

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 14499-4-2:2025

IEC 62933-4-2:2025

Xuất bản lần 1

**HỆ THỐNG LƯU TRỮ ĐIỆN NĂNG –
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**

Electric energy storage (EES) systems –

Part 4-2: Guidance on environmental issues –

Assessment of the environmental impact of battery failure

in an electrochemical based storage system

HÀ NỘI – 2025

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	7
3 Thuật ngữ, định nghĩa và chữ viết tắt.....	7
3.1 Thuật ngữ và định nghĩa.....	7
3.2 Chữ viết tắt.....	9
4 Quy định chung.....	10
5 Hồng học của hệ thống tích trữ điện hóa trong BESS gây ra các vấn đề về môi trường.....	10
5.1 Quy định chung.....	10
5.2 Cấu trúc các hệ thống con trong BESS và vị trí xảy ra hồng học liên quan đến pin.....	10
5.3 Phân loại các loại BESS.....	11
5.4 Hồng học pin trong hệ thống tích trữ điện hóa của BESS.....	12
6 Hướng dẫn đánh giá tác động môi trường của hồng học pin trong hệ thống tích trữ điện hóa của BESS.....	12
6.1 Quy định chung.....	12
6.2 Nguyên nhân gốc của hồng học pin và pin dòng chảy gây ảnh hưởng đến môi trường.....	13
Phụ lục A (tham khảo) Tóm tắt các đặc tính điển hình của các hệ thống lưu trữ năng lượng điện hóa thương mại dùng trong các hệ thống lắp đặt BESS.....	19
Phụ lục B (tham khảo) Các tác động môi trường tiềm ẩn liên quan đến loại pin trong BESS.....	25
Phụ lục C (tham khảo) Các kịch bản ứng dụng BESS.....	28
Phụ lục D (tham khảo) Mô tả về các pin được sử dụng trong BESS.....	29
Thư mục tài liệu tham khảo.....	33

TCVN 14499-4-2:2025

Lời nói đầu

TCVN 14499-4-2:2025 hoàn toàn tương đương với IEC 62933-4-2:2025;

TCVN 14499-4-2:2025 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 14499-4-3:2025, 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 4-2: 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

Electric energy storage (EES) systems –

Part 4-2: Guidance on environmental issues –

Assessment of the environmental impact of battery failure in an electrochemical based storage system

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này đưa ra các yêu cầu để đánh giá và báo cáo sự tác động tiêu cực đến môi trường do hỏng hóc của cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy trong hệ thống tích trữ của hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS).

Các loại pin thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này được phân loại theo loại chất điện phân mà chúng sử dụng. Các loại chất điện phân này bao gồm dung môi nước, dung môi không nước hoặc thể rắn.

Các tác động môi trường trực tiếp do hỏng hóc của các thành phần khác trong BESS không thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này.

2 Tài liệu viện dẫn

Tiêu chuẩn này không có tài liệu viện dẫn.

3 Thuật ngữ, định nghĩa và chữ viết tắt

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa dưới đây.

3.1.1

Cell (cell)

Đơn vị chức năng cơ bản, bao gồm một cụm điện cực, chất điện phân, bình chứa, các cầu đấu và thường là các bộ phận tách, là nguồn điện năng thu được bằng chuyển đổi trực tiếp năng lượng hóa học.

[NGUỒN: IEC 60050-482:2004, 482-01-01, có sửa đổi – chú thích đã được xóa.]

3.1.2

Cell dòng chảy (flow cell)

Cell thứ cấp được đặc trưng bởi sự ngăn cách không gian của các điện cực và sự lưu chuyển của dòng chất lỏng lưu trữ năng lượng.

[NGUỒN: IEC 62932-1:2020, 3.1.14, có sửa đổi – chú thích đã được xóa.]

3.1.3

Pin dòng chảy (flow battery)

Hai hoặc nhiều cell dòng chảy được kết nối điện bao gồm tất cả các thành phần để sử dụng trong hệ thống lưu trữ năng lượng điện hóa.

3.1.4

Pin (battery)

Một hoặc nhiều cell có thể được lắp các thiết bị cần thiết để sử dụng, ví dụ như vỏ, các đầu nối, ghi nhãn và các thiết bị bảo vệ.

[NGUỒN: IEC 60050-482:2004, 482-01-04]

3.1.5

Hệ thống pin (battery system)

Cụm các pin hoặc pin dòng chảy được lắp đặt trên giá hoặc trong tủ với các bộ phận điện, cơ điện, kiểm soát môi trường và sẵn sàng để vận hành.

3.1.6

Hệ thống quản lý pin (battery management system)

BMS

Hệ thống điện tử kết hợp với pin có chức năng kiểm soát dòng điện trong trường hợp sạc quá mức, quá dòng, xả quá mức và quá nhiệt, đồng thời theo dõi 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 khi có ảnh hưởng đến an toàn, tính năng và/hoặc tuổi thọ của pin.

[NGUỒN: IEC 62619:2022, 3.12, có sửa đổi – chú thích đã được xóa.]

3.1.7

Hỏng hóc (failure)

Cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy mất khả năng thực hiện theo yêu cầu.

CHÚ THÍCH 1: Sự hỏng hóc này dẫn đến sự cố của hệ thống tích trữ và theo đó của BESS.

[NGUỒN: IEC 60050-192:2015, 192-03-01 – sửa đổi - thay thế cụm từ “hạng mục” bằng “cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy” xóa các chú thích và thêm chú thích 1]

3.1.8**Nguyên nhân hỏng hóc (failure cause)**

Tập hợp các tình huống dẫn đến hỏng hóc.

CHÚ THÍCH 1: Nguyên nhân hỏng hóc có thể xuất phát từ giai đoạn quy định kỹ thuật, thiết kế, sản xuất, lắp đặt, vận hành hoặc bảo trì của một thiết bị.

[NGUỒN: IEC 60050-192: 2015, 192-03-11.]

3.1.9**Môi trường (environment)**

Môi trường tự nhiên và nhân tạo xung quanh nơi lắp đặt, vận hành và tương tác với hệ thống EES, bao gồm tòa nhà và cơ sở, không khí, nước, đất, tài nguyên thiên nhiên, hệ thực vật, động vật (kể cả con người) và mối quan hệ giữa chúng.

[NGUỒN: IEC 60050-904:2014, 904-01-01, có sửa đổi, mở rộng phạm vi có tính đến cả môi trường nhân tạo, tương tác động và các bối cảnh hệ thống EES cụ thể.]

3.1.10**Nhà tích hợp hệ thống (system integrator)**

Tổ chức chuyên về thiết kế, điều phối, xây dựng, triển khai và thử nghiệm hệ thống.

3.1.11**Nhà chế tạo (manufacturer)**

Tổ chức tạo ra sản phẩm cụ thể và sở hữu quy trình chế tạo để tạo ra sản phẩm đó.

3.2 Chữ viết tắt

BESS	battery energy storage system	Hệ thống pin lưu trữ năng lượng
EES	electrical energy storage	lưu trữ điện năng
LFP	lithium iron phosphate	lithium sắt phosphate
LTO	lithium titanium oxide	lithium titan oxit
MSDS	material safety data sheet	bảng dữ liệu an toàn vật liệu
NCA	nickel cobalt aluminium oxide	niken coban nhôm oxit
NMC	nickel manganese cobalt oxide	niken mangan coban oxit
PCS	power conversion system	hệ thống chuyển đổi năng lượng
POC	point of connection	điểm đấu nối
SDS	safety data sheet	bảng dữ liệu an toàn

4 Quy định chung

Tác động môi trường của hỏng hóc pin phụ thuộc vào loại pin, thiết kế và kết cấu. Tiêu chuẩn này đưa ra hướng dẫn và yêu cầu về cách xác định các tác động tiềm ẩn đến môi trường khi pin của hệ thống tích trữ năng lượng điện hóa bị hỏng.

Việc hoạt động của BESS bao gồm cả pin và pin dòng chảy trong các điều kiện được cấp phép bởi cơ quan quản lý được coi là không gây ra các tác động tiêu cực nào đến môi trường.

5 Hỏng hóc của hệ thống tích trữ điện hóa trong BESS gây ra các vấn đề về môi trường

5.1 Quy định chung

Hỏng hóc được đưa ra trong tiêu chuẩn này là việc cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy mất khả năng thực hiện theo yêu cầu. Hỏng hóc này dẫn đến sự cố của hệ thống tích trữ và theo suy luận, cũng có thể dẫn đến hỏng hóc của BESS có thể có vấn đề về môi trường.

Trong tiêu chuẩn này, chỉ xem xét đến các nguyên nhân gây ra hỏng hóc nếu hỏng hóc do cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy trong hệ thống tích trữ điện hóa có ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường xung quanh BESS.

