

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 14499-5-4:2025

Xuất bản lần 1

**HỆ THỐNG LƯU TRỮ ĐIỆN NĂNG –
PHẦN 5-4: PHƯƠNG PHÁP VÀ QUY TRÌNH THỬ NGHIỆM
AN TOÀN ĐỐI VỚI HỆ THỐNG EES TÍCH HỢP LƯỚI ĐIỆN –
HỆ THỐNG DỰA TRÊN PIN LITHIUM ION**

Electrical energy storage (EES) systems –

Part 5-4 – Safety test methods and procedures for grid integrated EES systems –

Lithium ion battery-based systems

HÀ NỘI – 2025

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	5
1 Phạm vi áp dụng	8
2 Tài liệu viện dẫn	8
3 Thuật ngữ và định nghĩa	10
4 Phương pháp và quy trình thử nghiệm cho hệ thống EES	12
4.1 Quy định chung.....	12
4.2 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy điện	14
4.3 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy cháy nổ	19
4.4 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy phát sinh từ điện trường, từ trường và điện từ trường	24
4.5 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy phát sinh từ sự cố hệ thống phụ trợ, điều khiển và truyền thông	29
Thư mục tài liệu tham khảo	32

Lời nói đầu

TCVN 14499-5-4:2025 được xây dựng trên cơ sở tham khảo bản IEC CD 62933-5-4 Electrical energy storage (EES) systems – Part 5-4 – Safety test methods and procedures for grid integrated EES systems – Lithium ion battery-based systems;

TCVN 14499-5-4:2025 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E18 *Pin và ắc quy* biên soạn, Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 14499 (IEC 62933), *Hệ thống lưu trữ điện năng* gồm các tiêu chuẩn sau:

- TCVN 14499-1:2025 (IEC 62933-1:2024), Phần 1: Từ vựng;
- TCVN 14499-2-1:2025 (IEC 62933-2-1:2017), Phần 2-1: Thông số kỹ thuật và phương pháp thử – Quy định kỹ thuật chung;
- TCVN 14499-2-2:2025 (IEC/TS 62933-2-2:2022), Phần 2-2: Thông số kỹ thuật và phương pháp thử – Ứng dụng và thử nghiệm tính năng;
- TCVN 14499-2-200:2025 (IEC/TR 62933-2-200:2021), Phần 2-200: Thông số kỹ thuật và phương pháp thử – Nghiên cứu các trường hợp điển hình của hệ thống lưu trữ điện năng đặt trong trạm sạc EV sử dụng PV;
- TCVN 14499-3-1:2025 (IEC/TS 62933-3-1:2018), Phần 3-1: Hoạch định và đánh giá tính năng của hệ thống lưu trữ điện năng – Quy định kỹ thuật chung;
- TCVN 14499-3-2:2025 (IEC/TS 62933-3-2:2023), Phần 3-2: Hoạch định và đánh giá tính năng của hệ thống lưu trữ điện năng – Yêu cầu bổ sung đối với các ứng dụng liên quan đến nguồn công suất biến động lớn và tích hợp nguồn năng lượng tái tạo;
- TCVN 14499-3-3:2025 (IEC/TS 62933-3-3:2022), Phần 3-3: Hoạch định và đánh giá tính năng của hệ thống lưu trữ điện năng – Yêu cầu bổ sung cho các ứng dụng tiêu thụ nhiều năng lượng và nguồn điện dự phòng;
- TCVN 14499-4-1:2025 (IEC 62933-4-1:2017), Phần 4-1: Hướng dẫn các vấn đề về môi trường – Quy định kỹ thuật chung;
- TCVN 14499-4-2:2025 (IEC 62933-4-2:2025), Phần 4-2: Hướng dẫn các vấn đề về môi trường – Đánh giá tác động môi trường của hồng học pin trong hệ thống lưu trữ điện hóa;

TCVN 14499-5-4:2025

- TCVN 14499-4-3:2025, Phần 4-3: Các yêu cầu bảo vệ đối với hệ thống pin lưu trữ năng lượng theo các điều kiện môi trường;
- TCVN 14499-4-4:2025 (IEC 62933-4-4:2023), Phần 4-4: Yêu cầu về môi trường đối với hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) với pin tái sử dụng;
- TCVN 14499-5-1:2025 (IEC 62933-5-1:2024), Phần 5-1: Xem xét về an toàn đối với hệ thống EES tích hợp lưới điện – Quy định kỹ thuật chung;
- TCVN 14499-5-2:2025 (IEC 62933-5-2:2020), Phần 5-2: Yêu cầu an toàn đối với hệ thống EES tích hợp lưới điện – Hệ thống dựa trên nguyên lý điện hóa;
- TCVN 14499-5-3:2025 (IEC 62933-5-3:2017), Phần 5-3: Yêu cầu an toàn đối với hệ thống EES tích hợp lưới điện – Thực hiện sửa đổi ngoài kế hoạch hệ thống dựa trên nguyên lý điện hóa;
- TCVN 14499-5-4:2025, Phần 5-4: Phương pháp và quy trình thử nghiệm an toàn đối với hệ thống EES tích hợp lưới điện – Hệ thống dựa trên pin lithium ion.

Hệ thống lưu trữ điện năng –

Phần 5-4: Phương pháp và quy trình thử nghiệm an toàn đối với hệ thống EES tích hợp lưới điện – Hệ thống dựa trên pin lithium ion

Electrical energy storage (EES) systems –

Part 5-4: Safety test methods and procedures for grid integrated EES systems – Lithium ion battery-based systems

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả các phương pháp và quy trình thử nghiệm an toàn đối với hệ thống lưu trữ điện năng (EES) được kết nối với lưới điện, trong trường hợp sử dụng hệ thống dựa trên pin lithium ion.

Tiêu chuẩn này cung cấp các phương pháp và quy trình thử nghiệm để xác nhận các vấn đề an toàn phát sinh cụ thể do việc sử dụng hệ thống dựa trên pin lithium ion, về cơ bản dựa trên IEC/TS 62933-5-1 và TCVN 14499-5-2 (IEC 62933-5-2).

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây rất 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, bao gồm cả các sửa đổi (nếu có).

TCVN 6988 (CISPR 11), *Giới hạn và phương pháp đo đặc tính nhiễu tần số radio của thiết bị công nghiệp, nghiên cứu khoa học và y tế*

TCVN 7909-1-2 (IEC 61000-1-2), *Tương thích điện từ (EMC) – Phần 1-2: Qui định chung – Phương pháp luận để đạt được an toàn chức năng của thiết bị điện và điện từ liên quan đến hiện tượng điện từ*

TCVN 14499-1 (IEC 62933-1), *Hệ thống lưu trữ điện năng – Phần 1: Thuật ngữ*

TCVN 14499-5-2:2025 (IEC/TS 62933-5-2:2020), *Hệ thống lưu trữ điện năng – Phần 5-2: Yêu cầu an toàn đối với hệ thống EES tích hợp lưới điện – Hệ thống dựa trên nguyên lý điện hóa*

IEC 60079-7:2015 with amd1:2017, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety "e" (Khí quyển nổ – Phần 7: Bảo vệ thiết bị bằng cách tăng cường an toàn "e")*

IEC 60079-13, *Explosive atmospheres – Part 13: Equipment protection by pressurized room "p" and artificially ventilated room "v"* (Khí quyển nổ – Phần 13: Bảo vệ thiết bị bằng phòng điều áp "p" và phòng thông gió nhân tạo "v")

IEC 60079-29 (tất cả các phần), *Explosive atmospheres – Gas detectors* (Môi trường dễ cháy nổ – Máy dò khí)

IEC 60370, *Test procedure for thermal endurance of insulating resins and varnishes for impregnation purposes - Electric breakdown methods* (Quy trình thử nghiệm độ bền nhiệt của nhựa cách điện và vecni cho mục đích ngâm tẩm – Phương pháp đánh thủng điện môi)

IEC 61000-4-18, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test* (Tương thích điện từ (EMC) - Phần 4-18: Kỹ thuật thử nghiệm và đo lường - Thử nghiệm khả năng miễn nhiễm sóng dao động tắt dần)

IEC 61000-6-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards – Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations* (Tương thích điện từ (EMC) – Phần 6-7: Tiêu chuẩn chung – Yêu cầu về khả năng miễn nhiễm đối với thiết bị nhằm thực hiện các chức năng trong hệ thống liên quan đến an toàn (an toàn chức năng) tại các địa điểm công nghiệp)

IEC 62133-2 with amendment 1, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications – Part 2: Lithium systems* (Cell và pin/acquy thứ cấp chứa alkan hoặc chất điện phân không axit khác – Yêu cầu về an toàn đối với cell thứ cấp xách tay và pin/acquy được chế tạo từ các cell này để sử dụng cho các ứng dụng xách tay – Phần 2: Hệ thống pin lithium)

IEC 62619, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications* (Pin thứ cấp và ắc quy có chứa chất điện phân kiềm hoặc không phải axit khác – Yêu cầu an toàn đối với pin lithium thứ cấp và ắc quy, để sử dụng trong các ứng dụng công nghiệp)

IEC 62620, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications* (Pin thứ cấp và ắc quy có chứa chất điện phân kiềm hoặc không phải axit khác - Pin lithium thứ cấp và ắc quy để sử dụng trong các ứng dụng công nghiệp)

IEC/TS 62933-5-1:2017¹, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 5-1: Safety considerations for grid integrated EES systems – General specification* (Hệ thống lưu trữ điện năng – Phần 5-1: Cân nhắc an toàn đối với hệ thống EES tích hợp lưới điện – Quy định kỹ thuật chung)

¹ Hệ thống tiêu chuẩn quốc gia đã có TCVN 14499-5-1:2025 hoàn toàn tương đương với IEC 62933-5-1:2024.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN 14499-1 (IEC 62933-1), IEC/TS 62933-5-1, TCVN 14499-5-2 (IEC/TS 62933-5-2) và các thuật ngữ và định nghĩa sau.

