



Bộ Công Thương



Hợp tác
Đức

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Thực hiện bởi

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



SỔ TAY

Vận hành và
bảo dưỡng hệ thống
điện mặt trời mái nhà



► THÔNG TIN ẤN PHẨM

Xuất bản bởi	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Trụ sở đăng ký tại Bonn và Eschborn, Đức
Dự án	Điện mặt trời mái nhà trong ngành Thương mại & Công nghiệp (CIRTS) Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ (ESP) Phòng 042A, Tầng 4, Tòa nhà Coco, 14 Thụy Khuê, Tây Hồ, Hà Nội, Việt Nam T + 84 24 39 41 26 05 F + 84 24 39 41 26 06 E office.energy@giz.de I www.giz.de/viet-nam www.gizenergy.org.vn
Hoàn thành	Tháng 12 năm 2024
Ảnh	Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ Công ty cổ phần Năng lượng Vũ Phong Energy Group
GIZ chịu trách nhiệm về nội dung của ấn phẩm này.	
Thay mặt cho	Bộ Hợp tác Kinh tế và Phát triển CHLB Đức (BMZ)



► Mục lục

Danh mục bảng	3
Danh mục hình	3
Lời nói đầu của Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ	6
Lời nói đầu của Cục Điện lực và Năng lượng tái tạo / Bộ Công Thương	7
Lời cảm ơn	8
Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm	9
Các từ viết tắt	10
Ký hiệu	11
 Chương 1: Giới thiệu chung	 12
1.1 Mục tiêu & đối tượng sử dụng sổ tay	13
1.2 Cấu trúc sổ tay	13
 Chương 2: Tổng quan hệ thống điện mặt trời mái nhà	 14
2.1 Sự phát triển ĐMTMN tại Việt Nam	15
2.2 Văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến ĐMTMN	15
2.3 Các loại hình ĐMTMN	16
2.4 Thành phần chính của hệ thống ĐMTMN	17
2.4.1 Tấm quang điện	18
2.4.2 Khung giá đỡ	18
2.4.3 Biến tần	19
2.4.4 Tủ phân phối AC	20
2.4.5 Nút dừng khẩn cấp	21
2.4.6 Hệ thống tiếp địa	21
2.4.7 Hệ thống quản lý, giám sát hệ thống ĐMTMN	21
2.4.8 Thiết bị lưu trữ	23
2.4.9 Hệ thống đo đếm điện năng	24
2.4.10 Cáp DC và cáp AC	24
2.5 Xu hướng công nghệ mới	25
 Chương 3: Vận hành hệ thống ĐMTMN	 26
3.1 Tổng quan	27
3.2 Quy trình vận hành thường xuyên	28

3.2.1	Khởi động	28
3.2.2	Theo dõi và giám sát tình trạng vận hành	29
3.2.3	Tính toán hiệu suất	30
3.2.4	Tuân thủ yêu cầu về vận hành lưới điện	32
Chương 4: Bảo trì hệ thống ĐMTMN		33
4.1	Bảo trì phòng ngừa	35
4.1.1	Bảo trì định kỳ	36
4.1.2	Bảo trì theo tình trạng vận hành	45
4.2	Bảo trì khắc phục	46
4.2.1	Phát hiện và chẩn đoán sự cố	47
4.2.2	Mức độ can thiệp trong xử lý sự cố	48
4.2.3	Xử lý các sự cố thường gặp	49
4.2.4	Quy trình sửa chữa và thay thế thiết bị	51
Chương 5: An toàn trong vận hành và bảo dưỡng		54
5.1	An toàn điện	55
5.2	An toàn khi làm việc trên mái nhà	57
5.3	An toàn khi sử dụng ắc quy/pin lưu trữ	57
5.4	An toàn cháy, nổ	58
5.5	Biện pháp ứng phó thiên tai.....	62
Phụ lục		65
Phụ lục 1: Văn bản quy phạm pháp luật, tiêu chuẩn và quy chuẩn áp dụng		66
Phụ lục 2: Tính toán hiệu suất		73
Phụ lục 3: Dự phòng lưu kho vật tư		74
Phụ lục 4: Công cụ và dụng cụ thường dùng		75
Phụ lục 5: Tần suất bảo trì phòng ngừa		77
Phụ lục 6: Khắc phục những sự cố thường gặp		81
Phụ lục 7: Vệ sinh hiệu quả tấm quang điện bị bám bẩn khó lau chùi		84
Phụ lục 8: Danh mục kiểm tra bảo trì		86

► Danh mục bảng

Bảng 1:	Cơ cấu nguồn và sản lượng hệ thống điện Việt Nam năm 2023	15
Bảng 2:	Các loại hệ thống ĐMTMN	16
Bảng 3:	Một số sự cố thường gặp và cách xử lý	49
Bảng 4:	Biển báo an toàn điện	56
Bảng 5:	Xử lý khi gặp một số sự cố của ắc quy/pin lưu trữ	58
Bảng 6:	Văn bản quy phạm pháp luật	66
Bảng 7:	Các tiêu chuẩn, quy chuẩn	69
Bảng 8:	Danh sách linh kiện dự phòng được đề xuất cho hệ thống 1MW	74
Bảng 9:	Tần suất bảo trì phòng ngừa	77
Bảng 10:	Khắc phục những sự cố thường gặp	81
Bảng 11:	Danh mục kiểm tra bảo trì	86

► Danh mục hình

Hình 1:	Thành phần chính của hệ thống ĐMTMN	17
Hình 2:	Các loại tấm quang điện	18
Hình 3:	Khung giá đỡ tấm quang điện	19
Hình 4:	Khung giá đỡ của hệ thống ĐMTMN được lắp đặt lên mái tôn	19
Hình 5:	Biến tần và khu vực đặt biến tần	20
Hình 6:	Hình ảnh bên ngoài và bên trong tủ phân phối AC	20
Hình 7:	Nút dừng khẩn cấp	21
Hình 8:	Dây tiếp địa nối vào khung giá đỡ, hộp kiểm tra tiếp địa và bãi tiếp địa	21
Hình 9:	Minh họa giao diện chính của hệ thống giám sát ĐMTMN	22
Hình 10:	Giám sát ĐMTMN trên hệ thống máy tính chủ dùng riêng	22
Hình 11:	Cảm biến đo bức xạ	22
Hình 12:	Đồng hồ chống phát ngược công suất lên lưới điện (Zero export)	23
Hình 13:	Bộ ghi dữ liệu (trái) và modem 4G (phải) lắp đặt trong tủ thông tin	23
Hình 14:	Ắc quy chì và pin lithium-ion	23
Hình 15:	Công tơ đo đếm điện năng điện tử	24
Hình 16:	Cáp DC với đầu nối MC4	24
Hình 17:	Cáp AC	24
Hình 18:	Vòng đời của hệ thống ĐMTMN	27
Hình 19:	Nhiệm vụ chính trong vận hành hệ thống ĐMTMN	27

Hình 20: Công suất và sản lượng ĐMTMN được theo dõi qua hệ thống giám sát	29
Hình 21: Báo cáo sản lượng & hệ số PR trong tháng	31
Hình 22: Điều khiển tham số vận hành hệ thống ĐMTMN	32
Hình 23: Tổng quan về các loại hình bảo trì	34
Hình 24: So sánh bảo trì định kỳ và bảo trì theo tình trạng vận hành	35
Hình 25: Lợi ích của bảo trì phòng ngừa	36
Hình 26: Tắm quang điện bị bám bụi bẩn	36
Hình 27: Vệ sinh tắm quang điện	37
Hình 28: Sử dụng rô-bốt để vệ sinh tắm quang điện	37
Hình 29: Bồn trữ nước sạch & máy bơm để vệ sinh tắm quang điện	38
Hình 30: Không được vệ sinh tắm quang điện bị hư hỏng	39
Hình 31: Không trèo, ngồi hoặc đứng lên tắm quang điện	39
Hình 32: Tắm quang điện bị bóng cây che và hiện tượng hotspot	39
Hình 33: Ảnh nhiệt của tắm quang điện bình thường và khi xuất hiện điểm nóng cục bộ	40
Hình 34: Phát hiện lỗi ở tắm quang điện sử dụng thiết bị bay có camera và cảm biến nhiệt	40
Hình 35: Bộ tối ưu công suất (DC Optimizer) được lắp cho tắm quang điện	40
Hình 36: Hệ thống có cả tắm quang điện đơn tinh thể và đa tinh thể	41
Hình 37: Một số hư hỏng vật lý trên tắm quang điện	42
Hình 38: Khung giá đỡ lắp đặt không đảm bảo	43
Hình 39: Kẹp khung giá đỡ bị lỏng	43
Hình 40: Đèn báo biến tần hoạt động bình thường (màu xanh) và không bình thường (màu đỏ)	44
Hình 41: Biến tần bị cháy, hư hỏng	44
Hình 42: Dây cáp bị tuột khỏi biến tần	44
Hình 43: Bụi bẩn tích tụ lên quạt thông gió	45
Hình 44: Bảo trì theo tình trạng vận hành đưa ra dự đoán về thời điểm bảo trì thích hợp	46
Hình 45: Quy trình lựa chọn bảo trì khắc phục	47
Hình 46: Hệ thống quản lý, giám sát ghi nhận lỗi và đưa ra cảnh báo	47
Hình 47: Các mức độ can thiệp trong quản lý sự cố	48
Hình 48: Quy trình sửa chữa, thay thế một số thiết bị chính	52
Hình 49: Kỹ thuật viên thao tác tại hiện trường	53
Hình 50: Sử dụng đồng hồ kẹp dòng để đo dòng điện	53

Hình 51: Trang bị bảo hộ lao động khi bảo trì, bảo dưỡng HTĐ của ĐMTMN	55
Hình 52: Một số biển cảnh báo điển hình	56
Hình 53: Trang bị đầy đủ bảo hộ lao động khi làm việc trên mái nhà	57
Hình 54: Biển báo "Cấm lửa"	59
Hình 55: Tấm quang điện, biến tần và các thiết bị khác bị cháy, nổ	59
Hình 56: Vị trí lối tiếp cận lên mái và thang lên mái.....	60
Hình 57: Hướng dẫn sử dụng bình chữa cháy cầm tay	60
Hình 58: Quy trình xử lý khi xảy ra cháy	61
Hình 59: Tấm quang điện bị nứt vỡ, kẹp bị bung sau khi xảy ra bão	62
Hình 60: Xiết bu-lông và kiểm tra lực lắp đặt	62
Hình 61: Gia cố tăng thêm kẹp cuối và buộc gọn đầu nối MC4	64
Hình 62: Mẫu công cụ tính toán PR trên Excel	73
Hình 63: Nước thải từ quá trình vệ sinh tấm quang điện	84
Hình 64: Tấm quang điện trước và sau khi được vệ sinh bằng hóa chất	85
Hình 65: Tốc độ bám bụi giảm rõ rệt sau khi vệ sinh bằng hóa chất chuyên dụng.....	86

► Lời nói đầu của Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ

Hành trình của Việt Nam hướng tới tương lai năng lượng bền vững đã đạt được bước tiến đáng kể, trong đó điện mặt trời (ĐMT) nổi lên như nhân tố quan trọng trong cơ cấu nguồn điện quốc gia. Tính đến cuối năm 2023, Việt Nam đã lắp đặt 103.509 hệ thống điện mặt trời mái nhà (ĐMTMN), với tổng công suất đạt 7.680 MW. Mục tiêu đầy tham vọng đặt ra trong Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (QHĐ 8) là "đến năm 2030 có 50% các tòa nhà công sở và 50% nhà dân sử dụng ĐMTMN", thể hiện tiềm năng tăng trưởng và đổi mới mạnh mẽ, đồng thời khẳng định cam kết của Chính phủ trong việc tiếp tục đẩy mạnh phát triển ĐMT.

Tuy nhiên, sự phát triển nhanh chóng của ĐMTMN không chỉ làm tăng công suất nguồn điện tái tạo mà còn đặt ra những thách thức mới. Để giải quyết các thách thức này và thúc đẩy sự phát triển bền vững của ĐMTMN, Dự án Điện mặt trời mái nhà trong ngành Thương mại và Công nghiệp (CIRTS), Chương trình Hỗ trợ Năng lượng (GIZ-ESP), đã tập trung tăng cường năng lực cho các đối tác bao gồm Bộ Công Thương và Tập đoàn Điện lực Việt Nam, qua đó tháo gỡ các rào cản kỹ thuật, hành chính và quy định.

Sự phát triển của ĐMTMN giúp cung cấp nguồn điện sạch tại chỗ, giảm tải cho lưới điện, giảm chi phí đầu tư cho ngành điện,

đồng thời giảm tổn thất điện năng. Tuy nhiên, để khai thác tối đa tiềm năng, việc đảm bảo vận hành và bảo dưỡng tối ưu các hệ thống hiện có và trong tương lai là điều hết sức quan trọng. Cuốn Sổ tay "Vận hành và bảo dưỡng hệ thống điện mặt trời mái nhà" sẽ cung cấp các hướng dẫn và phương pháp thực hành tốt nhất nhằm tối đa hóa hiệu suất, kéo dài tuổi thọ và giảm thiểu thời gian ngừng hoạt động của hệ thống, đồng thời đảm bảo tuân thủ các quy định an toàn hiện hành.

Với việc năng lượng tái tạo tiếp tục được đón nhận mạnh mẽ tại Việt Nam, tôi hy vọng rằng cuốn Sổ tay này, cùng với các tài liệu đi kèm gồm cách tính toán tỷ lệ hiệu suất, danh mục kiểm tra bảo trì và hướng dẫn an toàn trong vận hành và bảo dưỡng sẽ là nguồn tài liệu giá trị cho các cơ quan quản lý nhà nước, các nhà đầu tư và chuyên gia trong ngành, cung cấp hướng dẫn về các quy trình vận hành và bảo dưỡng nhằm vận hành, giám sát và bảo trì hiệu quả các hệ thống ĐMTMN tại Việt Nam.

Trân trọng,



Ông Sven Ernedal

Giám đốc

Dự án Điện mặt trời mái nhà trong ngành Thương mại và Công nghiệp (CIRTS)



► Lời nói đầu của Cục Điện lực & Năng lượng tái tạo / Bộ Công Thương

Trong bối cảnh thế giới đang đối mặt với các thách thức về biến đổi khí hậu và an ninh năng lượng, năng lượng tái tạo đã và đang trở thành xu hướng tất yếu để đảm bảo sự phát triển bền vững. Tại Việt Nam, điện mặt trời (ĐMT) nói chung và điện mặt trời mái nhà (ĐMTMN) nói riêng ngày càng phát triển mạnh mẽ. Tính đến cuối năm 2023, tổng công suất nguồn ĐMTMN là 7.680MW, chiếm 9,5% trong tổng công suất lắp đặt của toàn hệ thống.

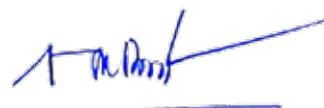
Quy hoạch phát triển điện lực Quốc gia giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, Chính phủ đã đặt ra mục tiêu “đến năm 2030 có 50% tòa nhà công sở và 50% nhà dân sử dụng điện mặt trời mái nhà tự sản, tự tiêu”. Mục tiêu này cho thấy cam kết mạnh mẽ của Việt Nam trong việc thúc đẩy phát triển năng lượng tái tạo, góp phần quan trọng vào quá trình chuyển đổi năng lượng công bằng. Để hiện thực hóa mục tiêu này, Chính phủ đã ban hành Nghị định 135/2024/NĐ-CP ngày 22/10/2024 về cơ chế, chính sách nhằm khuyến khích phát triển điện mặt trời mái nhà tự sản xuất, tự tiêu thụ, phục vụ chính cho nhu cầu của tổ chức, cá nhân đầu tư ĐMTMN.

Để đảm bảo tính hiệu quả của hệ thống ĐMTMN, việc quản lý và vận hành hệ thống này phải tuân thủ các quy định của Nhà nước trong việc đảm bảo an toàn lưới điện phân phối.

Dựa trên nhu cầu thiết thực đó, Cục Điện lực và Năng lượng tái tạo / Bộ Công Thương phối hợp với Dự án “Điện mặt trời mái nhà trong ngành Thương mại và Công nghiệp”, Chương trình Hỗ trợ Năng lượng của Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức GIZ và Tập đoàn Điện lực Việt Nam xây dựng Sổ tay “Vận hành và bảo dưỡng hệ thống điện mặt trời mái nhà”. Bằng cách cung cấp hướng dẫn tổng quát và dễ hiểu về quy trình vận hành và bảo dưỡng hệ thống ĐMTMN, Sổ tay này sẽ giúp các chủ sở hữu không chỉ duy trì hiệu quả hoạt động mà còn kéo dài tuổi thọ và mang lại lợi ích bền vững trong suốt vòng đời hoạt động của hệ thống.

Chúng tôi hy vọng rằng Sổ tay sẽ là tài liệu hữu ích, đồng hành cùng các nhà đầu tư, nhà thầu, đơn vị phát triển dự án,... và những người quan tâm trong hành trình chuyển đổi sang nguồn năng lượng sạch và bền vững.

Trân trọng,



Ông Tô Xuân Bảo

Cục Trưởng

Cục Điện lực và Năng lượng tái tạo

Bộ Công Thương



► Lời cảm ơn



Sổ tay “Vận hành và bảo dưỡng hệ thống điện mặt trời mái nhà” do nhóm cán bộ kỹ thuật của Dự án “Điện mặt trời mái nhà trong ngành Thương mại và Công nghiệp” (CIRTS) biên soạn.

Để hoàn thiện Sổ tay này, chúng tôi đã nhận được ý kiến đóng góp quý báu của các chủ đầu tư và các nhà thầu thi công hệ thống điện mặt trời mái nhà. Đặc biệt xin trân trọng cảm ơn sự hợp tác và chia sẻ thông tin liên quan đến kinh nghiệm thực tiễn trong công tác vận hành và bảo dưỡng điện mặt trời mái nhà ở Việt Nam của Công ty cổ phần Vũ Phong Energy Group.

Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Cục Điện lực và Năng lượng tái tạo / Bộ Công Thương, Tập đoàn Điện lực Việt Nam, và các đồng nghiệp tại GIZ đã hợp tác, hỗ trợ chúng tôi trong quá trình xây dựng và hoàn thiện Sổ tay.

Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm

Dự án Điện mặt trời mái nhà trong ngành Thương mại và Công nghiệp (CIRTS) do Bộ Hợp tác Kinh tế và Phát triển CHLB Đức (BMZ) tài trợ. Sổ tay này do Dự án CIRTS/GIZ biên soạn và chịu trách nhiệm về mặt nội dung. Sổ tay không phản ánh quan điểm của BMZ.

Người đọc không nên sử dụng nội dung của Sổ tay để thay thế cho thông tin tư vấn về pháp lý, kỹ thuật và / hoặc tài chính. Do đó, các tác giả không chịu trách nhiệm liên quan đến bất kỳ tổn thất nào trong kinh doanh, bao gồm nhưng không giới hạn tổn thất về lợi nhuận, thu nhập, doanh thu và sản xuất.

Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ trân trọng cảm ơn những góp ý, chia sẻ của Quý vị, những người sử dụng Sổ tay "Vận hành và bảo dưỡng hệ thống điện mặt trời mái nhà" để chúng tôi có thể tiếp tục cập nhật trong tương lai.

► Các từ viết tắt

AC	Dòng điện xoay chiều
ACB	Máy cắt không khí
ACDB	Tủ phân phối AC
ASEAN	Hiệp hội các quốc gia Đông Nam Á
BMZ	Bộ Hợp tác Kinh tế và Phát triển CHLB Đức
Bộ CT	Ministry of Industry and Trade
CBM	Bảo trì theo tình trạng vận hành
CIRTS	Dự án Điện mặt trời mái nhà trong ngành Thương mại & Công nghiệp
DC	Dòng điện một chiều
DC Optimizer	Bộ tối ưu công suất DC
DPPA	Cơ chế hợp đồng mua bán điện trực tiếp
ĐMT	Điện mặt trời
ĐMTMN	Điện mặt trời mái nhà
EPC	Thiết kế – cung cấp thiết bị công nghệ & thi công xây dựng
ESP	Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ
EVN	Tập đoàn Điện lực Việt Nam
GIZ	Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức
IEC	Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế
KPI	Chỉ số hiệu suất chính
MC4	Đầu nối điện một tiếp điểm
MCCB	Máy cắt khối
MSB	Tủ điện tổng

NN&PTNT	Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn
PCCC	Phòng cháy chữa cháy
N Type	Tế bào / tấm quang điện loại N
PERC	Công nghệ hấp thu năng lượng thụ động
PR	Tỷ lệ hiệu suất (<i>Performance ratio</i>)
SCADA	Hệ thống điều khiển, giám sát & thu thập dữ liệu
TC	Tài chính
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
TNMT	Tài nguyên & Môi trường
VH&BD	Vận hành & Bảo dưỡng
Zero export	Hòa lưới bám tải / Không phát điện lên lưới

► Ký hiệu

Ký hiệu	Ý nghĩa
	Ký hiệu NGUY HIỂM cho biết tình huống nguy hiểm có thể dẫn đến tử vong hoặc hư hỏng lớn.
	Ký hiệu CẢNH BÁO cho biết tình huống nguy hiểm tiềm ẩn có thể dẫn đến thương tích hoặc hư hỏng một phần thiết bị.
	Ký hiệu LƯU Ý nhấn mạnh các điểm quan trọng hoặc bổ sung thêm thông tin cần thiết.

Chương 01



Giới thiệu chung



► Chương 1: Giới thiệu chung

1.1 Mục tiêu và đối tượng sử dụng sổ tay

Mục tiêu

Sổ tay "Vận hành và bảo dưỡng hệ thống điện mặt trời mái nhà" được xây dựng nhằm giúp các nhà đầu tư, nhà thầu, các bên liên quan hiểu biết về quy trình và phương pháp thực hành tốt nhất trong vận hành và bảo dưỡng (VH&BD) cũng như tạo ra giá trị tối đa từ hệ thống điện mặt trời mái nhà.

Thông tin trong cuốn Sổ tay này giúp chủ đầu tư duy trì hoạt động hiệu quả của hệ thống ĐMTMN trong suốt vòng đời của dự án. Bên cạnh đó, Sổ tay cũng cung cấp thông tin cơ bản cho các bên liên quan khác như cơ quan chức năng để hỗ trợ quá trình theo dõi và giám sát chất lượng vận hành và bảo dưỡng hệ thống ĐMTMN.

Đối tượng sử dụng

Đối tượng sử dụng sổ tay bao gồm:

- Nhà thầu EPC, chủ đầu tư / đơn vị phát triển dự án ĐMTMN
- Công ty cung cấp dịch vụ lắp đặt, VH&BD hệ thống ĐMTMN
- Chủ tòa nhà
- Cơ quan quản lý nhà nước về ngành điện
- Giảng viên, sinh viên ngành điện trong các trường đại học, cao đẳng và dạy nghề;
- Tổ chức, cá nhân có sự quan tâm đến ĐMTMN.