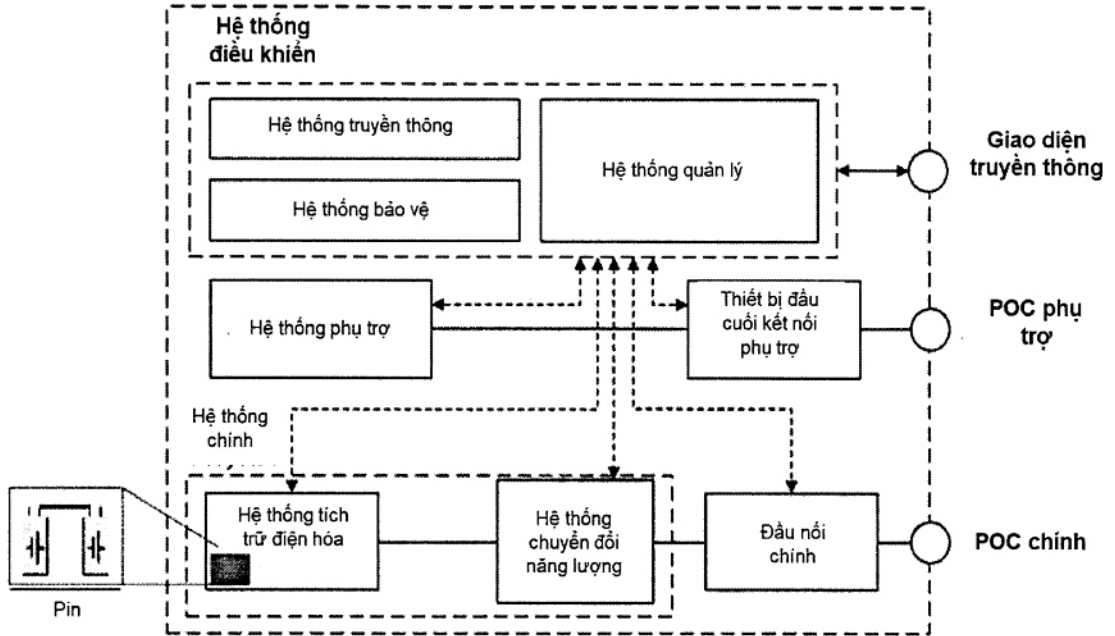
Các nguyên nhân hỏng hóc được xem xét gồm:

- 1) các nguyên nhân nội tại của hệ thống tích trữ điện hóa như sự cố phát sinh do sự kém chất lượng của vật liệu hoặc của một cụm lắp ráp, hoặc do các phản ứng hóa học hoặc phản ứng điện hóa bất thường; hoặc
- 2) các nguyên nhân bên ngoài của hệ thống tích trữ điện hóa như sự cố phát sinh do hỏng hóc thiết bị phụ trợ, điều kiện môi trường không thuận lợi hoặc mất các tham số, dữ liệu và chức năng cần thiết cho việc vận hành an toàn.

Hỏng hóc của các hệ thống con khác của BESS không được đánh giá trong tiêu chuẩn này về tác động tiêu cực đến môi trường.

5.2 Cấu trúc các hệ thống con trong BESS và vị trí xảy ra hỏng hóc liên quan đến pin

Cấu trúc điển hình các hệ thống con của BESS được thể hiện trên Hình 1, trong đó vị trí của pin được quy định rõ.



CHÚ THÍCH: Vị trí của hệ thống tích trữ năng lượng của pin của nó được đánh dấu rõ ràng trong ô màu xám.

Hình 1 – Ví dụ về cấu trúc BESS

5.3 Phân loại các loại BESS

Các loại BESS được phân loại trong Bảng 1, theo IEC 62933-5-2, thành năm loại dựa trên các đặc trưng cụ thể của hệ thống lưu trữ điện hóa được lắp đặt, tức là loại pin được lắp đặt và chất điện phân của nó.

Bảng 1 – Phân loại BESS

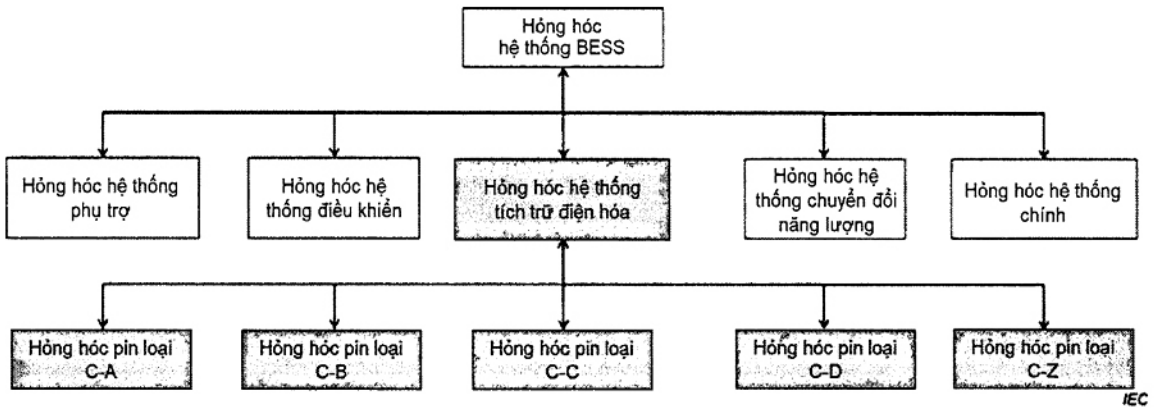
Tên gọi loại BESS	Đặc trưng thiết kế nổi bật
C-A	Cell có chất điện phân không chứa nước (ví dụ Li-ion)
C-B	Cell có chất điện phân có chứa nước (ví dụ axit Pb, NiMH)
C-C	Cell có chất điện phân thể rắn và hoạt động ở nhiệt độ trên 250 °C hoặc được xác định là cell HT (nhiệt độ cao) (ví dụ NaS, NaNiCl)
C-D	Cell có chất điện phân có chứa nước nhưng chất điện phân tuần hoàn hoặc được xác định là cell dòng chảy (ví dụ V5+/V2+)
C-Z	Cell có cặp điện hóa, chất điện phân và khái niệm lưu trữ năng lượng bất kỳ khác hoặc sự kết hợp của chúng. (ví dụ kim loại Li với chất điện phân rắn, tụ điện điện hóa hai lớp)

Phân loại các loại pin được sử dụng trong BESS và được liệt kê trong Bảng 1 có thể thay đổi khi công nghệ pin tiến bộ mang lại các thay đổi về chất điện phân và thiết kế cell.

Thuộc tính của một loại BESS, dựa trên loại pin được lắp đặt và được báo cáo trong tài liệu đánh giá tác động môi trường, chỉ mang tính chất cung cấp thông tin. Những thuộc tính này không miễn trừ trách nhiệm cho nhà tích hợp hệ thống và nhà chế tạo pin khi thực hiện đánh giá tác động môi trường của hồng học pin theo tiêu chuẩn này, khỏi việc xem xét tất cả các đặc trưng của pin hoặc pin dòng chảy trong BESS đang được đánh giá.

5.4 Hồng học pin trong hệ thống tích trữ điện hóa của BESS

Các vị trí hồng học trong hệ thống tích trữ điện hóa trong tiêu chuẩn này được đánh dấu rõ ràng trên Hình 2.



Hình 2 – Các vị trí hồng học trong hệ thống tích trữ điện hóa thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này (màu xám)

6 Hướng dẫn đánh giá tác động môi trường của hồng học pin trong hệ thống tích trữ điện hóa của BESS

6.1 Quy định chung

Pin và pin dòng chảy là thiết bị chứa kim loại và hóa chất có tính phản ứng và cũng là nguồn điện năng không gián đoạn. Các thành phần và hiệu ứng này có thể bị phát thải ra môi trường theo cách không kiểm soát khi pin hoặc pin dòng chảy trong hệ thống tích trữ bị hỏng.

Do đó, nhà tích hợp hệ thống BESS, phối hợp với hệ thống tích trữ điện hóa, thực hiện một đánh giá có hệ thống về thời điểm và cách thức các yếu tố như hao mòn, lão hóa, suy giảm chất lượng, hư hỏng, không tuân thủ, các yếu tố môi trường, vận hành sai hoặc hỏng hóc nghiêm trọng của một thành phần trong BESS dẫn đến hỏng hóc của hệ thống tích trữ điện hóa và kéo theo đó là những tác động đến môi trường.

Để đảm bảo việc đánh giá các hồng học một cách có cấu trúc, tổng quan về thiết kế cell được trình bày trong Phụ lục D. Tiếp theo, trong Phụ lục B là tổng quan về các tác động môi trường phát sinh do hồng học các vật liệu pin và pin dòng chảy, cùng với các phản ứng và tác động điện liên quan.

Trong 6.2 đưa ra một bộ nguyên nhân gốc có cấu trúc của các hồng học này. Các nguyên nhân gốc này phản ánh nhiều nguồn gốc khác nhau của hồng học pin hoặc pin dòng chảy trong BESS và có thể áp dụng, nếu phù hợp, cho các thiết kế từ C-A đến C-Z.