3.1

Trạng thái sạc (state of charge)

SOC

Tỷ lệ giữa năng lượng khả dụng từ hệ thống EES và dung lượng năng lượng thực tế, thường được biểu thị bằng phần trăm.

[NGUỒN: IEC 62933-1:2018, 6.2.4]

3.2

Ngắn mạch (short-circuit)

Đường dẫn điện không chủ ý hoặc có chủ ý giữa hai hoặc nhiều bộ phận dẫn điện làm cho hiệu điện thế giữa các bộ phận dẫn điện này bằng hoặc gần bằng "không".

[NGUỒN: IEC 195-04-11 và IEC 151-12-04]

3.3

Ngắn mạch AC (AC short-circuit)

Đường dẫn điện không có chủ ý hoặc có chủ ý giữa hai hoặc nhiều bộ phận dẫn điện của hệ thống lưới điện và hệ thống chuyển đổi năng lượng (PCS) làm cho hiệu điện thế giữa các bộ phận dẫn điện này bằng hoặc gần bằng "không".

3.4

Ngắn mạch DC (DC short-circuit)

Đường dẫn điện không có chủ ý hoặc có chủ ý giữa hai hoặc nhiều bộ phận dẫn điện của hệ thống chuyển đổi năng lượng (PCS) và hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa làm cho hiệu điện thế giữa các bộ phận dẫn điện này bằng hoặc gần bằng "không".

3.5

Ngắn mạch thiết bị đóng cắt (switching element short-circuit)

Đường dẫn điện không có chủ ý hoặc có chủ ý giữa hai hoặc nhiều bộ phận dẫn điện của phần tử đóng cắt của hệ thống chuyển đổi năng lượng (PCS) nhánh trên và nhánh dưới làm cho hiệu điện thế giữa các bộ phận dẫn điện này bằng hoặc gần bằng "không".

3.6

Sự cố chạm đất (earth fault)

Sự xuất hiện của một đường dẫn điện không có chủ ý giữa một dây dẫn mang điện và đất.

[NGUỒN: IEC 195-04-14, đã sửa đổi]

3.7**Sự cố chạm đất AC (AC earth fault)**

Sự xuất hiện của một đường dẫn điện không có chủ ý giữa một dây dẫn mang điện và đất tại một điểm giữa lưới điện và hệ thống chuyển đổi năng lượng (PCS).

3.8**Sự cố chạm đất DC (DC earth fault)**

Sự xuất hiện của một đường dẫn điện không có chủ ý giữa một dây dẫn mang điện và đất tại một điểm giữa hệ thống chuyển đổi năng lượng (PCS) và hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa.

3.9**Khí thải (off-gas)**

Khi áp suất tăng do quá nhiệt bên trong pin, hơi và khí dễ cháy vượt quá áp suất thiết kế sẽ được giải phóng ra bên ngoài.

3.10**Thông hơi (venting)**

Sự giải phóng áp suất quá mức bên trong từ một cell pin, môđun, bộ pin hoặc hệ thống pin theo cách thức được thiết kế nhằm ngăn ngừa vỡ hoặc nổ.

[NGUỒN: IEC 62619:2022, 3.14]

3.11**Áp tômát chính (main circuit-breaker)**

Thiết bị đóng cắt cơ học, có khả năng cắt dòng điện trong các điều kiện mạch điện bất thường như ngắn mạch để bảo vệ EESS (pin)

3.12**Hệ thống quản lý pin (battery management system)****BMS**

Hệ thống điện tử liên quan đến pin có chức năng kiểm soát dòng điện trong trường hợp quá sạc, quá dòng, quá xả và quá nhiệt, đồng thời giám sát và/hoặc quản lý trạng thái của pin, tính toán dữ liệu thứ cấp, báo cáo dữ liệu đó và/hoặc kiểm soát môi trường của nó có ảnh hưởng đến sự an toàn, tính năng và/hoặc tuổi thọ của pin.

[NGUỒN: IEC 62619:2022, 3.12]

3.13**Hệ thống quản lý công suất (power management system)****PMS**

Hệ thống giám sát thông tin về trạng thái của PCS và bảo vệ BESS khỏi các điều kiện bất thường, đồng thời cung cấp thông tin cần thiết cho việc kiểm soát sạc/xả cho PCS.

3.14

Chất lỏng nguy hiểm (Chất nguy hiểm) (hazardous fluids (hazardous substance))

Chất nguy hiểm có thể ảnh hưởng đến sức khỏe con người hoặc môi trường với tác động tức thời hoặc chậm trễ hoặc có khả năng gây ra rủi ro không thể chấp nhận được đối với sức khỏe, an toàn, tài sản hoặc môi trường.

CHÚ THÍCH4 1: Có thể bao gồm các chất khác ngoài những chất được chính thức công nhận trong các hệ thống phân loại vật liệu nguy hiểm hiện có, ví dụ như Hệ thống hài hòa toàn cầu về phân loại và ghi nhãn hóa chất (GHS), Vận chuyển hàng hóa nguy hiểm (TDG).

[NGUỒN: IEC 62933-1:2018, 7.3]

3.15

Dòng điện danh định (rated current)

Giá trị dòng điện được xác định trong các điều kiện quy định và được nhà chế tạo công bố

3.16

Công tắc tơ DC (DC contactor)

Thiết bị được điều khiển bằng điện được thiết kế để bật và tắt dòng điện

3.17

Giới hạn trên của điện áp sạc (upper limit charging voltage)

Điện áp sạc cao nhất trong vùng hoạt động của pin do nhà chế tạo pin quy định

[NGUỒN: IEC 62619:2022, 3.19]

3.18

Thiết bị bảo vệ sự cố chạm đất (ground fault device)

GFD

Thiết bị bảo vệ sự cố chạm đất ngăn dòng điện đi theo bất kỳ đường dẫn ngoài ý muốn nào trong quá trình xảy ra sự cố chạm đất.

3.19

Thiết bị giám sát cách điện (insulation monitoring device)

IMD

Thiết bị giám sát cách điện dùng để giám sát hệ thống không nối đất giữa dây dẫn pha mang điện và đất.

4 Phương pháp và quy trình thử nghiệm cho hệ thống EES

4.1 Quy định chung

Các thử nghiệm phải được thực hiện trên một BESS hoàn chỉnh đại diện cho quá trình sản xuất sản phẩm hoặc trên các bộ phận đại diện cho BESS hoàn chỉnh.

Các bộ phận đại diện (hoặc đơn vị) của BESS cho thử nghiệm phải đại diện cho BESS hoàn chỉnh về khả năng mở rộng và thiết kế của các thành phần quan trọng để kết quả thử nghiệm có thể được ngoại suy chính xác và chứng minh sự an toàn của BESS hoàn chỉnh.

Đơn vị tối thiểu cho các thử nghiệm phải bao gồm một PCS và các giá đỡ pin có thể chấp nhận được.

CHÚ THÍCH: Nếu BESS có công suất tối đa 1 MW được chia thành tổng cộng 4 đơn vị dựa trên 4 PCS, thì thử nghiệm với BESS đại diện được thực hiện với các đơn vị giá đỡ pin (ví dụ 3~4 Giá đỡ) với công suất tối đa (250 kW) được kết nối với một PCS duy nhất.

Bảng 1 đưa ra quy định chung về thử nghiệm EESS dựa trên pin lithium ion theo 8.1 của IEC 62933-5-2.

Bảng 1 – Danh sách thử nghiệm EESS dựa trên pin lithium ion

Danh sách kiểm tra xác nhận	Thử nghiệm bắt buộc ở cấp độ hệ thống con		Phương pháp thay thế chấp nhận được bắt buộc đối với các thử nghiệm ở cấp độ sản phẩm (nếu không thể thiết lập thử nghiệm)		Thử nghiệm/kiểm tra bắt buộc ở cấp độ hệ thống	
	Thử nghiệm điển hình	Thử nghiệm định kỳ	Đánh giá kỹ thuật	Mô phỏng/Tính toán	FAT	SAT
Mối nguy điện						
Bảo vệ ngắn mạch		S			T/R	
Bảo vệ quá sạc, sạc dòng điện cao		S			T/R	
Bảo vệ lỗi tiếp đất		S			T/R	
Mối nguy cháy nổ						
Phát hiện khí	T	T			T/R	R
Thiết bị chống cháy nổ	T		X	X		C
Hệ thống thông gió	T	T			T/R	R
Mối nguy phát sinh từ điện trường, từ trường và điện từ trường	T				T/R	
Mối nguy phát sinh từ sự cố hệ thống phụ trợ, điều khiển và truyền thông trên các hệ thống con	T				T/R	
Mối nguy phát sinh từ sự cố hệ thống phụ trợ, điều khiển và truyền thông trên BESS	T				T/R	R
Chú dẫn:						
T = Thử nghiệm						
S = Thử nghiệm mô phỏng						
R = Thử nghiệm lặp lại (về thỏa thuận giữa khách hàng và nhà chế tạo/nhà cung cấp)						
C = Kiểm tra bằng quan sát trực quan						
X = có thể có một phương pháp thay thế để kiểm tra xác nhận (ví dụ bằng đánh giá kỹ thuật, mô phỏng hoặc tính toán)						

4.2 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy điện

4.2.1 Bảo vệ chống phóng điện dòng điện lớn (ngắn mạch)

4.2.2.1 Quy định chung

Các thiết bị bảo vệ như cầu chảy hoặc aptômát phải được lắp đặt theo Bảng 2 trong BESS để bảo vệ các thiết bị thử nghiệm trước khi thực hiện thử nghiệm bảo vệ chống phóng điện dòng điện lớn (ngắn mạch). Các thiết bị bảo vệ phải được sử dụng với công suất thích hợp hoặc tương tự (ví dụ 120 %) so với danh định do nhà chế tạo PCS chỉ định và phải là đại diện của các thiết bị bảo vệ sẽ được đặt tại vị trí lắp đặt này như thể hiện trong Bảng 2. Loại và công suất, vị trí trong mạch của thiết bị bảo vệ phải được đánh dấu và ghi lại trong báo cáo thử nghiệm.

