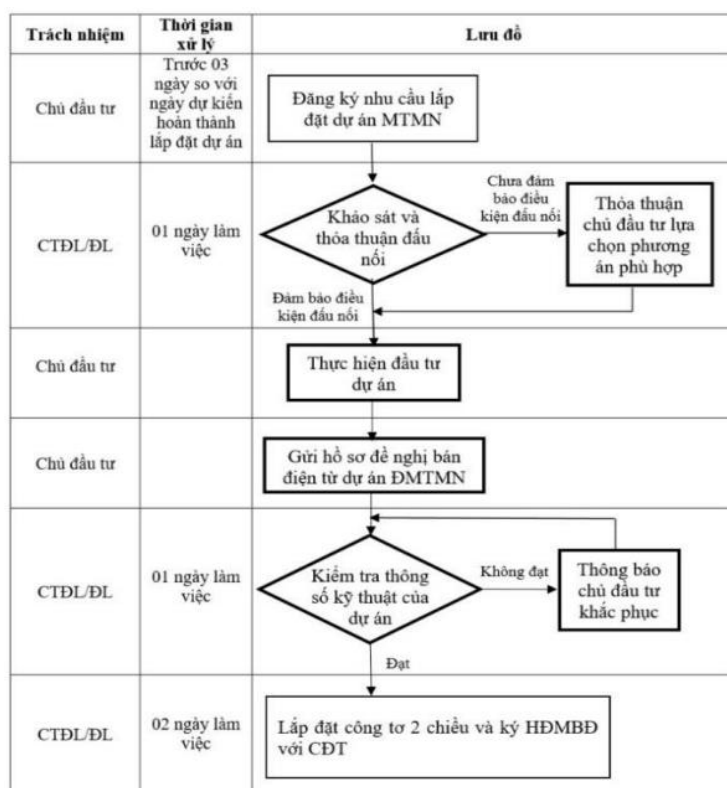
3.1.5 Quy trình thủ tục đăng ký sử dụng và kinh doanh điện mặt trời

Quy trình bán điện mặt trời áp mái cho Tập đoàn Điện Lực Việt Nam (EVN) đã ban hành văn bản chính thức hướng dẫn đăng ký bán điện mặt trời. Chương trình này được áp dụng cho tất cả dự án điện mặt trời lắp đặt trên mái nhà hoặc gắn với công trình xây dựng do tổ chức hoặc cá nhân làm chủ đầu tư. Ở mỗi khu vực sẽ cho cho phép nối lưới một hệ thống điện mặt trời phù hợp. Tổng công suất lắp đặt của các dự án đấu nối vào lưới điện trung, hạ áp phải đảm bảo không được vượt quá công suất định mức của đường dây, máy biến áp phân phối trung, hạ áp tại khu vực đó. Chi tiết như sau:

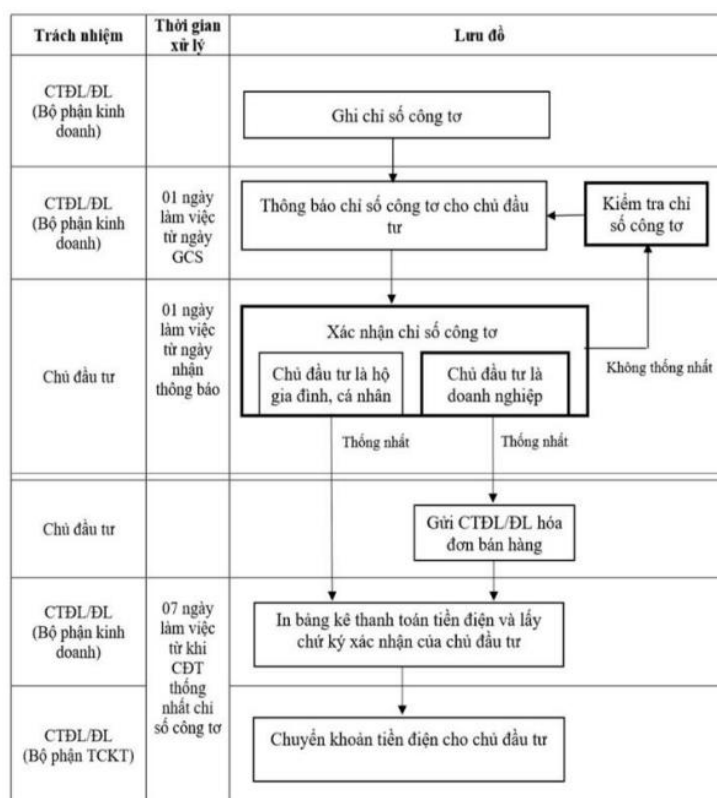
- Dự án có công suất lắp đặt < 03 kWp: Đấu nối vào lưới điện hạ áp bằng 01 pha hoặc 03 pha tùy theo hiện trạng sẵn có.

- Dự án có công suất lắp đặt ≥ 03 kWp: Đầu nối vào lưới điện hạ áp bằng 03 pha. Nếu chủ đầu tư là khách hàng sử dụng điện đang đầu nối vào lưới điện hạ áp bằng 01 pha, cho phép dự án có công suất lắp đặt ≥ 03 kWp đầu nối vào lưới điện bằng 01 pha nếu lưới điện vẫn đảm bảo điều kiện vận hành an toàn, ổn định.

Trường hợp tổng công suất lắp đặt của các dự án điện mặt trời áp mái lớn hơn công suất định mức của đường dây, máy biến áp phân phối hạ áp, CTĐL/ĐL sẽ có văn bản thông báo về khả năng quá tải của đường dây, máy biến áp phân phối hạ áp và thỏa thuận chủ đầu tư giảm công suất lắp đặt của dự án hoặc xây dựng đường dây, máy biến áp nâng áp để được đầu nối vào lưới điện trung áp gần nhất.



Hình 3.6 a Quy trình đăng ký kiểm tra và mua bán điện giai đoạn 1 [39]



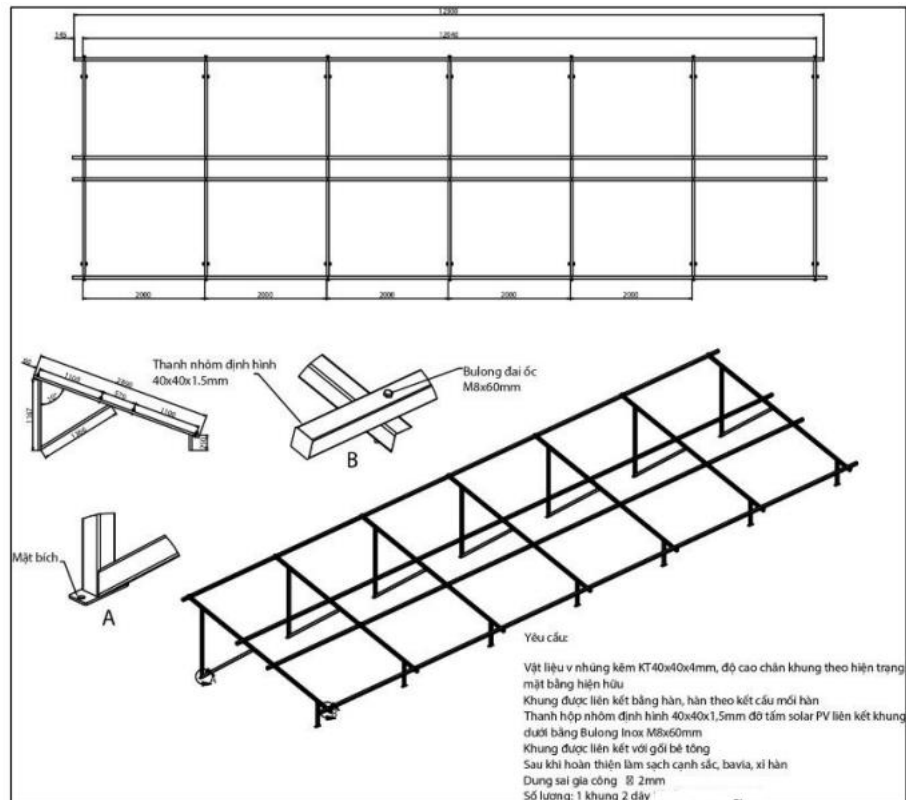
Hình 3.6 b Quy trình đăng ký kiểm tra và mua bán điện giai đoạn 2 [39]

Các dự án điện mặt trời trên mái nhà được thực hiện cơ chế mua bán điện theo chiều giao - nhận riêng biệt của công tơ điện đo đếm hai chiều. Giá điện được EVN thu mua hiện nay là 1.934 đồng/kWh. Hình thức thanh toán chuyển khoản.

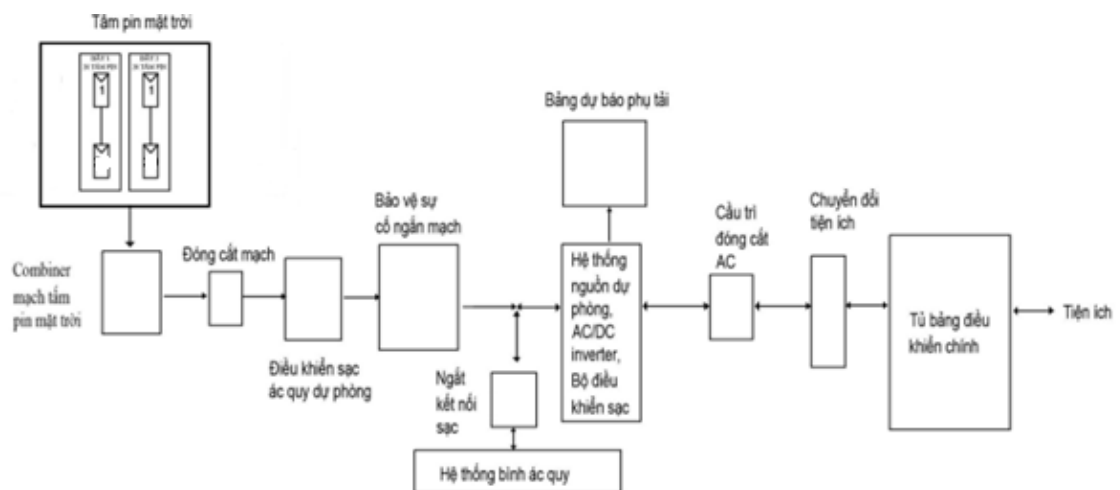
- Đối với chủ đầu tư là doanh nghiệp có phát hành hóa đơn: Hàng tháng CTĐL/ĐL thực hiện nhận hóa đơn, kiểm tra và thanh toán tiền điện theo hóa đơn do chủ đầu tư phát hành theo quy định.

- Đối với chủ đầu tư là hộ gia đình, cá nhân không phát hành hóa đơn: Hàng tháng, bộ phận Kinh doanh của CTĐL/ĐL thực hiện lập bảng kê thanh toán tiền điện trên hệ thống CMIS, trình lãnh đạo đơn vị phê duyệt và chuyển sang bộ phận tài chính kế toán để thanh toán tiền điện cho chủ đầu tư, tiền thanh toán không bao gồm thuế VAT.

