TCVN TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 14499-4-3:2025

Xuất bản lần 1

HỆ THỐNG LƯU TRỮ ĐIỆN NĂNG – PHẦN 4-3: CÁC YÊU CẦU BẢO VỆ ĐỐI VỚI HỆ THỐNG PIN LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG THEO CÁC ĐIỀU KIỆN MÔI TRƯỜNG

Electrical energy storage (EES) systems – Part 4-3: Protection requirements of battery-based energy storage systems (BESS) according to the environmental conditions

HÀ NỘI – 2025

Mục lục

Trang

Lời nói đầu 4
1 Phạm vi áp dụng 7
2 Tài liệu viện dẫn 7
3 Thuật ngữ và định nghĩa 8
4 Quy định chung 10
5 Các yếu tố môi trường tác động đến BESS 11
5.1 Phân tích các yếu tố tác động đến BESS 11
5.2 Các loại và nguồn gốc của các yếu tố môi trường 12
6 Phân tích rủi ro của từng yếu tố môi trường và các biện pháp liên quan 13
6.1 Rủi ro đối với BESS do nước và các biện pháp liên quan 13
6.2 Rủi ro đối với BESS do không khí và các biện pháp liên quan 14
6.3 Rủi ro đối với BESS do thực vật và các biện pháp liên quan 16
6.4 Rủi ro đối với BESS do động vật và các biện pháp liên quan 16
6.5 Rủi ro đối với BESS do con người và các biện pháp liên quan 17
6.6 Rủi ro đối với BESS do sét đánh và các biện pháp liên quan 18
6.7 Rủi ro đối với BESS do động đất và các biện pháp liên quan 18
6.8 Rủi ro đối với BESS do các thảm họa khác và các biện pháp liên quan 19
6.9 Rủi ro đối với BESS do không khí và các biện pháp liên quan 19
Phụ lục A (tham khảo) Báo cáo phân tích rủi ro và các biện pháp phòng ngừa 20
Thư mục tài liệu tham khảo 21

Lời nói đầu

TCVN 14499-4-3:2025 được xây dựng trên cơ sở tham khảo IEC CD 62933-4-3:2025 Electrical energy storage (EES) systems – Part 4-3: Protection requirements of battery-based energy storage systems (BESS) according to the environmental conditions;

TCVN 14499-4-3:2025 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 hỏng hóc pin trong hệ thống lưu trữ điện hóa;

– 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 4-3: Các yêu cầu bảo vệ đối với hệ thống pin lưu trữ năng lượng theo các điều kiện môi trường

Electrical energy storage(EES) systems – Part 4-3: Protection requirements of battery-based energy storage systems (BESS) according to the environmental conditions

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho tác động của môi trường đối với các lắp đặt hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS). Tiêu chuẩn này xem xét các tác động này và xác định nguyên nhân, chuỗi sự kiện và các tác động cuối cùng lên BESS. Dựa trên các tác động đó, các biện pháp phòng ngừa hoặc giảm thiểu được đề xuất. Các tác động môi trường điển hình đối với BESS bao gồm, nhưng không giới hạn ở, tác động của sét, hoạt động địa chấn, nước, không khí, thực vật, động vật và con người. Các biện pháp được đề xuất tập trung như một hướng dẫn cho toàn bộ BESS, bao gồm tất cả các kết nối điện và truyền thông cùng với các điểm kết nối của nó (POC).

Phạm vi của tiêu chuẩn này chỉ giới hạn ở các yêu cầu và điều kiện vận hành cụ thể của BESS. Các yêu cầu thiết kế hoặc an toàn cụ thể của các hệ thống riêng lẻ trong BESS không được đề cập trong tiêu chuẩn này.

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 14499-1 (IEC 62933-1), *Hệ thống lưu trữ điện năng – Phần 1: Từ vựng*

IEC/TS 62933-4-1, *Hệ thống lưu trữ điện năng – Phần 4-1: Hướng dẫn các vấn đề về môi trường – Quy định kỹ thuật chung*

IEC 60050-631, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV): Part 631. Electrical energy storage systems (Từ vựng kỹ thuật điện quốc tế (IEV) – Phần 631: Hệ thống lưu trữ điện năng)*

ISO 14050:2009, *Environmental management — Vocabulary (Hệ thống quản lý môi trường – Từ vựng)*

TCVN ISO 14001:2015 (ISO 14001:2015) , *Hệ thống quản lý môi trường — Các yêu cầu với hướng dẫn sử dụng*

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) và các thuật ngữ và định nghĩa sau.

3.1

Yếu tố môi trường (environmental factor)

Môi trường vật lý, xã hội và thái độ trong đó con người sống và thực hiện cuộc sống của họ.

[NGUỒN: ISO 9999:2022, 3.7]

3.2

Phân tích rủi ro (risk analysis)

Việc sử dụng có hệ thống thông tin sẵn có để xác định các mối nguy hiểm và ước tính rủi ro.

[NGUỒN: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.10]

3.3

Tác động địa chấn (seismic action)

Hành động do chuyển động của mặt đất trong trận động đất.

[NGUỒN: ISO 2394:2015, 2.3.15]

3.4

Yếu tố con người (human factor)

Các yếu tố môi trường, tổ chức và công việc ảnh hưởng đến hành vi trong công việc theo cách có thể ảnh hưởng đến sức khỏe và an toàn.