6.2 Nguyên nhân gốc của hồng học pin và pin dòng chảy gây ảnh hưởng đến môi trường

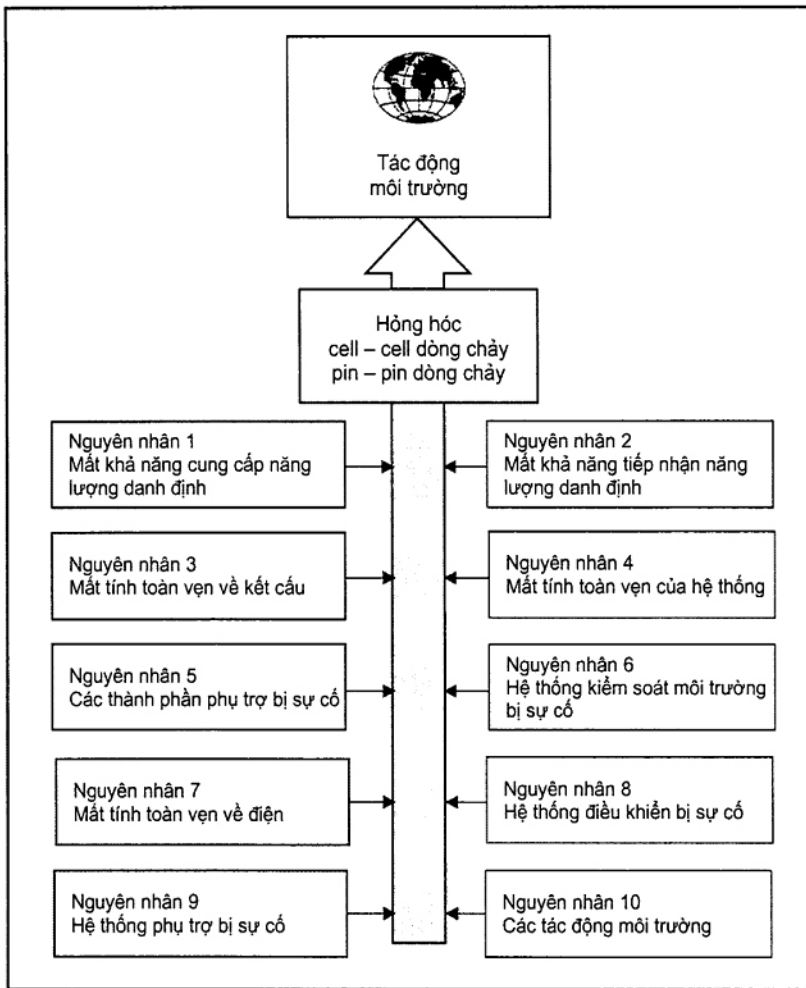
6.2.1 Quy định chung

Các nguyên nhân bên trong và bên ngoài có thể dẫn đến hồng học của cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy và có thể tác động đến môi trường, được xem xét và liệt kê dưới đây.

Các hồng học có thể có được liệt kê một cách có hệ thống dưới đây, và chúng bắt nguồn từ các nguyên nhân gốc rễ được mô tả trên Hình 3.

- Suy giảm tính năng
 - không thể cung cấp năng lượng danh định (nguyên nhân 1)
 - không thể tiếp nhận năng lượng danh định (nguyên nhân 2)
- Suy giảm hệ thống
 - mất toàn vẹn kết cấu (nguyên nhân 3)
 - mất toàn vẹn hệ thống (nguyên nhân 4)
- Suy giảm các hệ thống con
 - hồng các thành phần phụ trợ (nguyên nhân 5)
 - hồng hệ thống điều khiển (nguyên nhân 8)
 - hồng hệ thống phụ trợ (nguyên nhân 9)
- Tín hiệu đầu vào bất thường từ POC/giao diện
 - hồng hệ thống kiểm soát môi trường (nguyên nhân 6)
 - mất toàn vẹn hệ thống điện (nguyên nhân 7)
- Tác động môi trường bên ngoài bất thường đến hệ thống
 - tác động từ môi trường (nguyên nhân 10)

Hình 3 thể hiện sơ đồ khái quát về các nguyên nhân gốc rễ trực tiếp dẫn đến các hồng học.



Hình 3 – Các nguyên nhân gốc rễ trực tiếp dẫn đến hồng học của pin hoặc pin dòng chảy trong BESS cùng các tác động môi trường liên quan

6.2.2 Nguyên nhân gốc rễ gây ra hồng học của pin hoặc pin dòng chảy

6.2.2.1 Quy định chung

Việc đánh giá các hồng học và tác động của chúng đối với môi trường phải được thực hiện trên pin và bố trí của pin bởi nhà tích hợp hệ thống, phối hợp với nhà chế tạo pin hoặc pin dòng chảy. Các quy định địa phương có thể được áp dụng và có thể chỉ định một tổ chức khác thực hiện việc đánh giá này.

Đánh giá này phải được cung cấp ở định dạng và mức độ chi tiết phù hợp cho các bên liên quan, chẳng hạn như nhà vận hành BESS, cơ quan cấp phép, cơ quan bảo vệ môi trường hoặc các tổ chức liên quan khác để thực hiện các hành động tiếp theo khi cần thiết. Các quy định địa phương có thể được áp dụng.

Hoạt động đánh giá phải bắt đầu từ các nguyên nhân gốc rễ gần có liên quan, tức là các nguyên nhân trực tiếp, và làm rõ các tác động của chúng lên cell, cell dòng chảy, pin và pin dòng chảy.

Các tác động này có thể dẫn đến hồng học của các thành phần đó, gây ra sự cố của BESS.

Các nguyên nhân hỏng hóc của cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy phải được đánh giá một cách cẩn trọng về khả năng ảnh hưởng đến môi trường, nếu có liên quan.

Đánh giá một cách cẩn trọng được xác định là mức độ cẩn trọng được kỳ vọng một cách hợp lý hoặc được yêu cầu theo quy định pháp luật đối với một nhiệm vụ cụ thể.

Việc đánh giá này được thực hiện thông qua mô tả chi tiết và toàn diện cũng như định lượng các tác động và dạng tổn hại, nhằm giúp bên liên quan có thể lập kế hoạch và thực hiện các biện pháp giảm thiểu cụ thể.

Việc lập kế hoạch các biện pháp phòng ngừa hỏng hóc hoặc các hoạt động giảm thiểu tác động môi trường không nằm trong phạm vi của tiêu chuẩn này, nhưng đó là hệ quả logic cần được cân nhắc.

Để hỗ trợ cho quá trình đánh giá, các nguyên nhân gốc rễ gần chính dẫn đến các hỏng hóc này được liệt kê dưới đây.

6.2.2.2 Suy giảm tính năng

- [Nguyên nhân 1]: Suy giảm của cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy dẫn đến việc không thể cung cấp năng lượng danh định trong điều kiện vận hành danh định của BESS, ví dụ sự bất hoạt hoặc phân hủy của vật liệu hoạt tính, tăng điện trở trong, tắc nghẽn trong các mạch chất lỏng lưu trữ năng lượng.
- [Nguyên nhân 2]: Suy giảm của cell, cell dòng chảy, pin hoặc pin dòng chảy dẫn đến việc không thể tiếp nhận năng lượng danh định trong điều kiện vận hành danh định của BESS, ví dụ như tăng điện trở trong, hình thành các lớp cản trở, nứt vỡ trong lớp gốm điện phân rắn.

6.2.2.3 Suy giảm hệ thống

- [Nguyên nhân 3]: Mất toàn vẹn kết cấu:
 - [Nguyên nhân 3a]: Mất toàn vẹn kết cấu của cell hoặc pin, ví dụ hỏng mối hàn giữa vỏ và nắp cell, rò rỉ các lớp cách ly chất lỏng hoặc khí, ăn mòn các cực dòng điện.
 - [Nguyên nhân 3b]: Mất toàn vẹn kết cấu của cell dòng chảy hoặc pin dòng chảy, ví dụ vỡ hệ thống dẫn điện phân, sụp đổ cấu trúc lắp ráp của cell dòng chảy, mất khả năng kiểm soát mức chất lỏng, thoát khí gây rối từ khoang không phía trên của bể chứa điện phân.
- [Nguyên nhân 4]: Mất toàn vẹn hệ thống của hệ thống pin, ví dụ sập giá đỡ hoặc tủ chứa, suy giảm độ bền điện môi của các cụm lắp ráp, thiếu bảo trì và sửa chữa định kỳ, hoặc rò rỉ chất lỏng, hơi hoặc khí một cách ngẫu nhiên.

6.2.2.4 Suy giảm hệ thống con

- [Nguyên nhân 5]: Hỏng các thành phần phụ trợ của hệ thống pin, ví dụ như hệ thống quản lý pin (BMS), van an toàn, thiết bị giám sát khí, bơm, chỉ thị mức, bộ gia nhiệt.