Các thiết bị bảo vệ được lắp đặt bổ sung để bảo vệ các thiết bị thử nghiệm sẽ không kích hoạt ngay cả khi PCS hoạt động với tải danh định.

Trạng thái sạc (SOC) của điều kiện thử nghiệm đối với pin phải ít nhất là 90 % giới hạn trên của SOC được khuyến nghị cho quá trình vận hành BESS trước khi bắt đầu thử nghiệm.

BESS phải ở trạng thái hoạt động bình thường và ở nhiệt độ môi trường (25 ± 5) °C.

Pin phải được xả đến điện áp cuối do nhà chế tạo quy định và sạc đến SOC mong muốn theo thông số kỹ thuật của nhà chế tạo.

4.2.1.2 Phương pháp thử

- a) Thiết bị thử nghiệm ngắn mạch phải được kết nối với từng điểm ngắn mạch theo sơ đồ trong Bảng 2.
- b) Thiết bị thử nghiệm ngắn mạch được kết nối phải có giá trị điện trở sao cho dòng điện ngắn mạch tạo ra trong quá trình thử nghiệm lớn hơn 10 lần dòng điện danh định.
- c) Pin của BESS phải được sạc ít nhất 90 % SOC.
- d) Thử nghiệm ngắn mạch phải được thực hiện ở chế độ sạc và phải được thực hiện bằng thiết bị thử nghiệm ngắn mạch được lắp đặt theo a) trong quá trình sạc.
- e) Sau khi thực hiện d), pin vẫn được thử nghiệm trong 24 h hoặc cho đến khi nhiệt độ pin giảm 20 % so với mức tăng nhiệt độ tối đa, tùy theo điều kiện nào đến trước theo IEC 62133-2, 7.3.2.
- f) Sau e), các bước c), d) và e) phải được lặp lại nhưng với BESS ở chế độ xả.

Các chức năng bảo vệ phải hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo. BESS cần thử nghiệm phải tuân thủ các tiêu chí để đạt thử nghiệm ngắn mạch theo Bảng 3.

Bảng 2 – Thành phần mạch điện cho thử nghiệm ngắn mạch

Điểm ngắn mạch	Thành phần mạch điện cho thử nghiệm ngắn mạch
Ngắn mạch AC	<p>Hệ thống chuyển đổi năng lượng Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p> <p>Cầu chì bảo vệ dùng cho thử nghiệm</p> <p>Biến áp</p> <p>Hệ thống chuyển đổi năng lượng</p> <p>Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p> <p>Thiết bị thử nghiệm ngắn mạch</p>
Ngắn mạch DC	<p>Hệ thống chuyển đổi năng lượng Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p> <p>Cầu chì bảo vệ dùng cho thử nghiệm</p> <p>Biến áp</p> <p>Hệ thống chuyển đổi năng lượng</p> <p>Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p> <p>Thiết bị thử nghiệm ngắn mạch</p>
Ngắn mạch thiết bị đóng cắt	<p>Thiết bị thử nghiệm ngắn mạch Hệ thống chuyển đổi năng lượng Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p> <p>Cầu chì bảo vệ dùng cho thử nghiệm</p> <p>Biến áp</p> <p>Hệ thống chuyển đổi năng lượng</p> <p>Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p>
Ngắn mạch bên ngoài ở một trong các giá đỡ pin	<p>Hệ thống chuyển đổi năng lượng Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p> <p>Cầu chì bảo vệ dùng cho thử nghiệm</p> <p>Biến áp</p> <p>Hệ thống chuyển đổi năng lượng</p> <p>Hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa</p> <p>Thiết bị thử nghiệm ngắn mạch</p>

4.2.1.3 Tiêu chí chấp nhận

Kết quả của thử nghiệm ngắn mạch, không được có hiện tượng nổ, cháy, để lộ các bộ phận nguy hiểm mà người dùng BESS có thể tiếp cận hoặc khí độc hại cho cơ thể con người. Đặc biệt, các bộ phận như bộ tiếp điểm DC không được gây ra cháy nổ ảnh hưởng đến sự an toàn của BESS.

Nếu một thiết bị bảo vệ như cầu chảy được lắp đặt trong mạch DC của PCS, thiết bị bảo vệ sẽ được mở để bảo vệ BESS.

Hoạt động sạc (hoặc xả) của BEES sẽ được dừng an toàn bằng cách vận hành chức năng chặn công của thiết bị đóng cắt mạch của PCS và chức năng dừng khi quá dòng hoặc quá áp DC.

Theo Bảng 3, các biện pháp bảo vệ thứ cấp phải hoạt động bình thường. Bảng 3 thể hiện các tiêu chí để đạt các thử nghiệm ngắn mạch.

Bảng 3 – Tiêu chí đạt thử nghiệm ngắn mạch

Điểm ngắn mạch	Tiêu chí đạt thử nghiệm ngắn mạch
Ngắn mạch AC	Chức năng chặn công của thiết bị đóng cắt PCS và chức năng dừng khi điện áp thấp AC phải hoạt động, và việc sạc (hoặc xả) của BEES phải được dừng an toàn. Các thiết bị bảo vệ (ví dụ: cầu chảy, rơ le, thanh dẫn bus kết hợp, v.v.) phải hoạt động theo thiết kế.
Ngắn mạch DC	Chức năng chặn công của thiết bị đóng cắt PCS và chức năng dừng khi quá dòng hoặc quá áp DC phải hoạt động và việc sạc (hoặc xả) của BEES phải được dừng an toàn. Các thiết bị bảo vệ (ví dụ: cầu chảy, rơ le, thanh dẫn bus kết hợp, v.v.) phải hoạt động theo thiết kế.
Ngắn mạch thiết bị đóng cắt	PCS phải được dừng an toàn và tách biệt vật lý khỏi tất cả đầu cuối AC (phía thiết bị) và đầu cuối DC (phía pin).
Ngắn mạch bên ngoài ở một trong các giá đỡ pin	Các thiết bị bảo vệ (ví dụ: cầu chảy, rơ le, thanh dẫn bus kết hợp, v.v.) phải hoạt động theo thiết kế. Đặc biệt, các thiết bị bảo vệ, chẳng hạn như cầu chảy được lắp đặt trong các giá đỡ pin phải được mở để bảo vệ hệ thống pin.

4.2.2 Bảo vệ quá sạc, sạc dòng điện lớn và sự cố chạm đất

4.2.2.1 Quá sạc (điện áp)

4.2.2.1.1 Phương pháp thử

- a) Thử nghiệm phải được thực hiện ở nhiệt độ môi trường $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ và trong điều kiện hoạt động bình thường.
- b) BESS cần thử nghiệm sẽ được xả ở dòng điện không đổi 0,2 I_A, đến điện áp cuối cùng do nhà chế tạo quy định. Sau đó, nó sẽ được sạc ở dòng điện tối đa của bộ sạc được khuyến nghị với điện áp cài đặt vượt quá 10 % so với giới hạn trên của điện áp sạc theo IEC 62619, 8.2.3.
- c) Thử nghiệm sẽ được thực hiện cho đến khi BMS hoặc PMS chấm dứt quá trình sạc. Dữ liệu như nhiệt độ hoặc điện áp sẽ được tiếp tục tiến hành trong 1 h sau khi quá trình sạc dừng lại.

d) Khi BMS hoặc PMS không chấm dứt quá trình sạc, thử nghiệm sẽ bị dừng vì lý do an toàn, ví dụ khi điện áp sạc đạt 110 % giới hạn trên của điện áp sạc hoặc 1 min sau khi vượt quá giới hạn trên của điện áp sạc.

4.2.2.1.2 Tiêu chí chấp nhận

Khi điện áp sạc đạt đến giới hạn trên của điện áp sạc và đi vào trạng thái quá sạc, BMS hoặc PMS hoặc các hệ thống bảo vệ liên quan phải nhận ra trạng thái quá sạc với cảnh báo hoặc tín hiệu đầu ra và vận hành các thiết bị bảo vệ để dừng sạc.

Hệ thống bảo vệ phải hoạt động để tắt PCS và hệ thống giá đỡ pin một cách an toàn theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo.

Giá đỡ pin đạt đến giới hạn trên của điện áp sạc phải không gây bất kỳ hư hại nào cho các giá đỡ pin còn lại và các thiết bị bảo vệ sẽ hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo để bảo vệ các giá đỡ pin còn lại.