[NGUỒN: ISO 13702:2015(en), 3.1.28]

3.5

Hồ quang (arcing)

Sự phóng điện phát quang qua một môi trường cách điện, thường đi kèm với sự bay hơi một phần của các điện cực.

CHÚ THÍCH 1: Một chu kỳ nửa sóng điện áp hình sin hoàn chỉnh không được coi là một chu kỳ phóng điện.

[NGUỒN: IEC 62606:2013, 3.1]

3.6

Điện trở trong (internal resistance)

Sự cản trở dòng điện bên trong một tế bào hoặc một pin, tức là tổng hợp điện trở điện tử và điện trở ion với sự đóng góp vào điện trở hiệu quả tổng bao gồm các tính chất điện kháng/điện dung.

[NGUỒN: ISO 17546:2024(en), 3.17]

3.7

Hệ thống quản lý pin (Battery Management System)

BMS

Hệ thống quản lý năng lượng cục bộ cho hệ thống pin, bảo vệ hệ thống pin khỏi hư hại, giám sát và kéo dài tuổi thọ, và duy trì trạng thái chức năng.

CHÚ THÍCH 1: BMS và BCU (theo ISO 12405) không có cùng chức năng.

[NGUỒN: ISO/TS 4210-10:2020(en), 3.15]

3.8

Mức độ bảo vệ (degree of protection)

Sự bảo vệ do một vỏ bọc hoặc rào cản cung cấp chống lại việc tiếp cận, các vật thể lạ và/hoặc nước, và được xác minh bằng các phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn hóa theo ISO 20653.

[NGUỒN: ISO 20653:2013, 3.2, đã sửa đổi — Các cụm từ "hoặc rào cản" và "theo ISO 20653", và thuật ngữ IP đã được thêm vào.]

3.9

Ẩm (moisture)

Nước không liên kết hóa học trong các nguyên liệu và sản phẩm chịu lửa, từ việc hấp thụ ẩm trong quá trình lưu trữ, hoặc nước dư dùng cho việc chuẩn bị hỗn hợp đúc chịu lửa.

[NGUỒN: ISO 21068-1:2008(en), 3.3]

3.10

Ngưng tụ (condensation)

Sự thay đổi trạng thái vật lý của chất từ pha khí thành pha lỏng hoặc pha rắn.

CHÚ THÍCH 1: Ngưng tụ là ngược lại với bay hơi (10.7).

[NGUỒN: ISO 772:2022, 10.3]

3.11

Rò rỉ nước (water leakage)

Giọt nước hoặc dòng chảy tràn ra từ ống hoặc bình chứa kín.

[NGUỒN: ISO 2710-2:2019, 3.4.37]

3.12

Tương thích điện từ (electromagnetic compatibility)

EMC

Khả năng của thiết bị hoặc hệ thống hoạt động một cách thỏa đáng trong môi trường điện từ của nó mà không tạo ra các rối loạn điện từ không thể chấp nhận đối với bất kỳ thứ gì trong môi trường đó.

3.13

Điện áp cao (high voltage)

Điện áp có giá trị vượt quá giới hạn được áp dụng thông thường.

CHÚ THÍCH: Một ví dụ là tập hợp các giá trị điện áp cao được sử dụng trong các hệ thống điện lớn.

[NGUỒN: 601-01-27 MOD] [IEV 151-15-05]

3.14

Động đất (earthquake)

Sự rung chuyển đột ngột và mạnh của mặt đất, đôi khi gây ra sự tàn phá lớn, do các chuyển động trong vỏ trái đất hoặc hoạt động núi lửa.

[NGUỒN: ISO 22328-3:2023, 3.2]

3.15

Độ mặn (salinity)

Lượng muối hòa tan trong nước, được biểu thị dưới dạng phần trăm hoặc nồng độ.

[NGUỒN: ISO/TR 12748:2015, 2.50]

3.16

Thân cây (stem)

Phần của cây đứng vươn lên khỏi mặt đất, không bao gồm các nhánh.

[NGUỒN: ISO 8965:2022, 3.4.1]

3.17

Nấm mốc (mould)

Sự phát triển nấm mốc có dạng bông hoặc bột có thể hình thành trên bề mặt gỗ trong điều kiện ẩm.

[NGUỒN: ISO 24294:2021, 13.17]

4 Quy định chung

Các tác động lên BESS từ các yếu tố môi trường phụ thuộc vào vị trí lắp đặt BESS. Tiêu chuẩn này đề cập đến các yếu tố môi trường và yêu cầu về cách xác định các tác động tiềm ẩn lên BESS khi được lắp đặt ở các khu vực môi trường xác định.

Khi nhà vận hành BESS hoặc nhà tích hợp hệ thống lắp đặt tại một khu vực xác định, các yếu tố môi trường sẽ được phân tích và nêu trong Điều 5 và Điều 6.