6.2.2.5 Suy giảm hệ thống điều khiển

- [Nguyên nhân 6]: Hỏng hệ thống kiểm soát môi trường của pin hoặc pin dòng chảy, ví dụ mất chức năng sưởi, thông gió và điều hòa không khí (HVAC), trao đổi không khí bị cản trở, mất nguồn cấp chất lỏng sưởi hoặc làm mát.
- [Nguyên nhân 7]: Mất toàn vẹn về điện của pin hoặc pin dòng chảy, ví dụ cáp điện bị hỏng, tín hiệu điều khiển bị suy giảm, cầu chảy không hoạt động hoặc bị đứt, đánh thủng cách điện.
- [Nguyên nhân 8]: Hỏng hệ thống điều khiển và quản lý năng lượng của pin hoặc pin dòng chảy, ví dụ mất thông tin trạng thái sạc (SOC), mất kết nối dữ liệu đến và đi từ pin, mất tệp dữ liệu quản lý pin.
- [Nguyên nhân 9]: Hỏng các hệ thống phụ trợ của pin hoặc pin dòng chảy, ví dụ vi phạm kiểm soát truy cập, hệ thống phòng cháy chữa cháy không hoạt động, mất giám sát từ xa tại các địa điểm lắp đặt.

6.2.2.6 Suy giảm điều kiện môi trường

- [Nguyên nhân 10]: Tác động môi trường đối với pin hoặc pin dòng chảy, ví dụ tải trọng gió quá mức, ngập lụt tại khu vực lắp đặt BESS, sét đánh, chuyển động địa chất (sụt lún, động đất), hiện tượng sinh học (như động vật xâm nhập, nấm mốc, côn trùng, v.v.).

6.2.3 Tác động môi trường khi tháo và thải bỏ pin hỏng

Việc thải bỏ và tháo dỡ các pin hoặc pin dòng chảy hỏng trong BESS đòi hỏi sự chú ý đặc biệt để tránh làm gia tăng nguy cơ gây ra các tác động môi trường mới hoặc bổ sung.

Tất cả các pin đều chứa các vật liệu nguy hại, do đó cần được xem xét cẩn trọng khi tháo dỡ pin hoặc pin dòng chảy hỏng và các thành phần của nó được chuẩn bị cho việc thải bỏ hoặc tái chế.

Trong khi các pin sử dụng cell C-B đã có quy trình tháo dỡ, thải bỏ và tái chế an toàn được thiết lập rõ ràng, thì các thiết kế cell mới hơn, ví dụ như loại C-A, hiện vẫn chưa có các phương pháp đủ mạnh và được kiểm chứng tương tự.

Do đó, khuyến nghị các đơn vị vận hành hệ thống BESS cần thường xuyên cập nhật các phương pháp cần thiết liên quan đến việc tháo dỡ và xử lý pin, đồng thời tích hợp chúng vào hướng dẫn vận hành tại chỗ. Các quy định địa phương có thể được áp dụng.

Các MSDS và SDS có thể cung cấp hướng dẫn phù hợp cho các hoạt động này.

6.3 Báo cáo đánh giá

Tùy thuộc vào vị trí hiện tại hoặc vị trí dự kiến lắp đặt hệ thống BESS, báo cáo đánh giá cần được điều chỉnh phù hợp với các quy định pháp lý địa phương áp dụng đối với vấn đề này.

Một ví dụ về báo cáo đánh giá được trình bày dưới đây trong Bảng 2.

Trong trường hợp định dạng, bố cục và mức độ chi tiết dữ liệu theo yêu cầu của bên nhận đánh giá không có sẵn, báo cáo đánh giá cần cung cấp các nội dung sau:

- 1) mô tả về pin hoặc pin dòng chảy và loại ký hiệu (C-A đến C-Z);
- 2) dung lượng pin danh định được biểu thị bằng ampe-giờ và thời gian xả kết hợp tính bằng giờ, tức là oát giờ của năng lượng;
- 3) tổng khối lượng của các cell đã lắp đặt của pin hoặc tổng thể tích của chất điện phân của pin dòng chảy;
- 4) tên và địa chỉ của nhà chế tạo hoặc nhà cung cấp cell hoặc pin dòng chảy;
- 5) địa chỉ của địa điểm nơi BESS sẽ được lắp đặt hoặc đã được lắp đặt;
- 6) danh mục các nguyên nhân gốc rễ gần riêng lẻ theo 6.2.1, nếu có liên quan, dẫn đến hỏng hóc của cell, pin, cell dòng chảy hoặc pin dòng chảy;
- 7) mô tả tác động của nguyên nhân gốc rễ đến cell, pin, cell dòng chảy hoặc pin dòng chảy đang được xem xét và gây ra hỏng hóc của chúng;
- 8) mô tả tác động tiêu cực đã được xác định đến môi trường do hỏng hóc của cell, pin, cell dòng chảy hoặc pin dòng chảy đang được xem xét;
- 9) bất kỳ giá trị định lượng nào, nếu có, về mức độ thiệt hại đều hữu ích cho việc hoạch định giảm thiểu tác động môi trường sau này;
- 10) bất kỳ MSDS và SDS nào liên quan đến hệ thống pin đang được xem xét;
- 11) ngày tháng, tên và địa chỉ của đơn vị đánh giá.

**Bảng 2 – Mẫu mô tả các hỏng hóc
của một loại pin cụ thể và các tác động môi trường phát sinh**

Mô tả sự cố và tác động môi trường				
Nguyên nhân	Nguyên nhân gốc rễ trực tiếp	Tác động đến cell-pin Cell dòng chảy Pin dòng chảy	Tác động tiêu cực đến môi trường đã được xác định	Mức độ thiệt hại về định lượng (nếu có)
3a	Hỏng mối hàn vỏ cell	Rò rỉ chất điện phân	Phóng hồ quang do chập đất Cháy Nguy hiểm do điện giật khi điện áp một chiều > 30 V	Phát thải tương đương 110 mg HF trên mỗi cell hỏng Ngưỡng IDLH của HF: 30 ppm Giá trị nhiệt cháy: 16 MJ/kg khối lượng cell
5	Mất chức năng của BMS	Hiện tượng toả nhiệt xảy ra trong chuỗi cell trong thời gian 48 h	Cháy Hơi phân hủy điện phân độc hại Nước chữa cháy bị nhiễm các chất có liên quan	Phát thải tương đương 110 mg HF trên mỗi cell hỏng Ngưỡng IDLH của HF: 30 ppm Giá trị nhiệt cháy: 16 MJ/kg khối lượng cell Các chất rắn hòa tan trong nước: LiPF ₆ : 12 g/cell NaPO ₄ : 4 g/cell LiPO ₄ : 55 g/cell LiOH: 2 g/cell

Một đánh giá toàn diện về tác động môi trường do sự cố của hệ thống pin có thể dẫn đến việc tạo ra các tài liệu gồm thông tin nhạy cảm. Thông tin liên quan cần được người đánh giá phân loại thích hợp và được bên nhận xử lý theo đúng thỏa thuận đã thống nhất.

Phụ lục A

(tham khảo)

**Tóm tắt các đặc tính điển hình của các hệ thống lưu trữ năng lượng điện hóa
thương mại dùng trong các hệ thống lắp đặt BESS**

Dữ liệu được trình bày trong Bảng A.1 cung cấp thông tin tổng quát về các đặc tính điển hình chính của các pin phổ biến được sử dụng trong các hệ thống lắp đặt BESS. Các hệ thống điện hóa khác hoặc các biến thể thiết kế cũng tồn tại và có thể ít thường xuyên được sử dụng hoặc hoạch định trong các hệ thống lắp đặt này.

Các giá trị được trình bày nhằm cung cấp cho các nhà quy hoạch và người sử dụng hệ thống các thông tin tóm tắt và có thể so sánh về các khía cạnh và đặc trưng có liên quan khi họ xem xét đánh giá tác động môi trường của hồng học hệ thống lưu trữ điện hóa, tức là pin hoặc pin dòng chảy của BESS.

Các dữ liệu này không nhằm thay thế các giá trị liên quan mà nhà tích hợp hệ thống và nhà chế tạo pin của hệ thống pin thực tế sẽ sử dụng cho pin thực tế trong hệ thống lắp đặt BESS liên quan.

Dữ liệu được trình bày có thể thay đổi khi công nghệ pin và các tiêu chuẩn liên quan phát triển.

