

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 10896:2015

IEC 61646:2008

Xuất bản lần 1

**MÔ-ĐUN QUANG ĐIỆN MÀNG MỎNG MẶT ĐẤT (PV) -
CHẤT LƯỢNG THIẾT KẾ VÀ PHÊ DUYỆT KIỂU**

Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval

HÀ NỘI - 2015

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	4
1 Phạm vi áp dụng và mục đích	5
2 Tài liệu viện dẫn	5
3 Lấy mẫu	6
4 Ghi nhãn	7
5 Thử nghiệm	7
6 Tiêu chí đạt được	8
7 Khiếm khuyết chính nhìn thấy được	9
8 Báo cáo	9
9 Sửa đổi	10
10 Quy trình thử nghiệm	14
Thư mục tài liệu tham khảo	45

Lời nói đầu

TCVN 10896:2015 hoàn toàn tương đương với IEC 61646:2008;

TCVN 10896:2015 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E3
Thiết bị điện tử dân dụng biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất
lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Mô-đun quang điện màng mỏng mặt đất (PV) - Chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu

*Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules –
Design qualification and type approval*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu đối với các mô-đun quang điện màng mỏng dùng cho các ứng dụng trên mặt đất thích hợp cho vận hành lâu dài trong các khí hậu ngoài trời như được định nghĩa trong TCVN 7699-2-1 (IEC 60721-2-1). Tiêu chuẩn này thích hợp để áp dụng cho tất cả các vật liệu mô-đun tấm phẳng cho các ứng dụng trên mặt đất không thuộc phạm vi của IEC 61215.

Trình tự thử nghiệm được lấy từ IEC 61215 đối với chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu của các mô-đun quang điện tinh thể silic trên mặt đất. Tuy nhiên, nó không dựa vào việc đáp ứng một tiêu chí cộng/trừ trước và sau mỗi thử nghiệm, nhưng thay vào đó dựa trên việc đáp ứng một tỉ lệ phần trăm qui định về công suất danh định tối thiểu sau khi tất cả các thử nghiệm đã được hoàn tất và các mô-đun đã được phơi sáng. Điều này loại trừ công nghệ đặc biệt ổn định trước cần thiết để đo chính xác những thay đổi mà thử nghiệm này gây ra.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các mô-đun sử dụng với bộ hội tụ.

Mục đích của trình tự thử nghiệm này nhằm xác định các đặc tính điện và nhiệt của mô-đun với khả năng cao nhất có thể trong phạm vi ràng buộc hợp lý về chi phí và thời gian, chứng tỏ rằng mô-đun có khả năng chịu tác động kéo dài của các khí hậu được mô tả trong phạm vi áp dụng. Tuổi thọ mong muốn thực tế của các mô-đun đủ điều kiện như vậy sẽ phụ thuộc vào thiết kế, môi trường và các điều kiện chúng vận hành.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

TCVN 7699-1:2007 (IEC 60068-1:1988), *Thử nghiệm môi trường – Phần 1: Quy định chung và hướng dẫn*

TCVN 10896:2015

TCVN 7699-2-21:2014 (IEC 60068-2-21:2006), *Thử nghiệm môi trường – Phần 2-21: Các thử nghiệm – Thử nghiệm U: Độ bền chắc của các đầu dây và các linh kiện lắp tích hợp*

TCVN 7699-2-78:2007 (IEC 60068-2-78 :2001), *Thử nghiệm môi trường – Phần 2-78: Các thử nghiệm – Thử nghiệm Cab: Nóng ẩm, không đổi*

TCVN 7921-2-1:2008 (IEC 60721-2-1 : 2002), *Phân loại điều kiện môi trường – Phần 2-1: Điều kiện môi trường xuất hiện trong tự nhiên – Nhiệt độ và độ ẩm*

IEC 60410, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes* (Các kế hoạch lấy mẫu và qui trình kiểm tra theo các thuộc tính)

IEC 60891, *Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic (PV) devices* (Các qui trình hiệu chuẩn nhiệt độ và bức xạ cho các đặc tính I-V đo được của các thiết bị quang điện (PV) tinh thể silic)

IEC 60904-1:2006, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurements of photovoltaic current-voltage characteristics* (Thiết bị quang điện – Phần 1: Phép đo đặc tính dòng điện–điện áp quang điện)

IEC 60904-2, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar devices* (Thiết bị quang điện – Phần 2: Yêu cầu đối với thiết bị năng lượng mặt trời chuẩn)

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data* (Thiết bị quang điện – Phần 3: Nguyên lý đo đối với thiết bị năng lượng mặt trời quang điện (PV) ứng dụng trên mặt đất với dữ liệu bức xạ phổ tham chiếu)

IEC 60904-7, *Photovoltaic devices – Part 7: Computation of spectral mismatch error introduced in the testing of a photovoltaic device* (Thiết bị quang điện – Phần 7: Tính toán lỗi lệch phổ sinh ra trong thử nghiệm thiết bị quang điện)

IEC 60904-9, *Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements* (Thiết bị quang điện – Phần 9: Yêu cầu tính năng thiết bị mô phỏng năng lượng mặt trời)

IEC 60904-10, *Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurements* (Thiết bị quang điện – Phần 10: Phương pháp của các phép đo độ tuyến tính)

IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval* (Mô-đun quang điện tinh thể silicon cho các ứng dụng trên mặt đất – Chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu)

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories* (Yêu cầu chung về năng lực của các phòng thử nghiệm và kiểm chuẩn).

3 Lấy mẫu

Tám mô-đun dùng cho thử nghiệm xác định chất lượng (cộng với các mô-đun thay thế nếu cần thiết) phải được lấy ngẫu nhiên từ một hoặc một số lô sản xuất, phù hợp với qui trình được đưa ra trong IEC 60410.

Các mô-đun phải được chế tạo từ các vật liệu và các linh kiện qui định phù hợp với các bản vẽ và quá trình liên quan, và phải qua các qui trình kiểm tra, kiểm soát chất lượng và nghiệm thu sản phẩm bình thường của nhà chế tạo. Mô-đun phải đầy đủ mọi chi tiết và phải kèm theo các hướng dẫn về nâng chuyển, lắp đặt và đấu nối của nhà chế tạo, kể cả điện áp hệ thống cho phép lớn nhất.

Nếu không thể tiếp cận các điốt rẽ nhánh trong các mô-đun tiêu chuẩn, có thể chuẩn bị một mẫu đặc biệt cho thử nghiệm nhiệt điốt rẽ nhánh (xem 10.18). Điốt rẽ nhánh cần được lắp về thực tế giống như trong mô-đun tiêu chuẩn, với một cảm biến nhiệt độ được đặt trên điốt như yêu cầu trong 10.18.2. Mẫu này không phải trải qua các thử nghiệm khác trong chuỗi.

Khi các mô-đun cần được thử nghiệm là các nguyên mẫu của một thiết kế mới và không phải từ sản xuất, thì điều này phải được ghi lại trong báo cáo thử nghiệm (xem Điều 8).

4 Ghi nhãn

Mỗi mô-đun phải được ghi nhãn rõ ràng và bền sau đây:

- tên, chữ lồng hoặc biểu tượng của nhà chế tạo;
- kiểu hoặc số mô-đen;
- số sêri;
- cực tính của các đầu nối hoặc dây nối (cho phép sử dụng mã hóa bằng màu);
- điện áp hệ thống lớn nhất mà mô-đun phù hợp;
- các giá trị danh nghĩa và tối thiểu của công suất đầu ra lớn nhất tại STC, như qui định bởi nhà chế tạo đối với kiểu sản phẩm.

Giá trị tối thiểu của công suất đầu ra lớn nhất là công suất ổn định thấp nhất mà nhà chế tạo qui định đối với kiểu sản phẩm (ví dụ sau bất kỳ suy giảm hay phục hồi do ánh sáng gây ra).

CHÚ THÍCH: Nếu các mô-đun cần thử nghiệm là các nguyên mẫu của một thiết kế mới và không phải từ sản xuất, thì các kết quả của trình tự thử nghiệm này có thể được sử dụng để thiết lập thông số danh định về công suất tối thiểu của mô-đun.

Ngày, tháng, năm và nơi chế tạo phải được ghi nhãn trên mô-đun hoặc phải có thể truy tìm nguồn gốc từ số sêri.

5 Thử nghiệm

Mô-đun phải được chia thành các nhóm và phải qua các trình tự thử nghiệm chất lượng theo Hình 1, thực hiện theo thứ tự. Mỗi ô tương ứng với một điều nhỏ trong tiêu chuẩn này. Qui trình thử nghiệm và mức khắc nghiệt, kể cả các phép đo ban đầu và cuối cùng, khi cần thiết, được nêu chi tiết trong Điều 10. Tuy nhiên, đối với các thử nghiệm 10.2, 10.4, 10.6 và 10.7, cần lưu ý rằng các qui trình đặt ra trong IEC 60891 về hiệu chuẩn nhiệt độ và bức xạ cho các đặc tính I-V đo được chỉ áp dụng cho các mô-đun

TCVN 10896:2015

tuyến tính. Sử dụng IEC 60904-10 để đánh giá tính chất tuyến tính. Nếu mô-đun không tuyến tính thì các thử nghiệm này phải được thực hiện trong phạm vi $\pm 5\%$ bức xạ qui định và $\pm 2^\circ\text{C}$ nhiệt độ qui định.

CHÚ THÍCH 1: Trường hợp các phép đo cuối cùng cho một thử nghiệm được sử dụng làm các phép đo ban đầu cho thử nghiệm tiếp theo trong trình tự thử nghiệm thì không phải lặp lại chúng. Trong các trường hợp này, các phép đo ban đầu được bỏ qua.

Với mục đích chẩn đoán, các phép đo trung gian công suất lớn nhất (10.2) có thể được thực hiện trước và sau các thử nghiệm riêng lẻ.

CHÚ THÍCH 2: Mô-đun kiểm tra cần được bảo quản theo khuyến cáo của nhà chế tạo.

Bất cứ thử nghiệm riêng lẻ nào, được thực hiện một cách độc lập với trình tự thử nghiệm, thì trước đó phải thực hiện các thử nghiệm ban đầu 10.1, 10.2 và 10.3.

Trong khi thực hiện, người thử nghiệm phải tuân thủ nghiêm ngặt các hướng dẫn về nâng chuyển, lắp đặt và đấu nối của nhà chế tạo. Các thử nghiệm đưa ra trong 10.4, 10.5, 10.6 và 10.7 có thể được bỏ qua vì IEC 61853 đã thực hiện trên kiểu mô-đun này.

Các công nghệ màng mỏng có thể có các đặc tính ổn định khác nhau. Không thể xác định một qui trình ổn định duy nhất có thể áp dụng cho tất cả các công nghệ màng mỏng. Qui trình này thử nghiệm các mô-đun "như khi được nhận" và cố gắng đạt được điều kiện ổn định trước thử nghiệm cuối cùng.

Các điều kiện thử nghiệm được tổng hợp trong Bảng 1.

CHÚ THÍCH 3: Mức thử nghiệm trong Bảng 1 là các mức tối thiểu yêu cầu cho việc xác định chất lượng. Nếu phòng thí nghiệm và nhà chế tạo mô-đun đồng ý, các thử nghiệm có thể được thực hiện với các mức khác nghiệt hơn.

6 Tiêu chí đạt

Một thiết kế mô-đun phải được đánh giá là đạt các thử nghiệm xác định chất lượng, và do đó, được phê duyệt kiểu, nếu tất cả các mẫu thử nghiệm đều đạt được tất cả các tiêu chí dưới đây:

- a) sau lần phơi sáng cuối cùng, công suất đầu ra lớn nhất tại STC không nhỏ hơn 90 % giá trị tối thiểu qui định bởi nhà chế tạo trong Điều 4;

CHÚ THÍCH : Các tiêu chí đạt/không đạt phải tính đến độ không đảm bảo của phép đo trong phòng thí nghiệm. Ví dụ như, nếu độ không đảm bảo đo của phòng thử nghiệm mở rộng, 2 sigma của phép đo STC, là $\pm 5\%$, thì khi đó một phép đo công suất lớn nhất lớn hơn 85,5 % giá trị tối thiểu qui định sẽ là tiêu chí đạt.

- b) không có mẫu nào bị hở mạch trong quá trình thử nghiệm;
- c) không có bằng chứng ngoại quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7;
- d) các yêu cầu thử nghiệm cách điện được đáp ứng sau các thử nghiệm;
- e) các yêu cầu thử nghiệm dòng rò ướt được đáp ứng lúc bắt đầu và lúc kết thúc mỗi trình tự và sau thử nghiệm nóng ẩm;

f) các yêu cầu cụ thể của các thử nghiệm riêng lẻ được đáp ứng.

Nếu có từ hai mô-đun trở lên không đáp ứng các tiêu chí thử nghiệm này, thiết kế phải được coi là không đáp ứng các yêu cầu về chất lượng. Trường hợp có một mô-đun không đạt bất cứ thử nghiệm nào, hai mô-đun khác đáp ứng các yêu cầu của Điều 3 phải chịu toàn bộ trình tự thử nghiệm liên quan từ đầu. Nếu một hoặc cả hai mô-đun này cũng không đạt, thiết kế phải được coi là không đạt các yêu cầu về xác định chất lượng. Tuy nhiên, nếu cả hai mô-đun đều qua được trình tự thử nghiệm, thiết kế phải được đánh giá là đáp ứng các yêu cầu về xác định chất lượng.

7 Khiếm khuyết chính nhìn thấy được

Để xác định chất lượng thiết kế và phê duyệt kiểu, các điều dưới đây được xem là những khiếm khuyết chính nhìn thấy được:

- a) vỡ, nứt, hoặc rách các bề mặt ngoài, bao gồm các lớp trên cùng, lớp nền, các khung và hộp đầu nối;
- b) cong vênh hoặc không thẳng hàng các bề mặt ngoài, bao gồm các lớp trên cùng, lớp nền, các khung và hộp đầu nối đến mức ảnh hưởng xấu đến việc lắp đặt và/hoặc sự hoạt động của mô-đun;
- c) chỗ khiếm khuyết hoặc mòn nhìn thấy được của lớp màng mỏng bất kì của mạch mô-đun hoạt động, rộng hơn 10 % tế bào bất kì;
- d) bọt hoặc tách lớp tạo thành tuyến liên tục giữa một phần bất kỳ của mạch điện và mép của mô-đun;
- e) mất tính toàn vẹn cơ học, đến mức ảnh hưởng xấu đến việc lắp đặt và/hoặc sự hoạt động của mô-đun;
- f) Nhãn của mô-đun bị long ra hoặc thông tin không thể đọc được.

8 Báo cáo thử nghiệm

Sau khi phê duyệt kiểu, cơ quan thử nghiệm phù hợp với ISO/IEC 17025, phải lập báo cáo có xác nhận về các thử nghiệm xác định chất lượng, với các đặc tính tính năng đã đo và các nội dung không đạt và thử nghiệm lại bất kỳ. Mỗi chứng nhận hoặc báo cáo thử nghiệm phải bao gồm ít nhất những thông tin dưới đây:

- a) Tiêu đề.
- b) Tên và địa chỉ của phòng thử nghiệm và nơi thử nghiệm.
- c) Nhận dạng duy nhất của văn bản chứng nhận hoặc báo cáo và của mỗi trang.
- d) Tên và địa chỉ của khách hàng, khi thấy thích hợp.
- e) Mô tả và nhận dạng của hạng mục đã thử nghiệm.
- f) Đặc tính và tình trạng của hạng mục thử nghiệm.
- g) Ngày nhận đối tượng thử nghiệm và (các) ngày thử nghiệm, khi thấy thích hợp.
- h) Nhận biết của phương pháp thử nghiệm được sử dụng.
- i) Viện dẫn quy trình lấy mẫu, khi có liên quan.