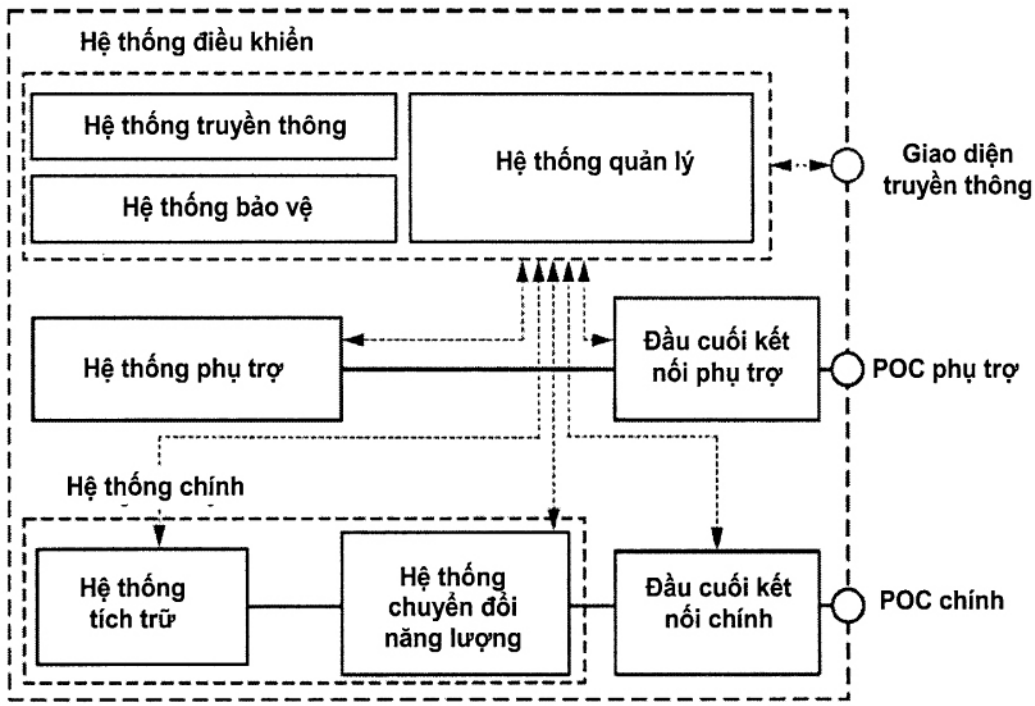
Các yếu tố môi trường trong tiêu chuẩn này được lấy từ IEC/TS 62933-4-1. Trong 6.2 của IEC/TS 62933-4-1 xác định các yếu tố như sét, rủi ro địa chấn, ngập lụt, nước, mưa, nhiệt độ, áp suất, gió, băng và tuyết, xâm lấn sinh vật, rung động/cộng hưởng, bụi, khói, cháy, cháy bên ngoài, nguồn điện từ bên ngoài, độ ẩm, sương muối/nước muối/chất ăn mòn, ăn mòn, bức xạ mặt trời, tích tụ trầm tích. Điều 5 trong tiêu chuẩn này phân loại các yếu tố dựa trên IEC/TS 62933-4-1 và phân loại chúng với các yếu tố rủi ro chi tiết.

5 Các yếu tố môi trường tác động đến BESS

5.1 Phân tích các yếu tố tác động đến BESS

BESS được lắp đặt và vận hành trên toàn thế giới với nhiều mục đích khác nhau. Khi được lắp đặt ở nhiều khu vực khác nhau, các yếu tố được lấy từ IEC/TS 62933-4-1 có thể ảnh hưởng đến BESS. Trong tiêu chuẩn này, các tác động môi trường điển hình đến BESS nên bao gồm, nhưng không giới hạn, các tác động của sét, hoạt động địa chấn, nước, không khí, thực vật, động vật và con người. Để vận hành BESS một cách ổn định, cần phải giải quyết các vấn đề có thể phát sinh do các yếu tố này và thực hiện các biện pháp phù hợp để giải quyết các vấn đề.

Tiêu chuẩn này mô tả các loại yếu tố môi trường và cách chúng ảnh hưởng đến BESS. Các tác động đến BESS sẽ được phân tích theo phạm vi của Hình 1 theo TCVN 14499-5-2 (IEC 62933-5-2).



Hình 1 – Ví dụ về kiến trúc BESS

Người vận hành hoặc nhà tích hợp hệ thống của BESS nên tham khảo các yếu tố môi trường được mô tả trong tiêu chuẩn này, và việc phân tích rủi ro cùng các biện pháp liên quan phải được thực hiện trước khi lắp đặt.

5.2 Các loại và nguồn gốc của các yếu tố môi trường

Theo 5.1, các yếu tố môi trường có thể được liệt kê bao gồm sét, hoạt động địa chấn, nước, không khí, thực vật, động vật và con người. Các loại của mỗi yếu tố nên bao gồm, nhưng không giới hạn, các hình thức khác nhau. Các loại khác của mỗi yếu tố có thể được phân tích bổ sung bởi nhà tích hợp hoặc nhà vận hành BESS. Các yếu tố chính được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1 – Các yếu tố môi trường tác động đến BESS

Yếu tố	Yếu tố rủi ro					
Nước	Rò rỉ nước	Ngập lụt	Độ ẩm & Ngưng tụ	Sóng thần	Tuyết rơi dày	-
Không khí	Bụi	Khí hóa học	Độ mặn	Bão mạnh (gió)	Nhiệt độ môi trường	Độ cao (Áp suất)
Thực vật	Rễ	Thân	Phấn hoa	Rêu và Nấm	Cỏ dại	-
Động vật	Xâm lấn	Va chạm	Đẻ trứng	Gặm nhấm	-	-
Con người	Sai sót của con người	Hành động có chủ ý	-	-	-	-
Sét	Môi trường tự nhiên	Điện áp cao	EMC	-	-	-
Địa chấn	Giao thông	Động đất	Xung quanh nhà máy -	-	-	-
Khác	Cháy rừng	-	-	-	-	-

Nước có các loại rủi ro như rò rỉ nước, ngập lụt, độ ẩm, ngưng tụ, sóng thần, tuyết rơi dày và băng. Rò rỉ nước xảy ra do mưa hoặc sự cố của máy lạnh được trang bị trên trần của vỏ BESS. Ngập lụt xuất phát từ mưa lớn, trong khi độ ẩm và ngưng tụ được tạo ra do sự chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài BESS. Sóng thần xảy ra do động đất hoặc thảm họa tự nhiên tương tự.