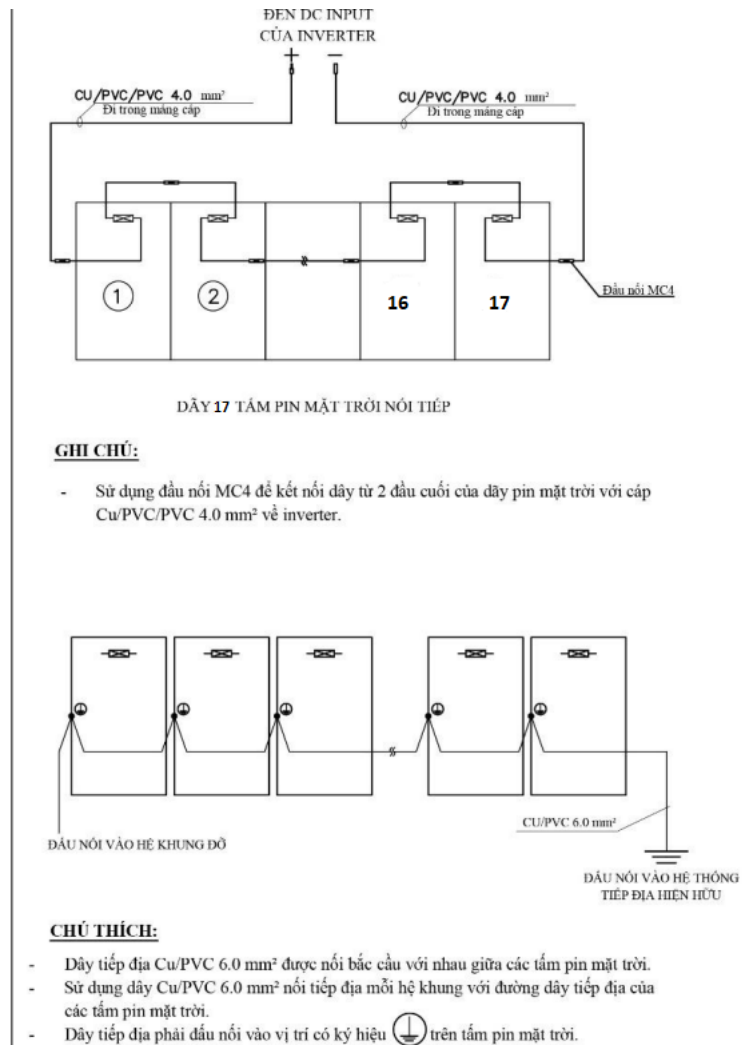
3.2 Bản vẽ thiết kế hệ thống điện mặt trời áp mái với Inverter thông minh



Hình 3.7 Chi tiết giàn khung hệ thống điện mặt trời nổi lưới



Hình 3.8 Sơ đồ nguyên lý cấu tạo hệ thống



Hình 3.9 Nguyên lý đấu nối các tấm pin

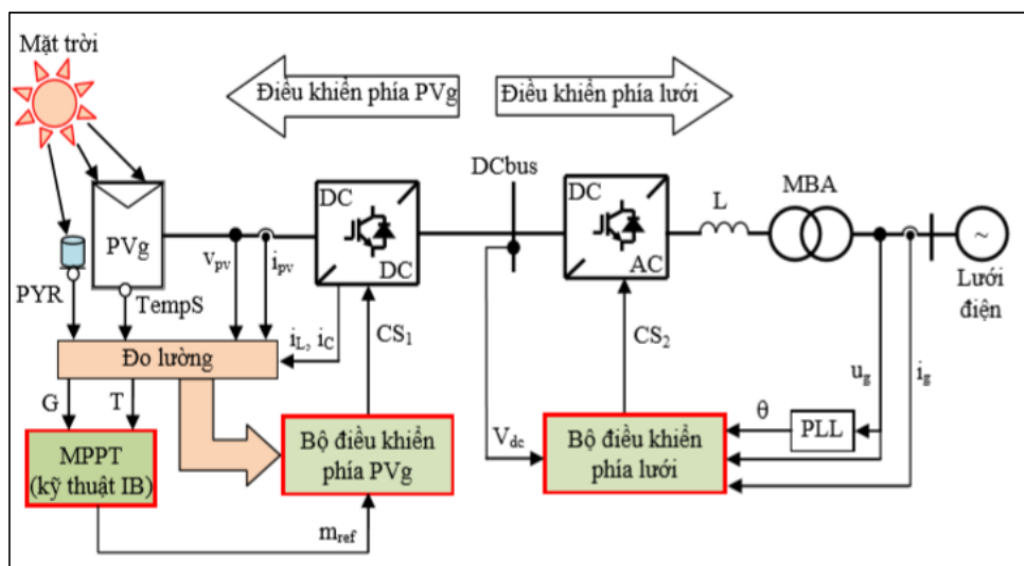
3.3 Mô tả hoạt động chi tiết của hệ thống khi hoàn thành lắp đặt và đấu lưới

Trong quá trình hệ thống hoạt động sẽ xảy ra những trường hợp sau:

- Khi có điện lưới: khi đó Inverter sẽ đóng điện lưới ra tải qua role và dò dạng sóng của lưới điện về tần số, biên độ và tận dụng hết toàn bộ công suất của pin mặt trời phát ra để tạo ra điện AC giống như lưới, rồi hoà chung vào lưới. Như vậy khi đó tải sẽ sử dụng hết công suất điện của pin mặt trời để cho ra tải, nếu thiếu công suất cho tải thì điện lưới sẽ được bù vào. Khi đó nếu acquy chưa đầy thì Inverter sẽ tạo ra dòng DC để sạc cho nó để bảo đảm rằng acquy luôn luôn ở trạng thái đầy. Trong trường hợp sử dụng các loại acquy thông thường phải chú ý thiết kế hàm chứa và điều kiện thông thoáng tốt bảo đảm an toàn khi sử dụng do sự bay hơi của dung dịch axit trong quá trình nạp.

- Khi không có điện lưới: Inverter sẽ lấy điện từ acquy tạo ra điện AC chuẩn 230VDC – 50 Hz và đảo role để đưa điện AC này ra tải thay cho điện lưới. Thông thường do có sự khác biệt đôi chút về biên độ và tần số của lưới điện và của điện AC do Inverter tạo ra, cho nên ngay lúc đó inverter sẽ ngắt ngõ ra AC và dò lại (vì trước đó Inverter đang tạo ra AC giống AC của lưới). Khi dò xong, Inverter sẽ tạo ra dòng AC giống như yêu cầu và hoà chung vào hệ thống. Vậy trong trường hợp này tải sẽ sử dụng hết công suất của pin mặt trời tạo ra, thiếu thì lấy acquy bù vào. Nếu công suất của pin mặt trời tạo ra lớn hơn công suất tải, thì phần dư này sẽ được chuyển sạc vào acquy. Nếu điện lưới bị cúp quá lâu mà công suất pin mặt trời không đủ cho tải, acquy sẽ cạn dần và đến khi nó hết điện thì Inverter sẽ ngắt AC cung cấp cho tải. Inverter sẽ chờ một trong hai nguồn: điện lưới hoặc mặt trời có lại để khởi động lại hệ thống.

Hệ thống sẽ luôn luôn ưu tiên sử dụng hết công suất của pin mặt trời để sử dụng cho tải, thiếu mới lấy lưới bù vào. Khi cúp điện hệ thống vẫn có điện mặt trời để sử dụng nhờ năng lượng từ acquy dự trữ. Trong trường hợp ở những nơi không có lưới điện ta vẫn có thể sử dụng hệ này bằng cách dùng máy phát điện. Khi đó AC ra của máy phát sẽ nối vào AC vào của Inverter. Trong trường hợp này hệ sẽ ưu tiên dùng hết công suất của pin mặt trời rồi mới dùng đến công suất của máy phát điện.



Hình 3.10: Sơ đồ cấu trúc điều khiển hệ thống điện mặt trời

Khối đo lường thu thập thông tin về G từ PYR, T từ TempS cũng như các giá trị về V_{pv} , i_{pv} ở đầu ra của PVg, giá trị dòng điện trên cuộn cảm i_L và dòng điện i_C trên tụ đầu vào của bộ biến đổi DC/DC. Với PVg, G là đại lượng biến thiên nhanh theo thời gian và có ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng phát công suất trong khi T lại biến

thiên rất chậm (có thể coi là hằng số trong những khoảng thời gian ngắn). Thông tin về G , T cung cấp cho bộ điều khiển được xem như những giá trị rời rạc và được xét thành cặp giá trị (G, T) tại mỗi thời điểm tính toán điều khiển. Khối MPPT thực hiện thu thập đầy đủ các thông số của PVg và các giá trị đo được về (G, T) để đưa ra giá trị $mref$ tương ứng với đích cần đạt đến (thông số tại MPP). Bộ điều khiển phía PVg sẽ thực hiện tính toán và đưa ra quyết định về độ rộng của xung điều khiển (CS1) trước khi gửi tín hiệu điều khiển đến điểm đóng cắt đặt trong bộ biến đổi DC/DC nhằm đưa được toàn bộ công suất tại MPP về phía DCbus. Bộ điều khiển phía lưới thu thập thông tin về dòng điện, điện áp tại điểm ghép nối với lưới điện, góc pha của điện áp lưới từ vòng lặp khóa pha (PLL) và điện áp trên V_{dc} để tính toán, đưa ra quyết định về xung điều khiển trước khi gửi đến các điểm đóng cắt đặt trong bộ biến đổi DC/AC. Nhiệm vụ của khối điều khiển phía lưới là điều khiển giữ điện áp trên DCbus ở giá trị không đổi, hòa đồng bộ với lưới và phát được công suất từ PVg vào lưới. Điều này cũng có nghĩa là bộ biến đổi DC/AC có vai trò như một phần tử trung gian liên kết DCbus với lưới và công suất từ DCbus (đã có được khi điều khiển PVg vận hành tại MPP thông qua bộ biến đổi DC/DC) sẽ được phát vào lưới thông qua mạch lực của bộ biến đổi DC/AC nhờ quá trình đồng bộ với lưới.

3.4 Bài toán kinh tế khi đầu tư vào hệ thống điện mặt trời

Từ số liệu cụ thể theo mô hình nguyên lý và cấu tạo cùng thông số bám sát với thực tế thị trường đưa công thức tổng quát tính toán đầu tư lắp đặt hệ thống điện mặt trời áp mái hòa lưới điện quốc gia có bình dự trữ năng lượng.