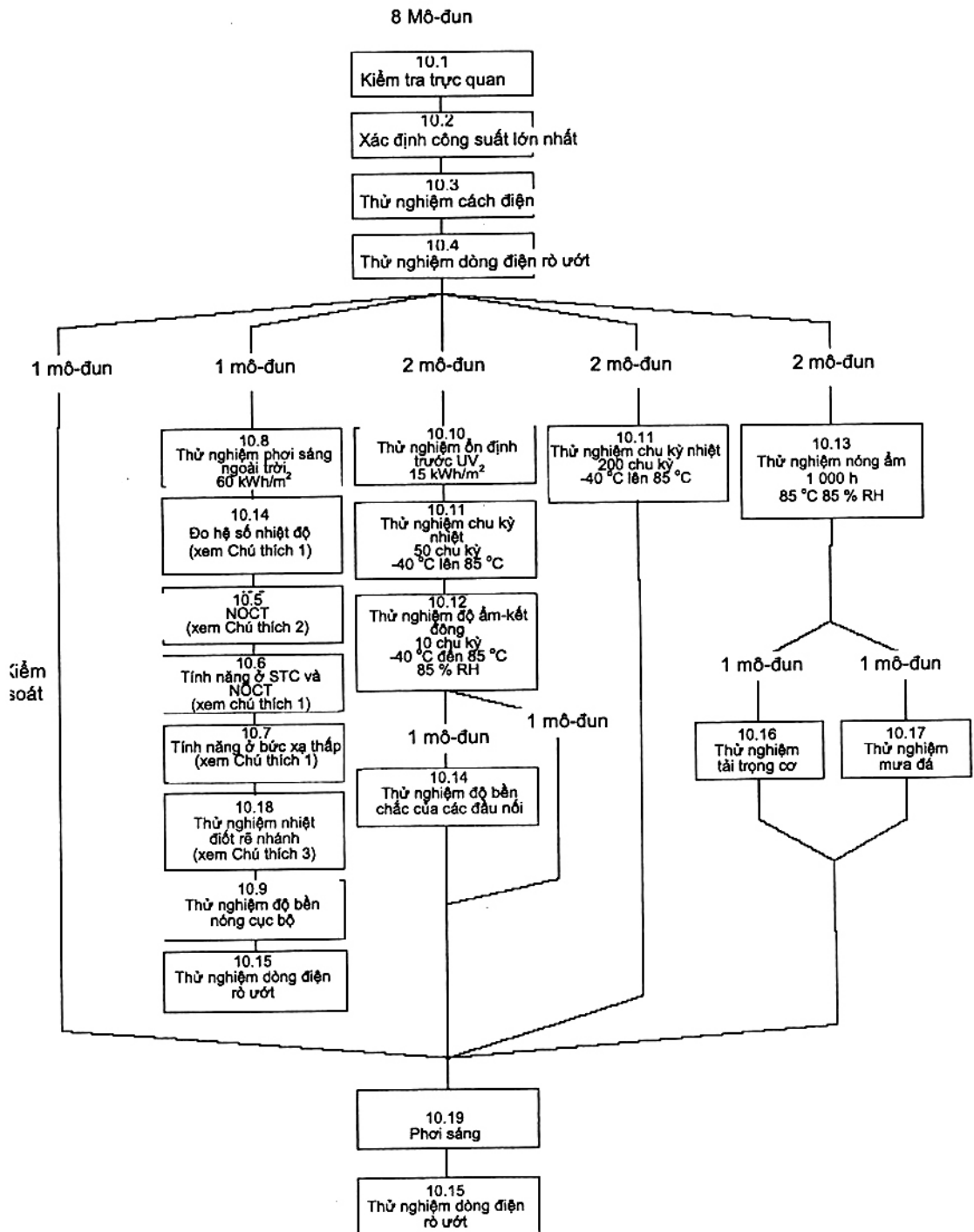
TCVN 10896:2015

- j) Sai lệch, thêm hoặc bớt phương pháp thử nghiệm, và thông tin khác bất kỳ liên quan đến một thử nghiệm cụ thể, ví dụ như các điều kiện môi trường.
- k) Các phép đo, các xem xét và các kết quả suy ra được hỗ trợ bởi các bảng, đồ thị, phác họa và ảnh chụp khi thích hợp, bao gồm hệ số nhiệt độ của dòng ngắn mạch, điện áp hở mạch và công suất đỉnh, NOCT, công suất tại NOCT, STC và bức xạ thấp, nhiệt độ tối đa của tế bào bị che sáng quan sát được trong quá trình thử nghiệm phát nóng cục bộ, phổ của đèn được sử dụng cho thử nghiệm lọc sơ bộ UV, công suất nhỏ nhất quan sát thấy sau khi phơi sáng và sự cố bất kỳ quan sát thấy. Nếu tổn thất công suất lớn nhất quan sát thấy sau mỗi thử nghiệm thì cũng cần ghi vào báo cáo.
- l) Nếu độ không đảm bảo đo ước tính của các kết quả thử nghiệm (khi có liên quan).
- m) Chữ kí và chức danh, hoặc nhận biết tương đương của (những) người nhận trách nhiệm về nội dung của chứng nhận hoặc báo cáo, và ngày phát hành.
- n) Nếu thích hợp, nêu các yếu tố mà các kết quả chỉ liên quan đến các hạng mục đã thử nghiệm.
- o) Nêu rõ không được sao chép toàn văn giấy chứng nhận hoặc báo cáo, trừ khi có sự thỏa thuận bằng văn bản của phòng thí nghiệm.

Một bản sao của báo cáo này sẽ được phòng thí nghiệm và nhà chế tạo giữ lại với mục đích tham chiếu.

9 Sửa đổi

Bất kì sự thay đổi nào về thiết kế, vật liệu, linh kiện hoặc xử lý mô-đun đều có thể yêu cầu phải lập lại một số hoặc toàn bộ các thử nghiệm xác định chất lượng để duy trì phê duyệt kiểu.



Hình 1 – Trình tự thử nghiệm xác định chất lượng

TCVN 10896:2015

CHÚ THÍCH 1: Có thể bỏ qua vì IEC 61853 đã thực hiện.

CHÚ THÍCH 2: Trường hợp các mô-đun không được thiết kế để lắp trên kệ hở, có thể thay thế NOCT bằng nhiệt độ trung bình cân bằng của điểm nối pin mặt trời trong môi trường tham chiếu chuẩn, mô-đun được lắp theo khuyến nghị của nhà chế tạo.

CHÚ THÍCH 3: Nếu không tiếp cận được các điốt rẽ nhánh trong các mô-đun tiêu chuẩn, có thể chuẩn bị một mẫu đặc biệt cho thử nghiệm nhiệt điốt rẽ nhánh (10.18). Cần lắp điốt rẽ nhánh như trong mô-đun tiêu chuẩn, cảm biến nhiệt độ được đặt lên điốt như yêu cầu tại 10.18.2. Mẫu này không phải trải qua các thử nghiệm khác trong quy trình.

CHÚ THÍCH 4: Để chẩn đoán, có thể thực hiện các phép đo trung gian công suất tối đa (10.2) trước và sau các thử nghiệm riêng lẻ. Nếu bộ khối chế mô-đun được sử dụng cho các phép đo này, phải đảm bảo chắc chắn là bộ khối chế đã được ổn định trước theo khuyến nghị của nhà chế tạo.

Hình 1 (kết thúc)

Bảng 1 – Bảng tổng hợp các mức thử nghiệm

Thử nghiệm	Tiêu đề	Điều kiện thử nghiệm
10.1	Kiểm tra trực quan	Xem danh mục kiểm tra chi tiết ở 10.1.2
10.2	Xác định công suất lớn nhất	Xem IEC 60904-1
10.3	Thử nghiệm cách điện	Thử chất điện môi ở điện áp 1 000 V d.c. + hai lần điện áp lớn nhất của hệ thống trong 1 min. Mô-đun có diện tích nhỏ hơn 0,1 m ² phải có điện trở cách điện không nhỏ hơn 400 MΩ. Đối với các mô-đun có diện tích lớn hơn 0,1 m ² , tích của điện trở cách điện đo được với diện tích của mô-đun phải không nhỏ hơn 40 MΩ·m ² . Đo ở 500 V hoặc điện áp lớn nhất của hệ thống, chọn giá trị lớn hơn.
10.4	Đo hệ số nhiệt độ	Xem chi tiết ở 10.4 Xem IEC 60904-10 để có hướng dẫn.
10.5	Đo NOCT	Tổng bức xạ mặt trời: 800 W·m ⁻² Nhiệt độ xung quanh: 20 °C Tốc độ gió: 1 m·s ⁻¹ : 1 m·s ⁻¹
10.6	Tính năng ở STC và NOCT	Nhiệt độ pin PV: 25 °C và NOCT Bức xạ: 1000 và 800 W·m ⁻² , tham khảo IEC 60904-3 về phân bố bức xạ quang phổ mặt trời.
10.7	Tính năng ở bức xạ thấp	Nhiệt độ pin PV: 25 °C Bức xạ: 200 W·m ⁻² , tham khảo IEC 60904-3 về phân bố bức xạ quang phổ mặt trời.
10.8	Thử nghiệm chịu tác động ngoài trời	Tổng bức xạ mặt trời 60 kWh·m ⁻² ở tải điện trở.
10.9	Thử nghiệm độ bền nóng cục bộ	1 h phơi bức xạ 1 000 W·m ⁻² ở điều kiện phát nóng cục bộ trường hợp xấu nhất.
10.10	Ổn định trước bằng UV	Tổng bức xạ UV 15 kWh·m ⁻² trong dải bước sóng từ 280 nm đến 385 nm với bức xạ UV 5 kWh·m ⁻² trong dải sóng từ 280 đến 320 nm ở tải điện trở.
10.11	Thử nghiệm chu kỳ nhiệt	50 và 200 chu kỳ từ - 40 °C lên + 85 °C
10.12	Thử nghiệm độ ẩm-kết đông	10 chu kỳ từ +85 °C, 85 % RH xuống - 40 °C
10.13	Thử nghiệm nóng ẩm	1 000 h ở +85 °C, 85 % RH
10.14	Thử nghiệm độ bền chắc của các đầu nối dây	Như trong IEC 60068-2-21
10.15	Thử nghiệm dòng điện rò ướt	Xem chi tiết ở 10.15 Thử nghiệm thực hiện ở điện áp thử 500 V hoặc điện áp lớn nhất của hệ thống, chọn giá trị lớn hơn, trong 1 min. Mô-đun có diện tích nhỏ hơn 0,1 m ² phải có điện trở cách điện không nhỏ hơn 400 MΩ. Đối với các mô-đun có diện tích lớn hơn 0,1 m ² , tích của điện trở cách điện đo được với diện tích của mô-đun phải không nhỏ hơn 40 MΩ·m ² .
10.16	Thử nghiệm tải trọng cơ	Đặt 3 chu kỳ tải đồng nhất 2 400 Pa trong 1 h lần lượt lên các mặt trước và sau. Tải trọng tuyết tùy chọn 5 400 Pa trong chu kỳ cuối cùng lên mặt trước.
10.17	Thử nghiệm mưa đá	Viên nước đá đường kính 25 mm ở tốc độ 23,0 m·s ⁻¹ , hướng vào 11 vị trí va đập.
10.18	Thử nghiệm nhiệt đốt rã nhánh	1 h ở I _{sc} và 75 °C 1 h ở 1,25 lần I _{sc} và 75 °C
10.19	Phơi sáng	Phơi sáng 800 W·m ⁻² đến 1 000 W·m ⁻² ở tải điện trở đến khi P _{max} ổn định trong phạm vi 2 %.

10 Qui trình thử nghiệm

10.1 Kiểm tra trực quan

10.1.1 Mục đích

Để phát hiện bất cứ khiếm khuyết nào trong mô-đun.

10.1.2 Qui trình

Kiểm tra cẩn thận từng mô-đun dưới độ rọi không thấp hơn 1 000 lux về các tình trạng sau:

- mặt ngoài bị rạn nứt, cong vênh hoặc rách, sô lệch;
- các liên kết hoặc mối nối không tốt;
- rỗng khuyết, và ăn mòn nhìn thấy được của lớp màng mỏng bất kỳ của mạch điện hoạt động;
- ăn mòn có thể nhìn thấy được của các mối nối đầu ra, các liên kết và các thanh cái;
- lỏng các liên kết bám dính;
- bọt và tách lớp tạo thành đường liên tục giữa tế bào quang điện và mép của mô-đun;
- các bề mặt vật liệu nhựa còn dính, chưa khô;
- các đầu nối dây chất lượng kém, hở các bộ phận mang điện;
- tình trạng khác bất kỳ có thể ảnh hưởng đến tính năng.

Ghi chú và/hoặc chụp ảnh bản chất và vị trí của bất kỳ vết rạn nứt, bọt hoặc tách lớp, v.v..., có thể trở nên xấu hơn và ảnh hưởng bất lợi đến tính năng của mô-đun trong các thử nghiệm tiếp theo.

10.1.3 Yêu cầu

Các tình trạng quan sát được không phải là các khiếm khuyết chính được liệt kê trong Điều 7 là chấp nhận được đối với mục đích phê duyệt kiểu.

10.2 Xác định công suất lớn nhất

10.2.1 Mục đích

Để xác định công suất lớn nhất của mô-đun trước và sau các thử nghiệm môi trường khác nhau. Khả năng tái lập thử nghiệm là yếu tố quan trọng nhất.

10.2.2 Thiết bị

- a) Nguồn bức xạ (ánh sáng mặt trời tự nhiên) hoặc thiết bị mô phỏng mặt trời cấp BBA hoặc tốt hơn, theo IEC 60904-9.
- b) Thiết bị PV chuẩn theo IEC 60904-2. Nếu sử dụng thiết bị mô phỏng Lớp BBA, thiết bị chuẩn phải là một mô-đun chuẩn có cùng kích cỡ, cùng công nghệ tế bào quang điện (để khớp đáp ứng phổ) với mẫu thử nghiệm.

- c) Một giá phù hợp để đỡ mẫu thử nghiệm và thiết bị chuẩn nằm trong mặt phẳng vuông góc với chùm phát xạ ánh sáng.
- d) Thiết bị đo đường cong I-V theo IEC 60904-1.

10.2.3 Qui trình

Xác định đặc tính dòng điện-điện áp của mô-đun theo IEC 60904-1 tại một bộ các điều kiện phát xạ và nhiệt độ cụ thể (dải khuyến cáo là nhiệt độ tế bào quang điện giữa 25 °C và 50 °C và phát xạ ánh sáng là giữa 700 W.m⁻² và 1100 W.m⁻²) sử dụng ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc bộ mô phỏng lớp BBA hoặc tốt hơn phù hợp với các yêu cầu của IEC 60904-9. Trong các tình huống đặc biệt, khi các mô-đun được thiết kế để làm việc trong các dải điều kiện khác nhau, các đặc tính dòng điện-điện áp có thể được đo bằng cách sử dụng các mức nhiệt độ và phát xạ tương tự như các điều kiện vận hành dự kiến. Đối với các mô-đun tuyến tính, có thể hiệu chuẩn theo nhiệt độ và phát xạ theo IEC 60891. Đối với các mô-đun không tuyến tính, phép đo phải được thực hiện trong phạm vi $\pm 5\%$ phát xạ qui định và trong phạm vi $\pm 2\%$ nhiệt độ qui định. Cần cố gắng để đảm bảo phép đo công suất đỉnh được tiến hành trong các điều kiện vận hành tương tự, đó là, giảm thiểu độ lớn hiệu chuẩn bằng cách thực hiện tất cả các phép đo công suất đỉnh trên một mô-đun cụ thể ở xấp xỉ cùng nhiệt độ và phát xạ.