1.2 Cấu trúc sổ tay

Sổ tay này gồm các nội dung chính sau:

- **Chương 1: Giới thiệu chung.**
- **Chương 2: Tổng quan hệ thống ĐMTMN** - cung cấp thông tin cơ bản về sự phát triển ĐMTMN tại Việt Nam, loại hình và các thành phần chính của hệ thống ĐMTMN.
- **Chương 3: Vận hành hệ thống ĐMTMN** - giới thiệu quy trình vận hành thường xuyên hệ thống ĐMTMN.
- **Chương 4: Bảo trì hệ thống ĐMTMN** - miêu tả quy trình bảo trì phòng ngừa và bảo trì khắc phục, cách phát hiện, chẩn đoán và mức độ can thiệp khi xử lý sự cố.
- **Chương 5: An toàn trong vận hành và bảo dưỡng** - trình bày các yêu cầu và biện pháp an toàn trong VH&BD hệ thống ĐMTMN.
- **Các phụ lục.**

Chương 02

Tổng quan hệ thống điện mặt trời mái nhà



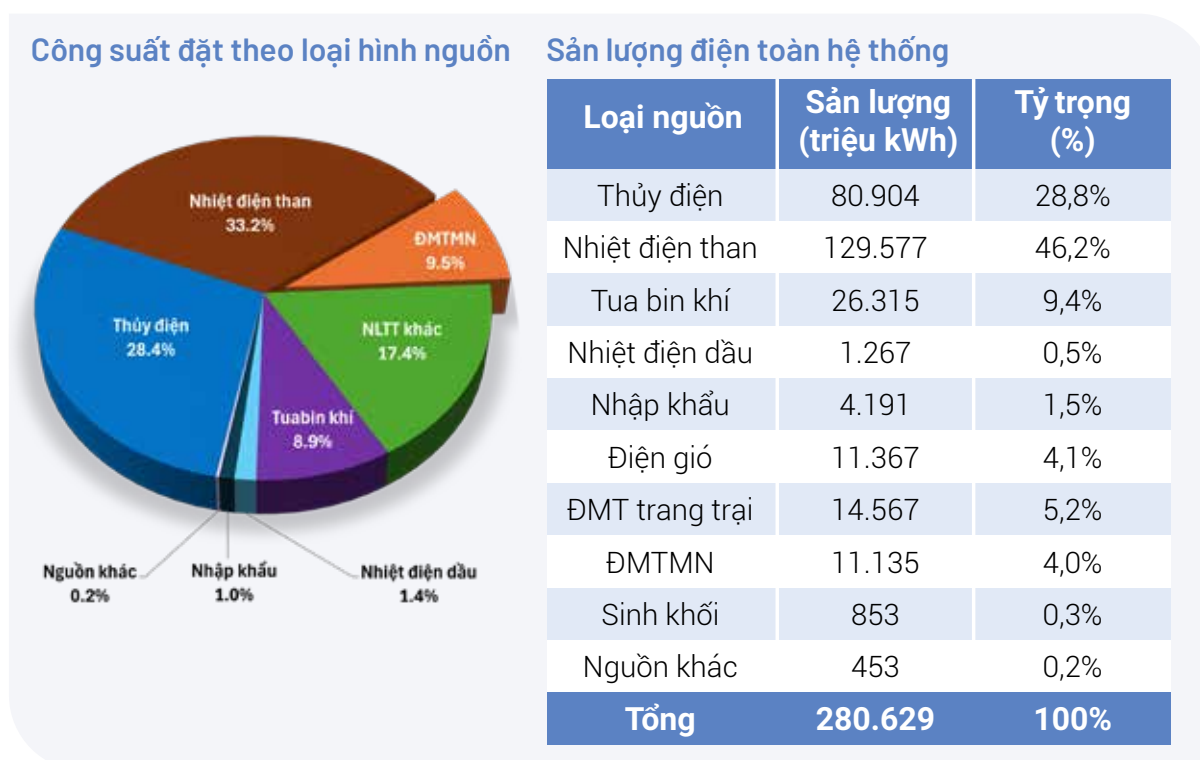
► Chương 2: Tổng quan hệ thống ĐMTMN

2.1 Sự phát triển ĐMTMN tại Việt Nam

Tính đến cuối 2023, tổng công suất nguồn điện toàn hệ thống điện Việt Nam đạt khoảng 80.555MW, trong đó tổng công suất các nguồn năng lượng tái tạo (điện gió, điện mặt trời, sinh khối) là 21.664MW, chiếm tỷ trọng 27%. Quy mô hệ thống điện Việt Nam đứng đầu khu vực ASEAN về công suất nguồn điện.

Trong thời gian qua, nhờ cơ chế khuyến khích phát triển ĐMT tại Việt Nam (Decision số 11/2017/QĐ-TTg và Decision số 13/2020/QĐ-TTg), công suất lắp đặt các dự án ĐMT, trong đó có ĐMTMN đã được phát triển nhanh chóng. Tính đến cuối năm 2023 có 103.509 hệ thống ĐMTMN được lắp đặt, với tổng công suất khoảng 7.680 MW (chiếm 11,23% tổng công suất toàn hệ thống)¹.

Bảng 1: Cơ cấu nguồn và sản lượng hệ thống điện Việt Nam năm 2023²



2.2 Văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến ĐMTMN

Để đảm bảo hiệu quả hoạt động và duy trì tuổi thọ của hệ thống ĐMTMN trong suốt vòng đời của dự án, chủ đầu tư cần phải tuân thủ các quy định và tiêu chuẩn của Nhà nước cũng như các yêu cầu đầu nối vào hệ thống điện trong quá trình VH&BD.

Danh mục các văn bản quy phạm pháp luật được đính kèm ở Phụ lục 1.

^{1,2} Số liệu Tập đoàn Điện lực Việt Nam trình bày tại Hội thảo tham vấn Sổ tay vận hành và bảo dưỡng hệ thống ĐMTMN ngày 18/09/2024. Số liệu được làm tròn gần đúng.

2.3 Các loại hình ĐMTMN

Hệ thống ĐMTMN được phân thành nhiều loại như sau:

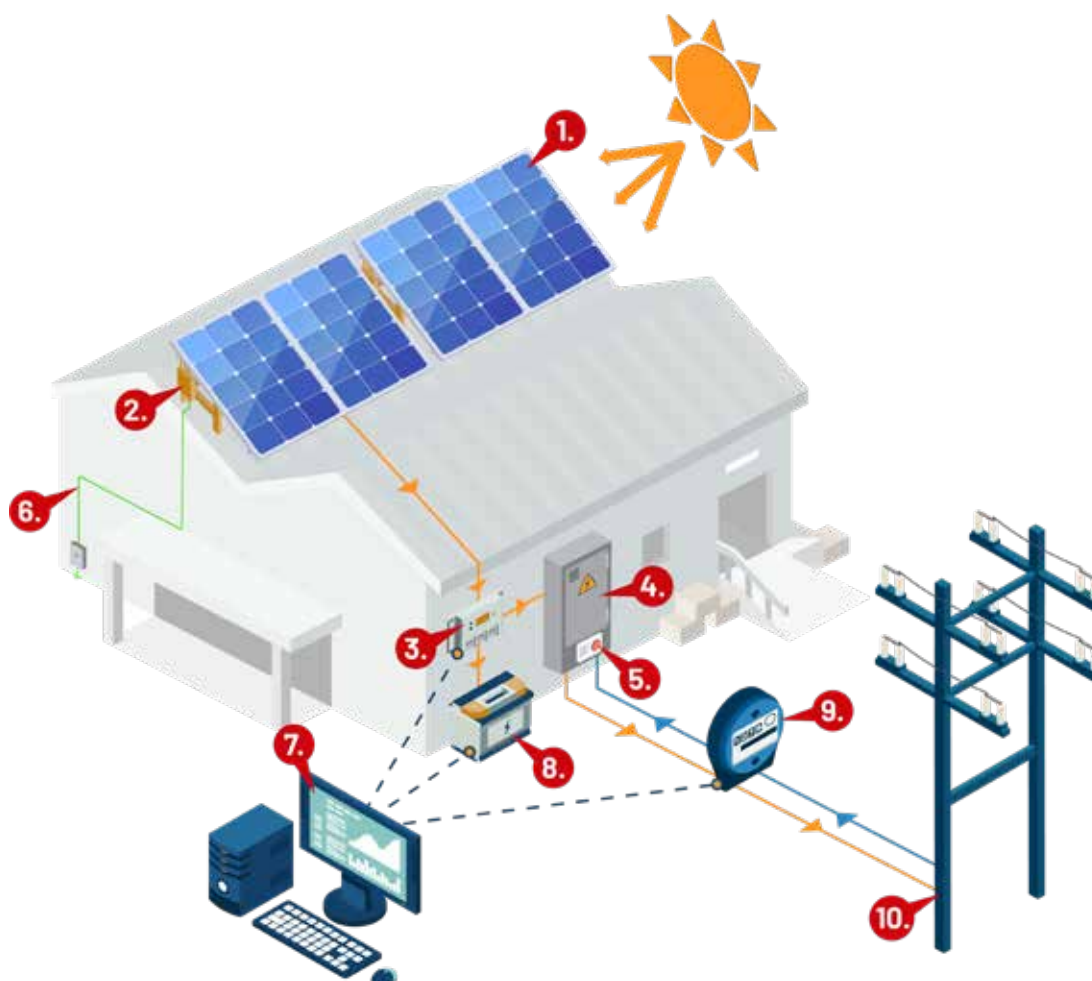
Bảng 2: Các loại hệ thống ĐMTMN

Phân loại	Đặc điểm	Kết cấu cơ bản
Hệ thống ĐMTMN không nối lưới	Hệ thống không được kết nối với lưới điện phân phối, sử dụng biến tần độc lập và thiết bị lưu trữ để cấp điện trực tiếp cho phụ tải. Phần điện sản xuất dư thừa được chuyển sang thiết bị lưu trữ để sử dụng khi bức xạ mặt trời không đủ.	
Hệ thống ĐMTMN nối lưới	Hệ thống được kết nối với lưới phân phối, sử dụng biến tần hòa lưới. Hệ thống này có thể phát hoặc không phát sản lượng điện dư lên lưới phân phối nếu lắp đặt thiết bị hòa lưới bám tải (zero-export).	
Hệ thống ĐMTMN nối lưới có lưu trữ	Hệ thống được kết nối vào lưới điện và được lắp đặt ắc quy hoặc pin lưu trữ năng lượng. Khi có điện lưới, hệ thống sẽ hoạt động như hệ thống ĐMTMN nối lưới. Khi mất điện lưới, hệ thống sẽ hoạt động như một hệ thống ĐMTMN độc lập để cung cấp điện liên tục cho phụ tải. Ắc quy / pin lưu trữ có thể được sạc từ lưới điện hoặc từ năng lượng mặt trời khi sản lượng ĐMTMN lớn hơn nhu cầu phụ tải tại chỗ.	

Chú thích: ————— Dòng DC ===== Dòng AC → Hướng dòng điện

2.4 Thành phần chính của hệ thống ĐMTMN

Thành phần chính từng loại hệ thống ĐMTMN được miêu tả ở hình dưới đây:



Hình 1: Thành phần chính của hệ thống ĐMTMN

Trong đó:

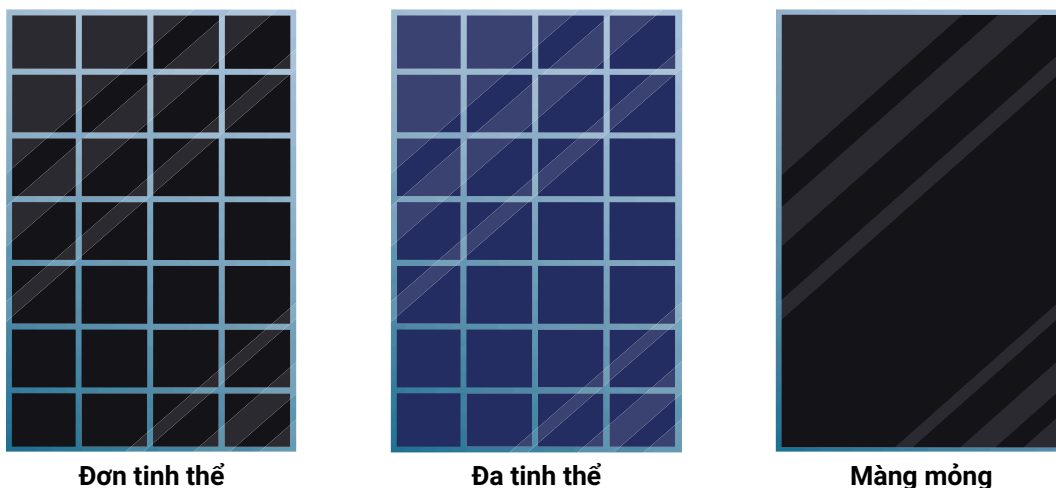
- 1.** Tấm quang điện **2.** Khung giá đỡ **3.** Biến tần **4.** Tủ phân phối AC
- 5.** Nút dừng khẩn cấp **6.** Hệ thống tiếp địa **7.** Hệ thống quản lý, giám sát ĐMTMN
- 8.** Thiết bị lưu trữ năng lượng (đối với hệ thống ĐMTMN không nối lưới hoặc nối lưới có lưu trữ)
- 9.** Hệ thống đo đếm điện năng (đối với hệ thống ĐMTMN nối lưới hoặc nối lưới có lưu trữ)
- 10.** Lưới điện (đối với hệ thống ĐMTMN nối lưới hoặc nối lưới có lưu trữ)

2.4.1 Tấm quang điện

Tấm quang điện là thiết bị hoạt động dựa trên hiệu ứng quang điện, biến đổi năng lượng ánh sáng thành dòng điện một chiều (DC). Các tấm quang điện có thể được mắc nối tiếp, song song hoặc kết hợp nối tiếp với song song tạo thành một chuỗi để tăng điện áp hoặc cường độ dòng điện trước khi nối chung vào đầu vào của biến tần.

Tế bào quang điện thường được làm từ Silic đơn tinh thể, đa tinh thể hoặc vô định hình hoặc các hợp chất bán dẫn khác. Tấm quang điện được phân loại dựa trên chủng loại tế bào quang điện được sử dụng như:

- Đơn tinh thể (monocrystalline silicon);
- Đa tinh thể (polycrystalline silicon);
- Màng mỏng (amorphous silicon, CdTe hoặc CIS).



Hình 2: Các loại tấm quang điện

Ở Việt Nam tấm quang điện được sử dụng phổ biến nhất là loại Silic đơn tinh thể và đa tinh thể do có công suất và hiệu suất cao. Tấm quang điện màng mỏng có hiệu suất thấp hơn nên không được sử dụng phổ biến.

2.4.2 Khung giá đỡ

Khung giá đỡ dùng để cố định các tấm quang điện theo một hướng nhất định nhằm hấp thụ tối đa năng lượng mặt trời. Khung giá đỡ được thiết kế dựa trên yêu cầu sau:

- Tải trọng (khối lượng) của hệ thống ĐMTMN;
- Khả năng chịu tải của mái mà hệ thống ĐMTMN được lắp đặt lên đó;
- Tốc độ gió điển hình và tối đa tại vị trí lắp đặt, có tính đến chiều cao lắp đặt;
- Nguy cơ tiềm ẩn về thiên tai, bão lũ, động đất;

- Các yếu tố môi trường khác như môi trường có nồng độ muối cao hoặc môi trường dễ bị ăn mòn.



Hình 3: Khung giá đỡ tấm quang điện



Hình 4: Khung giá đỡ của hệ thống ĐMTMN được lắp đặt lên mái tôn

Đối với mái ngói hay mái tôn, các thanh ray khung giá đỡ phải được liên kết xuống xà gồ của mái. Khoảng hở giữa tấm quang điện với mái ngói hay mái tôn cũng phải được giữ tối thiểu 150mm để đảm bảo thông gió làm mát.

Đối với mái bê tông, phải tạo hệ khung giá đỡ thành mặt phẳng nghiêng để tấm quang điện không bị đọng nước, giảm bám bụi, tăng hiệu suất sử dụng. Các vị trí liên kết giữa chân của khung giá đỡ với mái bê tông có thể đổ trụ để bắt bu lông, hạn chế khoan trực tiếp xuống mái bê tông để tránh thấm dột.

Do Việt Nam nằm ở bán cầu Bắc nên hướng Nam là hướng có tổng thời gian đón bức xạ mặt trời nhiều nhất trong năm. Do vậy, nên lắp đặt khung giá đỡ để định vị tấm quang điện theo hướng Nam, đặc biệt là trong trường hợp mái nhà hướng Đông – Tây. Góc nghiêng của khung giá đỡ cũng cần cố định hợp lý để tấm quang điện đón nắng tốt nhất. Việt Nam nằm gần xích đạo, góc mặt trời cao nên cần lắp với góc nghiêng thấp để tối ưu việc đón nắng. Góc nghiêng tối ưu của các tấm quang điện là 10-15 độ, độ dốc thấp dần về phía Nam.

2.4.3 Biến tần

Biến tần là một trong những thành phần quan trọng nhất của hệ thống ĐMTMN, thực hiện chức năng chuyển đổi dòng điện một chiều (DC) thành dòng điện xoay chiều (AC). Tùy theo từng loại hệ thống ĐMTMN mà sử dụng loại biến tần tương ứng: độc lập, nối lưới và nối lưới có lưu trữ (hybrid).

Ngoài thực hiện chức năng trên, biến tần còn có thêm chức năng như bảo vệ chống tách đảo, khả năng vượt qua sự cố điện áp thấp/điện áp cao, tần số thấp/tần số cao (biến tần thông minh). Các chức năng của biến tần nối lưới phải đáp ứng các yêu cầu đối với nguồn ĐMTMN đấu nối vào lưới điện quốc gia quy định tại Circular 30/2019/TT-BCT và Circular 39/2022/TT-BCT.



Hình 5: Biến tần và khu vực đặt biến tần

2.4.4 Tủ phân phối AC

Tủ phân phối AC (AC Distribution Board - ACDB) có chức năng phân phối điện năng và thực hiện cách ly hệ thống ĐMTMN khỏi lưới điện khi cần thiết. Thiết bị chính của tủ ACDB gồm:

- **Máy cắt không khí (Air Circuit Breaker - ACB):** là thiết bị đóng cắt bảo vệ chính (máy cắt tổng) trong hệ thống ĐMTMN có nhiều biến tần. Đầu vào của ACB kết nối với đầu ra của máy cắt khối MCCB của các dây biến tần. Đầu ra của ACB kết nối với tủ điện tổng (Main Distribution Board - MSB) để đấu nối vào hệ thống điện và cấp điện cho phụ tải. Chức năng chính của ACB là thực hiện cách ly toàn bộ hệ thống ĐMTMN với hệ thống điện;
- **Máy cắt khối (Mounted Case Circuit Breakers - MCCB):** là thiết bị bảo vệ của từng nhánh biến tần (máy cắt nhánh). Đầu vào của MCCB kết nối với đầu ra AC của mỗi biến tần. Chức năng chính của MCCB là thực hiện cách ly từng biến tần riêng biệt. Đối với hệ thống nhỏ chỉ gồm 01 biến tần không được trang bị ACB, MCCB đóng vai trò cách ly hệ thống ĐMTMN với hệ thống điện;
- **Các thiết bị bảo vệ:** như bảo vệ tần số cao, bảo vệ thấp áp, quá áp, quá dòng, chạm đất, ngắn mạch, chống dòng rò, dừng khẩn cấp,...
- **Bộ chuyển nguồn tự động (ATS):** trong trường hợp hệ thống ĐMTMN nối lưới có lưu trữ có trang bị cả máy phát điện dự phòng để chuyển nguồn tự động giữa lưới điện và máy phát điện;
- **Tụ bù:** trong trường hợp cần tăng hệ số công suất ($\cos \varphi$) để tránh mua công suất phản kháng từ lưới điện.



Hình 6: Hình ảnh bên ngoài và bên trong tủ phân phối AC

2.4.5 Nút dừng khẩn cấp

Khi xảy ra tình huống nguy hiểm hoặc sự cố, để cô lập an toàn cho hệ thống ĐMTMN khỏi lưới điện, người vận hành hệ thống phải nhấn nút dừng khẩn cấp.

Bên trong nút dừng khẩn cấp có tiếp điểm thường đóng được nối với cuộn cắt (Shunt trip) của ACB / MCCB. Khi vận hành bình thường, dòng điện từ hệ thống ĐMTMN sẽ thông qua ACB / MCCB để phát điện lên lưới điện. Khi nhấn nút dừng khẩn cấp sẽ kích hoạt cuộn cắt tác động ngắt ACB / MCCB, dẫn đến cô lập hệ thống ĐMTMN khỏi lưới điện ngay lập tức.



Hình 7: Nút dừng khẩn cấp

2.4.6 Hệ thống tiếp địa

Hệ thống tiếp địa dùng để bảo vệ an toàn cho người vận hành và thiết bị (tấm quang điện, biến tần, ...) khỏi tác động của các hiện tượng nguy hiểm như sét, sự cố chạm pha và các hiện tượng điện từ khác.

Nếu hệ thống ĐMTMN được lắp đặt ở những nơi có nguy cơ sét cao, nên sử dụng các thiết bị bảo vệ chống sét cho cả hai mạch DC và AC.

Tham khảo TCVN 9385:2012 khi thiết kế, lắp đặt và kiểm tra bảo trì hệ thống tiếp địa, chống sét.



Hình 8: Dây tiếp địa nối vào khung giá đỡ, hộp kiểm tra tiếp địa và bãi tiếp địa

2.4.7 Hệ thống quản lý, giám sát ĐMTMN

Hệ thống quản lý, giám sát đóng vai trò quan trọng giúp người vận hành và chủ sở hữu hệ thống có được các thông số hữu ích trong quá trình vận hành cũng như biết được sản lượng tích lũy trong suốt thời gian hoạt động của hệ thống ĐMTMN. Đối với hệ thống ĐMTMN nối lưới có công suất lắp đặt từ 100 kW trở lên phải lắp đặt hệ thống thu thập, giám sát và điều khiển, kết nối với hệ thống thu thập, giám sát, điều khiển của đơn vị điện lực. Thiết bị, phương tiện, tiêu chuẩn, giao thức kết nối do chủ đầu tư chịu trách nhiệm thỏa thuận và thống nhất với đơn vị điện lực, đáp ứng yêu cầu tại Circular 39/2022/TT-BCT và Decree 135/2024/NĐ-CP.



Hình 9: Minh họa giao diện chính của hệ thống quản lý, giám sát ĐMTMN

Hệ thống quản lý, giám sát bao gồm các thành phần chính sau:

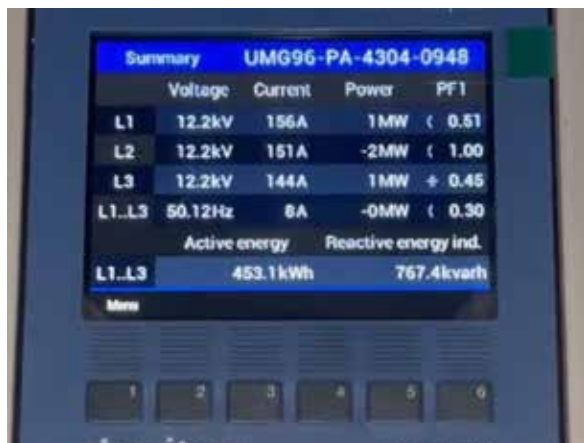
- **Hệ thống máy tính chủ:** sử dụng máy tính chủ đám mây được tích hợp sẵn với biến tần hoặc hệ thống máy tính chủ có phần mềm giám sát trên hạ tầng dùng riêng.
- **Bộ ghi dữ liệu (datalogger):** thu thập và truyền dữ liệu từ biến tần, các đồng hồ đo lường đa năng, trạm quan trắc thời tiết và các cảm biến khác (nếu có) đến hệ thống máy tính chủ theo các giao thức kết nối tiêu chuẩn. Ngoài các chức năng trên, một số bộ ghi dữ liệu còn có chức năng điều khiển.
- **Cảm biến thời tiết:** cảm biến bức xạ, cảm biến nhiệt độ môi trường, cảm biến nhiệt độ tấm quang điện,...
- **Đồng hồ đo lường đa năng:** trong trường hợp hệ thống yêu cầu chức năng chống phát ngược công suất lên lưới điện, cần trang bị đồng hồ hỗ trợ chức năng này (chức năng zero export).
- **Thiết bị mạng & thiết bị thông tin:** hỗ trợ kết nối LAN / WAN / Internet qua cáp quang hoặc 4G.



Hình 10: Giám sát ĐMTMN trên hệ thống máy tính chủ dùng riêng



Hình 11: Cảm biến đo bức xạ



Hình 12: Đồng hồ chống phát ngược công suất lên lưới điện (Zero export)



Hình 13: Bộ ghi dữ liệu (trái) và modem 4G (phải) lắp đặt trong tủ thông tin

2.4.8 Thiết bị lưu trữ

Thiết bị lưu trữ được dùng cho loại hệ thống ĐMTMN không nối lưới hoặc nối lưới có lưu trữ.

Thiết bị lưu trữ có chức năng lưu trữ điện năng dư thừa được sản sinh ra từ hệ thống ĐMTMN và cung cấp điện trở lại cho phụ tải khi năng lượng mặt trời không đủ hoặc không có kết nối với điện lưới.