3.4.1 Chi phí lắp đặt hệ thống điện mặt trời

Thực tế đối với một hệ thống điện mặt trời áp mái nối lưới có bình acquy dự trữ được trình bày rõ ràng về thành phần cấu tạo và toàn bộ chi phí mua sắm lắp đặt được nghiên cứu tính toán dựa trên công thức tổng quát phân tích theo quy mô và chất lượng của dự án. Từ những yếu tố cụ thể đưa ra bảng công thức tính tổng chi phí như trong bảng 3.8:

Bảng 3. 8 Tổng chi phí lắp đặt sử dụng hệ thống điện mặt trời

Thiết bị	Đơn vị	Đơn giá	Số lượng	Thành tiền
Pin mặt trời	Tấm	a_1	b_1	$a_1.b_1$
Bộ Hòa Lưới	Chiếc	a_2	b_2	$a_2.b_2$
Bình ắc quy	Chiếc	a_3	b_3	$a_3.b_3$
Phụ kiện	Bộ	a_4	b_4	$a_4.b_4$
Công lắp đặt	Bộ	a_5	b_5	$a_5.b_5$
Bảo dưỡng	Lần	a_6	b_6	$a_6.b_6$
Tổng chi phí		$\sum_{i=1}^6 a_i.b_i$		

Chính sách bảo hành các thiết bị:

- Inverter được bảo hành 10 năm, 1 đổi 1.
- Tấm pin mặt trời bảo hành 20 năm. Do thời gian các thiết bị được bảo hành lâu năm nên sẽ có thiết tiết kiệm chi phí bảo hành bảo dưỡng và thay thế thiết bị.

3.4.2 Tổng tiền nhận được từ hệ thống năng lượng mặt trời

Để tính số tiền điện phải trả trong một tháng, cần dựa theo bảng giá điện của nhà nước năm 2019 được phát hành công khai như bảng 3.9. Từ đó, đưa ra chỉ số sử dụng năng lượng và tổng giá trị cần thanh toán theo từng tháng.

Bảng 3. 9 Bảng giá bán điện theo giờ dành cho nhóm hộ gia đình năm 2019 [74]

STT	Mức sử dụng của một hộ trong tháng	Giá bán điện (VNĐ/kWh)
1	Bậc 1: Cho kWh từ 0 – 50	1.678
2	Bậc 2: Cho kWh từ 51 – 100	1.734
3	Bậc 3: Cho kWh từ 101 – 200	2.014
4	Bậc 4: Cho kWh từ 201 – 300	2.536
5	Bậc 5: Cho kWh từ 301 – 400	2.834
6	Bậc 6: Cho kWh từ 401 trở lên	2.927
Gọi chung giá điện là		N

Bảng 3.10 Bảng thống kê tiền điện phải trả cho EVN theo trung bình tháng

Thông tin điện năng	Năng lượng điện mặt trời sử dụng (kWh)
Điện năng tiêu thụ trung bình tháng	$k. \sum_{i=1}^j A_i. B_i. N_i$
Sản lượng điện mặt trời theo tháng	$\frac{0.5}{12}. b_0$
Tiền bán điện cho EVN theo tháng	$m. (\frac{0.5}{12}. b_0 - k. \sum_{i=1}^j A_i. B_i. N_i)$

3.4.3 Bài toán minh họa

Áp dụng cho một hộ gia đình tại Quận Hải An, tp Hải Phòng có số liệu mô tả trong bảng 3.11.

Bảng 3. 11 Thống kê phụ tải của hộ gia đình

Thiết bị	Công suất (kW)	Số lượng (chiếc)	Giờ sử dụng (h)	Công suất tiêu thụ (kWh)
Ấm đun nước	1	1	0.1	0.1
Bàn là	1	1	0.1	0.1
Điều hòa	0,83	1	2	1.66
Nồi cơm	0,6	1	3	1.8
Máy giặt	0,4	1	1	0.4
Tủ lạnh	0,15	1	24	3.6
Tivi	0,069	1	2	0.138
Quạt cây	0,048	2	2	0.192
Đèn	0,03	4	8	0.96
Lượng tiêu thụ trung bình ngày			8,95 kWh	
Lượng tiêu thụ trung bình tháng			268 kWh	

Lượng điện sử dụng trung bình trong 1 tháng là 268 kWh, 3216kWh/ năm, dựa theo mức điện bậc 5 của bảng 3.9, tính được số tiền điện tiêu thụ trung bình tháng là :

$$T_m = 2834 \times 268 \sim 760.000\text{VND}$$

Tiếp theo, giả sử hộ gia đình lắp đặt hệ thống điện mặt trời với diện tích mặt bằng là 67 m² (tương đương 34 tấm pin). Cho ra

Năng lượng thu về 1 tháng là: $E_{mt} = 13607/12 = 1134 \text{ kWh}$

Số tiền thu về 1 tháng: $T_{mt} = (1134 - 268) \times 1934 = 1.674.000 \text{ VND}$

Bảng 3.12: Số tiền cần đầu tư:

Thiết bị	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá	Tổng
Pin mặt trời JinkoSolar 400W	Tấm	34	2.200.000	74.800.000
Inverter INVT solar	Chiếc	01	40.000.000	40.000.000
Acquy	Chiếc	02	4.500.000	9.000.000
Phụ kiện đi kèm	Gói	1	5.000.000	5.000.000
Khung giá đỡ và công lắp đặt.	Gói	1	5.000.000	5.000.000
Phí bảo dưỡng, thay thế thiết bị trong suốt vòng đời sử dụng.(Bằng 10% tổng phí đầu tư ban đầu)	Gói	1	5.000.000	5.000.000
Tổng chi phí (VND)				138.800.000

Vậy số năm để hòa vốn là: $Y = 138.800.000 / (1.674.000 \times 12) \sim 7 \text{ năm}$

Kể từ năm thứ 8 trở đi, hộ gia đình kể trên sẽ dùng điện miễn phí và tạo được nguồn thu từ năng lượng mặt trời. Như vậy bài toán kinh tế là hoàn toàn khả thi.

3.4.4 Kết luận tính kinh tế của hệ thống điện mặt trời

Nghiên cứu đã thể hiện mô hình hệ thống điện mặt trời hòa lưới có acquy dự trữ. Đồng thời cũng đưa ra được các công thức tính toán chi phí đầu tư, giá trị thu được sau từng tháng. Dựa vào những phân tích và công thức tổng quát trong bài có thể áp dụng cho nhu cầu của từng hộ gia đình cũng như từng vùng miền. Để thể hiện tính thực tế, luận văn áp dụng cho một hộ gia đình khu vực quận Hải An, thành phố Hải Phòng. Từ đó đưa ra phương pháp phù hợp cho sự đầu tư và phát triển theo từng hộ gia đình với hệ thống điện mặt trời áp mái.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG ĐỂ ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI

4.1 Sự tác động của dao động điện áp đến hệ thống điện năng lượng mặt trời

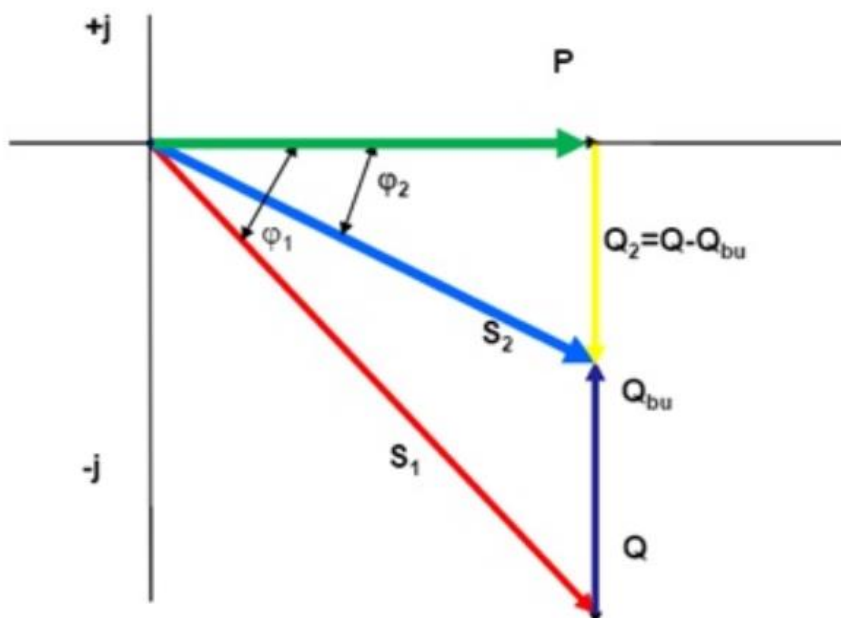
Đối với hệ thống điện mặt trời, thông thường hệ thống phát sinh các vấn đề như sau: sóng hài, mất cân bằng pha điện áp, nhấp nháy điện áp, dao động tần số và dao động điện áp, trong luận văn này tác giả đề cập đến vấn đề dao động điện áp liên quan đến cân bằng công suất phản kháng của hệ thống.

4.1.1 Công suất phản kháng

Trong hệ thống lưới điện, tồn tại hai loại công suất là công suất hữu dụng P (kW) và công suất phản kháng Q (kVAR). Công suất hữu dụng P là công suất sinh ra công có ích trong các phụ tải, trong khi công suất phản kháng Q là công suất vô ích, gây ra do tính cảm ứng của các loại phụ tải như: động cơ không đồng bộ, máy biến áp, vv... Để đánh giá ảnh hưởng của công suất phản kháng đối với hệ thống người ta sử dụng: hệ số công suất $\cos\varphi$, yêu cầu của EVN với hệ số công suất $\cos\varphi = 0,9$.

Trong đó:

$$\varphi = \arctg P/Q.$$



Hình 4.1: Công suất phản kháng

Công suất phản kháng (Reactive power) có thể được hiểu là năng lượng vô công, được sinh ra bởi các thành phần phản kháng trong hệ thống điện xoay chiều. Nó rất quan trọng đặc biệt với các tải cảm, góp phần quan trọng tạo nên từ trường trong quá trình khởi động. Nếu như không có nó, đồng nghĩa với việc không khởi động được các phụ tải có tính cảm.

Trong mạch điện một chiều DC, tích số “Vôn x Ampe” thể hiện năng lượng tiêu thụ trong mạch. Trong các mạch điện AC thuần trở thì trở kháng gần như bằng không, và tổng trở mạch bao gồm hầu hết là điện trở. Dòng điện và điện áp cùng pha với nhau trong mạch xoay chiều thuần trở, và năng lượng tiêu thụ tại một thời điểm được tính bằng tích số “Vôn x Ampe”. Vì dòng điện và điện áp cùng pha với nhau, giá trị RMS có thể được dùng để quy đổi sang mạch một chiều DC hoặc tính toán lượng nhiệt tỏa ra từ mạch.

Tuy nhiên, trong mạch xoay chiều AC chứa thành phần phản kháng, dạng sóng của áp và dòng sẽ bị lệch pha với nhau một lượng tùy vào góc lệch pha của mạch. Nếu góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện đạt tới ngưỡng 90 độ, tích số “Vôn x Ampe” (V-A) trung bình bằng 0. Nói cách khác, mạch xoay chiều phản kháng trả lại cho lưới điện một lượng công suất bằng chính lượng công suất mà nó tiêu thụ.