CHÚ THÍCH: Có thể sử dụng mô-đun kiểm tra để kiểm tra mỗi lần đo các mô-đun thử nghiệm.

10.3 Thử nghiệm cách điện

10.3.1 Mục đích

Để xác định liệu mô-đun có được cách điện đủ giữa các phần đang mang dòng điện và khung vỏ hoặc môi trường bên ngoài.

10.3.2 Thiết bị

- a) Nguồn điện áp d.c. có giới hạn dòng điện, có khả năng đặt điện áp 500 V hoặc 1 000 V cộng với hai lần điện áp lớn nhất của hệ thống của mô-đun (như được ghi nhãn trên mô-đun – xem Điều 4) theo mục c) của 10.3.4.
- b) Dụng cụ đo điện trở cách điện.

10.3.3 Điều kiện thử nghiệm

Thử nghiệm phải được thực hiện trên các mô-đun ở nhiệt độ xung quanh của khí quyển bao quanh (xem IEC 60068-1) và ở độ ẩm tương đối không vượt quá 75 %.

10.3.4 Qui trình

- a) Nối các đầu nối tắt của đầu nối ra của mô-đun tới đầu nối dương của thiết bị thử nghiệm cách điện d.c. có giới hạn dòng điện.

- b) Nối các phần kim loại hở của mô-đun tới đầu nối âm của thiết bị thử nghiệm. Nếu mô-đun không có khung vỏ hoặc khung vỏ làm bằng chất dẫn điện kém, thì dùng lá kim loại dẫn điện quấn quanh các cạnh và lên phía sau của mô-đun. Nếu mô-đun không có lớp trên cùng bằng thủy tinh thì cũng quấn lá kim loại quanh mặt trước của mô-đun. Nối lá kim loại tới đầu cực âm của thiết bị thử nghiệm.
- c) Nâng điện áp do thiết bị thử nghiệm đặt vào với tốc độ không vượt quá 500 V.s^{-1} lên điện áp lớn nhất bằng 1 000 V cộng với hai lần điện áp lớn nhất của hệ thống (tức là điện áp lớn nhất của hệ thống được ghi nhận trên mô-đun bởi nhà chế tạo, xem Điều 4). Nếu điện áp lớn nhất của hệ thống không vượt quá 50 V, điện áp đặt vào là 500 V. Duy trì điện áp ở mức này trong 1 min.
- d) Giảm điện áp đặt về "không" và ngắt mạch các đầu nối của thiết bị thử nghiệm để phóng hết điện áp tích lũy trong mô-đun.
- e) Tháo bỏ ngắt mạch.
- f) Nâng điện áp do thiết bị thử nghiệm đặt vào với tốc độ không vượt quá 500 V.s^{-1} lên đến 500 V hoặc điện áp lớn nhất của hệ thống đối với mô-đun, chọn giá trị lớn hơn. Duy trì điện áp ở mức này trong 2 min. Sau đó xác định điện trở cách điện.
- g) Giảm điện áp đặt về "không" và ngắt mạch các đầu nối của thiết bị thử nghiệm để phóng hết điện áp tích lũy trong mô-đun.
- h) Tháo bỏ ngắt mạch và ngắt mạch thiết bị thử nghiệm khỏi mô-đun.

10.3.5 Yêu cầu thử nghiệm

- không có đánh thủng điện môi hoặc phóng điện bề mặt trong bước c);
- đối với các mô-đun có tổng diện tích nhỏ hơn $0,1 \text{ m}^2$, điện trở cách điện không được nhỏ hơn 400 M Ω ;
- đối với các mô-đun có tổng diện tích lớn hơn $0,1 \text{ m}^2$, tích của điện trở cách điện đo được với diện tích của mô-đun không được nhỏ hơn 40 M $\Omega.\text{m}^2$.

10.4 Đo các hệ số nhiệt độ

10.4.1 Mục đích

Để xác định các hệ số nhiệt độ của dòng điện (α) và điện áp (β) cũng như công suất đỉnh (δ) từ các phép đo mô-đun. Các hệ số được xác định được có giá trị tại mức phát xạ mà tại đó các phép đo được thực hiện. Đối với các mô-đun tuyến tính, chúng cũng có giá trị trên dải phát xạ $\pm 30 \%$ của mức này. Quy trình này bổ sung cho quy trình trong IEC 60891 về đo các hệ số này từ một bộ đại diện các tế bào quang điện riêng lẻ. Các hệ số nhiệt độ của một mô-đun màng mỏng có thể phụ thuộc vào mức phát xạ và lượng sử dụng nhiệt của mô-đun. Khi tham chiếu các hệ số nhiệt độ, phải chỉ ra lượng sử dụng liên quan đến các điều kiện và các kết quả của phát xạ cùng với các thử nghiệm nhiệt.

10.4.2 Thiết bị

Những thiết bị dưới đây là cần thiết để kiểm soát và đo các điều kiện thử nghiệm:

- a) một nguồn phát xạ (ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc thiết bị mô phỏng mặt trời, lớp BBB hoặc tốt hơn theo IEC 60904-9) kiểu được sử dụng trong các thử nghiệm tiếp theo;
- b) một thiết bị PV chuẩn có dòng ngắn mạch đã biết so với đặc tính phát xạ được xác định bằng cách kiểm chuẩn so với một bức xạ kế tuyệt đối theo IEC 60904-2;
- c) thiết bị bất kỳ cần thiết cho việc thay đổi nhiệt độ của mẫu thử nghiệm trên dải được quan tâm;
- d) một khung phù hợp để đỡ mẫu thử nghiệm và thiết bị chuẩn trong cùng một mặt phẳng vuông góc với chùm tia bức xạ;
- e) Thiết bị để đo đường cong I-V theo IEC 60904-1.

10.4.3 Quy trình

Có hai quy trình có thể chấp nhận để đo các hệ số nhiệt độ.

10.4.3.1 Quy trình trong ánh sáng mặt trời tự nhiên

- a) Đo trong ánh sáng mặt trời tự nhiên chỉ được thực hiện khi:
 - phát xạ tổng ít nhất cao bằng giới hạn trên của dải được quan tâm;
 - biến thiên phát xạ gây ra bởi các dao động ngắn hạn (mây, sương mù, hoặc khói) nhỏ hơn $\pm 2\%$ phát xạ tổng đo được bằng thiết bị chuẩn;
 - tốc độ gió thấp hơn 2 m.s^{-1} .
- b) Lắp thiết bị chuẩn đồng phẳng với mô-đun thử nghiệm sao cho cả hai đều vuông góc với chùm ánh sáng mặt trời trực tiếp trong khoảng $\pm 5^\circ$. Kết nối tới các thiết bị đo cần thiết.

CHÚ THÍCH: Các phép đo mô tả trong các điều nhỏ dưới đây cần được thực hiện nhanh nhất có thể trong vòng một vài giờ trong cùng ngày để giảm thiểu ảnh hưởng của những thay đổi về điều kiện phổ. Nếu không, có thể cần phải hiệu chuẩn phổ.

- c) Nếu mô-đun thử nghiệm và thiết bị chuẩn được trang bị các bộ kiểm soát nhiệt độ, chỉnh định các bộ kiểm soát này ở mức mong muốn.
- d) Nếu các bộ kiểm soát nhiệt độ không được sử dụng, che mẫu và thiết bị chuẩn khỏi ánh nắng mặt trời và gió cho đến khi nhiệt độ của nó đồng nhất trong khoảng $\pm 1^\circ\text{C}$ của nhiệt độ không khí xung quanh, hoặc để cho mẫu thử nghiệm cân bằng về nhiệt độ ổn định của nó, hoặc làm mát mẫu thử nghiệm xuống một điểm thấp hơn nhiệt độ thử nghiệm yêu cầu và sau đó để mô-đun ấm lên một cách tự nhiên. Thiết bị chuẩn cũng cần ổn định trong khoảng $\pm 1^\circ\text{C}$ của nhiệt độ cân bằng của nó trước khi tiếp tục.
- e) Ghi đặc tính dòng-áp và nhiệt độ của mẫu đồng thời với việc ghi lại dòng ngắn mạch và nhiệt độ của thiết bị chuẩn ở các nhiệt độ mong muốn. Nếu cần thiết, thực hiện các phép đo ngay sau khi bỏ phương tiện che nắng gió.
- f) Mức phát xạ G_0 phải được tính toán theo IEC 60891 từ dòng điện đo được (I_{sc}) của thiết bị PV chuẩn, và giá trị hiệu chuẩn của nó ở $\text{STC}(I_{sc})$. Cần thực hiện hiệu chỉnh để tính đến nhiệt độ của thiết bị chuẩn T_m bằng cách sử dụng hệ số nhiệt độ qui định của thiết bị chuẩn α_{TC} .

$$G_0 = \frac{1000 \times I_{sc}}{I_{rc}} \times [1 - \alpha_{rc}(T_m - 25)]$$

Trong đó, α_{rc} là hệ số nhiệt độ tương đối [$^{\circ}\text{C}^{-1}$] ở 25°C và $1\,000\text{ W.m}^{-2}$.

- g) Điều chỉnh nhiệt độ bằng bộ kiểm soát hoặc luân phiên phơi nắng hay che nắng cho mô-đun thử nghiệm theo yêu cầu để đạt được và duy trì nhiệt độ mong muốn. Một cách khác, có thể để cho mô-đun thử nghiệm ấm lên một cách tự nhiên, thực hiện định kỳ qui trình ghi dữ liệu ở mục d) trong quá trình ấm lên.
- h) Đảm bảo sao cho nhiệt độ của mô-đun thử nghiệm và thiết bị chuẩn ổn định và giữ không đổi trong phạm vi $\pm 1^{\circ}\text{C}$ và phát xạ đo được bởi thiết bị chuẩn giữ không đổi trong phạm vi $\pm 1\%$ trong khoảng thời gian ghi đối với mỗi bộ dữ liệu. Tất cả các dữ liệu phải được lấy ở mức phát xạ $1\,000\text{ W.m}^{-2}$ hoặc phải được qui đổi về mức phát xạ đó bằng cách sử dụng IEC 60891. Việc qui đổi này chỉ được thực hiện trong dải phát xạ mà ở đó mô-đun là tuyến tính như định nghĩa trong IEC 60904-10.
- i) Lặp lại các bước d) đến h). Nhiệt độ của mô-đun phải sao cho dải được quan tâm lớn ít nhất là 30°C và gồm ít nhất bốn lần tăng xấp xỉ bằng nhau. Phải thực hiện ít nhất là ba phép đo ở mỗi điều kiện thử nghiệm.

10.4.3.2 Qui trình với thiết bị mô phỏng ánh sáng mặt trời

- a) Xác định dòng ngắn mạch của mô-đun ở bức xạ mong muốn tại nhiệt độ phòng, theo IEC 60904-1.
- b) Đặt mô-đun thử nghiệm trong thiết bị được dùng để thay đổi nhiệt độ. Kết nối tới các dụng cụ đo.
- c) Chỉnh định phát xạ sao cho mô-đun thử nghiệm tạo ra dòng ngắn mạch được xác định ở mục a).
- d) Làm nóng hoặc làm mát mô-đun tới nhiệt độ quan tâm. Khi mô-đun đạt tới nhiệt độ mong muốn, đo I_{sc} , V_{oc} và công suất đỉnh. Thay đổi nhiệt độ mô-đun theo từng nấc xấp xỉ 5°C trên một dải quan tâm ít nhất 30°C và lặp lại các phép đo I_{sc} , V_{oc} và công suất đỉnh.

CHÚ THÍCH 1: Có thể đo đặc tính dòng điện-điện áp hoàn chỉnh ở mỗi nhiệt độ để xác định sự thay đổi của điện áp theo nhiệt độ ở công suất đỉnh và dòng điện ở công suất đỉnh.

CHÚ THÍCH 2: Cần thận trọng để đảm bảo mô-đun thử nghiệm được ổn định trước một cách chính xác trước mỗi phép đo.

10.4.3.3 Tính toán các hệ số nhiệt độ

- a) Vẽ đồ thị các giá trị của I_{sc} , V_{oc} và P_{max} là hàm của nhiệt độ và dựng một đường cong khớp với các bình phương nhỏ nhất qua mỗi bộ dữ liệu.
- b) Từ các bình phương nhỏ nhất của các hệ số góc kẻ các đường thẳng đối với dòng điện, điện áp và P_{max} . Tính giá trị α - hệ số nhiệt độ của dòng ngắn mạch, β - hệ số nhiệt độ của điện áp hở mạch, và δ - hệ số nhiệt độ của P_{max} , đối với mô-đun.

CHÚ THÍCH 1: Xem IEC 60904-10 để xác định xem các mô-đun thử nghiệm có thể được xem như các thiết bị tuyến tính hay không.

CHÚ THÍCH 2: Các hệ số nhiệt độ đo được trong qui trình này chỉ có giá trị ở mức phát xạ và phổ mà tại đó chúng được đo. Các hệ số nhiệt độ tương đối được biểu diễn ở tỉ lệ phần trăm có thể được xác định bằng cách chia α , β , δ đã tính được cho các giá trị dòng điện, điện áp và công suất định ở 25 °C.

CHÚ THÍCH 3: Do hệ số lấp đầy của mô-đun là hàm của nhiệt độ, nên sử dụng tích của α và β làm hệ số nhiệt độ của công suất định là không thỏa đáng.

10.5 Phép đo nhiệt độ danh nghĩa của tế bào quang điện đang hoạt động (NOCT)

10.5.1 Mục đích

Để xác định NOCT của mô-đun.

10.5.2 Giới thiệu

NOCT được định nghĩa là nhiệt độ trung bình của tiếp giáp của pin mặt trời ở trạng thái cân bằng bên trong một mô-đun được lắp trên kệ hở trong môi trường chuẩn (SRE) sau đây:

- góc nghiêng: nghiêng 45 ° so với mặt phẳng nằm ngang
- bức xạ tổng: 800 W.m⁻²
- nhiệt độ xung quanh: 20 °C
- tốc độ gió: 1 m.s⁻¹
- phụ tải điện: không có (hở mạch)

NOCT có thể được người thiết kế hệ thống sử dụng như một chỉ dẫn về nhiệt độ mà tại đó mô-đun sẽ hoạt động tại hiện trường và do đó đây là một tham số hữu ích khi so sánh tính năng của các thiết kế mô-đun khác nhau. Tuy nhiên, nhiệt độ làm việc thực tế tại thời điểm cụ thể bất kỳ chịu ảnh hưởng của kết cấu lắp, mức phát xạ, tốc độ gió, nhiệt độ xung quanh, nhiệt độ ngoài trời và phản xạ và phát xạ từ mặt đất và các vật ở gần. Để dự đoán chính xác hiệu năng, các yếu tố này phải được tính đến.