Không khí có các loại rủi ro như bụi, khí hóa học, độ mặn, bão mạnh (gió) và nhiệt độ môi trường. Bụi có thể xâm nhập vào BESS từ bên ngoài hoặc tích tụ trên các linh kiện hoặc PCB. Cụ thể, khí hóa học có thể được đưa vào từ bên ngoài do thiên tai, chẳng hạn như hỏa hoạn, hoặc được sinh ra từ chính BESS. Độ mặn đến từ biển. Nhiệt độ cao hoặc thấp có thể xảy ra do thời tiết hoặc do sự cố của hệ thống HVAC. Rủi ro độ cao đến từ các quốc gia có độ cao lớn.

Thực vật có các loại rủi ro như rễ, thân, phấn hoa, rêu và nấm mốc. Rễ và thân cây xâm nhập vào BESS từ các cây bên ngoài. Phấn hoa bay từ các bông hoa bên ngoài và có thể tích tụ trên các linh kiện. Rêu và nấm mốc phát triển bên trong BESS do độ ẩm.

Động vật có các loại rủi ro từ hành động của động vật, như xâm nhập, va chạm, đẻ trứng và gặm nhấm. Rắn có thể nằm trên các cụm BESS, trong khi gặm nhấm cắn đứt dây điện hoặc đầu nối. Thậm chí một con vật lớn có thể va chạm với các cụm hoặc vỏ BESS.

Con người có các loại rủi ro từ hành động có chủ ý, nhưng không bao gồm lỗi do con người trong các yếu tố rủi ro này. Các hành động có chủ ý, như trộm cắp các cụm BESS, là một trong các rủi ro từ con người.

Sét có các loại rủi ro từ môi trường tự nhiên, điện áp cao và EMC, được sinh ra từ các cơ sở sản xuất bên ngoài. Yếu tố EMC cần được xem xét khi BESS được lắp đặt quanh hệ thống radar.

Rủi ro địa chấn bao gồm các loại rủi ro từ vận chuyển, động đất hoặc địa điểm nhà máy, gây ra sự rung động liên tục.

Ngoài ra, cháy rừng xảy ra do thiên tai, có thể ảnh hưởng đến BESS do nhiệt độ cao hoặc sự xâm nhập của khói hoặc lửa.

6 Phân tích rủi ro của từng yếu tố môi trường và các biện pháp liên quan

6.1 Rủi ro đối với BESS do nước và các biện pháp liên quan

Nước có các loại rủi ro như rò rỉ nước, lũ lụt, độ ẩm, ngưng tụ, sóng thần và tuyết rơi dày theo 5.2. Bảng 2 tóm tắt các rủi ro do nước và các biện pháp bảo vệ phù hợp.

Bảng 2 – Các rủi ro liên quan đến nước và các biện pháp

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Rò rỉ nước	Ăn mòn, cách điện yếu, lỗi truyền thông	Đánh giá mức độ bảo vệ IP
Ngập lụt	Ăn mòn, đứt cách điện, ngắn mạch bên trong pin	Đánh giá điều kiện môi trường, các giá đỡ cho BESS, hệ thống thoát nước, các độ cao khác nhau trên nền bê tông
Độ ẩm hoặc ngưng tụ	Phóng điện, đánh thủng cách điện	Cảm biến độ ẩm, máy hút ẩm, thiết bị bảo vệ phóng điện, cách nhiệt
Sóng thần hoặc tuyết rơi dày	Tác động cơ khí, hỏng cách điện, mất kết nối thông tin, sập cơ sở hạ tầng	Cấu trúc được gia cố

Khi có bất kỳ lỗ hổng nào trên vỏ BESS hoặc vỏ BESS có mức độ IP thấp, nước có thể xâm nhập vào bên trong hoặc từ bên ngoài BESS. Rò rỉ nước có thể gây ra ăn mòn bên trong và làm giảm khả năng cách điện của BESS do giảm khoảng cách cách điện khi nước rò rỉ rơi xuống PCB hoặc các đầu nối trần.

Lỗ hổng này cũng gây ra các lỗi giao tiếp do bị hấp thụ vào bên trong các đầu nối hoặc đầu cực của BESS.

Để giảm thiểu rủi ro rò rỉ nước, vỏ BESS và các cụm BESS nên được đánh giá theo mức độ IP như đã thiết kế.

Mưa lớn có thể dẫn đến ngập lụt, gây ra ăn mòn bên trong và làm hỏng khả năng cách điện của BESS. Mưa lớn cũng có thể gây ra vấn đề với pin do ngắn mạch bên trong.

Nhà tích hợp hệ thống hoặc người vận hành cần đánh giá các điều kiện môi trường nơi BESS được lắp đặt và ngăn ngừa ngập lụt bằng cách làm giá đỡ cho BESS hoặc áp dụng các phương pháp hợp lý để điều chỉnh độ cao. Họ cũng nên trang bị các thiết bị thoát nước trong BESS hoặc lắp đặt ở khu vực có môi trường thoát nước tốt. Khi lắp đặt trên bê tông, nó cần có độ cao khác biệt so với mặt đất.