Bảng A.1 – Danh sách tóm tắt các đặc tính điển hình của các hệ thống lưu trữ năng lượng điện hóa thương mại dùng trong các hệ thống lắp đặt BESS

Đặc tính	Pin axit-chì	Pin lithium-ion	Pin niken hydrua kim loại	Pin dòng chảy oxy hóa-khử	Pin natri-lưu huỳnh	Pin natri-niken clorua
Ký hiệu loại	C-B	C-A	C-B	C-D	C-C	C-C
Loại phản ứng và chất hoạt động điện hóa	$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2PbSO_4 + 2H_2O$	$Li_{1-x}Ni_xCo_yMn_zO_2 + Li_xC_6 \rightleftharpoons LiNi_xCo_yMn_zO_2 + C_6$ hoặc $Li^+ + FePO_4 + LiC_6 \rightleftharpoons LiFePO_4 + C_6 + Li^+$	$2NiOOH + H_2M (M = LaCeTiNi) \rightleftharpoons 2Ni(OH)_2 + M$	$VO_2^+ + V^{2+} + 2H^+ \rightleftharpoons VO^{2+} + V^{3+} + H_2O$	$2Na + xS \rightleftharpoons Na_2S_x$	$2NaCl + Ni \rightleftharpoons 2Na + NiCl_2$
Phản ứng điện hóa thứ cấp	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	Không có	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	Không có	Không có
Thiết kế cell cho ứng dụng BESS	Cell hình lăng trụ, thiết kế VRLA	Cell hình trụ, quấn xoắn ốc, hình lăng trụ, dạng xếp lớp hoặc cuộn	Cell hình trụ, quấn xoắn ốc	Cell dòng chảy lưỡng cực dạng khối xếp	Cell hình trụ	Cell hình lăng trụ
Điện áp danh nghĩa mỗi cell	2,0 V	LiMn ₂ O ₄ : 3,8 V; LiNi _x Co _y Mn _z O ₂ : 3,7 V; LiFePO ₄ : 3,2 V	1,2 V	1,00 V đến 1,55 V	2,075 V	2,6 V
Dung lượng BESS điển hình	100 Ah đến 1.500 Ah	3 Ah đến 100 Ah	2 Ah đến 12 Ah	Phụ thuộc thể tích chất lỏng lưu trữ năng lượng	= 725 Ah	= 38 Ah
Nhiệt độ hoạt động của cell trong BESS	25 °C đến 40 °C	25 °C đến 35 °C	25 °C đến 40 °C	10 °C đến 50 °C	300 °C đến 360 °C	265 °C đến 330 °C

Bảng A.1 (tiếp theo)

Đặc tính	Pin axit-chì	Pin Lithium-ion	Pin Niken Hydrua kim loại	Pin dòng chảy oxy hóa-khử	Pin Natri-Lưu huỳnh	Pin Natri-Niken Clorua
Ký hiệu loại	C-B	C-A	C-B	C-D	C-C	C-C
chất điện phân và các thành phần phụ khác	H ₂ SO ₄ 40 % (w/w) trong H ₂ O	Etylen cacbonat (EC) Dimetyl cacbonat (DMC) Dietyl cacbonat (DEC) LiClO ₄ , LiPF ₆	KOH 28% w/w trong H ₂ O, LiOH, NaOH	Vanadium clorua và sulfat trong H ₂ O, H ₂ SO ₄ 25 % w/w, HCl 10 % w/w	β-Al ₂ O ₃ rắn, Na nóng chảy, S nóng chảy	β-Al ₂ O ₃ rắn, NaAlCl ₄ nóng chảy (dung dịch chất điện phân ở cực dương)
Trọng lượng trên mỗi Ah ở tốc độ xả 5 h của một cell đơn loại BESS cơ bản	≈ 82 g.Ah ⁻¹	NMC/NCA ≈ 14 g.Ah ⁻¹ đến ≈ 16 g.Ah ⁻¹ , LFP ≈ 30 g.Ah ⁻¹	≈ 20 g.Ah ⁻¹	≈ 25 g đến 40 g chất lỏng nặng lượng mỗi Ah	≈ 7,3 g.Ah ⁻¹	≈ 18 g.Ah ⁻¹
Lượng chất điện phân trên mỗi Ah và mỗi cell	≈ 15 g.Ah ⁻¹	≈ 2 g.Ah ⁻¹ đến ≈ 5 g.Ah ⁻¹	≈ 3 g.Ah ⁻¹ ≈ 5 g.Ah ⁻¹	Không áp dụng	≈ 0,76 g.Ah ⁻¹	≈ 3,2 g.Ah ⁻¹
Trạng thái của chất điện phân	Chất lỏng được hấp thụ, bất động	Chất lỏng được hấp thụ, bất động	Chất lỏng được hấp thụ, bất động	Lỏng	Rắn	Rắn
Thành phần dễ cháy	H ₂	Chất điện phân hữu cơ	H ₂	Ma trộn carbon-nhựa	Na kim loại và lưu huỳnh nguyên tố	Na kim loại
Vật liệu bộ thu dòng	Pb và hợp kim Pb	Al và Cu	Thép mạ Niken	Sợi carbon, sợi graphite, composite carbon-nhựa	Nhôm, sợi carbon	Ni, sợi carbon
Màng ngăn cách	Thảm sợi thủy tinh AGM	PE – PP	PP – Polyamide	Màng trao đổi ion	Tích hợp trong chất điện phân rắn	Tích hợp trong chất điện phân rắn

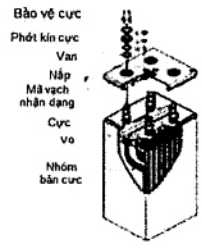
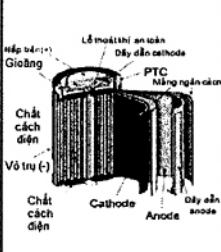
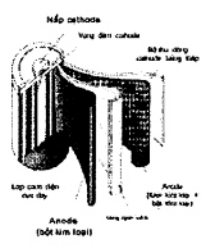
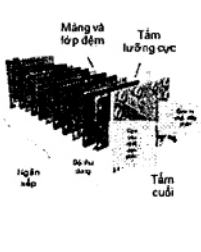
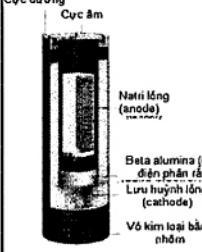
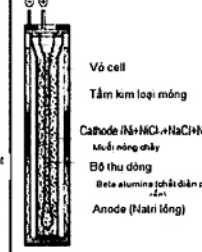
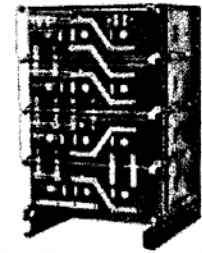
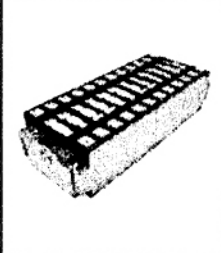

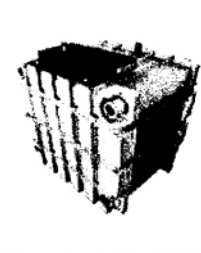
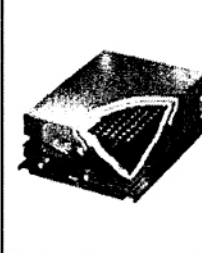
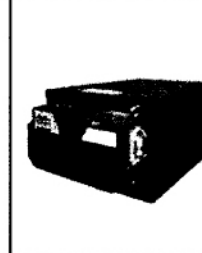
Bảng A.1 (tiếp theo)

Đặc tính	Pin axit-chì	Pin Lithium-ion	Pin Niken Hydrua kim loại	Pin dòng chảy oxy hóa-khử	Pin Natri-Lưu huỳnh	Pin Natri-Niken Clorua
Ký hiệu loại	C-B	C-A	C-B	C-D	C-C	C-C
Phát thải khí trong quá trình vận hành	H ₂	Không	Không Khí H ₂ khi áp suất bên trong quá cao	H ₂	Không	Không
Van an toàn quá áp	Có – có thể đóng lại được	Có – đĩa vỡ có rãnh (loại trừ cell túi)	Có – có thể đóng lại được	Có – có thể đóng lại được	Không	Không
Áp suất hoạt động bên trong	< 200 hPa	< 200 hPa (cell túi) < 30 000 hPa (cell hình trụ)	< 600 hPa	< 2 000 hPa	Không	Không
Phương pháp phát hiện trạng thái sạc (SoC)	I-V-thời gian- Σ Ah	V-thời gian	V-thời gian	Cell tham chiếu	Σ Ah-điện áp	Σ Ah-OCV
Phương pháp sạc	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CP	CC-CV
Độ nhạy với sạc quá mức và hậu quả	Có Phát thải H ₂ Hiện tượng thoát nhiệt mất kiểm soát	Có Mạ lithium Hiện tượng thoát nhiệt mất kiểm soát Cháy chất điện phân	Có Cell quá nhiệt Phát thải O ₂ Phản ứng nhiệt	Có Phát thải H ₂ Phát thải CO ₂	Có Vỡ tấm chắn chất điện phân β -Al ₂ O ₃	Có khí OCF > 1,5 cell Quá nhiệt
Độ nhạy với xả quá mức và hậu quả	Có Ngắn mạch nội bộ	Có Đoản mạch nội bộ Hiện tượng thoát nhiệt mất kiểm soát Cháy	Có Phát thải H ₂ Áp suất bên trong cao	Có Suy giảm cell không thể phục hồi	Có Vỡ tấm chắn chất điện phân β -Al ₂ O ₃	Có Suy giảm cell không thể phục hồi
Vật liệu vỏ cell đơn hoặc cell dòng chảy	ABS, PP, PVC, PSU	Thép mạ niken, nhôm, màng cell túi	Thép mạ niken	PE, PP, PVC, EPDM	Nhôm	Thép mạ niken
Miếng đệm giữa vỏ và nắp	Keo dán, Ép nóng	Hàn ép, hàn TIG, Hàn laser	Hàn ép	Gioăng EPDM Hàn PE/PP	Hàn TIG	Hàn laser
Phân loại khả năng cháy của vỏ cell và nắp	HB(x) đến V-0	Chỉ dùng màng cell túi HB(x) đến V-0	Không áp dụng	Không áp dụng	Không áp dụng	Không áp dụng