Ảnh hưởng của công suất phản kháng

Công suất phản kháng Q gây ra những ảnh hưởng xấu về kinh tế và kỹ thuật. Lượng công suất phản kháng tiêu thụ không sinh công nên gây ra lãng phí về mặt kinh tế. Về kỹ thuật, công suất phản kháng gây ra sụt áp trên đường dây và tổn thất công suất trên đường truyền. Vì vậy, chúng ta cần có biện pháp bù công suất phản kháng Q để hạn chế ảnh hưởng của nó, tức là ta nâng cao hệ số $\cos\phi$. Theo quy định của Tập đoàn Điện lực Việt Nam, hệ số công suất $\cos\phi$ hạ thế từ 0,90 trở lên. Quy định này nhằm mục đích giảm tổn thất công suất trên phần tử của hệ thống cung cấp điện (máy biến áp, đường dây ...), giảm tổn thất điện áp trên đường truyền tải đồng thời tăng khả năng truyền tải điện của đường dây và máy biến áp.

Cách tính công suất phản kháng cần bù

Muốn tính công suất phản kháng cần bù cần biết công suất (P) và hệ số công suất ($\cos\phi$) của tải đó: Giả sử ta có công suất của tải là P, hệ số công suất của tải là $\cos\phi_1 \rightarrow \tan\phi_1$ (trước khi bù), hệ số công suất sau khi bù là $\cos\phi_2 \rightarrow \tan\phi_2$. Công suất phản kháng cần bù là:

$$Q_b = P * (\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

Các biện pháp nâng cao hệ số công suất phản kháng

- Phương pháp nâng cao hệ số $\cos\phi$ tự nhiên

- Phương pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ nhân tạo

Phương pháp nâng cao $\cos\varphi$ tự nhiên có nghĩa là tìm các biện pháp để hộ tiêu thụ điện giảm bớt được lượng công suất phản kháng mà chúng cần có ở nguồn cung cấp.

- Thay đổi và cải tiến quá trình công nghệ để các thiết bị điện làm việc ở chế độ hợp lý nhất.

- Thay thế các động cơ làm việc non tải bằng những động cơ có công suất nhỏ hơn.

- Hạn chế động cơ chạy không tải.

- Ở những nơi công nghệ cho phép thì dùng động cơ đồng bộ thay cho động cơ không đồng bộ.

- Thay biến áp làm việc non tải bằng máy biến áp có dung lượng nhỏ hơn.

Phương pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ nhân tạo được thực hiện bằng cách đặt các thiết bị bù công suất phản kháng ở các hộ tiêu thụ điện. Các thiết bị bù công suất phản kháng bao gồm:

- Máy bù đồng bộ: chính là động cơ đồng bộ làm việc trong chế độ không tải.

* Ưu điểm: máy bù đồng bộ vừa có khả năng sản xuất ra công suất phản kháng, đồng thời cũng có khả năng tiêu thụ công suất phản kháng của mạng điện.

* Nhược điểm: máy bù đồng bộ có phần quay nên lắp ráp, bảo dưỡng và vận hành phức tạp. Máy bù đồng bộ thường để bù tập trung với dung lượng lớn.

- Bù bằng tụ: là phương pháp làm cho dòng điện sớm pha hơn so với điện áp do đó, có thể sinh ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng điện.

* Ưu điểm:

- Công suất nhỏ, không có phần quay nên dễ bảo dưỡng và vận hành.

- Có thể thay đổi dung lượng bộ tụ bù theo sự phát triển của tải.

- Giá thành thấp hơn so với máy bù đồng bộ.

* Nhược điểm:

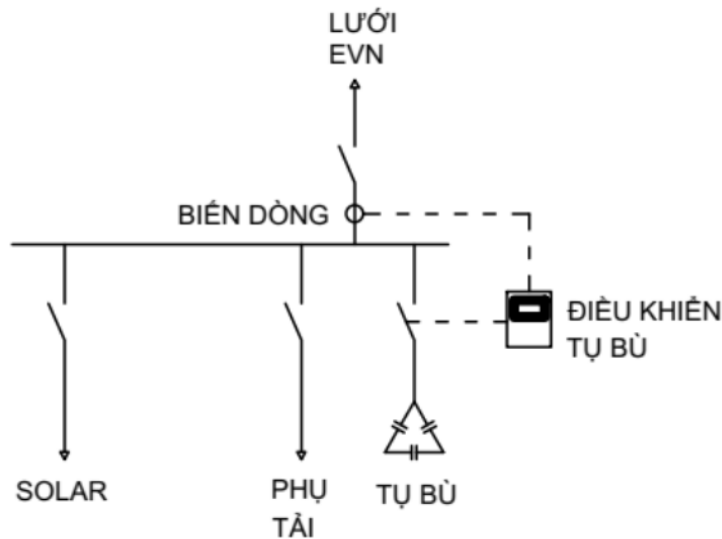
– Nhạy cảm với sự biến động của điện áp và kém chắc chắn, đặc biệt dễ bị phá hỏng khi ngắn mạch hoặc điện áp vượt quá định mức. Tuổi thọ tụ bù có giới hạn, sẽ bị hư hỏng sau nhiều năm làm việc.

- Khi đóng tụ bù vào mạng điện sẽ có dòng điện xung, còn lúc cắt tụ điện khỏi mạng trên cực của tụ vẫn còn điện áp dư có thể gây nguy hiểm cho người vận hành.

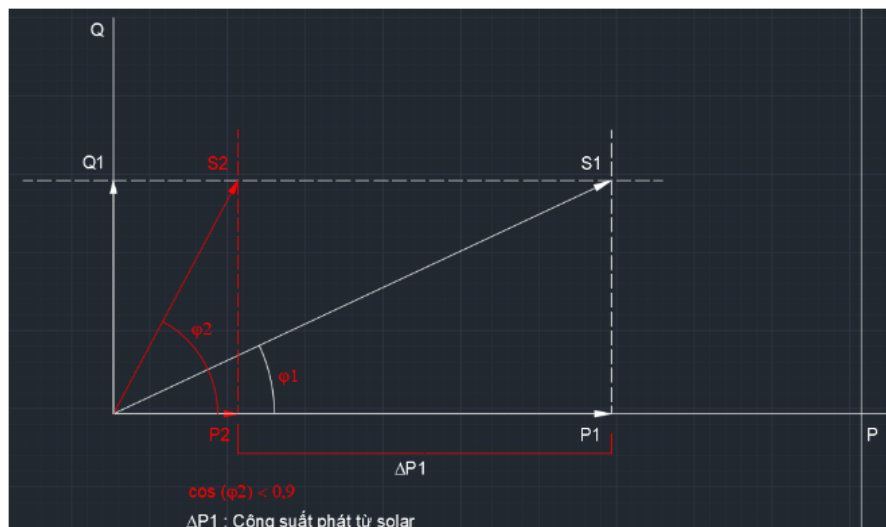
– Sử dụng tụ bù điện ở các hộ tiêu thụ công suất phản kháng vừa và nhỏ (dưới 5000 kVAr).

4.1.2 Công suất phản kháng trong hệ thống điện mặt trời

Hiện nay, theo báo cáo thực tế vận hành tại các dự án điện mặt trời áp mái có phụ tải tiêu thụ công suất phản kháng, xảy ra hiện tượng hệ số công suất $\cos\varphi < 0,9$ (HSCS) thấp quá quy định của Điện lực dẫn đến việc phải trả phí phạt công suất phản kháng. Việc này xảy ra sau khi hệ thống điện mặt trời áp mái được triển khai vận hành, do đó cần phải nghiên cứu đánh giá để tìm ra nguyên nhân và cách khắc phục, tránh phát sinh chi phí này.



Hình 4.2: Sơ đồ nối điện điển hình khi có hệ thống NLMT.



Hình 4.3: Đồ thị P-Q tại điểm giao nhận khi có Solar

Cách tính hệ số công suất theo thực tế sử dụng vào cuối tháng: $S^2 = P^2 + Q^2$.

Trong đó: S công suất biểu kiến (kVA). P công suất tác dụng (kW). Q công suất phản kháng (kVAr).

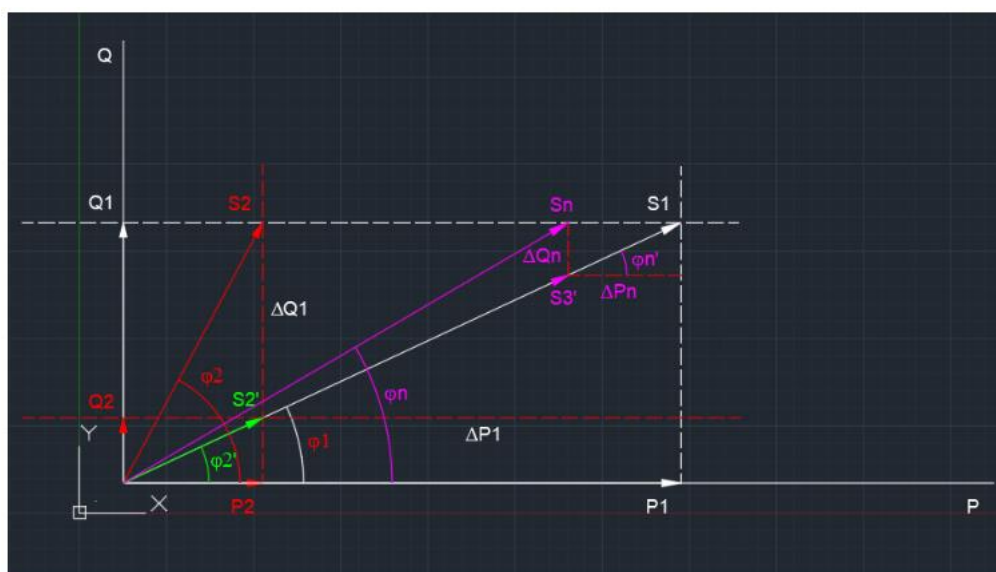
Hệ thống hiện hữu đã được tính toán tự động bù khi hệ số công suất $\cos\varphi < 0,9$ được mô tả bằng đồ thị P1-Q1. Sau khi có hệ thống điện mặt trời áp mái. Thông thường các hệ thống đang vận hành để đặt ở $\cos\varphi = 1$. Dẫn đến việc thay đổi lượng công suất P thu từ lưới giảm đi một lượng là $\Delta P1$ (chính bằng công suất phát từ điện mặt trời), trong khi Q thu từ lưới vẫn không đổi. Khi đó, hệ thống đo đếm của EVN sẽ ghi nhận việc thu Q từ lưới sẽ cao hơn P, nên hệ số công suất ghi nhận tại đây sẽ nhỏ hơn 0,9.

Trong trường hợp này, cần bù vào lưới một lượng $\Delta Q1$ để đưa hệ số công suất từ dưới 0,9 về giá trị 0,9 ($\cos\varphi = 0,9$). Lúc đó công suất biểu kiến S2 sẽ là S2'.