4.2.2.2 Sạc dòng điện lớn (dòng điện quá sạc)

4.2.2.2.1 Phương pháp thử

- a) Thử nghiệm phải được thực hiện ở nhiệt độ môi trường $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ và trong điều kiện hoạt động bình thường.
- b) BESS cần thử nghiệm phải được xả ở dòng điện không đổi 0,2 I_A, đến điện áp cuối cùng do nhà chế tạo quy định. Sau đó, BESS sẽ được sạc ở dòng điện vượt quá 20 % so với dòng sạc tối đa theo IEC 62619, 8.2.3.
- c) Thử nghiệm sẽ được thực hiện cho đến khi BMS hoặc PMS chấm dứt quá trình sạc. Dữ liệu như nhiệt độ hoặc điện áp sẽ được tiếp tục tiến hành trong 1 h sau khi quá trình sạc dừng lại.
- d) Khi BMS hoặc PMS không chấm dứt quá trình sạc, thử nghiệm sẽ bị dừng vì lý do an toàn, ví dụ: khi dòng sạc đạt 110 % dòng quá sạc hoặc 1 min sau khi vượt quá dòng quá sạc.

4.2.2.2.2 Tiêu chí chấp nhận

Khi dòng điện sạc đạt đến dòng điện quá sạc và đi vào trạng thái quá sạc, BMS hoặc PMS hoặc các hệ thống bảo vệ liên quan sẽ nhận ra trạng thái quá sạc với cảnh báo hoặc tín hiệu đầu ra và vận hành các thiết bị bảo vệ để dừng sạc.

Hệ thống bảo vệ phải hoạt động để tắt PCS và hệ thống giá đỡ pin một cách an toàn theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo.

Giá đỡ pin đạt đến dòng điện quá sạc phải không gây bất kỳ hư hại nào cho các giá đỡ pin còn lại và các thiết bị bảo vệ phải hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo để bảo vệ các giá đỡ pin còn lại.

4.2.2.3 Sự cố chạm đất

4.2.2.3.1 Quy định chung

Các thiết bị bảo vệ như cầu chảy hoặc aptômát phải được lắp đặt trong BESS theo Bảng 4 để bảo vệ các thiết bị thử nghiệm trước khi thực hiện thử nghiệm bảo vệ chống phóng điện dòng điện lớn (ngắn mạch). Các thiết bị bảo vệ phải được sử dụng với công suất thích hợp hoặc tương tự (ví dụ 120 %) so với danh định do nhà chế tạo PCS quy định và phải đại diện cho loại thiết bị bảo vệ sẽ được đặt tại vị trí lắp đặt này như trong Bảng 4. Công suất, vị trí trong mạch và loại của thiết bị bảo vệ phải được đánh dấu và ghi lại trong báo cáo thử nghiệm.

Các thiết bị bảo vệ được lắp đặt bổ sung để bảo vệ các thiết bị thử nghiệm phải không kích hoạt ngay cả khi PCS hoạt động với tải danh định.

Trạng thái sạc (SOC) của điều kiện thử nghiệm đối với pin phải ít nhất là 90 % giới hạn trên của SOC được khuyến nghị cho quá trình vận hành BESS trước khi bắt đầu thử nghiệm.

Giả sử khi hoạt động bình thường và nhiệt độ môi trường (25 ± 5) °C, SOC sẽ được xả ở dòng điện không đổi 0,2 I_A đến điện áp cuối do nhà chế tạo quy định và sạc đến SOC mong muốn bằng dòng điện được khuyến nghị.

4.2.2.3.2 Phương pháp thử

- a) Các thiết bị thử nghiệm sự cố chạm đất để thử nghiệm sự cố chạm đất phải được kết nối theo sơ đồ trong Bảng 4.
- b) GFD (Thiết bị bảo vệ sự cố chạm đất) hoặc IMD (Thiết bị Theo Dõi Cách điện) phải được cài đặt theo thông số kỹ thuật của nhà chế tạo.
- c) Giá trị điện trở của thiết bị thử nghiệm sự cố chạm đất phải được đặt theo giá trị của GFD và IMD theo thông số kỹ thuật của nhà chế tạo.
- d) Pin của BESS phải được sạc ít nhất 90 % SOC.
- e) Trong khi đang sạc, thử nghiệm sự cố chạm đất sẽ được thực hiện bởi thiết bị thử nghiệm sự cố chạm đất được lắp đặt trong mục a).
- f) Sau khi thực hiện e), pin vẫn được thử nghiệm trong 24 h hoặc cho đến khi nhiệt độ của pin giảm 20 % so với mức tăng nhiệt độ tối đa, tùy theo điều kiện nào đến trước theo IEC 62133-2, 7.3.2.
- g) Sau f), các bước d), e), f) phải được lặp lại nhưng với BESS ở chế độ xả.

Việc bảo vệ phải hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo. BESS cần thử nghiệm phải tuân thủ các tiêu chí đạt thử nghiệm sự cố chạm đất theo Bảng 5.

4.2.2.3.3 Tiêu chí chấp nhận

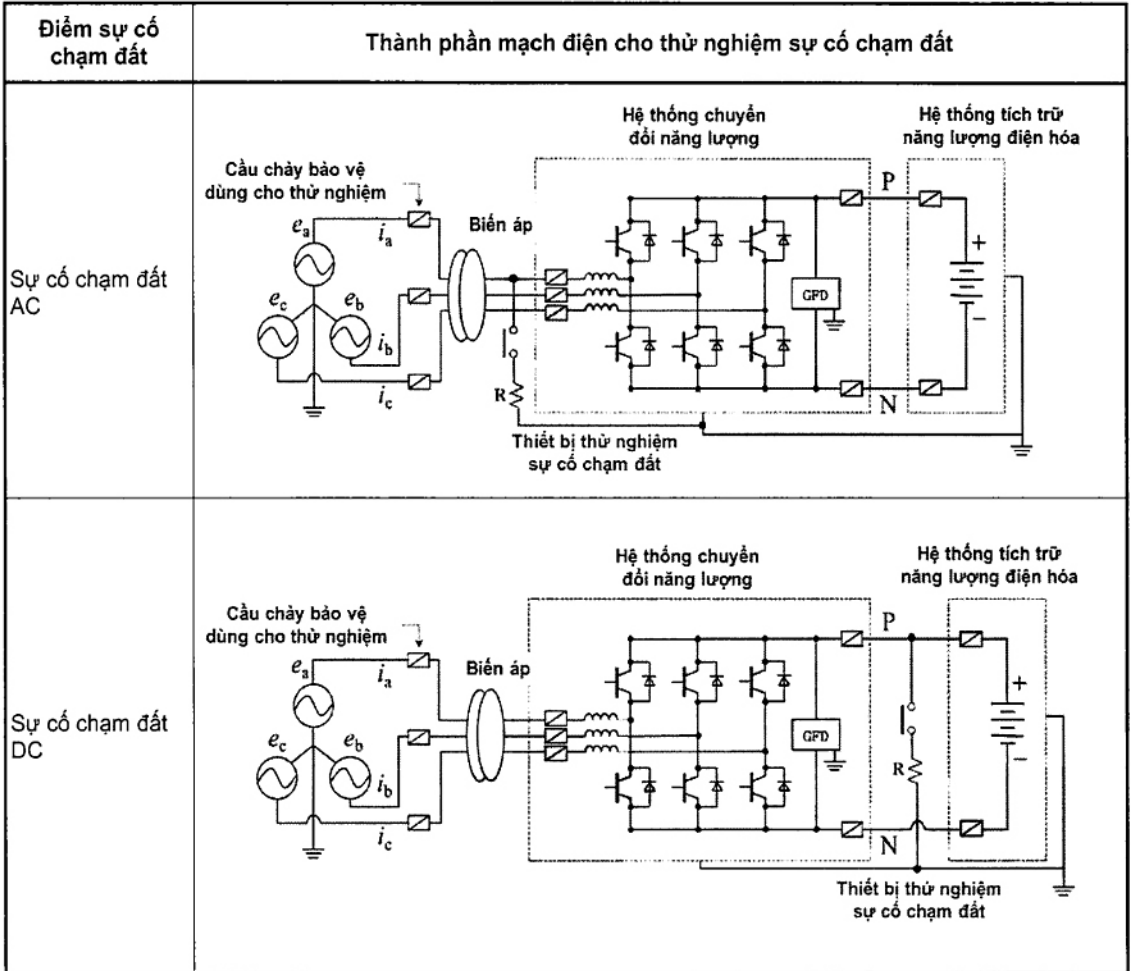
Trong quá trình thử nghiệm, thiết bị bảo vệ phải hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo, để sự an toàn của hệ thống EES dựa trên lithium ion không bị ảnh hưởng.

PCS phải dừng hoạt động an toàn mà không có bất kỳ hư hỏng nào đối với các bộ phận bên trong.

CHÚ THÍCH: GFD hoặc IMD có thể gây ra thời gian vận hành trễ.

Trong quá trình thử nghiệm, các thiết bị đóng cắt của PCS không được bị hư hỏng (ngắn mạch) và dòng điện sự cố chạm đất không được làm hỏng hệ thống pin lithium ion thứ cấp.

Bảng 4 – Thành phần mạch điện cho thử nghiệm sự cố chạm đất



4.3 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy cháy nổ

4.3.1 Phân tích khí dễ cháy

Thông tin về tất cả các thành phần khí có thể sinh ra trong toàn bộ thời gian từ khi thông khí đến khi cháy đối với một cell pin sẽ được trích xuất. Thông tin cần trích xuất tại điều này như sau.