Thiết bị lưu trữ điện năng được sử dụng phổ biến hiện nay là ắc quy axit-chì hoặc pin lithium-ion. Ắc quy axit-chì có trọng lượng lớn, khả năng lưu trữ năng lượng tốt nhưng tuổi thọ ngắn (từ 3-5 năm). Pin lithium-ion có trọng lượng nhỏ, tuổi thọ dài hơn ắc quy axit-chì và không cần bảo dưỡng.

Quá trình sạc, xả của ắc quy / pin lưu trữ và điện áp / dòng sạc được kiểm soát để bảo vệ tránh sạc quá hoặc xả ắc quy / pin lưu trữ dưới ngưỡng cho phép.



Hình 14. Ắc quy chì và pin lithium-ion

2.4.9 Hệ thống đo đếm điện năng

Đối với hệ thống ĐMTMN nối lưới có nhu cầu bán điện dư lên lưới, bên bán điện (chủ sở hữu hệ thống ĐMTMN) có trách nhiệm đầu tư lắp đặt hệ thống đo đếm (bao gồm công tơ, biến dòng, biến điện áp) và tích hợp với hệ thống thu thập dữ liệu công tơ của Công ty Điện lực, cho phép theo dõi sản lượng điện mà hệ thống ĐMTMN phát lên lưới cũng như mức tiêu thụ điện năng từ lưới, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật tuân thủ theo Circular 42/2015/TT-BCT, Circular 07/2019/TT-BKHCN, Decree 135/2024/NĐ-CP và các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành.



Hình 15: Công tơ đo đếm điện năng điện tử

2.4.10 Cáp DC & cáp AC

Cáp DC

Cáp DC dùng để kết nối và truyền dòng điện một chiều từ các tấm quang điện đến biến tần. Tiết diện cáp DC được lựa chọn tương ứng với dòng điện làm việc định mức nhằm hạn chế hiện tượng sụt áp, tổn thất công suất (tổn thất do trở kháng) và đảm bảo hệ số an toàn cần thiết. Cáp DC sử dụng đầu nối MC4 chuyên dụng như hình dưới.



Hình 16: Cáp DC với đầu nối MC4

Cáp AC

Cáp AC dùng để truyền dòng điện xoay chiều của hệ thống ĐMTMN từ đầu ra của biến tần đến điểm đấu nối. Cáp AC có thể là cáp đồng hoặc nhôm và có lớp bọc cách điện.



Hình 17: Cáp AC

2.5 Xu hướng công nghệ mới

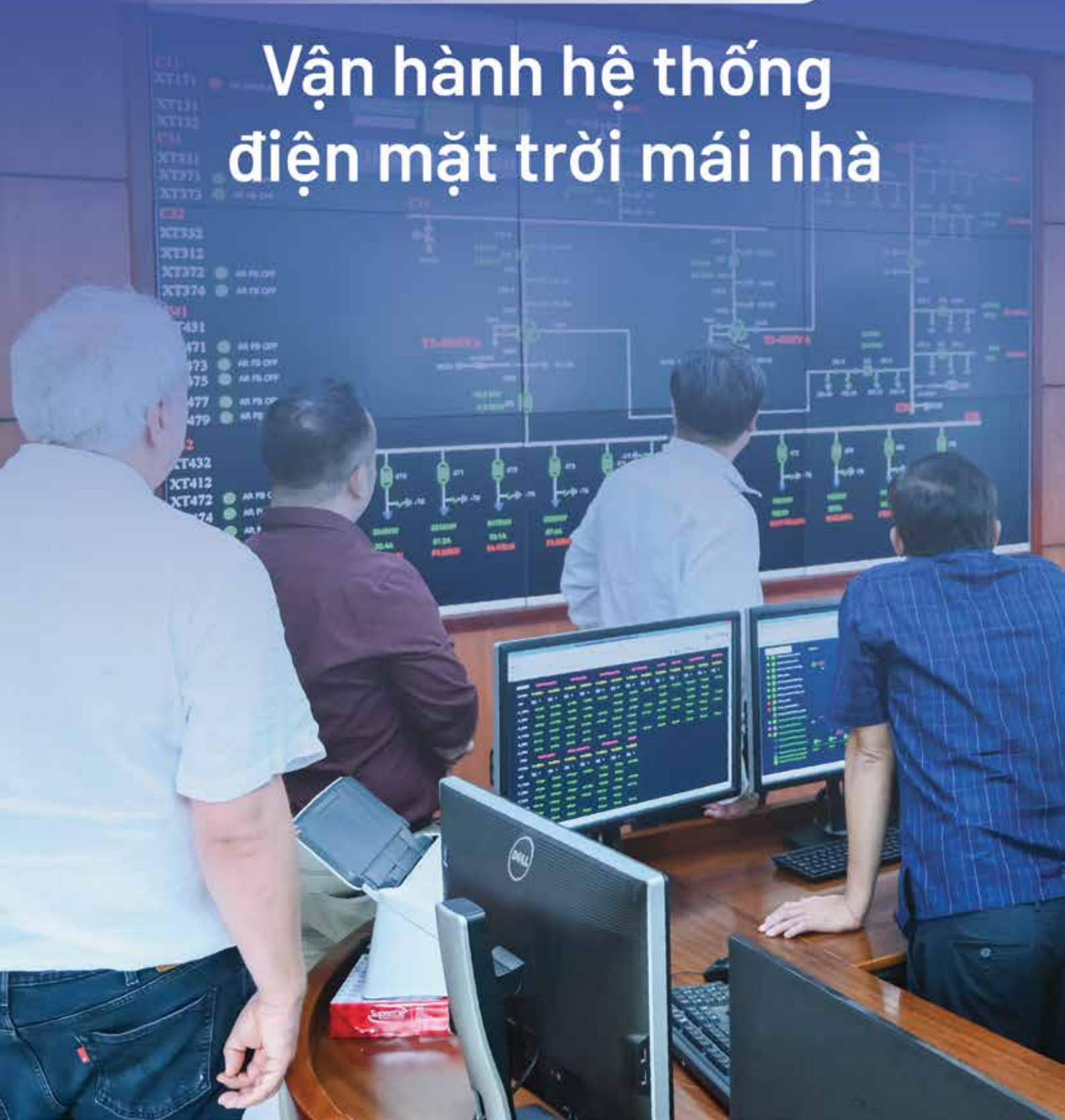
Sự phát triển mạnh mẽ của ĐMT nói chung và ĐMTMN nói riêng trên thế giới kéo theo sự thay đổi nhanh chóng trong ứng dụng công nghệ mới vào ĐMTMN. Các xu hướng mới có thể kể đến bao gồm:

- Sử dụng các tấm quang điện có công suất lớn (từ 400+/500+Wp trở lên), tấm quang điện 2 mặt (bifacial): nhu cầu tối ưu hóa chi phí và tối đa hóa sản lượng (kWh/m²) trong một khu vực diện tích nhất định ngày càng tăng, đặc biệt là trong phân khúc thương mại & công nghiệp (do không gian trên mái nhà là có hạn). Các tấm quang điện công suất lớn, tấm quang điện hai mặt cho phép chủ đầu tư đạt được mục đích này với chi phí đầu tư tăng thêm không đáng kể. Sản lượng điện của các hệ thống lắp đặt tấm quang điện hai mặt có thể tăng thêm tới 4-5% so với các hệ thống lắp đặt tấm quang điện đa tinh thể một mặt thông thường;
- Biến tần vi mô (Micro Inverter): Bộ biến tần vi mô thực hiện chức năng cơ bản giống như bộ biến tần chuỗi thông thường ngoại trừ việc chúng được lắp đặt bên dưới một/một vài tấm quang điện thay vì đấu nối với một chuỗi tấm quang điện. Biến tần vi mô là một lựa chọn tốt trong trường hợp thiết kế hệ thống trên khu vực phức tạp, nhiều mặt phẳng mái hoặc mái bị nhiều bóng râm, giúp tối đa hóa sản lượng của hệ thống;
- Các hệ thống ĐMT siêu nhỏ tích hợp vào tòa nhà: các hệ thống ĐMT siêu nhỏ (micro PV) với cấu hình chỉ một hoặc một vài tấm quang điện được gắn hoặc treo vào các cấu trúc sẵn có của tòa nhà như ban công, mái hiên, mặt tiền tòa nhà, bãi đậu xe,... phát triển mạnh mẽ tại nhiều nước trên thế giới (như CHLB Đức) do chi phí rẻ, lắp đặt nhanh chóng, đơn giản (do không cần hệ thống cấu kiện giá đỡ phức tạp). Nhờ đó, tận dụng tối đa được hạ tầng xây dựng sẵn có để phát triển ĐMT, đảm bảo không chỉ các tòa nhà/hộ gia đình có diện tích mái đủ lớn mới có thể lắp đặt ĐMT mà ngay cả các đơn vị thuê văn phòng/hộ gia đình thuê nhà/ tòa nhà có hệ thống mái không đủ điều kiện lắp đặt,... cũng có thể lắp đặt được ĐMT;
- Sự phát triển của hệ thống ĐMTMN có lưu trữ: những cải tiến liên tục trong công nghệ pin lưu trữ được dự đoán sẽ giúp giảm chi phí pin lithium-ion trung bình toàn cầu thêm 40% từ năm 2023 đến năm 2030³. Điều này sẽ làm thay đổi thị trường về hệ thống pin lưu trữ, mở ra cơ hội lớn để kết hợp hệ thống lưu trữ năng lượng sử dụng pin Lithium-ion với ĐMTMN.

³ Báo cáo của Cơ quan Năng lượng quốc tế (IEA)
<https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions/executive-summary>

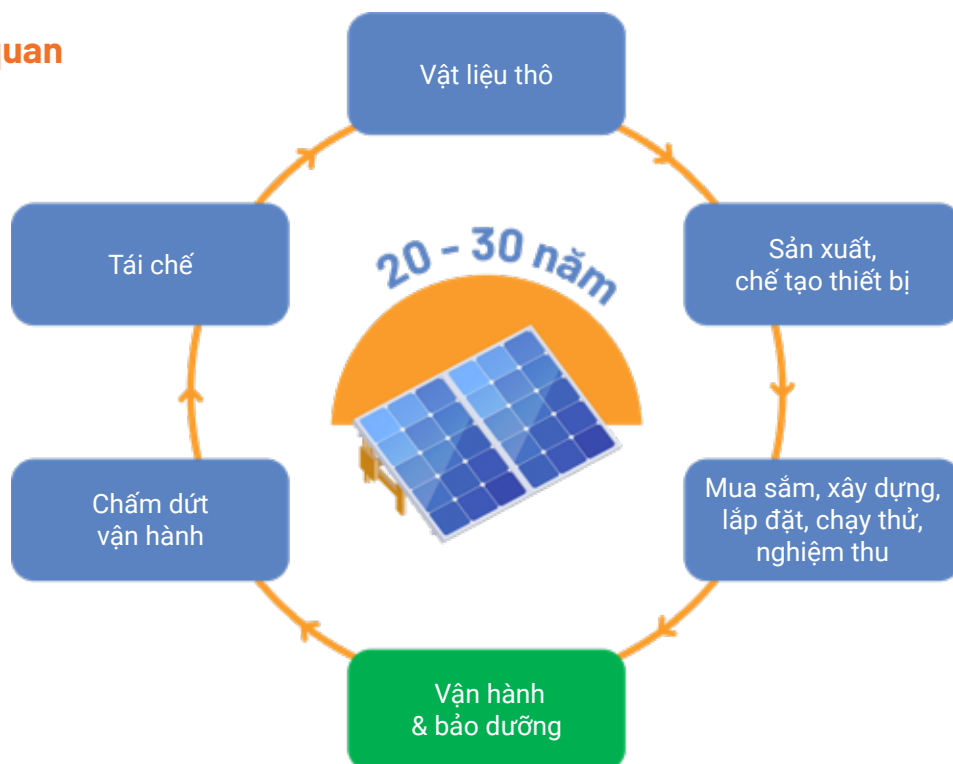
Chương 03

Vận hành hệ thống điện mặt trời mái nhà



► Chương 3: Vận hành hệ thống ĐMTMN

3.1 Tổng quan

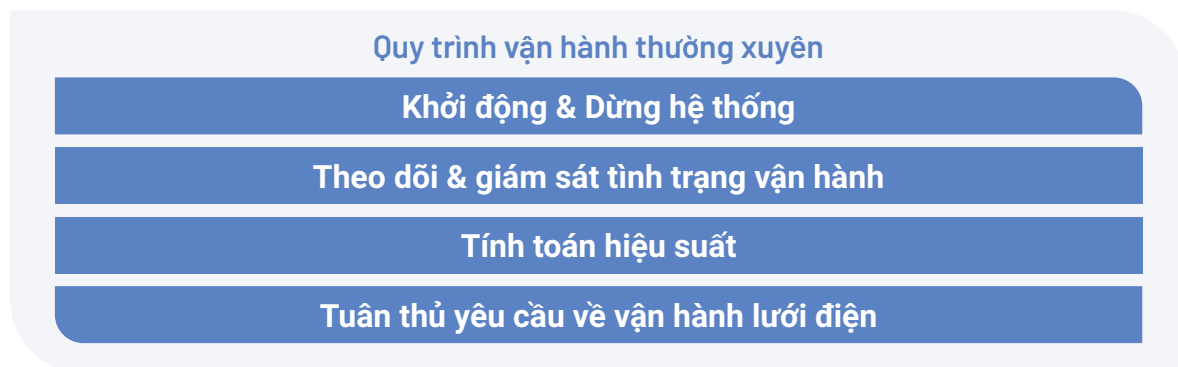


Hình 18: Vòng đời của hệ thống ĐMTMN

Vận hành hệ thống ĐMTMN thường liên quan đến việc theo dõi, giám sát, điều khiển từ xa để tối ưu hiệu suất kỹ thuật của hệ thống. Trong quá trình vận hành cần phải đáp ứng các quy định về vận hành lưới điện phân phối của cơ quan điều độ.

Để duy trì tuổi thọ của hệ thống ĐMTMN như thiết kế (20 đến 30 năm), người vận hành phải tuân thủ quy trình vận hành dưới đây nhằm hạn chế tối đa các rủi ro có thể xảy ra trong suốt vòng đời hệ thống.

Các nhiệm vụ chính được thực hiện trong quá trình vận hành hệ thống ĐMTMN bao gồm:



Hình 19. Nhiệm vụ chính trong vận hành hệ thống ĐMTMN

3.2 Quy trình vận hành thường xuyên

Trong quá trình vận hành hệ thống ĐMTMN, không có hoạt động nào được thực hiện thủ công. Thông thường, hệ thống ĐMTMN luôn ở trạng thái “sẵn sàng”, từ lưới điện tới các máy cắt tổng ACB, máy cắt nhánh MCCB của hệ thống AC và công tắc DC của biến tần luôn “BẬT”. Hệ thống ĐMTMN sẽ tự động chuyển giữa chế độ “chạy” và chế độ “chờ” tùy thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời.

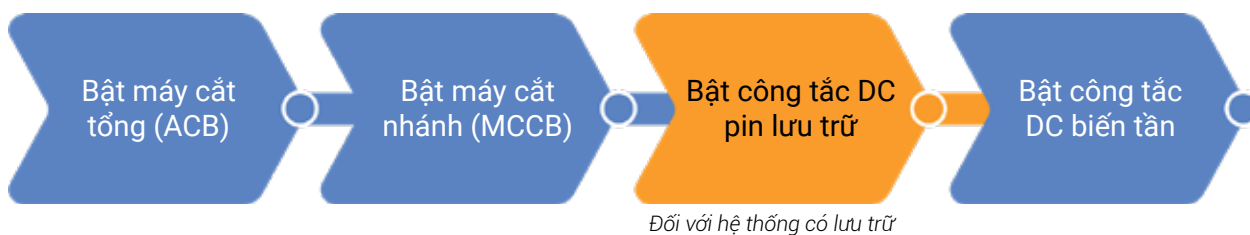
Người vận hành cần tuân thủ các hướng dẫn vận hành sau:

3.2.1 Khởi động / dừng hệ thống

Trước khi khởi động, cần kiểm tra:

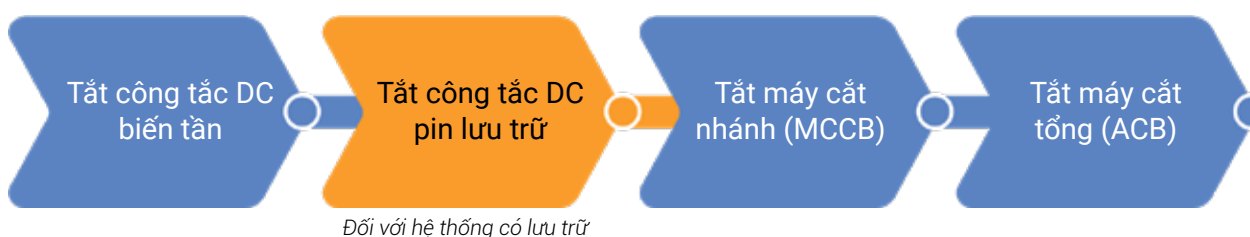
- Biến tần được lắp đặt chính xác và an toàn;
- Các công tắc / máy cắt phía DC và AC đang tắt;
- Cáp AC và DC được kết nối chính xác và an toàn;
- Cổng kết nối không sử dụng đã được che bằng nắp chống thấm nước;
- Nắp của biến tần được đóng lại và vít được siết chặt;
- Môi trường xung quanh phải đảm bảo thoáng, sạch sẽ và gọn gàng;
- Sử dụng đồng hồ vạn năng đo điện áp ở phía AC để đảm bảo nằm trong phạm vi hoạt động cho phép ($220/380V + 10\% \& - 05\%$).

Để khởi động hệ thống ĐMTMN cần thao tác theo thứ tự sau:



Khi cần tách đấu nối hệ thống ĐMTMN khỏi lưới điện quốc gia, thực hiện quy trình dừng hệ thống ngược lại với quy trình khởi động.

Các bước thực hiện như sau:





LƯU Ý

Tham khảo hướng dẫn khởi động / dừng máy của nhà sản xuất biến tần và điều kiện vận hành thực tế để điều chỉnh quy trình khởi động / dừng hệ thống phù hợp.

Sau khi thực hiện các thao tác khởi động, kiểm tra các tín hiệu đèn báo và cảnh báo trên biến tần. Nếu biến tần không hoạt động hoặc báo lỗi, cần liên hệ ngay với nhà cung cấp.

3.2.2 Theo dõi và giám sát tình trạng vận hành

Người vận hành có trách nhiệm theo dõi và giám sát liên tục tình trạng hoạt động của hệ thống ĐMTMN. Công tác này thường được thực hiện từ xa bằng cách sử dụng hệ thống quản lý, giám sát ĐMTMN và / hoặc các trung tâm điều khiển vận hành trong trường hợp giám sát nhiều hệ thống ĐMTMN cùng lúc. Hệ thống quản lý, giám sát dưới dạng cổng thông tin dữ liệu vận hành trên nền web (web-based portal) sẽ kết nối với các biến tần để thu thập toàn bộ dữ liệu hệ thống ĐMTMN, giúp nâng cao khả năng nhận biết về tình trạng vận hành theo thời gian thực. Dữ liệu này được lưu trữ lâu dài trên cơ sở dữ liệu riêng để phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau.

Người vận hành có quyền truy cập vào các dữ liệu được thu thập để giám sát, lập báo cáo cho chủ sở hữu hệ thống ĐMTMN và đề xuất các giải pháp cần thiết.

Các thông số chính cần được theo dõi bao gồm: công suất hiện hữu, sản lượng tích lũy, dữ liệu thời tiết như bức xạ, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ tấm quang điện (nếu có)...



Hình 20: Công suất và sản lượng ĐMTMN được theo dõi qua hệ thống giám sát

3.2.3 Tính toán hiệu suất

3.2.3.1 Thu thập dữ liệu

Các chỉ số hiệu suất chính (KPI) được tính toán để đánh giá hiệu quả của việc vận hành hệ thống ĐMTMN. Để tính toán các chỉ số này, dữ liệu sau cần được thu thập:

- Cường độ bức xạ (W/m^2);
- Nhiệt độ: tấm quang điện, môi trường không khí;
- Công suất tác dụng AC (kW);
- Công suất phản kháng (kVAR);
- Điện năng sản xuất (kWh);
- Điện năng phát lên lưới (kWh);
- Cảnh báo lỗi và thời gian sự cố;
- Sự kiện hệ thống không khả dụng (ngừng vận hành để bảo trì, sửa chữa, công suất phát bị giới hạn do yêu cầu của cơ quan điều độ...);

Tùy theo yêu cầu về mức độ cập nhật thông tin mà tần suất thu thập số liệu có thể là hàng tuần, tháng, quý và năm.

3.2.3.2 Tính toán các chỉ số hiệu suất

Các chỉ số hiệu suất chính (KPI) của hệ thống ĐMTMN gồm:

- Sản lượng thực tế (kWh);
- Tỷ lệ hiệu suất (%);
- Chỉ số khả dụng (%).

Sản lượng thực tế là điện năng sản xuất ra (kWh) từ mỗi kWp lắp đặt, được tính trong khoảng thời gian nhất định. Chỉ số này cho phép so sánh hiệu suất phát điện giữa các hệ thống ĐMTMN khác nhau. Ở cấp độ biến tần, tính toán chỉ số sản lượng thực tế giúp so sánh hiệu suất chuyển đổi DC/AC giữa các biến tần, cho thấy biến tần nào đang hoạt động kém hơn biến tần khác.

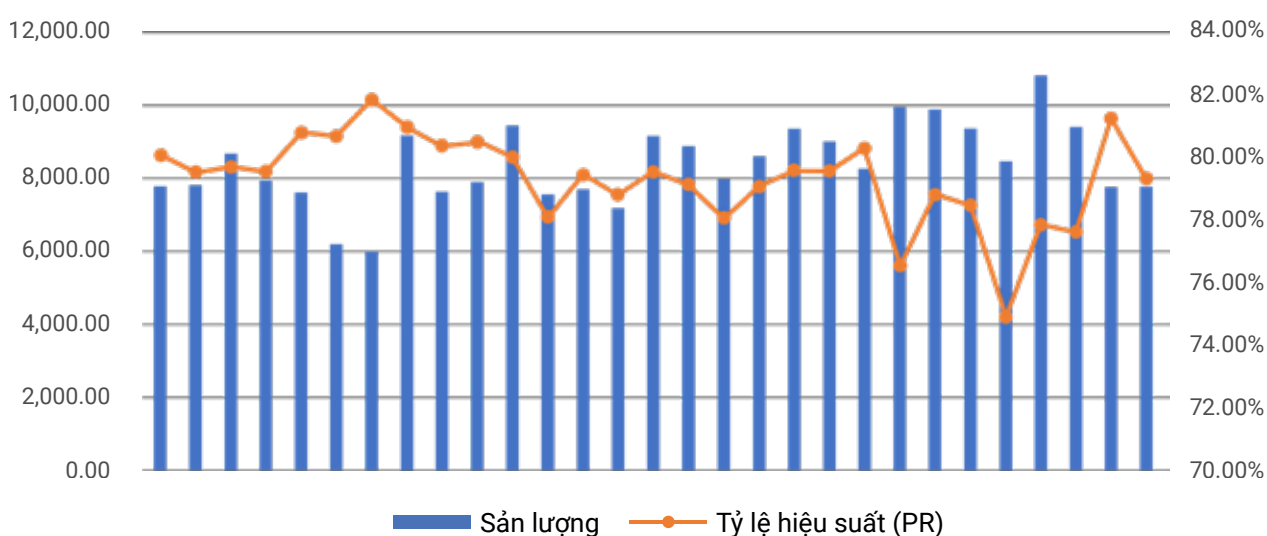
Tỷ lệ hiệu suất (PR) là tỷ lệ giữa sản lượng thực tế và sản lượng tham chiếu trên lý thuyết (sản lượng thu được trong điều kiện tiêu chuẩn, không có tổn thất). Chỉ số PR cho biết ảnh hưởng của các tổn thất trong hệ thống ĐMTMN khi chuyển đổi từ công suất DC danh nghĩa sang công suất AC. Chỉ số PR càng cao, hệ thống hoạt động càng hiệu quả.