Hình 4.4: Đồ thị P-Q tại điểm giao nhận khi sau khi phát Q thêm từ hệ Solar

Sau khi bù ΔQ vào hệ thống bằng hệ năng lượng mặt trời, vector công suất biểu kiến S2' có phương và hướng trùng với vector S1, giá trị sẽ nhỏ hơn S1, S2. Điều này, đúng với yêu cầu lý thuyết và thực tế EVN. Để ý thấy rằng mọi giá trị Q bù vào hệ thống đối với các trường hợp khác, các giá trị ΔPn , ΔQn bù vào hệ thống đều tạo thành tam giác có $\cos = 0,9$. Do đó, để khắc phục vấn đề này, cần chỉnh định lại inverter với chế độ phát công suất có $\cos\varphi = 0,9$ để đảm bảo phối hợp với hệ thống tự bù hiện hữu, đồng thời lắp đặt lại vị trí biến dòng điện về phía phụ tải (độc lập với hệ điện mặt trời) đưa tín hiệu điều khiển vào bộ điều khiển đóng/cắt các cell tụ thành phần.



Hình 4.5: Đồ thị P-Q tại điểm giao nhận khi sau khi phát Q thêm từ hệ khác

4.2 Phương pháp bù công suất phản kháng trong hệ thống điện năng lượng mặt trời

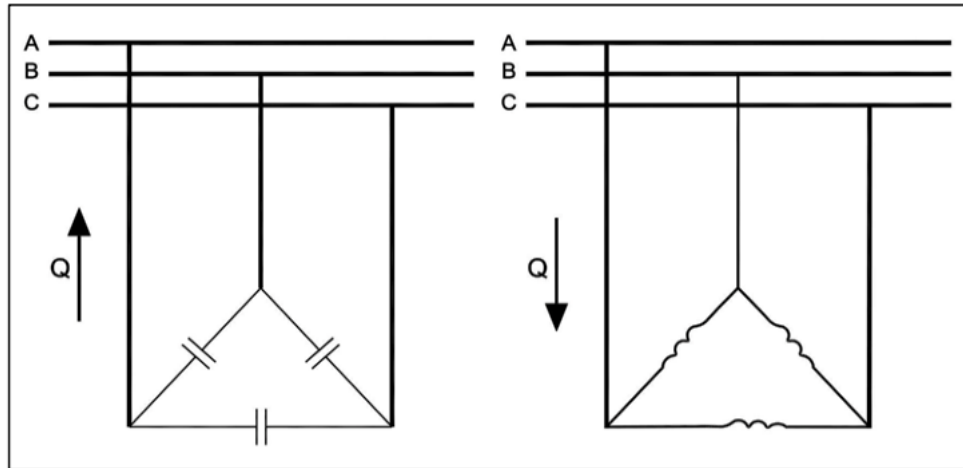
Hệ thống điện mặt trời có thể sử dụng Inverter thông minh để thể tạo ra công suất phản kháng bù vào ban đêm. Trong trường hợp này, công suất phản kháng thuần được đưa vào lưới điện, dẫn đến việc loại bỏ các chi phí liên quan đến việc thêm tụ bù để tạo công suất phản kháng.

Để hệ thống điện mặt trời cung cấp công suất phản kháng trong đêm, bộ hòa lưới inverter phải được trang bị tùy chọn chế độ. Tùy chọn công suất phản kháng vào ban đêm trong bộ hòa lưới có chứa các thành phần phần cứng bổ sung cho phép hoạt động của nguồn cấp dữ liệu ngay cả khi không có điện áp một chiều DC. Bộ hòa lưới chạy qua một trạng thái vận hành khác và sử dụng các tham số bổ sung có thể đặt quy trình và giới hạn của việc tạo ra công suất phản kháng. Biến tần ở chế độ phát công suất phản kháng sẽ xảy ra thêm ứng suất nhiệt. Để giữ điều này ở mức tối thiểu, một bộ cấp bổ sung phải được sử dụng để kết nối giữa biến tần và máy biến áp.

4.2.1 Bộ bù công suất phản kháng cố định

Việc điều khiển bất kỳ mạng kết nối nào trong hệ thống điện cũng sẽ làm thay đổi các yếu tố hiệu suất, điện trở, phản ứng hoặc điện dung, điện áp, dòng điện, góc pha và chuỗi pha. Những thay đổi trong các thành phần mạng kết nối có thể được thực hiện trực tiếp, chẳng hạn như bổ sung hoặc ngắt điện điều khiển hoặc điện trở hoặc tụ điện, như trong hình 4.6, hoặc gián tiếp như thêm một số công suất phản kháng

điện dung hoặc điện dung nhất định, như máy đồng bộ, bộ bù VAR tĩnh (SVC) và bộ bù đồng bộ tĩnh (STATCOM) [40]

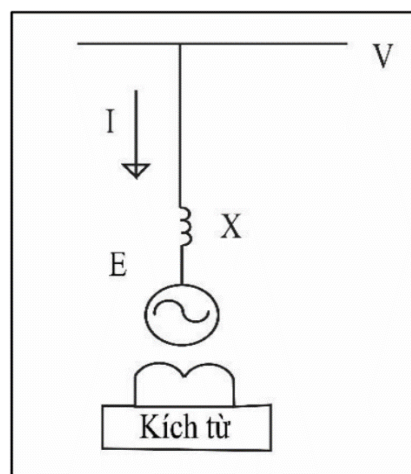


Hình 4.6 Tụ điện cố định và bộ điều chỉnh

4.2.2 Đối với Bộ bù công suất phản kháng biến đổi

Máy đồng bộ:

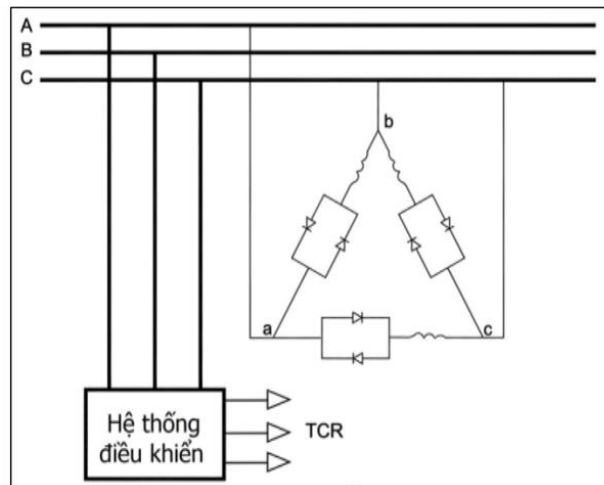
- Máy đồng bộ điều chỉnh điện áp tại các cực của nó bằng cách điều khiển lượng công suất phản kháng được thêm vào hoặc hấp thụ từ hệ thống điện. Hình 4.7 cho thấy Tụ điện đồng bộ quay, khi điện áp hệ thống thấp; máy đồng bộ tạo ra công suất phản kháng. Khi điện áp hệ thống cao, nó sẽ hấp thụ công suất phản kháng. Sự biến đổi của công suất phản kháng được thực hiện bằng điều khiển kích thích. Nhưng không thể được kiểm soát đủ nhanh để bù cho sự thay đổi tải nhanh do hằng số thời gian lớn của mạch trường của chúng và có tổn thất cao hơn nhiều so với (SVC- FACTS) [41].



Hình 4.7 Sơ đồ nguyên lý của máy đồng bộ

Bộ bù Var tĩnh (SVC):

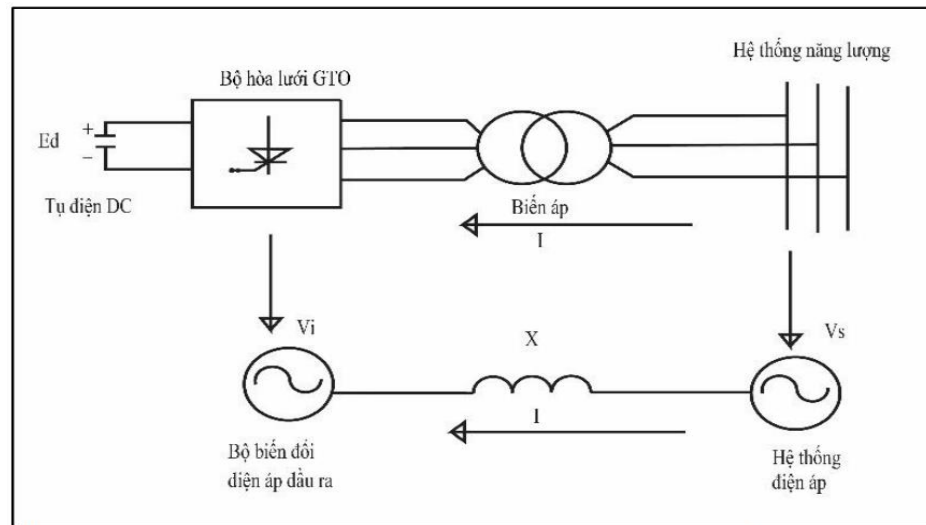
- Bộ bù Var tĩnh điều chỉnh điện áp tại các cực của nó bằng cách điều khiển lượng công suất phản kháng được đưa vào hoặc hấp thụ từ hệ thống điện. Khi điện áp hệ thống thấp, SVC tạo ra công suất phản kháng (điện dung SVC). Khi điện áp hệ thống cao, nó sẽ hấp thụ công suất phản kháng (cảm ứng SVC). Sự biến đổi của công suất phản kháng được thực hiện bằng cách chuyển đổi các tụ điện ba pha và các bộ điều chỉnh được kết nối ở phía thứ cấp của máy biến áp ghép nối, như trong hình 4.8. Mỗi bộ điều chỉnh tụ điện được bật/tắt bằng ba công tắc thyristor (Tụ điện chuyển mạch thyristor). SVC có nhược điểm không thể tăng VAR [41].



Hình 4. 8 Sơ đồ bản vẽ-SVC

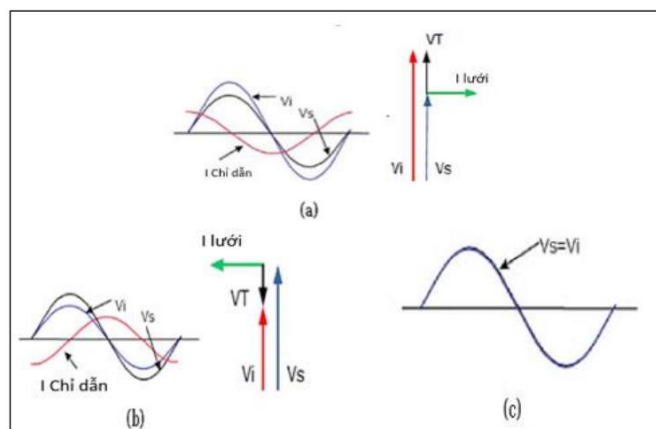
Bộ bù đồng bộ tĩnh:

- Bộ bù đồng bộ tĩnh hoạt động như một bộ bù VAR tĩnh được kết nối có dòng điện đầu ra điện dung hoặc cảm ứng có thể được điều khiển độc lập với điện áp hệ thống xoay chiều[42], STACOM sử dụng biến tần giao thoa để chuyển đổi điện áp liên kết DC thành điện áp ba pha đối với điện áp tại điểm lưới của khớp nối chung. Có ba trường hợp: [43]



Hình 4.9: Sơ đồ nguyên lý và mạch tương đương trên mỗi pha – STATCOM [44]