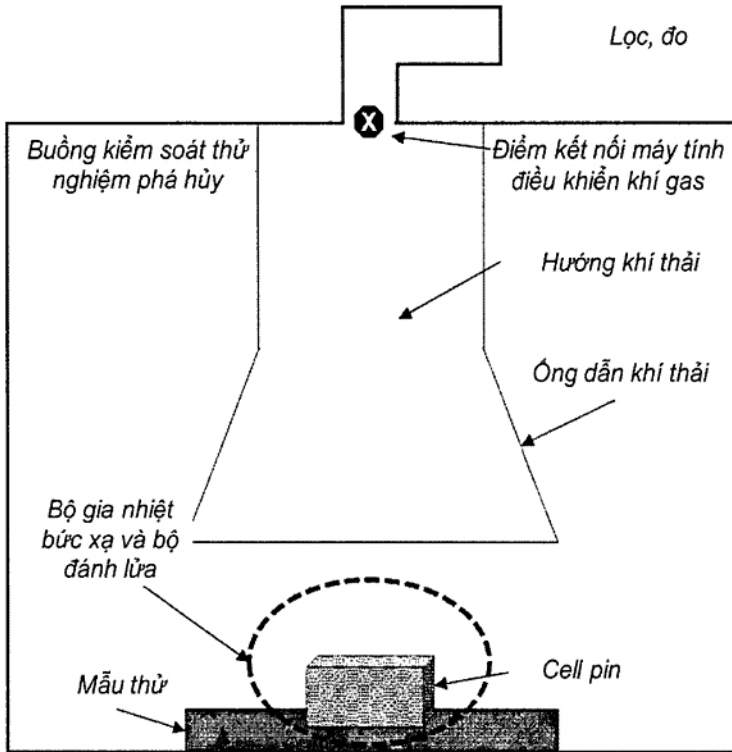
- Thành phần khí
- Lượng khí (tổng thể tích và tỷ lệ phần trăm của từng thành phần khí)
- Thời gian xảy ra sự kiện (thông khí, cháy hoặc giá trị nồng độ giới hạn nổ của khí)

Thành phần khí, tổng thể tích khí thông ra, lượng của từng thành phần khí, thời gian xảy ra sự kiện và đồ thị phát hiện khí phải được ghi lại trong báo cáo thử nghiệm.

Thử nghiệm được thực hiện trong bình chịu áp suất 82-L (21,7 gal) hoặc bình chịu áp suất có kích thước đủ lớn để chứa cell pin tham chiếu cần thử nghiệm và được thực hiện trong điều kiện oxy dưới 1 % áp suất khí quyển như Hình 1.

Khí thông ra thu được sẽ được phân tích bằng sắc ký khí hoặc phương pháp tương tự để xác định thành phần khí. Lượng khí được sử dụng để giảm nồng độ oxy trong bình phải được trừ khỏi kết quả phân tích thành phần.

Bảng và đồ thị tổng hợp thông tin thành phần khí phải được lưu lại trong báo cáo thử nghiệm.



Hình 1 – Hình ảnh buồng thử nghiệm mô tả các điều kiện khắc nghiệt được sử dụng để thử nghiệm cell pin đơn lẻ

Nhiệt độ của môi trường thử nghiệm là $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ và độ ẩm được duy trì ở mức $50\% \pm 25\% \text{ RH}$.

CHÚ THÍCH 1: Cell pin cần thử nghiệm có thể là cell pin tham chiếu đại diện cho cell pin của BESS.

CHÚ THÍCH 2: Cell pin tham chiếu cần thử nghiệm ở trạng thái được sạc đầy được nhà chế tạo đề xuất.

Tối thiểu 2 cell pin tham chiếu phải chịu thử nghiệm này. Phương pháp sau đây có thể được tham khảo như một phương pháp để buộc cell pin rơi vào tình trạng mất kiểm soát nhiệt.

Bề mặt cell pin tham chiếu phải được che phủ bằng một phương pháp thích hợp, chẳng hạn như máy gia nhiệt màng mỏng bao phủ phần lớn bề mặt ngoài của cell pin, nhưng không hạn chế cơ chế thông khí của cell pin.

- a) Nhiệt độ bề mặt cell pin tham chiếu sẽ tăng từ 4 °C (7,2 °F) đến 7 °C (12,6 °F) mỗi phút.
- b) Việc tăng nhiệt độ sẽ được giám sát và kiểm soát bằng cách sử dụng cặp nhiệt điện trên bề mặt cell pin tham chiếu nằm bên dưới máy gia nhiệt màng mỏng.
- c) Một cặp nhiệt điện khác phải được đặt trên bề mặt cell pin không được che phủ bằng phương pháp thích hợp, chẳng hạn như máy gia nhiệt màng mỏng để đo nhiệt độ cell pin tham chiếu trong quá trình tăng nhiệt.
- d) Điện áp mạch hở của cell pin tham chiếu sẽ được giám sát trong quá trình thử nghiệm cho mục đích thông tin.
- e) Thử nghiệm sẽ phải chịu sự tăng nhiệt cho đến khi nhiệt độ của cell pin tham chiếu cho thấy sự bắt đầu (onset) của quá trình mất kiểm soát nhiệt. Nhiệt độ này thường được biểu thị sau khi bắt đầu thông khí. Tại thời điểm này, có thể tắt máy gia nhiệt và tiếp tục theo dõi nhiệt độ của cell pin tham chiếu cho đến khi nhiệt độ cell pin tham chiếu trở lại nhiệt độ môi trường xung quanh.

Thông tin, chẳng hạn như thành phần khí, lượng khí và thời gian xảy ra sự kiện sẽ được ghi lại trong báo cáo thử nghiệm.

Nếu không thu được thông tin về thành phần khí bằng cách sử dụng nguồn gia nhiệt, thì phải sử dụng các phương pháp khác để phân tích thành phần khí, chẳng hạn như ứng suất cơ học, ứng suất điện dưới dạng sạc quá mức, xả quá mức hoặc ngắn mạch bên ngoài.

Thông tin về thành phần khí có thể được cung cấp bằng báo cáo thử nghiệm theo UL 9540 A.

4.3.2 Dò khí/ khí thải

4.3.2.1 Quy định chung

Vị trí lắp đặt và số lượng hệ thống dò khí (hoặc khí thải) có thể do người áp dụng quyết định. Vị trí và số lượng hệ thống dò khí được lắp đặt để thử nghiệm phải được mô tả trên sơ đồ BESS và được quy định trong báo cáo thử nghiệm. Các hệ thống dò phải đại diện cho việc lắp đặt dự kiến bao gồm cả các cảm biến cụ thể được sử dụng.

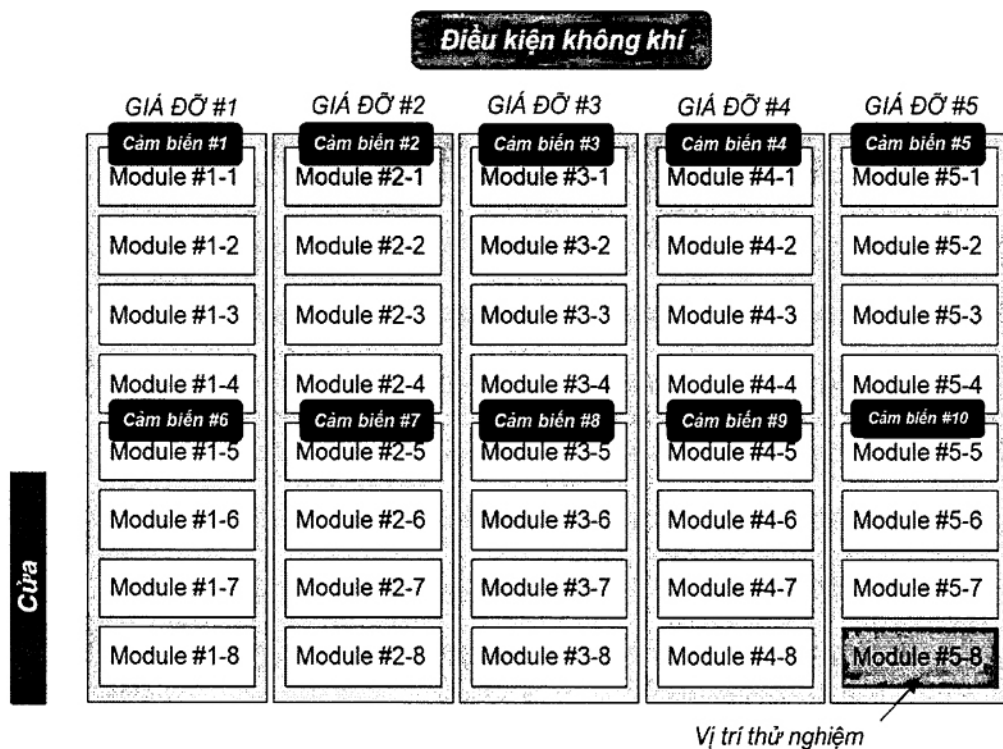
Báo cáo thử nghiệm phải được cung cấp thông tin chi tiết (loại khí có thể phát hiện, lượng, khả năng phát hiện chéo, nhà chế tạo cảm biến khí và mã phụ tùng) của các hệ thống dò khí được lắp đặt trong BESS.

4.3.2.2 Phương pháp thử

Dò khí:

Hệ thống dò khí được lắp đặt trong BESS phải tuân thủ phần phù hợp trong IEC 60079-29 hoặc tiêu chuẩn tương tự đánh giá độ tin cậy của hệ thống dò khí bao gồm cả cảm biến. Bộ điều khiển điện tử và phần mềm liên quan đến hệ thống dò khí phải tuân thủ IEC 60730 Phụ lục H.

Hoạt động của hệ thống con tạo luồng không khí trong BESS như hệ thống thông gió hoặc hệ thống điều hòa không khí sẽ bị dừng lại trong quá trình thử nghiệm. Nhiệt độ của môi trường thử nghiệm phải được duy trì ở mức $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ và độ ẩm ở mức $50\% \pm 25\% \text{ RH}$.