Chỉ số khả dụng phản ánh khả năng sẵn sàng hoạt động của hệ thống ĐMTMN. Chỉ số này được tính bằng tỷ lệ thời gian mà hệ thống ĐMTMN hoạt động thực tế so với tổng thời gian hệ thống có thể hoạt động (khoảng thời gian khi hệ thống nhận được lượng bức xạ cao hơn ngưỡng bức xạ tối thiểu để biến tần có thể bắt đầu phát điện) mà chưa tính đến bất kỳ yếu tố loại trừ nào (hệ thống phải ngừng hoạt động do sự cố, ngừng hoạt động để bảo trì, bảo dưỡng,...).

Phương pháp tính toán các chỉ số hiệu suất chính tham khảo tiêu chuẩn IEC 61724 (TCVN-13083).

Dựa trên các ngưỡng giới hạn kỹ thuật và kết quả tính toán KPI, người vận hành có thể giám sát hiệu suất của hệ thống, từ đó đề xuất giải pháp nhằm duy trì hiệu suất của hệ thống ĐMTMN theo thiết kế.

Sản lượng và tỷ lệ hiệu suất



Hình 21: Báo cáo sản lượng & hệ số PR trong tháng



LƯU Ý

Trường hợp thuê ngoài dịch vụ VH&BD, đơn vị VH&BD và chủ sở hữu hệ thống cần thống nhất lựa chọn một trong các chỉ số KPI ở trên để làm cam kết. PR là một lựa chọn tốt để sử dụng làm chỉ số cam kết giữa các bên, đặc biệt là nếu đơn vị VH&BD cũng chính là nhà thầu EPC vì PR phản ánh tổng hòa chất lượng của việc lắp đặt cũng như VH&BD hệ thống ĐMTMN. Tham khảo công cụ tính toán chỉ số PR tại Phụ lục 2.

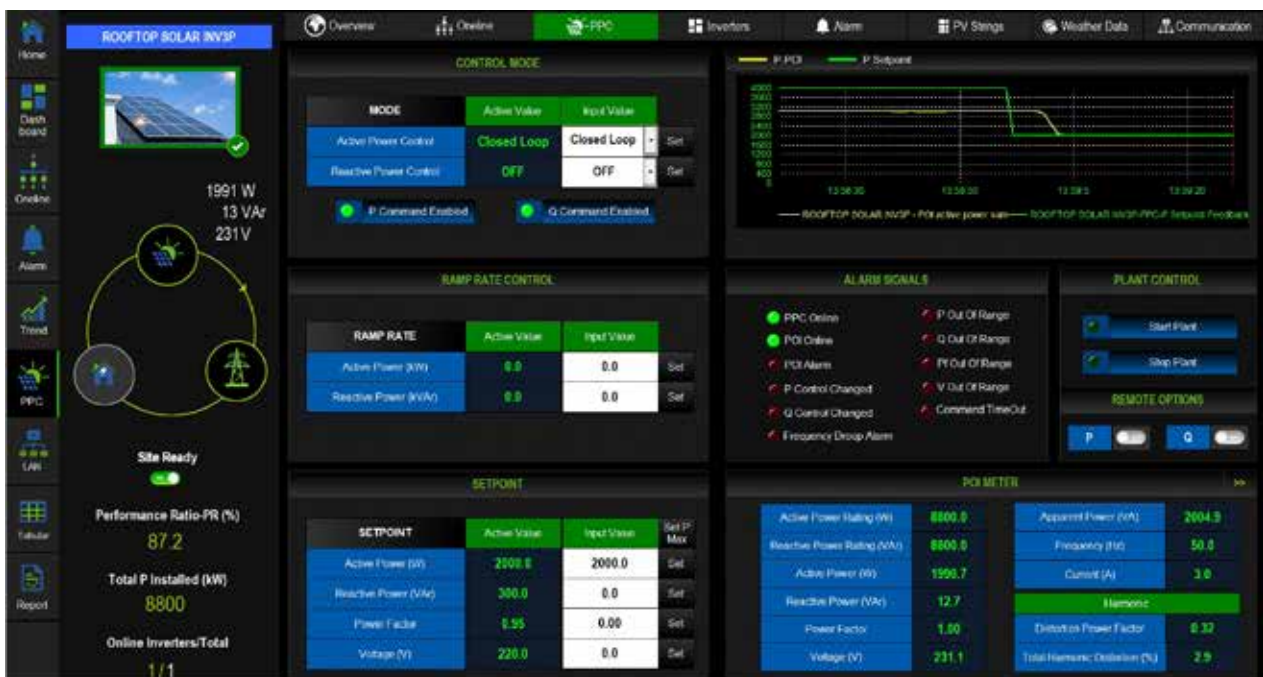
3.2.4 Tuân thủ yêu cầu về vận hành lưới điện

Trong trường hợp hệ thống có lắp đặt và kết nối SCADA, cơ quan điều độ sẽ trực tiếp theo dõi tình trạng vận hành và thao tác điều khiển từ xa của hệ thống ĐMTMN (quy định tại Circular số 39/2015/TT-BCT ngày 18/11/2015 Quy định hệ thống điện phân phối và Circular số 39/2022/TT-BCT ngày 30/12/2022 sửa đổi, bổ sung một số điều của Circular số 25/2016/TT-BCT, Circular số 39/2015/TT-BCT và Circular số 30/2019/TT-BCT của Ministry of Industry and Trade).

Trong trường hợp hệ thống không có kết nối SCADA, người vận hành sẽ bật/tắt các thiết bị đóng cắt hoặc điều khiển hệ thống ĐMTMN theo hướng dẫn của cơ quan điều độ.

Nếu khả năng hấp thụ của lưới điện khu vực không cho phép, cơ quan điều độ sẽ yêu cầu hạn chế mức công suất tối đa được phát lên lưới. Có ba phương pháp để kiểm soát việc tuân thủ các giới hạn này:

- Thứ nhất: thiết lập giới hạn bằng các tham số trong từng bộ biến tần.
- Thứ hai: cài đặt bộ điều khiển cho hệ thống ĐMTMN để thay đổi linh hoạt tham số (công suất tác dụng, công suất phản kháng, hệ số công suất, tốc độ tăng/ giảm công suất,...) của biến tần.
- Thứ ba: điều chỉnh thủ công công suất phát ĐMTMN, tuân thủ phân bổ công suất của đơn vị phân phối điện hoặc cô lập hệ thống ĐMTMN khỏi lưới điện theo lệnh điều độ.



Hình 22: Điều khiển tham số vận hành hệ thống ĐMTMN

Chương 04

Bảo trì hệ thống điện mặt trời mái nhà



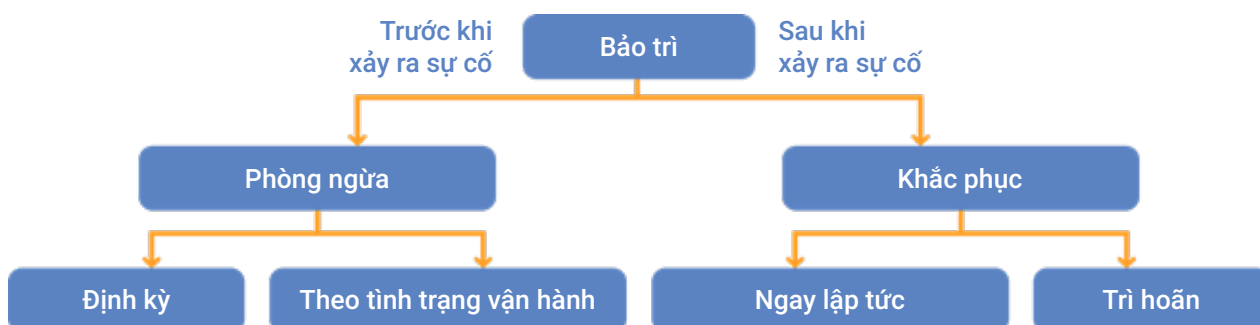
► Chương 4: Bảo trì hệ thống ĐMTMN

Bảo trì / bảo dưỡng là sự kết hợp các hành động phòng ngừa và khắc phục trong suốt vòng đời của thiết bị / hệ thống.

Mục tiêu chính của bảo dưỡng hệ thống ĐMTMN là duy trì hiệu suất và tuổi thọ của hệ thống nhằm đảm bảo sản xuất điện năng liên tục theo đúng các thông số kỹ thuật được thiết kế.

Đối với hệ thống ĐMTMN quy mô nhỏ (dưới 100kW), chủ sở hữu hệ thống có thể tự bảo trì hệ thống. Nếu xảy ra sự cố mà không thể xử lý được, chủ hệ thống cần liên hệ với đơn vị cung cấp/phân phối hoặc đơn vị bảo trì chuyên nghiệp.

Đối với hệ thống ĐMTMN quy mô công nghiệp và thương mại, việc bảo trì được thực hiện theo hình dưới đây:



Hình 23: Tổng quan về các loại hình bảo trì

Để công tác bảo trì được thực hiện nhanh chóng, giảm thiểu thời gian ngừng hoạt động của toàn bộ hoặc một phần hệ thống ĐMTMN, cần dự phòng lưu kho các dụng cụ, vật tư cần thiết.

Các yếu tố sau cần được xem xét khi dự phòng vật tư lưu kho để mang lại lợi ích kinh tế nhất cho chủ sở hữu:

- Tần suất và ảnh hưởng của sự cố lên hệ thống;
- Chi phí linh kiện thay thế;
- Độ tin cậy và mức độ suy giảm chất lượng của thiết bị;
- Thời gian mua sắm bổ sung;
- Khả năng ký gửi hàng hóa với nhà sản xuất;
- Điều kiện kho bãi (vị trí, hạ tầng, an ninh, an toàn, môi trường).

Danh mục vật tư dự phòng lưu kho đề xuất cho hệ thống ĐMTMN được mô tả ở Phụ lục 3.

Để đảm bảo bảo trì hệ thống ĐMTMN hiệu quả và an toàn, nên chuẩn bị đầy đủ các công cụ và dụng cụ bảo trì, bảo dưỡng thường dùng được nêu trong Phụ lục 4.

4.1 Bảo trì phòng ngừa

Bảo trì phòng ngừa là hoạt động được lên kế hoạch (bảo trì định kỳ) hoặc theo các tiêu chí được xác định từ trước (bảo trì theo tình trạng vận hành – condition based maintenance/CBM) để ngăn ngừa và giảm thiểu các sự cố tiềm ẩn có thể xảy ra. Sự khác nhau của hai phương thức bảo trì này như mô tả ở hình sau:

	Bảo trì định kỳ	Bảo trì theo tình trạng vận hành
Mục đích	Ngăn ngừa hư hỏng bằng cách kiểm tra, bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ	Phát hiện sớm các dấu hiệu xuống cấp, dự báo khi nào thiết bị cần sửa chữa
Khung thời gian	Theo kế hoạch từ trước	Chủ động, tùy theo tình trạng
Điều kiện thực hiện	Theo hướng dẫn của nhà sản xuất, điều khoản bảo hành	Tình trạng thực tế của thiết bị
Khả năng cải thiện	Hiệu suất làm việc & tuổi thọ thiết bị	Tối ưu hiệu quả sử dụng thiết bị do không phải thay thế quá sớm
Ảnh hưởng tới vận hành	Tổng thời gian gián đoạn kéo dài tùy theo tần suất bảo trì	Tổng thời gian gián đoạn được rút ngắn do giảm số lần bảo dưỡng không cần thiết

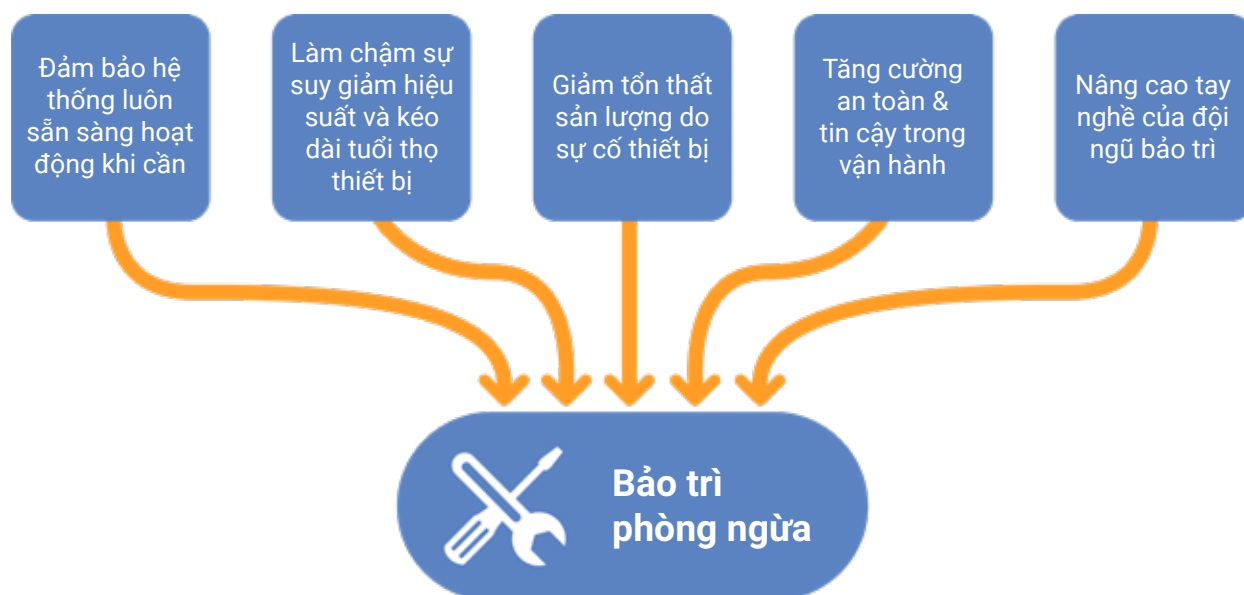
Hình 24: So sánh bảo trì định kỳ và bảo trì theo tình trạng vận hành



LƯU Ý

Thời điểm thích hợp nhất để thực hiện bảo trì phòng ngừa là vào lúc trời mát khi công suất phát của hệ thống thấp. Để giảm thiểu tổn thất sản lượng, tránh thực hiện bảo trì vào thời điểm nắng gắt (09:00-15:00). Khi thực hiện, cần tham khảo hướng dẫn vận hành thiết bị của nhà sản xuất / phân phối cung cấp để hiểu rõ về cấu tạo, cách thức, tần suất thực hiện bảo trì và các biện pháp an toàn cần tuân thủ.

Thực hiện đúng quy trình bảo trì phòng ngừa sẽ mang lại nhiều lợi ích cho chủ sở hữu hệ thống ĐMTMN:



Hình 25: Lợi ích của bảo trì phòng ngừa

4.1.1 Bảo trì định kỳ

Danh mục và tần suất khuyến nghị thực hiện bảo trì định kỳ thiết bị được trình bày ở Phụ lục 5.

Quy trình bảo trì định kỳ các thiết bị chính (tấm quang điện, khung giá đỡ và biến tần) được mô tả ở các phần dưới đây.

4.1.1.1 Tấm quang điện

Hiệu suất của hệ thống ĐMTMN sẽ bị giảm nếu tấm quang điện gặp các vấn đề sau:

- Tích tụ bụi trên bề mặt;
- Điểm nóng cục bộ (hotspot);
- Thông số kỹ thuật không đồng nhất;
- Xuống cấp, hư hỏng vật lý.

4.1.1.1.1 Tích tụ bụi trên bề mặt



Nguyên nhân

Sau một thời gian hoạt động, lớp bụi bẩn sẽ bám trên bề mặt tấm quang điện dẫn đến giảm một phần lượng ánh sáng mặt trời tiếp xúc tế bào quang điện. Đây là nguyên nhân làm suy giảm hiệu suất, sản lượng của hệ thống và giảm tuổi thọ của tấm quang điện.

Hình 26: Tấm quang điện bị bám bụi bẩn



Hình 27: Vệ sinh tấm quang điện

Giải pháp

Vệ sinh thường xuyên bề mặt tấm quang điện để làm tăng khả năng hấp thụ ánh sáng, tăng hiệu suất hoạt động đồng thời làm chậm quá trình ôxi hóa bề mặt, khung, dây dẫn và các điểm đấu nối.

Tùy thuộc vào mức độ bụi bẩn mà có thể xác định tần suất vệ sinh tấm quang điện phù hợp (từ 3 tháng đến 6 tháng / lần).

Trình tự thực hiện vệ sinh thủ công như sau:

- Chuẩn bị công cụ, dụng cụ và trang thiết bị bảo hộ lao động. Nên sử dụng chất tẩy rửa chuyên dụng được khuyến cáo bởi nhà sản xuất tấm quang điện và chổi lau mềm;
- Pha trộn chất tẩy rửa: trộn chất tẩy rửa với nước sạch (không bị nhiễm phèn, nhiễm mặn). Tham khảo tỷ lệ pha trộn khuyến cáo trên bao bì chất tẩy rửa;
- Làm sạch: nhúng chổi mềm vào hỗn hợp dung dịch tẩy rửa đã pha, nhẹ nhàng lau chùi. Trường hợp phải vệ sinh mặt dưới, nên lau sạch bằng giẻ khô để tránh làm hỏng dây dẫn hoặc hộp nối.



LƯU Ý

Tham khảo cách thức vệ sinh vết bẩn khó lau chùi như phân chim, vết dầu mỡ... tại Phụ lục 7.



Xu thế mới hiện nay là sử dụng thiết bị tự động (rô-bốt) thay thế con người trong công tác VH&BD. Thiết bị rô-bốt này mang lại hiệu quả vượt trội so với vệ sinh thủ công như:

- Làm sạch được những vị trí xa, khó tiếp cận, có thể tự di chuyển qua các kẽ hở giữa các tấm quang điện;
- Tiết kiệm năng lượng và nước trong quá trình vệ sinh;
- Sử dụng ít nhân công và năng suất cao.

Hình 28: Sử dụng rô-bốt để vệ sinh tấm quang điện

Khuyến nghị

Trước khi vệ sinh

- Kiểm tra kỹ các tấm quang điện xem có bị nứt, hư hỏng và kẹp nào bị lỏng lẻo hay không;
- Kiểm tra nhiệt độ, áp lực và lưu lượng nước để đảm bảo không sử dụng vòi có áp lực và lưu lượng nước lớn hoặc nhiệt độ nước quá nóng / lạnh làm ảnh hưởng đến độ bền của tấm quang điện.

Trong quá trình vệ sinh

- Không đi lại, ngồi, đứng hoặc giẫm chân lên các tấm quang điện trong quá trình vệ sinh;
- Không chà xát mạnh hoặc cạo các vết bụi bẩn ở mặt trên các tấm quang điện;
- Không vệ sinh các tấm quang điện bị nứt, vỡ và hư hỏng;
- Không vệ sinh khi điều kiện thời tiết xấu như mưa bão, nắng gắt vì có thể gây nguy hiểm cho người thực hiện.

Sau khi vệ sinh

- Thu dọn toàn bộ dụng cụ, tránh để sót bất cứ vật dụng nào trên bề mặt tấm quang điện.



Hình 29: Bồn trữ nước sạch & máy bơm để vệ sinh tấm quang điện



Hình 30: Không được vệ sinh tấm quang điện bị hư hỏng



Hình 31: Không trèo, ngồi hoặc đứng lên tấm quang điện

4.1.1.1.2 Điểm nóng cục bộ

Nguyên nhân

Điểm nóng cục bộ (hotspot) là hiện tượng tế bào quang điện trên tấm quang điện có nhiệt độ tăng cao do bị bóng râm che phủ một phần mà không được xử lý, làm cho tấm quang điện bị hỏng không có khả năng phục hồi. Theo thiết kế, tấm quang điện không nên bị che bóng trong khoảng thời gian từ 9:00 sáng đến 5:00 chiều.

Ngoài ra, bóng che còn ảnh hưởng tới hiệu suất của hệ thống. Mức độ bóng che phụ thuộc vào kích thước và vị trí của vật che cũng như thời gian thiết bị bị che bóng. Chẳng hạn, khi có bóng che 20-30% bề mặt, tổn thất điện năng của hệ thống có thể lên tới 30-40%³.

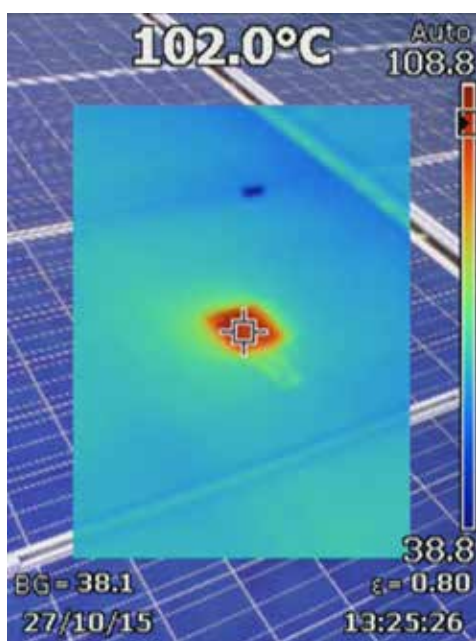
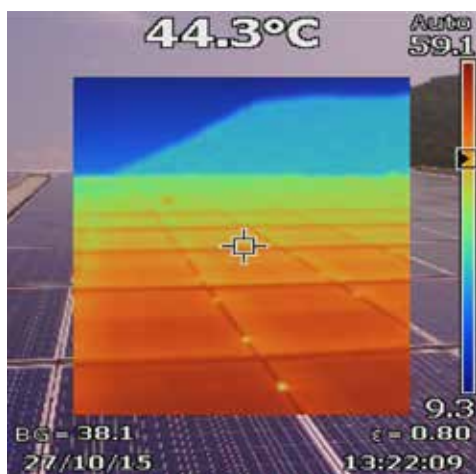
Nguyên nhân tạo ra bóng che gồm:

- Vật cản đặt trên các tấm quang điện (nông sản, lá cây...);
- Bóng của cây cối, cột điện và nhà cao tầng,... gần đó chiếu lên tấm quang điện;
- Tấm quang điện lắp đặt không đúng cách (các tấm chồng chéo lên nhau, độ cao khung giá đỡ khác nhau...).



Hình 32: Tấm quang điện bị bóng cây che và hiện tượng hotspot

³ <https://ieeexplore.ieee.org/document/6924142>.



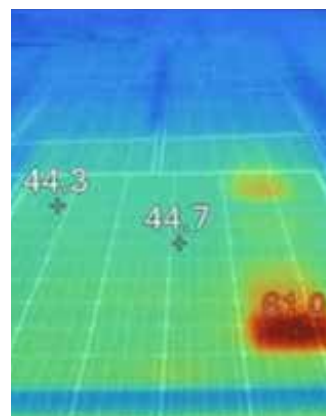
Hình 33: Ảnh nhiệt của tấm quang điện bình thường và khi xuất hiện điểm nóng cục bộ⁴

Giải pháp

Cần thực hiện các giải pháp sau để xử lý bóng che trước khi chúng gây ra hiện tượng hotspot:

- Dỡ bỏ các đồ vật, vật cản đặt trên bề mặt;
- Cắt tỉa những phần của cây tạo ra bóng che;
- Liên hệ với đơn vị lắp đặt để xử lý tấm quang điện lắp đặt không đúng kỹ thuật hoặc dịch chuyển tấm quang điện hoặc khung giá đỡ ra xa bóng che (nếu có thể).

Để phát hiện điểm nóng cục bộ mà mắt thường không nhìn thấy được, cần sử dụng máy chụp ảnh nhiệt hoặc thiết bị bay không người lái chuyên dụng (flycam) có camera và cảm biến nhiệt, sau đó thay thế các tấm quang điện bị hư hỏng.



Hình 34: Phát hiện lỗi ở tấm quang điện sử dụng thiết bị bay có camera và cảm biến nhiệt



Khuyến nghị

Để giảm thiểu tối đa suy hao hiệu suất do bóng che và hiện tượng điểm nóng cục bộ, nên sử dụng các cách sắp xếp chuỗi khác nhau (nhóm các tấm quang điện không bị che bóng và các tấm quang điện bị che bóng thành các chuỗi song song riêng biệt), dùng tấm quang điện có đi-ốt bảo vệ, và trang bị bộ tối ưu công suất (DC Optimizer).