Trong trường hợp các mô-đun không được thiết kế để lắp trên kệ hở, phương pháp này có thể sử dụng để xác định nhiệt độ trung bình của tiếp giáp của pin mặt trời ở trạng thái cân bằng trong SRE, với mô-đun được lắp theo khuyến cáo của nhà chế tạo.

10.5.3 Nguyên lý

Phương pháp này dựa trên việc thu thập các dữ liệu về nhiệt độ của tế bào quang điện đo được thực tế ở một dải các điều kiện môi trường bao gồm SRE. Các dữ liệu được trình bày theo cách cho phép nội suy NOCT chính xác và có thể lặp lại.

Nhiệt độ của tiếp giáp pin mặt trời (T_j) trước tiên là hàm của nhiệt độ xung quanh (T_{amb}), tốc độ gió trung bình (V) và bức xạ mặt trời tổng (G) chiếu vào bề mặt tác dụng của mô-đun. Chênh lệch nhiệt độ ($T_j - T_{amb}$) phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ xung quanh và về cơ bản tỉ lệ một cách tuyến tính với phát xạ ở

các mức lớn hơn 400 W.m^{-2} . Theo qui trình này, vẽ quan hệ $(T_j - T_{\text{amb}})$ theo bức xạ G trong một khoảng thời gian khi điều kiện gió thuận lợi. Sau đó xác định trị số sơ bộ của NOCT bằng cách cộng thêm 20°C vào giá trị của $(T_j - T_{\text{amb}})$ được nội suy ở mức phát xạ SRE là 800 W.m^{-2} . Cuối cùng, cộng thêm một lượng bù, tùy thuộc vào nhiệt độ và tốc độ gió trung bình trong khoảng thời gian thử nghiệm, vào trị số sơ bộ của NOCT để hiệu chuẩn nó về 20°C và 1 m.s^{-1} .

10.5.4 Trang thiết bị

Cần có các trang thiết bị sau đây:

- a) Một kệ hờ để đỡ (các) mô-đun thử nghiệm và đồng hồ đo bức xạ mặt trời theo cách qui định (xem 10.5.2.). Kệ được thiết kế để giảm thiểu dẫn nhiệt từ các mô-đun và can thiệp càng ít càng tốt tới bức xạ nhiệt tự do từ các mặt trước và sau của chúng.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp các mô-đun không được thiết kế để lắp trên kệ hờ, cần lắp (các) mô-đun thử nghiệm theo như khuyến cáo của nhà chế tạo.

- b) Một đồng hồ đo bức xạ mặt trời, được lắp trên mặt phẳng của (các) mô-đun, trong phạm vi $0,3 \text{ m}$ của dàn thử nghiệm.
- c) Các dụng cụ để đo tốc độ gió xuống tới $0,25 \text{ m.s}^{-1}$ với độ chính xác $\pm 10\%$ hoặc $0,2 \text{ m.s}^{-1}$, lấy giá trị lớn hơn, và đo hướng gió với độ chính xác $\pm 10\%$, được lắp đặt bên trên đỉnh của (các) mô-đun khoảng $0,7 \text{ m}$ và về phía đông hoặc tây khoảng $1,2 \text{ m}$.
- d) Một cảm biến nhiệt độ xung quanh, có hằng số thời gian gần giống của (các) mô-đun, được lắp đặt trong vỏ được che nắng, thông gió tốt gần các cảm biến gió.
- e) Các cảm biến nhiệt độ của pin mặt trời, được gắn vào phía sau của hai pin mặt trời bằng cách hàn hoặc bằng chất dính dẫn nhiệt, gần giữa của mỗi mô-đun thử nghiệm, hoặc thiết bị khác cần thiết cho phép đo nhiệt độ của pin mặt trời đã được IEC chấp nhận.
- f) Một hệ thống thu nhận dữ liệu với độ chính xác đo nhiệt độ $\pm 1^\circ\text{C}$ để ghi lại các tham số sau đây trong phạm vi khoảng thời gian không lớn hơn 5 s :
 - mức phát xạ;
 - nhiệt độ xung quanh;
 - nhiệt độ của pin mặt trời;
 - tốc độ gió;
 - hướng gió.

10.5.5 Lắp mô-đun thử nghiệm

Góc nghiêng: (các) mô-đun thử nghiệm phải được bố trí sao cho nó nghiêng một góc $45^\circ \pm 5^\circ$ so với mặt phẳng nằm ngang, cạnh trước hướng về phía xích đạo.

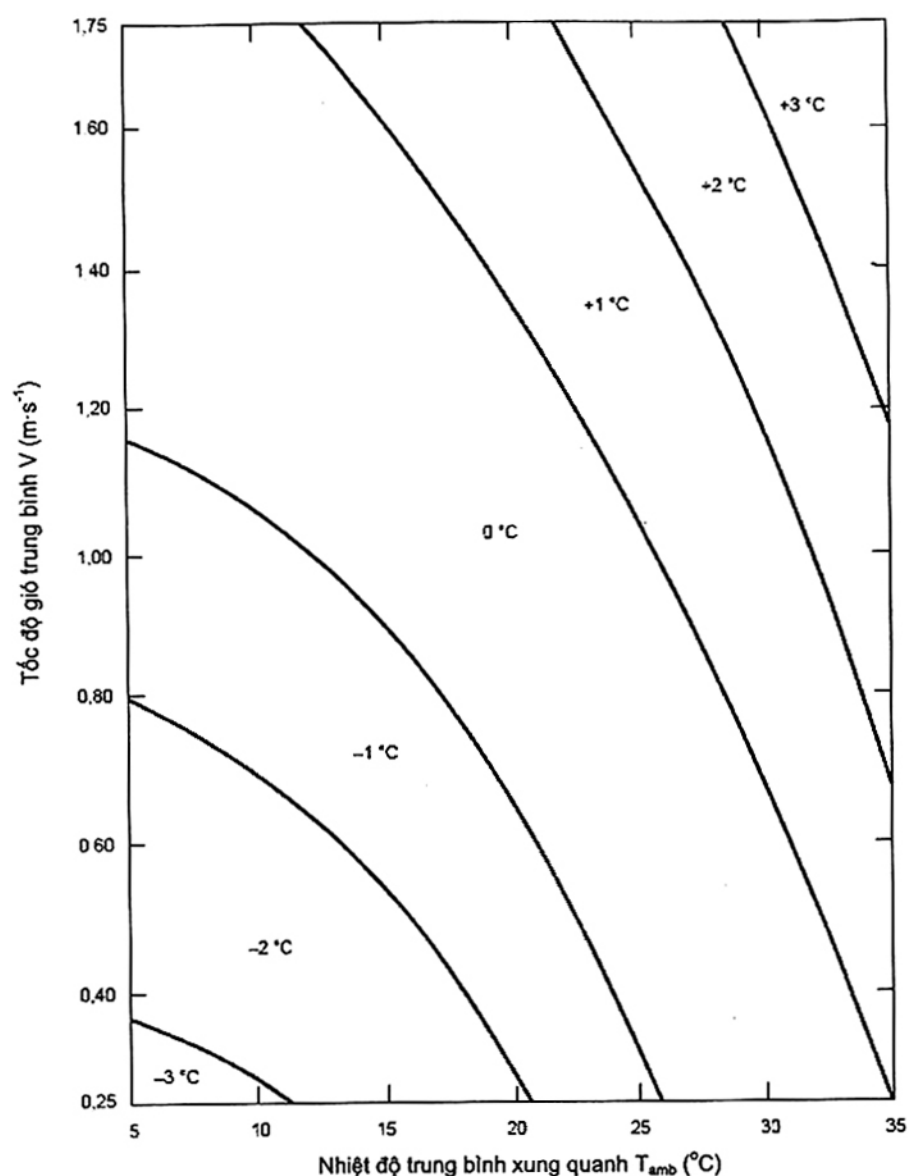
Độ cao: gờ đáy của (các) mô-đun thử nghiệm cao hơn không dưới $0,6 \text{ m}$ so với mặt phẳng nằm ngang tại chỗ hoặc độ cao của mặt đất.

Cấu hình: để mô phỏng các điều kiện đường biên nhiệt của các mô-đun lắp đặt trong một dàn, (các) mô-đun thử nghiệm phải được lắp bên trong một bề mặt phẳng mở rộng ra ít nhất là 0,6 m ra bên ngoài (các) mô-đun thử nghiệm theo mọi hướng. Đối với các mô-đun được thiết kế để sử dụng cho các công trình lắp đặt đứng độc lập, hồ phía sau, phải sử dụng các tấm nhôm đen hoặc các mô-đun khác có cùng thiết kế để lấp đầy diện tích hồ còn lại của bề mặt phẳng.

Khu vực bao quanh: không được có vật cản ngăn bức xạ toàn phần đến (các) mô-đun thử nghiệm trong khoảng thời gian từ 4 h trước giữa trưa giờ địa phương đến 4 h sau giữa trưa giờ địa phương. Mặt đất bao quanh các mô-đun không được có độ phản chiếu ánh sáng mặt trời cao bất thường và phải phẳng và nằm ngang hoặc từ đồ gá thử nghiệm dốc xuống theo mọi hướng. Cỏ, các loại thực vật khác, nhựa đường đen hoặc bùn đất là chấp nhận được trong khu vực bao quanh.

10.5.6 Quy trình

- a) Bố trí trang thiết bị cùng (các) mô-đun thử nghiệm, như mô tả trong 10.5.4. Đảm bảo rằng các mô-đun thử nghiệm đều hở mạch.
- b) Vào ngày thích hợp, trời trong, có nắng, ít gió, ghi lại nhiệt độ của pin mặt trời, nhiệt độ xung quanh, phát xạ, tốc độ gió và hướng gió như một hàm của thời gian.
- c) Loại bỏ toàn bộ dữ liệu lấy được trong các điều kiện sau:
 - bức xạ dưới 400 W.m^{-2} ;
 - trong khoảng thời gian 10 min sau khi phát xạ biến đổi hơn 10 % trong khi thu thập dữ liệu;
 - tốc độ gió nằm ngoài khoảng $1,0 \text{ m.s}^{-1} \pm 0,75 \text{ m.s}^{-1}$;
 - nhiệt độ xung quanh nằm ngoài khoảng $20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, hoặc thay đổi hơn $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - khoảng thời gian 10 min sau khi có gió giật hơn 4 m.s^{-1} ;
 - hướng gió trong phạm vi $\pm 20 \text{ }^{\circ}$ hướng đông hoặc hướng tây.
- d) Từ tối thiểu 10 điểm dữ liệu phù hợp bao trùm dải bức xạ ít nhất 300 W.m^{-2} , đảm bảo chắc chắn rằng các điểm dữ liệu là từ cả trước và sau giữa trưa, vẽ $(T_J - T_{\text{amb}})$ như một hàm của mức phát xạ. Dùng phân tích hồi quy để khớp các điểm dữ liệu.
- e) Xác định giá trị $(T_J - T_{\text{amb}})$ ở 800 W.m^{-2} và cộng thêm $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ để có được giá trị sơ bộ của NOCT.
- f) Tính nhiệt độ xung quanh trung bình, T_{amb} , và tốc độ gió trung bình, V , gắn liền với các điểm dữ liệu chấp nhận được và xác định giá trị hiệu chuẩn thích hợp từ Hình 2.
- g) Cộng giá trị hiệu chuẩn vào giá trị NOCT sơ bộ để hiệu chuẩn nó về $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ và 1 m.s^{-1} . Tổng này là NOCT của mô-đun.
- h) Lặp lại toàn bộ quy trình vào một ngày khác và lấy trung bình hai giá trị NOCT nếu nằm trong khoảng $0,5^{\circ}\text{C}$. Nếu chênh lệch lớn hơn $0,5^{\circ}\text{C}$, lặp lại quy trình vào một ngày khác nữa và lấy trung bình cả ba giá trị NOCT.



Hình 2 – Giá trị hiệu chuẩn NOCT

10.6 Tính năng ở STC và NOCT

10.6.1 Mục đích

Để xác định tính năng điện của mô-đun thay đổi theo tải như thế nào ở STC (1 000 W.m⁻², nhiệt độ pin mặt trời 25 °C, phân bố phát xạ quang phổ mặt trời chuẩn theo IEC 60904-3) và ở NOCT, mức phát xạ 800 W.m⁻², với phân bố phát xạ quang phổ mặt trời chuẩn theo IEC 60904-3.

10.6.2 Trang thiết bị

- a) Nguồn bức xạ (ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc thiết bị mô phỏng mặt trời lớp BBB hoặc tốt hơn) theo IEC 60904-9.
- b) Một thiết bị PV chuẩn theo IEC 60904-2. Nếu sử dụng thiết bị mô phỏng lớp BBB, thiết bị chuẩn phải là một mô-đun chuẩn có cùng kích cỡ, với cùng công nghệ pin mặt trời để phù hợp với đáp ứng phổ.
- c) Một kệ phù hợp để đỡ mẫu thử nghiệm và thiết bị chuẩn trong một mặt phẳng vuông góc với chùm tia phát xạ.
- d) Thiết bị để đo đường cong I-V theo Điều 4 trong IEC 60904-1:2006.
- e) Thiết bị cần thiết để thay đổi nhiệt độ của mẫu thử nghiệm tới nhiệt độ NOCT đo được ở 10.5.

10.6.3 Qui trình

10.6.3.1 Điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn (STC)

Duy trì mô-đun ở 25 °C và vẽ đường đặc tính dòng điện-điện áp của nó ở mức phát xạ 1 000 W.m⁻² (như đo được bởi một thiết bị chuẩn thích hợp), theo IEC 60904-1, sử dụng ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc thiết bị mô phỏng lớp BBB hoặc tốt hơn phù hợp với các yêu cầu của IEC 60904-9.

10.6.3.2 Nhiệt độ danh nghĩa của pin mặt trời đang hoạt động (NOCT)

Làm nóng đều mô-đun đến nhiệt độ NOCT và vẽ đường đặc tính dòng điện-điện áp của nó tại mức phát xạ 800 W.m⁻² (như đo được bằng thiết bị chuẩn thích hợp), theo IEC 60904-1, sử dụng ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc thiết bị mô phỏng lớp B hoặc tốt hơn phù hợp với các yêu cầu của IEC 60904-9.

Nếu thiết bị chuẩn không khớp về phổ với mô-đun thử nghiệm, sử dụng IEC 60904-7 để tính toán hiệu chỉnh không khớp về phổ.

10.7 Tính năng ở mức phát xạ thấp

10.7.1 Mục đích

Xác định tính năng điện của mô-đun thay đổi theo tải như thế nào ở 25 °C và mức phát xạ 200 W.m⁻² (như đo được bằng thiết bị chuẩn thích hợp), theo IEC 60904-1, sử dụng ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc thiết bị mô phỏng lớp BBB theo IEC 60904-9.

10.7.2 Trang thiết bị

- a) Nguồn bức xạ (ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc thiết bị mô phỏng mặt trời lớp BBB hoặc tốt hơn) theo IEC 60904-9.
- b) Thiết bị cần thiết để thay đổi mức phát xạ tới 200 W.m⁻² mà không ảnh hưởng tới phân bố quang phổ phát xạ tương đối và tính đồng nhất trong không gian theo IEC 60904-10.
- c) Một thiết bị PV chuẩn theo IEC 60904-2.

- d) Một kệ phù hợp để đỡ mẫu thử nghiệm và thiết bị chuẩn trong một mặt phẳng vuông góc với chùm tia bức xạ.
- e) Thiết bị để đo đường cong I-V theo IEC 60904-1.