Hình 2 – Ví dụ về vị trí của các cảm biến được sử dụng trong thử nghiệm phát hiện khí/khí thải

Dựa trên vị trí của các cảm biến, quạt môđun và hoạt động của hệ thống thông gió và điều hòa không khí được lắp đặt trong BESS, vị trí mà việc dò khí dự kiến sẽ khó nhất (ví dụ điểm mù) sẽ được xác định. Vị trí này là nơi sẽ sử dụng khí tham chiếu dễ cháy cho thử nghiệm.

Loại và lượng khí tham chiếu dễ cháy được sử dụng trong thử nghiệm phải được tham chiếu dựa trên thông tin được thực hiện bởi 4.3.1.

4.3.2.3 Tiêu chí chấp nhận

Trong trường hợp BESS dò được khí thải:

Dựa trên vị trí của cảm biến khí thải được lắp đặt trong BESS, điểm mà việc phát hiện khí dự kiến khó nhất sẽ được xác định và cell pin tham chiếu sẽ được lắp đặt tại điểm đó.

Cần xác nhận theo thử nghiệm trong 4.3.1, liệu khí tạo ra từ cell pin tham chiếu có được sử dụng trong BESS hay không.

Khi xem xét môi trường lắp đặt BESS, các chế độ vận hành có thể có như nhiệt độ vận hành BESS, quạt môđun và hoạt động của cơ sở điều hòa không khí phải được xác định trước khi thử nghiệm và tất cả các chế độ vận hành đã xác định có thể ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm phải được thử nghiệm.

- a) Phải chọn một điểm mà việc phát hiện khí dự kiến sẽ kém hiệu quả nhất khi xem xét vị trí lắp đặt cảm biến bên trong BESS.
- b) Môđun ở vị trí này trong BESS được tháo ra và lắp đặt môđun pin tham chiếu cho thử nghiệm và bộ phận gia nhiệt như bộ phận gia nhiệt màng mỏng được lắp đặt bên trong.
- c) Điều kiện bên trong BESS phải được thiết lập theo chế độ vận hành.
- d) Sau khi cell pin tham chiếu có bộ phận gia nhiệt như bộ phận gia nhiệt màng mỏng được thông khí, thời gian báo động của các cảm biến sẽ được ghi lại trong ít nhất 10 min và có thể quan sát thêm 3 min nữa kể từ lần báo động cuối cùng. Nếu tất cả các cảm biến đã lắp đặt đều tạo ra báo động hoặc không có báo động bổ sung nào xảy ra trong 3 min, thì có thể kết thúc thử nghiệm.
- e) Sau d), khí thải trong BESS sẽ được thông gió và báo động cảm biến sẽ được khởi tạo lại và hoạt động bình thường của cảm biến được kiểm tra.
- f) Các bước từ a) đến e) phải được lặp lại đối với từng chế độ vận hành của BESS.

4.3.2.4 Tiêu chí chấp nhận

Sau khi cell pin tham chiếu được thông khí, cảm biến sẽ tạo ra báo động trong thời gian được phát hiện theo 4.3.1 và các thiết bị bảo vệ sẽ hoạt động để dừng PCS. Việc chấm dứt báo động và tín hiệu hình ảnh được kích hoạt sẽ chỉ có thể bị dừng bởi thao tác của người dùng.

4.3.3 Thông gió

4.3.3.1 Phương pháp thử

Có thể sử dụng tín hiệu mô phỏng để vận hành hệ thống thông gió. Phải xác nhận xem hệ thống thông gió có hút 18 m³/h trên 1 m³.

Nếu có nhiều hơn một hệ thống thông gió trong BESS, cần kiểm tra xem tổng công suất hút của tất cả các hệ thống thông gió có tuân thủ 18 m³/h trở lên trên 1 m³.

Nếu BESS không có vỏ, SAT phải được sử dụng để kiểm tra tính năng của hệ thống thông gió tại nơi lắp đặt BESS.

Nếu thử nghiệm này được thực hiện với hệ thống thông gió cùng với thử nghiệm trong 4.3.2, thì không cần sử dụng tín hiệu mô phỏng.

4.3.3.2 Tiêu chí chấp nhận

Hệ thống thông gió phải hoạt động bình thường và lượng khí thải phải là 18 m³/h trên 1 m³.

4.4 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy phát sinh từ điện trường, từ trường và điện từ trường

4.4.1 Thử nghiệm phát xạ điện từ

Áp dụng 8.2.4 của IEC 62933-5-2. Ngoài ra, các thử nghiệm sau đây phải được thực hiện.

CHÚ THÍCH: CISPR 11 là một tiêu chuẩn quốc tế tương tự như tiêu chuẩn EN 55011. Tiêu chuẩn này áp dụng cho thiết bị điện công nghiệp, khoa học và y tế hoạt động trong dải tần số từ 0 Hz đến 400 GHz và đối với các thiết bị gia dụng và tương tự được thiết kế để tạo ra và/hoặc sử dụng năng lượng tần số radio cục bộ. Tiêu chuẩn này bao gồm các yêu cầu phát xạ liên quan đến nhiều tần số radio trong dải tần từ 9 kHz đến 400 GHz.

4.4.1.1 Phương pháp thử

Một trong những bài học kinh nghiệm từ cuộc điều tra nguyên nhân sâu xa đối với các vụ tai nạn cháy của BESS là có lỗi hỏng về phát xạ điện từ tại cổng nguồn DC giữa hệ thống chuyển đổi năng lượng (PCS) và hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa vượt quá giới hạn của CISPR 11. Phát xạ điện từ có thể là mối nguy hiểm đối với BESS trong thời gian dài của vòng đời và cần được kiểm soát để không vượt quá giới hạn.

PCS và hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa của hệ thống chính trong BESS phải tuân thủ CISPR 11. Ngoài ra, những điều sau đây được áp dụng.

Đo dòng nhiễu chế độ chung (CM) tại cổng nguồn DC:

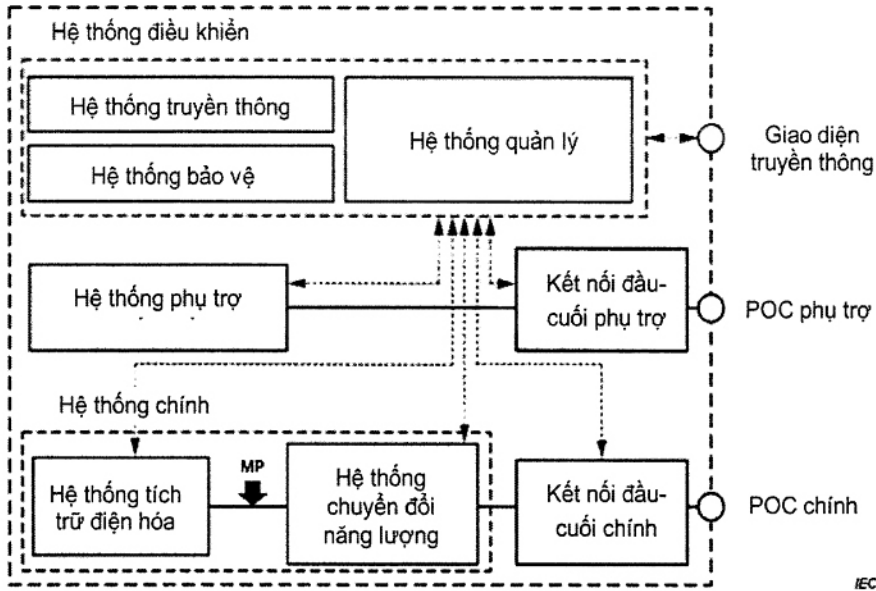
Phát xạ dẫn tại cổng nguồn DC của PCS phải tuân thủ các giới hạn dòng điện của Bảng 3 trong CISPR 11 trong điều kiện chế độ sạc của BESS. Xem Bảng 5.

Bảng 5 – Giới hạn dòng điện

Dải tần số MHz	Công suất danh định >20 kVA đến ≤ 75 kVA		Công suất danh định > 75 kVA	
	QP dB (μA)	AV dB (μA)	QP dB (μA)	AV dB (μA)
0,15 đến 5	72 đến 62	62 đến 52	88 đến 78	78 đến 68
5 đến 30	62 đến 45	52 đến 32	78 đến 61	68 đến 48

Điểm đo (MP) tại cổng nguồn DC được biểu diễn trên Hình 3.

Dòng nhiễu chế độ chung (CM) tại các cổng nguồn DC phải được đo bằng đầu dò dòng điện theo CISPR 16-1-2.



Hình 3 – Điểm đo phát xạ dẫn tại cổng nguồn DC của PCS

4.4.2 Khả năng miễn nhiễm điện từ

Áp dụng IEC 61000-6-7 cho thử nghiệm khả năng miễn nhiễm điện từ, bổ sung các nội dung dưới đây.

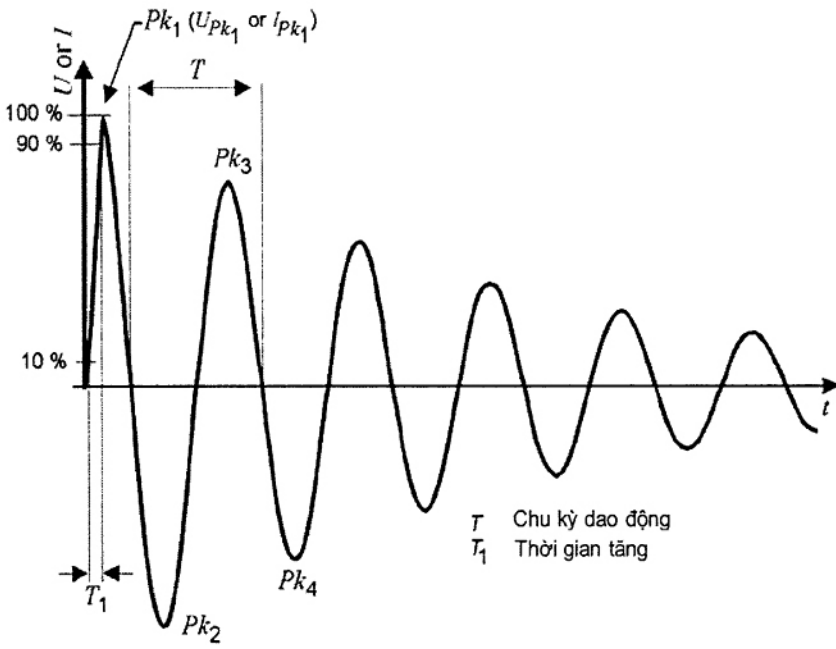
4.2.2.1 Phương pháp thử

Các chức năng an toàn của các hệ thống con liên quan đến an toàn của BESS phải phù hợp với IEC 61000-6-7. Ngoài ra, những điều sau đây được áp dụng.