Bảng A.1 (iếp theo)

Đặc tính	Pin axit-chì	Pin Lithium-ion	Pin Niken Hydrua kim loại	Pin dòng chảy oxy hóa-khử	Pin Natri-Lưu huỳnh	Pin Natri-Niken Clorua
Ký hiệu loại	C-B	C-A	C-B	C-D	C-C	C-C
Phân loại khả năng cháy của cell dòng chảy	Không áp dụng	Không áp dụng	Không áp dụng	HB(x) đến V-0	Không áp dụng	Không áp dụng
Dải điện hình của điện trở trong tính bằng mΩ của một cell đơn hoặc cell dòng chảy loại BESS	0,1 mΩ – 1,0 mΩ	0,5 mΩ – 1,5 mΩ	20 mΩ – 100 mΩ	0,1 mΩ – 1,0 mΩ	≈ 1,5 mΩ	5,0 – 15,0 mΩ
Dải điện hình của dòng điện ngắn mạch tức thời tính bằng A của một cell đơn hoặc cell dòng chảy loại BESS	2 000 A – 15 000 A	Tối đa 5 000 A mỗi cell	70 A	Tối đa 5 000 A mỗi cell	≈ 2 000 A	≈ 250 A mỗi cell
Nhu cầu thiết yếu về hệ thống quản lý pin ở cấp độ cell hoặc môđun	Không	Có	Có	Không	Có	Có
Nhu cầu thiết yếu về quản lý nhiệt	Không	Có	Có	Có	Có	Có
Tiêu chuẩn hiệu suất của cell hoặc cell dòng chảy	IEC 60896-21 IEC 60896-22	IEC 62620	IEC 62675 IEC 63115-1	IEC 62932-1 IEC 62932-2-1	IEC 62984-1 IEC 62984-3	IEC 62984-1 IEC 62984-3
Tiêu chuẩn an toàn lắp đặt pin có liên quan	IEC 62485-2 IEC 62485-3	IEC 62485-5 IEC 62619 IEC 63056	IEC 63115-2	IEC 62932-2	IEC 62984-2	IEC 62984-2
Tiêu chuẩn nhiệm vụ BESS có liên quan	IEC 61427-1 IEC 61427-2	IEC 61427-2	IEC 61427-1 IEC 61427-2	Không áp dụng	Không áp dụng	IEC 62933 series

Bảng A.1 (kết thúc)

Đặc tính	Pin axit-chì	Pin Lithium-ion	Pin Niken Hydra kim loại	Pin dòng chảy oxy hóa-khử	Pin Natri-Lưu huỳnh	Pin Natri-Niken Clorua
Ký hiệu loại	C-B	C-A	C-B	C-D	C-C	C-C
<p>Vi dụ về thiết kế một cell đơn</p>	<p>Bảo vệ cực Phốt kim cực Van Nắp Màng vách ngăn dạng Cực vò Nhóm bản cực</p> 	<p>Lớp bảo vệ Giống Lớp mạ chì an toàn Dây dẫn cathode PTC Năng ngăn cách Cathode Anode Dây dẫn anode Chất cách điện Vỏ trụ (-)</p> 	<p>Nắp cathode Vàng điện cathode Bộ thu dòng cathode Lớp cách điện Anode (bột kim loại) Vàng điện anode Bộ thu dòng anode Lớp cách điện</p> 	<p>Màng và lớp đệm Tấm lưỡng cực Ngăn nắp Bộ thu dòng Tấm cuối</p> 	<p>Cực dương Cực âm Natri lỏng (anode) Beta alumina (chất điện phân rắn) Lưu huỳnh lỏng (cathode) Vỏ kim loại bằng nhôm</p> 	<p>Vỏ cell Tấm kim loại mỏng Cathode $\text{Ni} + \text{NiCl}_2 + \text{NaCl} + \text{NaOH}$ Màng ngăn chảy Bộ thu dòng Beta alumina (chất điện phân rắn) Anode (Natri lỏng)</p> 
<p>Vi dụ về thiết kế một module pin</p>						

Phụ lục B

(tham khảo)

Các tác động môi trường tiềm ẩn liên quan đến loại pin trong BESS

B.1 Quy định chung

Pin và pin dòng chảy chứa các kim loại và vật liệu có tính phản ứng, bên cạnh các hiệu ứng điện gây rối, là những yếu tố then chốt và nguyên nhân chính dẫn đến tác động đến môi trường khi cell, pin, cell dòng chảy hoặc pin dòng chảy trong hệ thống BESS gặp sự cố.

Các bảng chỉ dẫn an toàn vật liệu (MSDS) và bảng dữ liệu an toàn (SDS) do nhà chế tạo pin cung cấp có thể cung cấp thêm thông tin về các vật liệu được sử dụng trong pin cũng như các biện pháp an toàn liên quan cần áp dụng.

TCVN 14499-5-2 (IEC 62933-5-2) đưa ra hướng dẫn về các yêu cầu an toàn đối với hệ thống lưu trữ năng lượng điện hóa.

Các sự kiện hỏng hóc được mô tả đối với các loại cell từ C-A đến C-Z trong Điều B.2 đến Điều B.6 có tính chất tổng quát.

Mô tả chi tiết hơn về các tác động môi trường sẽ được xác định rõ hơn khi tuân thủ các yêu cầu tại 6.2.

B.2 Cell sử dụng chất điện phân dạng không chứa nước – Loại C-A

Tác động chính từ các hỏng hóc của loại cell này thường đến từ việc phát tán các vật liệu độc hại và dễ cháy dưới dạng lỏng hoặc khí, cũng như nguy cơ cháy và nổ phát sinh do quá trình cháy hoặc bùng cháy nhanh.

Các khí và hơi thoát ra điển hình từ loại pin này có thể bao gồm carbon monoxit (CO), carbon dioxit (CO₂), hydro (H₂), hydro florua (HF) và nhiều hợp chất hydrocacbon khác nhau. Nếu xảy ra cháy, các loại khí bổ sung, sol khí, hơi và bụi mịn lơ lửng có thể được giải phóng từ pin cũng như từ các linh kiện và vật liệu khác trong BESS.

B.3 Cell sử dụng chất điện phân dạng nước – Loại C-B

Tác động chính từ các sự cố của loại cell này chủ yếu đến từ sự rò rỉ chất điện phân, kéo theo hiện tượng ăn mòn các thành phần phụ trợ của pin, dòng rò chạm đất tiềm ẩn, phóng hồ quang, cũng như tiếp xúc với dung dịch axit sunfuric (H₂SO₄) hoặc kali hydroxit (KOH).

Hiện tượng thoát nhiệt không kiểm soát có thể xảy ra trong các cell ắc quy chì axit loại VRLA nếu gặp ngắn mạch nội bộ, nhiệt độ môi trường vượt mức cho phép hoặc hỏng hóc trong hệ thống sạc pin.

Trong các điều kiện vận hành bất thường, cell có thể phát thải lượng hydro (H₂) quá mức, làm quá tải khả năng thông gió đã được thiết kế của hệ thống dẫn đến nguy cơ nổ khí.

B.4 Cell sử dụng chất điện phân rắn và làm việc ở nhiệt độ trên 250 °C – Loại C-C

Tác động chính từ các hỏng hóc của loại cell này chủ yếu xuất phát từ việc mất tính toàn vẹn kết cấu và sự khởi phát các phản ứng hóa học thứ cấp khi vật liệu hoạt tính tiếp xúc với không khí, ẩm hoặc nước lỏng.

Những tác động này có thể xảy ra khi cell và các mối hàn bị hỏng về mặt cơ khí, ví dụ như bị ép vỡ do sụp đổ của BESS hoặc kết cấu tòa nhà. Với cell trong phiên bản Na-S, các phản ứng hóa học tỏa nhiệt, cháy hóa học và sự phát sinh các khí độc, dễ cháy như hydro sulfua (H_2S), sulfur dioxide (SO_2) và hydro (H_2) có thể xảy ra khi natri (Na), lưu huỳnh (S) hoặc các hợp chất natri polysulfide (NaS_x) bị rò rỉ và phản ứng với không khí hoặc nước. Các cell trong phiên bản Na- $NiCl_2$ chứa natri (Na) là vật liệu phản ứng chính, có thể gây ra cháy hóa học và phát sinh khí hydro (H_2) dễ cháy khi tiếp xúc với không khí và nước.

B.5 Cell sử dụng chất điện phân dạng nước tuần hoàn hoặc cell dòng chảy – Loại C-D

Tác động chính từ hỏng hóc của loại cell này chủ yếu đến từ việc mất khả năng chứa các thể tích lớn điện phân và vật liệu hoạt tính ở dạng dung dịch.

Tùy thuộc vào công nghệ pin dòng chảy cụ thể, các hệ thống này cũng có thể phát sinh khí hydro (H_2) dễ cháy và các khí độc hại như clo (Cl_2) hoặc brom (Br_2) trong các sự kiện bất thường.