Hình 35: Bộ tối ưu công suất (DC Optimizer) được lắp cho tấm quang điện

⁴ Hình trên: Nhiệt độ tấm quang điện đồng đều ở mức 40°C.
Hình dưới: Một tế bào trong tấm quang điện bị nóng bất thường (nhiệt độ trên 100°C).
Tế bào quang điện đã bị hỏng và do đó cần thay thế tấm quang điện này.

4.1.1.1.3 Thông số kỹ thuật không đồng nhất



Hình 36: Hệ thống có cả tấm quang điện đơn tinh thể và đa tinh thể

Nguyên nhân

Muốn đạt được hiệu suất như thiết kế, các thông số kỹ thuật của tấm quang điện (dòng điện, điện áp và công suất) cần đồng nhất với nhau.

Tuy nhiên trong quá trình hoạt động, các thông số vận hành của tấm quang điện có thể không đồng nhất do bụi bẩn, bóng che, sự khác biệt về tốc độ lão hóa.

Ngoài ra, khi bị hư hỏng được thay thế bằng tấm quang điện khác, các tấm quang điện này không giống nhau về công nghệ, công suất, chất lượng cũng gây ra hiện tượng không đồng nhất về thông số kỹ thuật.

Giải pháp

- Định kỳ xử lý bụi tích tụ và bóng che trên bề mặt tấm quang điện;
- Thay thế tấm quang điện bị hư hỏng bằng tấm quang điện mới nhưng phải đồng nhất về thông số kỹ thuật.

Khuyến nghị

- Để đảm bảo chất lượng thiết bị được đồng nhất, chủ đầu tư nên mua thiết bị của các nhà sản xuất / nhà phân phối có uy tín;
- Nên dự phòng số lượng tấm quang điện lưu kho nhất định có cùng thông số kỹ thuật để thay thế khi cần thiết.

4.1.1.1.4 Xuống cấp, hư hỏng vật lý

Nguyên nhân

Tấm quang điện có thể bị xuống cấp theo thời gian do các yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, mưa bão, xuống cấp do ánh sáng (LID, LeTID) hoặc suy giảm hiệu suất tiềm năng (PID).

Ngoài ra, chúng có thể bị hư hỏng vật lý (hư hỏng do tác động bên ngoài có thể được xác định bằng mắt thường) như tấm quang điện bị ẩm, bị nhiễm mặn, nứt vỡ hoặc rạn nứt chân chim.

Tấm quang điện bị ẩm



Vết nứt chân chim trên tấm quang điện



Tấm quang điện bị ăn mòn



Tấm quang điện bị vỡ



Hình 37: Một số hư hỏng trên tấm quang điện

Giải pháp

Định kỳ đo điện áp (điện áp hở mạch, điện áp hoạt động), dòng điện (dòng điện hoạt động, dòng điện ngắn mạch) của chuỗi tấm quang điện, phân tích đường cong I-V để xác định các tấm quang điện bị suy giảm hiệu suất vượt quá quy định của nhà sản xuất và thay thế nếu cần thiết.

Kiểm tra ngoại quan và thay thế những tấm quang điện bị hư hỏng vật lý.

Khuyến nghị

Thường xuyên vệ sinh bụi trên tấm quang điện để giảm thiểu tối đa hư hỏng vật lý gây ra.

4.1.1.2 Bảo trì khung giá đỡ

Nguyên nhân

Trong quá trình lắp đặt hoặc qua thời gian sử dụng, khung giá đỡ không còn khả năng giữ chắc chắn tấm quang điện do các nguyên nhân sau:

- Lắp đặt vào vị trí không chắc chắn trên mái;
- Bu lông kẹp khung giá đỡ không được xiết chặt;
- Bị nhiễm mặn, ăn mòn theo thời gian;
- Hệ thống ĐMTMN thường xuyên hoạt động trong khu vực có giông, bão.



Hình 38: Khung giá đỡ lắp đặt không đảm bảo



Hình 39: Kẹp khung giá đỡ bị lỏng

Giải pháp

Các biện pháp bảo trì định kỳ khung giá đỡ bao gồm:

- Gia cố lại khu vực mái nhà chịu lực kém để đảm bảo mái chịu được trọng lượng hệ thống ĐMTMN;
- Xiết chặt bu lông để đảm bảo tất cả các kẹp được xiết chặt;
- Tra dầu mỡ, thay thế thành phần vật liệu khung giá đỡ và các phụ kiện kèm nếu bị ăn mòn, rỉ sét;
- Hiệu chỉnh lại góc nghiêng của khung giá đỡ nếu không đảm bảo độ nghiêng tối ưu theo thiết kế.

Khuyến nghị

- Tuyệt đối tuân thủ quy định về trang bị bảo hộ an toàn lao động khi làm việc trên mái nhà;
- Không lên mái nhà khi điều kiện thời tiết xấu như mưa bão, nắng gắt vì có thể gây nguy hiểm cho người thực hiện.

4.1.1.3 Biến tần

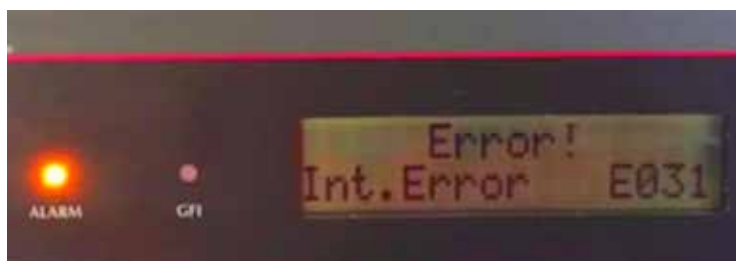
Nguyên nhân

Sau một khoảng thời gian hoạt động, bụi sẽ bám vào linh kiện trong biến tần, một số bộ phận bị oxi hóa, xuất hiện cảnh báo lỗi trên màn hình biến tần, hoặc biến tần phát ra âm thanh lớn... Ngoài ra, khi biến tần hoạt động lâu ngày ở môi trường khắc nghiệt có nhiều bụi sắt, hóa chất, hơi nước... sẽ có nguy cơ hư hỏng, cháy nổ biến tần.

Giải pháp

Cần thực hiện các giải pháp sau để nâng cao tuổi thọ của biến tần:

- Làm sạch khu vực xung quanh biến tần;
- Vệ sinh quạt gió, thay thế bộ lọc nếu cần thiết để đảm bảo biến tần có điều kiện thông gió tốt;
- Xiết lại đầu cáp điện bị lỏng hoặc ngắt kết nối, che kín các đầu cáp, ống luồn dây, đảm bảo cách điện, không bị quá nhiệt và ăn mòn;
- Nếu biến tần vẫn phát ra âm thanh lớn, báo lỗi mạch bên trong hoặc lỗi phần mềm, cần liên hệ với người phụ trách bảo trì sửa chữa hệ thống.



Hình 40: Đèn báo biến tần hoạt động bình thường (màu xanh) và không bình thường (màu đỏ)



Hình 41: Biến tần bị cháy, hư hỏng



Hình 42: Dây cáp bị tuột khỏi biến tần



Hình 43: Bụi bẩn tích tụ lên quạt thông gió

Khuyến nghị

- Trước khi bảo trì, cần tắt cả nguồn AC và DC để tránh nguy cơ bị điện giật;
- Chờ ít nhất trong 5 - 10 phút để các tụ điện bên trong xả hết điện;
- Chuẩn bị sẵn các linh kiện thay thế thường dùng nhằm giảm thời gian phải ngừng phát điện do thay thế linh kiện (nếu có).

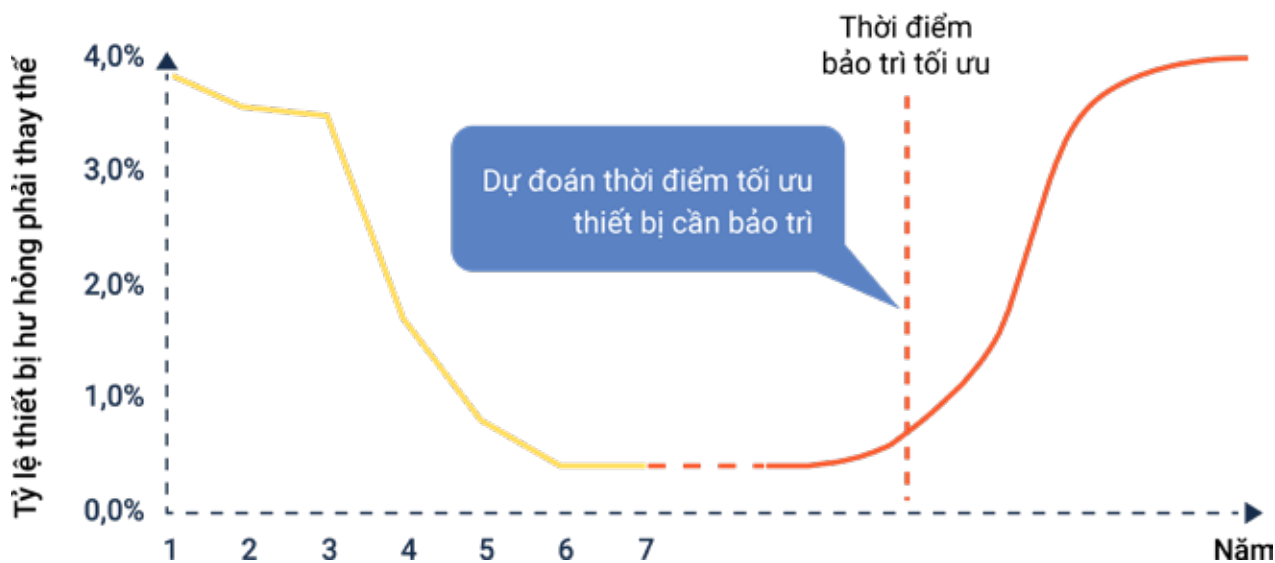
4.1.2 Bảo trì theo tình trạng vận hành

Bảo trì theo trình trạng vận hành được thực hiện không theo kế hoạch định trước mà theo dự báo từ việc phân tích và đánh giá các thông số quan trọng về sự xuống cấp của các thiết bị.

Sự xuống cấp của thiết bị được phát hiện thông qua hệ thống cảm biến và phần mềm phân tích. Từ đó người vận hành có thể đánh giá được tình trạng và dự đoán được thời điểm cần phải bảo trì thiết bị trước khi có hỏng hóc.

Áp dụng công nghệ mới (dữ liệu lớn, học máy / trí tuệ nhân tạo) vào bảo trì theo tình trạng vận hành giúp cải thiện khả năng chẩn đoán và đề xuất giải pháp chính xác hơn nhằm nâng cao chất lượng bảo trì, tăng hiệu quả vận hành.

Phần mềm ứng dụng học máy / trí tuệ nhân tạo sử dụng dữ liệu lớn để phân tích và tìm ra lỗi chính xác, sau đó đưa ra giải pháp cần thực hiện. Dữ liệu lớn này được thu thập liên tục trong thời gian dài (một hoặc nhiều tháng) từ hệ thống ĐMTMN (dòng điện, điện áp của chuỗi tấm quang điện, ảnh nhiệt chụp bằng thiết bị bay, bức xạ...) Nhờ đó, người vận hành có thông tin chính xác và tiến hành biện pháp xử lý phù hợp để ngăn ngừa sự cố một cách hiệu quả.



Hình 44: Bảo trì theo tình trạng vận hành đưa ra dự đoán về thời điểm bảo trì thích hợp

4.2 Bảo trì khắc phục

Bảo trì khắc phục là hoạt động thực hiện sau khi xảy ra sự cố nhằm khôi phục lại thiết bị hoặc hệ thống ĐMTMN về trạng thái hoạt động như cũ, do đó thường là sửa chữa, thay thế thiết bị bị hư hỏng.

Bảo trì phòng ngừa mang tính chủ động còn bảo trì khắc phục mang tính thụ động.

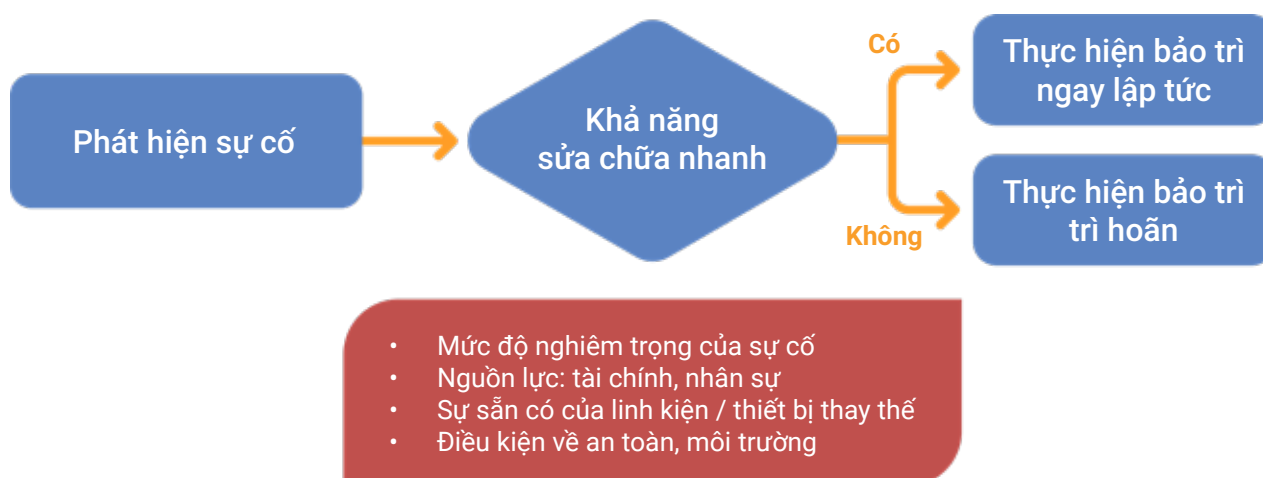
Mức độ của sự cố được phân loại như sau:

- **Sự cố không nghiêm trọng:** một vài thành phần trong hệ thống có sự cố nhưng hệ thống vẫn hoạt động và phát điện lên lưới.
- **Sự cố nghiêm trọng:** sự cố làm hệ thống ngừng hoạt động và ngắt kết nối với lưới điện.

Bảo trì khắc phục được chia thành hai loại:

- **Bảo trì ngay lập tức:** hành động sửa chữa được thực hiện ngay sau khi thiết bị xảy ra sự cố. Sự cố này thường là lỗi nghiêm trọng gây ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động của hệ thống ĐMTMN. Chúng sẽ thường được sửa chữa trong vòng 24 giờ.
- **Bảo trì trì hoãn:** hành động sửa chữa cần thiết khi có sự cố không nghiêm trọng nhưng có thể được trì hoãn lại do ngân sách, thời gian hoặc hạn chế về nhân sự sửa chữa. Chúng sẽ được sửa chữa trong vòng 1 tuần đến 1 tháng tùy thuộc vào việc có thiết bị thay thế hay không và/hoặc bản chất của sự cố.

Quy trình lựa chọn bảo trì khắc phục được thực hiện như sơ đồ dưới đây:



Hình 45: Quy trình lựa chọn bảo trì khắc phục

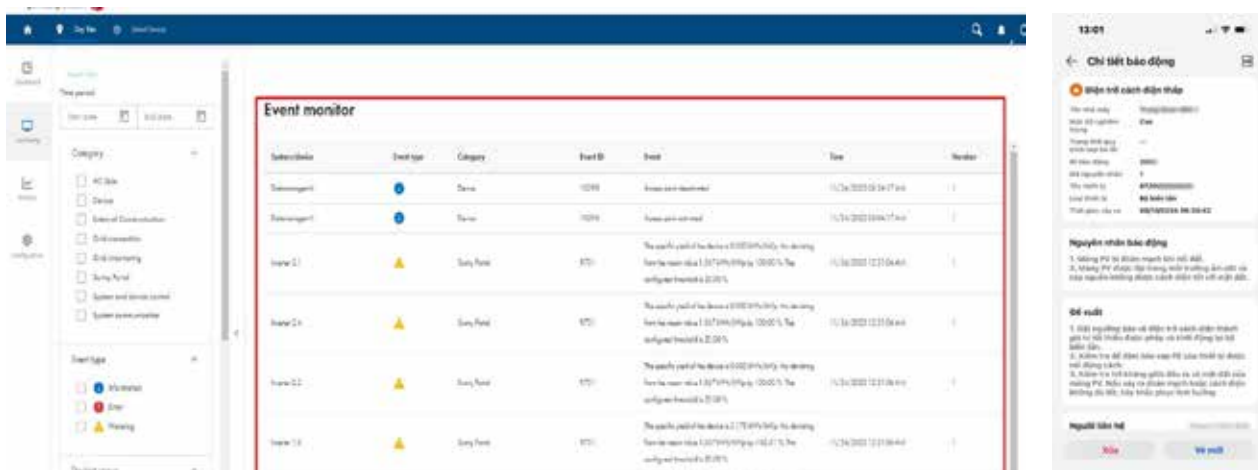
Thực hiện bảo trì khắc phục để đảm bảo giải quyết được các sự cố đã xảy ra và không làm sự cố bị lan rộng ảnh hưởng đến thời gian hoạt động và tăng các chi phí không cần thiết.

Trong ngắn hạn, bảo trì khắc phục giúp tiết kiệm thời gian và chi phí. Tuy nhiên, về lâu dài, hình thức bảo trì này có thể sẽ tốn nhiều chi phí hơn bảo trì phòng ngừa do có thể cùng một sự cố nhưng tần suất xảy ra nhiều lần dẫn đến thời gian ngừng hoạt động dài, sản lượng phát điện giảm.

4.2.1 Phát hiện và chẩn đoán sự cố

Hầu hết các lỗi xảy ra trên hệ thống sẽ được ghi nhận và hiển thị tại chỗ nhờ đèn báo sự cố phát sáng trên biển tần hoặc qua hệ thống quản lý, giám sát ĐMTMN.

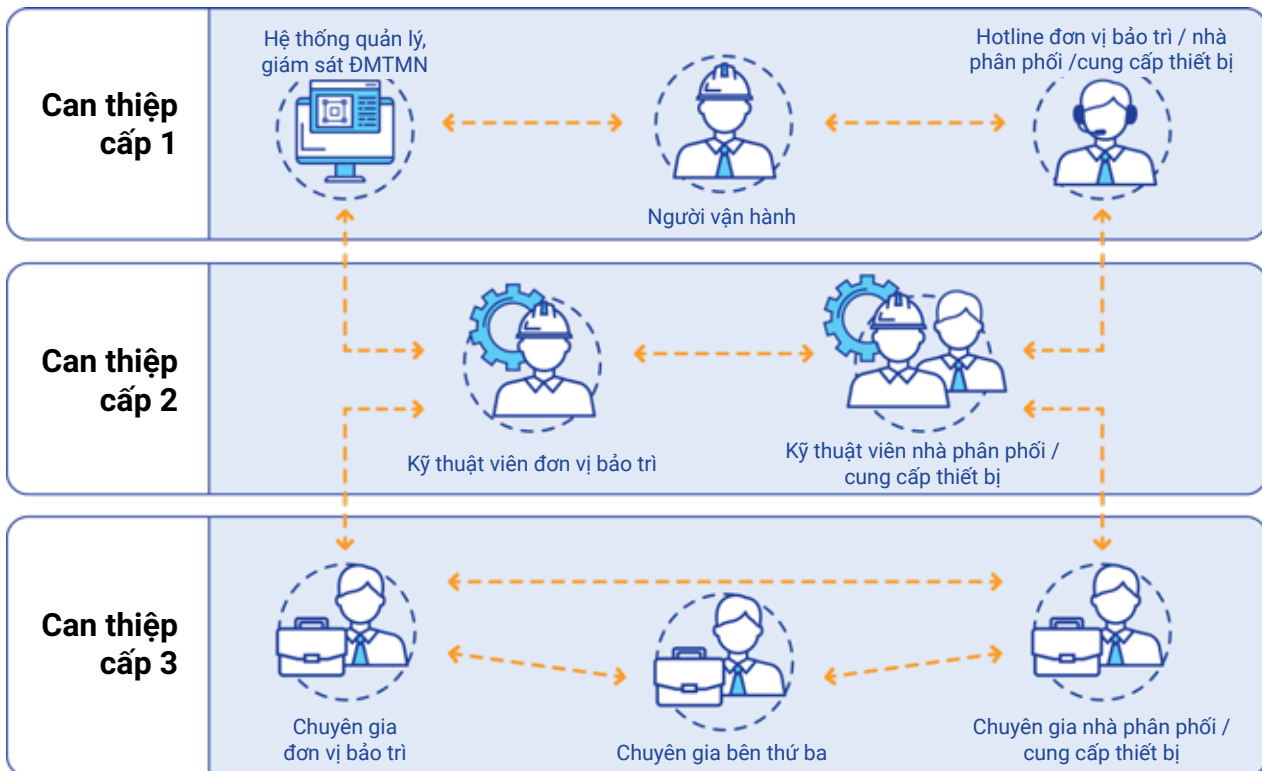
Nhờ hệ thống quản lý, giám sát ĐMTMN, các lỗi này sẽ được tổng hợp, phân loại và đưa ra các hướng dẫn phù hợp ban đầu để xử lý (nếu có).



Hình 46: Hệ thống quản lý, giám sát ghi nhận lỗi và đưa ra cảnh báo

4.2.2 Mức độ can thiệp trong xử lý sự cố

Tùy theo mức độ của sự cố, cán bộ VH&BD có thể áp dụng các mức độ can thiệp theo trình tự như sau. Nếu sự cố đã được giải quyết sau mỗi mức độ can thiệp, người vận hành sẽ không thực hiện mức độ tiếp theo.



Hình 47: Các mức độ can thiệp trong quản lý sự cố

- **Can thiệp cấp 1:** dựa vào thông tin cảnh báo trên hệ thống quản lý, giám sát ĐMTMN, người vận hành thực hiện các thao tác đơn giản để xử lý sự cố (mục 4.2.3). Trong trường hợp không thể xử lý được, cần liên hệ với đơn vị bảo trì / nhà phân phối / cung cấp thiết bị để giúp chẩn đoán và hướng dẫn xử lý sự cố từ xa.
- **Can thiệp cấp 2:** người vận hành liên hệ với đơn vị bảo trì / nhà phân phối / cung cấp thiết bị để đến hiện trường xử lý sự cố. Ở cấp độ này, sự cố chủ yếu được xử lý bằng cách sửa chữa, thay thế thiết bị (Mục 4.2.4).
- **Can thiệp cấp 3:** được thực hiện đối với những sự cố (như sự cố liên quan đến cấu hình các tham số vận hành, lỗi hệ thống phần mềm biến tần hay phần mềm quản lý, giám sát hệ thống ĐMTMN...) đòi hỏi người sửa chữa phải có chuyên môn cao. Người vận hành cần liên hệ với các chuyên gia từ đơn vị bảo trì / nhà phân phối / cung cấp thiết bị hoặc bên thứ ba để xử lý.