- Nếu điện áp đầu ra biến tần (V_i) lớn hơn điện áp lưới (V_s), công suất phản kháng sẽ được gửi đến hệ thống từ STATCOM (Hoạt động điện dung), tạo ra dòng điện theo hướng này, như trong hình 4.10 (a).
- Trong trường hợp ngược lại, công suất phản kháng sẽ được hấp thụ từ hệ thống thông qua STATCOM (hoạt động cảm ứng) và dòng điện sẽ chạy theo hướng ngược lại, như trong hình 4.10 (b).
- Nếu các môđun của V_s và V_i bằng nhau, sẽ không có dòng điện cũng như dòng điện phản kháng trong hệ thống, do đó trạng thái đứng yên công suất phản kháng chỉ phụ thuộc vào chênh lệch mô-đun giữa điện áp V_s và V_i . Lượng công suất phản kháng tỷ lệ thuận với chênh lệch điện áp giữa V_s và V_i , như trong hình 4.10 (c). [43]

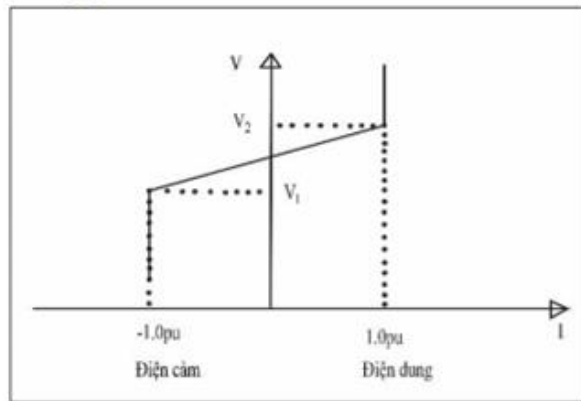


Hình 4.10 Đồ thị thể hiện (a) Hoạt động điện dung, (b) hoạt động quy nạp, (c) Không có chế độ tải ($V_i = V_s$)

STATCOM có đủ khả năng tạo ra hoặc hấp thụ công suất phản kháng, nhưng công tắc, điều chỉnh và tổn thất của bộ lọc phải được đáp ứng. Do đó, mức DC bị giảm. Vì vậy, STATCOM đang hấp thụ giá trị nhỏ của công suất thực từ lưới điện để duy trì mức DC ở mức yêu cầu. Đặc tính V-I của STATCOM: STATCOM vận hành trơn tru và liên tục điều khiển điện áp từ giới hạn điện áp thấp (V1) hoặc điện áp cao (V2). Tuy nhiên, nếu V_s vượt quá V1 hoặc V2, như trong hình 4.11 [43], STATCOM hoạt động như một nguồn dòng không đổi bằng cách điều khiển điện áp bộ chuyển đổi (V_i) một cách thích hợp.

$$P_s = \frac{V_s \cdot V_i}{XI} \cdot \sin \delta$$

$$Q = \frac{V_s^2 - V_s \cdot V_i}{XI} \cdot \sin \delta$$



Hình 4.11 Đặc điểm V-I của STATCOM

Tổng quan vai trò của các thiết bị:

- Tăng khả năng sử dụng các hệ thống truyền tải hiện có.
- Tăng độ tin cậy và tính khả dụng của hệ thống truyền tải.
- Tăng độ ổn định đúng và quá độ của lưới.
- Tăng chất lượng cung cấp cho yêu cầu điện năng chất lượng cao.

4.3 Kết luận chương 4

Những năm trước, các hệ thống điện chưa có khái niệm điều khiển công suất phản kháng, chỉ đưa ra định hướng phát triển đưa công suất thực lên lưới. Tuy nhiên, hiện nay với yêu cầu từ các quy chuẩn IEEE 1547 đòi hỏi cần phải kiểm soát và điều khiển cả công suất thực cùng với công suất phản kháng. Điều này là rất quan trọng vì hiện tại hệ thống điện mặt trời đang rất phát triển, ngoài những trang trại điện mặt trời còn có những hộ gia đình sử dụng hệ thống điện mặt trời hòa lưới, tạo áp lực rất lớn đối với lưới phân phối lưới. Nếu không thể điều khiển được công suất phản kháng sẽ xảy ra tình trạng sự cố như trào lưu công suất ngược. Vì vậy những nghiên cứu công suất phản kháng để ổn định điện áp trong hệ thống điện mặt trời áp mái là rất thiết thực.

CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN

5.1 Kết quả và kiến nghị

5.1.1 Tính ứng dụng thực tế:

Trong bài luận văn này đã nêu rõ tầm quan trọng và xu hướng phát triển của năng lượng mặt trời. Từ đó đưa ra phương án và cấu tạo chi tiết của hệ thống điện mặt trời để từ đó hướng tới việc phân tích và hướng dẫn lắp đặt hệ thống điện mặt trời áp mái hòa lưới điện quốc gia cho các hộ gia đình. Để có sự nhìn nhận rõ ràng hơn về hệ thống điện mặt trời, bài luận văn đã đưa ra ví dụ tính toán thực tế cho một hộ gia đình tại quận Hải An, thành phố Hải Phòng, với hệ thống công suất 13,6 kW với 34 tấm pin, 01 bộ inverter và 01 bộ pin lưu trữ năng lượng, lượng điện năng tiêu thụ hàng tháng của hộ gia đình trung bình khoảng 268 kWh. Để đảm bảo hiệu quả và chất lượng cho hệ thống, bài luận văn đã đưa ra các công thức tính toán để áp dụng lựa chọn các thiết bị phù hợp cho từng hệ thống có các mức công suất khác nhau. Cụ thể như sau:

- Tính toán số lượng tấm pin có thể sử dụng trên một diện tích có sẵn hoặc đáp ứng công suất yêu cầu.
- Tính toán chủng loại bộ hòa lưới thông minh cần sử dụng cho số lượng tấm pin tương đương.
- Tính toán số lượng bình dự trữ điện năng cần thiết sử dụng cho nhu cầu tải tiêu thụ của hộ gia đình.
- Tính toán công suất đường dây và mạch đóng cắt
- Thiết kế sơ đồ nguyên lý, bản vẽ cấu trúc của hệ thống điện mặt trời áp mái hòa lưới điện quốc gia.

Đồng thời giới thiệu các thiết bị trên thị trường, cùng với phần mềm PVsyst hỗ trợ để sử dụng cho hệ thống điện mặt trời. Căn cứ vào ví dụ thực tế trên có thể nhận định được việc xây dựng hệ thống điện mặt trời áp mái cho hộ gia đình là vô cùng thuận lợi và tiện ích ngoài việc cung cấp điện năng sử dụng cho hộ gia đình còn có thể bán điện cho EVN để đảm bảo bài toán kinh tế và góp phần giảm tải cho lưới điện quốc gia.

Từ ví dụ cụ thể về hệ thống điện mặt trời áp mái hòa lưới điện quốc gia cho một hộ gia đình như trên. Bài luận văn đã đưa ra phân tích chuyên sâu và dựa trên công thức đã giải quyết bài toán kinh tế đầu tư vào hệ thống điện mặt trời. Số tiền thu về 1 tháng

1.700.000 VND, chỉ cần 7 năm để hòa vốn. Kể từ năm thứ 8 trở đi, hộ gia đình kể trên sẽ dùng điện miễn phí và tạo được nguồn thu từ năng lượng mặt trời.

5.1.2 Ý nghĩa khoa học:

Điều chỉnh công suất phản kháng hay bù công suất phản kháng sẽ nâng cao chất lượng điện năng cũng như hiệu quả kinh tế của lưới điện phân phối. Bù công suất phản kháng sẽ giúp ổn định điện áp của lưới điện phân phối, tăng công suất phát cho các nhà máy điện, tăng khả năng tải cho các phần tử mang điện, giảm tổn thất công suất góp phần khắc phục thiếu điện, giảm chi phí đầu tư nguồn và nâng cấp lưới điện.

Qua một thời gian tìm hiểu và nghiên cứu luận văn thu được một số kết quả sau:

- Nghiên cứu về công suất phản kháng và sự cần thiết của nó đối với các thiết bị điện và hệ thống đường dây tải điện.
- Nêu nên được vấn đề cần giải quyết và điều khiển công suất phản kháng để ổn định điện áp của lưới điện, nâng cao chất lượng và dung lượng truyền tải điện năng.
- Nghiên cứu về các phương pháp bù công suất phản kháng cũng như các thiết bị bù công suất phản kháng hiệu quả.
- Nêu lên sự cần thiết và đưa ra kiến nghị giảng dạy bù công suất phản kháng cho sinh viên ngành điện.

5.2 Hạn chế và định hướng mở rộng

Từ bài luận văn này thấy được hạn chế chưa thể lập trình mô phỏng đối với một bộ hòa lưới thông minh với đầy đủ các chức năng đã đề xuất để từ đó đánh giá chính xác hơn những chức năng thực tế của hệ thống. Đồng thời chưa phân tích rõ những ảnh hưởng của bộ hòa lưới thông minh khi sử dụng các chức năng linh động theo sự thay đổi các thông số kỹ thuật của hệ thống điện mặt trời. Căn cứ vào đó cải tiến, phát triển hệ thống đảm bảo các tiện ích và hiệu suất của hệ thống điện mặt trời ngày càng được cải thiện hơn nữa. Ngoài ra vẫn cần phải triển khai phân tích sâu hơn về tính toán thiết kế tối ưu và đánh giá hiệu năng hệ thống. Đối với định hướng phát triển mở rộng sau này sẽ hướng tới việc cải thiện điện áp và sóng hài của bộ hòa lưới thông minh. Nhằm kiểm soát và đảm bảo hệ thống điện mặt trời nối lưới điện phân phối trung áp có thể cung cấp nguồn điện chất lượng cao. Từ đó cho phép tổ chức lại hệ thống (thay đổi liên kết lưới, thay đổi bù, trào lưu công suất tối ưu, lắp các bộ lọc sóng hài...) để giải quyết các tác động một tỷ lệ xác định sự xâm nhập (%) của điện mặt trời vào lưới điện. Các bộ hòa lưới có khả năng tham gia vào điều khiển điện áp

và công suất phản kháng cần phải dần được đưa vào yêu cầu bắt buộc khi đấu nối điện mặt trời.