Loại pin này vận hành với lượng lớn điện phân ($>> 1 m^3$) có tính ăn mòn, axit và độc hại, với thành phần hóa học thay đổi tùy thuộc vào công nghệ pin dòng chảy được sử dụng. Việc rò rỉ các chất điện phân này có thể dẫn đến sự phát tán với quy mô lớn ra môi trường nếu hệ thống ngăn tràn và thu gom không đủ năng lực kiểm soát.

B.6 Cell sử dụng cặp điện hóa, chất điện phân hoặc khái niệm lưu trữ năng lượng bất kỳ nào khác hoặc sự kết hợp của chúng – Loại C-Z

Tác động chính từ hỏng hóc của loại cell này sẽ phụ thuộc vào tổ hợp cụ thể giữa cặp điện hóa, chất điện phân, thiết kế cell và khái niệm lưu trữ năng lượng được sử dụng, và phải được đánh giá theo từng trường hợp cụ thể.

B.7 Tác động môi trường khi tháo dỡ và thải bỏ pin hỏng

Việc tháo dỡ và thải bỏ các pin hoặc pin dòng chảy hỏng trong BESS đòi hỏi sự chú ý đặc biệt nhằm tránh làm phát sinh thêm các thiệt hại môi trường mới hoặc bổ sung.

Tất cả các loại pin đều chứa vật liệu nguy hại, đòi hỏi phải được xem xét kỹ lưỡng khi tháo dỡ pin hoặc pin dòng chảy hỏng và các thành phần của chúng được chuẩn bị để thải bỏ hoặc tái chế.

Trong khi các loại pin sử dụng cell C-B đã có quy trình tháo dỡ, thải bỏ và tái chế an toàn được thiết lập rõ ràng, thì các thiết kế cell mới hơn, ví dụ như loại C-A, vẫn còn thiếu các phương pháp tương ứng có tính hệ thống và đã được kiểm chứng.

Do đó, khuyến nghị các đơn vị vận hành BESS cần cập nhật thường xuyên các phương pháp cần thiết liên quan đến việc tháo dỡ, thải bỏ pin, đồng thời đưa các phương pháp này vào hướng dẫn vận hành tại chỗ. Các quy định địa phương có thể được áp dụng.

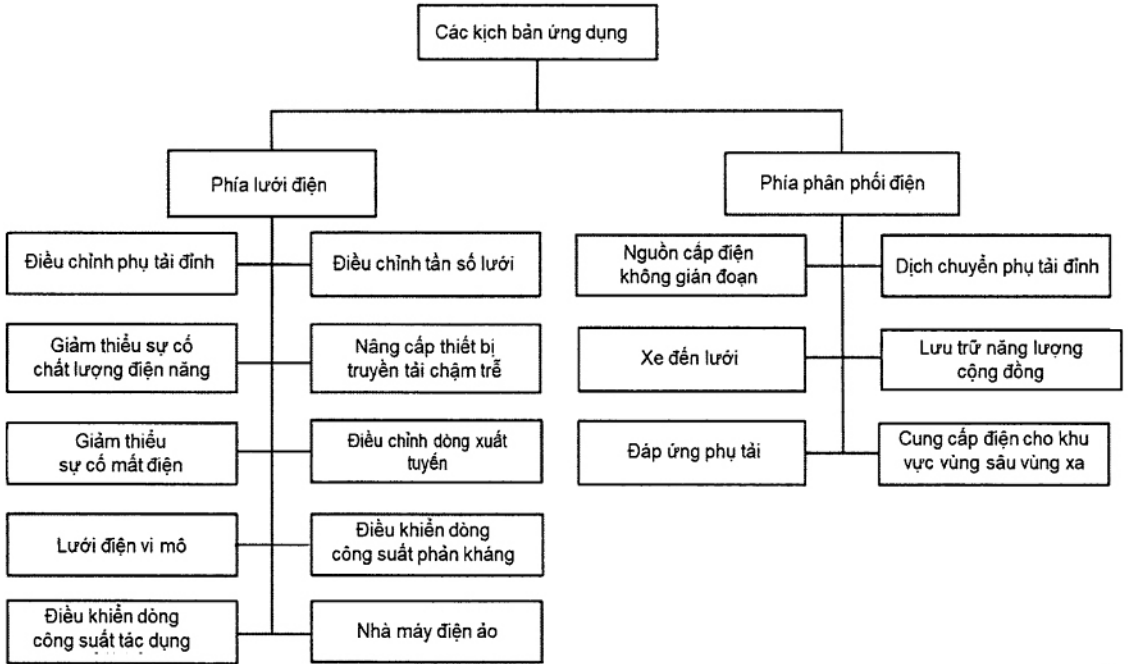
Các MSDS và SDS có thể cung cấp hướng dẫn quan trọng cho các hoạt động này.

Phụ lục C

(tham khảo)

Các kịch bản ứng dụng BESS

BESS đang trở thành một phần thiết yếu trong việc quản lý năng lượng trong các hệ thống phát điện, phân phối và tiêu thụ điện. Các kịch bản được lựa chọn để áp dụng BESS được thể hiện trên Hình C.1.



IEC

Hình C.1 – Các kịch bản ứng dụng BESS

Phụ lục D

(tham khảo)

Mô tả về các pin được sử dụng trong BESS

D.1 Quy định chung

Các thành phần chính và có liên quan đến hệ thống của các cell, pin, cell dòng chảy và pin dòng chảy được mô tả đối với loại cell từ C-A đến C-Z trong các điều từ Điều D.2 đến Điều D.6, với trọng tâm là làm rõ các đặc trưng có thể chi phối các tác động hồng học cụ thể.

Trong Bảng A.1 của Phụ lục A, các đặc tính điển hình khác của các loại pin thương mại dùng cho hệ thống lắp đặt BESS cũng được liệt kê nhằm cung cấp một cái nhìn tổng hợp và có thể so sánh về các khía cạnh và đặc trưng có liên quan trong quá trình đánh giá tác động của các hồng học. Một số kịch bản ứng dụng BESS được liệt kê trên Hình C.1 của Phụ lục C.

Các mô tả này chỉ mang tính chất cung cấp thông tin và sẽ tiếp tục được cập nhật khi các thiết kế, kết cấu, vật liệu, linh kiện và phương pháp giám sát mới của cell và cell dòng chảy được áp dụng.

Tổ chức thực hiện đánh giá tác động môi trường cần đảm bảo rằng công nghệ và thiết kế của các loại cell, pin, cell dòng chảy và pin dòng chảy liên quan đã được hiểu rõ và có tài liệu đầy đủ và được xem xét khi đánh giá hậu quả của hồng học.

D.2 Cell sử dụng chất điện phân không chứa nước – Loại C-A

Các cell này đặc trưng bởi việc sử dụng chất điện phân không chứa nước cũng như không chứa các nguồn proton phản ứng, nhằm tránh các phản ứng hóa học thứ cấp và không thể đảo ngược.

Cell lithium-ion là đại diện tiêu biểu của phương pháp lưu trữ năng lượng điện hóa loại này. Lithium tồn tại dưới dạng oxit kim loại hỗn hợp hoặc phosphate kim loại, được xen kẽ trong than chì và tồn tại dưới dạng ion trong chất điện phân hữu cơ thường là ethylene carbonate và/hoặc dimethyl carbonate.

Các cell có điện áp danh nghĩa từ 3,2 V đến 3,8 V mỗi cell và vận hành ở nhiệt độ phòng. Chúng thường được phân loại theo thành phần vật liệu hoạt tính, ví dụ các cell LFP, LTO, NCA và NMC.

Để vận hành an toàn các cell này đòi hỏi phải giám sát và điều khiển trạng thái sạc (SOC) và trạng thái sức khỏe (SOH) thông qua hệ thống quản lý pin (BMS).

Ngoài các chức năng khác như truyền thông dữ liệu, BMS còn đảm nhiệm vai trò ngăn chặn các điều kiện không ổn định trong cell mà có thể dẫn đến nhiệt độ bên trong quá mức, hiện tượng thoát nhiệt không kiểm soát, phân hủy điện phân và thoát hơi.

Việc thoát hơi này có thể gây cháy bên trong pin và trong BESS.

IEC 62485-5 và IEC 62619 cung cấp hướng dẫn cho việc lắp đặt và vận hành an toàn các loại pin này.

D.3 Cell sử dụng chất điện phân có chứa nước – Loại C-B

Các cell này được đặc trưng bởi việc sử dụng điện phân có chứa nước có tính axit hoặc kiềm.

Cell chì axit được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống lưu trữ năng lượng truyền thống. Chì tồn tại dưới dạng chì kim loại và điôxit chì, kết hợp với điện phân là dung dịch nước chứa đến 40 % axit sunfuric.

Các cell này có điện áp danh nghĩa là 2 V và hoạt động ở nhiệt độ phòng. Thiết kế cell phổ biến là loại ắc quy chì axit có van điều chỉnh (VRLA) với chất điện phân ở trạng thái bất động và có chu trình tái kết hợp khí oxy nội bộ.

Việc vận hành an toàn của các cell đòi hỏi phải loại bỏ khí hydro phát ra từ các cell thông qua hệ thống thông gió, đồng thời có các biện pháp bảo vệ thích hợp chống lại hiện tượng chạm đất và hồ quang điện.