4.2.3 Xử lý các sự cố thường gặp

Sau một thời gian vận hành hệ thống ĐMTMN có thể xảy ra một số trường hợp bất thường / sự cố. Cách xử lý một số sự cố thường gặp như sau:

Bảng 3: Một số sự cố thường gặp và cách xử lý

Sự cố	Nguyên nhân	Bước xử lý
Biến tần dừng hoạt động, xuất hiện cảnh báo điện áp lưới cao / thấp, tần số cao / thấp	Điện áp/tần số lưới điện cao / thấp hơn giới hạn an toàn đã cài đặt trong biến tần	- Kiểm tra lại biến tần đảm bảo rằng các thông số bảo vệ được đặt chính xác. - Đợi 5-10 phút khi điện áp / tần số lưới điện trở lại dải hoạt động bình thường, biến tần tự kết nối lại với lưới điện. - Nếu sự cố không xử lý được, liên hệ với đơn vị bảo trì / nhà phân phối / cung cấp thiết bị để được hướng dẫn. - Nếu sự cố xảy ra nhiều lần, đo điện áp / tần số lưới hiện tại và liên hệ với công ty điện lực để phản ánh về chất lượng điện năng và hướng xử lý.
Biến tần dừng hoạt động, xuất hiện cảnh báo quá dòng điện	Dòng điện đầu ra AC vượt quá giới hạn tối đa cho phép của biến tần	- Đợi 5-10 phút cho đến khi dòng điện đầu ra AC nằm trong dải hoạt động bình thường, biến tần sẽ tự kết nối lại với lưới điện. - Nếu sự cố không xử lý được, liên hệ với đơn vị bảo trì / nhà phân phối / cung cấp thiết bị để được hướng dẫn.
Biến tần dừng hoạt động, xuất hiện cảnh báo sự cố mất điện lưới	Máy cắt chính (ACB) hoặc máy cắt nhánh (MCCB) bị tắt hoặc mất điện lưới	- Kiểm tra lại tủ ACDB đảm bảo rằng máy cắt chính (ACB) và máy cắt nhánh (MCCB) được kết nối và bật (ON). - Kiểm tra lại nguồn điện từ lưới điện có bình thường không. - Đợi khi lưới điện có điện, biến tần tự kết nối lại với lưới điện. - Nếu sự cố không xử lý được, liên hệ với đơn vị bảo trì / nhà phân phối / cung cấp thiết bị để được hướng dẫn xử lý.
Biến tần dừng hoạt động, xuất hiện cảnh báo lỗi thiết bị	Một thành phần của biến tần bị sự cố thoát qua	- Khởi động lại biến tần - Nếu sự cố không xử lý được, liên hệ với đơn vị bảo trì / nhà phân phối / cung cấp thiết bị để được hướng dẫn.

**LƯU Ý**

Cần tham khảo tài liệu hướng dẫn của nhà sản xuất, đơn vị phân phối / cung cấp thiết bị để nắm rõ quy trình xử lý sự cố chi tiết.

Trong một số trường hợp, việc khắc phục chỉ đơn giản là khởi động lại hệ thống, đặc biệt là đối với các lỗi liên quan đến phần mềm. Tuy nhiên, nếu sau khi khởi động lại mà sự cố vẫn chưa được khắc phục, cần tắt hệ thống để thực hiện các bước xử lý tiếp theo.

**NGUY HIỂM**

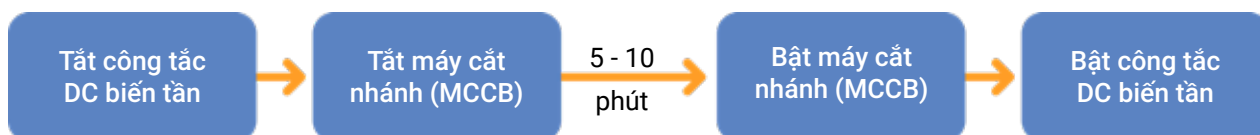
Khi khởi động lại hay tắt biến tần / hệ thống ĐMTMN, người vận hành phải tuân thủ nghiêm quy trình dưới đây. Nếu không tuân thủ, có thể dẫn đến hồ quang điện và làm hư hỏng hệ thống, thậm chí có thể gây hỏa hoạn.

Tham khảo hướng dẫn sử dụng do nhà sản xuất biến tần cung cấp để biết trình tự cụ thể và biện pháp phòng ngừa khi khởi động lại / tắt biến tần / hệ thống ĐMTMN.

Quy trình khởi động lại và tắt biến tần / hệ thống ĐMTMN như sau:

4.2.3.1 Khởi động lại biến tần / hệ thống ĐMTMN

Để khởi động lại biến tần, cần thực hiện theo trình tự sau:

**CẢNH BÁO**

Để khởi động lại an toàn, cần xả hết điện năng dư thừa còn sót lại, sau đó đợi 05-10 phút mới bật lại biến tần.

Nếu biến tần có màn hình LCD, cần kiểm tra chỉ báo trạng thái hoặc thông báo lỗi (nếu có). Tham khảo hướng dẫn sử dụng biến tần để hiểu rõ những thông báo này.

Thực hiện quy trình trên đối với tất cả biến tần nếu khởi động lại toàn bộ hệ thống ĐMTMN.

4.2.3.2 Tắt biến tần / hệ thống ĐMTMN

Để tắt biến tần, cần thực hiện theo trình tự sau:



Để tắt toàn bộ hệ thống ĐMTMN, thực hiện quy trình tắt hệ thống được mô tả tại mục 3.2.1.



CẢNH BÁO

Sau khi hoàn thành các bước trên, toàn bộ hệ thống ĐMTMN đã được tắt. Tuy nhiên vẫn còn điện và nhiệt dư trong khung máy, có thể gây ra điện giật hoặc bỏng, do đó cần giữ hệ thống ở trạng thái tắt trong 05-10 phút trước khi thực hiện các thao tác tiếp theo.

Không được phép ngắt kết nối các cổng MC4 khi biến tần vẫn đang kết nối nguồn điện.

4.2.4 Quy trình sửa chữa và thay thế thiết bị

Ở cấp độ này, sửa chữa và thay thế một phần hoặc toàn bộ thiết bị thường được thực hiện bởi kỹ thuật viên có chuyên môn tại hiện trường (có thể thuộc đơn vị bảo trì hoặc từ nhà phân phối/cung cấp thiết bị).



NGUY HIỂM

Phải TẮT và nối đất an toàn thiết bị, đảm bảo không có điện áp hoặc dòng điện trên thiết bị trước khi thực hiện sửa chữa, thay thế để tránh nguy cơ điện giật.

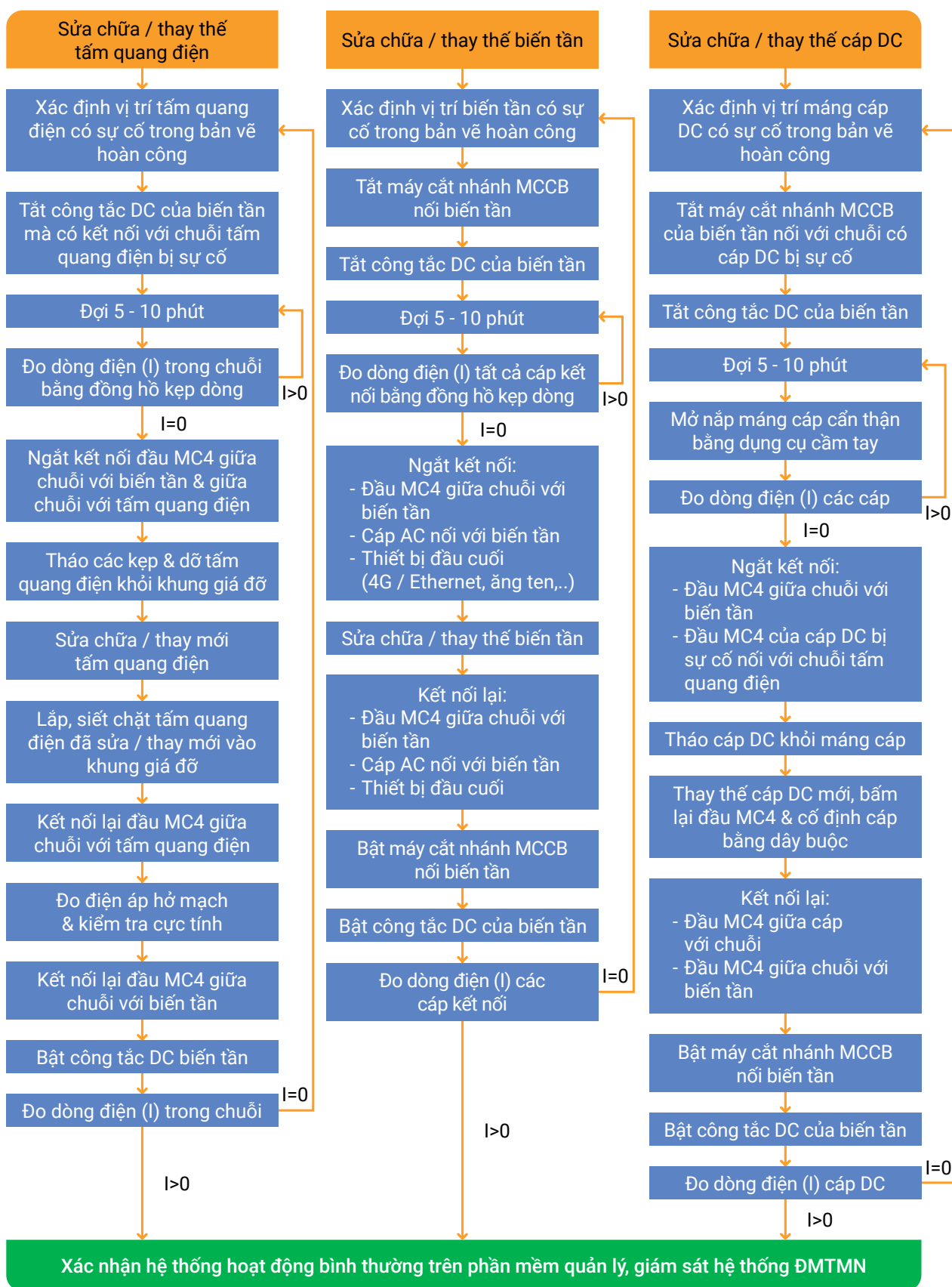
Tránh tiếp xúc với dây cáp của hệ thống hoặc các đầu nối không che chắn.



LƯU Ý

Tham khảo thêm hướng dẫn quy trình sửa chữa và thay thế thiết bị của nhà sản xuất/đơn vị phân phối trước khi thực hiện.

Quy trình sửa chữa, thay thế thiết bị chính của hệ thống ĐMTMN được thực hiện như sau:



Hình 48: Quy trình sửa chữa, thay thế một số thiết bị chính



Hình 49: Kỹ thuật viên thao tác tại hiện trường



Hình 50: Sử dụng đồng hồ kẹp dòng để đo dòng điện

Chương 05



An toàn trong vận hành và bảo dưỡng



► Chương 5: An toàn trong vận hành & bảo dưỡng

Để đảm bảo an toàn trong quá trình VH&BD hệ thống ĐMTMN, người lao động phải tuân thủ tất cả các biện pháp an toàn liên quan đến an toàn điện, an toàn khi làm việc trên cao, an toàn cháy nổ,... đồng thời chủ sở hữu phải bố trí hệ thống biển báo an toàn để cảnh báo cho người vận hành và bảo trì hệ thống ĐMTMN cũng như người làm việc phía dưới mái hệ thống, nhân viên cứu hỏa về các mối nguy hiểm liên quan.

5.1 An toàn điện

Các quy định về an toàn điện đối với hệ thống ĐMTMN được quy định tại các văn bản pháp luật liên quan, bao gồm: Decree 14/2014/NĐ-CP, Decree 51/2020/NĐ-CP; Circular 05/2021/TT-BCT, QCVN 01:2020/BCT.

Thực hiện nghiêm ngặt các biện pháp an toàn điện trước khi thực hiện công việc bảo trì, bảo dưỡng, bao gồm:

- Cắt điện và thực hiện các biện pháp ngăn chặn có điện trở lại;
- Kiểm tra xác định không còn điện;
- Thực hiện nối đất (tiếp địa);
- Đặt rào chắn và treo biển báo an toàn.

Khi thực hiện bảo trì, bảo dưỡng hệ thống điện của ĐMTMN, cần sử dụng thiết bị bảo hộ đúng cách, bao gồm: quần áo, mũ (nón), găng tay, ủng, kính, mặt nạ bảo hộ...



Hình 51: Trang bị bảo hộ lao động khi bảo trì, bảo dưỡng hệ thống điện của ĐMTMN

Căn cứ Thông tư 05/2021/TT-BCT, biển báo an toàn điện được chia thành ba loại: biển cấm, biển cảnh báo và biển chỉ dẫn, cụ thể trong bảng sau:

Bảng 4: Biển báo an toàn điện

Loại biển báo	Hình ảnh		
Biển cấm			
Biển cảnh báo			
Biển chỉ dẫn			

Ngoài những biển báo an toàn điện theo quy định, chủ sở hữu, đơn vị VH&BD hệ thống ĐMTMN có thể xây dựng biển báo với nội dung khác để sử dụng nội bộ, phù hợp với tính chất công việc. Một số biển báo an toàn điện khác như sau:



Hình 52: Một số biển cảnh báo điện hình

5.2 An toàn khi làm việc trên mái nhà

Người VH&BD hệ thống ĐMTMN thường xuyên phải làm việc trên mái nhà, luôn đối mặt với nhiều nguy hiểm và rủi ro tiềm ẩn. Để đảm bảo an toàn cho người lao động, việc tuân thủ các quy định và nguyên tắc về an toàn khi làm việc trên cao là hết sức quan trọng.

Theo Circular 06/2020/TT-BLĐTBXH, làm việc trên cao là một trong 32 ngành nghề đặc biệt nguy hiểm. Do vậy cần tuân thủ nghiêm ngặt các quy định về an toàn lao động, cụ thể: Decree 44/2016/NĐ-CP; Circular 16/2021/TT-BXD (mục 2.7: làm việc trên cao), QCVN 23:2014/BLĐTBXH (mục 3.4: quản lý các loại dây, thiết bị và các bộ phận trong hệ thống chống rơi ngã cá nhân trong quá trình sử dụng), QCVN 18:2021/BXD (mục 2.19: làm việc trên cao và mái).



Hình 53: Trang bị đầy đủ bảo hộ lao động khi làm việc trên mái nhà

5.3 An toàn khi sử dụng ắc quy / pin lưu trữ

Ắc quy / pin lưu trữ đặc biệt nguy hiểm do những đặc tính sau:

- Axit trong ắc quy axit-chì có tính ăn mòn và có thể gây mù lòa;
- Pin lưu trữ Lithium-ion có chứa các kim loại nặng có thể gây ngộ độc;
- Ắc quy / pin lưu trữ khi bị chập điện sẽ phát ra dòng điện rất lớn có thể gây cháy, nổ.

Khi tiếp xúc trực tiếp với ắc quy / pin lưu trữ, người VH&BD phải hết sức cẩn thận & cần lưu ý các nội dung sau:

- Trang bị đầy đủ thiết bị bảo hộ lao động: khẩu trang, kính bảo hộ, găng tay cao su...
- Rửa tay ngay sau khi tiếp xúc;
- Dự phòng muối nở / bicarbonate soda để trung hòa nếu tràn axit (ắc quy axit-chì);
- Định kỳ kiểm tra tình trạng của ắc quy / pin lưu trữ khi kết nối với hệ thống hoặc kết nối với nhau;
- Ngắt kết nối ắc quy / pin lưu trữ khỏi hệ thống trước khi bảo dưỡng, sửa chữa;
- Sử dụng thiết bị nâng thích hợp để nâng / di chuyển ắc quy / pin lưu trữ;
- Kiểm tra nhiệt độ của pin Lithium-ion khi sử dụng;
- Đảm bảo luôn tuân thủ hướng dẫn sử dụng của nhà sản xuất.

Dưới đây là một số giải pháp xử lý khi gặp sự cố với ắc quy / pin lưu trữ:

Bảng 5: Xử lý khi gặp một số sự cố của ắc quy / pin lưu trữ

Sự cố	Cách khắc phục
Cháy hoặc nổ do ắc quy / pin	- Đám cháy nhỏ: chữa cháy bằng bình chữa cháy - Đám cháy lớn: liên hệ ngay với 114 
Đổ hoặc rò rỉ axit từ bình ắc quy	- Đổ lượng lớn axit ra sàn: ngăn chặn axit đổ ra khu vực khác bằng cát, xúc bỏ phần cát để vào khu vực xử lý - Rò rỉ lượng nhỏ axit: pha loãng bằng nước, lau chùi khu vực có axit. 
Dung dịch axit, dung dịch điện phân tiếp xúc với mắt	Rửa mắt liên tục bằng nước sạch & đưa đến cơ sở y tế gần nhất 
Dung dịch axit tiếp xúc với da	Rửa vùng da tiếp xúc với axit liên tục bằng nước sạch & đưa đến cơ sở y tế gần nhất 
Nuốt phải dung dịch điện phân	Uống thật nhiều nước để pha loãng dung dịch điện phân & đưa đến cơ sở y tế gần nhất 

5.4 An toàn cháy, nổ

5.4.1 Biện pháp phòng ngừa

Cháy, nổ hệ thống ĐMTMN có thể xuất phát từ nhiều nguyên nhân như:

- Tấm quang điện bị nứt vỡ, điểm nóng cục bộ gây sự cố trên mạch DC;
- Cắm ngược cực âm – dương của mạch DC hoặc đấu nhầm pha của mạch AC khi sửa chữa gây chập điện;
- Các mối nối có tiếp xúc kém; nứt, xước dây điện khi kéo dây sửa chữa làm xuất hiện hồ quang điện;
- Sự cố chạm đất, lỗi hệ thống tiếp địa...

Để hạn chế tối đa sự cố cháy, nổ xảy ra, chủ sở hữu và người vận hành phải áp dụng nghiêm ngặt các quy định của nhà nước về PCCC như: luật PCCC, Decree 136/2020/NĐ-CP, Decree 50/2024/NĐ-CP, Circular 149/2020/TT-BCA, Circular 32/2024/TT-BCA, QCVN 06:2022/BXD, TCVN 3890:2023, TCVN 5738:2021, TCVN 7336:2021 và các quy định khác của pháp luật về PCCC hiện hành trong việc thiết kế, xây dựng các hệ thống ĐMTMN (văn bản số 3288/CP07-P4 ngày 08/9/2020).

Tại phòng ắc quy / pin lưu trữ, cần bố trí biển “Cấm lửa” lắp đặt tại cửa ra vào



Hình 54: Biển báo "Cấm lửa"



Một số lưu ý trong PCCC đối với hệ thống ĐMTMN:

- Tấm quang điện và biển tần phải được lắp đặt tại khu vực có diện tích rộng, cách xa máy móc, thiết bị khác.
- Không lắp đặt tấm quang điện trên các vật dễ cháy (hạng nguy hiểm cháy nổ A, B).
- Cho phép sử dụng báo cháy tích hợp với hệ thống điều khiển và giám sát từ xa (SCADA).
- Hệ thống ĐMTMN phải được trang bị thiết bị dừng khẩn cấp; thiết bị này được bố trí ở gần biển tần và tủ đóng cắt. Tại các vị trí này phải niêm yết quy trình dừng khẩn cấp.
- Sơ đồ bố trí tấm quang điện và sơ đồ đấu nối hệ thống phải được gắn ở khu vực lên mái để phục vụ việc ngắt kết nối tấm quang điện khi có sự cố và công tác PCCC.



Hình 55: Tấm quang điện, biển tần và các thiết bị khác bị cháy, nổ



Hình 56: Vị trí lối tiếp cận lên mái và thang lên mái

5.4.2 Xử lý trong trường hợp hỏa hoạn

Trong trường hợp hỏa hoạn, lập tức thực hiện theo quy trình như sau:

1. Khi phát hiện cháy, hãy nhấn chuông báo động và thông báo cho những người xung quanh di tản tới vị trí an toàn;
2. Ngắt kết nối hệ thống ĐMTMN (nhấn nút dừng khẩn cấp tại tủ ACDB và biến tần hoặc tắt máy cắt tổng ACB) để ngăn nguy cơ cháy lan rộng;
3. Sử dụng bình chữa cháy loại C hoặc bình chữa cháy carbon dioxide (CO₂) để dập tắt đám cháy;
4. Nếu không thể ngăn chặn đám cháy, hãy gọi Cảnh sát cứu hỏa (114).



CẢNH BÁO

KHÔNG sử dụng bình chữa cháy nước bởi nó có thể gây điện giật.

Hướng dẫn sử dụng bình chữa cháy



Rút chốt an toàn



Cầm loa phun vào trung tâm đám cháy



Bóp chốt an toàn



Dập tắt đám cháy

Hình 57: Hướng dẫn sử dụng bình chữa cháy cầm tay

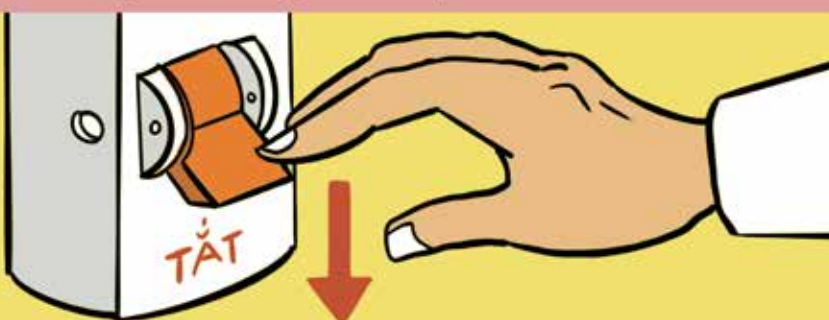
Quy trình xử lý khi xảy ra cháy

1



- Báo động: Hô hoán, đánh keng, ấn chuông báo cháy...

2



- Ngắt điện

3



- Sử dụng phương tiện chữa cháy ban đầu: Xô chậu, chăn chiên, bình chữa cháy, hòng nước chữa cháy vách tường...

4



- Gọi điện thoại báo cháy theo số 114

Hình 58: Quy trình xử lý khi xảy ra cháy

5.5 Biện pháp ứng phó thiên tai

Là quốc gia chịu ảnh hưởng lớn của biến đổi khí hậu, hàng năm Việt Nam phải hứng chịu nhiều loại hình thiên tai như mưa bão, lũ lụt, sạt lở, gió lốc,... với cường độ, tần suất, tính chất ngày càng nghiêm trọng, gây thiệt hại lớn về người và tài sản. Những yếu tố này có thể gây hư hại nghiêm trọng đến các thiết bị vận hành ngoài trời của hệ thống ĐMTMN. Do đó, việc thực hiện các giải pháp để ứng phó và giảm nhẹ thiệt hại do thời tiết, thiên tai gây ra là điều cần thiết để đảm bảo vận hành an toàn, hiệu quả và kéo dài tuổi thọ của thiết bị.



Hình 59: Tấm quang điện bị nứt vỡ, kẹp bị bung sau khi xảy ra bão

5.5.1 Thiết kế, lắp đặt có khả năng chống chịu thiên tai

- Chọn thiết bị, vật liệu đảm bảo chất lượng: Để hệ thống ĐMTMN có khả năng chống chịu trước thời tiết khắc nghiệt, việc lựa chọn vật liệu đạt tiêu chuẩn là yếu tố quan trọng. Tấm quang điện cần có khả năng chịu lực tốt, đặc biệt là chống va đập từ các vật thể bay trong gió lớn, bão.
- Khung giá đỡ vững chắc: Khung giá đỡ của các tấm quang điện phải được thiết kế chắc chắn, có khả năng chống lại sức gió mạnh. Nên sử dụng các loại khung được làm từ hợp kim nhôm được anốt hóa để giảm thiểu nguy cơ bị ăn mòn trong môi trường ẩm ướt, nhiễm mặn.
- Lắp đặt an toàn: Đảm bảo tấm quang điện được gắn chặt vào mái nhà, đối với mái tôn, mái ngói, phải cố định tấm quang điện vào xà gồ. Bu-lông cũng phải được xiết đủ lực (16 – 20 N.m) để tránh khung giá đỡ và tấm quang điện bị xô lệch khi gió bão.



Hình 60: Xiết bu-lông và kiểm tra lực lắp đặt

5.5.2 Dự phòng vật tư, thiết bị

- Dự trữ đèn pin, máy phát điện dự phòng, và các công cụ sửa chữa cơ bản để ứng phó trong trường hợp có sự cố về điện.
- Chuẩn bị vật tư như bạt, dây chằng, vật nặng để kịp thời gia cố các khu vực khi cần thiết.
- Dự phòng vật tư lưu kho thay thế để sẵn sàng khắc phục thiệt hại sau thiên tai.
- Dự trữ nước uống, thuốc men, và các vật dụng thiết yếu đề phòng trường hợp thiên tai gây cắt đứt giao thông hoặc mất điện.