Độ ẩm hoặc sự ngưng tụ có thể gây ra hiện tượng phóng điện hoặc đánh thủng cách điện của BESS. Để ngăn chặn điều này, cảm biến độ ẩm nên được lắp đặt bên trong BESS để giám sát độ ẩm và vận hành hệ thống HVAC, hệ thống thông gió hoặc máy sấy để khử ẩm. Cũng cần xem xét việc lắp đặt thiết bị loại bỏ độ ẩm trong hệ thống thông gió của BESS để ngăn nước xâm nhập. Thêm vào đó, cần xem xét lắp đặt thiết bị bảo vệ chống phóng điện để ngăn chặn hiện tượng phóng điện do độ ẩm, hoặc sử dụng vật liệu cách nhiệt để giảm độ ẩm.

Các thảm họa tự nhiên như sóng thần hoặc tuyết rơi dày có thể gây ra tác động cơ học, hỏng cách điện và mất kết nối giao tiếp. Đặc biệt, tuyết rơi dày có thể làm sập các cơ sở liên quan đến BESS.

Để ngăn chặn sóng thần hoặc tuyết rơi dày, cấu trúc nên được gia cố theo các biện pháp thiết kế. Tải trọng tuyết cũng cần được tính toán cho thiết kế cấu trúc gia cố.

6.2 Rủi ro đối với BESS do không khí và các biện pháp liên quan

Các yếu tố không khí có các loại rủi ro như bụi, khí hóa học, độ mặn, bão mạnh (gió), nhiệt độ môi trường, độ cao (áp suất) theo 5.2. Bảng 3 tóm tắt các rủi ro do không khí và các biện pháp bảo vệ phù hợp.

Bảng 3 – Các rủi ro và biện pháp liên quan đến không khí

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Bụi	Yếu cách điện, Ngắn mạch, Giảm tuổi thọ của các thành phần	Bộ lọc bụi, Đánh giá mức độ IP, Lắp đặt cách xa nhà máy điện, Gioăng cao su
Độ mặn	Ăn mòn, Ngắn mạch, Giảm tuổi thọ của các thành phần, Hồ quang điện	Bộ lọc, Đánh giá mức độ IP, Thiết bị bảo vệ hồ quang, Cảm biến, Cấu trúc kín, Cấu trúc áp suất dương, Sơn bao bọc vỏ ngoài
Khí dễ cháy	Ăn mòn, Nổ, Giảm tuổi thọ hoặc yếu cách điện, Ngắn mạch	Hệ thống thông gió, sơn phủ, lắp đặt cảm biến
Nhiệt độ môi trường	Suy giảm, Quá nhiệt mất kiểm soát, Giảm dung lượng, Giảm tuổi thọ của các thành phần, Rò rỉ chất điện phân của pin, Hình thành đuôi gai của pin	Cảm biến nhiệt độ
Gió mạnh hoặc lốc xoáy	Cấu trúc gia cố	Thiết bị cố định, neo hoặc dây cáp
Độ cao	Hiệu ứng làm mát, tăng nhiệt độ dẫn đến chập điện pin	Hệ thống HVAC để điều chỉnh không khí, giảm mật độ không khí hoặc PCS, điều chỉnh hệ thống HVAC hoặc giảm công suất của PCS, tăng khoảng cách an toàn

Bụi xâm nhập qua hệ thống thông gió hoặc bất kỳ lỗ hổng nào của BESS có thể làm yếu khả năng cách điện, dẫn đến ngắn mạch. Nó cũng giảm tuổi thọ của các linh kiện như quạt có động cơ. Việc giảm tuổi thọ của các linh kiện có thể dẫn đến sự cố của BESS.

Để ngăn ngừa bụi, nên lắp đặt bộ lọc bụi trong hệ thống thông gió hoặc đánh giá mức độ IP để bảo vệ. Đặc biệt, bụi dẫn điện từ nhà máy điện có thể gây ra ngắn mạch. Nó nên được lắp đặt xa nhà máy điện hoặc sử dụng gioăng tại cửa của thùng chứa BESS.

Độ mặn có thể gây ra ăn mòn trên các linh kiện, dẫn đến ngắn mạch hoặc giảm tuổi thọ của chúng. Khi nó xâm nhập vào bảng kết nối BESS, nó có thể gây ra hiện tượng phóng điện song song và dẫn đến cháy.

Để ngăn chặn các tác động trực tiếp của độ mặn, nên trang bị bộ lọc trong hệ thống thông gió hoặc đánh giá mức độ IP để bảo vệ khỏi độ mặn. Để bảo vệ BESS khỏi hiện tượng phóng điện do độ mặn, nên xem xét sử dụng thiết bị bảo vệ phóng điện ở cấp thiết kế hoặc lắp đặt tại BESS. Một biện pháp khác là lắp đặt cảm biến để phát hiện độ mặn và vận hành hệ thống HVAC. Cấu trúc kín hoặc cấu trúc áp suất dương có thể được sử dụng ở cấp thiết kế. Vỏ bên ngoài nên được sơn bằng hệ thống sơn bảo vệ chống lại độ mặn.

Khí dễ cháy có thể gây ra ăn mòn hoặc phát nổ và làm yếu khả năng cách điện, dẫn đến ngắn mạch.