10.7.3 Qui trình

Xác định đặc tính dòng điện-điện áp của mô-đun ở $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ và mức phát xạ 200 W.m^{-2} (như đo được bằng thiết bị chuẩn thích hợp), theo IEC 60904-1, sử dụng ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc thiết bị mô phỏng lớp BBB theo IEC 60904-9. Mức phát xạ được giảm xuống mức qui định bằng cách sử dụng các bộ lọc trung tính hoặc công nghệ khác mà không ảnh hưởng đến phân bố phát xạ quang phổ. (Xem IEC 60904-10 để được hướng dẫn về giảm mức phát xạ mà không làm thay đổi phân bố phát xạ quang phổ).

10.8 Thử nghiệm chịu tác động ngoài trời

10.8.1 Mục đích

Đánh giá sơ bộ khả năng mô-đun chịu tác động của các điều kiện ngoài trời và phát hiện các ảnh hưởng xuống cấp bất kỳ khi kết hợp với nhau mà có thể không phát hiện được bằng các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm.

CHÚ THÍCH: Cần thận trọng trong khi đưa ra các đánh giá mang tính tuyệt đối về tuổi thọ của mô-đun trên cơ sở đạt thử nghiệm này, do thời gian thử nghiệm ngắn và tính biến động của môi trường của các điều kiện thử nghiệm. Thử nghiệm này chỉ nên dùng như một chỉ dẫn hoặc một chỉ báo về các vấn đề có thể có.

10.8.2 Trang thiết bị

- a) Một thiết bị có khả năng đo mức phát xạ mặt trời, với độ không đảm bảo nhỏ hơn $\pm 50\text{ W.m}^{-2}$.
- b) Phương tiện để lắp mô-đun, theo khuyến cáo của nhà chế tạo, đồng phẳng với thiết bị đo mức phát xạ.
- c) Tải chọn theo mức mà tại nhiệt độ STC mô-đun sẽ vận hành gần với điểm công suất lớn nhất.

10.8.3 Qui trình

- a) Lắp tải có điện trở vào mô-đun và lắp nó ngoài trời, theo khuyến cáo của nhà chế tạo, đồng phẳng với thiết bị theo dõi mức phát xạ. Trước khi thử nghiệm mô-đun, lắp đặt mọi thiết bị bảo vệ phát nóng cục bộ mà nhà chế tạo khuyến cáo.
- b) Cho mô-đun chịu mức phát xạ tổng là 60 kWh.m^{-2} , như đo được bởi thiết bị theo dõi, dưới các điều kiện phù hợp với khí hậu ngoài trời thông thường, như qui định trong IEC 60721-2-1.

10.8.4 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1, 10.2 và 10.3.

10.8.5 Yêu cầu

- không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7;
- công suất đầu ra lớn nhất ở nhiệt độ STC phải lớn hơn công suất danh định tối thiểu của nhà chế tạo;
- điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.

10.9 Thử nghiệm khả năng chịu đựng phát nóng cục bộ

10.9.1 Mục đích

Để xác định khả năng mô-đun chịu được các hiệu ứng phát nóng cục bộ, ví dụ làm nóng chảy chất hàn hoặc suy giảm lớp vỏ bọc. Khuyết tật này có thể bị gây ra bởi các pin mặt trời có lỗi, bị che sáng hoặc làm bẩn.

10.9.2 Hiệu ứng phát nóng cục bộ

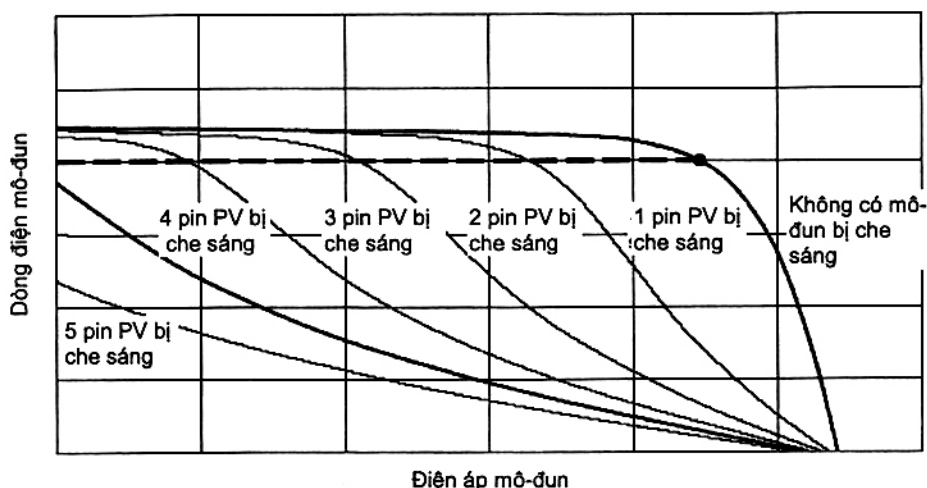
Phát nóng cục bộ xảy ra trong một mô-đun khi dòng làm việc của nó vượt quá dòng ngắn mạch (I_{sc}) giảm thấp của một pin mặt trời hoặc một nhóm pin mặt trời bị che sáng hoặc có lỗi. Khi tình trạng như vậy xảy ra, pin mặt trời hoặc nhóm pin mặt trời bị ảnh hưởng bị buộc phải chuyển sang điện áp ngược và tiêu tán năng lượng, điều này có thể gây ra hiện tượng phát nóng quá mức.

CHÚ THÍCH 1: Thông thường không có các đi-ốt rẽ nhánh được lắp vào trong mạch kết nối các pin mặt trời màng mỏng mắc nối tiếp. Do đó, điện áp ngược của các pin mặt trời bị che không bị giới hạn và điện áp mô-đun có thể buộc một nhóm các pin mặt trời rơi vào chế độ phân cực ngược.

CHÚ THÍCH 2: Tính năng điện của mô-đun màng mỏng có thể bị ảnh hưởng tiêu cực bởi việc che sáng ngắn hạn. Cần thận trọng để tách bạch rõ ràng các ảnh hưởng gây ra bởi việc chỉnh định các trường hợp xấu nhất và việc thử nghiệm khả năng chịu đựng phát nóng cục bộ. Các giá trị P_{max1} , P_{max2} và P_{max3} được thu thập cho mục đích này.

CHÚ THÍCH 3: Mặc dù nhiệt độ tuyệt đối và tổn hao công suất tương đối không phải là các tiêu chí của thử nghiệm này, thế nhưng các điều kiện phát nóng cục bộ khắc nghiệt nhất được sử dụng để đảm bảo tính an toàn của thiết kế.

Hình 3 minh họa ảnh hưởng của phát nóng cục bộ trong một mô-đun màng mỏng bao gồm một mạch nối tiếp các pin mặt trời, khi một số lượng khác các pin mặt trời bị che sáng hoàn toàn. Lượng công suất tiêu tán trong các pin mặt trời bị che sáng bằng dòng điện mô-đun nhân với điện áp ngược sinh ra trên nhóm các pin mặt trời bị che sáng. Với mức phát xạ bất kỳ, công suất tiêu tán lớn nhất khi điện áp ngược trên các pin mặt trời bị che sáng bằng với điện áp sinh ra bởi các pin mặt trời được chiếu sáng còn lại trong mô-đun (điều kiện che sáng trường hợp xấu nhất). Đây là trường hợp khi dòng ngắn mạch của mô-đun bị che sáng bằng với dòng điện lớn nhất của mô-đun không bị che sáng.



Hình 3 – Hiệu ứng phát nóng cục bộ trong một mô-đun màng mỏng với các pin mặt trời nối nối tiếp. Điều kiện che sáng trường hợp xấu nhất là che sáng 4 pin mặt trời cùng lúc.

10.9.3 Phân loại kết nối các pin mặt trời

Các pin mặt trời trong một mô-đun màng mỏng được kết nối theo một trong các cách sau đây:

Trường hợp S: Mắc nối tiếp tất cả các pin mặt trời thành một chuỗi duy nhất (trường hợp phổ biến nhất). Một điốt rẽ nhánh chỉ có thể được sử dụng giữa các đầu nối của mô-đun.

Trường hợp PS: Mắc song song-nối tiếp, tức là mắc song song một số khối, trong đó mỗi khối gồm một số nhất định các pin mặt trời mắc nối tiếp. Điốt rẽ nhánh có thể được sử dụng cho mỗi khối.

Trường hợp SP: Mắc nối tiếp-song song, tức là mắc nối tiếp một số khối, trong đó mỗi khối gồm một số pin mặt trời nhất định mắc song song. Điốt nối tất có thể được sử dụng cho mỗi khối.

Mỗi cấu hình yêu cầu một qui trình thử nghiệm phát nóng cục bộ cụ thể.

10.9.4 Trang thiết bị

- Nguồn bức xạ: Ánh sáng mặt trời tự nhiên, một thiết bị mô phỏng mặt trời trạng thái ổn định lớp CCB (hoặc tốt hơn) theo IEC 60904-9 với mức phát xạ $1\,000\text{ W.m}^{-2}$.
- Thiết bị ghi đường cong I-V của mô-đun.
- Thiết bị đo dòng.
- Các nắp chắn sáng có kích cỡ phù hợp để che sáng hoàn toàn một nhóm các pin mặt trời thử nghiệm ở gần nhau.
- Một thiết bị phát hiện nhiệt độ phù hợp, nếu cần thiết.

10.9.5 Qui trình

Thử nghiệm phát nóng cục bộ được thực hiện với mô-đun được phơi bức xạ 800 đến 1 000 W.m⁻². Trước khi thử nghiệm mô-đun, phải lắp đặt mọi thiết bị bảo vệ phát nóng cục bộ được khuyến cáo bởi nhà chế tạo.

10.9.5.1 Trường hợp S

- Phơi mô-đun không bị che sáng ra mức bức xạ từ 800 đến 1 000 W.m⁻². Khi đạt được ổn định nhiệt, đo đặc tính I-V của mô-đun và xác định dải dòng công suất lớn nhất trong đó $P > 0,99 P_{\max 1}$. (Công suất mô-đun đo được sau khi ổn định trước).
- Ngắt mạch mô-đun và theo dõi dòng ngắn mạch.
- Bắt đầu từ một cạnh của mô-đun, dùng một nắp chắn sáng để che sáng hoàn toàn một pin mặt trời. Di chuyển nắp song song tới các pin mặt trời và tăng diện tích mô-đun bị che sáng (số lượng các pin mặt trời bị che sáng) cho đến khi dòng ngắn mạch rơi vào trong dải dòng công suất lớn nhất của mô-đun không bị che sáng. Trong các điều kiện này, công suất lớn nhất được tiêu tán bên trong nhóm các pin mặt trời được chọn.
- Di chuyển chậm một nắp chắn sáng (kích thước như trong mục c) qua mô-đun và theo dõi dòng ngắn mạch của mô-đun. Nếu ở một vị trí nhất định dòng ngắn mạch vượt ra ngoài dải dòng công suất lớn nhất của mô-đun không bị che sáng, giảm kích thước nắp chắn sáng từng bước nhỏ một cho đến khi lại đạt tới điều kiện dòng công suất lớn nhất một lần nữa. Trong quá trình này, mức phát xạ không được thay đổi nhiều hơn $\pm 2\%$.
- Độ rộng cuối cùng của nắp chắn sáng quyết định diện tích che sáng tối thiểu gây ra điều kiện che sáng trường hợp xấu nhất. Đây là diện tích bị che sáng sẽ được áp dụng cho thử nghiệm phát nóng cục bộ.
- Tháo nắp và kiểm tra mô-đun bằng mắt.

CHÚ THÍCH: Hoạt động phân cực ngược của các pin mặt trời trong bước d) có thể gây ra sự cố kết nối và dẫn tới các vết có thể nhìn thấy phân bố không đều trên bề mặt mô-đun. Các hư hại này có thể làm suy giảm công suất đầu ra lớn nhất.

- Đo lại đặc tính I-V của mô-đun và xác định công suất cực đại $P_{\max 2}$.
- Đặt nắp chắn sáng trên diện tích mô-đun ứng viên và ngắn mạch mô-đun.
- Phơi mô-đun lần nữa ở mức 800 đến 1 000 W.m⁻². Thử nghiệm này phải được thực hiện ở nhiệt độ mô-đun trong dải $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ghi lại giá trị của I_{sc} và giữ mô-đun ở điều kiện tiêu tán công suất lớn nhất. Nếu cần, điều chỉnh lại mức chắn sáng để duy trì I_{sc} trong mức xác định được trong bước a).
- Duy trì các điều kiện này trong thời gian phơi sáng tổng cộng 1 h.
- Ở thời điểm kết thúc thử nghiệm độ bền, xác định vùng nóng nhất trên các pin mặt trời bị che sáng bằng cách sử dụng thiết bị phát hiện nhiệt độ thích hợp.

10.9.5.2 Trường hợp PS

- Phơi mô-đun không bị che sáng ra mức bức xạ 800 đến 1 000 W.m⁻². Khi đạt được trạng thái ổn định nhiệt, đo đặc tính I-V của mô-đun và xác định công suất lớn nhất P_{max1} .
- Ngắt mạch mô-đun và lấy ngẫu nhiên ít nhất 10 % các khối song song trong mô-đun, che sáng một diện tích tăng dần của khối cho đến khi xác định được nhiệt độ cao nhất bằng cách sử dụng thiết bị ảnh nhiệt hoặc phương tiện khác phù hợp.
- Đo lại đặc tính I-V của mô-đun và xác định công suất lớn nhất P_{max2} .
- Áp dụng diện tích che sáng trong bước b) và duy trì các điều kiện này trong thời gian phơi sáng tổng cộng 1 h.
- Ở thời điểm kết thúc thử nghiệm độ bền, xác định vùng nóng nhất trên các pin mặt trời bị che sáng bằng cách sử dụng thiết bị phát hiện nhiệt độ thích hợp.

10.9.5.3 Trường hợp SP

- Phơi mô-đun không bị che sáng ra mức bức xạ 800 đến 1 000 W.m⁻². Khi đạt được trạng thái ổn định nhiệt, đo đặc tính I-V của mô-đun và xác định dải dòng công suất lớn nhất ($I_{min} < I < I_{max}$), trong đó $P > 0,99 P_{max1}$.

- Sau đó tính toán dải dòng công suất lớn nhất cần áp dụng ($I(*)$) theo công thức dưới đây.

$$I_{min} / P + I_{sc} \times (P - 1) / P < I(*) < I_{max} / P + I_{sc} \times (P - 1) / P$$

P: số chuỗi mô-đun mắc song song.