5.5.3 Biện pháp phòng ngừa

1. **Giám sát thời tiết:** thường xuyên cập nhật thông tin về tình hình thời tiết và cảnh báo thiên tai⁶ để đưa ra các kế hoạch phòng ngừa tối thiểu rủi ro đến tài sản và hoạt động sản xuất, kinh doanh.
2. **Kiểm tra, gia cố trước khi thiên tai xảy ra:**
 - **Đối với khung giá đỡ:** có thể gia cố thêm các kẹp hoặc dây neo để giữ hệ thống vững chắc hơn. Dùng dây chằng để cố định thêm các khung giá đỡ tấm quang điện, lối đi, hệ thống máng cáp. Chú ý các khu vực dễ bị ảnh hưởng bởi gió mạnh.
 - **Đối với tấm quang điện:** kiểm tra các mối nối và cáp điện kết nối với các tấm quang điện để đảm bảo không bị lỏng lẻo hay hư hỏng.
 - **Đối với nhà biến tần:** kiểm tra hệ thống thông gió và các vị trí có thể bị nước mưa xâm nhập. Nếu cần, bố trí thêm vật liệu chống thấm như bạt che phủ xung quanh. Nếu có cảnh báo mưa lớn hoặc nguy cơ ngập lụt, di dời các thiết bị điện tử quan trọng như máy tính, tủ điều khiển, các thiết bị điện và tài liệu quan trọng đến nơi cao và khô ráo. Kiểm tra hệ thống mái tôn nhà biến tần và có phương án phù hợp với tình hình thực tế.
 - **Đối với hệ thống điện:** để đảm bảo an toàn, tắt toàn bộ hệ thống ĐMTMN (cả phía DC và AC) trước khi bão đổ bộ hoặc nhận được cảnh báo thiên tai. Kiểm tra tủ điện ACDB và hệ thống đấu nối, đảm bảo rằng tất cả các tủ điện ngoài trời được chống thấm tốt, có che chắn chắc chắn.
3. **Thông báo an toàn:** thông báo đến toàn bộ các nhân viên trong khu vực nhà máy trước khi bão vào để có biện pháp ứng phó phù hợp.

⁶ Theo dõi tin tức tại trang Web của Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia: <https://kttv.gov.vn/Kttvsite/vi-VN/1/index.html>



Hình 61: Gia cố tăng thêm kẹp cuối và buộc gọn đầu nối MC4

5.5.4 Biện pháp khi xảy ra thiên tai

- Không tiến hành bất kỳ hoạt động sửa chữa hay điều chỉnh nào trong khi bão, lũ,... đang xảy ra.
- Giữ cửa ra vào và cửa sổ luôn đóng kín. Nếu cần thiết, tăng cường bằng cách sử dụng vật nặng để chèn. Nhân viên vận hành phải luôn ở trong khu vực an toàn, không đứng gần tấm quang điện hoặc nhà biến tần khi bão đang diễn ra để tránh nguy cơ tai nạn do gió mạnh hoặc mưa lớn.
- Sẵn sàng sơ tán nếu có lệnh từ chính quyền hoặc khi tình hình trở nên nguy hiểm.

5.5.5 Biện pháp khắc phục

1. Kiểm tra hệ thống:

- Ngay sau khi điều kiện hiện trường cho phép, thực hiện kiểm tra tổng quát tất cả các vật tư thiết bị của hệ thống ĐMTMN.
- Nếu có tấm quang điện bị di chuyển hoặc hư hỏng và các thiết bị điện bị ảnh hưởng, tiến hành kiểm tra và lên danh mục để lập kế hoạch sửa chữa, thay thế.

2. Dọn dẹp và khắc phục hậu quả:

- Dọn dẹp cây cối, rác thải, và các vật bị gió cuốn bay có thể gây ảnh hưởng đến hoạt động của tấm quang và biến tần.
- Sửa chữa, thay thế các vật tư, thiết bị bị hư hỏng.

3. Khôi phục hoạt động:

- Kiểm tra tình trạng của biến tần và hệ thống điện. Đảm bảo không có nước xâm nhập vào bên trong biến tần và tủ điện. Nếu phát hiện có nước hoặc độ ẩm, cần tiến hành làm khô trước khi khởi động.
- Kiểm tra hệ thống điều hòa hoặc quạt thông gió trong nhà biến tần để đảm bảo không có hư hỏng.
- Sau khi đảm bảo hệ thống tủ điện an toàn và không có dấu hiệu chập cháy hoặc hư hỏng, tiến hành khôi phục lại nguồn điện cho toàn hệ thống. Chỉ khởi động lại (theo quy trình Khởi động - Dừng) khi các kiểm tra đã hoàn tất.

A photograph of two construction workers on a roof. They are wearing green long-sleeved shirts, blue jeans, yellow hard hats, and orange safety harnesses. They are working on a white, corrugated metal roof. The background shows a hazy landscape with hills and some buildings. A white arrow-shaped graphic points to the right, containing the text 'Phụ lục'.

Phụ lục

► **Phụ lục**

Phụ lục 1: Văn bản quy phạm pháp luật, tiêu chuẩn & quy chuẩn áp dụng

Bảng 6: Văn bản quy phạm pháp luật

STT	Văn bản quy phạm	Đơn vị ban hành	Ngày ban hành	Nội dung
1	Nghị định 44/2016/NĐ-CP	Chính phủ	15/05/2016	Quy định chi tiết một số điều của luật an toàn, vệ sinh lao động về hoạt động kiểm định kỹ thuật an toàn lao động, huấn luyện an toàn, vệ sinh lao động và quan trắc môi trường lao động
2	Nghị định 140/2018/NĐ-CP	Chính phủ	08/10/2018	Sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 44/2016/NĐ-CP
3	Nghị định 136/2020/NĐ-CP	Chính phủ	24/11/2020	Quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành luật phòng cháy và chữa cháy và luật sửa đổi, bổ sung một số điều của luật phòng cháy và chữa cháy
4	Nghị định 50/2024/NĐ-CP	Chính phủ	10/05/2024	Sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 136/2020/NĐ-CP
5	Nghị định 135/2024/NĐ-CP	Chính phủ	22/10/2024	Quy định cơ chế, chính sách khuyến khích phát triển điện mặt trời mái nhà tự sản xuất, tự tiêu thụ
6	Quyết định 19/2006/QĐ-BCN	Bộ Công Nghiệp	11/07/2006	Quy định Quy phạm trang bị điện
7	Thông tư 04/2011/TT-BCT	Bộ Công Thương	16/02/2011	Quy định Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về kỹ thuật điện
8	Thông tư 23/2013/TT-BKHCN	Bộ KH&CN	26/09/2013	Quy định về đo lường đối với phương tiện đo nhóm 2

STT	Văn bản quy phạm	Đơn vị ban hành	Ngày ban hành	Nội dung
9	Thông tư 28/2014/TT-BCT	Bộ Công Thương	15/09/2014	Quy định quy trình xử lý sự cố trong hệ thống điện quốc gia
10	Thông tư 44/2014/TT-BCT	Bộ Công Thương	28/11/2014	Quy định quy trình thao tác trong hệ thống điện quốc gia
	Thông tư 33/2015/TT-BCT	Bộ Công Thương	27/10/2015	Quy định về kiểm định an toàn kỹ thuật các thiết bị, dụng cụ điện
11	Thông tư 39/2015/TT-BCT	Bộ Công Thương	18/11/2015	Quy định hệ thống điện phân phối
12	Thông tư 42/2015/TT-BCT	Bộ Công Thương	01/12/2015	Quy định đo đếm điện năng trong hệ thống điện
13	Thông tư 07/2019/TT-BKHCN	Bộ KH&CN	26/07/2019	Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 23/2013/TT-BKHCN quy định về đo lường đối với phương tiện đo nhóm 2
14	Thông tư 30/2019/TT-BCT	Bộ Công Thương	18/11/2019	Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 25/2016/TT-BCT và Thông tư số 39/2015/TT-BCT
15	Thông tư 39/2020/TT-BCT	Bộ Công Thương	30/11/2020	Ban hành Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về an toàn điện
16	Thông tư 06/2020/TT-BLĐTBXH	Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội	20/08/2020	Ban hành danh mục công việc có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn, vệ sinh lao động
17	Thông tư 149/2020/TT-BCA	Bộ Công An	31/12/2020	Quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành luật phòng cháy và chữa cháy và luật sửa đổi, bổ sung một số điều của luật phòng cháy và chữa cháy và Nghị định số 136/2020/NĐ-CP

STT	Văn bản quy phạm	Đơn vị ban hành	Ngày ban hành	Nội dung
18	Thông tư 05/2021/TT-BCT	Bộ Công Thương	02/08/2021	Quy định chi tiết một số nội dung về an toàn điện
19	Thông tư 16/2021/TT-BXD	Bộ Xây Dựng	20/12/2021	Ban hành QCVN 18:2021/BXD quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong thi công xây dựng
20	Thông tư 06/2022/TT-BXD	Bộ Xây Dựng	30/11/2022	Ban hành QCVN 06:2022/BXD quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình
21	Thông tư 39/2022/TT-BCT	Bộ Công Thương	30/12/2022	Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 25/2016/TT-BCT, Thông tư số 39/2015/TT-BCT và Thông tư số 30/2019/TT-BCT
22	Thông tư 09/2023/TT-BXD	Bộ Xây Dựng	16/10/2023	Ban hành sửa đổi 1:2023 QCVN 06:2022/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình
23	Thông tư 32/2024/TT-BCA	Bộ Công An	10/07/2024	Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 149/2020/TT-BCA và Thông tư số 08/2018/TT-BCA
24	Thông tư 12/2024/TT-BCT	Bộ Công Thương	01/08/2024	Sửa đổi, bổ sung một số Thông tư của Bộ trưởng Bộ Công Thương liên quan đến điều độ, vận hành hệ thống điện quốc gia và thị trường điện
25	Văn bản 2075/C07-P4	Cục cảnh sát PCCC và CNCH	09/08/2022	Hướng dẫn công tác thẩm duyệt thiết kế, nghiệm thu về phòng cháy chữa cháy
26	Văn bản 98/C07-P4	Cục cảnh sát PCCC và CNCH	12/01/2023	Hướng dẫn một số nội dung áp dụng QCVN 06:2022/BXD

Bảng 7: Các tiêu chuẩn, quy chuẩn

STT	TCVN	Tiêu chuẩn quốc tế tương đương	Nội dung
1	QCVN 23:2014/BLĐTBXH	-	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với hệ thống chống rơi ngã cá nhân
2	QCVN 01:2020/BCT	-	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn điện
3	QCVN 18:2021/BXD	-	Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về an toàn trong thi công xây dựng
4	TCVN 6783:2000	-	Ngăn và bình acqui dùng cho hệ thống năng lượng quang điện - Yêu cầu chung và phương pháp thử nghiệm
5	TCVN 9358:2012	-	Lắp đặt hệ thống nối đất thiết bị cho các công trình công nghiệp - Yêu cầu chung
6	TCVN 9358:2012	-	Chống sét cho công trình xây dựng - Hướng dẫn thiết kế, kiểm tra và bảo trì hệ thống
7	TCVN 10896:2015	IEC 61646:2008	Mô-đun quang điện màng mỏng mặt đất (PV) – Chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu
8	TCVN 6781-1:2017	IEC 61215-1:2016	Môđun quang điện (PV) mặt đất - Phần 1: Yêu cầu thử nghiệm
9	TCVN 6781-1-1:2017	IEC 61215-1-1:2016	Môđun quang điện (PV) mặt đất - Chất lượng thiết kế phê duyệt kiểu - Phần 1-1: Yêu cầu cụ thể đối với thử nghiệm môđun quang điện (PV) tinh thể silic
10	TCVN 6781-2:2017	IEC 61215-2:2016	Môđun quang điện (PV) mặt đất - Chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu - Phần 2: Quy trình thử nghiệm
11	TCVN 11855-1:2017	IEC 62446-1 (2016-01)	Hệ thống quang điện (PV) - Yêu cầu thử nghiệm, tài liệu và bảo trì - Phần 1: Hệ thống nối lưới - Tài liệu, thử nghiệm nghiệm thu và kiểm tra
12	TCVN 12230:2019	IEC TS 62910:2015	Bộ nghịch lưu quang điện nối lưới – Quy trình thử nghiệm dùng cho các phép đo khả năng bỏ qua điện áp thấp

STT	TCVN	Tiêu chuẩn quốc tế tương đương	Nội dung
13	TCVN 12231-1:2019	IEC 62109-1:2010	An toàn của bộ chuyển đổi điện dùng trong hệ thống quang điện (PV) - Phần 1: Yêu cầu chung
14	TCVN 12231-2:2019	IEC 62109-2:2011	An toàn của bộ chuyển đổi dùng trong hệ thống quang điện – Phần 2: Yêu cầu cụ thể đối với bộ nghịch lưu
15	TCVN 12232-1:2019	IEC 61730-1:2016	An toàn của môđun quang điện (PV) - Phần 1: yêu cầu về kết cấu
16	TCVN 12232-2:2019	IEC 61730-2:2016	An toàn của môđun quang điện (PV) - Phần 2: Yêu cầu thử nghiệm
17	TCVN 7447-7-712:2019	IEC 60364-7-712:2017	Hệ thống lắp đặt điện hạ áp – Phần 7-712: Yêu cầu đối với hệ thống lắp đặt đặc biệt hoặc khu vực đặc biệt – Hệ thống nguồn quang điện mặt trời
18	TCVN 12718:2019	IEC 62852:2014	Bộ nối dùng cho ứng dụng điện một chiều trong hệ thống quang điện - Yêu cầu an toàn và thử nghiệm
19	TCVN 12672:2019	IEC 62930:2017	Cáp điện dùng cho hệ thống quang điện có điện áp một chiều danh định 1,5 kV
20	TCVN 12673:2020	IEC 62894:2016	Bộ nghịch lưu quang điện – Tờ dữ liệu và tấm nhãn
21	TCVN 12674:2020	IEC 61683:1999	Hệ thống quang điện – Bộ ổn định công suất – Quy trình đo hiệu suất
22	TCVN 12675:2020	IEC 62790:2014	Hộp kết nối dùng cho môđun quang điện – Yêu cầu an toàn và thử nghiệm
23	TCVN 12676:2020	IEC 62548:2016	Dàn quang điện – Yêu cầu thiết kế
24	TCVN 12677:2020	IEC 61829:2015	Dàn quang điện – Phép đo đặc tính dòng điện-điện áp tại hiện trường
25	TCVN 12678-1:2020	IEC 60904-1:2006	Thiết bị quang điện – Phần 1: Phép đo đặc tính dòng điện-điện áp quang điện

STT	TCVN	Tiêu chuẩn quốc tế tương đương	Nội dung
26	TCVN 12678-1-1:2020	IEC 60904-1-1:2017	Thiết bị quang điện – Phần 1-1: Phép đo đặc tính dòng điện-điện áp quang điện của thiết bị quang điện nhiều lớp tiếp giáp
27	TCVN 12678-2:2020	IEC 60904-2:2015	Thiết bị quang điện – Phần 2: Yêu cầu đối với thiết bị chuẩn quang điện
28	TCVN 12678-3:2020	IEC 60904-3:2016	Thiết bị quang điện – Phần 3: Nguyên lý đo dùng cho thiết bị quang điện mặt đất với dữ liệu phổ bức xạ chuẩn
29	TCVN 12678-4:2020	IEC 60904-4:2009	Thiết bị quang điện – Phần 4: Thiết bị chuẩn quang điện – Quy trình thiết lập liên kết chuẩn hiệu chuẩn
30	TCVN 12678-5:2020	IEC 60904-5:2011	Thiết bị quang điện – Phần 5: Xác định nhiệt độ tương đương của tế bào của thiết bị quang điện bằng phương pháp điện áp hở mạch
31	TCVN 12678-7:2020	IEC 60904-7:2008	Thiết bị quang điện – Phần 7: Tính toán hiệu chỉnh sự không phù hợp phổ đối với các phép đo của thiết bị quang điện
32	TCVN 12678-8:2020	IEC 60904-8:2014	Thiết bị quang điện – Phần 8: Phép đo đáp ứng phổ của thiết bị quang điện
33	TCVN 12678-8-1:2020	IEC 60904-8-1:2017	Thiết bị quang điện – Phần 8-1: Phép đo đáp ứng phổ của thiết bị quang điện nhiều lớp tiếp giáp
34	TCVN 12678-9:2020	IEC 60904-9:2007	Thiết bị quang điện – Phần 9: Yêu cầu về tính năng của bộ mô phỏng mặt trời
35	TCVN 12678-10:2020	IEC 60904-10:2009	Thiết bị quang điện – Phần 10: Phương pháp đo độ tuyến tính
36	TCVN 13083-1:2020	IEC 61724-1:2017	Tính năng của hệ thống quang điện – Phần 1: Theo dõi
37	TCVN 13083-2:2020	IEC TS 61724-2:2016	Tính năng của hệ thống quang điện -Phần 2: phương pháp đánh giá công suất

STT	TCVN	Tiêu chuẩn quốc tế tương đương	Nội dung
38	TCVN 13083-3:2020	IEC TS 61724-3:2016	Tính năng của hệ thống quang điện - Phần 3: phương pháp đánh giá năng lượng
39	TCVN 6781-1-2:2020	IEC 61215-1-2:2016	Môđun quang điện (PV) mặt đất – Chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu – Phần 1-2: Yêu cầu cụ thể đối với thử nghiệm môđun quang điện (PV) màng mỏng Cadmium Telluride (CdTe)
40	TCVN 6781-1-3:2020	IEC 61215-1-3:2016	Môđun quang điện (PV) mặt đất – Chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu – Phần 1-3: Yêu cầu cụ thể đối với thử nghiệm môđun quang điện (PV) màng mỏng silic vô định hình
41	TCVN 6781-1-4:2020	IEC 61215-1-4:2016	Môđun quang điện (PV) mặt đất – Chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu – Phần 1-4: Yêu cầu cụ thể đối với thử nghiệm môđun quang điện (PV) màng mỏng Cu(In,Ga)(S,Se) ₂
42	TCVN 13084-1:2020	IEC 62805-1:2017	Phương pháp đo kính quang điện – Phần 1: Đo độ đục tổng và phân bố phổ độ đục
43	TCVN 13084-2:2020	IEC 62805-2:2017	Phương pháp đo kính quang điện – Phần 2: Đo độ truyền qua và độ phản xạ
44	TCVN 8251:2021	-	Thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời – Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử
45	TCVN 5738: 2021	-	Phòng cháy chữa cháy – Hệ thống báo cháy – Yêu cầu kỹ thuật
46	TCVN 7336 : 2021	-	Phòng cháy chữa cháy – Hệ thống chữa cháy tự động bằng nước, bọt – Yêu cầu thiết kế và lắp đặt
47	TCVN 3890:2023	-	Phòng cháy chữa cháy - Phương tiện phòng cháy và chữa cháy cho nhà và công trình - Trang bị, bố trí

Phụ lục 2: Tính toán tỷ lệ hiệu suất (PR)

Tham khảo bảng tính toán tỷ lệ hiệu suất (PR) kèm theo.

PERFORMANCE RATIO CALCULATION									
$\text{Performance Ratio, PR} = \frac{\sum_{j=1}^N E_j}{\left(\frac{P_{nom} \cdot \tau_j}{G} \right) \cdot \sum_{j=1}^N GPOA_j \cdot (1 - \beta \cdot (T_{ref} - T_{meas_j}))}$									
Where: E_j: daily energy yield (kWh) P_{nom}: Peak power of RTS system (kWp) τ_j: time duration of the jth reporting period (hours), 0.25 G: Standard irradiance, 1000W/m² $GPOA$: Plane-of Array irradiation (kWh/m²) T_{ref}: the reference PV cell temperature T_{measj}: the measured temperature from module j: index running over all period N: total number of period									
Installed Capacity, kWp		2,171							
Area of array, Av (m2)		10,217							
Efficiency of V module, Nmod (%)		21.4%							
Temperature Coefficient (%)		- 0.0034							
Jan 2024	E [kWh]	C [kWh]	GPOA Irradiance (kWh/m ²)	T(ref) [°C]	Tmeas [°C]	β*(Tref-Tmeasj)	Performance Ratio (%)	Note	
Date	Measured Energy reduction Over the Day	Curtailed Energy Over the Day	Average Irradiation	Reference PV Cell Temperature	Measured Temperature from Module	Coefficient			
01/01/2024	7,867.00		4.557	45.0	26.6	-0.06	74.85%	Cleaning	
02/01/2024	7,940.00		4.644	45.0	26.5	-0.06	74.11%	Cleaning	
03/01/2024	8,829.00		5.149	45.0	27.5	-0.06	74.56%	Cleaning	
04/01/2024	8,077.00		4.717	45.0	28.9	-0.05	74.79%	Cleaning	
05/01/2024	7,721.00		4.442	45.0	29.900	-0.05	76.17%		
06/01/2024	6,305.00		3.611	45.0	31.100	-0.05	76.81%		
07/01/2024	6,071.00		3.432	45.0	32.300	-0.04	78.12%		
08/01/2024	9,303.00		5.406	45.0	33.500	-0.04	76.29%		
09/01/2024	7,744.00		4.462	45.0	34.800	-0.03	77.28%		
Total	267,165	-	157.803				79.31%		

Hình 62: Mẫu công cụ tính toán PR trên Excel

Phụ lục 3: Dự phòng lưu kho vật tư

Do quy mô, cấu hình và điều kiện vận hành của các hệ thống ĐMTMN là khác nhau, số lượng vật tư dự phòng lưu kho là khác nhau đối với từng hệ thống ĐMTMN. Tuy nhiên, đối với hệ thống ĐMTMN quy mô công nghiệp và thương mại (trên 100kW), tỷ lệ dự phòng lưu kho vật tư thông thường được khuyến cáo là 01% (nhưng tối thiểu là 01 đơn vị) số lượng thiết bị lắp đặt trong hệ thống. Các hệ thống ĐMTMN quy mô nhỏ (dưới 100kW) không cần thiết phải dự phòng lưu kho vật tư.

Dưới đây là danh sách linh kiện dự phòng lưu kho thông thường được đề xuất cho một hệ thống ĐMTMN công suất 1MW:

Bảng 8: Danh sách linh kiện dự phòng được đề xuất cho hệ thống 1MW

STT	Hạng mục	Số lượng	Đơn vị tính
1	Biến tần	1	Chiếc
2	Tấm quang điện	10	Tấm
3	Giá đỡ chữ L	10	Chiếc
4	Kẹp cuối	30	Chiếc
5	Kẹp giữa	30	Chiếc
6	Tấm phân nhóm	30	Chiếc
7	Cáp DC tiết diện 4/6 mm ² (đen)	100	m
8	Cáp DC tiết diện 4/6 mm ² (đỏ)	100	m
9	Cáp DC tiết diện 35 mm ² (đen)	200	m
10	Cáp DC tiết diện 50 mm ² (đỏ)	300	m
11	Đầu nối MC4 đực	10	Chiếc
12	Đầu nối MC4 cái	10	Chiếc

Phụ lục 4: Công cụ và dụng cụ thường dùng

 Giày bảo hộ	 Mũ bảo hộ	 Găng tay cách điện
 Dây đai bảo hộ & áo phản quang	 Đồng hồ kẹp dòng đa năng	 Đồng hồ đo điện trở cách điện
 Thiết bị bay không người lái chụp ảnh nhiệt	 Máy chụp ảnh nhiệt cầm tay	 Đồng hồ đo điện trở tiếp xúc
 Bút thử điện	 Kim điện	 Dây cứu sinh
 Tua vít 4 cạnh	 Kim cắt điện	 Bộ lục giác



Cọ vệ sinh



**Bộ dụng cụ đa năng
cho ĐMTMN**



Giẻ lau công nghiệp



Cờ lê



Máy bơm áp lực cấp



Dây bơm áp lực



Rulo điện



Cây lau chổi xoay



Rô-bốt vệ sinh tấm quang điện

Phụ lục 5: Tần suất bảo trì phòng ngừa

Bảng 9: Tần suất bảo trì phòng ngừa⁵

Hạng mục	Hoạt động	Mô tả	Tần suất	Lưu ý
Tấm quang điện	Kiểm tra	Xác định mức độ bụi bẩn, có lá cây hay vật lạ che bề mặt tấm quang điện	Hàng tháng	
		Kiểm tra dấu hiệu hao mòn hoặc hư hỏng của hộp nối dây, chẳng hạn như kết nối bị lỏng hoặc bị ẩm	6 tháng / lần	
		Thực hiện chụp ảnh nhiệt để kiểm tra các điểm nóng cục bộ (đối với hệ thống > 100 kW)	Hàng năm	Sử dụng máy chụp ảnh nhiệt hoặc thiết bị bay không người lái chuyên dụng
		Kiểm tra các tấm quang điện xem có hư hỏng nào không	Hàng năm	Ghi lại vị trí và số sê-ri của các tấm quang điện bị hỏng
	Vệ sinh	Dọn sạch lá cây, tổ chim, phân chim... phát quang tán cây lớn xung quanh	03-06 tháng / lần hoặc theo điều kiện tại hiện trường	Không sử dụng bàn chải, hay bất kỳ loại dung môi hoặc chất tẩy rửa mạnh.
		Làm sạch bụi bằng nước sạch và/hoặc nước pha với chất tẩy rửa chuyên dụng		
Khung giá đỡ	Kiểm tra	Kiểm tra trực quan độ ổn định, độ cứng vững, đảm bảo không bị xô lệch, gãy đổ	Hàng quý	Siết chặt các thanh ray, bu lông và kẹp giữa tấm quang điện & khung giá đỡ
		Kiểm tra căn chỉnh: Đảm bảo tất cả các khung và giá đỡ được căn chỉnh đúng cách để tránh gây áp lực lên các tấm quang điện	06 tháng / lần	

⁵ Tùy theo thực tế vận hành của hệ thống ĐMTMN, danh mục này có thể được điều chỉnh, bổ sung

Hạng mục	Hoạt động	Mô tả	Tần suất	Lưu ý
Khung giá đỡ	Kiểm tra	Kiểm tra độ ăn mòn	2 năm / lần	
Biến tần	Kiểm tra	Quan sát các chỉ số hoạt động tức thời trên mặt của biến tần để đảm bảo không có bất thường trong các thông số hiển thị cũng như sản lượng điện năng đã phát	Hàng quý	
		Thực hiện chụp ảnh nhiệt để kiểm tra kết nối điện	Hàng quý	Sử dụng camera hồng ngoại
		Kiểm tra sự phá hoại của côn trùng	Hàng tuần	
		Kiểm tra khu vực đặt biến tần để bảo trì thiết bị nếu cần	Hàng tuần	
	Cập nhật phần mềm	Đảm bảo phần mềm của biến tần được cập nhật để có hiệu suất và bảo mật tối ưu	Hàng tháng	
	Vệ sinh	Làm sạch bộ lọc không khí	Hàng tháng	Thay thế bộ lọc không khí nếu cần
Thiết bị lưu trữ (nếu có)	Kiểm tra	Kiểm tra nếu phát hiện tích tụ cacbon trên các cực của pin	Hàng tháng	Nếu phát hiện, vệ sinh các đầu cực
	Theo dõi	Đảm bảo hệ thống BMS hoạt động chính xác và cập nhật nếu cần thiết	Hàng tháng	
		Đo điện áp của các loại ắc quy / pin khác nhau theo ngưỡng của chúng	Hàng tháng	
		Ghi chép và lưu trữ thông số trạng thái sạc pin (SoC)	Hàng năm	

⁵ Tùy theo thực tế vận hành của hệ thống ĐMTMN, danh mục này có thể được điều chỉnh, bổ sung

Hạng mục	Hoạt động	Mô tả	Tần suất	Lưu ý
Tủ phân phối AC	Kiểm tra tủ	Kiểm tra xem tủ có bị ăn mòn, rỉ nước hoặc côn trùng xâm nhập không	Hàng quý	
		Kiểm tra khả năng đóng cắt và hư hỏng của công tắc và cầu dao	Hàng quý	
		Đo điện áp / dòng điện đầu vào, đầu ra	Hàng quý	
		Kiểm tra xem có bất kỳ kết nối lỏng lẻo nào không	Hàng quý	
	Kiểm tra thiết bị bảo vệ	Kiểm tra chống sét lan truyền có hoạt động bình thường không và thay thế nếu cần	06 tháng / lần	
		Kiểm tra cầu chì còn nguyên vẹn, hoạt động tốt hay không	Hàng quý	
		Hoạt động của bộ thiết bị bảo vệ chống dòng rò (RCD) (nếu có)	Hàng quý	
		Hoạt động của các thiết bị cách ly chuỗi tấm quang điện (Isolator) và thiết bị dừng khẩn cấp (nếu có)	Hàng quý	
Hệ thống tiếp địa	Kiểm tra	Kiểm tra hệ thống nối đất an toàn, nối đất chống sét hoạt động bình thường	Hàng năm	
		Kiểm tra độ kín của các mối nối	Hàng năm	
		Kiểm tra độ ăn mòn dây nối đất	Hàng năm	
	Đo lường	Đo điện trở nối đất	Hàng năm	Ghi chép & xác nhận giá trị nằm trong giới hạn được chấp nhận

Hạng mục	Hoạt động	Mô tả	Tần suất	Lưu ý
Cáp AC / DC	Kiểm tra	Kiểm tra hệ thống cáp xem có dấu hiệu nứt, hư hỏng, kết nối lỏng lẻo, nóng, hồ quang, ngắn mạch hoặc hở & lỗi nối đất không	06 tháng / lần	
		Thực hiện chụp ảnh nhiệt để kiểm tra các kết nối điện	06 tháng / lần	Sử dụng camera hồng ngoại
Hệ thống đo đếm	Kiểm tra, xác nhận	Giám sát & kiểm tra số liệu đo đếm tại chỗ, xác nhận chỉ số công tơ với công ty điện lực	Hàng tháng hoặc theo yêu cầu của Công ty điện lực	Đảm bảo rằng công tơ đang hoạt động & ghi nhận sản lượng tương đương với sản lượng được ghi nhận qua hệ thống quản lý, giám sát
Hệ thống quản lý, giám sát	Giám sát	Giám sát hoạt động & hiệu suất hàng ngày	Hàng ngày	
	Cập nhật phần mềm	Đảm bảo hệ thống phần mềm được cập nhật	06 tháng / lần	
Hàng lưu kho	Quản lý	Quản lý lưu kho linh kiện	Khi cần thiết	
Nhật ký theo dõi	Ghi chép	Ghi lại tất cả các hoạt động VH&BD vào sổ làm việc dành cho nhân viên	Liên tục, khi có sự kiện	
Tổng thể hệ thống	Kiểm tra vấn đề về động vật hoang dã	Kiểm tra hệ thống xem có dấu hiệu cho thấy động vật hoang dã xâm nhập hoặc gây hư hại không	Hàng tháng	
	Kiểm tra hiện trường	Kiểm tra thường xuyên hiện trường các thay đổi có thể ảnh hưởng đến hiệu suất hệ thống, như bóng che mới hoặc tích tụ mảnh vụn	Hàng tháng	

Phụ lục 6: Khắc phục những sự cố thường gặp

Bảng 10: Khắc phục những sự cố thường gặp

STT	Hiện tượng	Nguyên nhân	Cách xử lý
I	Biến tần		
1	Biến tần không được BẬT	Công tắc nguồn bị lỗi	Mang đến trung tâm dịch vụ để sửa chữa
		Biến tần bị ngắt	Đóng lại công tắc DC
2	Biến tần tắt liên tục	Quá áp hoặc thấp áp	Kiểm tra điện áp và dòng điện đầu vào, đảm bảo biến tần được cấu hình để xử lý các điều kiện điện áp cục bộ và cập nhật phần mềm nếu cần
3	Biến tần hiển thị mã lỗi	Các vấn đề kết nối với cảm biến	Kiểm tra kết nối với cảm biến và tấm quang điện, tham khảo hướng dẫn sử dụng biến tần để giải thích mã lỗi và thực hiện các bước khắc phục sự cố được đề xuất
4	Sản lượng điện khác biệt lớn so với lần kiểm tra định kỳ trước đó	Bức xạ mặt trời thấp trong một thời gian dài	Nếu hệ thống có bộ giám sát thời tiết, ghi lại toàn bộ dữ liệu bức xạ và sản lượng của hệ thống để tính toán và so sánh hiệu suất
		Cầu chì bị nổ, nhảy công tắc hoặc dây bị đứt	Sử dụng von kế và đồng hồ vạn năng để đo điện áp và dòng điện đầu vào phía DC Tương tự, đo điện áp và dòng điện phía AC
5	Âm thanh báo động phát ra liên tục	Quá tải	Ngắt kết nối phụ tải
		Quạt làm mát bị kẹt	Làm sạch quạt gió, nếu không giải quyết được, ngắt biến tần ra bảo dưỡng sửa chữa
6	Biến tần tạo ra tiếng ồn ào	Tiếng gió	Điều này là bình thường, không cần bất kỳ hành động nào
		Tiếng ồn vo ve được tạo ra bởi sóng hài	Điều này là bình thường, không cần bất kỳ hành động nào
		Quá nhiều tiếng ồn của quạt	Làm sạch quạt Hút bụi làm sạch biến tần Kiểm tra quạt bị lỗi Nếu không giải quyết được vấn đề, ngắt biến tần ra bảo dưỡng sửa chữa

STT	Hiện tượng	Nguyên nhân	Cách xử lý
7	Dữ liệu không nhất quán từ hệ thống giám sát	Các vấn đề kết nối với thiết bị giám sát	Kiểm tra kết nối và cấu hình của thiết bị giám sát và đảm bảo phần mềm được cập nhật
II	Tấm quang điện		
1	Hệ thống ĐMTMN không hoạt động (không có dòng và hiệu điện thế đầu ra)	Điểm đấu nối bị lỏng, gỉ sét, làm mất kết nối	Đấu nối lại Thay mới thiết bị đấu nối
		Tấm quang điện bị hỏng, nứt vỡ	Thay mới tấm quang điện Tìm nguyên nhân tác động làm tấm quang điện hỏng & xử lý
		Lắp đặt, đấu nối sai	Kiểm tra sơ đồ lắp đặt, cách thức đấu nối, lắp đặt và đấu nối lại
2	Tấm quang điện có hiệu điện thế, nhưng không có dòng	Tấm quang điện bị lỗi do nhà sản xuất	Thay tấm quang điện mới
3	Tấm quang điện bị tách lớp hoặc có bóng khí	Vật liệu kém chất lượng hoặc lỗi sản xuất	Kiểm tra xem có hư hỏng vật lý không, nếu phát hiện thấy hiện tượng tách lớp, liên hệ với nhà sản xuất để yêu cầu bảo hành hoặc thay thế
4	Có điểm nóng cục bộ	Bụi, rác gây điểm nóng cục bộ	Vệ sinh các tấm quang điện để loại bỏ bụi và rác, kiểm tra các tấm bị hỏng và thay thế
5	Nước thấm vào tấm quang điện	Độ kín khí kém hoặc hư hỏng vỏ bảo vệ	Kiểm tra xem có bị hư hỏng hoặc kín khí kém không, đảm bảo lắp đặt đúng cách để ngăn nước xâm nhập, thay thế tấm quang điện bị hư hỏng
6	Chuỗi tấm quang điện hoạt động với hiệu suất thấp bất thường	Tấm quang điện bẩn do bụi, do tác động của động vật. Bề mặt tấm quang điện bị che khuất bởi cây cỏ...	Vệ sinh tấm quang điện, phát quang bụi rậm, cây cối xung quanh

STT	Hiện tượng	Nguyên nhân	Cách xử lý
7	Hệ thống ĐMTMN luôn hoạt động với hiệu suất thấp	Tấm quang điện bị lỗi do quá trình sản xuất	Thay thế tấm quang điện mới
		Lắp đặt không đúng cách	Điều chỉnh hướng lắp đặt sao cho các tấm quang điện nhận được nhiều bức xạ nhất từ mặt trời
8	Khung nhôm bị nhiễm điện	Các tế bào quang điện bị phân tách, hở mạch điện làm dẫn điện tới các cạnh của tấm quang điện	Thay thế tấm quang điện mới
9	Cháy hộp nối dây	Do đầu nối không tốt	Thay hộp nối dây hoặc tấm quang điện mới

Phụ lục 7: Vệ sinh hiệu quả tấm quang điện bị bám bẩn khó lau chùi

Phương pháp vệ sinh tấm quang điện thông dụng nhất là sử dụng nước sạch thông thường. Tuy nhiên, tại các khu vực lắp đặt ĐMTMN có nhiều bụi, khu vực ô nhiễm nặng như tại các nhà máy hóa chất, gang thép, xi măng, các khu vực xây dựng,... sử dụng nước để vệ sinh là không đủ đảm bảo làm sạch.

Các tấm quang điện cũng thường được phủ lớp chống phản xạ trên bề mặt kính, làm giảm sự phản xạ và tăng khả năng truyền ánh sáng mặt trời qua lớp kính. Tuy nhiên, vật liệu phủ chống phản xạ được sử dụng là vật liệu nano có kích thước chỉ khoảng 10-30 nm nên rất dễ bị hư hỏng nếu vệ sinh bề mặt tấm quang điện không đúng cách.

Do đó, đối với các tấm quang điện bị bám bẩn khó vệ sinh như dầu mỡ, bụi sắt, bụi xi măng... cần phải sử dụng các hóa chất tẩy rửa để tăng hiệu quả làm sạch trong các trường hợp này.

Tuy nhiên, các thành phần khác của tấm quang điện như khung nhôm và viền cao su là những vật liệu nhạy cảm với axit hoặc kiềm, gây ra hiện tượng ăn mòn theo thời gian hoặc biến tính không phục hồi được. Do đó, nếu sử dụng chất tẩy rửa hóa học và chất phụ gia làm sạch có tính axit hoặc kiềm sẽ có khả năng gây hư hỏng cho tấm quang điện.

Chất tẩy rửa như xà phòng cũng không được khuyến khích sử dụng do chúng có tính kiềm và có thể để lại một lớp màng mỏng trên bề mặt nếu không được rửa sạch, ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ ánh sáng của tấm quang điện cũng như đẩy nhanh quá trình bám bụi trở lại.

Các thử nghiệm được tiến hành cho thấy nhiều chất tẩy rửa thông thường trên thị trường, ngay cả ở nồng độ ứng dụng được khuyến nghị, cũng làm hỏng các thành phần của tấm quang điện, đặc biệt là lớp phủ chống phản xạ trên bề mặt⁶.

Ngoài ra, việc sử dụng các hóa chất tẩy rửa có hại cho môi trường mà không có phương án thu gom nước sau khi vệ sinh sẽ có nguy cơ gây ô nhiễm nguồn nước và đất tại khu vực.



Hình 63: Nước thải từ quá trình vệ sinh tấm quang điện

⁶ Theo nghiên cứu của Viện Fraunhofer về vi cấu trúc vật liệu và hệ thống IMWS ([How cleaning agents can damage photovoltaic modules - Fraunhofer IMWS](https://www.fraunhofer-imws.de/en/How_cleaning_agents_can_damage_photovoltaic_modules))

Do đó, trong những trường hợp cần làm sạch các tấm quang điện bị bám bẩn khó vệ sinh, cần sử dụng các chất tẩy rửa phù hợp, đảm bảo an toàn cho các thành phần của tấm quang điện cũng như môi trường. Theo đó, các chất tẩy rửa thân thiện với vật liệu, hiệu quả cao và có thể phân hủy sinh học có thể được sử dụng hoặc pha trộn cùng với nước sạch theo tỷ lệ nhất định để làm sạch bề mặt tấm quang điện.



Hình 64: Tấm quang điện trước và sau khi được vệ sinh bằng hóa chất tẩy rửa phân hủy sinh học chuyên dụng⁷



Hình 65: Tốc độ bám bụi giảm rõ rệt sau khi vệ sinh tấm quang điện bằng hóa chất tẩy rửa phân hủy sinh học chuyên dụng

⁷ Kết quả từ quá trình sử dụng chất tẩy rửa sinh học Rivolta P.H.C. <https://www.bremer-leguill.de/en/branche/photovoltaic>

Phụ lục 8: Danh mục kiểm tra bảo trì

Bảng 11: Danh mục kiểm tra bảo trì

STT	Danh mục kiểm tra bảo trì	Yêu cầu đạt được	Kết quả		Ghi chú
			Đạt	Không đạt	
I	Kiểm tra điều kiện môi trường				
1	Kiểm tra ngoại quan chống thấm tại các vị trí khung giá đỡ liên kết với mái nhà/sàn nhà	Đảm bảo mái nhà không bị dột			
2	Kiểm tra bóng che xung quanh hệ thống	Tấm quang điện không bị che bóng hoặc chuỗi bị che bóng đã được kết nối riêng			
3	Kiểm tra cảm biến bức xạ và cảm biến môi trường (nếu có)	Đảm bảo cảm biến được lắp cố định, các cảm biến không bị che bóng không bị bụi che phủ			
II	Kiểm tra các thông số đo				
1	Đo điện trở cách điện, giá trị điện áp hở mạch (Voc), điện áp hoạt động (Vmpp), dòng điện hoạt động (Impp) và dòng điện ngắn mạch (Isc) chuỗi tấm quang điện	Ghi lại trong biên bản đo đạc. Phân tích đặc tính I-V của tấm quang điện.			
2	Đo điện áp pha (Up), điện áp dây (Ud), dòng làm việc (Ib), công suất của các biến tần	Ghi lại trong biên bản đo đạc			
III	Kiểm tra tấm quang điện				
1	Kiểm tra các tấm quang điện bằng ngoại quan và camera nhiệt	Đảm bảo không có tấm quang điện nào bị lỗi (hotspot, tách lớp, nứt, vỡ, bị đổi màu....)			
2	Kiểm tra đầu nối các tấm quang điện	Không có hiện tượng cháy đầu nối MC4 giữa các tấm quang điện			
3	Loại bỏ lá khô, rác.... trên bề mặt tấm quang điện	Đảm bảo không có lá khô, rác trên bề mặt tấm quang điện			
4	Kiểm tra điểm đấu nối giữa chuỗi tấm quang điện và biến tần bằng camera nhiệt	Đảm bảo tiếp xúc tốt			

STT	Danh mục kiểm tra bảo trì	Yêu cầu đạt được	Kết quả		Ghi chú
			Đạt	Không đạt	
5	Kiểm tra độ bụi bẩn, vật lạ bám trên bề mặt tấm quang điện	Ghi lại thông tin			
6	Kiểm tra khung tấm quang điện	Đảm bảo không bị rỉ sét và ăn mòn			
7	Kiểm tra tình trạng máng cáp và giá đỡ	Đảm bảo máng cáp không bị rỉ sét, không bị bung nắp			
8	Kiểm tra hệ thống dây dẫn DC	Đảm bảo rằng hệ thống dây DC được an toàn và không nằm trên bề mặt mái nhà hay được treo lỏng lẻo, dây không bị gấp khúc, bẻ cong quá mức hoặc trải dài trên bề mặt sắc bén.			
9	Kiểm tra các vật cản mới xuất hiện gây ảnh hưởng đến hệ thống	Ghi lại thông tin			
10	Kiểm tra ống điện và các phụ kiện đi kèm	Đảm bảo chắc chắn, được cố định, không bị bung hoặc vỡ và rỉ sét			
IV Kiểm tra kết cấu cơ khí					
1	Kiểm tra tình trạng khung đỡ tấm quang điện và khung đỡ biến tần	Đảm bảo không bị rỉ sét, võng, biến dạng, thiếu hoặc hỏng bu-lông			
2	Kiểm tra các liên kết khung tấm quang điện	Đảm bảo bu-lông của kẹp liên kết được siết chặt, kẹp giữ không bị biến dạng và rỉ sét			
3	Kiểm tra lối lên mái, dây cứu sinh, hàng rào bảo vệ và thang (nếu có)	Đảm bảo chắc chắn, không bị rỉ sét, không bị bung, không bị biến dạng			
V Kiểm tra biến tần					
1	Vệ sinh biến tần	Biến tần không bị móp/méo, không bị bụi bẩn			
2	Kiểm tra ngoại quan của biến tần với tường hoặc mặt đất.	Đảm bảo biến tần được cố định chắc chắn trên tường hoặc mặt đất			
3	Kiểm tra jack cắm DC/AC	Đảm bảo tiếp xúc tốt, không bị cháy			

STT	Danh mục kiểm tra bảo trì	Yêu cầu đạt được	Kết quả		Ghi chú
			Đạt	Không đạt	
4	Kiểm tra hoạt động đóng ngắt DC	Đảm bảo xoay công tắc DC phải trơn tru			
5	Kiểm tra cầu chì bên trong biến tần (nếu có)	Đảm bảo cầu chì không bị đứt			
6	Kiểm tra tiếp địa của biến tần	Đảm bảo tiếp địa được tiếp xúc tốt, không lỏng lẻo và mang tính liên tục			
7	Kiểm tra chống sét lan truyền (SPD) DC và AC của biến tần	Đảm bảo SPD hoạt động tốt (màu chỉ thị là màu xanh)			
8	Kiểm tra nhiệt độ của biến tần	Đảm bảo $\leq 60^{\circ}\text{C}$			
9	Kiểm tra quạt tản nhiệt	Đảm bảo quạt tản nhiệt hoạt động tốt và được vệ sinh sạch sẽ			
10	Kiểm tra và ghi lại lỗi biến tần xảy ra lần gần nhất	Ghi lại thông tin			
11	Kiểm tra phần cài đặt của biến tần	Đảm bảo cài đặt đúng và không ảnh hưởng đến công suất của biến tần			
VI Kiểm tra tủ điện ACDB					
1	Kiểm tra tình trạng bên ngoài	Đảm bảo không bị trầy xước, hư hỏng, biến dạng			
2	Vệ sinh tủ điện	Đảm bảo bên trong và bên ngoài không có bụi dầy, mạng nhện...			
3	Kiểm tra tình trạng biến dạng, hoạt động đóng cắt của ACB/MCCB, thiết bị bảo vệ	Đảm bảo CB không bị cháy tiếp điểm hoặc biến dạng biến dạng, các thiết bị bảo vệ hoạt động tốt			
4	Kiểm tra chất lượng dây dẫn trong tủ điện	Đảm bảo bề mặt dây dẫn không bị bong tróc hoặc bị cháy			
5	Kiểm tra tình trạng thanh cái	Đảm bảo thanh cái được cố định, không bị cháy và đảm bảo tính toàn vẹn của co nhiệt			
6	Kiểm tra nhiệt độ bên trong tủ điện bằng camera nhiệt	Đảm bảo $\leq 40^{\circ}\text{C}$			
7	Kiểm tra các vị trí đấu điện	Đảm bảo các vị trí đấu điện được siết chặt và tiếp xúc tốt			

STT	Danh mục kiểm tra bảo trì	Yêu cầu đạt được	Kết quả		Ghi chú
			Đạt	Không đạt	
8	Kiểm tra các đầu cos	Đảm bảo các đầu cos phải được bấm chặt và tiếp xúc tốt với các cực của CB			
9	Kiểm tra chống sét lan truyền DC và AC (SPD)	Đảm bảo SPD hoạt động tốt (màu chỉ thị là màu xanh)			
10	Kiểm tra các thiết bị khác (đèn báo pha, đồng hồ đo điện năng, Ampe kế, Volt Kế.....)	Đảm bảo các thiết bị còn hoạt động tốt			
VII	Kiểm tra hệ thống tiếp địa				
1	Đo điện trở tiếp địa	Đảm bảo ≤ 4 Ohm			
2	Kiểm tra liên kết dây dẫn với bãi tiếp địa	Đảm bảo các dây dẫn tiếp địa được kết nối chắc chắn vào thanh nối đất chính của bãi tiếp địa			
3	Kiểm tra sự liên kết dây tiếp địa của khung giá đỡ, tấm quang điện và biến tần	Đảm bảo sự liên kết dây tiếp địa mang tính liên tục về độ dẫn điện			
4	Kiểm tra đầu cos	Đảm bảo đầu cos không bị rỉ sét hoặc bị lỏng lẻo			
VIII	Kiểm tra hệ thống quản lý, giám sát				
1	Kiểm tra thiết bị thu thập dữ liệu	Đảm bảo thiết bị nhận được đầy đủ các biến tần và các thiết bị đo lường khác			
2	Kiểm tra hệ thống giám sát	Đảm bảo hệ thống giám sát hiển thị đầy đủ các biến tần, các thông số khác và ổn định			
3	Kiểm tra tình trạng mạng (wifi, internet,..)	Đảm bảo mạng ổn định, không bị chập chờn			