Nên lắp đặt hệ thống thông gió phù hợp để thoát khí khi cảm biến phát hiện có khí. Để giảm rủi ro, nên xem xét lớp phủ cho các vật liệu ở cấp thiết kế hoặc áp dụng cho hệ thống BESS khi lắp đặt. Cũng nên xem xét lắp đặt cảm biến để phát hiện khí và gửi tín hiệu báo động đến EMS hoặc người vận hành.

Nhiệt độ môi trường, đặc biệt là nhiệt độ cao, có thể gây ra sự suy giảm, hiện tượng quá nhiệt mất kiểm soát của các tế bào pin và giảm dung lượng của pin BESS và PCS. Nó cũng có thể dẫn đến rò rỉ chất điện phân của tế bào pin và giảm tuổi thọ của các linh kiện BESS hoặc quạt. Ngoài ra, khi nhiệt độ môi trường thấp, nó có thể gây ra sự hình thành tinh thể nhánh cây trong BESS, làm giảm dung lượng và gây ra sự cố hệ thống. Cụ thể, tinh thể nhánh cây có thể dẫn đến ngắn mạch bên trong, gây ra hiện tượng quá nhiệt mất kiểm soát.

Để ngăn ngừa nhiệt độ cao và thấp, nên lắp đặt cảm biến nhiệt độ bên trong BESS để có thể kiểm soát.

Tại các khu vực có thể xảy ra gió mạnh hoặc lốc xoáy, cấu trúc BESS nên được gia cố hoặc lắp đặt các thiết bị cố định bổ sung thông qua neo (thiết bị cơ học) hoặc dây. Nơi BESS được lắp đặt ở độ cao lớn, hiệu ứng làm mát bên trong BESS có thể giảm và dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ, có thể làm hỏng các tế bào pin BESS hoặc dẫn đến cháy.

Tại độ cao lớn, cần áp dụng các biện pháp phù hợp, chẳng hạn như giảm mật độ không khí hoặc công suất PCS. Điều này yêu cầu tăng cường công suất của hệ thống HVAC để kiểm soát nhiệt độ hoặc giảm công suất của các linh kiện BESS như PCS. Cần tăng khoảng cách cách điện theo Phụ lục F của IEC 62109-1.

6.3 Rủi ro đối với BESS do thực vật và các biện pháp liên quan

Các yếu tố thực vật có các loại rủi ro như rễ, thân, phấn hoa, rêu và nấm mốc theo 5.2. Bảng 4 tóm tắt các rủi ro do thực vật và các biện pháp bảo vệ phù hợp.

Bảng 4 – Rủi ro theo hệ thực vật và các biện pháp

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Rễ cây hoặc thân cây	Chập điện, cháy	Giữ khoảng cách an toàn với cây cối, sử dụng chất đuổi, đánh giá mức độ IP
Phấn hoa	Hỏng cách điện, chập điện, giảm tuổi thọ của các thành phần	Bộ lọc, đánh giá mức độ IP, cảm biến độ ẩm
Rêu và mốc	Cách điện bên trong bị hỏng, chập điện	Cảm biến độ ẩm, sử dụng thuốc chống rêu và mốc
Cỏ dại	Cháy	Giữ khu vực BESS sạch cỏ dại theo quy định về Kiểm soát Thực vật (Khu vực cách 3m ở mỗi bên của BESS ngoài trời cần được dọn sạch thảm thực vật dễ cháy theo NFPA 855 (9.5.2.2.1))

Rễ hoặc thân của các cây xung quanh BESS có thể xâm nhập vào BESS và gây ra ngắn mạch.

Để ngăn chặn sự xâm nhập của thực vật, BESS nên được lắp đặt với khoảng cách đủ xa so với các cây xung quanh hoặc sử dụng các chất đuổi để ngăn cản sự phát triển của thực vật trong khu vực lân cận. Cần thực hiện đánh giá mức độ IP của vỏ BESS để ngăn chặn sự xâm nhập của rễ hoặc thân cây.

Phấn hoa bay và tích tụ trên các linh kiện, dẫn đến hỏng hóc cách điện bên trong BESS và giảm tuổi thọ của quạt thông gió hoặc các linh kiện BESS, có thể dẫn đến ngắn mạch hoặc sự cố hệ thống.

Để ngăn ngừa phấn hoa, nên lắp đặt lưới lọc bụi trên đơn vị thông gió. Cần thực hiện đánh giá mức độ IP của vỏ BESS để kiểm soát mức độ phấn hoa.

Khi lắp đặt BESS, nên xem xét lắp đặt cảm biến độ ẩm để kiểm soát.

Sự phát triển của rêu và nấm mốc trên thực vật do độ ẩm không được kiểm soát cũng có thể làm hỏng cách điện bên trong BESS và gây ra ngắn mạch.

Để ngăn chặn rêu hoặc nấm mốc, cần lắp đặt cảm biến độ ẩm để kiểm soát và kích hoạt hệ thống thông gió hoặc máy sưởi khi độ ẩm tăng. Ngoài ra, có thể sử dụng các chất đuổi rêu và nấm mốc ở các vị trí phù hợp trong BESS để giảm thiểu sự xuất hiện của chúng.

Cỏ dại có thể gây ra hỏa hoạn ảnh hưởng đến BESS, đặc biệt vào mùa hè. Để ngăn chặn cỏ dại, BESS nên được lắp đặt cách xa cỏ dại ít nhất 10 ft (3 m).