Từ kết quả phân tích đã trình bày trong luận văn, kiến nghị hệ thống điện mặt trời sử dụng bộ hòa lưới thông minh cần được sớm tiếp tục nghiên cứu để thực hiện và có thể phát triển thêm cũng như tiềm năng kinh tế trên cơ sở giá điện đã được chính phủ quy định, đây là một hướng đi tích cực trong việc phát triển năng lượng tái tạo, góp phần giảm phát thải khí CO₂, giảm thiểu tác động đến môi trường trong tình hình thực tiễn hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://moit.gov.vn/tin-tuc/phat-trien-nang-luong/tiem-nang-phat-trien-nang-luong-tai-cao-cua-viet-nam>. Báo Tin tức/TTXVN.
- [2] Điện mặt trời áp mái phát triển bùng nổ, tổng công suất lắp đặt đã lên tới gần 9300 MWp (2021) <https://www.evn.com.vn/d6/news/Dien-mat-troi-mai-nha-phat-trien-bung-no-tong-cong-suat-lap-dat-da-len-toi-gan-9300-MWp-66-142-27205.aspx>
- [3] Hoàng Dương Hùng, “Sử dụng năng lượng mặt trời để nấu ăn và cung cấp nước nóng cho sinh hoạt – một giải pháp tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường” tạp chí khoa học và công nghệ, Đại học Đà Nẵng, số 4(39).2010.
- [4] http://cheprogrammevn.weebly.com/uploads/7/3/4/2/7342459/sach_sodis_vn
- [5] <https://sunemit.com/ban-do-buc-xa-mat-troi-tai-viet-nam/>
- [6] Hoàng Thị Thu Hường, Thực trạng năng lượng tái tạo Việt Nam và hướng phát triển bền vững, Năng lượng Việt Nam, 2014.
- [7] Nguyễn Thái Vĩnh, Nghiên cứu hệ thống điều khiển bám mặt trời phục vụ cho việc tái tạo năng lượng, 2013.
- [8] Nghiên cứu nâng cấp mô hình trạm cung cấp điện kết hợp sử dụng năng lượng mặt trời và nguồn điện lưới tại Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam – Vũ Minh Pháp, Viện khoa học năng lượng, 2013.
- [9] Nguyễn Đức Tuyên, Nguyễn Đức Huy, Lê Viết Thịnh, Hirotaka Takano, SingleDiode Models of PV Modules: A Comparison of Conventional Approaches and Proposal of a Novel Model, Đại học bách khoa hà nội, 2020, vol. 13, issue 6,
- [10] Benjamin Anders Johnson, Master-Modeling and Analysis of a PV Grid-Tied Smart Inverters Support -2013.
- [11] S. L. O. Modeling and analysis of a pv grid-tied smart inverter's Support functions – The Faculty of California State University.
- [12] <https://www.power-grid.com/smart-inverters-behind-the-meter-grid-allies>
- [13] J. Doucet, D. Eggleston and J. Shaw, DC/AC Pure Sine WaveInverter- MQP Terms ABC 20062007;Advisor: Professor Stephen J. Bitar; Sponsor: NECAMSID.

- [14] A Maximum Power Point Tracking Approach for Adapting Changing Environmental Conditions, December 2019, Nguyen Thanh Thuan, Truong Viet Anh.
- [15] <https://sspsoi.com/tim-hieu-pin-nang-luong-mat-troi-pv/>
- [16] Training and resources Fundamentals of Solar PV system – module 1 ; sunrator technologies LLP.
- [17] Common Functions for Smart Inverters 4th Edition-Technical Update, December 2016; EPRI Project Manager B. Seal.
- [18] Recommended Practices for Charge Controllers; IEA PVPS T3-05: 1998 ; Eric P. Usher; michael M. D. Ross; Renewable Energy and Hybrid Systems Group CANMET Energy Diversification Research Laboratory.
- [19] Hà Thị Thu Phương, Nguyễn Tiến Thư, Hồ Phạm Huy Ánh, Cao Văn Kiên; Tối Ưu Công Suất MPPT Nguồn Quang Năng PV Dùng Thuật Toán P&O.
- [20] K. H. Hussein, I. Muta, T. Hoshino, and M. Osakada, "Maximum photovoltaic power tracking : an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions," IEEE Proceedings - Generation, Transmission, and Distribution, vol. 142, no. 1, pp. 59- 64, January 1995.
- [21] Athula D. Rajapakse and Dharshana Muthumuni, "Simulation Tools for Photovoltaic System Grid Integration Studies," in IEEE Electrical Power & Energy Conference.
- [22] Taufik, Introduction to Power Electronics Lecture Notes , 10th ed., 2012.
- [23] Photovoltaics, D.G.; Storage, E. IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. In IEEE Std 1547-2018 (Revision IEEE Std 1547-2003); IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2018.
- [24] Carrasco, J.M.; Garcia Franquelo, L.; Bialasiewicz, J.T.; Galván, E.; Portillo Guisado, R.C.; Martín Prats, M.D.L.Á.; León, J.I.; Moreno-Alfonso, N. PowerElectronic Systems for the Grid Integration of Renewable Energy Sources: A Survey. IEEE Trans. Ind, Electron. 2004, 53, 1002–1016. [CrossRef].
- [25] Guerrero, J.M.; Chandorkar, M.; Lee, T.L.; Loh, P.C. Advanced control architectures for intelligent microgridspart i: Decentralized and hierarchical control. IEEE Trans. Ind. Electron. 2013, 60, 1254–1262. [CrossRef].

- [26] Guerrero, J.M.; Vasquez, J.C.; Matas, J.; De Vicuña, L.G.; Castilla, M. Hierarchical control of droop-controlled AC and DC microgrids—A general approach toward standardization. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2011, 58, 158–172. [CrossRef].
- [27] <https://www.keremcilli.com/solar-panel-teknolojileri-gunes-panelleri-degisiyor/>
- [28] Mahmud, R.; Hoke, A.; Narang, D. Validating the test procedures described in UL 1741 SA and IEEE. In *Proceedings of the 2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)*, Waikoloa Village, HI, USA, 10–15 June 2018; pp. 1445–1450.
- [29] Behraves, V.; Keypour, R.; Foroud, A.A. Stochastic analysis of solar and wind hybrid rooftop generation systems and their impact on voltage behavior in low voltage distribution systems. *Sol. Energy* 2018, 166, 317–333. [CrossRef].
- [30] Guerrero, J.M.; Xue, Y. Smart Inverters for Utility and Industry Applications. In *Proceedings of the PCIM Europe 2015 International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management*, Nuremberg, Germany, 19–20 May 2015; pp. 277–284.
- [31] <https://nangluongsachvietnam.vn/d6/vi-VN/news/Cac-thuat-toan-MPPT-duoc-su-dung-cho-inverter-hien-nay-6-1965-7945>
- [32] Western Electric Industry Leaders, A letter to governors, commissioners and legislators. Accessed on July 17, 2014. Retrieved from http://www.weilgroup.org/WEIL_Smart_Inverters_Letter_Aug-7-2013.pdf.
- [33] Herman K. Trabish, Smart inverter: the secret to integrating distributed energy onto the grid? Accessed on July 17, 2014. Retrieved from <http://www.utilitydive.com/news/smartinverters-the-secret-to-integrating-distributed-energy-onto-the-grid/269167>.
- [34] Solar Electric Power Association, How the inverter got “smart” and what that means for the growth of solar. Accessed on July 17, 2014. Retrieved from <http://www.solarelectricpower.org/utility-solar-blog/2014/january/how-the-inverter-got-%E2%80%9Csmart%E2%80%9D-and-what-that-means-for-the-growth-of-solar.aspx>
- [35] Giải pháp chống sét cho hệ thống điện mặt trời. Năng lượng việt nam. Đăng ngày 23/09/2019 <http://nangluongvietnam.vn/news/vn/khoa-hoc-va-cong-nghe/giai-phap-chong-set-cho-he-thong-dien-mat-troi.html>.

- [36] Regulations for electrical installations – 2017.
- [37] Thông tư số 39/2015/TT-BCT- quy định về lưới phân phối.
- [38] <https://vbtsolar.com/phan-mem-pvsyst>.
- [39] Thông tư 05/2019/TT-BCT của Bộ Công Thương
<http://www.dattech.com.vn/tintuc/huong-dan-thu-tuc-ban-dien-mat-troi-tren-mai-nha-cho-evn-tu-a-z.html>. [74] <https://vnexpress.net/kinh-doanh/gia-dien-mat-troi-ap-mai-co-the-duoi-2-000-dong-mot-kwh-4036449.html>.
- [40] M. Z. El-Sadek: “Power Systems Voltage Stability,” Book, Mukhtar Press, Assuit, Egypt, 2004.
- [41] H. F. Bilgin, “Design and implementation of a current source converter based STATCOM for reactive power compensation”. PhD Thesis, Middle East technical University, Apr. 2007.
- [42] Nguyễn Đức Tuyên, Lê Văn Lực, Đỗ Văn Long, Nguyễn Hữu Đức, “Building a model of inverter capable of controlling active power and reactive power in grid-connected solar power system when a short-circuit fault occurs”, Vol. 56 - No. 4 (Aug 2020) • Journal of SCIENCE & TECHNOLOGY
- [43] W. Ren, L. Qian, D. Cartes, M. Steurer, "Multivariable control method in STATCOM application for performance improvement," Industry Applications Conf, Fourtieth IAS Annual Meeting, vol. 3, pp. 2246–2250, 2-6 Oct. 2005.
- [44] Thanaa F.El-Shater, “Night operation of a photovoltaic System”, Helwan University.
- [45] C. J. O’Rourke, M. M. Qasim, M. R. Overlin, and J. L. Kirtley, “A Geometric Interpretation of Reference Frames and Transformations: dq0, Clarke and Park,” IEEE Trans. Energy Convers., vol. PP, no. c, pp. 1–1, 2019. 90
- [46] E. Muljadi, M. Singh, and V. Gevorgian, “PSCAD Modules Representing PV Generator PSCAD Modules Representing PV Generator,” no. August, 2013.
- [47] B. Liu, F. Zhuo, Y. Zhu, H. Yi, and F. Wang, “A three-phase PLL algorithm based on signal reforming under distorted grid conditions,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 9, pp. 5272–5283, 2015.
- [48] <https://www.statista.com/statistics/1003705/global-pv-inverter-market-share-shipments/>

PHỤ LỤC

1. Bảng excel bài toán kinh tế đầu tư xây dựng hệ thống điện mặt trời

Bảng 1: Số tiền cần đầu tư:

Thiết bị	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá	Tổng
Pin mặt trời JinkoSolar 400W	Tấm	34	2.200.000	74.800.000
Inverter INVT solar	Chiếc	01	40.000.000	40.000.000
Acquy	Chiếc	02	4.500.000	9.000.000
Phụ kiện đi kèm (Bằng 10%-20% tổng tiền thiết bị chính)	Gói	1	5.000.000	5.000.000
Khung giá đỡ và công lắp đặt (Bằng 10% tổng tiền thiết bị)	Gói	1	5.000.000	5.000.000
Phí bảo dưỡng, thay thế thiết bị trong suốt vòng đời sử dụng.(Bằng 10% tổng phí đầu tư ban đầu)	Gói	1	5.000.000	5.000.000
Tổng chi phí				138.800.000

Bảng 2: Giá điện bán điện của EVN dành cho các hộ tiêu thụ năm 2019

STT	Mức sử dụng trong tháng	Giá bán điện (VNĐ/kWh)
1	Bậc 1: Cho kWh từ 0 – 50	1.678
2	Bậc 2: Cho kWh từ 51 – 100	1.734
3	Bậc 3: Cho kWh từ 101 – 200	2.014
4	Bậc 4: Cho kWh từ 201 – 300	2.536
5	Bậc 5: Cho kWh từ 301 – 400	2.834
6	Bậc 6: Cho kWh từ 401 trở lên	2.927
Gọi chung giá điện là		N

Bảng 3. Thống kê phụ tải của hộ gia đình

Thiết bị	Công suất (kW)	Số lượng (chiếc)	Giờ sử dụng (h)	Công suất tiêu thụ (kWh)
Ấm đun nước	1	1	0.1	0.1
Bàn là	1	1	0.1	0.1
Điều hòa	0,83	1	2	1.66
Nồi cơm	0,6	1	3	1.8
Máy giặt	0,4	1	1	0.4
Tủ lạnh	0,15	1	24	3.6
Tivi	0,069	1	2	0.138
Quạt cây	0,048	2	2	0.192
Đèn	0,03	4	8	0.96
Lượng tiêu thụ trung bình ngày			8,95 kWh	
Lượng tiêu thụ trung bình tháng			268 kWh	

2. Bảng thông số kỹ thuật ứng với các loại đường dây cần được sử dụng trong hệ thống điện mặt trời.

TABLE A-1		WIRE SIZING TABLE FOR AMPACITY AND VOLTAGE DROP					
Wire Size (AWG)	D Factor	Ampacity of 90 C Wet Wire Roof Mounted Modules (80 C)	Ampacity of 90 C Wet Wire Rack Mounted Modules (70 C)	Ampacity of 75 C Wet Wire Rack Mounted Modules (70 C)	Ampacity of 90 C Wet Wire BOS Wiring (45 C)	Ampacity of 75 C Wet Wire BOS Wiring (45 C)	Ampacity of 60 C Wet Wire BOS Wiring (45 C)
14	1.5	10	15	7	22	16	14
12	2.5	12	17	8	26	21	18
10	3.9	16	23	12	35	29	21
8	6.0	23	32	17	48	41	28
6	9.7	31	44	21	65	53	39
4	15.6	39	55	28	83	70	50
3	19	N/A	N/A	N/A	96	82	60
2	25	N/A	N/A	N/A	113	94	67
1	31	N/A	N/A	N/A	131	107	78
1/0	39	N/A	N/A	N/A	148	123	89
2/0	50	N/A	N/A	N/A	170	144	103
3/0	62	N/A	N/A	N/A	196	164	117
4/0	80	N/A	N/A	N/A	226	189	138
300MCM	112	N/A	N/A	N/A	278	234	170
500MCM	189	N/A	N/A	N/A	374	312	227
To determine D-Factor for 1% voltage drop simply multiply D-Factor from 3% tables by 3. Example: 48V, 6Amps, 70ft--D Factor = 2.9 for 3%. Multiplying by 3 yields D Factor = 8.7 Solution: Need #10 AWG to stay under 3% voltage drop and #6 to stay under 1% voltage drop							
To determine D-Factor for 2% voltage drop simply multiply D-Factor from 3% tables by 1.5. Example: 48V, 6Amps, 70ft--D Factor = 2.9 for 3%. Multiplying by 1.5 yields D Factor = 4.4 Solution: Need #10 AWG to stay under 3% voltage drop and #8 to stay under 2% voltage drop							

TABLE A-3		D FACTOR 3% VOLTAGE DROP--48-VOLT CIRCUITS-COPPER																											
		ONE-WAY WIRE DISTANCE (FT)																											
AMPS		10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	340.0	360.0	380.0	400.0			
2		0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6			
4		0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	8.3	8.9	9.4	10.0	10.6	11.1			
6		0.4	0.8	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.8	11.7	12.5	13.3	14.2	15.0	15.8	16.7			
8		0.6	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2			
10		0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	6.9	8.3	9.7	11.1	12.5	13.9	15.3	17	18	19	21	22	24	25	26	28			
12		0.8	1.7	2.5	3.3	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7	18.3	20	22	23	25	27	28	30	32	33			
14		1.0	1.9	2.9	3.9	4.9	5.8	6.8	7.8	8.8	9.7	11.7	13.6	15.6	17.5	19.4	21.4	23	25	27	29	31	33	35	37	39			
16		1.1	2.2	3.3	4.4	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	13.3	15.6	17.8	20.0	22.2	24.4	27	29	31	33	36	38	40	42	44			
18		1.3	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	11.3	12.5	15.0	17.5	20	23	25	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50			
20		1.4	2.8	4.2	5.6	6.9	8.3	9.7	11.1	12.5	13.9	16.7	19.4	22	25	28	31	33	36	39	42	44	47	50	53	56			
25		1.7	3.5	5.2	6.9	8.7	10.4	12.2	13.9	15.6	17.4	20.8	24.3	28	31	35	38	42	45	49	52	56	59	63	66	69			
30		2.1	4.2	6.3	8.3	10.4	12.5	14.6	17	19	21	25	29	33	38	42	46	50	54	58	63	67	71	75	79	83			
35		2.4	4.9	7.3	9.7	12.2	14.6	17.0	19	22	24	29	34	39	44	49	53	58	63	68	73	78	83	88	92	97			
40		2.8	5.6	8.3	11.1	13.9	16.7	19.4	22	25	28	33	39	44	50	56	61	67	72	78	83	89	94	100	106	111			
45		3.1	6.3	9.4	12.5	15.6	19	22	25	28	31	38	44	50	56	63	69	75	81	88	94	100	106	113	119	125			
50		3.5	6.9	10.4	13.9	17.4	21	24	28	31	35	42	49	56	63	69	76	83	90	97	104	111	118	125	132	139			
60		4.2	8.3	12.5	17	21	25	29	33	38	42	50	58	67	75	83	92	100	108	117	125	133	142	150	158	167			
70		4.9	9.7	14.6	19	24	29	34	39	44	49	58	68	78	88	97	107	117	126	136	146	156	165	175	185	194			
80		5.6	11.1	16.7	22	28	33	39	44	50	56	67	78	89	100	111	122	133	144	156	167	178	189	200	211	222			
90		6.3	12.5	18.8	25	31	38	44	50	56	63	75	88	100	113	125	138	150	163	175	188	200	213	225	238	250			
100		6.9	13.9	20.8	28	35	42	49	56	63	69	83	97	111	125	139	153	167	181	194	208	222	236	250	264	278			
110		7.6	15.3	22.9	31	38	46	53	61	69	76	92	107	122	138	153	168	183	199	214	229	244	260	275	290	306			
120		8.3	17	25	33	42	50	58	67	75	83	100	117	133	150	167	183	200	217	233	250	267	283	300	317	333			
130		9.0	18	27	36	45	54	63	72	81	90	108	126	144	163	181	199	217	235	253	271	289	307	325	343	361			
140		9.7	19	29	39	49	58	68	78	88	97	117	136	156	175	194	214	233	253	272	292	311	331	350	369	389			
150		10.4	21	31	42	52	63	73	83	94	104	125	146	167	188	208	229	250	271	292	313	333	354	375	396	417			
160		11.1	22	33	44	56	67	78	89	100	111	133	156	178	200	222	244	267	289	311	333	356	378	400	422	444			
170		11.8	24	35	47	59	71	83	94	106	118	142	165	189	213	236	260	283	307	331	354	378	401	425	449	472			
180		12.5	25	38	50	63	75	88	100	113	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500			
190		13.2	26	40	53	66	79	92	106	119	132	158	185	211	238	264	290	317	343	369	396	422	449	475	501	528			
200		13.9	28	42	56	69	83	97	111	125	139	167	194	222	250	278	306	333	361	389	417	444	472	500	528	556			

TABLE A-4		D FACTOR																											
		3% VOLTAGE DROP--120-VOLT CIRCUITS-COPPER																											
		ONE-WAY WIRE DISTANCE (FT)																											
AMPS		10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	340.0	360.0	380.0	400.0			
2		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2			
4		0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4			
6		0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.7	5.0	5.3	5.7	6.0	6.3	6.7			
8		0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.7	3.1	3.6	4.0	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.7	7.1	7.6	8.0	8.4	8.9			
10		0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	8.3	8.9	9.4	10.0	10.6	11.1			
12		0.3	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3			
14		0.4	0.8	1.2	1.6	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.7	5.4	6.2	7.0	7.8	8.6	9.3	10.1	10.9	11.7	12.4	13.2	14.0	14.8	15.6			
16		0.4	0.9	1.3	1.8	2.2	2.7	3.1	3.6	4.0	4.4	5.3	6.2	7.1	8.0	8.9	9.8	10.7	11.6	12.4	13.3	14.2	15.1	16.0	16.9	17.8			
18		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0			
20		0.6	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2			
25		0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	6.9	8.3	9.7	11.1	12.5	14	15	17	18	19	21	22	24	25	26	28			
30		0.8	1.7	2.5	3.3	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	17	18	20	22	23	25	27	28	30	32	33			
35		1.0	1.9	2.9	3.9	4.9	5.8	6.8	7.8	8.8	9.7	11.7	13.6	15.6	17.5	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39			
40		1.1	2.2	3.3	4.4	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	13.3	15.6	17.8	20.0	22	24	27	29	31	33	36	38	40	42	44			
45		1.3	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	11.3	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50			
50		1.4	2.8	4.2	5.6	6.9	8.3	9.7	11.1	12.5	13.9	16.7	19.4	22.2	25.0	28	31	33	36	39	42	44	47	50	53	56			
60		1.7	3.3	5.0	6.7	8.3	10.0	11.7	13	15	17	20	23	27	30	33	37	40	43	47	50	53	57	60	63	67			
70		1.9	3.9	5.8	7.8	9.7	11.7	13.6	16	18	19	23	27	31	35	39	43	47	51	54	58	62	66	70	74	78			
80		2.2	4.4	6.7	8.9	11.1	13.3	15.6	18	20	22	27	31	36	40	44	49	53	58	62	67	71	76	80	84	89			
90		2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20	23	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100			
100		2.8	5.6	8.3	11.1	13.9	16.7	19.4	22	25	28	33	39	44	50	56	61	67	72	78	83	89	94	100	106	111			
110		3.1	6.1	9.2	12.2	15.3	18.3	21.4	24	28	31	37	43	49	55	61	67	73	79	86	92	98	104	110	116	122			
120		3.3	6.7	10.0	13.3	16.7	20.0	23.3	27	30	33	40	47	53	60	67	73	80	87	93	100	107	113	120	127	133			
130		3.6	7.2	10.8	14.4	18.1	21.7	25.3	29	33	36	43	51	58	65	72	79	87	94	101	108	116	123	130	137	144			
140		3.9	7.8	11.7	16	19	23	27	31	35	39	47	54	62	70	78	86	93	101	109	117	124	132	140	148	156			
150		4.2	8.3	12.5	17	21	25	29	33	38	42	50	58	67	75	83	92	100	108	117	125	133	142	150	158	167			
160		4.4	8.9	13.3	18	22	27	31	36	40	44	53	62	71	80	89	98	107	116	124	133	142	151	160	169	178			
170		4.7	9.4	14.2	19	24	28	33	38	43	47	57	66	76	85	94	104	113	123	132	142	151	161	170	179	189			
180		5.0	10.0	15.0	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200			
190		5.3	10.6	15.8	21	26	32	37	42	48	53	63	74	84	95	106	116	127	137	148	158	169	179	190	201	211			
200		5.6	11.1	16.7	22	28	33	39	44	50	56	67	78	89	100	111	122	133	144	156	167	178	189	200	211	222			