Thử nghiệm khả năng miễn nhiễm sóng dao động tắt dần cho cổng truyền thông của BESS:

Một bài học khác rút ra từ cuộc điều tra nguyên nhân sâu xa đối với các vụ tai nạn cháy của BESS là thiếu khả năng miễn nhiễm điện từ trên cáp truyền thông liên quan đến hệ thống quản lý pin (BMS) chống lại sóng dao động tắt dần bên ngoài. Việc thiếu khả năng miễn nhiễm điện từ có thể gây nguy hiểm cho hoạt động an toàn của BESS và cần được kiểm soát để có khả năng miễn nhiễm.

Cổng truyền thông của BESS phải được thử nghiệm theo IEC 61000-4-18 và BESS không được gặp sự cố. Ví dụ về sóng dao động tắt dần được hiển thị trong Hình 4.



Hình 4 – Sóng dao động tắt dần theo IEC 61000-4-18

Các hiện tượng sóng dao động tắt dần được chia thành hai phần. Phần đầu tiên được gọi là sóng dao động tắt dần chậm và bao gồm các tần số dao động trong khoảng từ 100 kHz đến 1 MHz. Phần thứ hai được gọi là sóng dao động tắt dần nhanh và nó bao gồm các tần số dao động trên 1 MHz.

Công thức của dạng sóng lý tưởng của Hình 4, $w(t)$ (điện áp mạch hở hoặc dòng điện ngắn mạch), như sau:

$$w(t) = A \cdot K \cdot \frac{\left(\frac{t}{t_1}\right)^n}{1 + \left(\frac{t}{t_1}\right)^n} \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_2}\right) \cdot \cos(2\pi f \cdot t + \varphi)$$

Giá trị của các thông số của $w(t)$ cho điện áp mạch hở được đưa ra trong Bảng 6 cho mỗi chu kỳ dao động tiêu chuẩn $T = 1/f$.

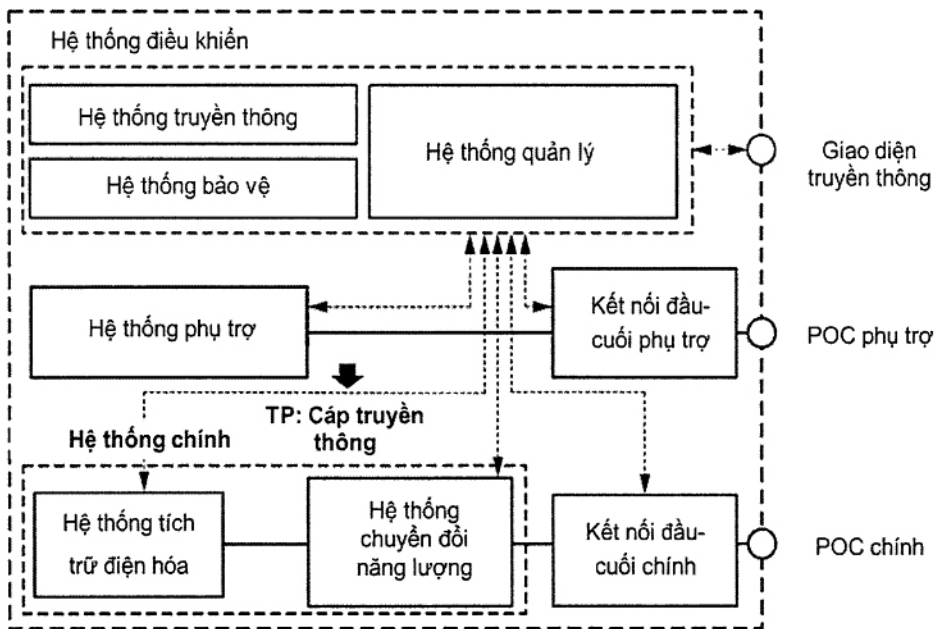
Bảng 6 – Giá trị của các thông số của $w(t)$ cho mỗi tần số dao động tiêu chuẩn

Dạng sóng	A	K	n	t_1	f	t_2	ϕ
30 MHz nhanh	Pk1	1,19	1,67	2,26 ns	30 MHz	126 ns	$-\pi/2$
10 MHz nhanh	Pk1	1,04	2,65	1,69 ns	10 MHz	377 ns	$-\pi/4$
3 MHz nhanh	Pk1	1,07	2,30	2,89 ns	3 MHz	1026 μ s	0

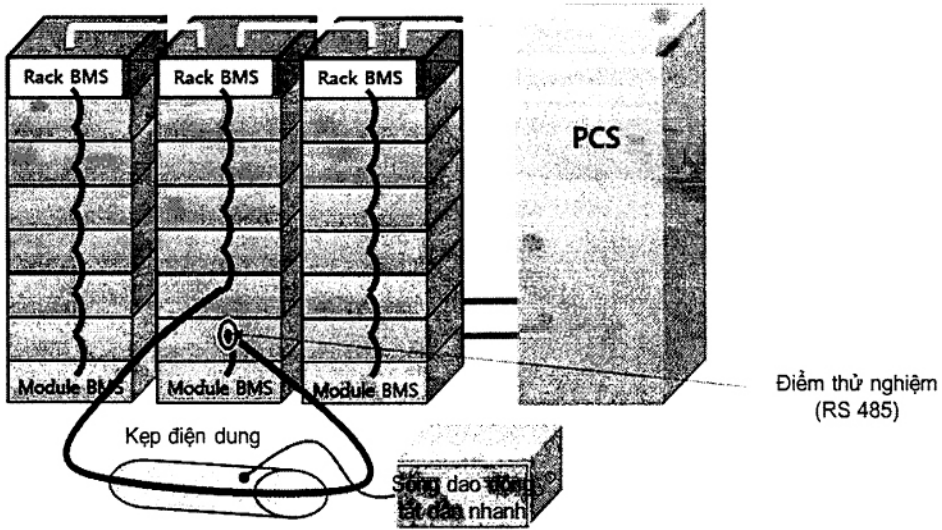
Theo IEC 61000-4-18, thử nghiệm sóng dao động tắt dần được áp dụng cho cổng truyền thông của BESS.

Các điều kiện thử nghiệm khả năng miễn nhiễm sóng dao động tắt dần như sau:

- Mức thử nghiệm 3: 2 kV
- Tốc độ lặp xung: 5 000/s
- Tần số rung: 3 MHz, 10 MHz, 30 MHz
- Thời gian tăng xung: 5 ns
- Chu kỳ xung: 50 ns
- Thời gian bước xung: 50 ms @ 3 MHz; 15 ms @ 10 MHz; 5 ms @ 30 MHz
- Chu kỳ bước xung: 300 ms
- Thời gian cho phép: ít nhất 1 min
- Phương pháp ứng dụng: kẹp ghép nối kiểu điện dung



Hình 5 – Điểm thử nghiệm khả năng miễn nhiễm sóng dao động tắt dần trên cáp truyền thông



Hình 6 – Ví dụ về bố trí thử nghiệm khả năng miễn nhiễm sóng dao động tắt dần

4.2.2.2 Tiêu chí chấp nhận

Mô tả chức năng và định nghĩa về các tiêu chí đánh giá cụ thể, trong hoặc là kết quả của thử nghiệm khả năng miễn nhiễm của thiết bị cần thử nghiệm (EUT), phải được cung cấp bởi nhà chế tạo và ghi chú trong báo cáo thử nghiệm. Chúng phải phù hợp với một trong các tiêu chí chung sau đây:

a) Tiêu chí đánh giá A: EUT phải tiếp tục hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo trong và sau khi thử nghiệm. Không cho phép suy giảm tính năng hoặc mất chức năng dưới mức tính năng do nhà chế tạo quy định, khi EUT được sử dụng theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo. Nếu mức tính năng không được nhà chế tạo quy định, điều này có thể được suy ra từ mô tả và tài liệu sản phẩm cũng như những gì người dùng có thể mong đợi một cách hợp lý từ thiết bị nếu được sử dụng theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo.

b) Tiêu chí đánh giá B: EUT phải tiếp tục hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo sau khi thử nghiệm. Không cho phép suy giảm tính năng hoặc mất chức năng dưới mức tính năng do nhà chế tạo quy định, khi EUT được sử dụng theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo. Mức tính năng có thể được thay thế bằng mức mất tính năng cho phép. Tuy nhiên, trong quá trình thử nghiệm, cho phép suy giảm tính năng nhưng không cho phép thay đổi trạng thái hoạt động thực tế hoặc dữ liệu được lưu trữ. Nếu mức tính năng tối thiểu hoặc mức mất tính năng cho phép không được nhà chế tạo quy định, một trong hai mức này có thể được suy ra từ mô tả và tài liệu sản phẩm cũng như những gì người dùng có thể mong đợi một cách hợp lý từ thiết bị nếu được sử dụng theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo.

c) Tiêu chí đánh giá C: Cho phép mất chức năng tạm thời trong quá trình thử nghiệm, miễn là chức năng đó có thể tự phục hồi hoặc có thể được khôi phục bằng cách vận hành các bộ điều khiển.

Nếu, do kết quả của việc áp dụng các thử nghiệm được xác định trong tiêu chuẩn này, EUT sẽ tiếp tục hoạt động theo thiết kế và dự định của nhà chế tạo sau khi thử nghiệm.

4.5 Quy trình và phương pháp thử các mối nguy phát sinh từ sự cố hệ thống phụ trợ, điều khiển và truyền thông

Hệ thống quản lý pin, hệ thống quản lý điện năng hoặc hệ thống quản lý năng lượng của BESS sẽ trao đổi thông tin dựa trên các giao thức truyền thông tiêu chuẩn như CAN, Modbus, TCP/IP, v.v. để giám sát và điều khiển các trạng thái của BESS như dòng điện, điện áp, SOC, nhiệt độ.

Lỗi truyền thông đề cập đến các tình huống mà dữ liệu thường có thể trao đổi lại không trao đổi được do lỗi vật lý ở cấp truyền thông như tách rời, hư hỏng, v.v. giữa các hệ thống quản lý pin và hệ thống quản lý điện năng (hoặc hệ thống quản lý năng lượng).

4.5.1 Lỗi truyền thông (Đầu cuối mở)

4.5.1.1 Quy định chung

Mục đích của thử nghiệm này là xác nhận xem hệ thống bảo vệ của BEES có hoạt động hay không khi mất liên lạc, bất kể giao thức truyền thông là gì.

4.5.1.2 Phương pháp thử

Thử nghiệm áp dụng cho cáp truyền thông của BMS môđun pin và cáp truyền thông giữa BMS giá đỡ pin và PMS.

- a) Thiết bị thử nghiệm lỗi truyền thông phải được cấu hình trên cáp truyền thông BMS môđun pin.
- b) PCS sẽ hoạt động ở chế độ sạc và sạc đến dung lượng danh định.
- c) Trong khi PCS sạc hệ thống pin lithium ion, dữ liệu như điện áp, dòng điện, SOC trong hệ thống quản lý pin và hệ thống quản lý điện năng phải được xác nhận là chúng được trao đổi bình thường.
- d) Chế độ lỗi như đầu cuối truyền thông mở với thiết bị kiểm tra lỗi truyền thông sẽ được thực hiện.
- e) BESS sẽ được đặt lại về trạng thái trước điều kiện và từ b) đến d) sẽ được thực hiện ở chế độ xả và chế độ chờ.
- f) Thiết bị kiểm tra lỗi truyền thông sẽ được cấu hình trên cáp truyền thông giữa BMS giá đỡ pin và PMS, và từ b) đến e) sẽ được thực hiện.

4.5.1.3 Tiêu chí chấp nhận

PMS hoặc BMS pin phải phát hiện các lỗi vật lý trong cáp truyền thông trong thời gian do nhà chế tạo quy định. Khi phát hiện lỗi vật lý, các chức năng bảo vệ sẽ hoạt động theo thiết kế.

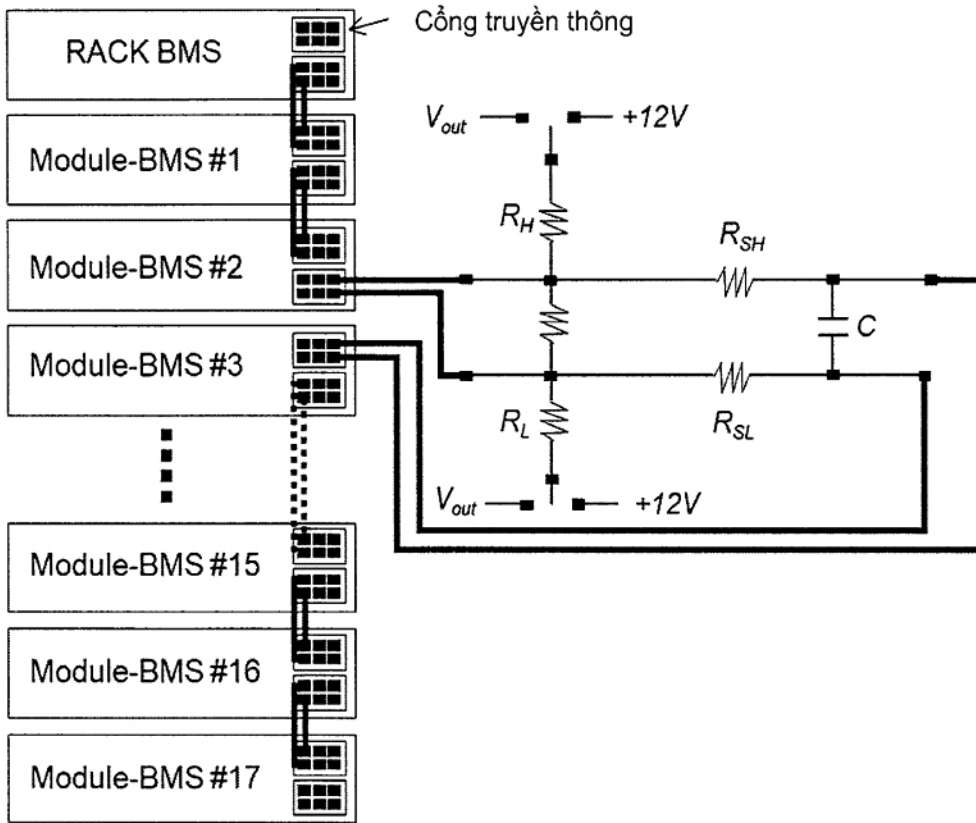
4.5.2 Lỗi truyền thông (Lỗi kết nối)

4.5.2.1 Quy định chung

Mục đích của thử nghiệm này là xác nhận xem hệ thống bảo vệ của BEES có hoạt động hay không khi truyền thông có lỗi khiếm khuyết, bất kể giao thức truyền thông là gì.

4.5.2.2 Phương pháp thử

Thử nghiệm áp dụng cho cáp truyền thông của BMS giá đỡ pin và cáp truyền thông giữa các BMS môđun pin như trên Hình 7.



Hình 7 – Cấu trúc thử nghiệm phát hiện lỗi truyền thông

Các lỗi kết nối thông qua việc thay đổi giá trị điện trở nối tiếp (R_{SH} , R_{SL}) của cả hai đầu cáp truyền thông phải được áp dụng.

Chế độ 1 đề cập đến trạng thái mà đường dây truyền thông hoạt động bình thường.

Ở chế độ 2, giá trị điện trở hiển thị từ 70 Ω đến 120 Ω do lỗi kết nối của H(+), và kết nối của L(-) đề cập đến trạng thái bình thường.

Chế độ 3 ngược lại với Chế độ 2, là lỗi kết nối của (L-), và giá trị điện trở nằm trong khoảng từ 70 Ω đến 120 Ω , và kết nối của H(+), đề cập đến trạng thái bình thường.

Chế độ 4 đề cập đến trạng thái mà cả H(+), và L(-) đều bị lỗi kết nối và giá trị điện trở nằm trong khoảng từ 70 Ω đến 120 Ω .

Bảng 7 – Ví dụ về giá trị điện trở trên mỗi chế độ lỗi

Chế độ lỗi	Trạng thái của dây truyền thông		Mạch tiêu lỗi
	Dây truyền thông (+)	Dây truyền thông (-)	
Chế độ 1	Thông thường		
	$R_{SH} = 0 \Omega$	$R_{SL} = 0 \Omega$	
Chế độ 2	Phát hiện lỗi kết nối dây H(+)		
	$70 \Omega < R_{SH} < 120 \Omega$	$R_{SL} = 0 \Omega$	
Chế độ 3	Phát hiện lỗi kết nối dây L(-)		
	$R_{SH} = 0 \Omega$	$70 \Omega < R_{SL} < 120 \Omega$	
Chế độ 4	Phát hiện lỗi kết nối dây H(+)/L(-)		
	$70 \Omega < R_{SH} < 120 \Omega$	$70 \Omega < R_{SL} < 120 \Omega$	

- Thiết bị kiểm tra lỗi truyền thông phải được kết nối với cáp truyền thông BMS môđun pin.
- PCS sẽ hoạt động ở chế độ sạc và sạc đến dung lượng danh định.
- Trong khi PCS sạc hệ thống pin lithium ion, dữ liệu như điện áp, dòng điện, SOC trong hệ thống quản lý pin và hệ thống quản lý điện năng phải được xác nhận là chúng được trao đổi bình thường.
- Phải thực hiện các chế độ lỗi từ chế độ 1 đến chế độ 4 trong Bảng 7 theo sự thay đổi của giá trị điện trở trên R_{SH} , R_{SL} .
- BESS sẽ được đặt lại về trạng thái trước điều kiện và từ b) đến d) sẽ được thực hiện ở chế độ xả và chế độ chờ.
- Thiết bị kiểm tra lỗi truyền thông sẽ được kết nối với cáp truyền thông giữa BMS giá đỡ pin và PMS, và từ b) đến e) phải được thực hiện.

4.5.2.3 Tiêu chí chấp nhận

PMS hoặc BMS pin phải phát hiện các lỗi vật lý trong cáp truyền thông trong thời gian do nhà chế tạo quy định. Khi phát hiện lỗi vật lý, các chức năng bảo vệ phải hoạt động theo thiết kế.

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

[2] IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*