6.4 Rủi ro đối với BESS do động vật và các biện pháp liên quan

Các yếu tố động vật có các loại rủi ro từ hành động của động vật, như xâm nhập, va chạm, đẻ trứng và gặm nhấm, theo Điều 5.2. Bảng 5 tóm tắt các rủi ro do động vật và các biện pháp bảo vệ phù hợp.

Bảng 5 – Rủi ro theo Động vật và Biện pháp

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Động vật xâm nhập (rắn)	Chập điện, tấn công con người	Đánh giá các điểm dễ xâm nhập IP, sử dụng bọt bịt kín các khe hở hoặc các đường gợn sóng
Loài gặm nhấm	Ngắt kết nối, chập điện	Bẫy, sử dụng thuốc đuổi loài gặm nhấm, sử dụng tia UV

Sự xâm nhập của động vật có thể trực tiếp gây ra ngắn mạch cho BESS khi chúng chui qua các lỗ hở của BESS và nằm lên trên thanh cái.

Để ngăn chặn sự xâm nhập của động vật, cần tiến hành đánh giá cấp bảo vệ chống xâm nhập (mã IP) của BESS.

Các loài gặm nhấm có thể gây ra hở mạch bằng cách ngắt kết nối các đầu nối và gây ngắn mạch khi làm tróc vỏ bảo vệ của các đầu nối.

Để ngăn ngừa thiệt hại do loài gặm nhấm gây ra, nên sử dụng bẫy, chất đuổi hoặc tia cực tím (UV) xung quanh khu vực BESS.

6.5 Rủi ro đối với BESS do con người và các biện pháp liên quan

Yếu tố con người có nguy cơ liên quan đến các hành động có chủ đích, như đã nêu trong 5.2. Bảng 6 tóm tắt các rủi ro do con người gây ra và các biện pháp thích hợp.

Bảng 6 – Rủi ro do con người và các biện pháp khắc phục

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Lỗi của con người (lỗi thao tác)	Chập điện	Đào tạo, hướng dẫn, sử dụng hình ảnh minh họa để nhận biết, cảm biến sốc
Hành động cố ý	Các rủi ro tương tự do nước hoặc không khí gây ra	Rào chắn xung quanh BESS, danh sách kiểm tra sau khi bảo trì để tránh sự cố, hệ thống báo động, nắp bảo vệ công tắc, đào tạo định kỳ cho nhân viên, biển cảnh báo, camera quan sát CCTV, rào chắn bảo vệ va chạm

Việc cố ý tắt hệ thống HVAC (hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí) có thể gây ra các rủi ro tương tự như nước và không khí được mô tả trong 6.1 và 6.2.

Để ngăn chặn điều này, khi hệ thống HVAC bị tắt, cần lắp đặt hệ thống báo động để gửi tín hiệu đến Hệ thống Quản lý Năng lượng (EMS) và chuyển tín hiệu đến người vận hành.

Sự cố của thiết bị bảo vệ chống cháy có thể dẫn đến các rủi ro tiếp tục làm giảm hiệu suất của BESS, vì vậy cần trang bị các lớp bảo vệ hoặc cung cấp đào tạo định kỳ cho người vận hành.

Ngoài ra, các ký hiệu trên BESS nên được tăng cường hoặc có thể lắp đặt các thiết bị ngăn ngừa va chạm để giảm thiểu thiệt hại do va chạm xe, và hành vi trộm cắp có chủ đích có thể được ngăn chặn bằng cách lắp đặt camera giám sát (CCTV) trong hoặc xung quanh khu vực BESS.

6.6 Rủi ro đối với BESS do sét đánh và các biện pháp liên quan

Các yếu tố liên quan đến sét có các loại rủi ro xuất phát từ môi trường tự nhiên, điện áp cao và EMC xảy ra xung quanh các cơ sở nhà máy theo 5.2. Bảng 7 tóm tắt các rủi ro do sét đánh và các biện pháp khắc phục phù hợp.

Bảng 7– Rủi ro do sét đánh và các biện pháp khắc phục

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Môi trường tự nhiên (Sét)	Thủng cách điện, chập điện bên ngoài, trục trặc liên lạc, hệ thống ngừng hoạt động	Lắp đặt thiết bị chống sét lan truyền (SPD), kiểm tra bản đồ mật độ sét đánh
Điện áp cao	Sự cố BMS	Đảm bảo khả năng miễn nhiễm cho BMS, tăng cường tiếp địa
EMC		

Sét có thể gây ra hỏng cách điện, chạm đất dẫn đến ngắn mạch bên ngoài.

Sự cố liên lạc có thể xảy ra và dẫn đến hệ thống bị tắt.

Để ngăn chặn điều này, cần lắp đặt các thiết bị bảo vệ chống sét, chẳng hạn như thiết bị chống sét lan truyền (SPD).

Đặc biệt, các thiết bị liên lạc như BMS có thể bị ảnh hưởng bởi sóng điện từ từ các cơ sở nhà máy xung quanh, vì vậy cần giảm thiểu tác động của sét và sóng điện từ bằng cách tăng cường khả năng miễn nhiễm của BMS hoặc củng cố thiết kế hệ thống nối đất ngay từ giai đoạn thiết kế.

6.7 Rủi ro đối với BESS do động đất và các biện pháp liên quan

Các yếu tố liên quan đến động đất bao gồm rủi ro trong quá trình vận chuyển, động đất và các khu vực nhà máy, như đã đề cập trong 5.2. Bảng 8 tóm tắt các rủi ro do động đất và các biện pháp khắc phục phù hợp.