IEC 62485-2 cung cấp hướng dẫn cho việc vận hành an toàn các hệ thống sử dụng loại pin này.

Cell nickel-kim loại hydrua hoặc NiMH được sử dụng dưới dạng tổ hợp trung gian gồm nhiều cell đơn hình trụ hoặc môđun.

Vật liệu hoạt tính là hydro và hợp chất gốc niken, trong đó hydro được lưu trữ trong một hợp kim chứa kim loại đất hiếm. Chất điện phân là dung dịch nước chứa đến 30 % hydroxit kali và hydroxit lithium.

Các cell có điện áp danh nghĩa là 1,2 V và hoạt động ở nhiệt độ phòng. Kiểu thiết kế cell phổ biến là dạng hình trụ, cuộn xoắn ốc trong vỏ thép và sử dụng chất điện phân ở trạng thái bất động. Các cell này hoạt động trong điều kiện hoàn toàn kín và được trang bị màng an toàn. Không có khí thải ra trong điều kiện vận hành bình thường.

Để vận hành an toàn, cần loại bỏ hiệu quả lượng nhiệt sinh ra trong quá trình sạc nhằm ngăn chặn hiện tượng quá nhiệt dẫn đến hiện tượng thoát nhiệt không kiểm soát.

IEC 63115-2 cung cấp hướng dẫn vận hành an toàn cho các hệ thống sử dụng loại pin này.

D.4 Cell sử dụng điện phân rắn và vận hành ở nhiệt độ trên 250 °C – Loại C-C

Các cell này được đặc trưng bởi việc sử dụng chất điện phân dưới dạng khối gồm làm từ β -alumina dẫn ion natri, yêu cầu phải vận hành ở nhiệt độ cao để đạt được điện trở trong thấp.

Hiện tại có hai thiết kế cell đang được sử dụng trong các hệ thống lưu trữ năng lượng, một dựa trên cặp điện hóa natri-lưu huỳnh và một dựa trên cặp điện hóa natri-niken clorua. Chất điện phân trong cả hai loại đều là khối gồm làm từ β -alumina dẫn ion natri.

Cell natri-lưu huỳnh được sử dụng dưới dạng cell hình trụ, đầu nối nối tiếp và song song, lắp đặt trong các thùng cách nhiệt có tích hợp bộ gia nhiệt điện trở và cơ cấu điều khiển đi kèm.

Các cell này có điện áp danh nghĩa 2,1 V, chứa các khối vật liệu hoạt tính là natri Nava và natri polysulfide, và làm việc trong dải nhiệt độ từ 300 °C đến 360 °C.

Cell được làm việc trong điều kiện kín hoàn toàn, không phát thải ra khí quyển.

Việc vận hành an toàn của cell này đòi hỏi biện pháp ngăn ngừa xóc cơ và sốc nhiệt, nhằm bảo đảm tính toàn vẹn kết cấu của chất điện phân gốm.

IEC 62984-2 cung cấp hướng dẫn cho việc vận hành an toàn các hệ thống sử dụng loại pin này.

Cell natri-niken clorua là một biến thể khác của cell nhiệt độ cao sử dụng chất điện phân β -alumina dẫn ion natri, nhưng làm việc ở nhiệt độ thấp hơn, trong khoảng từ 265 °C đến 330 °C.

Các cell dạng hình khối, có điện áp danh nghĩa 2,6 V, sử dụng các vật liệu hoạt tính gồm natri, natri nhôm clorua, niken và niken clorua, được đặt trong các thùng cách nhiệt có tích hợp bộ gia nhiệt điện trở và cơ cấu điều khiển đi kèm.

Các cell này được làm việc trong điều kiện kín hoàn toàn, không phát thải ra khí quyển.

Việc vận hành an toàn của cell này đòi hỏi biện pháp ngăn ngừa xóc cơ và sốc nhiệt, nhằm bảo đảm tính toàn vẹn kết cấu của lớp điện phân gốm.

Việc vận hành an toàn của các cell này đòi hỏi biện pháp phòng ngừa xóc cơ và sốc nhiệt, nhằm bảo đảm tính toàn vẹn kết cấu của chất điện phân gốm.

IEC 62984-2 cung cấp hướng dẫn cho việc vận hành an toàn các hệ thống sử dụng loại pin này.

D.5 Cell sử dụng điện phân dạng nước tuần hoàn hoặc cell dòng chảy – Loại C-D

Các cell này được đặc trưng bởi việc sử dụng lượng chất lỏng rất lớn (trên 1 m³), tuần hoàn qua các ngăn anot và catot của cell dòng chảy và các bồn chứa bên ngoài, được ngăn cách bằng màng. Các chất lỏng này vừa đóng vai trò là điện phân, vừa chứa các chất hoạt động điện hóa ở trạng thái hòa tan.

Cell có điện áp danh nghĩa tối đa khoảng 1,5 V, với ion vanadium (V^{3+}/V^{5+}) ở các trạng thái hóa trị khác nhau là chất hoạt động điện hóa phổ biến nhất hiện nay.

Chất điện phân là dung dịch chứa axit sunfuric hoặc axit hydrochloric nồng độ khoảng 25 %, hoạt động ở nhiệt độ lên đến 50 °C.

Trong quá trình vận hành, khí hydro và các hơi và khí độc hại như brom nguyên tố, clo và axit clohydric có thể được tạo ra trong cell dòng chảy và thoát lên khoảng không phía trên của các bể chứa chất điện phân tương ứng.

Việc vận hành an toàn các cell dòng chảy này đòi hỏi việc ngăn ngừa hiệu quả hiện tượng tràn chất điện phân do sự cố cấu trúc trong mạch tuần hoàn chất lỏng, đồng thời cần kiểm soát việc loại bỏ khí hydro khỏi khoảng không phía trên của các bể lưu trữ.

IEC 62932-2 cung cấp hướng dẫn về vận hành an toàn cho các hệ thống sử dụng loại pin này.

D.6 Cell sử dụng các cặp điện hóa, điện phân hoặc khái niệm lưu trữ điện năng khác bất kỳ hoặc tổ hợp các loại đó – Loại C-Z

Bên cạnh các loại pin chủ yếu từ C-A đến C-D được sử dụng trong hệ thống BESS, các cặp điện hóa mới hoặc sự kết hợp giữa chúng cũng có thể được đưa vào sử dụng trong BESS.

TCVN 14499-4-2:2025

Khi các cặp điện hóa mới hoặc các tổ hợp loại pin này được sử dụng trong BESS, thì việc đánh giá tác động môi trường của (các) loại pin đó và các thiết bị lưu trữ năng lượng phụ trợ đi kèm được kỳ vọng sẽ được thực hiện đầy đủ.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 192: Dependability*
- [2] IEC 60050-482:2004, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 482: Primary and secondary cells and batteries*
- [3] IEC 60050-904:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 904: Environmental standardization for electrical and electronic products and systems*
- [4] IEC 60896-21:2004, *Stationary lead-acid batteries – Part 21: Valve regulated types – Methods of test*
- [5] IEC 60896-22:2004, *Stationary lead-acid batteries – Part 22: Valve regulated types – Requirements*
- [6] IEC 61427-1:2013, *Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test – Part 1: Photovoltaic off-grid application*
- [7] IEC 61427-2:2015, *Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test – Part 2: On-grid applications*
- [8] IEC 62485-2:2010, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 2: Stationary batteries*
- [9] IEC 62485-3:2014, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 3: Traction batteries*
- [10] IEC 62485-5:2020, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 5: Safe operation of stationary lithium ion batteries*
- [11] IEC 62619:2022, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications*
- [12] IEC 62620:2014, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications*
- [13] IEC 62675:2014, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride prismatic rechargeable single cells*
- [14] IEC 62932-1:2020, *Flow battery energy systems for stationary applications – Part 1: Terminology and general aspects*
- [15] IEC 62932-2:2020, *Flow battery energy systems for stationary applications – Part 2-2: Safety requirements*
- [16] IEC 62932-2-1:2020, *Flow battery energy systems for stationary applications – Part 2-1: Performance general requirements and test methods*
- [17] IEC 62933 (all parts), *Electrical energy storage (EES) systems*
- [18] IEC 62933-1:2024, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 1: Vocabulary*

- [19] IEC/TS 62933-4-1:2017, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 4-1: Guidance on environmental issues – General specification*
- [20] IEC 62933-5-2:2020, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 5-2: Safety requirements for grid-integrated EES systems – Electrochemical-based systems*
- [21] IEC 62984-1:2020, *High-temperature secondary batteries – Part 1: General requirements*
- [22] IEC 62984-2:2020, *High-temperature secondary batteries – Part 2: Safety requirements and tests*
- [23] IEC 62984-3:2020, *High-temperature secondary batteries – Part 3: Sodium-based batteries – Performance requirements and tests*
- [24] IEC 63056:2020, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries for use in electrical energy storage systems*
- [25] IEC 63115-1:2020, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride cells and batteries for use in industrial applications – Part 1: Performance*
- [26] IEC 63115-2:2021, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride cells and batteries for use in industrial applications – Part 2: Safety*
-