- Ngắt mạch mô-đun và theo dõi dòng ngắn mạch.
- Bắt đầu từ một cạnh của một chuỗi trong mô-đun, sử dụng một nắp chắn sáng để chắn sáng hoàn toàn một pin mặt trời. Di chuyển nắp chắn song song với các pin mặt trời và tăng diện tích mô-đun bị chắn sáng (số các pin mặt trời bị chắn sáng) cho đến khi dòng ngắn mạch rơi vào dải dòng công suất lớn nhất ($I(*)$) của mô-đun không bị chắn sáng. Trong các điều kiện này, công suất lớn nhất được tiêu tán bên trong nhóm các pin mặt trời được chọn.
- Cắt nắp chắn sáng tới bằng kích thước được xác định bằng thực nghiệm.
- Di chuyển chậm nắp chắn sáng qua mô-đun và theo dõi dòng ngắn mạch của mô-đun. Nếu tại một vị trí nhất định, dòng ngắn mạch vượt ra ngoài phạm vi dòng điện công suất lớn nhất ($I(*)$) của mô-đun không bị che sáng, cắt nắp chắn sáng theo từng cấp một pin mặt trời một cho đến khi đạt được dòng điện công suất lớn nhất một lần nữa. Trong suốt quá trình này, mức phát xạ không được thay đổi nhiều hơn ± 2 %.
- Đo lại đặc tính I-V của mô-đun và xác định công suất lớn nhất P_{max2} .
- Đặt nắp chắn lên bề mặt mô-đun ứng viên và ngắn mạch mô-đun.
- Phơi mô-đun một lần nữa ở mức phát xạ 800 đến 1 000 W.m⁻². Thử nghiệm này phải được thực hiện ở nhiệt độ mô-đun nằm trong dải $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$. Ghi lại giá trị của I_{sc} và giữ mô-đun ở điều kiện tiêu tán công suất lớn nhất. Nếu cần, điều chỉnh lại mức chắn sáng để giữ I_{sc} ở mức qui định ở bước a).
- Duy trì các điều kiện này trong thời gian phơi sáng tổng cộng 1 h.

- k) Ở thời điểm kết thúc thử nghiệm độ bền, xác định vùng nóng nhất trên các pin mặt trời bị che sáng bằng cách sử dụng thiết bị phát hiện nhiệt độ thích hợp.

10.9.6 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1 và 10.3.

CHÚ THÍCH: Có thể đo công suất sau thử nghiệm phát nóng cục bộ cho mục đích chẩn đoán.

10.9.7 Yêu cầu

- không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.
- điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.

CHÚ THÍCH 1: Không có yêu cầu đạt/không đạt đối với tổn hao công suất trong thử nghiệm phát nóng cục bộ.

CHÚ THÍCH 2: Pin mặt trời bị hư hại do phân cực ngược trong thử nghiệm phát nóng cục bộ không được coi là chỗ khuyết hoặc ăn mòn các lớp màng mỏng.

10.10 Thử nghiệm ổn định trước bằng bức xạ cực tím

10.10.1 Mục đích

Để ổn định trước mô-đun bằng bức xạ cực tím (UV) trước các thử nghiệm chu kỳ nhiệt/độ ẩm-kết đông để xác định các vật liệu và liên kết bám dính dễ bị suy giảm bởi UV.

10.10.2 Thiết bị

- a) Thiết bị để kiểm soát nhiệt độ mô-đun khi bị chiếu xạ UV. Thiết bị phải có khả năng duy trì nhiệt độ mô-đun ở $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- b) Phương tiện đo và ghi nhiệt độ của (các) mô-đun với độ chính xác $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Các cảm biến nhiệt độ phải được gắn vào mặt trước hoặc mặt sau của mô-đun, gần chính giữa. Nếu thử nghiệm đồng thời nhiều hơn một mô-đun, chỉ cần theo dõi nhiệt độ của một mẫu đại diện là đủ.
- c) Thiết bị đo có khả năng đo phát xạ ánh sáng UV tạo ra bởi nguồn sáng UV ở mặt phẳng thử nghiệm của (các) mô-đun, trong dải bước sóng 280 nm đến 320 nm và 320 nm đến 400 nm với độ không đảm bảo $\pm 15\%$.
- d) Một nguồn sáng UV có khả năng sản sinh ra mức phát xạ UV với độ đồng nhất phát xạ $\pm 15\%$ trên mặt phẳng thử nghiệm của (các) mô-đun, phát xạ ở các bước sóng dưới 280 nm là không đáng kể và có khả năng cung cấp phát xạ cần thiết trong các miền phổ quan tâm khác nhau như định nghĩa trong 10.10.3.
- e) Tải chọn theo mức mà tại nhiệt độ STC mô-đun sẽ vận hành gần với điểm công suất lớn nhất.

10.10.3 Qui trình

- a) Sử dụng phông xạ kế đã hiệu chuẩn, đo mức phát xạ ở mặt phẳng thử nghiệm mô-đun đề xuất và đảm bảo rằng các bước sóng giữa 280 nm và 400 nm, mức phát xạ không vượt quá 250 W.m^{-2} (tức là khoảng năm lần mức ánh sáng mặt trời tự nhiên) và có độ đồng nhất $\pm 15 \%$ trên mặt phẳng thử nghiệm.
- b) Gắn tải điện trở vào mô-đun và lắp nó trong mặt phẳng thử nghiệm tại vị trí đã chọn ở a), vuông góc với chùm bức xạ UV. Đảm bảo nhiệt độ của mô-đun là $60^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.
- c) Cho mô-đun chịu mức phát xạ UV tổng 15 kW.m^{-2} trong dải bước sóng giữa 280 nm và 400 nm, với 3 % đến 10 % năng lượng tổng trong dải bước sóng giữa 280 nm và 320 nm, đồng thời duy trì nhiệt độ mô-đun nằm trong dải quy định.

10.10.4 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1 và 10.3.

10.10.5 Yêu cầu

- không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7;
- điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.

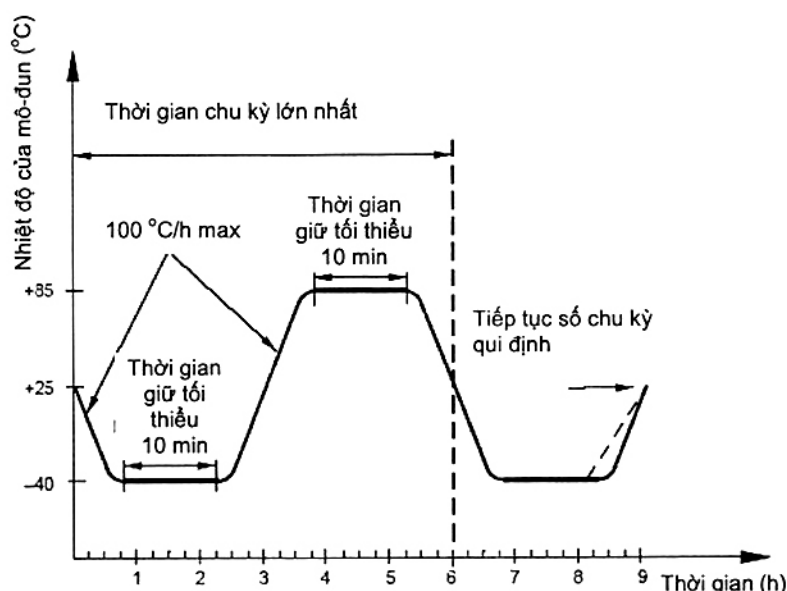
10.11 Thử nghiệm chu trình nhiệt

10.11.1 Mục đích

Để xác định khả năng mô-đun chịu được các ứng suất do không khớp về nhiệt, do môi và các ứng suất khác gây ra bởi các thay đổi nhiệt độ lặp đi lặp lại.

10.11.2 Trang thiết bị

- a) Buồng khí hậu có kiểm soát nhiệt độ tự động, phương tiện lưu thông không khí bên trong và phương tiện tránh ngưng tụ trên mô-đun trong quá trình thử nghiệm, có khả năng áp đặt chu kỳ nhiệt trong Hình 4 lên một hay nhiều mô-đun.
- b) Phương tiện lắp hoặc đỡ (các) mô-đun trong buồng, sao cho không khí xung quanh lưu thông tự do. Độ dẫn nhiệt của giá lắp hoặc giá đỡ phải thấp, sao cho, với mục đích thực tiễn, (các) mô-đun được cách nhiệt.
- c) Phương tiện đo và ghi nhiệt độ của (các) mô-đun với độ chính xác $\pm 1^\circ\text{C}$.
- d) Phương tiện theo dõi, trong suốt thử nghiệm, tính liên tục của mạch bên trong của mỗi mô-đun.



Hình 4 – Thử nghiệm chu kỳ nhiệt

10.11.3 Qui trình

- Lắp đặt (các) mô-đun trong buồng thử ở nhiệt độ phòng.
- Nối thiết bị theo dõi nhiệt độ với (các) cảm biến nhiệt độ. Các cảm biến nhiệt độ phải được gắn vào mặt trước hoặc mặt sau của mô-đun, gần chính giữa. Nếu thử nghiệm đồng thời nhiều hơn một mô-đun, chỉ cần theo dõi nhiệt độ của một mẫu đại diện là đủ.
- Đóng cửa buồng thử, cho (các) mô-đun chịu thay đổi nhiệt độ mô-đun theo chu kỳ giữa nhiệt độ $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ và $+35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, theo đường cong trên Hình 4. Tốc độ thay đổi nhiệt độ giữa các điểm cực thấp và cực cao không vượt quá $100\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ và nhiệt độ mô-đun phải duy trì ổn định ở mỗi nhiệt độ cực trị trong khoảng thời gian ít nhất 10 min. Thời gian chu kỳ không vượt quá 6 h. Số chu kỳ phải như thể hiện trong các ô liên quan ở Hình 1.
- Trong suốt thử nghiệm, ghi lại nhiệt độ mô-đun và theo dõi tính liên tục của mạch của các mô-đun.

10.11.4 Phép đo cuối cùng

Sau thời gian phục hồi tối thiểu 1 h, lặp lại thử nghiệm 10.1 và 10.3.

10.11.5 Yêu cầu

- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.
- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.
- Không có hở mạch trong quá trình thử nghiệm.

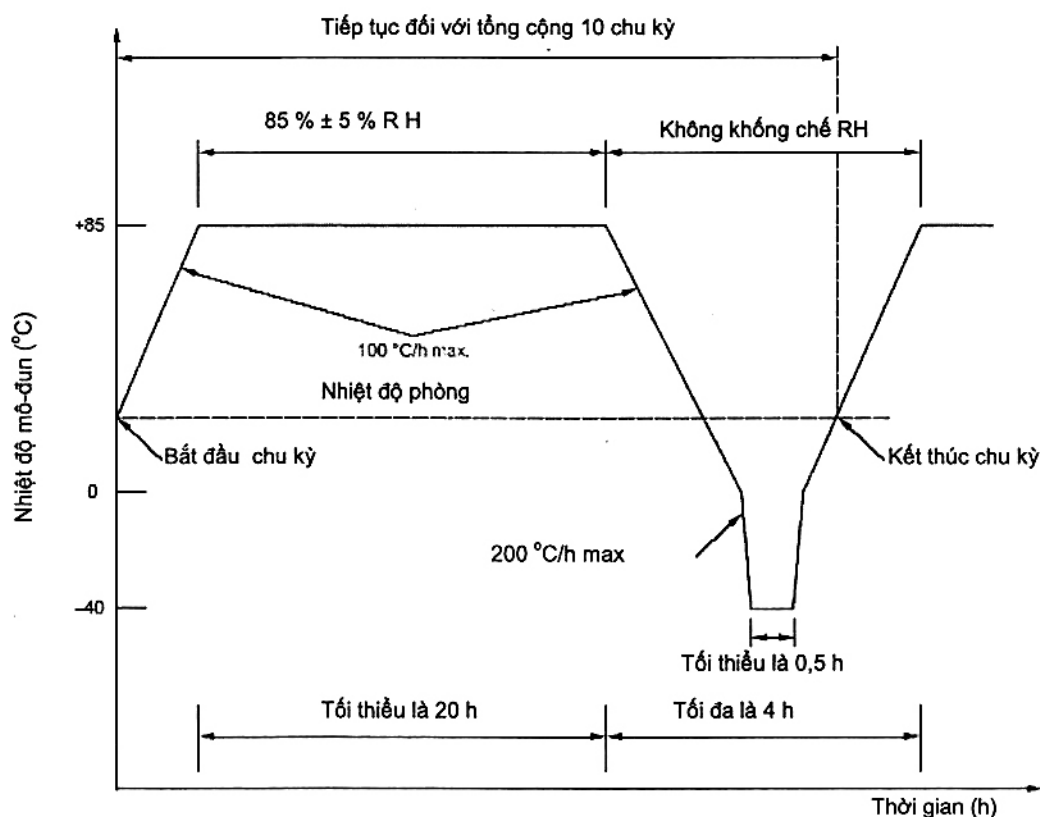
10.12 Thử nghiệm độ ẩm-kết đông

10.12.1 Mục đích

Để xác định khả năng mô-đun chịu được tác động của nhiệt độ và độ ẩm cao và tiếp theo đó là nhiệt độ dưới 0 °C. Đây không phải là thử nghiệm sốc nhiệt.

10.12.2 Trang thiết bị

- Buồng khí hậu có kiểm soát tự động nhiệt độ và độ ẩm, có khả năng áp đặt lên một hay nhiều mô-đun chu kì độ ẩm-kết đông qui định trên Hình 5.
- Phương tiện lắp hoặc đỡ (các) mô-đun trong buồng, sao cho không khí xung quanh lưu thông tự do. Độ dẫn nhiệt của giá lắp hoặc giá đỡ phải thấp, sao cho, với mục đích thực tiễn, (các) mô-đun được cách nhiệt.
- Phương tiện đo và ghi nhiệt độ của (các) mô-đun với độ chính xác $\pm 1^\circ\text{C}$. (Nếu thử nghiệm nhiều hơn một mô-đun, chỉ cần theo dõi nhiệt độ của một mẫu đại diện là đủ.)
- Phương tiện theo dõi, trong suốt thử nghiệm, tính liên tục của mạch bên trong của mỗi mô-đun.



Hình 5 – Chu kì độ ẩm-kết đông

10.12.3 Qui trình

- a) Lắp cảm biến nhiệt độ thích hợp vào mặt trước hoặc mặt sau của mô-đun tại gần chính giữa.
- b) Lắp đặt (các) mô-đun ở nhiệt độ phòng trong buồng khí hậu.
- c) Nối thiết bị theo dõi nhiệt độ với (các) cảm biến nhiệt độ.
- d) Sau khi đóng cửa buồng khí hậu, cho (các) mô-đun chịu 10 chu kì hoàn chỉnh theo Hình 5. Nhiệt độ cao nhất và thấp nhất phải trong phạm vi $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ của các mức qui định và độ ẩm tương đối phải duy trì trong phạm vi $\pm 5\%$ giá trị qui định ở nhiệt độ tối đa ($85\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- e) Trong suốt thử nghiệm, ghi lại nhiệt độ mô-đun và theo dõi tính liên tục của mạch của (các) mô-đun.

10.12.4 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1 và 10.3 trong vòng hai đến bốn giờ sau khi hoàn thành thử nghiệm.

10.12.5 Yêu cầu

- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7;
- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu;
- Không có hở mạch trong quá trình thử nghiệm.

10.13 Thử nghiệm nóng ẩm**10.13.1 Mục đích**

Để xác định khả năng mô-đun chịu được các tác động thâm nhập lâu dài của độ ẩm.

10.13.2 Qui trình

Thử nghiệm phải được thực hiện theo TCVN 7699-2-78 (IEC 60068-2-78) với các điều khoản sau đây:

- a) Ổn định trước
(Các) mô-đun, ở nhiệt độ phòng, phải được đưa vào trong buồng thử, không được ổn định trước.
- b) Mức khắc nghiệt
Áp dụng các mức khắc nghiệt sau đây:

Nhiệt độ thử nghiệm:	$85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
Độ ẩm tương đối:	$85\% \pm 5\%$
Thời gian thử nghiệm:	1 000 h

10.13.3 Phép đo cuối cùng

Sau thời gian phục hồi giữa 2 h và 4 h, lặp lại các thử nghiệm 10.3 và 10.15. Lặp lại thử nghiệm 10.1.

10.13.4 Yêu cầu

- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.

TCVN 10896:2015

- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.
- Thử nghiệm dòng rò ướt phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.

10.14 Thử nghiệm độ bền chắc của các đầu nối dây

10.14.1 Mục đích

Để xác định rằng các đầu nối dây và phần gắn đầu nối dây với thân mô-đun sẽ chịu được các ứng suất có nhiều khả năng sẽ được đặt vào trong quá trình thao tác lắp ráp hoặc nâng chuyển bình thường.

10.14.2 Loại đầu nối dây

Ba loại đầu nối dây của mô-đun được xem xét:

loại A: dây kim loại tức là dây nối riêng lẻ;

loại B: tấm nối, gu giông, vít, v.v.;

loại C: bộ nối.

10.14.3 Qui trình

Ôn định trước: 1 h ở điều kiện khí quyển tiêu chuẩn cho việc đo và thử nghiệm.

10.14.3.1 Đầu nối dây loại A

Thử nghiệm kéo: như mô tả trong TCVN 7699-2-21 (IEC 60068-2-21), thử nghiệm Ua, với các điều khoản sau:

- tất cả các đầu nối dây đều phải được thử nghiệm;
- lực kéo không được vượt quá trọng lượng của mô-đun.

Thử nghiệm uốn: như mô tả trong TCVN 7699-2-21 (IEC 60068-2-21), thử nghiệm Ub, với các điều khoản sau:

- tất cả các đầu nối dây đều phải được thử nghiệm;
- phương pháp 1–10 chu kì (một chu kì là một lần uốn cong theo mỗi hướng ngược lại).

10.14.3.2 Đầu nối dây loại B

Các thử nghiệm kéo và uốn:

- a) đối với các mô-đun có đầu nối dây hàn, mỗi đầu nối dây phải được thử nghiệm như đối với các đầu nối dây loại A;
- b) nếu các đầu nối dây được đặt trong hộp bảo vệ, áp dụng qui trình sau đây:
Cáp có kích cỡ và kiểu theo khuyến cáo của nhà chế tạo mô-đun, được cắt tới độ dài thích hợp, phải được nối tới các đầu nối dây bên trong hộp, áp dụng qui trình được nhà chế tạo khuyến cáo. Dây cáp phải được lấy qua lỗ của chèn cáp, chú ý sử dụng bố trí kẹp cáp được cấp. Nắp hộp phải

được lắp trở lại một cách chắc chắn. Mô-đun sau đó phải được thử nghiệm như đối với các đầu nối dây loại A.

Thử nghiệm mô men xoắn: như mô tả trong TCVN 7699-221 (IEC 60068-2-21), thử nghiệm Ud, với các điều khoản sau:

- tất cả các đầu nối dây đều phải được thử nghiệm;
- mức khắc nghiệt 1.

Các đai ốc hoặc vít cần phải có khả năng được nới lỏng sau đó, trừ khi chúng được thiết kế đặc biệt cho việc nối cố định.

10.14.3.3 Đầu nối dây loại C

Cáp có kích cỡ và kiểu theo khuyến cáo của nhà chế tạo mô-đun, được cắt tới độ dài thích hợp, phải được nối tới đầu ra của bộ nối, và các thử nghiệm đối với các đầu nối dây loại A phải được thực hiện.

10.14.4 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1 và 10.3.

10.14.5 Yêu cầu

- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.
- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.

10.15 Thử nghiệm dòng rò ướt

10.15.1 Mục đích

Để đánh giá cách điện của mô-đun trong các điều kiện làm việc ẩm ướt và xác thực rằng độ ẩm từ mưa, sương mù, sương hoặc tuyết tan không thâm nhập vào các bộ phận hoạt động của hệ mạch điện mô-đun, nơi mà độ ẩm có thể gây ra ăn mòn, chập chập hoặc mối nguy an toàn.

10.15.2 Trang thiết bị

- a) Khay nông hoặc thùng chứa có kích thước đủ để đặt mô-đun cùng với khung ở tư thế bằng phẳng nằm ngang trong dung dịch. Nó phải chứa đủ nước/dung dịch chất làm ướt để làm ướt các bề mặt của mô-đun thử nghiệm và đạt các yêu cầu dưới đây:

Điện trở suất: 3 500 Ω .cm hoặc nhỏ hơn

Nhiệt độ: 22 °C $\pm$ 3 °C

Độ sâu của dung dịch phải đủ để ngập tất cả các bề mặt, ngoại trừ các đầu vào hộp đấu nối không được thiết kế để ngâm nước.

- b) Thiết bị phun chứa cũng dung dịch đó.
- c) Nguồn điện áp DC, có giới hạn dòng điện, có khả năng đặt 500 V hoặc điện áp hệ thống danh định lớn nhất của mô-đun, chọn giá trị lớn hơn.

TCVN 10896:2015

d) Dụng cụ đo điện trở cách điện.

10.15.3 Quy trình

CHÚ THÍCH 1: Tất cả các dây nối phải mang tính đại diện cho việc lắp đặt đi dây thực địa được khuyến cáo, và phải áp dụng các biện pháp phòng ngừa nhằm đảm bảo không gây ra dòng rò từ việc đi dây thiết bị đo lường lắp với mô-đun.

- Ngâm mô-đun trong thùng có chứa dung dịch yêu cầu tới độ sâu đủ để ngập tất cả các bề mặt trừ các đầu vào hộp nối dây không được thiết kế để ngập trong nước. Các đầu vào cáp phải được phun dung dịch trên toàn bộ. Nếu mô-đun được cấp có kèm theo một bộ nối ghép đôi, bộ nối cần được ngâm trong quá trình thử nghiệm.
- Nối các đầu nối ra đã ngắn mạch của mô-đun tới đầu cuối dương của thiết bị thử nghiệm. Nối dung dịch thử nghiệm chất lỏng tới đầu nối âm của thiết bị thử nghiệm, sử dụng dây dẫn kim loại thích hợp.
- Tăng điện áp cấp bởi thiết bị thử nghiệm với tốc độ không vượt quá 500 V.s^{-1} đến 500 V hoặc điện áp hệ thống lớn nhất đối với mô-đun (xem ghi nhãn ở Điều 4), lấy giá trị lớn hơn. Giữ điện áp ở mức này trong 1 min. Sau đó xác định điện trở cách điện.
- Giảm điện áp đặt vào về "0" và ngắn mạch các đầu nối của thiết bị thử nghiệm để phóng điện áp tích tụ trên mô-đun.

CHÚ THÍCH 2: Đảm bảo toàn bộ chất làm ướt được xả sạch khỏi các mô-đun trước khi tiếp tục các thử nghiệm bổ sung.

10.15.4 Yêu cầu

- Đối với các mô-đun có diện tích nhỏ hơn $0,1 \text{ m}^2$, điện trở cách điện phải không nhỏ hơn 400 M Ω .
- Đối với các mô-đun có diện tích lớn hơn $0,1 \text{ m}^2$, điện trở cách điện đo được nhân với diện tích mô-đun phải không nhỏ hơn 40 M $\Omega.\text{m}^2$.

10.16 Thử nghiệm tải cơ khí

10.16.1 Mục đích

Để xác định khả năng mô-đun chịu được gió, tuyết, các tải tĩnh hoặc tải trọng băng.

10.16.2 Trang thiết bị

- Nền thử nghiệm cứng cho phép lắp các mô-đun mặt trước hướng lên trên hoặc mặt trước hướng xuống dưới. Nền thử nghiệm phải cho phép mô-đun võng xuống tự do khi chịu tải.
- Thiết bị đo lường để theo dõi tính liên tục của mạch điện của mô-đun trong quá trình thử nghiệm.
- Các vật nặng hoặc phương tiện áp suất thích hợp cho phép đặt tải từ từ, đồng đều.

10.16.3 Qui trình

- Trang bị mô-đun sao cho có thể theo dõi liên tục trong suốt quá trình thử nghiệm tính liên tục của mạch điện bên trong.
- Lắp mô-đun trên một cấu trúc cứng vững, sử dụng phương pháp do nhà chế tạo qui định. (Nếu có nhiều khả năng khác nhau, sử dụng khả năng xấu nhất, theo đó khoảng cách giữ các điểm giữ cố định là lớn nhất).
- Đặt từ từ lên mặt trước tải tương ứng với 2 400 Pa, rải đồng đều. Duy trì tải này trong 1 h.
- Không cần tháo mô-đun khỏi kết cấu cứng vững, đặt chính tải đó lên mặt sau của mô-đun.
- Lặp lại các bước c) và d) tổng cộng ba chu kỳ.

CHÚ THÍCH 1: 2 400 Pa tương ứng với áp lực gió 130 km.h^{-1} (xấp xỉ $\pm 800 \text{ Pa}$) với hệ số an toàn bằng 3 đối với gió giật. Nếu mô-đun được xếp hạng chịu được băng tuyết tích tụ dày, tải đặt lên mặt trước của mô-đun trong thử nghiệm này được tăng từ 2 400 Pa lên thành 5 400 Pa.

CHÚ THÍCH 2: Điều kiện thử nghiệm lớn hơn 2 400 Pa có thể trở lên cần thiết nếu mô-đun được xếp hạng sử dụng chung trong các khu vực có tải trọng tuyết hoặc gió vượt quá 2 400 Pa. Ví dụ, các yêu cầu tải trọng tuyết có thể được kết luận từ các tiêu chuẩn quốc gia liên quan hoặc các bản đồ tải trọng tuyết.

CHÚ THÍCH 3: Nếu được phép lắp mô-đun theo các phương pháp khác, cần thực hiện thử nghiệm với các cấu hình thử nghiệm khác nhau thể hiện dải các phương pháp lắp được dự kiến.

10.16.4 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1 và 10.3.

10.16.5 Yêu cầu

- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.
- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.

10.17 Thử nghiệm mưa đá

10.17.1 Mục đích

Để xác thực mô-đun có khả năng chịu tác động của mưa đá.

10.17.2 Trang thiết bị

- Các khuôn bằng vật liệu thích hợp để đúc các viên nước đá hình cầu có đường kính yêu cầu. Đường kính tiêu chuẩn là 25 mm, nhưng giá trị đường kính bất kỳ được liệt kê trong Bảng 2 cũng có thể được qui định đối với các môi trường đặc biệt.
- Tủ đá, được khống chế ở $-10^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.
- Thùng chứa để tích trữ các viên đá ở nhiệt độ $-4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

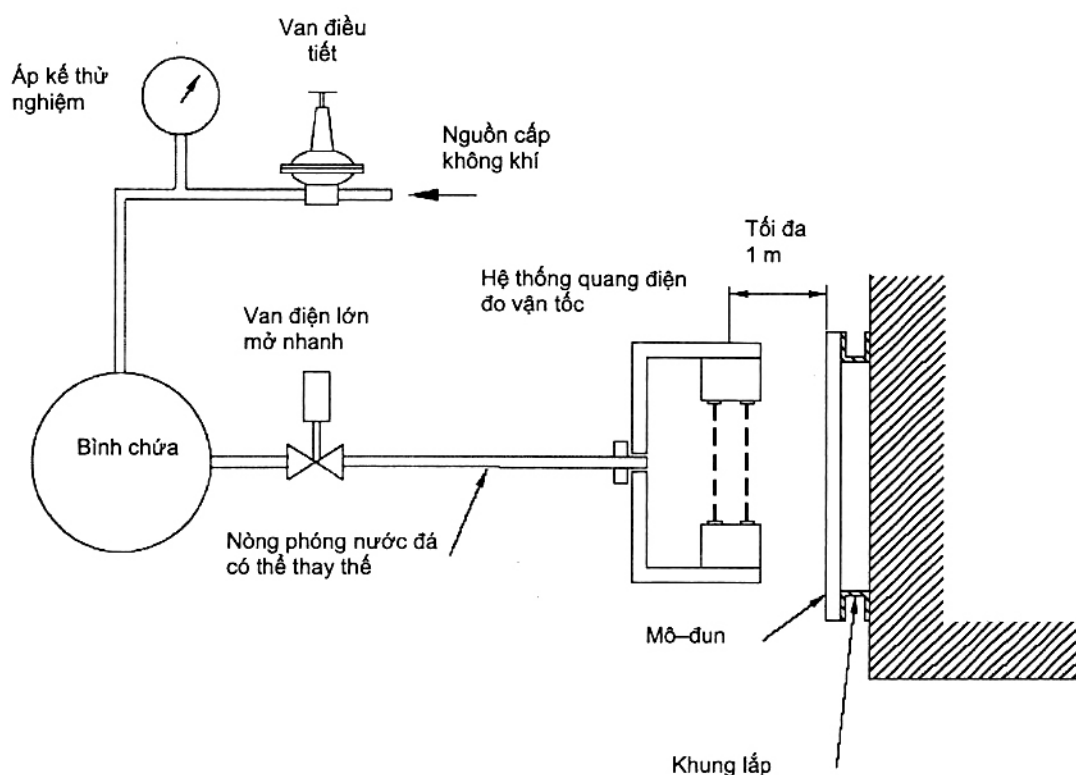
TCVN 10896:2015

- d) Thiết bị phóng có khả năng đẩy viên nước đá với tốc độ qui định, trong phạm vi $\pm 5\%$, sao cho đập vào mô-đun trong phạm vi vị trí va đập qui định. Đường đi của viên nước đá từ thiết bị phóng tới mô-đun có thể theo phương ngang, phương thẳng đứng hoặc ở góc trung gian bất kì, miễn là đạt được các yêu cầu thử nghiệm.
- e) Khung cứng vững để đỡ mô-đun thử nghiệm bằng phương pháp do nhà chế tạo qui định, với bề mặt va đập vuông góc với đường đi của viên nước đá được phóng.
- f) Cân để xác định khối lượng của viên nước đá với độ chính xác $\pm 2\%$.
- g) Dụng cụ đo vận tốc của viên nước đá với độ chính xác $\pm 2\%$. Cảm biến tốc độ không cách bề mặt của mô-đun thử nghiệm quá 1 m.

Như một ví dụ minh họa, Hình 6 thể hiện ở dạng sơ đồ một thiết bị phù hợp bao gồm thiết bị phóng theo phương nằm ngang chạy bằng khí nén, giá đỡ mô-đun theo phương thẳng đứng và vận tốc kế đo bằng điện tử thời gian viên nước đá bay ngang qua khoảng cách giữa hai chùm ánh sáng.

Bảng 2 – Khối lượng viên nước đá và vận tốc thử nghiệm

Đường kính mm	Khối lượng g	Vận tốc thử nghiệm m.s^{-1}	Đường kính mm	Khối lượng g	Vận tốc thử nghiệm m.s^{-1}
12,5	0,94	16,0	45	43,9	30,7
15	1,63	17,8	55	80,2	33,9
25	7,53	23,0	65	132,0	36,7
35	20,7	27,2	75	203,0	39,5



Hình 6 – Thiết bị thử nghiệm mưa đá

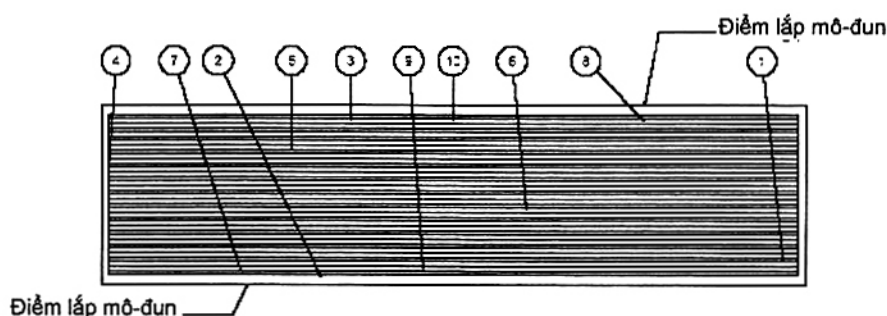
10.17.3 Quy trình

- Sử dụng các khuôn và tủ đá, làm đủ lượng các viên nước đá có kích thước yêu cầu để thử nghiệm, bao gồm một số điều chỉnh sơ bộ thiết bị phóng.
- Kiểm tra từng viên nước đá xem có các vết nứt, kích thước và khối lượng. Viên nước đá có thể chấp nhận cho thử nghiệm phải đáp ứng các yêu cầu dưới đây:
 - không có vết nứt quan sát được bằng mắt trần;
 - đường kính trong phạm vi $\pm 5\%$ đường kính yêu cầu;
 - khối lượng trong phạm vi $\pm 5\%$ giá trị danh nghĩa thích hợp trong Bảng 2.
- Đặt các viên nước đá trong thùng chứa và để chúng ở đó trong ít nhất 1 h trước khi sử dụng.
- Đảm bảo tất cả các bề mặt của thiết bị phóng có nhiều khả năng tiếp xúc với các viên nước đá ở gần nhiệt độ phòng.
- Bắn thử một số lần vào đích được mô phỏng phù hợp với bước g) dưới đây và điều chỉnh thiết bị phóng cho đến khi tốc độ của viên đá, như đo được bởi cảm biến vận tốc ở vị trí qui định, nằm trong phạm vi $\pm 5\%$ vận tốc thử nghiệm mưa đá tương ứng trong Bảng 2.
- Lắp đặt mô-đun ở nhiệt độ phòng trên giá đỡ qui định, bề mặt va đập vuông góc với đường đi của viên nước đá.

- g) Lấy một viên nước đá từ thùng chứa và đặt vào trong thiết bị phóng. Nhắm vào vị trí va đập đầu tiên qui định ở Bảng 3 và bắn. Thời gian kể từ khi lấy viên nước đá từ thùng chứa ra tới lúc va đập lên mô-đun không được vượt quá 60 s.
- h) Kiểm tra mô-đun trong miền va đập xem có dấu hiệu hư hại nào không và ghi chú lại bất cứ ảnh hưởng nào quan sát được từ phát bắn. Sai lệch lên tới 10 mm từ vị trí qui định là chấp nhận được.
- i) Nếu mô-đun không bị thiệt hại gì, lặp lại các bước g) và h) đối với tất cả các vị trí va đập khác nêu trong Bảng 3, như minh họa trên Hình 7.

Bảng 3 – Vị trí va đập

Lần bắn	Vị trí
1	Một góc của cửa sổ mô-đun, cách khung không quá 50 mm.
2	Một cạnh của mô-đun, cách khung không quá 12 mm.
3,4	Lên cạnh của mạch.
5,6	Lên mạch gần các liên kết pin mặt trời.
7,8	Gần điểm lắp trên mạch.
9,10	Chính giữa mạch, xa nhất tính từ các điểm lắp khung.
11	Bất cứ điểm nào có thể chứng tỏ đặc biệt dễ tổn thương do va đập của mưa đá.



Hình 7 – Các vị trí va đập

10.17.4 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1 và 10.3.

10.17.5 Yêu cầu

- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.
- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.

10.18 Thử nghiệm nhiệt đốt rẽ nhánh

10.18.1 Mục đích

Để đánh giá sự thỏa đáng của thiết kế nhiệt và độ tin cậy dài hạn tương đối của các điốt rẽ nhánh được sử dụng để hạn chế các ảnh hưởng có hại từ khả năng phát nóng cục bộ của mô-đun.

Nếu không thể tiếp cận các điốt rẽ nhánh trong kiểu mô-đun đang được thử nghiệm, có thể chuẩn bị một mẫu đặc biệt cho thử nghiệm này. Mẫu này phải được chế tạo để cung cấp môi trường nhiệt đối với điốt giống như mô-đun sản xuất theo tiêu chuẩn đang được thử nghiệm và không phải là một mô-đun PV hoạt động, nhưng phải tiếp cận được để đo nhiệt độ của (các) điốt trong khi thử nghiệm. Thử nghiệm này sau đó được tiến hành như bình thường. Mẫu thử nghiệm đặc biệt này chỉ được sử dụng cho thử nghiệm nhiệt điốt rẽ nhánh, không dùng cho các thử nghiệm khác trong trình tự.

10.18.2 Trang thiết bị

- Phương tiện để làm nóng mô-đun tới nhiệt độ $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Phương tiện đo và ghi nhiệt độ của (các) mô-đun với độ chính xác $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Phương tiện đo nhiệt độ của điốt rẽ nhánh bất kỳ được cung cấp cùng mô-đun. Phép đo nhiệt độ điốt có thể được thực hiện trực tiếp bằng cách sử dụng một cảm biến nhiệt độ hoặc bằng cách đo hệ số nhiệt độ của điện áp rơi trên các điốt. Cần thận trọng để giảm thiểu bất kỳ sự biến đổi đặc tính của điốt hoặc đường truyền nhiệt của nó.
- Phương tiện đo điện áp chuyển tiếp của các điốt rẽ nhánh với độ chính xác 0,2 %.
- Phương tiện tạo dòng bằng 1,25 lần dòng ngắn mạch STC của mô-đun đang được thử nghiệm và phương tiện để theo dõi lưu lượng dòng điện qua mô-đun trong suốt thử nghiệm.

10.18.3 Quy trình 1

- Ngắn mạch điện tất cả các điốt khóa dòng kết hợp trong mô-đun.
- Xác định dòng ngắn mạch STC danh định của mô-đun theo nhãn hoặc tờ hướng dẫn của mô-đun.
- Đo nhiệt độ và điện áp của các điốt rẽ nhánh trong quá trình thử nghiệm.
- Nối dây các đầu nối ra của mô-đun, dây lấy theo cỡ tối thiểu được nhà chế tạo khuyến cáo. Làm theo khuyến cáo của nhà chế tạo về việc đi dây vào ngăn đi dây và đậy nắp ngăn đi dây lại.

CHÚ THÍCH 1: Một số mô-đun có các mạch điốt rẽ nhánh chòem lên nhau. Trong trường hợp này, có thể cần phải lắp dây bắc cầu để đảm bảo toàn bộ dòng điện đi qua một điốt rẽ nhánh.

- Làm nóng mô-đun đến $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Đặt một dòng điện lên mô-đun bằng với dòng ngắn mạch của mô-đun như khi đo tại nhiệt độ STC $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sau 1 h, đo nhiệt độ và điện áp của mỗi điốt nối tắt.
- Bằng cách sử dụng thông tin cung cấp bởi nhà chế tạo điốt, tính toán nhiệt độ điểm đầu nối dựa vào nhiệt độ đo được của vỏ và năng lượng tiêu hao trong điốt, sử dụng công thức sau:

$$T_j = T_{\text{case}} + R_{\text{THjc}} \times V_D \times I_D$$

trong đó

T_j = Nhiệt độ điểm đầu nối của điốt

T_{case} = Nhiệt độ vỏ điốt đo được

R_{THC}	=	Giá trị nhiệt độ điểm nối liên quan tới nhiệt độ vỏ của nhà chế tạo
V_D	=	Điện áp điốt
I_D	=	Dòng điện điốt

CHÚ THÍCH 2: Nếu mô-đun có bộ tản nhiệt được thiết kế riêng để giảm nhiệt độ làm việc của điốt, thử nghiệm này có thể được thực hiện ở nhiệt độ mà bộ tản nhiệt đạt tới trong các điều kiện xung quanh $1\,000\text{ W.m}^{-2}$, $43\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ và không có gió, thay vì là 75 °C .

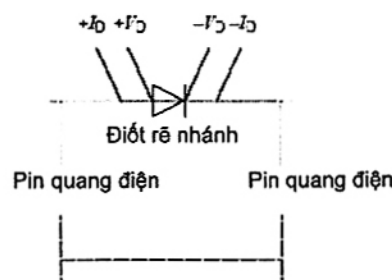
- g) Táng dòng đặt lên 1,25 lần dòng ngắn mạch của mô-đun như khi đo được ở nhiệt độ STC, đồng thời duy trì nhiệt độ mô-đun ở $75\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Duy trì lưu lượng dòng trong 1 h.
- h) Xác nhận rằng điốt vẫn còn hoạt động.

CHÚ THÍCH 3: Sự hoạt động của điốt có thể được xác nhận bằng cách sau đó sử dụng thử nghiệm phát nóng cục bộ (10.9).

10.18.4 Qui trình 2

- a) Ngắn mạch điện tất cả các điốt khóa dòng kết hợp trong mô-đun.
- b) Xác định dòng ngắn mạch STC danh định của mô-đun theo nhãn hoặc tờ hướng dẫn của mô-đun.
- c) Nối dây dẫn đầu vào V_D và I_D lên cả hai đầu vào của điốt như thể hiện trên Hình 8.
- d) Khuyến cáo các kết nối này nên do nhà chế tạo mô-đun chế tạo.

CHÚ THÍCH: Dây dẫn đầu vào không nên gây ra tiêu tán nhiệt từ hộp đầu nối.



Hình 8 – Thử nghiệm nhiệt điốt rẽ nhánh

- e) Đặt mô-đun trong buồng thử điều chỉnh ở nhiệt độ $30\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ cho đến khi nhiệt độ mô-đun đạt trạng thái bão hòa.
- f) Đặt dòng điện xung (độ rộng xung 1 ms) bằng với dòng ngắn mạch STC của mô-đun, đo điện áp thuận V_{D1} của điốt.
- g) Qui trình tương tự, đo V_{D2} ở $50\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- h) Qui trình tương tự, đo V_{D3} ở $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- i) Qui trình tương tự, đo V_{D3} ở $90\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

- j) Sau đó, thu được đặc tính V_D theo T_j bằng đường cong bình phương tối thiểu từ V_{D1} , V_{D2} , V_{D3} và V_{D4} .

CHÚ THÍCH: Đặc tính V_D theo T_j này có thể được nhà chế tạo điốt cung cấp cùng với chứng nhận của nhà chế tạo..

- k) Làm nóng mô-đun tới $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Đặt lên mô-đun dòng điện bằng dòng ngắn mạch của mô-đun đo được ở nhiệt độ $\text{STC} \pm 2\%$. Sau một giờ, đo điện áp thuận của mỗi điốt.
- l) Sử dụng đặc tính V_D theo T_j thu được ở mục j), thu được T_j của điốt trong khi thử nghiệm ở mục k).
- m) Tăng dòng đặt lên 1,25 lần dòng ngắn mạch của mô-đun đo được ở nhiệt độ STC , đồng thời duy trì nhiệt độ mô-đun ở $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- n) Duy trì lưu lượng dòng trong 1 h.
- o) Xác nhận rằng điốt vẫn còn hoạt động sau khi hoàn tất thử nghiệm này.

10.18.5 Phép đo cuối cùng

Lặp lại các thử nghiệm 10.1 và 10.3.

10.18.6 Yêu cầu

- Nhiệt độ điểm đầu nối điốt xác định ở 10.18.3.f) hoặc 10.18.4.l) không được vượt quá giá trị danh định “chế độ làm việc liên tục” của nhiệt độ điểm đầu nối tối đa của nhà chế tạo điốt.
- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.
- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.
- Điốt vẫn hoạt động như một điốt sau khi chấm dứt thử nghiệm.

10.19 Phơi sáng

10.19.1 Mục đích

Ổn định các đặc tính điện của các mô-đun màng mỏng bằng ánh sáng mặt trời tự nhiên hoặc phát xạ mặt trời được mô phỏng.

10.19.2 Trang thiết bị

- a) Thiết bị mô phỏng mặt trời lớp CCC, theo IEC 60904-9, hoặc ánh sáng mặt trời tự nhiên.
- b) Thiết bị chuẩn phù hợp, có bộ tích phân, để theo dõi phát xạ.
- c) Phương tiện để lắp các mô-đun, như khuyến cáo của nhà chế tạo, đồng phẳng với thiết bị chuẩn.
- d) Phương tiện đo nhiệt độ mô-đun với độ chính xác $\pm 1^{\circ}\text{C}$.
- e) Tải điện trở có kích cỡ sao cho tại nhiệt độ STC , các mô-đun sẽ làm việc gần điểm công suất tối đa của chúng.

10.19.3 Qui trình

- a) Gắn các tải điện trở vào các mô-đun và lắp chúng, như khuyến cáo của nhà chế tạo, với thiết bị tham chiếu trong mặt phẳng thử nghiệm của thiết bị mô phỏng.
- b) Khi sử dụng thiết bị mô phỏng mặt trời, dùng thiết bị chuẩn để chỉnh định mức phát xạ giữa 600 W.m^{-2} và $1\,000 \text{ W.m}^{-2}$. Ghi lại mức phát xạ.
- c) Trong khi tiếp xúc thiết bị mô phỏng, nhiệt độ mô-đun phải ở trong khoảng $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$.
- d) Để mỗi mô-đun chịu mức phát xạ cho đến khi giá trị công suất tối đa của mô-đun ổn định. Sự ổn định xảy ra khi các phép đo từ hai khoảng thời gian kế tiếp nhau, mỗi phép đo ít nhất là 43 kWh.m^{-2} được tích phân trên các khoảng thời gian khi mà nhiệt độ ở trong khoảng 40°C và 60°C , đạt được các tiêu chí sau: $(P_{\max} - P_{\min})/P_{\text{average}} < 2\%$. Tất cả các phép đo công suất tối đa trung gian phải được thực hiện ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ của mô-đun được lặp lại trong phạm vi $\pm 2^\circ\text{C}$.
- e) Báo cáo mức phát xạ mà ở đó đạt được sự ổn định này.

10.19.4 Phép đo cuối cùng

Lập lại các thử nghiệm 10.1, 10.3 và 10.6 (Tính năng ở nhiệt độ STC).

10.19.5 Yêu cầu

- Không có bằng chứng trực quan về các khiếm khuyết chính, như được định nghĩa tại Điều 7.
- Điện trở cách điện phải đáp ứng các yêu cầu tương tự như đối với các phép đo ban đầu.
- Sau khi phơi sáng lần cuối, công suất đầu ra lớn nhất tại nhiệt độ STC không được nhỏ hơn 90 % giá trị tối thiểu qui định bởi nhà chế tạo trong Điều 4. (Xem Điều 6).

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] IEC 60904-5, Photovoltaic devices – Part 5: Determination of equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method (Thiết bị quang điện – Phần 5: Xác định nhiệt độ tương đương của tế bào quang điện (ECT) của thiết bị quang điện theo phương pháp điện áp hở mạch)

[2] IEC 60904-8, Photovoltaic devices – Part 8: Measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device (Thiết bị quang điện – Phần 8: Đo đáp ứng phổ của thiết bị quang điện)

[3] IEC 61853, Performance testing and energy rating of terrestrial photovoltaic (PV) module (Thử nghiệm tính năng và thống số danh định năng lượng của mô-đun quang điện cho các ứng dụng trên mặt đất)¹

¹ Hiện đang xem xét.