Bảng 8 – Rủi ro do động đất và các biện pháp khắc phục

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Giao thông	Phát sinh hồ quang điện, ngắn mạch ngoài, hư hỏng thiết bị	Siết chặt bu lông/ốc vít, thiết kế chống động đất, đo điện trở xoay chiều bên trong, máy cắt ngắt hồ quang
Động đất		
Gần nhà máy		

Rung động có thể gây ra sự lỏng lẻo trong các kết nối và ảnh hưởng đến BESS. Các vấn đề về kết nối có thể dẫn đến hồ quang điện tại các điểm tiếp xúc hoặc gây ngắn mạch bên ngoài cho BESS. Các tác động này có thể dẫn đến sự hư hỏng cấu trúc của BESS.

Để ngăn ngừa các rủi ro, cần tăng cường độ chắc chắn của các ốc vít và áp dụng các thiết kế chống động đất ở các khu vực có nguy cơ xảy ra động đất. Kháng trở nội bộ AC nên được đo định kỳ để phát

hiện và phòng ngừa sớm các vấn đề liên quan đến pin. Ngoài ra, cần lắp đặt thiết bị ngắt mạch chống hồ quang để giảm nguy cơ xảy ra hồ quang điện.

6.8 Rủi ro đối với BESS do các thảm họa khác và các biện pháp liên quan

Các yếu tố liên quan đến không khí có các loại rủi ro như bụi, khí hóa học, độ mặn, bão mạnh (gió), nhiệt độ môi trường, độ cao (áp suất) theo 5.2. Bảng 32 tóm tắt các rủi ro.

6.9 Rủi ro đối với BESS do không khí và các biện pháp liên quan

Các yếu tố khác bao gồm rủi ro từ cháy rừng và cháy bên ngoài theo 5.2. Bảng 9 tóm tắt các rủi ro từ các thảm họa khác và các biện pháp khắc phục phù hợp.

Bảng 9 – Rủi ro từ các thảm họa khác và các biện pháp khắc phục

Yếu tố rủi ro	Rủi ro	Biện pháp
Cháy rừng	Các rủi ro tương tự từ không khí, bụi, khí gas và cháy bụi cây	Phân tích địa hình khu vực
Cháy bên ngoài (Gần nhà máy dễ cháy)	Nguy cơ cháy từ bên ngoài	Giữ khu vực BESS sạch cỏ dại theo quy định về Kiểm soát Thực vật (Khu vực cách 3 m từ BESS cần được dọn sạch thảm thực vật dễ cháy và vật liệu dễ cháy khác theo NFPA 855 (9.5.2.2.1))

Các rủi ro có thể phát sinh từ cháy rừng tương tự như các rủi ro từ không khí, bụi hoặc khí gas.

Để ngăn chặn các thảm họa tự nhiên, cần thực hiện phân tích địa hình của khu vực nơi lắp đặt BESS trước khi lắp đặt. Sau khi phân tích, các biện pháp phù hợp nên được thực hiện bởi nhà tích hợp hệ thống BESS hoặc người vận hành.

Cháy bên ngoài là một trong các yếu tố rủi ro có thể xảy ra do các nhà máy dễ cháy ở gần.

Để ngăn ngừa cháy bên ngoài, BESS nên được lắp đặt cách xa các nguồn cháy bên ngoài ít nhất 10 ft (3 m).

Phụ lục A

(tham khảo)

Báo cáo phân tích rủi ro và các biện pháp phòng ngừa

A.1 Báo cáo về tác động của các yếu tố môi trường và các biện pháp phòng ngừa

Khi lắp đặt BESS, các yếu tố môi trường cần được phân tích và mô tả cùng với các biện pháp liên quan bởi nhà tích hợp hệ thống BESS hoặc người vận hành.

Ví dụ về định dạng cho phân tích rủi ro và các biện pháp được trình bày trong Bảng A.1.

Đối với mỗi yếu tố, nhà tích hợp hệ thống hoặc người vận hành có thể thêm các loại rủi ro của riêng họ tùy thuộc vào khu vực nơi BESS được lắp đặt.

Bảng A.1 – Trích đoạn báo cáo mô tả tác động đến BESS và các biện pháp liên quan

Yếu tố môi trường	Mối nguy hiểm	Phân tích rủi ro	Tác động đến BESS	Biện pháp	Ghi chú
Môi trường biển	Sương muối xâm nhập	Hỏng cách điện	Ngắn mạch	Chọn mức độ IP phù hợp dựa trên môi trường lắp đặt Thiết kế khoảng cách cách điện phù hợp cho môi trường biển khắc nghiệt Lắp đặt thiết bị giám sát dòng rò.	Tránh để BESS tiếp xúc trực tiếp với môi trường biển.
		Gỉ sét	Giảm độ bền cơ học	Chọn mức độ IP phù hợp dựa trên môi trường lắp đặt Sử dụng lớp phủ/bọc cho vỏ BESS.	
Lũ lụt	Nước / độ ẩm xâm nhập	Hỏng cách điện	Ngắn mạch	Chọn mức độ bảo vệ IP phù hợp với môi trường lắp đặt Lắp đặt BESS ở độ cao phù hợp so với mặt đất Lắp đặt thiết bị giám sát dòng rò	Thực hiện khảo sát và phân tích môi trường của khu vực lắp đặt trước khi lắp đặt.

Thư mục tài liệu tham khảo

NAPA 855, *Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems*