TCVN **T I Ê U C H U Ẩ N Q U Ố C G I A**

TCVN xxxx:2026
ANSI/CAN/UL 9540A:2026

Xuất bản lần 1

Dự thảo HNCĐ

PHƯƠNG PHÁP THỬ ĐÁNH GIÁ SỰ LAN TRUYỀN CHÁY DO HIỆN TƯỢNG MẤT KIỂM SOÁT NHIỆT TRONG HỆ THỐNG PIN LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG

Test method for evaluating thermal runaway fire propagation in battery energy storage systems

HÀ NỘI – 2026

Mục lục

Trang

Lời nói đầu 6

MỤC I – GIỚI THIỆU 8

1 Phạm vi áp dụng 8

2 Đơn vị đo 9

3 Tài liệu viện dẫn 10

4 Thuật ngữ và định nghĩa 11

MỤC II – KẾT CẤU 16

5 Quy định chung 16

5.1 Cell 16

5.2 Môđun 16

5.3 Unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng 17

5.4 Pin dòng chảy 17

MỤC III – TÍNH NĂNG 18

6 Yêu cầu chung đối với thử nghiệm 18

7 Thử nghiệm cấp độ Cell 18

7.1 Quy định chung 18

7.2 Mẫu thử 19

7.3 Xác định phương pháp gây mất kiểm soát nhiệt 19

7.4 Thử nghiệm xác định thành phần khí xả ra từ cell 27

7.5 Thành phần khí phát sinh đối với hệ thống pin dòng chảy 28

7.6 Thành phần khí phát sinh đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van 28

7.7 Báo cáo thử nghiệm cấp độ cell 31

7.8 Tính năng – thử nghiệm cấp độ cell 33

7.9 Tính năng – thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin dòng chảy 33

7.10 Tính năng – thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van 33

7.11 Tính năng – thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin nhiệt độ cao 34

8 Thử nghiệm cấp độ môđun 34
8.1 Mẫu thử 34
8.2 Phương pháp thử 34
8.3 Phương pháp thử môđun đối với pin nhiệt độ cao 39
8.4 Báo cáo thử nghiệm cấp môđun 39
8.5 Tính năng ở cấp môđun 40
8.6 Tính năng ở cấp môđun đối với pin nhiệt độ cao 41
9 Cấp độ unit 41
9.1 Quy định chung 41
9.2 Phương pháp thử – Unit BESS đặt trên sàn trong nhà 47
9.3 Phương pháp thử – Unit đặt trên nền ngoài trời 51
9.4 Phương pháp thử – BESS lắp đặt trong nhà trên vách 52
9.5 Phương pháp thử – BESS lắp đặt ngoài trời trên vách 53
9.6 Lắp đặt trên mái và trong gara đỗ xe thông thoáng 53
9.7 Báo cáo thử nghiệm cấp độ unit 54
9.8 Tính năng trong thử nghiệm cấp độ unit 56
9.9 Thử nghiệm cấp độ unit đối với pin dòng chảy 60
9.10 Báo cáo thử nghiệm cấp độ unit đối với pin dòng chảy 60
9.11 Tiêu chí tính năng cấp độ unit đối với pin dòng chảy 61
10 Thử nghiệm cháy quy mô lớn cấp lắp đặt 61
10.1 Quy định chung 61
10.2 Quy trình thử nghiệm 62
10.3 Điều kiện thông gió của vỏ bao khởi phát 70
10.4 Hệ thống chủ động 71
10.5 Đối tượng mục tiêu, thiết bị đo và phép đo 72
10.6 Khởi tạo thử nghiệm 77
10.7 Các quy định thử nghiệm bổ sung – Trong nhà 79
10.8 Yêu cầu bổ sung – BESS dạng cụm xếp chồng 87
10.9 Kết thúc thử nghiệm 90

10.10 Tiêu chí tính năng đối với thử nghiệm cấp độ lắp đặt 91

10.11 Thử nghiệm cấp độ lắp đặt – Báo cáo thử nghiệm cháy quy mô lớn 95

10.12 Phương pháp thử – Thử nghiệm cấp độ lắp đặt đối với BESS sử dụng pin nhiệt độ cao dạng hệ thống container dùng cho mục đích sử dụng không phải dân dụng ngoài trời 97

10.13 Báo cáo thử nghiệm cấp độ lắp đặt - Phương pháp thử cấp độ lắp đặt đối với BESS sử dụng pin nhiệt độ cao dạng hệ thống container dùng cho mục đích sử dụng không phải dân dụng ngoài trời 100

10.14 Tính năng trong thử nghiệm cấp độ unit đối với pin nhiệt độ cao 101

Phụ lục A (tham khảo) Khái niệm thử nghiệm và áp dụng các kết quả thử nghiệm vào hệ thống lắp đặt 102

Phụ lục B (tham khảo) Khuyến nghị an toàn đối với thử nghiệm 113

Phụ lục C (quy định) Thử nghiệm bùng cháy quy mô lớn đối với vỏ BESS 114

Lời nói đầu

TCVN xxxx:2026 hoàn toàn tương đương với UL 9540A:2026.

TCVN xxxx:2026 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.

Phương pháp thử đánh giá sự lan truyền cháy do hiện tượng mất kiểm soát nhiệt trong hệ thống pin lưu trữ năng lượng

Test method for evaluating thermal runaway fire propagation in battery energy storage systems

MỤC I – GIỚI THIỆU

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Phương pháp thử quy định trong tiêu chuẩn này được sử dụng để xác định khả năng một công nghệ pin có thể xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt, đồng thời đánh giá các đặc tính nguy hiểm về cháy và nổ của các hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin đã được xác định là có khả năng xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

1.2 Dữ liệu thu được từ các thử nghiệm được sử dụng để hỗ trợ hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo liên quan đến khoảng cách phân tách giữa các hệ thống pin lưu trữ năng lượng riêng lẻ, đồng thời xác định các biện pháp bảo vệ chống cháy và chống nổ cần thiết đối với việc lắp đặt hệ thống pin lưu trữ năng lượng.

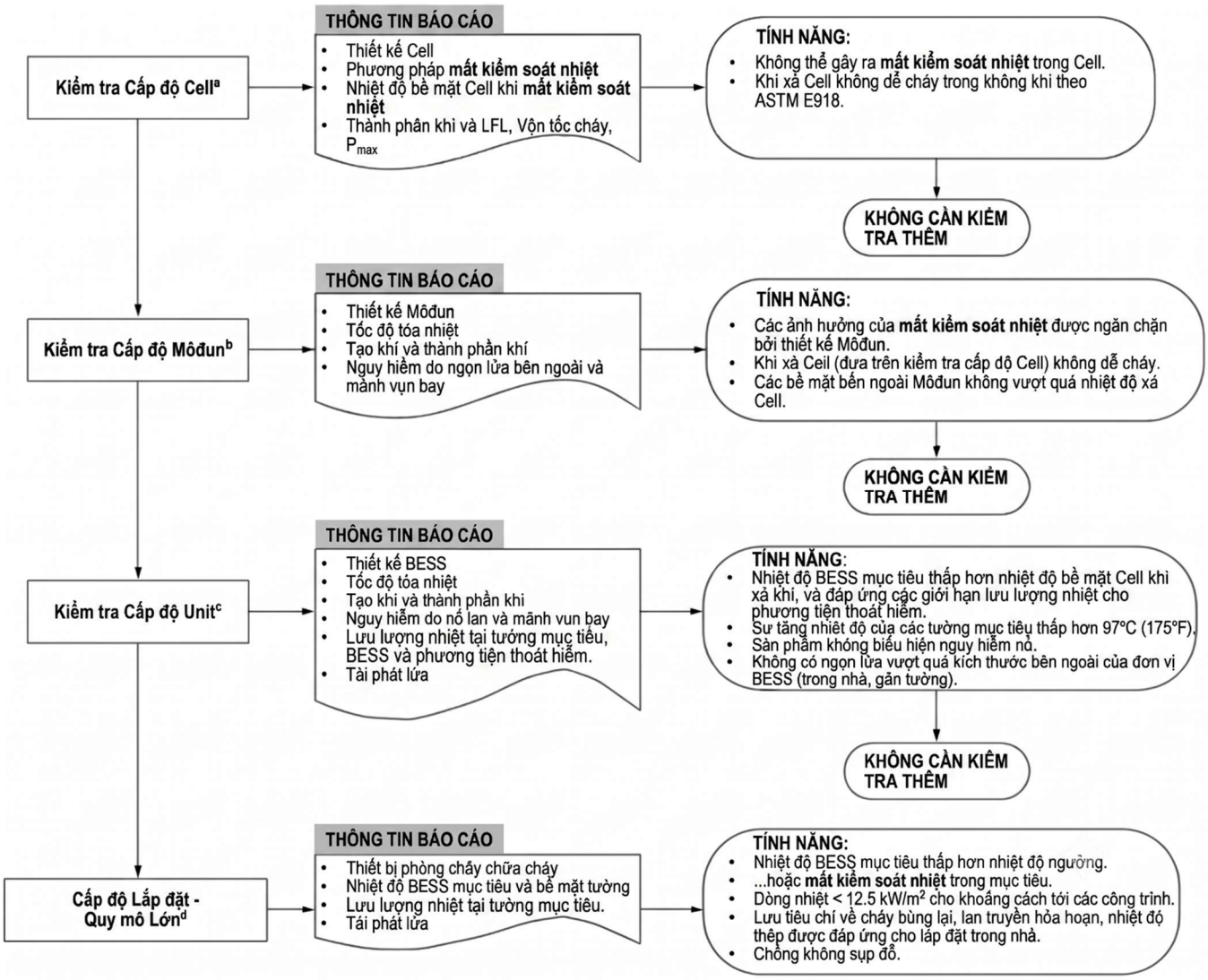
1.3 Các yêu cầu về bảo vệ phòng cháy không liên quan trực tiếp đến thiết bị của hệ thống pin lưu trữ năng lượng được quy định trong các bộ luật hoặc tiêu chuẩn lắp đặt thích hợp.

1.4 Xem Hình 1.1 để biết sơ đồ trình tự thử nghiệm quy định trong tiêu chuẩn này. Xem Phụ lục A để biết:

a) Mục đích của các thử nghiệm được quy định trong tiêu chuẩn này;

b) Giải thích về từng thử nghiệm; và

c) Cách diễn giải và áp dụng các kết quả thử nghiệm.



[a] Xem Mục 7.

[b] Xem Mục 8.

[c] Xem Mục 9. Thử nghiệm mức unit có thể không cần thực hiện nếu đã thực hiện thử nghiệm cấp hệ thống. Xem 9.1.1.

[d] Xem Mục 10. Một số công nghệ hóa học của pin được miễn thực hiện thử nghiệm ở cấp độ lắp đặt. Xem 10.1.8.

[e] Đối với hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) chỉ sử dụng trong khu dân cư, có thể không yêu cầu thực hiện các thử nghiệm bổ sung. Xem 9.8.1 và 10.1.7.

[f] Xem 10.10.1 và 10.10.2.

Hình 1.1 – Sơ đồ về trình tự thử nghiệm

2 Đơn vị đo

2.1 Giá trị được nêu không có dấu ngoặc đơn là yêu cầu bắt buộc. Các giá trị trong ngoặc đơn là các giá trị quy đổi tương đối từ đơn vị SI sang đơn vị IP (inch-pound) và chỉ nhằm mục đích tham khảo.

3 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 các 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).

ASHRAE 34, Designation and Safety Classification of Refrigerants(Phân loại và định danh an toàn chất làm lạnh)

ASTM D93, Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Teste (Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn xác định điểm chớp cháy bằng máy thử cốc kín Pensky-Martens)

ASTM D3828, Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Cup Tester (Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn xác định điểm chớp cháy bằng máy thử cốc kín quy mô nhỏ)

ASTM E502, *Standard Test Method for Selection and Use of ASTM Standards for the Determination of Flash Point of Chemicals by Closed Cup Methods (Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn để lựa chọn và sử dụng các tiêu chuẩn ASTM để xác định điểm chớp cháy của hóa chất bằng phương pháp cốc kín)*

ASTM E918, *Standard Practice for Determining Limits of Flammability of Chemicals at Elevated Temperature and Pressure (Thực hành tiêu chuẩn để xác định giới hạn khả năng cháy của hóa chất ở nhiệt độ và áp suất cao)*

CSA C22.1, *Canadian Electrical Code, Part I Safety Standard for Electrical Installations (Bộ luật điện Canada, Phần I Tiêu chuẩn an toàn cho các hệ thống lắp đặt điện)*

CSA C22.2 No. 0, General Requirements – Canadian Electrical Code, Part II (Yêu cầu chung – Bộ luật điện Canada, Phần II)

EN 15967, *Determination of Maximum Explosion Pressure and the Maximum Rate of Pressure Rise of Gases and Vapours (Xác định áp suất nổ tối đa và tốc độ tăng áp suất tối đa của khí và hơi)*

ICC IFC, *International Fire Code (IFC) (Bộ luật phòng cháy chữa cháy quốc tế (IFC))*

ICC IRC, *International Residential Code (Bộ luật nhà ở quốc tế)*

IEEE 1635/ASHRAE Guide 21, *Guide for the Ventilation and Thermal Management of Batteries for Stationary Applications (Hướng dẫn quản lý thông gió và nhiệt của pin cho các ứng dụng cố định)*

IEEE C2, *National Electrical Safety Code (NESC) (Bộ luật An toàn Điện Quốc gia (NESC))*

ISO 817, *Refrigerants – Designation and Safety Classification (Chất làm lạnh – Ký hiệu và phân loại an toàn)*

NFPA 1, *Fire Code (Bộ luật phòng cháy)*

NFPA 2, *Hydrogen Technologies Code (Bộ luật công nghệ hydro)*

NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting (Tiêu chuẩn về bảo vệ chống nổ bằng xả áp khi nổ)*

NFPA 69, *Standard on Explosion Prevention Systems (Tiêu chuẩn về hệ thống phòng chống nổ)*

NFPA 70®, *National Electrical Code® (NEC®) (Bộ luật điện quốc gia® (NEC®))*

NFPA 80A, *Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures (Thực hành được khuyến nghị để bảo vệ các tòa nhà khỏi tiếp xúc với lửa từ bên ngoài)*

NFPA 101, *Life Safety Code (Bộ luật an toàn cuộc sống)*

NFPA 220, *Standard on Types of Building Construction*

NFPA 855, Installation of Stationary Energy Storage Systems (Lắp đặt hệ thống lưu trữ năng lượng cố định)

UL/ULC 199, Automatic Sprinklers for Fire-Protection Service (Vòi phun nước tự động cho dịch vụ phòng cháy)

UL 746A, Polymeric Materials – Short Term Property Evaluations (Vật liệu polyme - Đánh giá đặc tính ngắn hạn)

UL 864, *Control Units and Accessories for Fire Alarm Systems (Bộ điều khiển và phụ kiện cho hệ thống báo cháy)*

TCVN 14473 (UL 1973), *Pin sử dụng cho các ứng dụng cấp điện phụ trợ tĩnh tại và chuyển động*

UL 2556, *Wire and Cable Test Methods (Phương pháp thử dây và cáp)*

UL 9540, *Energy Storage Systems and Equipment (Hệ thống và thiết bị lưu trữ năng lượng)*

UL 2591, *Battery Cell Separators (Các vách ngăn pin)*

4 Thuật ngữ và định nghĩa

4.1. Tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau đây.

4.2

Hệ thống bảo vệ cháy chủ động (active fire protection systems)

Hệ thống bảo vệ cháy yêu cầu kích hoạt bằng cơ khí hoặc điện để thực hiện một chức năng như phát hiện, cảnh báo hoặc dập cháy. Các hệ thống này được lắp đặt và bảo trì theo tiêu chuẩn lắp đặt hoặc quy chuẩn phòng cháy hiện hành (ví dụ: tiêu chuẩn lắp đặt của NFPA hoặc Bộ luật Phòng cháy quốc tế).

4.3

Hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt (active thermal runaway propagation prevention systems)

Hệ thống sử dụng cơ chế kích hoạt bằng cơ khí hoặc điện để giảm thiểu hoặc ngăn ngừa sự lan truyền mất kiểm soát nhiệt trong hệ thống pin. Hệ thống phun trực tiếp được lắp đặt bên trong môđun là một ví dụ về hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt.

4.4

Hệ thống pin lưu trữ năng lượng (battery energy storage system)

BESS

Thiết bị cố định nhận năng lượng điện và sử dụng pin để lưu trữ năng lượng đó nhằm cung cấp năng lượng điện vào một thời điểm sau này. Tối thiểu, BESS bao gồm một hoặc nhiều môđun, hệ thống điều hòa công suất (PCS), hệ thống quản lý pin (BMS) và các thành phần phụ trợ của hệ thống.

4.4 a)

Hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát (initiating battery energy storage system unit)

Unit BESS khởi phát

BESS được trang bị các bộ gia nhiệt điện trở nhằm tạo ra hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell này sang cell khác cần thiết cho thử nghiệm cấp độ lắp đặt (Điều 9).

4.4 b)

Hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu (target battery energy storage system unit)

Unit BESS mục tiêu

Vỏ bao và/hoặc phần cứng của giá đỡ có chức năng nâng đỡ và/hoặc chứa các thành phần cấu thành một BESS. BESS mục tiêu không chứa các thành phần lưu trữ năng lượng mà được sử dụng để lắp đặt thiết bị đo nhằm xác định mức độ phơi nhiễm nhiệt từ BESS khởi phát.

CHÚ THÍCH: Đối với hệ thống pin dòng chảy, năng lượng được lưu trữ trong một hoặc nhiều bể chứa chất điện phân.

4.5

Hệ thống pin (battery system)

Là một thành phần của BESS, bao gồm một hoặc nhiều môđun, thường được bố trí theo cấu hình giá đỡ, cùng với các bộ điều khiển như BMS và các thành phần cấu thành hệ thống như hệ thống làm mát, thiết bị cô lập và thiết bị bảo vệ.

4.6

Cell (cell)

Unit điện hóa chức năng cơ bản gồm tập hợp các điện cực, chất điện phân, màng ngăn, vỏ chứa và đầu cực. Cell là nguồn cung cấp năng lượng điện thông qua quá trình chuyển đổi trực tiếp năng lượng hóa học thành năng lượng điện.

4.7

Cell khởi phát (initiating cell)

Cell được tạo lỗi bằng tác động nhiệt, điện hoặc cơ học nhằm tạo ra trạng thái mất kiểm soát nhiệt.

4.8

Hệ thống giảm nồng độ khí cháy (combustible gas concentration reduction systems)

Hệ thống thông gió được thiết kế để duy trì nồng độ khí cháy và khí dễ cháy trong không gian kín thấp hơn giới hạn cháy dưới (LFL). Các hệ thống này thường được thiết kế phù hợp với NFPA 69.

4.9

Khu vực chuyên dụng (dedicated-use)

Tòa nhà hoặc không gian được ngăn cháy riêng biệt, được thiết kế và sử dụng chỉ dành cho hệ thống lưu trữ năng lượng và thiết bị phụ trợ, không được sử dụng đồng thời cho các mục đích khác.

4.10

Trạng thái cháy phát triển (developed fire condition)

Trạng thái mà đám cháy tự duy trì liên quan đến pin, khí thoát ra do mất kiểm soát nhiệt và các vật liệu cháy xung quanh, dẫn đến sự lan truyền cháy bên trong một vỏ bao hoặc một nhóm BESS.

CHÚ THÍCH: Trạng thái này cho phép đánh giá liệu đám cháy từ một BESS có thể lan truyền sang BESS khác hoặc các đối tượng phơi nhiễm khác hay không. Xem 10.6.8 đến 10.6.9 để biết thêm thông tin.

4.11

DUT (device under test)

Mẫu thử.

4.12

Vỏ bao (enclosure)

Kết cấu vật lý được thiết kế để chứa, nâng đỡ hoặc bao bọc một hoặc nhiều thành phần của hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS). Vỏ bao có chức năng bảo vệ môi trường và cơ học, ngăn giữ cháy và/hoặc tổ chức không gian cho các thành phần bên trong.

CHÚ THÍCH: Vỏ bao chứa pin là đối tượng đánh giá chính của tài liệu này. Nếu thiết bị phụ trợ được bố trí trong một vỏ bao riêng biệt thì không cần đưa vào đánh giá này.

4.13

Bộ gia nhiệt điện trở (electrical resistance heaters)

Thiết bị chuyển đổi năng lượng điện được cấp từ nguồn của phòng thử nghiệm thành nhiệt năng.

4.14

Điện áp kết thúc phóng điện (end of discharge voltage - EODV)

Mức điện áp tối thiểu trong quá trình phóng điện do nhà chế tạo quy định.

4.15

Bể chứa năng lượng (energy reservoir)

Dung dịch lưu trữ năng lượng hoạt tính trong hệ thống pin dòng chảy. Dung dịch này có thể tồn tại dưới dạng một chất điện phân, hai chất điện phân hoặc một chất điện phân có chứa các hạt kim loại rắn.

4.16

Bộ gia nhiệt màng mỏng (flexible film heaters)

Các bộ gia nhiệt điện trở dạng màng, băng hoặc tấm mỏng có khả năng bám sát bề mặt cell.

4.17

Pin dòng chảy (flow battery)

Công nghệ pin lưu trữ vật liệu hoạt tính dưới dạng một hoặc nhiều chất điện phân (có hoặc không có các hạt kim loại rắn) trong một hoặc nhiều bể chứa; trong quá trình vận hành, các chất điện phân được tuần hoàn giữa bộ phản ứng (các cụm pin) và các bể chứa.

CHÚ THÍCH 1: Ba công nghệ pin dòng chảy đang được thương mại hóa là pin kẽm-không khí, pin kẽm-brom và pin vanadi oxi hóa khử.

CHÚ THÍCH 2: Không giống như hệ thống pin nhiên liệu, pin dòng chảy là hệ thống kín và không tiêu thụ nhiên liệu ròng.

4.18

Nhóm (group)

Cách bố trí trong nhà gồm các vỏ bao, các unit, cụm xếp chồng hoặc giá đỡ BESS không dùng chung một vỏ bao và được tách biệt với các vỏ bao, các unit, cụm xếp chồng hoặc giá đỡ BESS khác bằng khoảng cách an toàn, lối đi hoặc vách ngăn.

CHÚ THÍCH: Một nhóm có thể là một dãy liên tục các giá đỡ pin được bố trí theo một hướng (cạnh bên-cạnh bên hoặc trước-sau). Nhóm có thể bao gồm các vỏ bao chế tạo sẵn hoặc các giá đỡ chứa môđun pin và thiết bị phụ trợ được lắp ráp tại hiện trường.

4.19

Trạng thái sạc vận hành tối đa (maximum operating state of charge - MOSOC)

Dung lượng khả dụng của BESS, bộ pin, môđun pin hoặc cell, được biểu thị bằng phần trăm dung lượng danh định do nhà chế tạo BESS, bộ pin, môđun pin hoặc cell quy định.

4.20

Nhiệt độ bề mặt cực đại tại điểm kết thúc (maximum surface temperature end point)

Nhiệt độ duy trì cuối cùng đo được trên vỏ cell sau khi hoàn thành quá trình gia nhiệt tăng dần khi sử dụng phương pháp gia nhiệt ngoài để tạo ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt của cell.

4.21

Môđun (module)

Cụm lắp ráp phụ là một thành phần của BESS, bao gồm một nhóm cell hoặc tụ điện hóa được kết nối theo cấu hình nối tiếp và/hoặc song song (đôi khi được gọi là block), có hoặc không có thiết bị bảo vệ và mạch giám sát.

4.22

Khối pin liền vỏ (monobloc)

Thiết kế pin có chung một vỏ chứa một hoặc nhiều cell bên trong, chất điện phân, cụm thông hơi hoặc van xả áp, các liên kết giữa các cell và các phần cứng liên quan.

CHÚ THÍCH: Ví dụ điển hình của pin monobloc là ắc quy chì-axit khởi động, chiếu sáng và đánh lửa (SLI).

4.23

Khu vực không chuyên dụng (non-dedicated use)

Tòa nhà hoặc khu vực mà hệ thống lưu trữ năng lượng được lắp đặt gần các khu vực sử dụng khác (ví dụ: bán lẻ, y tế, nhà ở nhiều hộ, thương mại, công nghiệp, bãi đỗ xe, phòng thiết bị hoặc không gian tiện ích) và không được dành riêng cho mục đích lưu trữ năng lượng.

4.24

Mục đích sử dụng không phải dân dụng (non-residential use)

Thiết bị được thiết kế để sử dụng trên hoặc trong các công trình không thuộc định nghĩa tại 4.27.

4.25

Điểm khởi phát (of origin)

Vị trí cụ thể nơi trạng thái cháy phát triển bắt đầu hình thành. Ví dụ: môđun khởi phát, vỏ bao khởi phát,...

4.26

Nhà để xe thông thoáng (open parking garage)

Công trình đỗ xe có các khoảng mở ở hai hoặc nhiều mặt, được sử dụng để đỗ hoặc lưu giữ xe cơ giới và được thiết kế để thông gió tự nhiên theo yêu cầu của quy chuẩn xây dựng địa phương.

4.27

Mục đích sử dụng dân dụng (residential use)

Thiết bị phù hợp để sử dụng trên hoặc trong nhà ở riêng lẻ một hộ, hai hộ và nhà liền kề.

4.28

Cụm xếp chồng (stack)

Nhiều vỏ bao được bố trí theo phương thẳng đứng và được liên kết thông qua kết cấu đỡ hoặc phần cứng lắp đặt. Chiều cao của cụm xếp chồng được xác định theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo.

CHÚ THÍCH: Đối với ứng dụng dân dụng, một cụm xếp chồng có thể được coi là một unit duy nhất để thử nghiệm theo tiêu chuẩn này, với điều kiện tổng dung lượng (mức năng lượng danh định) không vượt quá giới hạn quy định trong các quy chuẩn áp dụng.

4.29

Đối tượng mục tiêu (targets)

a) Vỏ bao/Nhóm/Cụm xếp chồng mục tiêu

Các mẫu thử được bố trí ở các khoảng cách phân tách xác định xung quanh vỏ bao, nhóm hoặc cụm xếp chồng khởi phát, có lắp đặt thiết bị đo để đánh giá các tiêu chí tính năng liên quan đến nguy cơ lan truyền mất kiểm soát nhiệt.

b) Kết cấu mục tiêu

Các mẫu thử được bố trí ở các khoảng cách phân tách xác định xung quanh vỏ bao, nhóm hoặc cụm xếp chồng khởi phát, có lắp đặt thiết bị đo để đánh giá mức độ phơi nhiễm nhiệt đối với các công trình, bệ đỡ hoặc các đối tượng phơi nhiễm lân cận.

4.30

Mất kiểm soát nhiệt (thermal runaway)

Sự cố xảy ra khi nhiệt độ của một cell điện hóa tăng lên do tự sinh nhiệt theo cách không thể kiểm soát. Hiện tượng mất kiểm soát nhiệt tiếp diễn khi tốc độ sinh nhiệt của cell lớn hơn tốc độ tản nhiệt của nó. Hiện tượng này có thể dẫn đến cháy, nổ và/hoặc phát sinh khí.

4.31

Lan truyền mất kiểm soát nhiệt (thermal runaway propagation)

Sự truyền năng lượng giải phóng từ một hoặc nhiều cell đang xảy ra mất kiểm soát nhiệt làm phát sinh hiện tượng mất kiểm soát nhiệt ở các cell khác mà không cần bất kỳ cơ chế khởi phát bổ sung nào.

4.32

Unit (unit)

Khung, giá đỡ hoặc vỏ bao tạo thành một BESS hoàn chỉnh về chức năng, bao gồm các thành phần và cụm lắp ráp phụ như cell, môđun, hệ thống quản lý pin, thiết bị thông gió và các thiết bị phụ trợ khác.

MỤC II – KẾT CẤU

5 Quy định chung

5.1 Cell

5.1.1 Các cell liên quan đến BESS được thử nghiệm phải được mô tả trong báo cáo thử nghiệm, bao gồm công nghệ hóa học của cell (ví dụ: NMC, LFP), kiểu kết cấu vật lý của cell (ví dụ: hình lăng trụ, hình trụ, dạng túi), giá trị điện danh định của cell về dung lượng và điện áp danh định, kích thước tổng thể của cell và khối lượng của cell.

5.1.2 Tài liệu về cell trong báo cáo thử nghiệm phải nêu rõ liệu các cell liên quan đến BESS có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không.

5.1.3 Tham khảo 7.7.1 để biết thêm các nội dung cần đưa vào báo cáo thử nghiệm cấp độ cell.

5.2 Môđun

5.2.1 Các môđun liên quan đến BESS được thử nghiệm phải được mô tả trong báo cáo thử nghiệm, bao gồm vật liệu vỏ bao ở mức khái quát (ví dụ: kim loại hoặc phi kim loại), cách bố trí tổng thể các thành phần bên trong môđun, cấu hình điện của các cell trong môđun và cấu hình của các môđun trong BESS.

5.2.2 Tài liệu về môđun trong báo cáo thử nghiệm phải nêu rõ liệu các môđun liên quan đến BESS có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không.

5.2.3 Tham khảo 8.4 để biết thêm các nội dung cần đưa vào báo cáo thử nghiệm cấp độ môđun.

5.3 Unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng

5.3.1 Tài liệu về unit BESS trong báo cáo thử nghiệm phải xác định các unit phù hợp với UL 9540 và bao gồm tên nhà chế tạo, kiểu mẫu, các thông số điện danh định và dung lượng năng lượng của tất cả các BESS.

5.3.2 Đối với các unit BESS mà chưa thể xác định sự phù hợp với UL 9540, tài liệu trong báo cáo thử nghiệm phải bao gồm số lượng môđun trong BESS, cấu hình điện của môđun, cách bố trí vật lý của các môđun trong BESS, hệ thống quản lý pin (BMS) và các thành phần chính khác của BESS. Kích thước tổng thể của vỏ bao BESS và loại vật liệu sử dụng cho vỏ bao ở mức khái quát (ví dụ: kim loại hoặc phi kim loại) cũng phải được mô tả.

Tùy thuộc vào cấu hình của BESS (ví dụ: hệ thống điều hòa công suất được bố trí bên ngoài vỏ bao BESS), một hoặc nhiều hệ thống pin có thể được thử nghiệm như đại diện cho BESS. Báo cáo phải nêu rõ hệ thống pin có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không, cùng với sự phù hợp của toàn bộ BESS với UL 9540.

5.3.3 Nếu áp dụng, các chi tiết của hệ thống phát hiện cháy và hệ thống chữa cháy là bộ phận tích hợp của BESS phải được ghi nhận trong báo cáo thử nghiệm.

5.3.4 Tham khảo 9.7 và 10.11 để biết thêm các nội dung cần đưa vào báo cáo thử nghiệm cấp độ unit và, nếu áp dụng, báo cáo thử nghiệm cấp độ lắp đặt.

5.4 Pin dòng chảy

5.4.1 Đối với pin dòng chảy, báo cáo thử nghiệm phải bao gồm công nghệ hóa học của pin (ví dụ: vanadi oxi hóa khử, kẽm-brom,...), mô tả khái quát về chất điện phân hoặc các chất điện phân, kích thước tổng thể của từng cụm pin, cũng như các thông số điện danh định của cụm pin về dung lượng và điện áp danh định.

Báo cáo cũng phải bao gồm thông tin về toàn bộ hệ thống pin dòng chảy, bao gồm tên nhà chế tạo và số hiệu kiểu mẫu của hệ thống, điện áp danh định, dung lượng lưu trữ danh định tính bằng Ah hoặc Wh, số lượng cell và cụm pin trong hệ thống, cùng thể tích tối đa của chất điện phân hoặc các chất điện phân trong hệ thống.

5.4.2 Tài liệu về pin dòng chảy trong báo cáo thử nghiệm phải nêu rõ liệu hệ thống pin dòng chảy có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không.

5.4.3 Xem 7.7.2 để biết thêm các nội dung cần đưa vào báo cáo thử nghiệm cấp độ cell đối với pin dòng chảy và xem 9.10 để biết thêm các nội dung cần đưa vào báo cáo thử nghiệm cấp độ unit đối với pin dòng chảy.

MỤC III – TÍNH NĂNG

6 Yêu cầu chung đối với thử nghiệm

6.1 Các thử nghiệm quy định trong tiêu chuẩn này là các điều kiện lạm dụng cực hạn được áp dụng đối với các thiết bị lưu trữ năng lượng điện hóa, có thể dẫn đến cháy, nổ, phát sinh khói, phát thải khí chứa các chất dễ cháy và độc hại, tiếp xúc với chất lỏng độc hại và ăn mòn, cũng như nguy cơ tiếp xúc với điện áp nguy hiểm và năng lượng điện. Xem Phụ lục B để biết các khuyến nghị về thực hành thử nghiệm.

6.2 Sau khi kết thúc thử nghiệm, các mẫu thử phải được phóng điện theo hướng dẫn của nhà chế tạo. Tất cả các mẫu thử phải được xử lý hoặc thải bỏ theo các quy định hiện hành.

6.3 Nhiệt độ của các bộ phận và bề mặt phải được đo liên tục bằng đầu nối cặp nhiệt điện được tạo thành từ dây cặp nhiệt điện loại K có cỡ dây 24 AWG hoặc nhỏ hơn, trừ khi có quy định khác trong thử nghiệm cụ thể. Giá trị nhiệt độ phải được lấy trung bình cho mỗi khoảng thời gian 60 s trong suốt quá trình thử nghiệm. Giá trị lớn nhất của các giá trị trung bình này phải được ghi nhận đối với từng vị trí lắp đặt cặp nhiệt điện.

Nhiệt độ bề mặt cell phải được đo liên tục, nhưng không được lấy trung bình theo khoảng thời gian 60 s như đối với các phép đo nhiệt độ khác.

6.4 Khi thực hiện phép đo thông lượng nhiệt, các giá trị phải được đo liên tục và lấy trung bình cho mỗi khoảng thời gian 60 s. Giá trị lớn nhất của các giá trị trung bình này phải được ghi nhận đối với từng vị trí lắp đặt đầu đo.

7 Thử nghiệm cấp độ Cell

7.1 Quy định chung

7.1.1 Phần thử nghiệm này thiết lập các phương pháp hiệu quả để đưa một cell vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt theo cách có thể lặp lại được. Các phương pháp này phải được sử dụng trong các thử nghiệm ở cấp độ môđun, cấp độ unit và cấp độ lắp đặt.

Trong phần thử nghiệm này, thành phần của khí thoát ra phải được thu thập và phân tích, đồng thời nhiệt độ của cell phải được giám sát để xác định nhiệt độ tại thời điểm cell xả khí và để xác nhận rằng hiện tượng mất kiểm soát nhiệt, theo định nghĩa trong tiêu chuẩn này, đã xảy ra.

7.1.2 Đối với pin dòng chảy, các quy trình thử nghiệm trong tiêu chuẩn này được xây dựng trên cơ sở rằng năng lượng được lưu trữ tách biệt với các cụm pin. Điều này cho phép các hệ thống loại này ngắt dòng chảy của chất điện phân để kiểm soát bất kỳ dạng hỏng hóc nào và ngăn ngừa hỏng hóc đó lan truyền thành hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

Khả năng phát hiện hỏng hóc và ngắt dòng chất điện phân của pin dòng chảy được quy định trong các yêu cầu về kết cấu và thử nghiệm của TCVN 14473 (UL 1973).

Các quy trình thử nghiệm trong tiêu chuẩn này đánh giá các rủi ro về nhiệt và nguy cơ nổ liên quan đến chất điện phân được lưu trữ trong các điều kiện bất thường và khi tiếp xúc với đám cháy. Tiêu chuẩn

này cũng đánh giá các rủi ro liên quan đến sự hỏng hóc của màng ngăn có thể dẫn đến sự trộn lẫn các chất điện phân.

CHÚ THÍCH: Một số công nghệ pin dòng chảy phát thải khí nổ với tốc độ có thể kiểm soát được. Các quy trình thử nghiệm trong tiêu chuẩn này không đề cập đến tốc độ phát sinh khí do điện phân hoặc do ăn mòn.

7.1.3 Các loại pin nhiệt độ cao như pin natri-beta hoặc các loại pin muối nóng chảy khác hoạt động trong dải nhiệt độ từ 260 °C đến 600 °C (500 °F đến 1112 °F) và không dễ bị ảnh hưởng bởi thử nghiệm gia nhiệt tăng dần. Các loại pin này phải được thử nghiệm theo 7.3.4.

7.2 Mẫu thử

7.2.1 Trước khi thử nghiệm, các mẫu cell phải được điều hòa thông qua các chu kỳ nạp và phóng điện với tối thiểu 2 chu kỳ, sử dụng phương pháp do nhà chế tạo quy định để xác nhận rằng các cell hoạt động bình thường.

Mỗi chu kỳ phải bao gồm việc nạp đến 100 % trạng thái sạc (SOC), sau đó phóng điện đến điện áp kết thúc phóng điện (EODV) do nhà chế tạo cell quy định.

Trong quá trình điều hòa, nhiệt độ môi trường phải được duy trì theo quy định tại 7.3.1.1.

7.2.2 Các cell được thử nghiệm phải được nạp đến 100 % SOC hoặc đến điện áp tương ứng với trạng thái nạp đầy theo quy định của nhà chế tạo và được để ổn định trong thời gian tối thiểu 1 h trước khi bắt đầu thử nghiệm.

7.2.3 Trước khi bắt đầu thử nghiệm, điện áp của cell phải được đo và ghi lại.

Nếu cell không ở trạng thái được nạp đầy, cell phải được nạp lại theo quy định tại 7.2.2 và giá trị điện áp này phải được ghi nhận.

7.2.4 Các cell có vỏ bọc màng ghép mềm (flexible laminate casing) và các cell hình lăng trụ phải được cố định trong quá trình thử nghiệm theo cách mô phỏng điều kiện cố định trong môđun của BESS nhằm ngăn ngừa hiện tượng trương nở quá mức trong quá trình thử nghiệm.

7.3 Xác định phương pháp gây mất kiểm soát nhiệt

7.3.1 Quy định chung

7.3.1.1 Điều kiện môi trường trong phòng thử nghiệm tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm phải là nhiệt độ 25 °C ± 5 °C (77 °F ± 9 °F) và độ ẩm tương đối 50 % ± 25 %.

7.3.1.2 Khả năng xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt của cell phải được chứng minh bằng cách gia nhiệt cell bằng các bộ gia nhiệt màng mỏng mềm được lắp bên ngoài, bao phủ diện tích lớn nhất có thể của vỏ cell nhưng không che phủ các cơ cấu an toàn hoặc các đầu cực, nhằm bảo đảm gia nhiệt đồng đều cho cụm điện cực bên trong cell.

Tốc độ gia nhiệt tăng dần từ 4 °C/min (7,2 °F/min) đến 7 °C/min (12,6 °F/min) phải được áp dụng đối với bề mặt cell.

Một cặp nhiệt điện phải được đặt ở vị trí trung tâm bên dưới bộ gia nhiệt để xác nhận rằng tốc độ gia nhiệt tăng dần của bộ gia nhiệt đạt được và được duy trì theo yêu cầu.

Nhiệt độ bề mặt cell phải được xác định bằng một cặp nhiệt điện riêng biệt được đặt tại vị trí đại diện nhằm bảo đảm phép đo bề mặt cell ít bị ảnh hưởng nhất bởi bộ gia nhiệt.

Trong trường hợp các bộ gia nhiệt màng mỏng mềm không làm cho cell xuất hiện hiện tượng mất kiểm soát nhiệt, một trong các phương pháp dưới đây phải được áp dụng khi cần thiết cho đến khi cell xuất hiện hiện tượng mất kiểm soát nhiệt:

a) Tác động điện lên cell (ví dụ: nạp quá mức đối với cell, ngắn mạch ngoài đối với cell, phóng điện quá mức đối với cell hoặc các phương pháp khác dựa trên công nghệ hóa học và thiết kế của cell);

b) Phương pháp gia nhiệt thay thế (ví dụ: truyền nhiệt dẫn theo các hình thức khác, bao gồm việc chỉ bao phủ một phần cell bằng các bộ gia nhiệt màng mỏng, sử dụng các thanh gia nhiệt dạng cartridge được chèn giữa các cell, sử dụng bộ gia nhiệt gốm hoặc các tấm gia nhiệt trên môđun pin, hoặc gia nhiệt đối lưu đối với pin thông qua việc sử dụng lò gia nhiệt hoặc phương pháp khác); hoặc

c) Tác động cơ học như đâm xuyên bằng đinh hoặc các chế độ hỏng hóc khác gây ra ngắn mạch bên trong.

Ngoại lệ số 1: Tốc độ gia nhiệt từ 4 °C/min (7,2 °F/min) đến 7 °C/min (12,6 °F/min) có thể không áp dụng khi sử dụng tác động điện theo mục a) để gây ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt của cell.

Ngoại lệ số 2: Tốc độ gia nhiệt có thể lớn hơn 4 °C/min (7,2 °F/min) đến 7 °C/min (12,6 °F/min), tùy thuộc vào phương pháp hoặc thiết bị gia nhiệt được sử dụng theo mục b).

7.3.1.3 Theo 7.3.1.2, khi sử dụng phương pháp lạm dụng cell khác để khởi phát hiện tượng mất kiểm soát nhiệt, các chi tiết của phương pháp đó phải được ghi nhận. Tham khảo Phụ lục Cell Failure Methods trong TCVN 14473 (UL 1973) về các phương pháp thử nghiệm lạm dụng cell có thể được áp dụng.

7.3.1.4 Theo 7.3.1.2, đối với các loại pin khối liền vỏ như ắc quy chì-axit hoặc pin niken-cadimi, pin khối liền vỏ có thể được coi là một cell riêng lẻ cho thử nghiệm này. Xem 7.3.3 để biết phương pháp thay thế đối với ắc quy chì-axit thông hơi, ắc quy chì-axit điều chỉnh bằng van và pin niken-cadimi (Ni-Cd).

7.3.1.5 Trước khi bắt đầu thử nghiệm, phải xác định một mức nhiệt độ bề mặt để ước lượng nhiệt độ tại đó hiện tượng ngắn mạch bên trong cell có thể xảy ra và dẫn đến trạng thái mất kiểm soát nhiệt.

Đối với cell lithium-ion, nhiệt độ bề mặt duy trì phải cao hơn ít nhất 5 °C (9 °F) so với nhiệt độ nóng chảy của vật liệu màng ngăn của cell, được xác định từ dữ liệu nhiệt lượng quét vi sai (DSC) của màng ngăn theo UL 2591 (UL 746A).

Hiện tượng mất kiểm soát nhiệt có thể xảy ra trước khi đạt đến dải nhiệt độ duy trì này. Tuy nhiên, nếu sau thời gian duy trì 4 h tại nhiệt độ đó mà vẫn không đạt được hiện tượng mất kiểm soát nhiệt, thì phải thiết lập lại tốc độ gia nhiệt theo 7.3.1.2 cho đến khi xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt hoặc chứng minh được rằng không thể gây mất kiểm soát nhiệt bằng phương pháp gia nhiệt.

Ngoại lệ: Nếu không có thông tin về màng ngăn hoặc theo quyết định của nhà chế tạo, quá trình gia nhiệt tăng dần có thể được thực hiện liên tục mà không cần giai đoạn duy trì nhiệt độ cho đến khi xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

7.3.1.6 Nếu cell có khả năng xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt do gia nhiệt bên ngoài, cell phải được gia nhiệt cho đến khi hiện tượng mất kiểm soát nhiệt xảy ra.

Nếu cell không xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt khi được gia nhiệt bằng bộ gia nhiệt màng mỏng, phải áp dụng một phương pháp khác được nêu trong 7.3.1.2. Xem 7.3.1.7 đến 7.3.1.11.

Khi sử dụng phương pháp gia nhiệt bên ngoài khác, tốc độ gia nhiệt và nhiệt độ bề mặt cực đại quy định tại 7.3.1.2 và 7.3.1.5 phải được áp dụng.

7.3.1.7 Tiêu chí xác định nhiệt độ bề mặt cực đại tại điểm kết thúc phải được xây dựng dựa trên việc xem xét thiết kế và công nghệ hóa học của cell.

Nhiệt độ bề mặt ngoài của cell phải được đo liên tục trong suốt quá trình thử nghiệm cell bằng đầu nối cặp nhiệt điện được tạo thành từ dây cặp nhiệt điện loại K có cỡ dây 24 AWG hoặc nhỏ hơn.

Vị trí lắp đặt cặp nhiệt điện phải được xác định trong quá trình đánh giá kết cấu.

Tối thiểu, các cặp nhiệt điện phải được lắp đặt tại các vị trí sau trên cell (xem thêm 7.3.1.8):

a) Bên dưới bộ gia nhiệt được đặt trên bề mặt cell để đo tốc độ gia nhiệt bề mặt theo quy định tại 7.3.1.2;

b) Trên bề mặt cell gần bộ gia nhiệt để đo nhiệt độ bề mặt cell và xác định nhiệt độ bề mặt cell tại thời điểm xả khí. Cặp nhiệt điện này không được bị che phủ bởi bộ gia nhiệt; và

c) Tại vị trí lỗ thoát khí của cell (nếu có) để xác định thời điểm cell xả khí. Tùy thuộc vào thiết kế của cell, vị trí đặt cặp nhiệt điện này có thể trùng với vị trí quy định tại mục b) ở trên.

7.3.1.8 Theo 7.3.1.7, các vị trí cụ thể nêu tại a) đến c) có thể không thực hiện được do đặc điểm thiết kế của cell. Do đó, phải lựa chọn các vị trí cặp nhiệt điện bổ sung hoặc thay thế để đo tốc độ gia nhiệt của bộ gia nhiệt, nhiệt độ bề mặt cell, xác định thời điểm cell xả khí và nhiệt độ bề mặt cell tại thời điểm xả khí.

7.3.1.9 Các vị trí cặp nhiệt điện được đề cập trong 7.3.1.7 và 7.3.1.8 không được ảnh hưởng đến hoạt động của cell trong quá trình nạp điện, phóng điện hoặc đến đặc tính mất kiểm soát nhiệt của cell. Tất cả các vị trí cặp nhiệt điện phải được ghi nhận trong báo cáo.

7.3.1.10 Nhiệt độ và thời điểm cell xả khí do áp suất bên trong tăng lên trước khi xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được ghi nhận.

Khi sử dụng các phương pháp lạm dụng cell khác, các cặp nhiệt điện phải được bố trí tại các vị trí tương tự như quy định tại 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8, tùy trường hợp áp dụng.

7.3.1.11 Nhiệt độ tại thời điểm bắt đầu xuất hiện hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được ghi nhận.

Thời điểm bắt đầu xuất hiện hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được xác định là thời điểm tốc độ thay đổi nhiệt độ bề mặt của cell vượt quá tốc độ gia nhiệt do nguồn nhiệt bên ngoài cung cấp, khi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng bộ gia nhiệt ngoài.

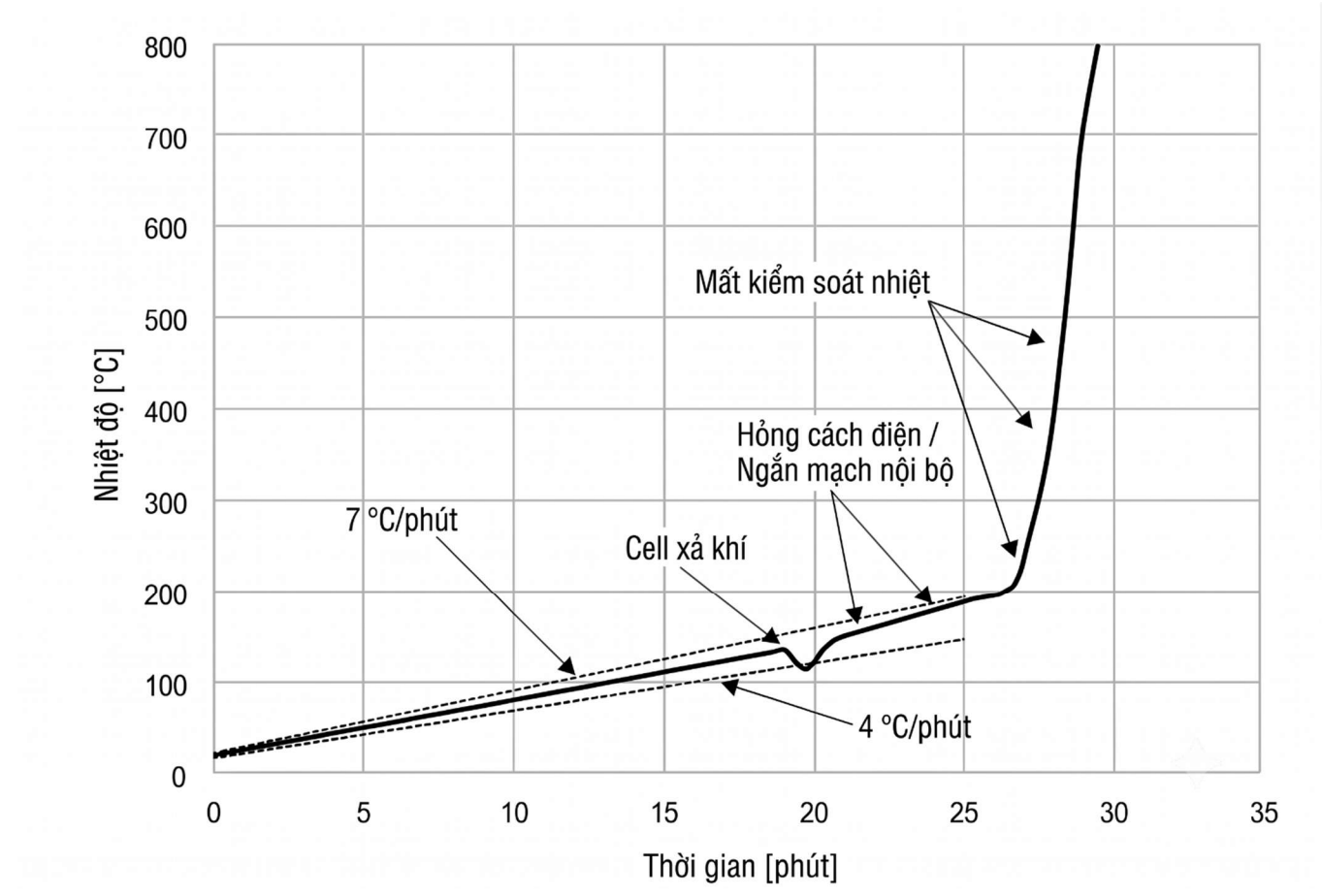
Theo định nghĩa tại 4.30, mất kiểm soát nhiệt là trạng thái mà cell tự gia nhiệt theo cách không thể kiểm soát và không được nhầm lẫn với hiện tượng quá nhiệt chỉ dẫn đến xả khí.

Cell có thể xả khí trước, tuy nhiên khi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng bộ gia nhiệt ngoài, cần tiếp tục gia nhiệt cho đến khi hiện tượng mất kiểm soát nhiệt xảy ra.

Khi sử dụng các phương pháp gây ứng suất khác, cần tiếp tục áp dụng tác động tương ứng, chẳng hạn như tác động cơ học hoặc tác động điện, cho đến khi xuất hiện hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

Xem Hình 7.1 để tham khảo ví dụ minh họa về đường cong nhiệt độ của một cell đã xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

Nếu trong quá trình cell xả khí xuất hiện hiện tượng sụt giảm nhiệt độ tạm thời, có thể cần tăng công suất gia nhiệt để đưa tốc độ gia nhiệt trở lại trong dải quy định.



Hình 7.1 – Ví dụ minh họa về đường cong nhiệt độ của hiện tượng mất kiểm soát nhiệt

7.3.1.12 Khi sử dụng các phương pháp khác ngoài phương pháp gia nhiệt bằng bộ gia nhiệt, các tác động gây ứng suất (ví dụ: tác động điện hoặc tác động cơ học) phải được áp dụng lên cell cho đến khi xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

Hiện tượng mất kiểm soát nhiệt theo định nghĩa tại 4.30 được coi là đã xảy ra, bất kể phương pháp gây ứng suất nào được lựa chọn, khi xuất hiện sự gia tăng nhiệt độ nhanh như minh họa trong Hình 7.1 và không được nhầm lẫn với hiện tượng quá nhiệt đơn thuần chỉ dẫn đến xả khí.

7.3.1.13 Nếu cell xuất hiện hiện tượng mất kiểm soát nhiệt (theo bất kỳ phương pháp nào), phải thử nghiệm thêm 3 mẫu khác bằng cùng phương pháp đó và các mẫu này cũng phải xuất hiện hiện tượng mất kiểm soát nhiệt nhằm chứng minh tính lặp lại của phương pháp thử.

Nhiệt độ xả khí và nhiệt độ khởi phát mất kiểm soát nhiệt phải được tính giá trị trung bình trên các mẫu đã thử nghiệm (không bao gồm mẫu dùng để thu thập khí thoát ra).

Giá trị nhiệt độ trung bình này phải được sử dụng để thiết lập các giới hạn nhiệt độ áp dụng cho các cấp độ thử nghiệm khác trong tiêu chuẩn này.

7.3.2 Thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin dòng chảy (thử nghiệm cấp độ cell)

7.3.2.1 Quy định chung

7.3.2.1.1 Đối với công nghệ pin dòng chảy, khả năng xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được chứng minh bằng cách thử nghiệm bể chứa năng lượng theo phương pháp thử quy định tại 7.3.2.1.2 hoặc 7.3.2.1.3, tùy thuộc vào loại công nghệ pin dòng chảy, nhằm xác định liệu các chất điện phân có tính dễ cháy hay không.

Để thực hiện các thử nghiệm theo 7.3.2.1.2 và 7.3.2.1.3, có thể sử dụng một cell thử nghiệm pin dòng chảy đại diện có kích thước nhỏ để nạp một lượng nhỏ chất điện phân đủ cho mục đích thử nghiệm.

Thử nghiệm phải được thực hiện trong tủ hút khí nếu điều này được quy định trong hướng dẫn của nhà chế tạo thiết bị thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Một số thiết bị hoặc đồ gá thử nghiệm có thể phát thải hơi độc khi được gia nhiệt vượt quá 200 °C (392 °F) do lớp phủ của chúng. Ngoài ra, một số công nghệ pin dòng chảy có thể phát thải một lượng nhỏ hơi độc trong quá trình thử nghiệm này. Khuyến nghị khu vực thử nghiệm phải được thông gió tốt hoặc thử nghiệm được tiến hành dưới tủ hút của phòng thử nghiệm, đồng thời phải sử dụng các phương tiện bảo vệ cá nhân thích hợp.

CHÚ THÍCH 2: Phương pháp thử được lựa chọn có thể yêu cầu bổ sung các điều kiện để bảo đảm môi trường không có luồng gió lùa khi thử nghiệm trong tủ hút khí.

7.3.2.1.2 Tính dễ cháy của các chất điện phân phải được xác định bằng một phương pháp thử thích hợp để xác định khả năng cháy.

Có nhiều phương pháp có thể được sử dụng và việc lựa chọn phương pháp phụ thuộc vào độ nhớt của chất lỏng cũng như dải nhiệt độ điểm chớp cháy dự kiến của chất lỏng đó.

ASTM E502 cung cấp hướng dẫn lựa chọn phương pháp thử thích hợp.

Đối với các chất lỏng có điểm chớp cháy dự kiến cao hơn và có độ nhớt không vượt quá 9,5 × 10^{-6} m^2/s (9,5 cSt) ở 25 °C (77 °F), phải sử dụng ASTM D3828 hoặc ASTM D93.

Tốc độ gia nhiệt được phép thấp đến 4 °C/min (7,2 °F/min), trừ khi phương pháp thử áp dụng quy định tốc độ cao hơn.

Tất cả các thành phần sử dụng trong thiết bị thử nghiệm phải được chế tạo từ vật liệu thích hợp để ngăn ngừa phản ứng hóa học với dung dịch thử nghiệm.

Thể tích dung dịch được thử nghiệm phải được lựa chọn dựa trên tính khả thi đối với dung dịch đó và yêu cầu của thử nghiệm để xác định kết quả.

Thử nghiệm phải được tiếp tục cho đến khi nhiệt độ dung dịch đạt tối đa 200 °C (392 °F) hoặc đạt mức đủ để xác định tính dễ cháy của chất lỏng trong phạm vi áp dụng của phương pháp thử.

Nhiệt độ điểm chớp cháy phải được ghi nhận đối với từng chất điện phân được thử nghiệm.

Nếu không quan sát thấy điểm chớp cháy (tức là không xảy ra hiện tượng bắt cháy), điều này phải được ghi nhận và thử nghiệm có thể kết thúc tại thời điểm đó.

Việc xác định điểm chớp cháy phải được thực hiện trên các chất điện phân đã được nạp điện, đại diện cho trạng thái nạp đầy (100 % SOC).

Nếu sự phóng điện có thể xảy ra do các cơ chế tự nhiên, chẳng hạn như tiếp xúc với không khí theo thời gian, thì phải áp dụng các biện pháp nhằm hạn chế tối đa hiện tượng phóng điện, bao gồm việc tiến hành thử nghiệm xác định điểm chớp cháy ngay sau khi nạp điện cho chất điện phân.

Ngoại lệ: Nếu phương pháp thử yêu cầu tốc độ gia nhiệt dẫn đến nhiệt độ vượt quá giới hạn chịu nhiệt của lớp phủ trong thiết bị thử nghiệm thì tốc độ gia nhiệt phải là 4 °C/min (7,2 °F/min).

7.3.2.1.3 Đối với hệ thống pin dòng chảy sử dụng hai chất điện phân, tính dễ cháy của các chất điện phân lỏng phải được xác định bằng cách thử nghiệm từng chất điện phân theo phương pháp thử thích hợp quy định tại 7.3.2.1.2.

Nếu đã xác định được điểm chớp cháy theo 7.3.2.1.2 thì khả năng xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được chứng minh bằng phương pháp thử quy định tại 7.3.2.2.2 và bằng cách so sánh các nhiệt độ ghi nhận được với nhiệt độ điểm chớp cháy đã xác định theo 7.3.2.1.2.

7.3.2.2 Hệ thống pin dòng chảy sử dụng hai chất điện phân

7.3.2.2.1 Đối với hệ thống pin dòng chảy sử dụng hai chất điện phân, tính dễ cháy của các chất điện phân lỏng phải được xác định bằng cách thử nghiệm từng chất điện phân đã được nạp điện theo phương pháp thử thích hợp quy định tại 7.3.2.1.2.

Nếu đã quan sát được điểm chớp cháy trong thử nghiệm theo 7.3.2.1.2 thì khả năng xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được chứng minh bổ sung bằng phương pháp thử quy định tại 7.3.2.2.2 và bằng cách so sánh các nhiệt độ ghi nhận được trong thử nghiệm đó với nhiệt độ điểm chớp cháy đã xác định theo 7.3.2.1.2.

7.3.2.2.2 Khả năng tăng nhiệt độ do sự cố của pin dòng chảy gây ra bởi sự hỏng hóc của màng ngăn phân cách trong hệ thống sử dụng hai chất điện phân phải được xác định như sau:

Các bể chứa năng lượng trong một cụm cell thử nghiệm pin dòng chảy phải được nạp đến 100 % SOC, sau đó trộn trực tiếp hai chất điện phân đã được nạp điện với lượng bằng nhau trong một bình chứa kín trong khoảng thời gian xấp xỉ 1 min.

Lượng của mỗi chất điện phân được trộn không được nhỏ hơn 1,0 L.

Bình chứa kín sử dụng cho thử nghiệm này phải có dung tích đủ để chứa toàn bộ lượng chất điện phân sau khi trộn và phải được chế tạo từ vật liệu thích hợp nhằm ngăn ngừa phản ứng hóa học với hỗn hợp chất điện phân.

Nhiệt độ của dung dịch sau khi trộn phải được đo liên tục trong suốt quá trình thử nghiệm.

Thử nghiệm kết thúc khi nhiệt độ của dung dịch ổn định trong thời gian tối thiểu 1 h.

Nhiệt độ trộn lớn nhất của mẫu phải được ghi nhận và so sánh với nhiệt độ điểm chớp cháy xác định theo 7.3.2.1.2.

CHÚ THÍCH: Việc trộn các chất điện phân có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau, chẳng hạn như sử dụng máy khuấy từ, bơm tuần hoàn hoặc cơ cấu khác để tạo thành dung dịch đồng nhất.

7.3.2.2.3 Ngoài ra, một pin thử nghiệm đại diện cho hệ thống pin dòng chảy sử dụng hai chất điện phân phải được thử nghiệm ở cấp độ unit theo 9.9 và nhiệt độ của bể chứa năng lượng ghi nhận được trong các thử nghiệm đó phải được so sánh với nhiệt độ điểm chớp cháy xác định theo 7.3.2.1.2.

7.3.2.3 Hệ thống pin dòng chảy sử dụng một chất điện phân

7.3.2.3.1 Đối với công nghệ pin dòng chảy sử dụng một chất điện phân hoạt tính có chứa các hạt kim loại rắn, phải áp dụng phương pháp thử thích hợp quy định tại 7.3.2.1.2 để xác định nhiệt độ điểm chớp cháy.

Chất điện phân được thử nghiệm phải chứa nồng độ danh định của các hạt kim loại có trong chất điện phân của hệ thống ở trạng thái được nạp đầy.

Nếu đã quan sát được điểm chớp cháy trong thử nghiệm theo 7.3.2.1.2 thì khả năng xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được chứng minh bằng các phương pháp thử cấp độ môđun đối với pin dòng chảy theo 9.9 và bằng cách so sánh nhiệt độ của bể chứa năng lượng ghi nhận được trong các thử nghiệm đó với nhiệt độ điểm chớp cháy xác định theo 7.3.2.1.2.

7.3.3 Thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van

7.3.3.1 Các ắc quy chì-axit thông hơi, ắc quy chì-axit điều chỉnh bằng van và pin niken-cadimi (Ni-Cd) phải được thử nghiệm theo thử nghiệm lan truyền mất kiểm soát nhiệt quy định tại Phụ lục H của TCVN 14473 (UL 1973) và theo các yêu cầu từ 7.3.3.2 đến 7.3.3.8.

Thử nghiệm này được thực hiện trên 3 mẫu của một cell đơn hoặc pin đơn khối nhiều cell và nhằm xác định liệu cell hoặc pin có thể bị đưa vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt hay không.

7.3.3.2 Trước khi thử nghiệm, các mẫu thử phải được điều hòa theo 7.2 và sau đó được phóng điện đến trạng thái kết thúc phóng điện quy định.

7.3.3.3 Trong quá trình thử nghiệm, các mẫu phải được lắp đặt trong một hốc thử nghiệm (alcove) được sơn màu đen và cách vách một khoảng bằng khoảng cách phân cách nhỏ nhất do nhà chế tạo khuyến nghị cho ứng dụng sử dụng cuối cùng.

Mẫu thử (DUT) phải được bao quanh bởi các cell hoặc pin đích (target cells/batteries) được bố trí theo các khoảng cách đại diện cho khoảng hở nhỏ nhất giữa các cell hoặc pin do nhà chế tạo quy định.

Các cell hoặc pin đích có thể là các mẫu đã được phóng điện hoặc chỉ là phần vỏ ngoài của cell hoặc pin.

7.3.3.4 Nhiệt độ trên vỏ của DUT, các cell hoặc pin đích và các bề mặt vách lân cận phải được đo trong quá trình thử nghiệm và các giá trị nhiệt độ lớn nhất đo được phải được ghi nhận.

7.3.3.5 Trong quá trình thử nghiệm, các mẫu được phủ bằng một lớp vải màn chỉ thị.

Nhiệt độ trên vỏ bao được giám sát trong suốt quá trình thử nghiệm.

Vải màn chỉ thị phải là vải bông không qua xử lý, có định lượng từ 26 kg đến 28 kg trên 1 000 m² và có mật độ từ 28 đến 32 sợi theo mỗi chiều trong diện tích 6,45 cm² (1 in²).

7.3.3.6 Trong quá trình thử nghiệm, nhiệt độ trên vỏ của cell hoặc pin phải được đo và ghi nhận.

7.3.3.7 Các cell hoặc pin phải được nạp điện ở dòng nạp lớn nhất theo chế độ nạp dòng không đổi cho đến khi đạt điện áp lớn nhất quy định tại a) hoặc b) dưới đây.

Sau đó, việc nạp điện phải được tiếp tục theo chế độ nạp điện áp không đổi trong thời gian 168 h.

a) 2,50 V/cell đối với các cell và pin chì-axit thông hơi (VLA) và chì-axit điều chỉnh bằng van (VRLA); hoặc

b) 1,67 V/cell đối với các cell và pin niken-cadimi.

7.3.3.8 Sau khi thử nghiệm, các mẫu phải được kiểm tra để xác định các dấu hiệu của cháy hoặc nổ.

7.3.4 Thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin nhiệt độ cao

7.3.4.1 Cell phải được nạp điện đến 100 % trạng thái sạc theo quy định của nhà chế tạo.

Tối thiểu ba cặp nhiệt điện phải được lắp đặt trên bề mặt ngoài của cell, trong đó một cặp được đặt tại vị trí trung tâm của mặt dài của cell và hai cặp còn lại được bố trí đối xứng ở hai bên cặp nhiệt điện trung tâm.

Các cell phải được gia nhiệt đến nhiệt độ vận hành do nhà chế tạo quy định trước khi tiến hành tạo hỏng hóc đối với cell và phải được duy trì gia nhiệt trong suốt quá trình thử nghiệm.

Điện áp mạch hở của cell phải được giám sát trong quá trình thử nghiệm.

Tổng cộng bốn mẫu cell phải được thử nghiệm theo phương pháp này.

7.3.4.2 Các cell đã được nạp đầy phải được nạp điện theo phương pháp quy định trong thử nghiệm quá nạp cell đơn tại Phụ lục phương pháp gây lỗi cell của TCVN 14473 (UL 1973) cho đến khi điện áp của cell giảm xuống dưới giới hạn do nhà chế tạo cell quy định.

Tại thời điểm đó, việc nạp điện phải được dừng lại và quan sát ứng xử của cell do tác động của hiện tượng nạp quá mức.

Việc gia nhiệt bên ngoài đối với cell theo điều kiện vận hành do nhà chế tạo quy định phải được tiếp tục sau thời điểm này.

Ngoại lệ số 1: Việc gia nhiệt cell cũng có thể được dừng sau khi ngừng nạp điện nếu không thể duy trì điều khiển bộ gia nhiệt sau khi cell đạt đến trạng thái mất kiểm soát nhiệt.

Ngoại lệ số 2: Nếu không thể gây ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt bằng phương pháp nạp quá mức, phải sử dụng các phương pháp khác như thử nghiệm ngắn mạch hoặc thử nghiệm đâm xuyên bằng đinh được quy định trong Phụ lục phương pháp gây lỗi cell của TCVN 14473 (UL 1973) nhằm cố gắng gây ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

7.3.4.3 Khi nhiệt độ bề mặt cell đã trở về trạng thái ổn định, việc gia nhiệt bên ngoài có thể được dừng lại và cell phải được để nguội đến nhiệt độ phòng.

Sau đó, cell phải được kiểm tra để xác định các dấu hiệu nứt vỡ vỏ bao và sự giải phóng vật liệu hoạt tính bên trong.

Vị trí của bất kỳ chỗ nứt vỡ nào xuất hiện do thử nghiệm phải được kiểm tra và ghi nhận.

7.3.4.4 Theo 7.3.4.3, nhiệt độ được coi là đã đạt trạng thái ổn định khi ba số đọc liên tiếp, được thực hiện tại các khoảng thời gian bằng 10 % thời gian thử nghiệm đã trôi qua trước đó nhưng không nhỏ hơn 5 min, cho thấy không có sự gia tăng nhiệt độ.

7.4 Thử nghiệm xác định thành phần khí xả ra từ cell

7.4.1 Khí xả ra từ cell phải được tạo ra và thu thập bằng cách đưa một cell vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt theo phương pháp đã xác định tại 7.3 bên trong một bình chịu áp suất. Bình chịu áp suất phải có kích thước đủ lớn để chứa cell nhưng không quá lớn đến mức ảnh hưởng đến việc xác định thành phần khí.

Đối với hầu hết các kích cỡ cell thương mại hiện có, khuyến nghị sử dụng bình chịu áp suất có thể tích 82 L (21,7 gallon).

Thử nghiệm phải được bắt đầu trong điều kiện áp suất khí quyển và nồng độ oxy nhỏ hơn 1 % theo thể tích. Các điều kiện khí quyển ban đầu trước khi thử nghiệm phải được ghi nhận.

Ngoại lệ: Các loại pin nhiệt độ cao như pin natri-beta và pin muối nóng chảy thường được hàn kín hoàn toàn (hermetically sealed) và không có lỗ thoát khí hoặc vùng suy yếu kết cấu để giải phóng áp suất như đối với các cell lithium-ion. Khi hỏng hóc, vỏ bao có thể bị nứt vỡ và rò rỉ chất lỏng nóng chảy hoặc các

thành phần bên trong khác của cell. Do đó không có khí xả ra để thu thập và không yêu cầu thực hiện việc thu thập khí theo điều này.

7.4.2 Thành phần khí xả ra từ cell phải được xác định bằng phương pháp sắc ký khí (GC) kết hợp với các kỹ thuật phát hiện thích hợp để định lượng các khí thành phần hoặc bằng các kỹ thuật phân tích khí tương đương nhằm nhận diện các khí hydrocacbon có nguy cơ gây cháy hoặc nổ cũng như các khí khác được yêu cầu đo.

Khí hydro phải được đo bằng cảm biến có khả năng đo nồng độ vượt quá 30 % theo thể tích.

Các điều kiện khí quyển ban đầu trước khi thử nghiệm phải được ghi nhận.

7.4.3 Sau khi xác định thành phần khí xả ra từ cell theo 7.4.2, giới hạn cháy dưới (LFL) của khí xả ra từ cell phải được xác định trên các mẫu hỗn hợp khí tổng hợp mô phỏng thành phần khí đã đo được, theo ASTM E918, ở cả nhiệt độ môi trường và nhiệt độ khí xả ra từ cell.

7.4.4 Hỗn hợp khí tổng hợp mô phỏng phải được sử dụng để xác định vận tốc cháy của khí theo Phụ lục Phương pháp thử nghiệm để đo vận tốc cháy của các khí dễ cháy của ISO 817.

7.4.5 Hỗn hợp khí tổng hợp mô phỏng phải được sử dụng để xác định áp suất nổ cực đại (Pmax) theo EN 15967.

7.5 Thành phần khí phát sinh đối với hệ thống pin dòng chảy

7.5.1 Thành phần khí phát sinh từ thử nghiệm pin dòng chảy theo 7.3.2 phải được xác định bằng cách thực hiện thử nghiệm theo 7.3.2.1.2 trong bình chứa kín và thu thập các khí phát sinh sinh ra; và thu thập các khí phát sinh sinh ra tại các cửa thông hơi và ống dẫn khí trong các thử nghiệm nạp quá mức và ngắn mạch theo 7.3.2.2.2, khi phù hợp với công nghệ pin dòng chảy được đánh giá. Thành phần của các khí được thu thập và giới hạn cháy của chúng phải được xác định theo các phương pháp quy định tại 7.4.2 và 7.4.3 ở cả nhiệt độ môi trường và nhiệt độ lớn nhất được ghi nhận.

7.5.2 Thể tích các khí dễ cháy được đo trong quá trình thử nghiệm phải được quy đổi theo bể chứa năng lượng lớn nhất của hệ thống pin dòng chảy dự kiến nhằm xác định tổng lượng khí dễ cháy có khả năng được sinh ra từ hệ thống trong điều kiện sự cố dẫn đến phát thải khí. Thông tin này phải được đưa vào báo cáo thử nghiệm.

7.6 Thành phần khí phát sinh đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van

7.6.1 Thử nghiệm xác định thành phần khí xả ra từ cell theo 7.4 phải được thực hiện trên một cell hoặc pin monobloc được đưa vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt trên một mẫu thử riêng biệt.

Nếu không thể thu thập khí bằng cách sử dụng bình chịu áp suất theo phương pháp quy định tại 7.4, khí phải được thu thập từ cụm van hoặc cụm thông hơi và dẫn tới một bình thu khí.

Ngoại lệ: Thay cho thử nghiệm khí phát sinh quy định tại 7.4, thành phần khí dễ cháy phát thải từ ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van trong điều kiện mất kiểm soát nhiệt có thể được xác định bằng các phép tính thích hợp theo IEEE 1635/ASHRAE Guide 21.

Lượng khí phát sinh tính toán có thể được xác định theo các giá trị quy định trong Bảng 7.1.

Khi sử dụng phương pháp tính toán này, các đặc tính về giới hạn cháy dưới (LFL), vận tốc cháy và áp suất nổ cực đại (Pmax) của khí phát sinh sẽ được xác định dựa trên các đặc tính của khí hydro quy định tại các mục a) đến c).

Tổng thể tích khí hydro phát thải, tính bằng m^3, được xác định bằng cách sử dụng tốc độ phát thải H_2 tính toán theo các công thức nêu trên trong khoảng thời gian 168 h.

a) Giới hạn cháy dưới (LFL): 4 % theo thể tích trong không khí;

b) Vận tốc cháy: 317 cm/s; và

c) Áp suất nổ cực đại (Pmax): 7,9 ± 0,3 bar.

Bảng 7.1 – Tính toán lượng khí phát sinh

Loại pin	Công thức khí phát sinh dựa trên các giá trị thử nghiệm được sử dụng	
	Tính toán sử dụng C_x (m^3/s)	Tính toán sử dụng P_{15} (m^3/s)
VLA, chì-canxi hoặc chì nguyên chất	$H_{2\text{-rate}} = 1.99 \times 10^{-10} \times n_c \times C_8$	$H_{2\text{-rate}} = 1.53 \times 10^{-7} \times n_c \times P_{15}$
VLA, chì–antimon, EOL	$H_{2\text{-rate}} = 3.98 \times 10^{-9} \times n_c \times C_8$	$H_{2\text{-rate}} = 1.02 \times 10^{-6} \times n_c \times P_{15}$
VLA, chì–selen, EOL	$H_{2\text{-rate}} = 5.47 \times 10^{-10} \times n_c \times C_8$	$H_{2\text{-rate}} = 1.40 \times 10^{-7} \times n_c \times P_{15}$
VLA, chì–selen, EOL	$AsH_{3\text{-rate}} = 8.83 \times 10^{-15} \times n_c \times C_8$	$AsH_{3\text{-rate}} = 2.25 \times 10^{-12} \times n_c \times P_{15}$
VLA, chì–selen, EOL	$SbH_{3\text{-rate}} = 1.02 \times 10^{-13} \times n_c \times C_8$	$SbH_{3\text{-rate}} = 2.60 \times 10^{-11} \times n_c \times P_{15}$
VRLA, AGM	$H_{2\text{-rate}} = 1.54 \times 10^{-10} \times n_c \times C_8$	$H_{2\text{-rate}} = 3.86 \times 10^{-8} \times n_c \times P_{15}$
VRLA, gel	$H_{2\text{-rate}} = 4.48 \times 10^{-10} \times n_c \times C_8$	$H_{2\text{-rate}} = 1.12 \times 10^{-7} \times n_c \times P_{15}$
Ni-Cd, sintered/PBE, pocket, fiber	$H_{2\text{-rate}} = 3.50 \times 10^{-9} \times n_c \times C_5$	–
Ni-Cd, foamed/PBE	$H_{2\text{-rate}} = 6.61 \times 10^{-10} \times n_c \times C_5$	–
Ni-Cd, partially recombinant	$H_{2\text{-rate}} = 1.74 \times 10^{-10} \times n_c \times C_5$	–

$H_{2\text{-rate}}$ – Tốc độ phát thải khí hydro (H_2), tính bằng m^3/s, tại điều kiện khí quyển tiêu chuẩn ở mực nước biển và nhiệt độ 25 °C (77 °F).

$AsH_{3\text{-rate}}$ – Tốc độ phát thải khí arsin (AsH_3), tính bằng m^3/s, tại điều kiện khí quyển tiêu chuẩn ở mực nước biển và nhiệt độ 25 °C (77 °F).

$SbH_{3\text{-rate}}$ – Tốc độ phát thải khí stibin (SbH_3), tính bằng m^3/s, tại điều kiện khí quyển tiêu chuẩn ở mực nước biển và nhiệt độ 25 °C (77 °F).

VLA (Vented Lead Acid) – Ắc quy chì–axit thông hơi.

EOL (End of Life) – Cuối vòng đời sử dụng (được xem là giai đoạn phát thải khí xấu nhất).

VRLA (Valve Regulated Lead Acid) – Ắc quy chì–axit kín khí có van điều áp.

PBE (Plastic Bonded Electrode) – Điện cực liên kết bằng nhựa.

n_c – Số lượng ngăn (cell) của thiết bị được thử nghiệm.

P_{15} – Công suất định mức kW/cell trong 15 phút của một cell ắc quy chì–axit đến điện áp cuối xả 1,67 V ở 25 °C (77 °F).

C_8 – Dung lượng định mức ampe-giờ (Ah) trong 8 giờ của một cell ắc quy chì–axit đến điện áp cuối xả 1,75 V ở 25 °C (77 °F).

C_5 – Dung lượng định mức ampe-giờ (Ah) trong 5 giờ của một cell ắc quy niken–cadimi (NiCd) đến điện áp cuối xả 1,0 V ở 20 °C (68 °F).

CHÚ THÍCH: Ắc quy chì–axit cũng có thể phát thải khí H_2S (hydro sulfua) vào giai đoạn cuối của hiện tượng mất kiểm soát nhiệt. Tuy nhiên, tiêu chuẩn này không cung cấp phương pháp tính toán để xác định lượng khí H_2S phát thải. Nếu cần xác định thể tích H_2S phát thải, có thể áp dụng các phương pháp được nêu trong 7.4.

7.6.2 Thể tích khí hydro được đo trong quá trình thử nghiệm hoặc được tính toán phải được đưa vào báo cáo thử nghiệm.

Giá trị này có thể được sử dụng trong ứng dụng thực tế để xác định các biện pháp bảo vệ phù hợp chống lại hiện tượng cháy bùng (deflagration) hoặc nổ.

CHÚ THÍCH 1: Phụ lục A trình bày phương pháp sử dụng dữ liệu phát thải khí nhằm hỗ trợ xác định nhu cầu áp dụng các biện pháp bảo vệ chống cháy bùng hoặc nổ, đồng thời cung cấp thông tin phục vụ thiết kế các biện pháp

này theo NFPA 68 và NFPA 69.

Thông tin về kiểm soát nổ liên quan đến các đặc tính riêng của khí hydro có thể tham khảo trong Phụ lục Hydrogen Explosion Control của NFPA 2.

CHÚ THÍCH 2: ICC IFC, NFPA 1 và NFPA 855 yêu cầu các hệ thống lắp đặt sử dụng các loại pin này phải được trang bị hệ thống thông gió phù hợp với các yêu cầu của các quy chuẩn và tiêu chuẩn đó.

7.7 Báo cáo thử nghiệm cấp độ cell

7.7.1 Báo cáo thử nghiệm cấp độ cell phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo cell và số hiệu model của cell;

b) Thông tin chi tiết về cell theo 5.1 (bao gồm việc có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không);

c) Dung lượng lưu trữ năng lượng danh định của cell (ví dụ: Ah);

d) Điện áp và dòng điện thu được trong quá trình điều hòa cell;

e) Điện áp mạch hở của cell tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm;

f) Các phương pháp đã được thử và phương pháp được sử dụng để kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt;

g) Nhiệt độ bề mặt tại thời điểm khí bắt đầu được xả ra và nhiệt độ trung bình của các mẫu thử (không bao gồm mẫu dùng để thu thập khí);

h) Nhiệt độ bề mặt ngay trước khi xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt (bao gồm vị trí xuất hiện nhiệt độ lớn nhất) và nhiệt độ trung bình của các mẫu thử (không bao gồm mẫu dùng để thu thập khí);

i) Kết quả đo lượng khí dễ cháy sinh ra và thành phần khí;

j) Giới hạn cháy dưới (LFL) của khí xả ra từ cell;

k) Vận tốc cháy của khí xả ra từ cell; và

l) Áp suất nổ cực đại (Pmax) của khí xả ra từ cell.

7.7.2 Báo cáo thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin dòng chảy

Báo cáo thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin dòng chảy phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo hệ thống pin dòng chảy và số hiệu model (bao gồm việc có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không);

b) Thông tin chi tiết về cụm cell (cell stack) theo 5.4;

c) Thành phần của chất điện phân;

d) Lượng chất điện phân được sử dụng cho thử nghiệm (thử nghiệm xác định điểm chớp cháy và thử nghiệm trộn, nếu áp dụng);

e) Việc có xác định được điểm chớp cháy hay không;

f) Nhiệt độ điểm chớp cháy xác định được đối với từng chất điện phân đã được nạp điện (nếu áp dụng);

g) Nhiệt độ của hỗn hợp các chất điện phân đã được nạp điện sau khi trộn (đối với hệ thống sử dụng hai chất điện phân, nếu áp dụng); và

h) Kết quả đo lượng khí dễ cháy phát thải và thành phần khí.

7.7.3 Báo cáo thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van.

Báo cáo thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo cell hoặc pin monobloc và số hiệu model của cell;

b) Thông tin chi tiết về cell hoặc pin theo 5.1 (bao gồm việc có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không);

c) Công nghệ lưu trữ năng lượng được sử dụng (và việc có phù hợp với UL 9540 hay không, nếu biết);

d) Dung lượng lưu trữ năng lượng danh định của cell hoặc pin (ví dụ: Ah);

e) Điện áp và dòng điện thu được trong quá trình điều hòa cell hoặc pin;

f) Điện áp mạch hở của cell hoặc pin tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thử nghiệm;

g) Các thông số nạp quá áp được sử dụng để kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt;

h) Nhiệt độ bề mặt tại thời điểm khí bắt đầu được xả ra và nhiệt độ trung bình của các mẫu thử (không bao gồm mẫu dùng để thu thập khí);

i) Nhiệt độ bề mặt ngay trước khi xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt (bao gồm vị trí xuất hiện nhiệt độ lớn nhất) và nhiệt độ trung bình của các mẫu thử (không bao gồm mẫu dùng để thu thập khí);

j) Kết quả đo lượng khí dễ cháy sinh ra và thành phần khí, nếu khí được thu thập theo 7.4.

Ngoại lệ: Giá trị tính toán của tổng thể tích khí hydro theo Ngoại lệ của 7.6.1;

k) Giới hạn cháy dưới (LFL) của khí xả ra từ cell hoặc pin;

l) Vận tốc cháy (Su) của khí xả ra từ cell hoặc pin;

m) Áp suất nổ cực đại (Pmax) của khí xả ra từ cell hoặc pin;

n) Khoảng cách phân cách từ cell hoặc pin khởi phát đến các bề mặt vách đích;

o) Khoảng cách phân cách từ cell hoặc pin khởi phát đến cell hoặc pin đích;

p) Nhiệt độ lớn nhất của bề mặt vách và của cell hoặc pin đích đạt được trong quá trình thử nghiệm, cùng với vị trí của cặp nhiệt điện đo tương ứng.

7.7.4 Báo cáo thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin nhiệt độ cao

Báo cáo thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin nhiệt độ cao phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo cell, hóa học cell và số hiệu model của cell;

b) Thông tin chi tiết về cell theo 5.1 (bao gồm việc có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không);

c) Điện áp danh định và dung lượng lưu trữ năng lượng danh định của cell (ví dụ: Ah);

d) Điện áp, nhiệt độ và dòng điện thu được trong quá trình điều hòa cell;

e) Điện áp mạch hở của cell tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thử nghiệm;

f) Các thông số nạp quá áp được sử dụng để kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt hoặc thông tin chi tiết về (các) phương pháp gây hỏng hóc khác theo Ngoại lệ của 7.3.4.2 được sử dụng để kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt;

g) Nhiệt độ bề mặt ngay trước khi xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt (bao gồm vị trí xuất hiện nhiệt độ lớn nhất) và nhiệt độ trung bình của các mẫu thử;

h) Các bằng chứng về hiện tượng nứt vỡ hoặc nổ của cell phải được ghi nhận; và

i) Vị trí nứt vỡ của vỏ bao và bằng chứng về sự phát thải vật liệu hoạt tính nóng chảy phải được ghi nhận.

7.8 Tính năng – thử nghiệm cấp độ cell

7.8.1 Không yêu cầu thực hiện thử nghiệm cấp độ môđun quy định tại Điều 8 nếu đáp ứng các điều kiện tính năng sau:

a) Không thể kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt trong cell; và

b) Khí xả ra từ cell không gây nguy cơ cháy khi trộn với bất kỳ tỷ lệ thể tích không khí nào, được xác định theo ASTM E918 ở cả nhiệt độ môi trường và nhiệt độ khí xả ra.

7.9 Tính năng – thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin dòng chảy

7.9.1 Đối với pin dòng chảy, không yêu cầu thực hiện các thử nghiệm tiếp theo nếu các điều kiện tính năng sau đây được đáp ứng trong quá trình thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt:

a) Chất điện phân được thử nghiệm theo phương pháp quy định tại 7.3.2.1.2 không bốc cháy; và

b) Đối với hệ thống pin dòng chảy sử dụng hai chất điện phân, nhiệt độ lớn nhất của dung dịch sau khi trộn được đo theo 7.3.2.2.2 thấp hơn 200 °C (392 °F).

7.10 Tính năng – thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van

7.10.1 Đối với ắc quy chì-axit và pin Ni-Cd thông hơi hoặc điều chỉnh bằng van, không yêu cầu thực hiện các thử nghiệm tiếp theo (tức là thử nghiệm cấp độ unit và cấp độ lắp đặt) nếu không thể kích hoạt hiện

tượng mất kiểm soát nhiệt trong cell hoặc pin monobloc trong quá trình thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt.

7.10.2 Mức tăng nhiệt độ đo được trên các bề mặt vách không được vượt quá 97 °C (175 °F) so với nhiệt độ môi trường.

7.10.3 Nhiệt độ trên bề mặt vỏ của các pin đích không được vượt quá nhiệt độ danh định của vật liệu chế tạo vỏ (RTI có xét đến khả năng chịu va đập) hoặc nhiệt độ lớn nhất cho phép đối với chế độ vận hành ngắn hạn, tùy theo giá trị nào nhỏ hơn.

7.10.4 Kết quả từ thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt có thể được ngoại suy (scaled) tương ứng với phòng hoặc khu vực lắp đặt nhỏ nhất dự kiến.

7.11 Tính năng – thử nghiệm xác định hiện tượng mất kiểm soát nhiệt đối với pin nhiệt độ cao

7.11.1 Đối với pin nhiệt độ cao, không yêu cầu thực hiện các thử nghiệm tiếp theo (tức là thử nghiệm cấp độ môđun, cấp độ unit và cấp độ lắp đặt) nếu không thể kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt trong cell hoặc không có bằng chứng về hiện tượng nứt vỡ vỏ cell và phát thải các thành phần bên trong của cell.

8 Thử nghiệm cấp độ môđun

8.1 Mẫu thử

8.1.1 Trước khi thử nghiệm, các mẫu môđun phải được điều hòa thông qua tối thiểu 2 chu kỳ nạp và phóng điện theo phương pháp do nhà chế tạo quy định nhằm xác nhận môđun hoạt động bình thường. Mỗi chu kỳ phải bao gồm Nạp điện đến 100 % SOC và để nghỉ tối đa 8 h sau đó phóng điện đến điện áp kết thúc phóng điện (EODV) do nhà chế tạo môđun quy định. Trong quá trình điều hòa, nhiệt độ môi trường và các điều kiện môi trường phải được duy trì theo 8.2.1.

8.1.2 Môđun được thử nghiệm phải được nạp điện đến 100 % SOC hoặc đến điện áp nạp đầy do nhà chế tạo quy định và được để nghỉ tối thiểu 1 h trước khi bắt đầu thử nghiệm.

8.1.3 Trước khi bắt đầu thử nghiệm, điện áp của môđun phải được đo tại các đầu cực của môđun và được ghi nhận. Nếu môđun chưa ở trạng thái được nạp đầy, môđun phải được nạp điện lại theo quy định tại 8.1.2 và giá trị điện áp này phải được ghi nhận.

8.1.4 Các thiết bị điện tử và các chức năng điều khiển bằng phần mềm, chẳng hạn như hệ thống quản lý pin (BMS), không được dựa vào để thực hiện thử nghiệm này.

8.2 Phương pháp thử

8.2.1 Điều kiện môi trường phòng thử nghiệm trong nhà tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm phải là:

Nhiệt độ: 25 ± 5 °C (77 ± 9 °F); và

Độ ẩm tương đối: 50 ± 25 % RH.

8.2.2 Thử nghiệm phải được thực hiện dưới chụp hút khói có kích thước phù hợp để thu gom các khí sinh ra từ môđun.

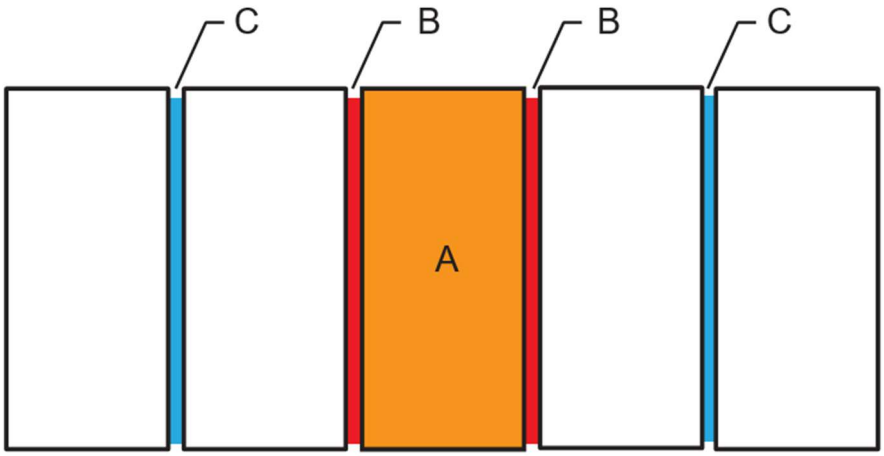
8.2.3 Khối lượng của môđun phải được ghi nhận trước và sau khi hoàn thành thử nghiệm để xác định lượng suy giảm khối lượng, trừ trường hợp môđun bị tiêu hủy bởi đám cháy; trường hợp này phải được nêu trong báo cáo.

8.2.4 Số lượng cell trong môđun được cưỡng bức vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt có thể là một hoặc nhiều cell, phụ thuộc vào năng lượng chứa trong từng cell và thiết kế của môđun.

Kết quả thử nghiệm cấp độ cell và thiết kế của môđun phải được sử dụng làm cơ sở để xác định phương án thử nghiệm nhằm đạt được hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell sang cell trong môđun. Vị trí của cell hoặc các cell được cưỡng bức vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt phải được lựa chọn sao cho tạo ra mức phơi nhiễm nhiệt lớn nhất đối với các cell lân cận không được cưỡng bức vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt. Các yếu tố cần xem xét bao gồm lựa chọn các vị trí trong môđun mà sự truyền nhiệt tới các cell khác là lớn nhất, các vị trí có sự làm mát do thông gió bị hạn chế hoặc bị cản trở, các vị trí cách xa cảm biến nhiệt, thiết bị phát hiện và các điểm phun/xả của hệ thống chữa cháy.

8.2.5 Theo 8.2.4, phải cưỡng bức một số lượng cell đủ lớn vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt để tạo ra hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell sang cell trong môđun. Hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell sang cell được coi là xảy ra khi có ít nhất một cell không khởi phát bổ sung bị mất kiểm soát nhiệt trong quá trình thử nghiệm. Nếu các cell không khởi phát chỉ xả khí trong quá trình thử nghiệm thì không được coi là hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt. Nếu không đạt được hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt, thử nghiệm phải được lặp lại với số lượng cell khởi phát nhiều hơn. Ví dụ, đối với thiết kế môđun sử dụng các cell có dung lượng lớn hơn 10 Ah, có thể chỉ cần cưỡng bức tối đa 3 cell vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt; đối với thiết kế môđun sử dụng các cell có dung lượng nhỏ hơn 10 Ah, có thể cần cưỡng bức lượng cell có tổng dung lượng tương đương tối đa 30 Ah vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt. Nhiệt độ phải được đo trên các cell khởi phát và các cell không khởi phát lân cận để xác định hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell sang cell. Nếu hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell sang cell vẫn không đạt được ngay cả khi tăng số lượng cell khởi phát, có thể kết luận rằng hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt không thể xảy ra.

CHÚ THÍCH: Để tạo ra hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell sang cell trong môđun, có thể cần phải loại bỏ lớp cách nhiệt hoặc lớp cách điện nằm giữa bộ gia nhiệt và cell khởi phát nhằm cho phép lắp đặt bộ gia nhiệt mà không làm thay đổi đáng kể thiết kế của môđun. Xem Hình 8.1.



A – Cell khởi phát

B – Bộ gia nhiệt (thể hiện bằng màu đỏ), trong đó lớp cách nhiệt hoặc lớp cách điện được loại bỏ khi cần thiết để bố trí bộ gia nhiệt

C – Lớp cách nhiệt hoặc lớp cách điện giữa các cell (thể hiện bằng màu xanh)

Hình 8.1 – Ví dụ về cell khởi phát trong môđun sử dụng bộ gia nhiệt màng mềm hoặc bộ gia nhiệt bên ngoài

8.2.6 Theo 8.2.5, nhiệt độ phải được đo trên các cell khởi phát và các cell không khởi phát ở lân cận để xác định hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt. Nhiệt độ cũng phải được đo trên bề mặt ngoài của vỏ môđun tại khu vực gần nhất với vị trí của cell khởi phát.

8.2.7 Phương pháp được sử dụng để kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt theo 7.3 phải được áp dụng để kích hoạt hiện tượng mất kiểm soát nhiệt trong môđun.

8.2.8 Theo 8.2.7, việc xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phải được xác nhận bằng nhiệt độ duy trì ở mức cao hơn nhiệt độ bề mặt cell tại thời điểm bắt đầu xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt, được xác định theo 7.3.1.11.

8.2.9 Môđun phải được đặt trên một bề mặt nằm ngang không cháy, với tư thế lắp đặt đại diện cho cấu hình lắp đặt thực tế cuối cùng.

8.2.10 Tốc độ tỏa nhiệt do phản ứng hóa học của môđun trong trạng thái mất kiểm soát nhiệt phải được đo bằng phương pháp nhiệt lượng kế tiêu thụ oxy.

8.2.11 Tốc độ tỏa nhiệt do phản ứng hóa học phải được đo trong suốt thời gian thử nghiệm. Xem 8.2.12.

8.2.12 Tốc độ tỏa nhiệt do phản ứng hóa học phải được đo bằng hệ thống đo gồm máy phân tích oxy kiểu thuận từ, máy phân tích cacbon dioxit và cacbon monoxit hồng ngoại không tán sắc, đầu dò vận tốc (velocity probe) và cặp nhiệt điện loại K. Các thiết bị đo phải được lắp đặt trong ống dẫn khí thải của

nhiệt lượng kế đo tốc độ tỏa nhiệt tại vị trí làm giảm tối đa ảnh hưởng của các đoạn uốn cong hoặc các thiết bị trên đường thoát khí. Xem 8.2.13.

8.2.13 Theo 8.2.12, tốc độ tỏa nhiệt do phản ứng hóa học tại từng lưu lượng phải được tính như sau:

$$HRR_t = \left[E \times \phi - (E_{co} - E) \times \frac{1-\phi}{2} \times \frac{X_{co}}{X_{O_2}}\right] \times \frac{\dot{m}_e}{1+\phi \times (\alpha - 1)} \times \frac{M_{O_2}}{M_a} \times (1 - X^{\circ}_{H_2O}) \times X^{\circ}_{O_2}$$

Trong đó:

HRR_t = tổng tốc độ tỏa nhiệt, là hàm theo thời gian (kW);

E = nhiệt lượng thuần giải phóng khi cháy hoàn toàn trên một đơn vị khối lượng oxy tiêu thụ (đã hiệu chỉnh theo lượng oxy chứa trong thành phần hóa học của cell), bằng 13 100 kJ/kg;

ECO = nhiệt lượng thuần giải phóng khi CO cháy hoàn toàn trên một đơn vị khối lượng oxy tiêu thụ (đã hiệu chỉnh theo lượng oxy chứa trong thành phần hóa học của cell), bằng 17 600 kJ/kg;

ϕ = hệ số suy giảm oxy (không thứ nguyên), trong đó:

$$\phi = \frac{X^{\circ}_{O_2} \times [1 - X_{CO_2} - X_{CO}] - X_{O_2} \times [1 - X^{\circ}_{CO_2}]}{X^{\circ}_{O_2} \times [1 - X_{O_2} - X_{CO_2} - X_{CO}]}$$

X_{CO} = phần mol đo được của CO trong dòng khí thải (không thứ nguyên);

X_{CO_2} = phần mol đo được của CO_2 trong dòng khí thải (không thứ nguyên);

$X°_{CO_2}$ = phần mol đo được của CO_2 trong không khí đầu vào (không thứ nguyên);

$X°_{H_2O}$ = phần mol đo được của H_2O trong không khí đầu vào (không thứ nguyên);

X_{O_2} = phần mol đo được của O_2 trong dòng khí thải (không thứ nguyên);

$X°_{O_2}$ = phần mol đo được của O_2 trong không khí đầu vào (không thứ nguyên);

α = hệ số giãn nở do cháy (không thứ nguyên; thông thường có giá trị bằng 1,105);

M_a = khối lượng phân tử của không khí đầu vào và khí thải (29 kg/kmol);

M_{O_2} = khối lượng phân tử của oxy (32 kg/kmol);

$\dot{m}_e$ = lưu lượng khối lượng trong ống dẫn khí thải (kg/s), trong đó:

$$\dot{m}_e = C \times \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}}$$

hoặc

$$\dot{m}_e = 26.54 \times \frac{A \times k_c}{f(\mathrm{Re})} \times \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}}$$

C = hệ số của tấm lỗ tiết lưu (orifice plate coefficient) ($kg^{1/2} \cdot m^{1/2} \cdot K^{1/2}$);

Δp = độ chênh áp qua tấm lỗ tiết lưu hoặc đầu dò hai chiều (Pa);

T_e = nhiệt độ khí cháy tại vị trí tấm lỗ tiết lưu hoặc đầu dò hai chiều (K);

A = diện tích tiết diện ngang của ống dẫn (m^2);

k_c = hệ số dạng của phân bố vận tốc (không thứ nguyên).

f(Re) = hệ số hiệu chỉnh theo số Reynolds (không thứ nguyên).

8.2.14 Hàm lượng hydrocarbon trong khí xả ra phải được đo bằng phương pháp phát hiện ion hóa ngọn lửa (FID). Khí hydro phải được đo bằng cảm biến phù hợp với dải nồng độ khí dự kiến cũng như khả năng chịu được các chất gây nhiễu dự kiến có trong khí, chẳng hạn như cảm biến trạng thái rắn màng mỏng palladi-niken. Tùy thuộc vào thành phần khí phát sinh dự kiến từ cell, có thể cần sử dụng nhiều cảm biến để bao phủ dải nồng độ rộng hơn.

8.2.15 Theo yêu cầu của nhà chế tạo hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS), các thành phần hydrocarbon trong thành phần khí xả ra có thể được đo bổ sung bằng máy quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) có độ phân giải tối thiểu là 1 cm^{-1} và chiều dài đường quang tối thiểu là 2 m (6,6 ft) hoặc bằng thiết bị phân tích khí tương đương. Các phép đo vận tốc và nhiệt độ phải được thực hiện tương ứng trong ống dẫn khí thải của nhiệt lượng kế đo tốc độ tỏa nhiệt bằng các thiết bị được quy định tại 8.2.12.

8.2.16 Độ truyền sáng trong ống dẫn khí thải của nhiệt lượng kế đo tốc độ tỏa nhiệt phải được đo bằng nguồn sáng trắng và đầu dò quang trong suốt thời gian thử nghiệm, đồng thời tốc độ phát thải khói phải được tính toán. Xem 8.2.17.

8.2.17 Tốc độ phát thải khói phải được tính như sau:

$$SRR = 2.303\left(\frac{V}{D}\right) Log_{10}\left(\frac{I_o}{I}\right)$$

Trong đó:

SRR = tốc độ phát thải khói (m^2/s);

V = lưu lượng thể tích của dòng khí trong ống dẫn khí thải (m^3/s);

D = đường kính ống dẫn (m);

I_0 = tín hiệu độ truyền sáng của chùm sáng chuẩn (trước khi thử nghiệm) (V);

I = tín hiệu độ truyền sáng trong quá trình thử nghiệm (V).

8.3 Phương pháp thử môđun đối với pin nhiệt độ cao

8.3.1 Quy trình thử môđun quy định tại 8.2 phải được sửa đổi theo các yêu cầu tại 8.3.2 đến 8.3.5. Trong quá trình thử nghiệm, môđun phải được đặt trên một bề mặt nằm ngang không cháy, với hướng lắp đặt đại diện cho cấu hình lắp đặt cuối cùng dự kiến.

8.3.2 Môđun phải được nạp đầy trước khi thử nghiệm và được gia nhiệt đến nhiệt độ vận hành do nhà chế tạo quy định. Môđun phải được trang bị các kết nối điện tới cell hoặc các cell được gây hỏng nhằm thực hiện quá nạp cho cell hoặc các cell đó.

8.3.3 Phương pháp thử gây hỏng cell quy định tại 7.3.4 phải được thực hiện trên ít nhất một cell trong môđun. Trong quá trình thử nghiệm, phải giám sát và ghi lại điện áp của cell hoặc các cell được gây hỏng, nhiệt độ của cell hoặc các cell được gây hỏng, nhiệt độ của các cell lân cận. Điện áp của môđun cũng phải được giám sát trong suốt quá trình thử nghiệm.

8.3.4 Các cặp nhiệt điện phải được bố trí trên vỏ ngoài của môđun để giám sát bất kỳ sự suy giảm hoặc hỏng hóc nào của lớp cách nhiệt trong vỏ môđun. Không thực hiện các phép đo tốc độ tỏa nhiệt hóa học, tốc độ phát thải khói, các phép đo khí phát sinh.

8.3.5 Kết quả của việc gây hỏng cell hoặc các cell phải được quan sát và lập hồ sơ.

8.4 Báo cáo thử nghiệm cấp môđun

8.4.1 Báo cáo thử nghiệm cấp môđun phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo môđun và mã kiểu của môđun (và môđun có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không);

b) Số lượng cell trong môđun;

c) Cấu hình môđun, bao gồm cách thức kết nối các cell nối tiếp và song song;

d) Các đặc điểm kết cấu của môđun theo 5.2;

e) Điện áp môđun tương ứng với trạng thái nạp (SOC) được thử nghiệm;

f) Phương pháp được sử dụng để khởi phát mất kiểm soát nhiệt, bao gồm số lượng và vị trí các cell được sử dụng để khởi phát mất kiểm soát nhiệt;

g) Dữ liệu tốc độ tỏa nhiệt theo thời gian;

h) Dữ liệu về sự sinh khí cháy được và thành phần khí;

i) Tốc độ phát thải khói cực đại và dữ liệu tổng lượng khói phát thải;

j) Các quan sát về mảnh vỡ văng ra hoặc hiện tượng khí bị phóng thích mang tính nổ;

k) Các quan sát về tia lửa điện, hồ quang điện hoặc các hiện tượng điện khác;

l) Nhận dạng/vị trí của cell hoặc các cell xuất hiện mất kiểm soát nhiệt bên trong môđun;

m) Vị trí và ước lượng bằng quan sát trực quan về phạm vi lan truyền ngọn lửa và thời gian cháy từ môđun phải được lập hồ sơ;

n) Khối lượng hao hụt của môđun dựa trên các phép đo theo 8.2.3;

o) Video của quá trình thử nghiệm; và

p) Tóm tắt báo cáo thử nghiệm cấp cell.

8.4.2 Báo cáo thử nghiệm cấp môđun đối với pin nhiệt độ cao theo 8.3 phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo môđun và mã kiểu của môđun (và môđun có phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) hay không);

b) Số lượng cell trong môđun;

c) Cấu hình môđun, bao gồm cách thức kết nối các cell nối tiếp và song song;

d) Các đặc điểm kết cấu của môđun theo 5.2;

e) Điện áp môđun tương ứng với trạng thái nạp (SOC) được thử nghiệm tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thử nghiệm;

f) Các thông số quá áp khi nạp được sử dụng để khởi phát mất kiểm soát nhiệt hoặc chi tiết của (các) phương pháp gây hỏng khác theo Ngoại lệ của 7.3.4.2 được sử dụng để khởi phát mất kiểm soát nhiệt, bao gồm số lượng và vị trí các cell được sử dụng để khởi phát mất kiểm soát nhiệt;

g) Các quan sát về mảnh vỡ văng ra, sự phá hủy vỏ bao che của môđun hoặc hiện tượng khí bị phóng thích mang tính nổ;

h) Các quan sát về tia lửa điện, hồ quang điện hoặc các hiện tượng điện khác;

i) Nhận dạng/vị trí của cell hoặc các cell xuất hiện mất kiểm soát nhiệt bên trong môđun.

j) Vị trí và ước lượng bằng quan sát trực quan về phạm vi lan truyền ngọn lửa và thời gian cháy từ môđun phải được lập hồ sơ;

k) Nhiệt độ lớn nhất đo được trên vỏ môđun; và

l) Video của quá trình thử nghiệm.

8.5 Tính năng ở cấp môđun

8.5.1 Không yêu cầu thực hiện thử nghiệm cấp độ unit quy định tại Điều 9 nếu tất cả các điều kiện tính năng sau đây được đáp ứng trong quá trình thử nghiệm cấp môđun:

a) Khí thoát ra từ cell là khí không cháy được, được xác định theo thử nghiệm cấp cell;

b) Không có sự lan truyền ngọn lửa ra ngoài môđun; và

c) Nhiệt độ bề mặt bên ngoài của môđun không vượt quá nhiệt độ thoát khí của cell, được đo tại vị trí lân cận cell khởi phát, nơi dự kiến chịu tác động nhiệt lớn nhất.

8.6 Tính năng ở cấp môđun đối với pin nhiệt độ cao

8.6.1 Không yêu cầu thực hiện thử nghiệm cấp độ unit quy định tại Điều 9 nếu các điều kiện tính năng sau đây được đáp ứng trong quá trình thử nghiệm cấp môđun:

a) Hiện tượng mất kiểm soát nhiệt được khống chế bởi thiết kế của môđun; và

b) Không xảy ra rò rỉ vật liệu nguy hiểm, phá hủy vỏ môđun hoặc nổ kèm theo mảnh vỡ văng ra.

9 Cấp độ unit

9.1 Quy định chung

9.1.1 Thử nghiệm cấp độ unit được thiết kế nhằm đánh giá khả năng của thiết kế hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) trong việc kiểm soát hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt, trong đó điều kiện mất kiểm soát nhiệt ban đầu được thiết lập từ quy trình thử nghiệm cấp môđun theo 8.2.4 và được sử dụng làm điều kiện khởi phát. Thử nghiệm cấp độ unit được yêu cầu đối với một trong các trường hợp sau:

a) BESS điện hóa dùng trong dân dụng có dung lượng lớn hơn 20 kWh;

b) BESS điện hóa dùng trong dân dụng có khoảng cách phân ly nhỏ hơn 0,9 m (3 ft) giữa các BESS hoặc giữa BESS với cửa sổ hoặc cửa ra vào;

c) BESS điện hóa dùng trong dân dụng có dung lượng lớn hơn 1 kWh và được thiết kế để sử dụng bên trong một đơn vị nhà ở;

d) BESS điện hóa dùng trong dân dụng có vỏ bao che phi kim loại; hoặc

e) BESS điện hóa có tích hợp hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt trong BESS, chẳng hạn như hệ thống làm mát phun trực tiếp.

9.1.2 Đối với tất cả các BESS điện hóa khác không thuộc các trường hợp quy định tại 9.1.1 a) đến e), không yêu cầu thực hiện Thử nghiệm cấp độ unit và phải thực hiện Thử nghiệm cháy quy mô lớn cấp lắp đặt theo Điều 10.

9.1.3 Thử nghiệm cấp độ unit phải được thực hiện với các unit BESS được lắp đặt theo hướng dẫn của nhà chế tạo và các yêu cầu trong điều này. Các cấu hình thử nghiệm có thể bao gồm các cấu hình sau:

a) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích phi dân dụng, lắp đặt trong nhà, đặt trên sàn;

b) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích dân dụng, lắp đặt trong nhà, đặt trên sàn;

c) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích phi dân dụng, lắp đặt ngoài trời, đặt trên mặt đất;

d) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích dân dụng, lắp đặt ngoài trời, đặt trên mặt đất;

e) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích phi dân dụng, lắp đặt trong nhà, gắn vách;

f) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích dân dụng, lắp đặt trong nhà, gắn vách;

g) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích phi dân dụng, lắp đặt ngoài trời, gắn vách;

h) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích dân dụng, lắp đặt ngoài trời, gắn vách;

i) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt trên mái nhà;

j) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích dân dụng lắp đặt trên mái nhà; và

k) Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bằng điện hóa dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt trong bãi đỗ xe thông thoáng.

9.1.4 Thử nghiệm ở cấp độ unit yêu cầu một unit BESS khởi phát, trong đó trạng thái mất kiểm soát nhiệt dẫn đến lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ pin sang pin theo thử nghiệm cấp môđun quy định tại 8.2.4 được tạo ra, cùng với các unit BESS mục tiêu liền kề đại diện cho một hệ thống lắp đặt thực tế.

Các thử nghiệm được thực hiện đối với hệ thống lắp đặt trong nhà, đặt trên sàn dành cho BESS dân dụng có thể được coi là đại diện cho cả hệ thống lắp đặt trong nhà đặt trên sàn và hệ thống lắp đặt ngoài trời đặt trên mặt đất.

Các thử nghiệm phải được thực hiện trong nhà với các nguy cơ lan truyền cháy và khoảng cách tách biệt giữa unit khởi phát và các unit mục tiêu đại diện cho điều kiện lắp đặt thực tế.

Kết quả của các thử nghiệm này đối với BESS dân dụng cũng có thể được coi là đại diện cho lắp đặt ngoài trời.

Ví dụ về các cấu hình thử nghiệm tiềm năng được thể hiện trong Hình 9.1, Hình 9.2 và Hình 9.3.

Ngoại lệ: Thử nghiệm có thể được thực hiện ngoài trời đối với các hệ thống chỉ предназначен cho lắp đặt ngoài trời nếu đáp ứng các biện pháp kiểm soát và điều kiện môi trường sau:

a) Sử dụng màn chắn gió và duy trì tốc độ gió tối đa ≤ 12 mph;

b) Nhiệt độ môi trường nằm trong khoảng từ 10 °C đến 40 °C (50 °F đến 104 °F);

c) Độ ẩm tương đối < 90 % RH;

d) Có đủ ánh sáng để quan sát quá trình thử nghiệm;

e) Không có mưa hoặc các dạng giáng thủy khác trong quá trình thử nghiệm;

f) Có biện pháp kiểm soát thảm thực vật và vật liệu cháy trong khu vực thử nghiệm nhằm tránh ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm và ngăn ngừa cháy lan ngoài ý muốn từ khu vực thử nghiệm; và

g) Có các biện pháp bảo vệ nhằm ngăn chặn người không có thẩm quyền tiếp cận khu vực thử nghiệm và ngăn ngừa việc con người bị phơi nhiễm trước các nguy hiểm phát sinh từ quá trình thử nghiệm.

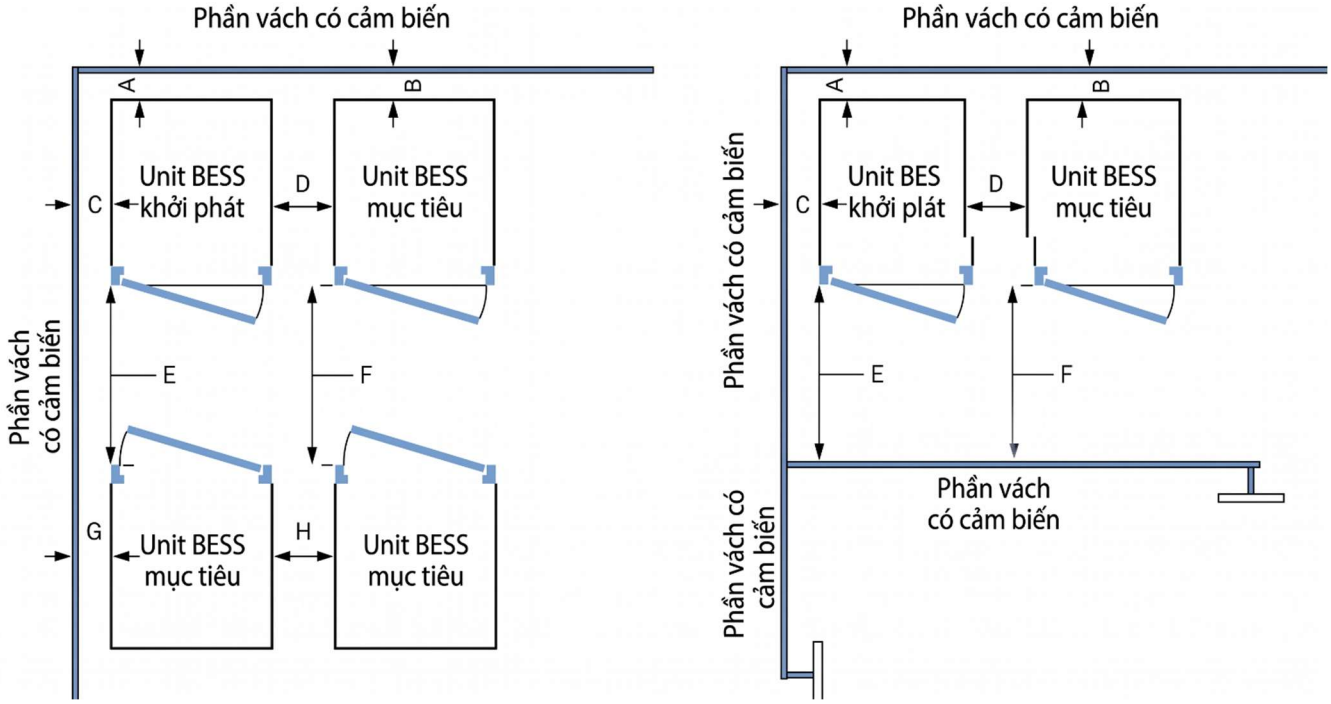
9.1.5 Đối với các pin nhiệt độ cao dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt ngoài trời trong container, thử nghiệm ở cấp độ unit được miễn thực hiện vì không có thêm thông tin nào cần thu thập ở cấp độ unit đối với công nghệ này khi chỉ sử dụng ngoài trời.

Thay vào đó, thử nghiệm ở cấp lắp đặt phải được thực hiện theo 10.12.

9.1.6 Đối với các hệ thống lắp đặt mà các môđun pin nhiệt độ cao không được lắp trên giá đỡ mà được bố trí trong các khoang riêng biệt bên trong container, môđun được coi là unit thử nghiệm cho thử nghiệm quy định tại 10.12. Xem 10.12.1 và 10.12.2.

9.1.7 Tùy thuộc vào cấu hình và thiết kế của BESS (ví dụ: BESS được cấu thành từ nhiều bộ phận riêng biệt nằm trong các vỏ bọc riêng), thử nghiệm này nhằm xác định đặc tính cháy có thể được thực hiện ở cấp hệ thống pin. Tính phù hợp của phương pháp này phải được xác định dựa trên thiết kế tổng thể của BESS và việc phân tích hệ thống pin như một đại diện cho toàn bộ BESS đối với các vấn đề liên quan đến đặc tính cháy.

9.1.8 Khi hướng dẫn của nhà chế tạo chỉ ra rằng BESS có thể được lắp đặt ngoài trời và trong các bãi đỗ xe thông thoáng với khoảng cách nhỏ hơn 3 m (10 ft) so với lối thoát nạn hoặc các đối tượng cần bảo vệ khác, thì việc thử nghiệm phải được thực hiện theo quy định trong điều này.



Bên trái: Bố trí các unit BESS gồm từ hai hàng trở lên.

Bên phải: Bố trí các unit BESS gồm một hàng duy nhất.

A = Khoảng cách tách biệt giữa unit BESS khởi phát và phần vách có lắp thiết bị đo ở phía sau unit BESS khởi phát.

B = Khoảng cách tách biệt giữa unit BESS mục tiêu và phần vách có lắp thiết bị đo ở phía sau unit BESS mục tiêu.

C = Khoảng cách tách biệt giữa unit BESS khởi phát và phần vách có lắp thiết bị đo ở bên cạnh unit BESS khởi phát.

D = Khoảng cách tách biệt giữa unit BESS khởi phát và unit BESS mục tiêu.

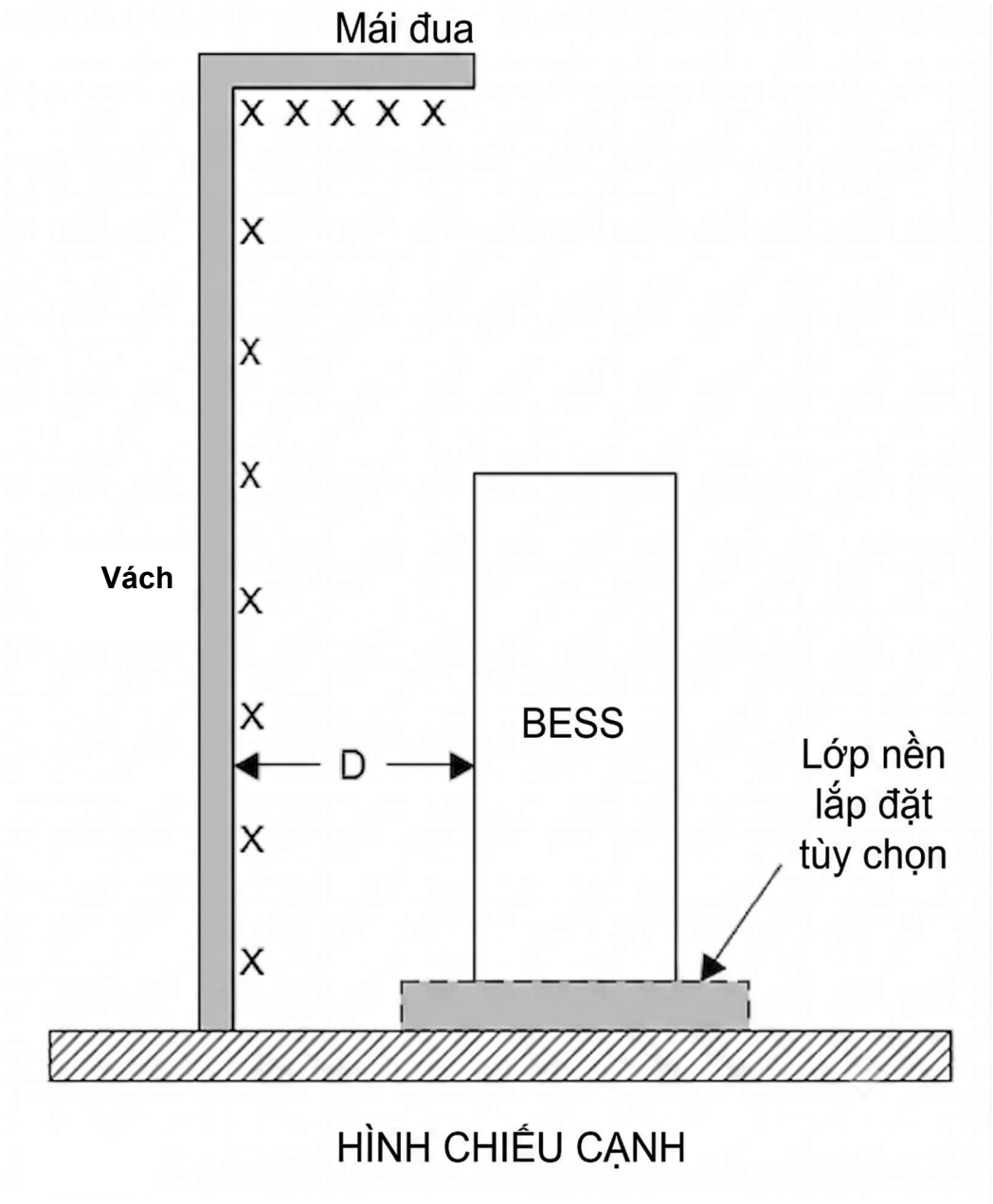
E = Khoảng cách tách biệt giữa unit BESS khởi phát và unit BESS mục tiêu hoặc phần vách có lắp thiết bị đo.

F = Khoảng cách tách biệt giữa unit BESS mục tiêu và unit BESS mục tiêu khác hoặc phần vách có lắp thiết bị đo.

G = Khoảng cách tách biệt giữa unit BESS mục tiêu và phần vách có lắp thiết bị đo.

H = Khoảng cách tách biệt giữa các unit BESS mục tiêu.

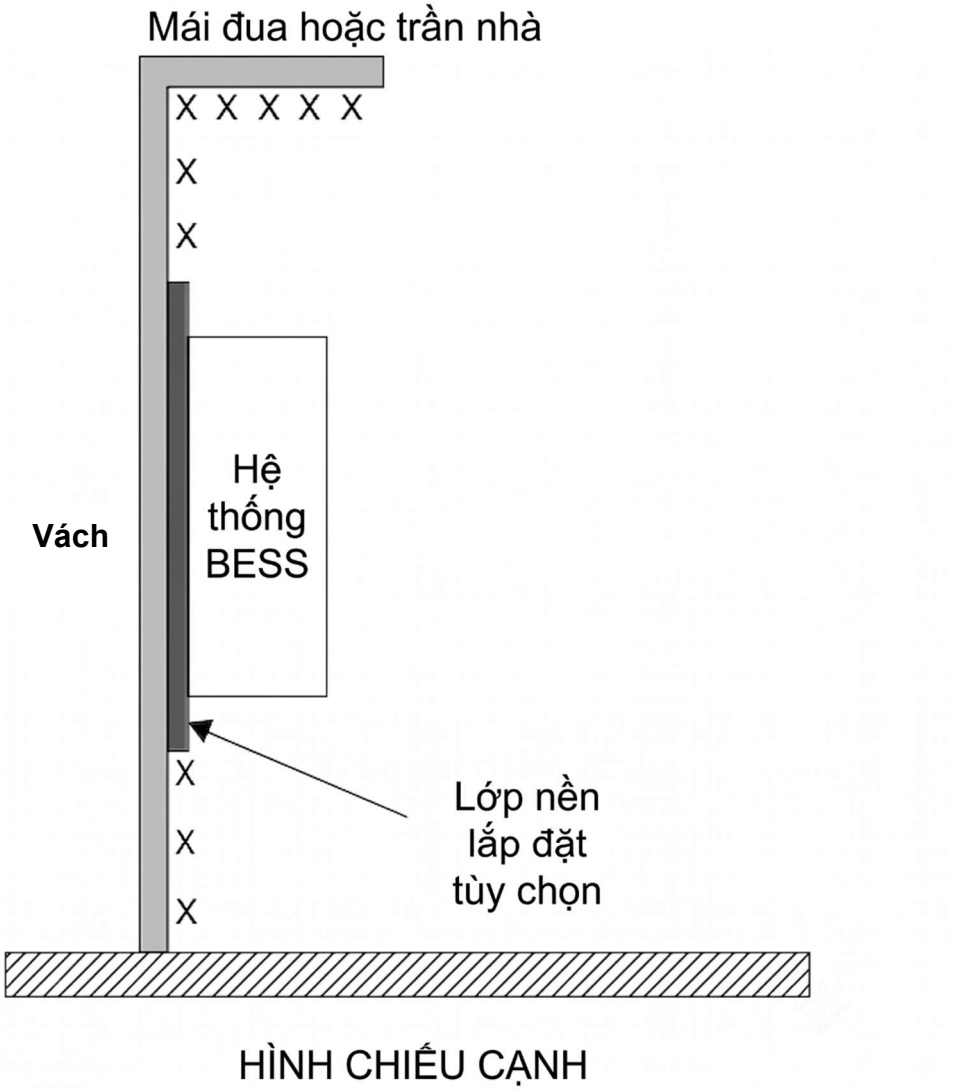
Hình 9.1 – Ví dụ về các bố trí thử nghiệm đối với BESS đặt trên sàn trong nhà



X – Ký hiệu các vị trí đặt cặp nhiệt điện điển hình; vị trí cụ thể phụ thuộc vào chi tiết của cấu hình lắp đặt.

D – Khoảng cách từ hệ thống pin lưu trữ năng lượng (ESS) đến vách bên ngoài.

Hình 9.2 – Ví dụ về bố trí thử nghiệm đối với hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) dùng cho mục đích dân dụng, lắp đặt ngoài trời và đặt trên mặt đất



X – Ký hiệu các vị trí đặt cặp nhiệt điện điển hình; vị trí cụ thể phụ thuộc vào chi tiết của cấu hình lắp đặt

Hình 9.3 – Ví dụ về bố trí thử nghiệm đối với hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) lắp đặt gắn vách

9.1.9 Unit BESS khởi phát phải chứa các thành phần đại diện cho một unit BESS trong một hệ thống lắp đặt hoàn chỉnh. Các thành phần dễ cháy dùng để liên kết giữa unit BESS khởi phát và các unit BESS mục tiêu phải được đưa vào thử nghiệm.

9.1.10 Các unit BESS mục tiêu phải bao gồm vỏ tủ bên ngoài (nếu là một phần của thiết kế), giá đỡ, vỏ môđun và các bộ phận dùng để giữ các thành phần pin. Các unit BESS mục tiêu cũng có thể bao gồm một môđun hoạt động thực tế, được lắp đầy đủ pin, đặt tại vị trí có nhiệt độ dự kiến cao nhất bên trong vỏ bọc. Các vỏ môđun còn lại của unit BESS mục tiêu không nhất thiết phải chứa pin.

9.1.11 Unit BESS khởi phát phải được nạp đến trạng thái sạc vận hành lớn nhất (MOSOC) theo quy định của nhà chế tạo và được để ổn định tối thiểu 1 giờ ở điều kiện môi trường phòng trước khi bắt đầu thử nghiệm.

9.1.12 Trước khi bắt đầu thử nghiệm, điện áp của môđun khởi phát phải được đo và ghi lại. Nếu độ sụt điện áp lớn hơn 0,1 % điện áp của môđun ở trạng thái sạc đầy, thì BESS khởi phát phải được nạp lại theo 9.1.11 và điện áp của BESS khởi phát phải được ghi lại.

9.1.13 Nếu một unit BESS được trang bị hệ thống chữa cháy tích hợp, có thể lựa chọn cung cấp hệ thống này cùng với DUT. Nếu unit BESS được cung cấp kèm theo hệ thống chữa cháy tích hợp tùy chọn, thì hệ thống này không được trang bị trên DUT.

9.1.14 Các bộ điều khiển điện tử và phần mềm, chẳng hạn như hệ thống quản lý pin (BMS), không được coi là biện pháp bảo vệ được sử dụng cho thử nghiệm này. Điều này không bao gồm bộ điều khiển hệ thống chữa cháy phù hợp với UL 864, được lắp đặt bên ngoài BESS nhưng được cung cấp như một phần của hệ thống chữa cháy tích hợp theo 9.1.13.

9.2 Phương pháp thử – Unit BESS đặt trên sàn trong nhà

9.2.1 Trong quá trình thử nghiệm trong nhà, môi trường phòng thử nghiệm phải được kiểm soát để ngăn ngừa luồng gió có thể ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm. Tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm, nhiệt độ môi trường trong phòng không được thấp hơn 10 °C (50 °F) và không được cao hơn 32 °C (90 °F).

9.2.2 Mọi cửa tiếp cận hoặc tấm che trên unit BESS khởi phát và các unit BESS mục tiêu liền kề phải được đóng, gài chốt và khóa trong suốt thời gian thử nghiệm, bắt đầu từ khi thử nghiệm được tiến hành.

9.2.3 Unit BESS khởi phát phải được bố trí liền kề với hai phần vách có lắp thiết bị đo.

9.2.4 Các phần vách có lắp thiết bị đo phải kéo dài theo phương ngang ít nhất 0,49 m (1,6 ft) vượt ra ngoài mép ngoài của các unit BESS mục tiêu.

9.2.5 Các phần vách có lắp thiết bị đo phải cao hơn chiều cao của unit BESS ít nhất 0,61 m (2 ft) và không được thấp hơn 2,13 m (7 ft) tính từ mặt sàn.

9.2.6 Bề mặt của các phần vách có lắp thiết bị đo phải được phủ bằng tấm thạch cao và sơn màu đen mờ. Trên các phần vách này phải có các vạch tham chiếu trực quan theo từng khoảng chia để làm thang đo, nhằm cho phép xác định chính xác chiều dài ngọn lửa lan ra nếu cần. Tấm thạch cao phải có chiều dày tối thiểu 13 mm (1/2 inch).

9.2.7 Unit BESS khởi phát phải được đặt ở vị trí trung tâm bên dưới chụp thu khói có kích thước phù hợp của nhiệt lượng kế tiêu thụ oxy.

9.2.8 Độ truyền sáng trong ống xả của nhiệt lượng kế phải được đo bằng nguồn sáng trắng và đầu dò quang trong suốt thời gian thử nghiệm; tốc độ sinh khói phải được tính toán theo quy định tại 8.2.17.

9.2.9 Tốc độ tỏa nhiệt do phản ứng hóa học và tốc độ tỏa nhiệt đối lưu phải được đo trong suốt thời gian thử nghiệm, sử dụng các phương pháp quy định tương ứng tại 8.2.13 và 9.2.12.

9.2.10 Theo 9.2.9, hệ thống đo tốc độ tỏa nhiệt phải được hiệu chuẩn bằng đầu đốt khuếch tán heptan phun sương. Việc hiệu chuẩn phải được thực hiện với các lưu lượng heptan lần lượt là 3,8; 7,6; 11,4 và 15,2 L/min (tương ứng 1; 2; 3 và 4 gal/min).

9.2.11 Theo 9.2.9, tốc độ tỏa nhiệt đối lưu phải được đo bằng pin nhiệt điện (thermopile), đầu dò vận tốc và cặp nhiệt điện loại K, được lắp đặt trong hệ thống thoát khí của ống xả. Xem 9.2.12.

9.2.12 Theo 9.2.9, tốc độ tỏa nhiệt đối lưu phải được tính theo công thức sau:

$$HRR_c = V_e A \frac{353.22}{T_e} \int_{T_o}^{T} C_p dT$$

Trong đó:

HRR_c = Tốc độ tỏa nhiệt đối lưu (kW)

V_e = Vận tốc dòng khí thải (m/s)

A = Diện tích tiết diện ngang của ống xả (m²)

T_e = Nhiệt độ tại vị trí đo vận tốc dòng khí thải (K)

$353,22/T_e$ = Khối lượng riêng của không khí tại vị trí đo vận tốc (kg/m³)

T_o = Nhiệt độ môi trường trong phòng thử nghiệm (K)

T = Nhiệt độ đo được bởi pin nhiệt điện (K)

$$\int_{T_o}^{T} C_p dT = A_0(T - T_o) + A_1/2(T^2 - T_o^2) + A_2/3(T^3 - T_o^3) + A_3/4(T^4 - T_o^4)$$

C_p = Nhiệt lượng riêng của không khí (kJ/kg-K), được cho bởi

$$C_p = A_0 + A_1 T + A_2 T^2 + A_3 T^3$$

trong đó

A_0 = 0.9950

A_1 = -5.29933E-05

A_2 = 3.21022E-07

A_3 = -1.22004E-10

9.2.13 Khoảng cách bố trí thực tế giữa các unit BESS (bao gồm cả unit BESS khởi phát và các unit BESS mục tiêu) và các bức vách liền kề phải đại diện cho cấu hình lắp đặt dự kiến quy định tại 9.1.

9.2.14 Khoảng cách tách biệt phải được nhà chế tạo quy định đối với các trường hợp sau:

a) Giữa các unit BESS và các phần vách có lắp thiết bị đo; và

b) Giữa các unit BESS liền kề.

9.2.15 Nhiệt độ bề mặt vách phải được đo bằng các dãy cặp nhiệt điện bố trí theo phương thẳng đứng với khoảng cách 152 mm (6 inch) giữa các điểm đo trên toàn bộ chiều cao của các phần vách được lắp đặt thiết bị đo, sử dụng các cặp nhiệt điện loại K, mối nối hở, cỡ dây số 24 AWG hoặc nhỏ hơn. Các cặp nhiệt điện dùng để đo nhiệt độ bề mặt vách phải được bố trí theo phương ngang tại các vị trí trên vách được dự kiến chịu tác động nhiệt lớn nhất từ unit BESS khởi phát. Nhiệt độ phải được đo liên tục và lấy giá trị trung bình trong mỗi khoảng thời gian 60 s theo 6.3. Giá trị lớn nhất của các giá trị trung bình này phải được ghi nhận đối với từng vị trí cặp nhiệt điện.

9.2.16 Các cặp nhiệt điện phải được cố định lên bề mặt tấm thạch cao bằng các ghim kẹp được đặt trên phần dây dẫn có lớp cách điện. Đầu đo của cặp nhiệt điện phải được ép vào tấm thạch cao sao cho bằng phẳng với bề mặt thạch cao tại vị trí đo và được duy trì tiếp xúc nhiệt với bề mặt tại vị trí đó bằng băng dính giấy nhạy áp.

9.2.17 Mật độ dòng nhiệt phải được đo bằng phần tử cảm biến của ít nhất hai cảm biến Schmidt-Boelter hoặc Gardon làm mát bằng nước tại bề mặt của mỗi phần vách được lắp đặt thiết bị đo theo các yêu cầu từ a) đến c). Mật độ dòng nhiệt phải được đo liên tục và lấy giá trị trung bình trong mỗi khoảng thời gian 60 s theo 6.4. Giá trị lớn nhất của các giá trị trung bình này phải được ghi nhận đối với từng vị trí cảm biến.

a) Cả hai cảm biến phải nằm trên cùng một đường thẳng với dãy cặp nhiệt điện bố trí theo phương thẳng đứng;

b) Một cảm biến được đặt tại cao độ dự kiến nhận được mật độ dòng nhiệt lớn nhất do hiện tượng mất kiểm soát nhiệt của môđun khởi phát; và

c) Một cảm biến được đặt tại cao độ dự kiến nhận được mật độ dòng nhiệt lớn nhất trong quá trình lan truyền mất kiểm soát nhiệt có thể xảy ra bên trong unit BESS khởi phát.

Ngoại lệ: Nếu qua xem xét kết cấu cho thấy các vị trí nêu trong b) và c) là cùng một vị trí thì chỉ cần một cảm biến.

9.2.18 Mật độ dòng nhiệt phải được đo bằng phần tử cảm biến của ít nhất hai cảm biến Schmidt-Boelter hoặc Gardon làm mát bằng nước tại bề mặt của mỗi unit BESS mục tiêu liền kề hướng về phía unit BESS khởi phát theo các yêu cầu từ a) đến b). Mật độ dòng nhiệt phải được đo liên tục và lấy giá trị trung bình trong mỗi khoảng thời gian 60 s theo 6.4. Giá trị lớn nhất của các giá trị trung bình này phải được ghi nhận đối với từng vị trí cảm biến.

a) Một cảm biến được đặt tại cao độ dự kiến nhận được mật độ dòng nhiệt lớn nhất do hiện tượng mất kiểm soát nhiệt của môđun khởi phát bên trong unit BESS khởi phát; và

b) Một cảm biến được đặt tại cao độ dự kiến nhận được mật độ dòng nhiệt bề mặt lớn nhất do hiện tượng mất kiểm soát nhiệt của unit BESS khởi phát.

Ngoại lệ: Nếu qua xem xét kết cấu cho thấy các vị trí nêu trong a) và b) là cùng một vị trí thì chỉ cần lắp đặt một cảm biến trên unit mục tiêu để thực hiện phép đo.

9.2.19 Đối với các BESS được thiết kế để lắp đặt ngoài trời hoặc trong gara đỗ xe hở thuộc phạm vi quy định tại 9.1.8, mật độ dòng nhiệt phải được đo bằng phần tử cảm biến của ít nhất một cảm biến Schmidt-Boelter hoặc Gardon làm mát bằng nước, được bố trí tại độ cao trung bình của unit khởi phát và tại khoảng cách nằm ngang nhỏ nhất tới BESS do nhà chế tạo quy định hoặc tại vị trí dự kiến phần lớn khí thoát ra sẽ được xả từ unit khởi phát.

Mật độ dòng nhiệt phải được đo liên tục và lấy giá trị trung bình trong mỗi khoảng thời gian 60 s theo 6.4.

9.2.20 Các cặp nhiệt điện loại K, mối nối hở, cỡ dây số 24 AWG hoặc nhỏ hơn phải được lắp đặt để đo nhiệt độ của các bề mặt nằm gần các pin điện hóa và tại vị trí giữa các pin điện hóa với mặt ngoài tiếp xúc của môđun khởi phát.

Mỗi vỏ môđun không khởi phát trong unit BESS khởi phát phải được trang bị ít nhất một cặp nhiệt điện loại K, cỡ dây số 24 AWG hoặc nhỏ hơn để cung cấp dữ liệu phục vụ việc giám sát các điều kiện nhiệt bên trong các môđun không khởi phát. Các cặp nhiệt điện bổ sung phải được bố trí để tính đến các hình dạng hình học phức tạp bên trong vỏ bao.

Nhiệt độ phải được đo liên tục và lấy giá trị trung bình trong mỗi khoảng thời gian 60 s theo 6.3. Giá trị lớn nhất của các giá trị trung bình này phải được ghi nhận đối với từng vị trí cặp nhiệt điện.

9.2.20 Các cặp nhiệt điện loại K, mối nối hở, cỡ dây số 24 AWG hoặc nhỏ hơn, phải được lắp đặt để đo nhiệt độ của bề mặt gần các pin điện hóa và tại vị trí giữa các pin điện hóa với mặt ngoài tiếp xúc của môđun khởi phát. Mỗi vỏ môđun không khởi phát trong unit BESS khởi phát phải được trang bị ít nhất một cặp nhiệt điện loại K, cỡ dây số 24 AWG hoặc nhỏ hơn, nhằm cung cấp dữ liệu để giám sát các điều kiện nhiệt bên trong các môđun không khởi phát. Các cặp nhiệt điện bổ sung phải được bố trí để tính đến các hình dạng hình học phức tạp bên trong vỏ bao. Nhiệt độ phải được đo liên tục và lấy giá trị trung bình trong mỗi khoảng thời gian 60 s theo 6.3. Giá trị lớn nhất của các giá trị trung bình này phải được ghi nhận đối với từng vị trí cặp nhiệt điện.

9.2.21 Đối với BESS sử dụng trong dân dụng, mẫu thử (DUT) phải được phủ bằng một lớp duy nhất vải chỉ thị bắt cháy (cheesecloth ignition indicator). Vải cheesecloth phải là vải bông chưa qua xử lý, có khối lượng riêng trong khoảng từ 26 m²/kg đến 28 m²/kg và có mật độ sợi từ 28 đến 32 sợi theo mỗi hướng trong diện tích 6,45 cm² (1 in²).

9.2.22 Hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ pin điện hóa này sang pin điện hóa khác theo quy định của thử nghiệm cấp môđun tại 8.2.4 phải được thiết lập trong một môđun duy nhất thuộc unit BESS khởi phát:

a) Vị trí của môđun phải được lựa chọn sao cho tạo ra tác động nhiệt lớn nhất lên các môđun lân cận (chẳng hạn như phía trên, phía dưới hoặc hai bên), dựa trên các kết quả thu được từ thử nghiệm cấp môđun; và

b) Cấu hình (bao gồm loại thiết bị, số lượng thiết bị và vị trí bố trí) của thiết bị dùng để khởi phát hiện tượng mất kiểm soát nhiệt trong môđun phải giống với cấu hình đã được sử dụng để khởi phát và gây lan truyền mất kiểm soát nhiệt trong thử nghiệm cấp môđun (Điều 8).

9.2.23 Thành phần, vận tốc và nhiệt độ của khí xả áp từ unit BESS khởi phát phải được đo trong ống xả của nhiệt lượng kế theo phương pháp tiêu thụ oxy như quy định tại 8.2.12. Hàm lượng hydrocacbon trong khí xả áp phải được đo bằng phương pháp phát hiện ion hóa ngọn lửa. Khí hydro phải được đo bằng thiết bị phân tích trạng thái rắn màng mỏng palladi–niken. Các thiết bị đo thành phần khí, vận tốc và nhiệt độ phải được bố trí cùng vị trí với hệ thống thiết bị đo tốc độ tỏa nhiệt.

9.2.24 Theo yêu cầu của nhà chế tạo BESS, hàm lượng hydrocacbon trong khí xả áp có thể được đo bổ sung bằng máy quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) có độ phân giải tối thiểu 1 cm^{-1} và chiều dài đường quang tối thiểu 2,0 m (6,6 ft), hoặc bằng thiết bị phân tích khí tương đương.

9.2.25 Thử nghiệm phải được kết thúc nếu xảy ra một trong các điều kiện sau:

a) Có ba lần đo nhiệt độ liên tiếp bên trong mỗi môđun của unit BESS khởi phát cho thấy nhiệt độ giảm dần trong các khoảng thời gian 15 phút;

b) Nhiệt độ của các môđun giảm xuống dưới 60 °C (140 °F);

c) Đám cháy lan truyền sang các unit lân cận hoặc sang các bức vách lân cận;

d) Xuất hiện điều kiện nguy hiểm đối với nhân viên thử nghiệm hoặc cơ sở thử nghiệm cần phải có biện pháp xử lý; hoặc

e) Quan sát thấy ngọn lửa xuất hiện bên ngoài phòng thử nghiệm.

9.2.26 Đối với các hệ thống sử dụng trong dân dụng, dữ liệu thu thập khí theo 9.2 phải được so sánh với thể tích của phòng lắp đặt nhỏ nhất do nhà chế tạo quy định để xác định liệu nồng độ khí cháy thu được có vượt quá 25 % giới hạn cháy dưới (LFL) trong không khí hay không.

9.3 Phương pháp thử – Unit đặt trên nền ngoài trời

9.3.1 Đối với BESS sử dụng ngoài dân dụng, lắp đặt trên nền ngoài trời và được đánh giá để lắp đặt gần các tòa nhà hoặc công trình xây dựng, phải áp dụng phương pháp thử quy định tại 9.2. Nếu chỉ dự kiến cho lắp đặt ngoài trời, bao gồm cả lắp đặt trên mái nhà, thì không cần đo tốc độ phát thải khói, tốc độ tỏa nhiệt đối lưu và hóa học, cũng như thành phần, vận tốc và nhiệt độ của khí xả áp được giải phóng.

9.3.2 Đối với BESS sử dụng trong dân dụng, lắp đặt trên nền ngoài trời và được đánh giá để lắp đặt gần các tòa nhà hoặc công trình xây dựng, phải áp dụng phương pháp thử quy định tại 9.2, ngoại trừ các nội dung được sửa đổi tại 9.3.3 và 9.3.4. Nếu chỉ dự kiến cho lắp đặt ngoài trời, thì không cần đo tốc độ phát

thải khói, tốc độ tỏa nhiệt đối lưu và hóa học, cũng như thành phần, vận tốc và nhiệt độ của khí xả áp được giải phóng.

9.3.3 Các mẫu thử phải được lắp đặt như thể hiện trong Hình 9.2, gần một vách vách có gắn thiết bị đo, cao 3,66 m (12 ft) và có phần mái hắt ngang rộng 0,3 m (1 ft) (mặt dưới của mái hiên như thể hiện trong Hình 9.2). Mẫu thử phải được lắp trên nền đỡ và cách vách theo khoảng cách tối thiểu do nhà chế tạo quy định. Vách và mái hắt phải được chế tạo từ ván ép dày 19,05 mm (3/4 in) lắp trên khung gỗ và sơn màu đen mờ. Vách vách có gắn thiết bị đo phải kéo dài tối thiểu 0,49 m (1,6 ft) ra ngoài biên ngoài của các BESS mục tiêu. Dãy cặp nhiệt điện loại K đầu hở cỡ AWG 24 hoặc nhỏ hơn lắp trên vách theo 9.2.15 phải kéo dài đến bề mặt của mái hắt như minh họa trong Hình 9.2.

Ngoại lệ: Nếu nhà chế tạo yêu cầu lắp đặt trên vật liệu không cháy, cấu hình thử nghiệm có thể sử dụng vật liệu đệm phía sau do nhà chế tạo khuyến nghị giữa thiết bị và vách ván ép.

9.3.4 Các BESS mục tiêu phải được lắp đặt ở hai bên của BESS khởi phát theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo. Khoảng cách vật lý giữa các BESS (bao gồm BESS khởi phát và BESS mục tiêu) phải bằng khoảng cách tách tối thiểu do nhà chế tạo quy định.

9.4 Phương pháp thử – BESS lắp đặt trong nhà trên vách

9.4.1 Việc thử nghiệm BESS lắp đặt trong nhà trên vách phải tuân theo 9.2, ngoại trừ các sửa đổi được quy định trong điều này. Xem Hình 9.3.

9.4.2 BESS được thiết kế để lắp đặt trên vách chỉ được thử nghiệm với các vách vách có gắn thiết bị đo có chiều cao và chiều rộng không nhỏ hơn 2,44 m (8 ft), đồng thời có trần ngang rộng 0,3 m (1 ft) như thể hiện trong Hình 9.3. Vách và trần phải được chế tạo bằng tấm thạch cao lắp trên khung gỗ và sơn màu đen mờ. Tấm thạch cao phải có chiều dày tối thiểu 13 mm (1/2 in). Vách vách có gắn thiết bị đo phải kéo dài tối thiểu 0,49 m (1,6 ft) ra ngoài biên ngoài của các BESS mục tiêu. Dãy cặp nhiệt điện loại K đầu hở cỡ AWG 24 hoặc nhỏ hơn lắp trên vách phải kéo dài đến bề mặt trần như thể hiện trong Hình 9.3.

9.4.3 Khi thử nghiệm BESS theo 9.4.2, BESS khởi phát phải được bố trí sao cho tâm của thiết bị cách sàn 1,22 m (4 ft) hoặc ở độ cao theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo, đồng thời nằm chính giữa hai vách vách bên cạnh.

9.4.4 Các BESS mục tiêu phải được lắp trên vách ở hai bên của BESS khởi phát, tại cùng độ cao so với sàn như BESS khởi phát. Khoảng cách vật lý giữa các BESS (bao gồm BESS khởi phát và BESS mục tiêu) phải bằng khoảng cách tách tối thiểu do nhà chế tạo quy định.

9.4.5 Bức vách nơi lắp đặt BESS khởi phát và các BESS mục tiêu phải được gắn thiết bị đo theo quy định tại 9.2.

9.4.6 Phương pháp thu thập khí phải tuân theo 9.2. Đối với hệ thống dân dụng, dữ liệu thu thập khí theo 9.2 phải được so sánh với thể tích của phòng lắp đặt nhỏ nhất do nhà chế tạo quy định để xác định xem nồng độ khí cháy thu được có vượt quá 25 % LFL trong không khí hay không.

9.4.7 Đối với BESS dùng trong dân dụng, mẫu thử (DUT) phải được phủ bằng một lớp vải màn chỉ thị bắt cháy. Vải màn phải là vải bông chưa qua xử lý, có khối lượng riêng từ 26 kg/m² đến 28 kg/m² và mật độ sợi từ 28 đến 32 sợi theo mỗi chiều trong diện tích 6,45 cm² (1 in²).

9.5 Phương pháp thử – BESS lắp đặt ngoài trời trên vách

9.5.1 Việc thử nghiệm BESS lắp đặt ngoài trời trên vách, dùng trong dân dụng và phi dân dụng, phải tuân theo 9.2, ngoại trừ các sửa đổi được quy định trong điều này. Xem Hình 9.3. Đối với các hệ thống chỉ предназначены cho lắp đặt ngoài trời trên vách, không yêu cầu đo tốc độ phát thải khói, tốc độ tỏa nhiệt đối lưu và hóa học; cũng như thành phần, vận tốc và nhiệt độ của khí thoát ra. Việc đo thông lượng nhiệt đối với lối thoát nạn có thể tiếp cận được hoặc khu vực phía trước BESS phải được thực hiện theo 9.2.19.

9.5.2 Các mẫu thử phải được lắp đặt trên một vách vách có gắn thiết bị đo, cao tối thiểu 3,66 m (12 ft) và có phần mái hắt ngang rộng 0,3 m (1 ft) (mặt dưới của mái hiên như thể hiện trong Hình 9.3). Vách và mái hắt phải được chế tạo từ ván ép dày 19,05 mm (3/4 in) lắp trên khung gỗ và sơn màu đen mờ. Có thể lắp bổ sung một lớp tấm thạch cao ngoài trời dày 13 mm (1/2 in) hoặc 16 mm (5/8 in) trên bề mặt ván ép. Vách vách có gắn thiết bị đo phải kéo dài tối thiểu 0,49 m (1,6 ft) ra ngoài biên ngoài của các BESS mục tiêu. Dãy cặp nhiệt điện loại K đầu hở cỡ AWG 24 hoặc nhỏ hơn lắp trên vách theo 9.2.15 phải kéo dài đến bề mặt mái hắt như thể hiện trong Hình 9.3.

Ngoại lệ: Nếu nhà chế tạo yêu cầu lắp đặt trên vật liệu không cháy, cấu hình thử nghiệm có thể sử dụng vật liệu đệm phía sau do nhà chế tạo khuyến nghị giữa thiết bị và vách ván ép.

9.5.3 BESS khởi phát phải được bố trí trên vách vách có gắn thiết bị đo sao cho tâm của thiết bị cách sàn 1,22 m (4 ft) và nằm chính giữa hai mép vách.

9.5.4 Các BESS mục tiêu phải được lắp trên vách ở hai bên của BESS khởi phát, tại cùng độ cao so với sàn như BESS khởi phát. Khoảng cách vật lý giữa các BESS (bao gồm BESS khởi phát và BESS mục tiêu) phải bằng khoảng cách tách tối thiểu do nhà chế tạo quy định.

9.5.5 Bức vách nơi lắp đặt BESS khởi phát và các BESS mục tiêu, cũng như phần mái hắt trong trường hợp BESS dùng trong dân dụng, phải được gắn thiết bị đo theo quy định tại 9.2.

9.5.6 Đối với BESS dùng trong dân dụng, mẫu thử (DUT) phải được phủ bằng một lớp vải màn chỉ thị bắt cháy. Vải màn phải là vải bông chưa qua xử lý, có khối lượng riêng từ 26 kg/m² đến 28 kg/m² và mật độ sợi từ 28 đến 32 sợi theo mỗi chiều trong diện tích 6,45 cm² (1 in²).

9.6 Lắp đặt trên mái và trong gara đỗ xe thông thoáng

9.6.1 Việc thử nghiệm BESS dùng cho lắp đặt trên mái hoặc trong gara đỗ xe thông thoáng phục vụ mục đích phi dân dụng phải tuân theo 9.2.

9.6.2 Đối với các hệ thống chỉ được thiết kế để lắp đặt trên mái hoặc trong gara đỗ xe thông thoáng, không yêu cầu đo tốc độ phát thải khói, tốc độ tỏa nhiệt đối lưu và hóa học, cũng như thành phần, vận tốc và nhiệt độ của khí thoát ra.

9.6.3 BESS được thiết kế để lắp đặt trên mái làm bằng vật liệu cháy được phải được lắp trên bề mặt chế tạo từ tấm thạch cao dày 13 mm (1/2 in) sơn màu đen mờ, hoặc trên bề mặt lắp đặt do nhà chế tạo khuyến nghị và cũng được sơn màu đen mờ.

9.6.4 Nhiệt độ trên bề mặt kết cấu mái cháy được phải được đo tại vị trí ngay dưới tâm của BESS và theo các dãy đo nằm ngang với khoảng cách 152 mm (6 in) giữa các điểm đo, kéo dài tối thiểu 1 m (3,3 ft) tính từ mép của BESS khởi phát, sử dụng các cặp nhiệt điện loại K đầu hở cỡ AWG 24 hoặc nhỏ hơn. Các cặp nhiệt điện dùng để đo nhiệt độ bề mặt mái phải được bố trí tại những vị trí trên mái dự kiến chịu tác động nhiệt lớn nhất từ BESS khởi phát.

9.6.5 Nếu BESS được thiết kế để lắp đặt trên các kết cấu mái làm bằng vật liệu cháy được và nằm bên dưới các tấm pin quang điện (PV), vật liệu cháy được hoặc các vật cản khác phía trên, thử nghiệm phải được thực hiện với BESS được lắp đặt bên dưới các vật cản đó theo quy định của nhà chế tạo. Loại vật cản phía trên được sử dụng trong thử nghiệm phải là loại dự kiến tạo ra điều kiện cháy khắc nghiệt nhất. Khoảng cách theo phương thẳng đứng giữa mái và BESS, cũng như giữa BESS và vật cản phía trên, phải bằng khoảng cách tối thiểu do nhà chế tạo quy định. Vật cản phía trên phải kéo dài theo phương ngang tối thiểu 2 m (6,6 ft) theo mọi hướng tính từ mép của BESS mục tiêu, trừ khi hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo quy định khoảng cách nhỏ hơn.

9.7 Báo cáo thử nghiệm cấp độ unit

9.7.1 Báo cáo thử nghiệm cấp độ unit phải xác định loại hình lắp đặt được thử nghiệm như sau:

a) BESS dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt trong nhà trên sàn;

b) BESS dùng trong dân dụng lắp đặt trong nhà trên sàn;

c) BESS dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt ngoài trời trên mặt đất;

d) BESS dùng trong dân dụng lắp đặt ngoài trời trên mặt đất;

e) BESS dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt trong nhà trên vách;

f) BESS dùng trong dân dụng lắp đặt trong nhà trên vách;

g) BESS dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt ngoài trời trên vách;

h) BESS dùng trong dân dụng lắp đặt ngoài trời trên vách;

i) BESS dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt trên mái; hoặc

j) BESS dùng cho mục đích phi dân dụng lắp đặt trong gara đỗ xe thông thoáng.

9.7.2 Theo 9.7.1, nếu thử nghiệm được thực hiện nhằm đại diện cho nhiều hơn một loại hình lắp đặt, điều này phải được nêu rõ trong báo cáo.

9.7.3 Báo cáo phải bao gồm các nội dung sau đây, nếu áp dụng:

a) Tên nhà chế tạo và số hiệu kiểu (model) của unit thử nghiệm (và có phù hợp với UL 9540 hay không);

b) Số lượng môđun trong BESS khởi phát;

c) Kết cấu của BESS khởi phát theo 5.3;

d) Các tính năng bảo vệ cháy, hệ thống phát hiện cháy và/hoặc hệ thống chữa cháy bên trong unit;

e) Điện áp của môđun tương ứng với trạng thái nạp (SOC) được thử nghiệm;

f) Phương pháp được sử dụng để khởi phát hiện tượng mất kiểm soát nhiệt;

g) Vị trí của môđun khởi phát bên trong unit BESS;

h) Sơ đồ và kích thước của bố trí thử nghiệm, bao gồm vị trí lắp đặt của BESS khởi phát và các BESS mục tiêu, vị trí của vách, trần, mái hắt (nếu có), cũng như vị trí của các cặp nhiệt điện;

i) Quan sát về bất kỳ ngọn lửa nào xuất hiện bên ngoài vỏ bao của BESS khởi phát và chiều dài lan rộng ngọn lửa lớn nhất.

j) Dữ liệu tốc độ tỏa nhiệt hóa học và tốc độ tỏa nhiệt đối lưu theo thời gian;

k) Khoảng cách phân ly từ BESS khởi phát đến các vách mục tiêu (chẳng hạn khoảng cách A và C trong Hình 9.1) và đến các đầu đo mật độ dòng nhiệt mục tiêu;

l) Khoảng cách phân ly từ BESS khởi phát đến các BESS mục tiêu (chẳng hạn khoảng cách D và H trong Hình 9.1);

m) Nhiệt độ lớn nhất của bề mặt vách và của các BESS mục tiêu đạt được trong quá trình thử nghiệm, cùng với vị trí của cặp nhiệt điện đo nhiệt độ;

CHÚ THÍCH: Nhiệt độ lớn nhất của BESS mục tiêu là giá trị trung bình trong khoảng thời gian 60 s.

n) Nhiệt độ lớn nhất của bề mặt trần hoặc mái hắt đạt được trong thử nghiệm BESS lắp đặt treo vách trong nhà hoặc ngoài trời, cùng với vị trí của cặp nhiệt điện đo nhiệt độ;

o) Mật độ dòng nhiệt tới lớn nhất tác động lên bề mặt các vách mục tiêu và các BESS mục tiêu;

p) Mật độ dòng nhiệt tới lớn nhất tác động lên bề mặt trần hoặc mái hắt đạt được trong thử nghiệm BESS lắp đặt treo vách trong nhà hoặc ngoài trời;

q) Dữ liệu về lượng khí sinh ra và thành phần khí, nếu thử nghiệm được thực hiện trong nhà;

r) Dữ liệu về tốc độ phát sinh khói cực đại và tổng lượng khói phát sinh, nếu thử nghiệm được thực hiện trong nhà;

s) Thông tin về việc kích hoạt các hệ thống bảo vệ cháy tích hợp; nếu được kích hoạt thì phải ghi nhận thời điểm kích hoạt trong quá trình thử nghiệm;

t) Quan sát về các mảnh văng hoặc hiện tượng xả khí mang tính nổ, trừ trường hợp đã được giảm thiểu bằng hệ thống bảo vệ bùng cháy được thiết kế chuyên dụng;

u) Quan sát về hiện tượng cháy lại phát sinh từ các sự kiện mất kiểm soát nhiệt;

v) Quan sát về tia lửa điện, hồ quang điện hoặc các hiện tượng điện khác;

w) Quan sát về mức độ hỏng hóc của:

1) BESS khởi phát;

2) Các BESS mục tiêu;

3) Các vách, trần hoặc mái hắt lân cận;

x) Ảnh chụp và video của thử nghiệm;

y) Nếu thử nghiệm bị chấm dứt theo 9.2.25 thì phải mô tả hoàn cảnh dẫn đến việc chấm dứt thử nghiệm; và

z) Tóm tắt báo cáo thử nghiệm cấp môđun và tóm tắt báo cáo thử nghiệm cấp cell.

9.8 Tính năng trong thử nghiệm cấp độ unit

9.8.1 Thử nghiệm cấp lắp đặt – Thử nghiệm cháy quy mô lớn quy định tại Điều 10 không bắt buộc thực hiện nếu BESS dùng trong dân dụng đáp ứng các điều kiện tính năng tương ứng được nêu trong Bảng 9.1 trong quá trình thử nghiệm cấp độ unit.

Bảng 9.1 – Tiêu chí tính năng ở cấp độ unit

Hệ thống lắp đặt	Tiêu chí tính năng
Lắp đặt tại nơi không có dân cư	
Gắn trên sàn trong nhà	a) Ngọn lửa bên ngoài unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không quan sát được; b) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10; a) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ.
Lắp đặt trên mặt đất ngoài trời [1]	a) trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; b) Đối với các unit BESS dự định lắp đặt gần với phơi nhiễm, các phép đo nhiệt độ bề mặt trên bề mặt vách không được vượt quá 97 °C (175 °F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; Và d) Lưu lượng nhiệt đo được tại khoảng cách nhỏ nhất đến điểm có thể tiếp cận lối thoát hiểm[2] được chỉ định bởi nhà chế tạo phải không vượt quá 1,3 kW/ m² .

Hệ thống lắp đặt	Tiêu chí tính năng
Gắn vách trong nhà	a) Ngọn lửa bên ngoài unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không quan sát được; b) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; b) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; và c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ.
Gắn vách ngoài trời	a) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; c) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; b) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và c) Lưu lượng nhiệt đo được tại khoảng cách nhỏ nhất đến điểm có thể tiếp cận lối thoát hiểm [2] được chỉ định bởi nhà chế tạo phải không vượt quá 1,3 kW/ m².
Sân thượng và các bãi đỗ xe ngoài trời	a) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; d) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) của nhiệt độ tăng trên nhiệt độ môi trường; b) Đối với các unit BESS được thiết kế để lắp đặt trên các kết cấu mái nhà dễ cháy, các phép đo nhiệt độ bề mặt trên bề mặt mái nhà phải không quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh cho mỗi 9.6.5 ; c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và d) Đối với unit BESS được thiết kế nhà để xe đang mở cửa, lưu lượng nhiệt đo được tại khoảng cách từ BESS đến phương tiện của lối thoát hiểm [2] không được vượt quá 1,3 kW/ m² .
Lắp đặt tại khu dân cư	
Gắn trên sàn trong nhà	a) Cháy xém hoặc đánh lửa của chỉ thị vải thưa, không quan sát được; b) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ;

Hệ thống lắp đặt	Tiêu chí tính năng
	e) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và d) Mật độ tập trung của khí đốt không được vượt quá 25 % LFL trong không khí đối với phòng có kích thước nhỏ nhất được chỉ định lắp đặt.
Gắn trên sàn trong nhà	a) Cháy xém hoặc đánh lửa của chỉ thị vải thưa, không quan sát được; b) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; f) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và d) Mật độ tập trung của khí đốt không được vượt quá 25 % LFL trong không khí đối với phòng có kích thước nhỏ nhất được chỉ định lắp đặt.
Lắp đặt trên mặt đất ngoài trời	g) Ngọn lửa bên ngoài unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không quan sát được. h) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; i) Đối với unit BESS được thiết kế gần với phơi nhiễm, các phép đo nhiệt độ bề mặt trên bề mặt vách không được vượt quá 97 °C (175 °F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; j) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và k) Lưu lượng nhiệt đo được tại khoảng cách tối thiểu từ BESS đến phương tiện của lối thoát hiểm [2] phải không quá 1.3 kW/ m².
Gắn vách trong nhà	a) Ngọn lửa bên ngoài unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không quan sát được bằng cách chứng minh qua không cháy bùng hoặc cháy xém chỉ báo vải thưa; b) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; c) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; d) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và e) Mật độ tập trung của khí đốt không được vượt quá 25 % LFL trong không khí đối với phòng có kích thước nhỏ nhất được chỉ định lắp đặt.
Gắn vách ngoài trời	a) Cháy xém hoặc đánh lửa của chỉ báo vải thưa không quan sát được;

Hệ thống lắp đặt	Tiêu chí tính năng
	b) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; f) Bề mặt nhiệt độ các phép đo trên bề mặt vách không vượt quá 97 °C (175 (°F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và d) Lưu lượng nhiệt đo được tại khoảng cách tối thiểu từ BESS đến phương tiện của lối thoát hiểm [2] phải không quá 1.3 kW/ m².
Lắp đặt trên mặt đất ngoài trời	a) Ngọn lửa bên ngoài unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không quan sát được. b) Bề mặt nhiệt độ của môđun [3] trong phạm vi từ unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng mục tiêu liền kề đến unit hệ thống pin lưu trữ năng lượng khởi phát không được vượt quá nhiệt độ mà tại đó hiện tượng Cell khởi phát thoát khí xảy ra do nhiệt, như được xác định trong 7.3.1.10 ; g) Đối với unit BESS được thiết kế gần với phơi nhiễm, các phép đo nhiệt độ bề mặt trên bề mặt vách không được vượt quá 97 °C (175 °F) độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh; c) Các mối nguy nổ không quan sát được, bao gồm cháy lan hoặc nổ; và d) Lưu lượng nhiệt đo được tại khoảng cách tối thiểu từ BESS đến phương tiện của lối thoát hiểm [2] phải không quá 1.3 kW/ m² .

[1] Lắp đặt ngoài trời gần với vị trí phơi nhiễm là những vị trí được đặt ≤ 3,48 m (10 feet) từ các tòa nhà, lô đất có thể được xây dựng trên đó, đường giao thông công cộng, kho lưu trữ vật liệu dễ cháy, hàng hoá trên giá cao, nguyên vật liệu có mối nguy và các mối nguy phơi nhiễm khác được định nghĩa trong quy chuẩn.

[2] Có thể truy cập đến lối ra được định nghĩa trong NFPA 101 và IFC và lối đi liên tục, không bị cản trở đi lại dành cho người dân được tiếp cận khu vực an toàn.

[3] Bề mặt nhiệt độ của môđun lấy trung bình trong 60 s.

9.9 Thử nghiệm cấp độ unit đối với pin dòng chảy

9.9.1 Đối với các hệ thống pin dòng chảy không đáp ứng các tiêu chí tính năng của 7.9, phải thực hiện thử nghiệm cấp độ unit sử dụng một hệ thống pin thử đại diện cho toàn bộ hệ thống pin dòng chảy nhưng có kích thước đủ nhỏ để đặt dưới chụp thu khói của nhiệt lượng kế.

9.9.2 Hệ thống pin dòng chảy thử nghiệm phải được thực hiện từng thử nghiệm sau đây trong khi giám sát nhiệt độ của chất điện phân tại vị trí trong hệ thống chất lỏng được dự đoán là có nhiệt độ cao nhất. Trường hợp chưa có dữ liệu thử nghiệm từ các thử nghiệm theo TCVN 14473 (UL 1973), các phương pháp thử viện dẫn dưới đây phải được áp dụng và tích hợp vào tiêu chuẩn thử nghiệm này:

a) Thử nghiệm quá nạp theo các thử nghiệm tính năng điện của TCVN 14473 (UL 1973);

b) Thử nghiệm sạc tốc độ cao theo các thử nghiệm tính năng điện của TCVN 14473 (UL 1973); và

c) Thử nghiệm ngắn mạch theo các thử nghiệm tính năng điện của TCVN 14473 (UL 1973).

Chú thích: Chất điện phân tại đầu ra của các stack hoặc bên trong các stack là vị trí phù hợp để lấy mẫu nhiệt độ trong các thử nghiệm này.

9.9.3 Nếu nhiệt độ của chất điện phân trong các thử nghiệm tại 9.9.2 không vượt quá nhiệt độ điểm chớp cháy được xác định tại 7.3.2.1.2 thì việc thử nghiệm được kết thúc ở cấp độ unit. Nếu nhiệt độ của chất điện phân trong các thử nghiệm tại 9.9.2 vượt quá nhiệt độ điểm chớp cháy được xác định trong 7.3.2.1.2 thì hệ thống pin dòng chảy được xem là không phù hợp và cần được sửa đổi và thử nghiệm lại.

9.9.4 Thể tích khí cháy đo được trong quá trình thử nghiệm phải được quy đổi theo bể chứa năng lượng lớn nhất của hệ thống pin dòng chảy dự kiến nhằm xác định tổng lượng khí cháy tiềm tàng có thể được tạo ra bởi hệ thống trong điều kiện sự cố dẫn đến phát thải khí. Thông tin này phải được cung cấp trong báo cáo. Dữ liệu khí thu thập được có thể được quy đổi cho hệ thống đại diện lớn nhất.

9.10 Báo cáo thử nghiệm cấp độ unit đối với pin dòng chảy

9.10.1 Báo cáo thử nghiệm cấp độ unit đối với pin dòng chảy phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo và mã kiểu của hệ thống pin dòng chảy (và tình trạng phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973) nếu có);

b) Thông tin chi tiết về stack cell của hệ thống theo 5.4;

c) Công nghệ lưu trữ năng lượng (và tình trạng phù hợp với UL 9540 nếu có);

d) Dung lượng lưu trữ năng lượng danh định của pin dòng chảy (ví dụ: ampe-giờ hoặc watt-giờ);

e) Thành phần của chất điện phân và lượng tối đa trong hệ thống;

f) Thông tin chi tiết về stack cell thử nghiệm theo 5.4;

g) Lượng chất điện phân trong hệ thống pin dòng chảy thử nghiệm đại diện;

h) Điện áp sạc tối đa và dòng điện sạc trong quá trình thử nghiệm quá nạp;

i) Giá trị điện trở ngắn mạch ngoài được áp dụng và dòng điện ngắn mạch cực đại đo được trong quá trình thử nghiệm ngắn mạch;

j) Nhiệt độ điểm chớp cháy được xác định đối với từng chất điện phân đã nạp điện (nếu áp dụng);

k) Nhiệt độ chất điện phân lớn nhất đo được trong quá trình thử nghiệm quá nạp;

l) Nhiệt độ chất điện phân lớn nhất đo được trong quá trình thử nghiệm ngắn mạch;

m) Nhiệt độ chất điện phân lớn nhất đo được trong quá trình thử nghiệm sạc tốc độ cao;

n) Thể tích khí đo được với hệ thống pin dòng chảy thử nghiệm đại diện và thể tích khí quy đổi theo hệ thống pin dòng chảy kích thước đầy đủ;

o) Các quan sát về mảnh vỡ bắn ra hoặc hiện tượng xả khí nổ;

p) Các quan sát về tia lửa, hồ quang điện hoặc các hiện tượng điện khác; và

q) Video của thử nghiệm.

9.11 Tiêu chí tính năng cấp độ unit đối với pin dòng chảy

9.11.1 Tiêu chí tính năng cấp độ unit đối với pin dòng chảy được xem là đáp ứng nếu:

a) Nhiệt độ điểm chớp cháy đo được trong thử nghiệm tại 7.3.2.1.2 cao hơn nhiệt độ lớn nhất đo được trên bể chứa năng lượng trong từng thử nghiệm tại 9.9.2 ít nhất 5 °C (9 °F); và

b) Đối với các hệ thống pin dòng chảy sử dụng hai chất điện phân, nhiệt độ điểm chớp cháy đo được trong thử nghiệm tại 7.3.2.1.2 cao hơn nhiệt độ lớn nhất của dung dịch hỗn hợp đo được theo 7.3.2.2.2 ít nhất 5 °C (9 °F).

10 Thử nghiệm cháy quy mô lớn cấp lắp đặt

10.1 Quy định chung

10.1.1 Thử nghiệm cấp lắp đặt này bao gồm việc thử nghiệm một hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) bằng cách tạo ra trạng thái cháy phát triển bên trong vỏ bao của BESS, có liên quan đến pin và các vật liệu cháy xung quanh, đồng thời quan sát ảnh hưởng đối với các BESS hoặc kết cấu xung quanh.

10.1.2 Cấu hình thử nghiệm trong thử nghiệm cấp lắp đặt này phải đại diện cho cấu hình lắp đặt thực tế cuối cùng của BESS, thiết bị phụ trợ và vỏ bao hoặc kết cấu xung quanh, dựa trên hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo hoặc đơn vị tích hợp hệ thống. Mục tiêu của thử nghiệm cấp lắp đặt này là:

a) Đánh giá mức độ phơi nhiễm nhiệt từ trạng thái cháy phát triển bên trong cụm xếp chồng, vỏ bao hoặc nhóm BESS, bao gồm cả các thành phần không phải pin, nhằm xác định nguy cơ lan truyền/cháy mồi sang các cụm xếp chồng, vỏ bao hoặc nhóm BESS lân cận hoặc ở gần;

b) Xác định nguy cơ cháy mồi đối với các kết cấu lân cận cần xem xét;

c) Hỗ trợ xác định khoảng cách phân tách đề xuất được nêu trong đánh giá UL 9540 và/hoặc trong hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo hoặc đơn vị tích hợp hệ thống; và/hoặc

d) Xác định liệu phương án bảo vệ cháy được quy định cho công trình có đủ khả năng kiểm soát sự lan truyền của đám cháy hay không.

10.1.3 Theo 10.1.2, trong trường hợp có khả năng tích tụ khí thoát cháy, thử nghiệm cấp lắp đặt này đánh giá kịch bản trạng thái cháy phát triển có thể xảy ra sau khi khí thoát được bắt cháy, bao gồm cả việc vận hành của bất kỳ thiết bị giảm áp suất quá mức nào, chẳng hạn như tấm xả nổ. Việc đánh lửa khí thoát là bắt buộc trong phương pháp thử này nhằm đánh giá trạng thái cháy phát triển.

10.1.4 Theo 10.1.2, trạng thái cháy phát triển được giả định xảy ra sau khi các hệ thống sử dụng một lần, không hoạt động liên tục và được thiết kế để bảo vệ BESS khởi phát đã vận hành và hoàn tất quá trình tiêu tán tác dụng.

10.1.5 Thử nghiệm cấp lắp đặt này không nhằm đánh giá hiệu quả của các hệ thống được thiết kế để bảo vệ chống tích tụ khí cháy, các hệ thống giảm thiểu bùng cháy hoặc độ tin cậy của các hệ thống an toàn.

10.1.6 Thử nghiệm cấp lắp đặt này không nhằm đánh giá các hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt.

10.1.7 Các yêu cầu này không áp dụng đối với các unit hoặc cụm xếp chồng hệ thống pin lưu trữ năng lượng được đánh giá cho mục đích sử dụng dân dụng.

10.1.8 Thử nghiệm cấp lắp đặt này không yêu cầu áp dụng đối với các công nghệ hóa học dạng dung dịch nước (ví dụ: chì-axit, niken-cadmium, kim loại-không khí, niken-kẽm), pin dòng chảy hoặc các công nghệ pin khác đã được thử nghiệm ở cấp cell và đã chứng minh rằng hiện tượng mất kiểm soát nhiệt không thể xảy ra.

CHÚ THÍCH: Nội dung này nhằm phù hợp với các miễn trừ theo từng công nghệ hóa học quy định trong NFPA 855.

10.2 Quy trình thử nghiệm

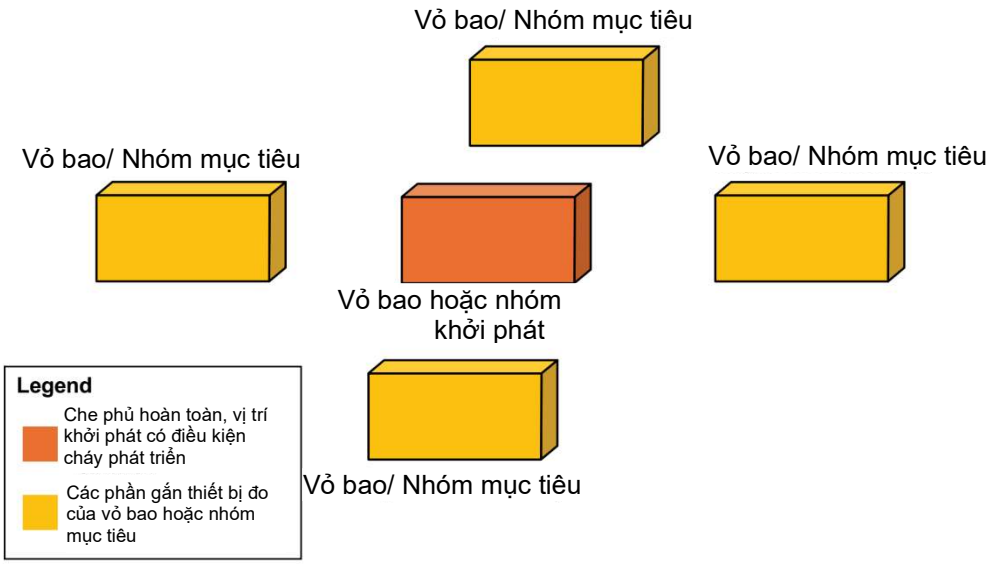
10.2.1 Thử nghiệm cấp lắp đặt này nhằm đánh giá liệu cấu hình lắp đặt dự kiến, bao gồm BESS và các phương án bảo vệ, có đủ khả năng hạn chế sự lan truyền của trạng thái cháy phát triển trong vỏ bao hoặc nhóm khởi phát, nhằm ngăn ngừa đám cháy lan sang hoặc gây mất kiểm soát nhiệt cho các vỏ bao hoặc nhóm lân cận có chứa pin, hoặc lan truyền cháy sang các đối tượng mục tiêu khác hay không.

10.2.2 Cấu hình thử nghiệm, bao gồm khoảng cách và cách bố trí, phải đại diện cho cấu hình lắp đặt thực tế cuối cùng của BESS, bao gồm cấu hình môđunmôđun, cấu hình unit, vỏ bao hoặc nhóm khởi phát, các vỏ bao hoặc nhóm mục tiêu và/hoặc các kết cấu mục tiêu. Khoảng cách giữa BESS và các vỏ bao hoặc kết cấu mục tiêu phải đại diện cho khoảng cách phân tách nhỏ nhất được quy định trong hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo hoặc đơn vị tích hợp hệ thống. Ví dụ về bố trí được thể hiện trong Hình 10.1 đến Hình 10.6.

10.2.3 Hình 10.1 và Hình 10.2 minh họa cấu hình điển hình để xác định khoảng cách giữa các vỏ bao. Nếu toàn bộ vỏ bao BESS được chia thành nhiều vỏ bao tách biệt trên cùng một khung hoặc bệ chung,

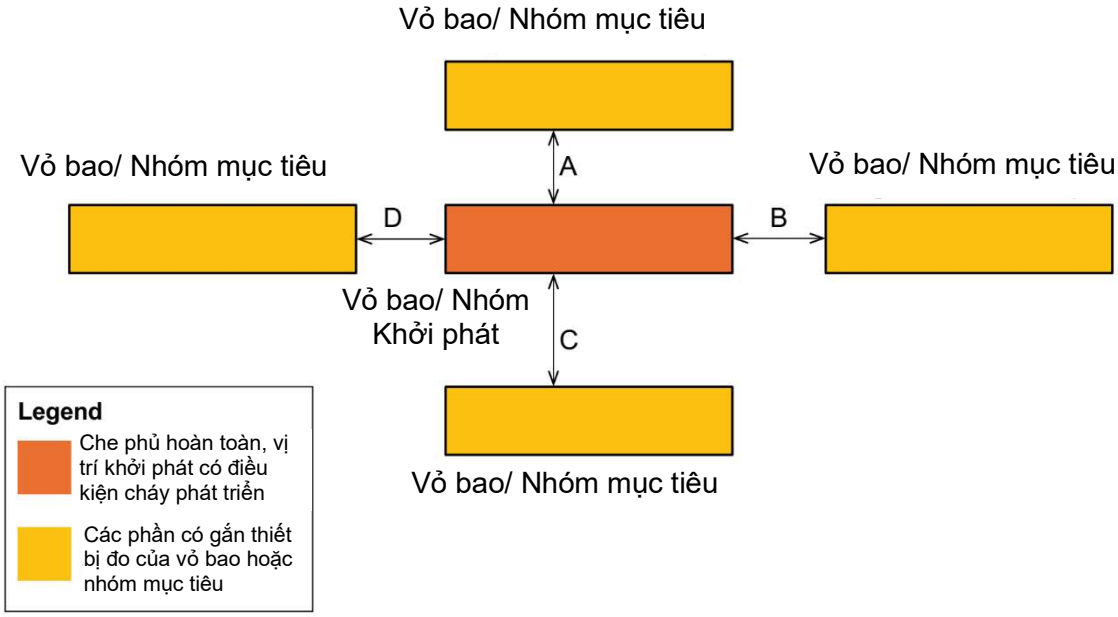
Hình 10.3 và Hình 10.4 minh họa thêm vị trí phải tạo ra trạng thái cháy phát triển để chứng minh rằng đám cháy trong một vỏ bao BESS không lan sang một BESS mục tiêu khác. Theo yêu cầu của nhà chế tạo, tiêu chí mục tiêu có thể được đánh giá từ một vỏ bao phân chia sang vỏ bao phân chia liền kề, như thể hiện trong Hình 10.5 và Hình 10.6.

CHÚ THÍCH: Đối với các cấu hình có khoảng cách phân tách đối xứng và thiết kế vỏ bao đối xứng, có thể sử dụng đánh giá kỹ thuật để đơn giản hóa cấu hình thử nghiệm và giảm số lượng đối tượng mục tiêu.



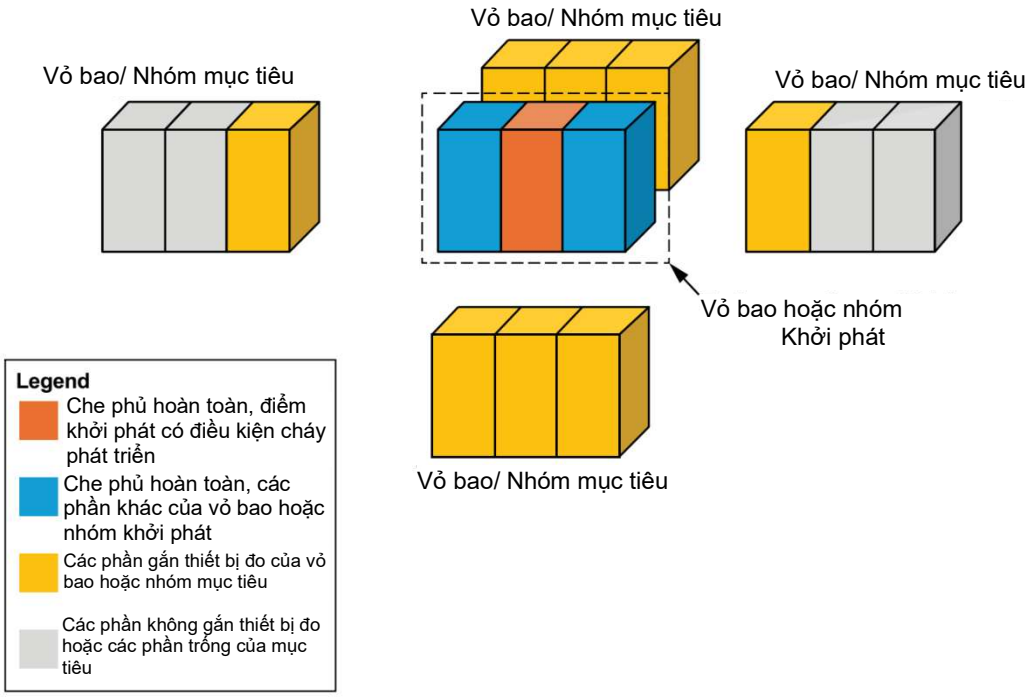
CHÚ THÍCH: Áp dụng trong trường hợp vỏ bao không được phân chia nhằm chứng minh rằng đám cháy được giới hạn trong giá đỡ hoặc vỏ bao khởi phát.

Hình 10.1 – Ví dụ bố trí vỏ bao với vỏ bao hoặc nhóm với nhóm – Hình chiếu cạnh



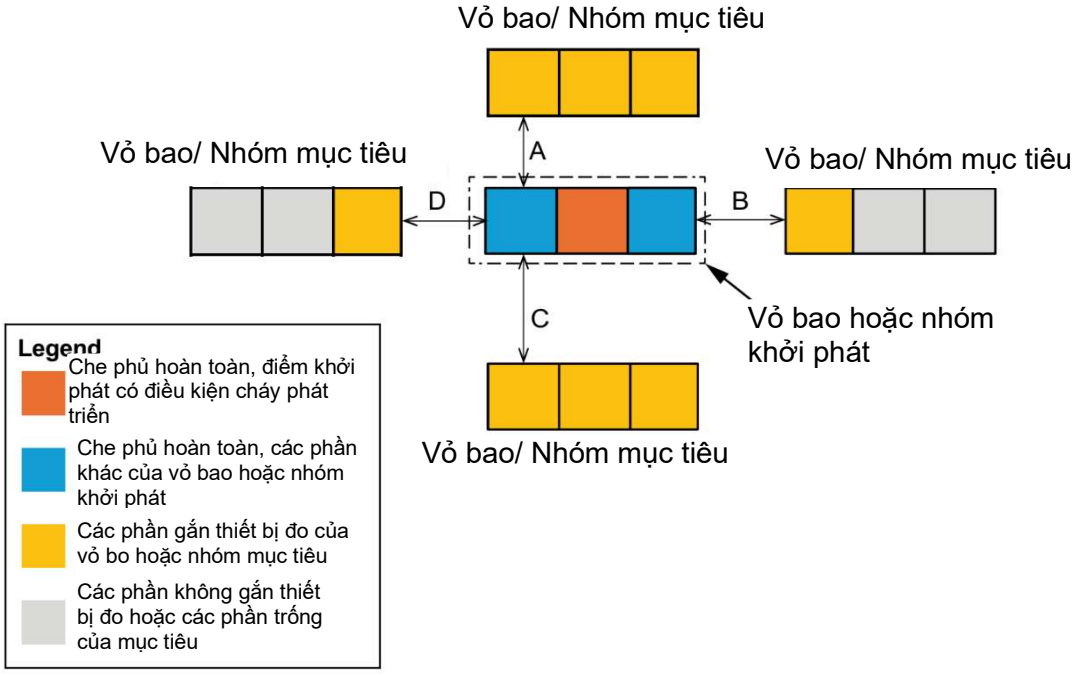
A, B, C, D = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao, unit hoặc nhóm theo từng hướng.

Hình 10.2 – Ví dụ bố trí vỏ bao với vỏ bao hoặc nhóm với nhóm – Hình chiếu bằng



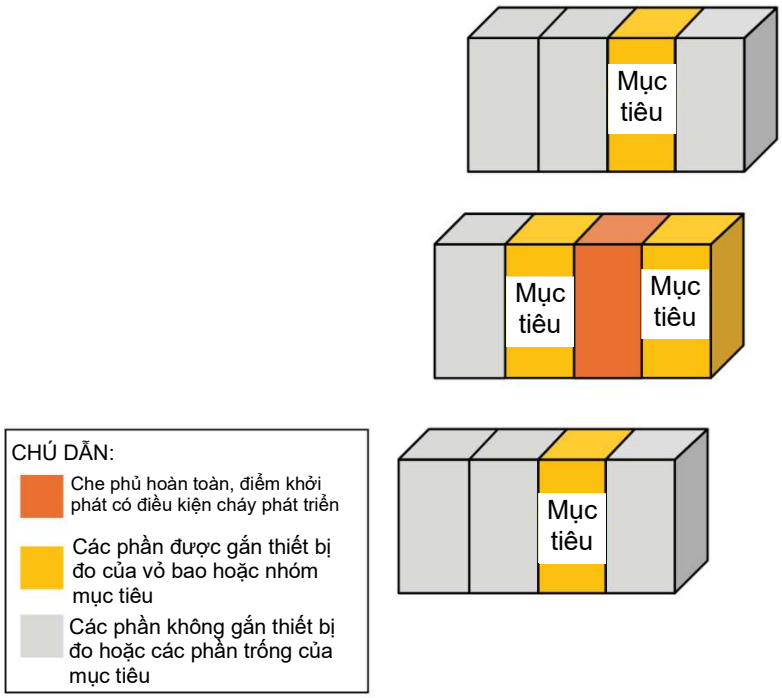
CHÚ THÍCH: Áp dụng trong trường hợp sự lan truyền cháy giữa các giá đỡ hoặc các vỏ bao phân chia bên trong tổng thể vỏ bao hoặc bệ BESS được xem là kết quả chấp nhận được dựa trên thiết kế của BESS.

Hình 10.3 – Ví dụ bố trí vỏ bao với vỏ bao hoặc nhóm với nhóm – Hình chiếu cạnh



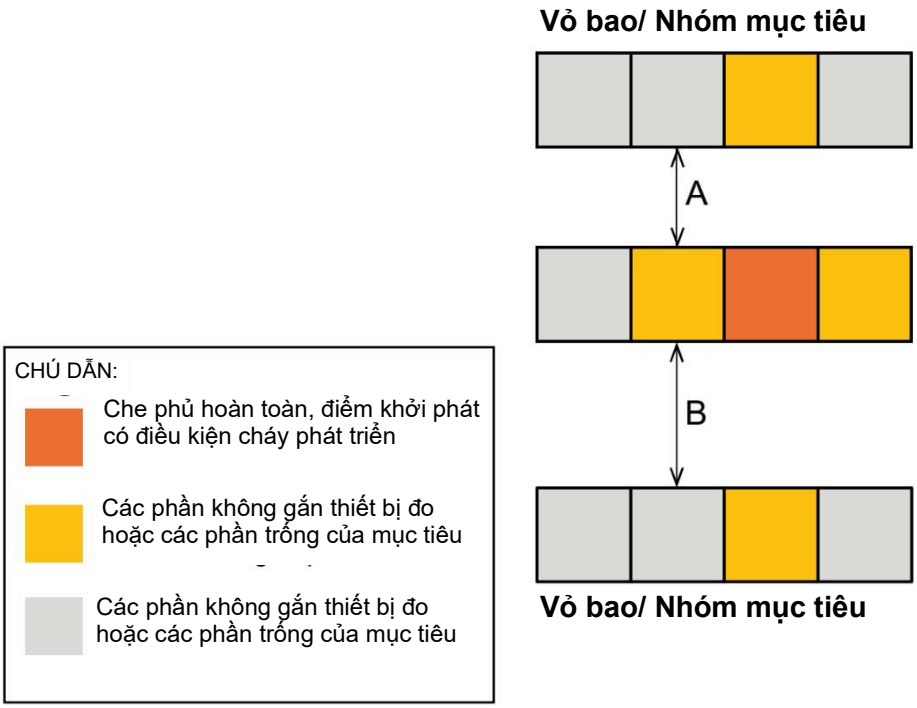
A, B, C, D = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao, unit hoặc nhóm theo từng hướng.

Hình 10.4 – Ví dụ bố trí vỏ bao với vỏ bao hoặc nhóm với nhóm – Hình chiếu bằng



CHÚ THÍCH: Áp dụng để chứng minh rằng hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt do cháy sẽ không xảy ra giữa các vỏ bao phân chia bên trong một vỏ bao tổng thể, hoặc để chứng minh khả năng chống lan truyền cháy cao hơn so với Hình 10.3 và Hình 10.4. Hình 10.3 và Hình 10.4 là các yêu cầu cơ bản theo NFPA 855, trong khi Hình 10.5 và Hình 10.6 thể hiện mức tính năng bổ sung.

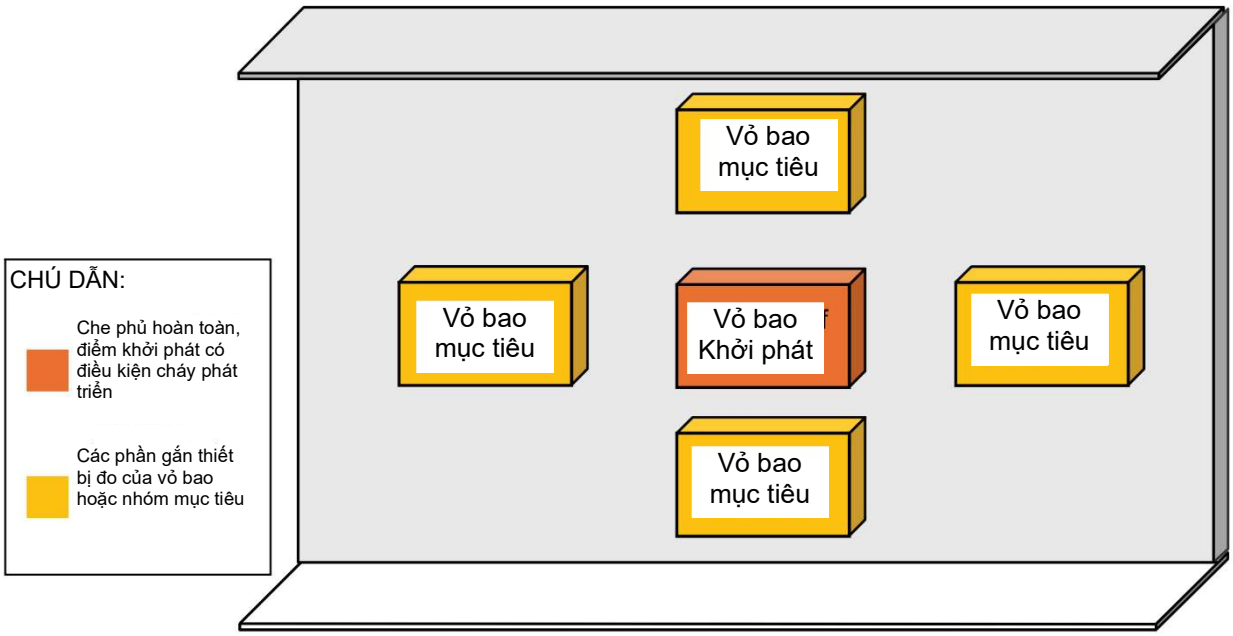
Hình 10.5 – Ví dụ bố trí vỏ bao với vỏ bao hoặc nhóm với nhóm – Hình chiếu cạnh



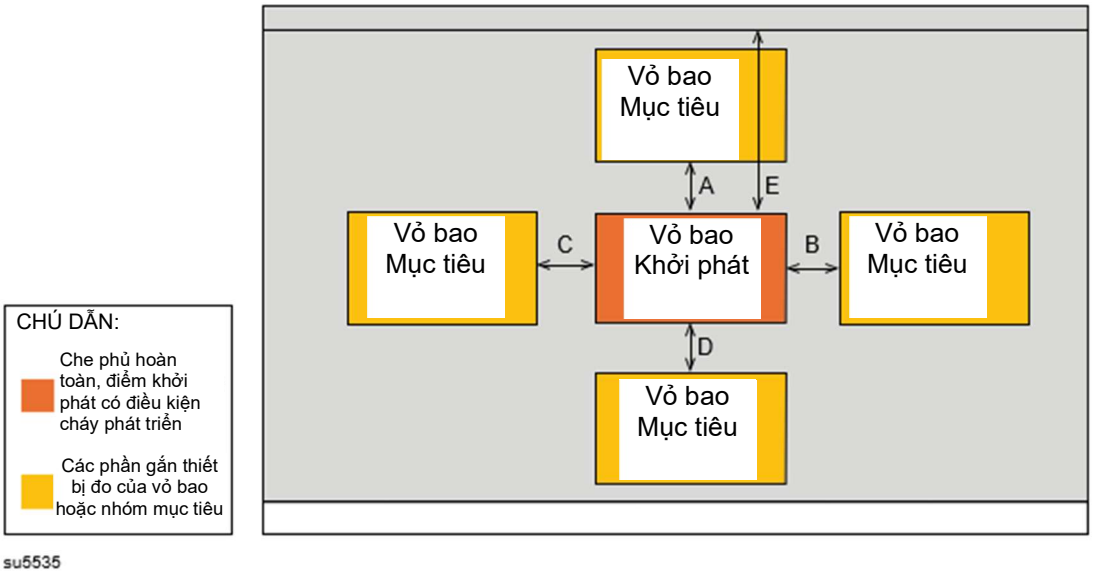
A, B = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao, unit hoặc nhóm theo từng hướng.

Hình 10.6 – Ví dụ bố trí vỏ bao với vỏ bao – Hình chiếu bằng

10.2.4 Đối với các unit lắp đặt trên vách, ví dụ về cấu hình thử nghiệm được thể hiện trong Hình 10.7 và Hình 10.8. Có thể cần điều chỉnh cấu hình ví dụ này tùy thuộc vào kích thước tổng thể của sản phẩm và hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo về khoảng cách tối thiểu giữa các unit BESS với trần nhà hoặc phần nhô ra phía trên.



Hình 10.7 – Ví dụ bố trí lắp đặt trên vách – Không có vòi phun – Hình chiếu trục đo



A, B, C, D = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao, unit hoặc nhóm theo từng hướng

E = Khoảng cách tối thiểu từ vỏ bao hoặc unit đến trần nhà

Hình 10.8 – Ví dụ bố trí lắp đặt trên vách – Không có vòi phun – Hình chiếu đứng

10.2.5 Vỏ bao hoặc nhóm khởi phát phải được lắp đầy đủ và lắp đặt theo cấu hình vận hành dự kiến trong BESS, bao gồm, ví dụ, toàn bộ pin, thiết bị phụ trợ và cáp/máng cáp. Thiết bị phụ trợ (hệ thống HVAC, bộ inverter, bộ làm lạnh, v.v.) được lắp đặt bên trong vỏ bao hoặc nhóm khởi phát không bắt buộc phải hoạt động nhưng phải hiện diện và bao gồm toàn bộ các thành phần cháy được để phục vụ đánh giá. Nếu thiết bị phụ trợ được bố trí trong một vỏ bao riêng biệt thì không bắt buộc phải đưa vào thử nghiệm cấp lắp đặt. Các yêu cầu và làm rõ bổ sung đối với cấu hình BESS dạng cụm xếp chồng được quy định tại 10.8.

10.2.6 Tất cả các đặc tính thiết kế thụ động, bao gồm vật liệu cách nhiệt, phải được đưa vào tất cả các BESS sử dụng cho thử nghiệm này.

Chú thích: Các lỗ xả nổ là đặc tính thiết kế thụ động nhưng được xem xét riêng tại 10.3.

10.2.7 Trong trường hợp một vỏ bao hoặc nhóm BESS có thể được cấu hình với nhiều mức dung lượng lưu trữ khác nhau sử dụng cùng loại cell và môđun, và khi đặc tính cũng như hình học của tất cả các vật liệu khác là tương đương theo đánh giá kết cấu, thì cấu hình có dung lượng năng lượng lưu trữ lớn nhất được xem là đại diện cho tất cả các cấu hình lưu trữ.

10.2.8 Các vỏ bao mục tiêu và kết cấu mục tiêu phải được bố trí và lắp đặt thiết bị đo theo phương pháp tiếp cận phân cấp đối với vỏ bao và kết cấu mục tiêu được mô tả tại 10.5. Vỏ bao, nhóm hoặc cụm xếp chồng mục tiêu có thể được cung cấp dưới dạng đầy đủ; dưới dạng mẫu đại diện về hình dạng vật lý và vật liệu; hoặc dưới dạng vách có gắn thiết bị đo. Các kết cấu mục tiêu có thể được cung cấp dưới dạng đầy đủ hoặc dưới dạng mẫu đủ đại diện về hình dạng vật lý và vật liệu của toàn bộ hạng mục, kết cấu

hoặc tổ hợp. Các kết cấu mục tiêu cũng có thể được đại diện bằng các đầu đo thông lượng nhiệt được bố trí tại các vị trí đại diện trên kết cấu. (Xem 10.5 để biết thêm chi tiết).

CHÚ THÍCHS: Phương pháp tiếp cận phân cấp này được thiết kế nhằm tạo tính linh hoạt cho việc xây dựng cấu hình thử nghiệm đồng thời áp dụng phương pháp thống nhất đối với việc đo lường và diễn giải kết quả.

10.2.9 Các mục từ 10.2 đến 10.11 quy định các yêu cầu thử nghiệm áp dụng cho tất cả các vị trí lắp đặt. Các chi tiết bổ sung về phương pháp thử nghiệm dành riêng cho lắp đặt ngoài trời hoặc trong nhà lần lượt được quy định tại 10.8 và 10.7.

10.2.10 BESS dự kiến lắp đặt trong nhà để xe thông thoáng hoặc các kết cấu tương tự phải được thử nghiệm theo phương pháp dành cho lắp đặt trong nhà. BESS dự kiến lắp đặt trên mái phải được thử nghiệm theo phương pháp dành cho lắp đặt ngoài trời.

10.2.11 Việc thử nghiệm có thể được thực hiện ngoài trời nếu các điều kiện kiểm soát và điều kiện môi trường sau đây được đáp ứng tại thời điểm bắt đầu trạng thái cháy phát triển:

a) Tốc độ gió không vượt quá 19,3 km/h (12 dặm/giờ). Tốc độ gió phải được đo tại phía đón gió của vỏ bao/nhóm khởi phát và vỏ bao/nhóm mục tiêu. Có thể sử dụng màn chắn gió để bảo đảm tốc độ gió duy trì trong giới hạn cho phép;

b) Nhiệt độ môi trường bên ngoài phải lớn hơn hoặc bằng 0 °C (32 °F);

c) Độ ẩm phải nhỏ hơn 90 % RH;

d) Không được có mưa hoặc hiện tượng giáng thủy tác động lên các unit khởi phát hoặc unit mục tiêu trong quá trình thử nghiệm;

e) Phải kiểm soát thực vật và các vật liệu cháy trong khu vực thử nghiệm để ngăn ngừa ảnh hưởng đến thử nghiệm và ngăn ngừa sự lan truyền cháy ngoài ý muốn từ khu vực thử nghiệm; và

f) Phải có các biện pháp bảo vệ nhằm ngăn ngừa người không có thẩm quyền tiếp cận khu vực thử nghiệm và ngăn ngừa việc con người bị phơi nhiễm với các nguy hiểm phát sinh từ quá trình thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Thử nghiệm trong nhà được ưu tiên để kiểm soát điều kiện thử nghiệm, đặc biệt đối với các hệ thống BESS lắp đặt trong nhà.

CHÚ THÍCH 2: Cần thực hiện mọi biện pháp hợp lý để tránh thử nghiệm trong điều kiện có giáng thủy. Do thời gian của các thử nghiệm này có thể kéo dài, nếu xuất hiện giáng thủy trong quá trình thử nghiệm thì phòng thử nghiệm phải đưa ra đánh giá về ảnh hưởng của giáng thủy đối với tính năng của mẫu thử. Ví dụ, mưa lớn trong giai đoạn có ngọn lửa bên ngoài hoạt động mạnh có thể làm thử nghiệm mất hiệu lực, trong khi mưa nhẹ gần cuối giai đoạn quan sát có thể có ảnh hưởng không đáng kể.

CHÚ THÍCH 3: Nếu điều kiện gió vượt quá các giới hạn nêu trên, việc thử nghiệm vẫn có thể được tiến hành với sự đồng ý của bên tài trợ thử nghiệm và phải đo lường cũng như báo cáo điều kiện gió trong suốt thời gian thử nghiệm. Các mẫu thử phải được định hướng sao cho mức phơi nhiễm nhiệt từ vỏ bao khởi phát đến các vỏ bao mục tiêu là lớn nhất.

10.2.12 BESS trong vỏ bao khởi phát và toàn bộ cell hoặc môđun trong các đối tượng mục tiêu, nếu có, phải được nạp đến trạng thái sạc vận hành tối đa (MOSOC) theo quy định của nhà chế tạo và được để ổn định tối thiểu 1 giờ. Sau thời gian ổn định, điện áp mạch hở tại MOSOC phải được ghi nhận làm điện áp cơ sở. Điện áp cơ sở phải được ghi nhận trong thời gian nghỉ tối đa 24 giờ.

10.2.13 Trước khi bắt đầu thử nghiệm, điện áp mạch hở của (các) môđun được sử dụng để tạo ra trạng thái cháy phát triển phải được đo và ghi nhận. Nếu độ sụt điện áp lớn hơn 1,0 % điện áp cơ sở của môđun được ghi nhận theo 10.2.12 thì BESS trong vỏ bao hoặc nhóm khởi phát phải được nạp lại.

10.2.14 Nếu có, toàn bộ cell hoặc môđun trong các đối tượng mục tiêu phải được nạp đến trạng thái sạc vận hành tối đa (MOSOC) trong vòng 72 giờ trước khi thử nghiệm. Nếu các cell hoặc môđun mục tiêu đã được nạp quá 72 giờ trước thời điểm thử nghiệm thì điện áp mạch hở phải được đo và nếu độ sụt điện áp lớn hơn 1,0 % điện áp cơ sở thì các cell hoặc môđun trong vỏ bao hoặc nhóm mục tiêu phải được nạp lại.

10.3 Điều kiện thông gió của vỏ bao khởi phát

10.3.1 Thử nghiệm cấp lắp đặt hoặc thử nghiệm cháy quy mô lớn này cung cấp dữ liệu phục vụ đánh giá sự lan truyền cháy từ vỏ bao BESS khởi phát sang các vỏ bao BESS lân cận do tình trạng cháy phát triển sau bùng cháy, trong đó các khu vực xả áp bùng cháy mở ra và làm tăng thông gió không khí vào vỏ bao BESS.

CHÚ THÍCH: Thử nghiệm cháy quy mô lớn cấp lắp đặt này không đánh giá các nguy hiểm do việc xả bùng cháy trong công trình. Xem Phụ lục C.

10.3.2 Tất cả các khu vực xả áp bùng cháy trong vỏ bao phải được mở ngay từ khi bắt đầu thử nghiệm. Các lỗ mở không phải là khu vực xả áp bùng cháy phải được duy trì ở trạng thái đóng.

10.3.3 Theo 10.3.2, khu vực xả áp bùng cháy phải được thiết kế phù hợp với các yêu cầu của NFPA 68 khi:

a) Đặc tính khí được xác định từ thử nghiệm cấp cell tại Điều 7;

b) Lượng khí phát sinh ít nhất bằng lượng khí được xác định từ thử nghiệm cấp môđun tại Điều 8; và

c) Có báo cáo độc lập được lập phù hợp với NFPA 68, bao gồm các tính toán đã được xác nhận và phân tích kỹ thuật chứng minh rằng khu vực xả áp bùng cháy được thiết kế đáp ứng các tiêu chí thiết kế của NFPA 68.

10.3.4 Nếu không có khu vực xả áp bùng cháy được thiết kế đáp ứng 10.3.2, thì các khu vực xả áp bùng cháy đại diện cho điều kiện thông gió sau bùng cháy phải được xác định bằng cách thực hiện thử nghiệm bùng cháy quy mô lớn theo Phụ lục C.

10.3.5 Theo 10.3.4, các khu vực xả áp bùng cháy (ví dụ: cửa, lỗ thông hơi hoặc các lỗ mở khác) mở ra sau thử nghiệm bùng cháy phải được mở ngay từ khi bắt đầu thử nghiệm cháy quy mô lớn. Nếu có nhiều khu vực xả áp bùng cháy được thiết kế (lỗ xả nổ) được lắp đặt và chỉ một phần trong số đó mở ra trong

thử nghiệm Phụ lục C thì tất cả các khu vực xả áp bùng cháy được thiết kế phải được mở khi bắt đầu thử nghiệm cháy quy mô lớn.

10.3.6 Thay cho phương pháp tại 10.3.2 đến 10.3.5, tất cả các khu vực xả áp bùng cháy được thiết kế và ít nhất một cửa, hoặc một bộ cửa nếu được khóa liên động, phải được mở trước thử nghiệm và duy trì mở trong suốt quá trình thử nghiệm. (Các) cửa phải được lựa chọn sao cho tạo đủ thông gió để trạng thái cháy phát triển tạo ra mức phơi nhiễm nhiệt duy trì cực đại đối với các cell bên trong các unit mục tiêu.

CHÚ THÍCH: Cho phép mở nhiều cửa trên vỏ bao khởi phát.

10.3.7 Các lỗ mở được thiết kế để mở trong điều kiện vận hành bình thường hoặc trong điều kiện mất kiểm soát nhiệt trên vỏ bao khởi phát cũng phải được mở trong quá trình thử nghiệm. Các lỗ mở phục vụ hệ thống thông gió (ví dụ: hệ thống theo NFPA 69) phải được mở.

Chú thích: Thử nghiệm này tập trung vào kịch bản phát triển cháy sau bùng cháy, trong đó hệ thống thông gió không ngăn ngừa được sự tích tụ ban đầu của khí cháy, tuy nhiên vẫn có khả năng hệ thống NFPA 69 đã hoạt động và kích hoạt vùng thông gió để đáp ứng trạng thái mất kiểm soát nhiệt ban đầu.

10.3.8 Tất cả các cửa và các lỗ mở khác trên các vỏ bao mục tiêu phải được mở hoặc đóng như trong điều kiện vận hành bình thường.

10.4 Hệ thống chủ động

10.4.1 Đối với các lắp đặt ngoài trời và trong nhà, các hệ thống bảo vệ cháy chủ động có thể được đưa vào và vận hành trong quá trình thử nghiệm này.

10.4.2 Đối với lắp đặt ngoài trời, các hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt phải được vô hiệu hóa trong vỏ bao khởi phát.

10.4.3 Đối với lắp đặt trong nhà, các hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt đáp ứng UL 9540 phải được đưa vào nhóm hoặc cụm xếp chồng khởi phát nhưng phải được vô hiệu hóa trong môđun khởi phát và bất kỳ môđun nào khác được bảo vệ bởi cùng một hệ thống liên kết cơ khí.

10.4.4 Đối với lắp đặt trong nhà và ngoài trời, các hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt đáp ứng UL 9540 phải hoạt động trong các đối tượng mục tiêu.

10.4.5 Đối với lắp đặt ngoài trời và trong nhà, các bộ làm lạnh, hệ thống quản lý nhiệt và hệ thống giảm nồng độ khí cháy không được vận hành trong vỏ bao khởi phát và không bắt buộc phải vận hành trong bất kỳ vỏ bao mục tiêu nào.

10.4.6 Đối với các hệ thống làm mát bằng chất lỏng và làm mát ngâm, chất làm mát không cháy phải được tháo khỏi môđun khởi phát để hỗ trợ hình thành trạng thái cháy phát triển nhưng vẫn phải được giữ lại trong phần còn lại của nhóm và vỏ bao khởi phát. Chất làm mát dễ cháy hoặc cháy được phải được giữ lại trong tất cả các môđun hoặc tấm làm mát tại những vị trí mà chúng hiện diện theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo. Nếu chất làm mát có trong các tấm làm mát thì không được tháo bỏ. Hệ thống làm mát không được tuần hoàn.

10.5 Đối tượng mục tiêu, thiết bị đo và phép đo

10.5.1 Việc thu thập dữ liệu phải được duy trì đến khi kết thúc thử nghiệm và toàn bộ lịch sử theo thời gian phải được đưa vào báo cáo thử nghiệm. Dữ liệu phải được thu thập với tần số 1 Hz trong suốt quá trình hình thành trạng thái cháy phát triển, phát triển đám cháy, lan truyền mất kiểm soát nhiệt trong nhóm hoặc vỏ bao khởi phát và trong suốt thời gian có ngọn lửa bên ngoài. Tần suất thu thập dữ liệu và video có thể được giảm sau khi kết thúc thử nghiệm nhằm mục đích theo dõi khả năng tái phát triển của cháy hoặc các sự kiện mất kiểm soát nhiệt.

10.5.2 Các cặp nhiệt điện loại K phải được bố trí trong toàn bộ vỏ bao hoặc nhóm khởi phát để theo dõi nhiệt độ biểu thị cho mất kiểm soát nhiệt và sự phát triển của đám cháy. Tối thiểu, cặp nhiệt điện phải được lắp đặt trong từng môđun của nhóm môđun theo phương thẳng đứng được sử dụng để tạo ra trạng thái cháy phát triển, nhằm xác nhận trạng thái cháy phát triển đã được hình thành.

10.5.3 Các cặp nhiệt điện cũng phải được lắp đặt trên các môđun pin ở hai đầu của vỏ bao khởi phát để theo dõi mức độ lan truyền cháy.

10.5.4 Các cặp nhiệt điện loại K có cỡ dây không nhỏ hơn cỡ số 24 phải được bố trí thành mảng dạng lưới để đo mức phơi nhiễm nhiệt đối với nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu. Các cặp nhiệt điện phải được cố định lên các bề mặt đo để duy trì tiếp xúc nhiệt trong suốt quá trình thử nghiệm.

10.5.5 Theo 10.5.4, nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu có thể được cung cấp dưới dạng đầy đủ hoặc dưới dạng mẫu đủ đại diện về hình dạng vật lý và chất lượng của vỏ bao. Các nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu có thể ở trạng thái rỗng (không chứa pin), được lắp một phần hoặc được lắp đầy đủ môđun và sẽ được lắp thiết bị đo tương ứng. Phần còn lại không được lắp thiết bị đo của nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu có thể được lắp các môđun rỗng hoặc khối nhiệt đại diện cho môđun. Thay cho vỏ bao, các nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu cũng có thể được thể hiện dưới dạng vách có gắn thiết bị đo, được chế tạo theo mô tả tại 10.5.12.

10.5.6 Theo 10.5.5, mảng cặp nhiệt điện phải được bố trí trên bề mặt các cell theo 10.5.7, trên bề mặt môđun theo 10.5.8 hoặc trên bề mặt bên trong của vỏ bao mục tiêu theo 10.5.9 tùy theo mức độ hoàn chỉnh của đối tượng mục tiêu. Trong từng phương án của phương pháp tiếp cận phân cấp này, các cặp nhiệt điện phải được lắp trên (các) mặt của cell, môđun hoặc vỏ bao dự kiến chịu mức phơi nhiễm nhiệt lớn nhất.

CHÚ THÍCH 1: Các phương án lắp đặt thiết bị đo khác nhau, hoặc kết hợp các phương án đó, được đưa ra để đáp ứng các yêu cầu cụ thể của từng thử nghiệm. Ví dụ, nếu cell được lắp trong đối tượng mục tiêu thì cặp nhiệt điện sẽ được gắn lên bề mặt cell. Nếu môđun rỗng (không chứa cell) được lắp đặt thì bề mặt môđun sẽ được lắp thiết bị đo. Khi vị trí đo của đối tượng mục tiêu nằm xa hơn vị trí lắp đặt cell thực tế cuối cùng, mức độ bảo thủ bổ sung sẽ được áp dụng cho phép đo, như phản ánh trong các tiêu chí tính năng tương ứng.

CHÚ THÍCH 2: Cũng cho phép sử dụng kết hợp các phương pháp đo nêu trên nếu không phải tất cả các phần của vỏ bao hoặc nhóm mục tiêu đều được lắp môđun. Ví dụ, các vị trí có môđun sẽ được lắp thiết bị đo tại bề mặt môđun hoặc bề mặt cell, trong khi các khu vực của vỏ bao không có môđun sẽ được lắp thiết bị đo tại bề mặt bên

trong của vỏ bao BESS. Phương pháp kết hợp này cho phép ưu tiên vị trí lắp đặt cho các môđun đang hoạt động.

CHÚ THÍCH 3: Khi các môđun rỗng, môđun lắp một phần hoặc môđun lắp đầy đủ được lắp trong các đối tượng mục tiêu, cho phép lắp thiết bị đo trên mỗi môđun xen kẽ miễn là không vượt quá khoảng cách lưới 0,61 m (2 ft).

10.5.7 Theo 10.5.6, đối với việc gắn cặp nhiệt điện lên các cell, tối thiểu phải lắp thiết bị đo cho các cell tại vị trí trung tâm và hai đầu của môđun trong nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu. Đối với các cell trên cùng, cặp nhiệt điện phải được gắn thêm lên bề mặt phía trên của các cell được lắp thiết bị đo để tính đến phơi nhiễm nhiệt từ phía trên của vỏ bao.

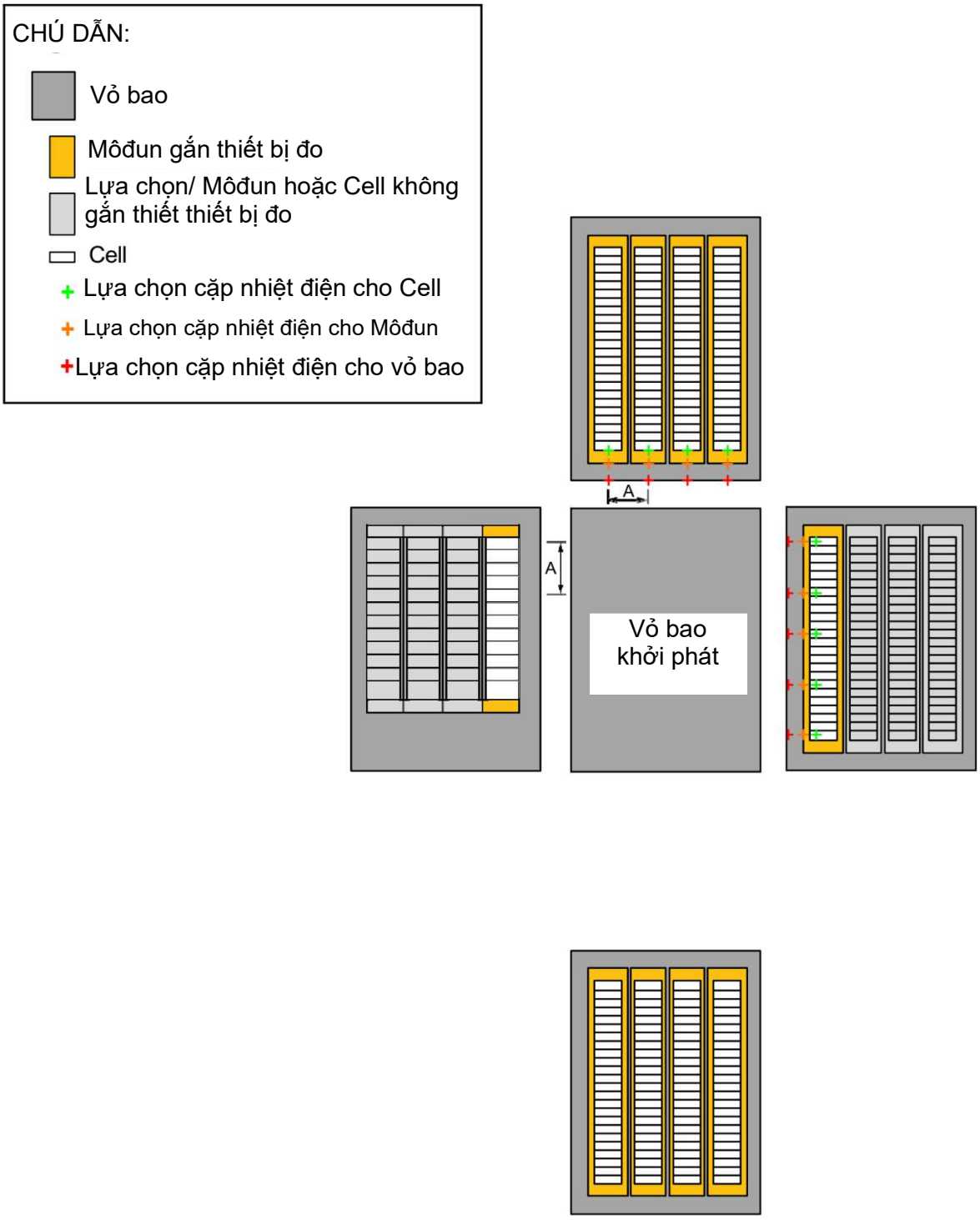
CHÚ THÍCH: Khi các cell được lắp trong các môđun lắp một phần hoặc lắp đầy đủ tại các đối tượng mục tiêu, cho phép lắp ít cặp nhiệt điện hơn trên từng môđun nếu duy trì được khoảng cách 0,61 m (2 ft) theo chiều dài.

10.5.8 Theo 10.5.6, đối với việc gắn cặp nhiệt điện lên bề mặt ngoài của môđun, tối thiểu phải lắp thiết bị đo tại vị trí trung tâm và gần hai đầu của môđun bên trong nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu. Đối với (các) môđun trên cùng, cặp nhiệt điện phải được gắn thêm lên bề mặt phía trên của môđun tại vị trí trung tâm và gần hai đầu của môđun để tính đến phơi nhiễm nhiệt từ phía trên.

CHÚ THÍCH: Khi bề mặt ngoài của môđun được lắp thiết bị đo trong các đối tượng mục tiêu, cho phép lắp ít cặp nhiệt điện hơn trên từng môđun nếu duy trì được khoảng cách 0,61 m (2 ft) theo chiều dài.

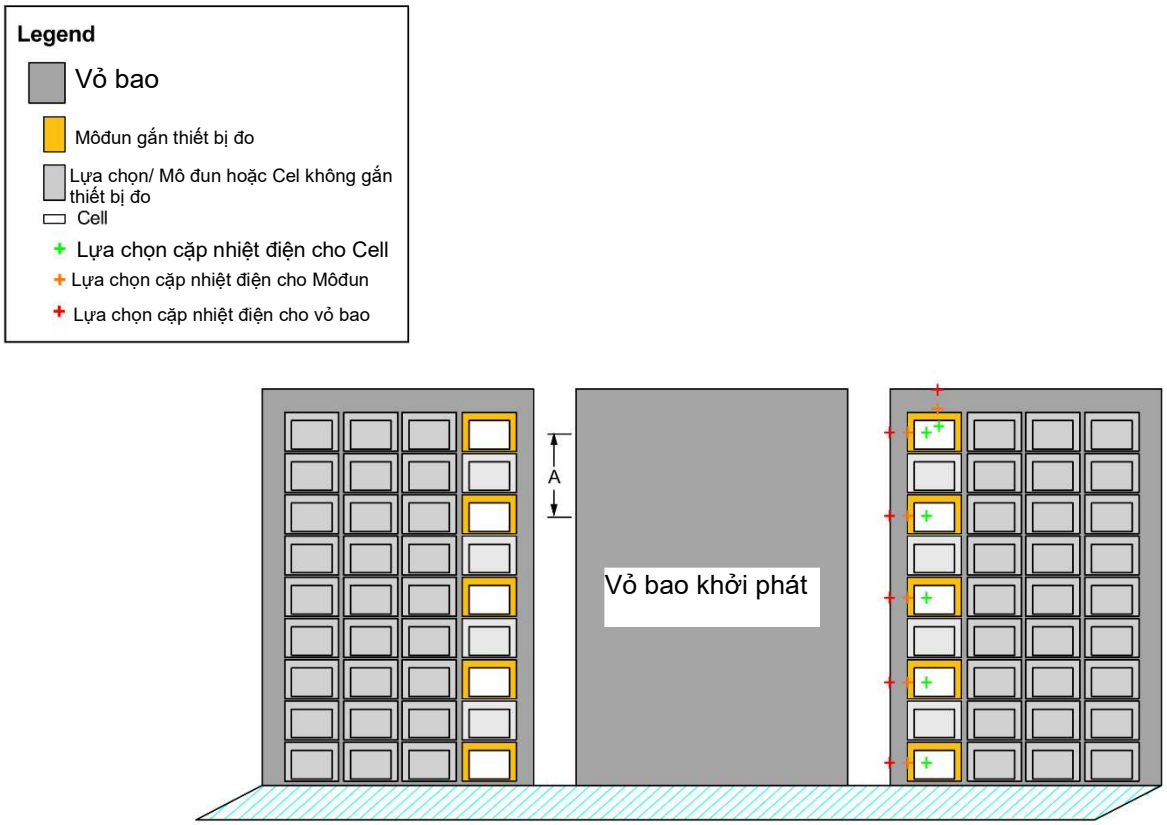
10.5.9 Theo 10.5.6, đối với việc gắn cặp nhiệt điện lên bề mặt bên trong của vỏ bao ngoài, tối thiểu phải lắp thiết bị đo tại các vị trí tương ứng với trung tâm và hai đầu của các vị trí môđun pin dự kiến. Các cặp nhiệt điện bổ sung phải được lắp trên mặt trong của bề mặt phía trên của vỏ bao theo nhóm tương ứng để tính đến phơi nhiễm nhiệt từ phía trên của vỏ bao.

10.5.10 Theo 10.5.4, khoảng cách giữa các vị trí cặp nhiệt điện không được vượt quá 0,61 m (2 ft) theo phương ngang hoặc phương đứng. Nếu thiết kế của nhóm hoặc vỏ bao khởi phát, các vỏ bao mục tiêu, môđun hoặc cell không phù hợp với các ví dụ dưới đây thì các cặp nhiệt điện phải được bố trí theo lưới 0,61 m × 0,61 m (2 ft × 2 ft). Xem Hình 10.9 và Hình 10.10.



Hình 10.9 – Ví dụ sơ đồ tham chiếu cặp nhiệt điện – Hình chiếu bằng

A = 0.61 m (2 feet)



Hình 10.10 – Ví dụ sơ đồ tham chiếu cặp nhiệt điện – Hình chiếu đứng

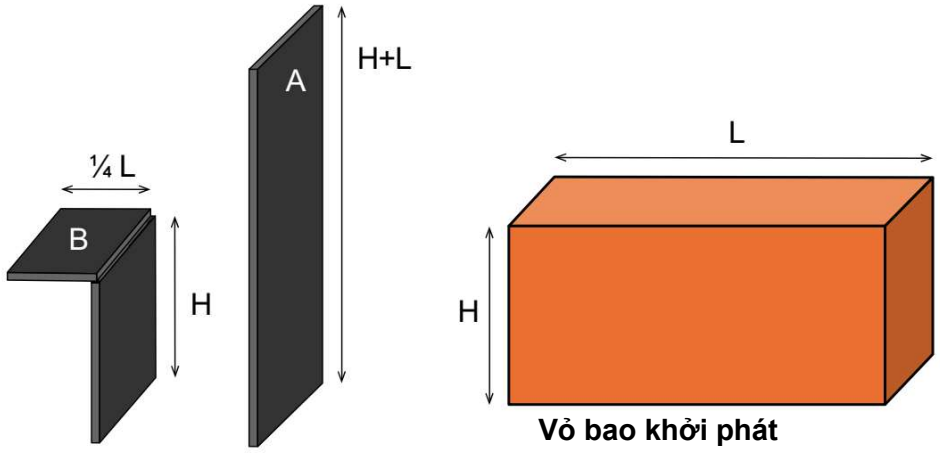
10.5.11 Theo 10.5.4, nếu các môđun được lắp đặt bên trong nhóm hoặc vỏ bao mục tiêu thì chỉ yêu cầu lắp đầy đủ các cell gần nhất với nhóm hoặc vỏ bao khởi phát.

10.5.12 Các vỏ bao hoặc nhóm BESS mục tiêu cũng có thể được đại diện bằng các vách có gắn thiết bị đo để mô phỏng các vỏ bao có gắn thiết bị đo. Nếu sử dụng vách có gắn thiết bị đo thì vách phải được chế tạo từ tấm thạch cao dày tối thiểu 13 mm (1/2 inch) và sơn màu đen mờ. Khoảng cách giữa các vị trí cặp nhiệt điện không được vượt quá 0,61 m (2 ft) theo phương ngang hoặc phương đứng trên bề mặt của vách có gắn thiết bị đo dự kiến chịu mức phơi nhiễm nhiệt lớn nhất. (Các) vách phải có chiều rộng bằng chiều rộng của vỏ bao, nhóm hoặc cụm xếp chồng liền kề. Để ghi nhận mức phơi nhiễm nhiệt lên phần phía trên của vỏ bao, nhóm hoặc cụm xếp chồng liền kề, vách có gắn thiết bị đo phải được chế tạo như minh họa trong Hình 10.11 theo một trong các phương án sau:

a) Có chiều cao bằng chiều cao của vỏ bao cộng với chiều dài tương ứng của phần phía trên vỏ bao (Phương án A trong Hình 10.11); hoặc

b) Có chiều cao bằng chiều cao của vỏ bao cùng với một phần ngang đại diện có kích thước bằng 1/4 chiều dài tương ứng của phần phía trên vỏ bao (Phương án B trong Hình 10.11).

CHÚ THÍCH: Chiều dài tương ứng sẽ là chiều dài hoặc chiều rộng của vỏ bao, tùy thuộc vào hướng bố trí của vỏ bao khởi phát so với đối tượng mục tiêu. Hình 10.11 chỉ được xem là ví dụ minh họa.



Các lựa chọn vách mục tiêu
(Vỏ bao đại diện)

A = Phương án vách mục tiêu A
B = Phương án vách mục tiêu B
H = Chiều cao của vỏ bao liền kề
L = Chiều dài phần phía trên của vỏ bao liền kề

Hình 10.11 – Ví dụ cấu hình kết cấu đối với vách có gắn thiết bị đo đại diện cho các vỏ BESS

10.5.13 Ví dụ về bố trí cặp nhiệt điện áp dụng cho một vỏ bao được thể hiện trong Hình 10.9 và Hình 10.10.

10.5.14 Trong trường hợp yêu cầu đánh giá khoảng cách đến các kết cấu cháy được, các đầu đo thông lượng nhiệt phải được lắp trên giá đỡ tại các vị trí đại diện cho vị trí của kết cấu. Các đầu đo thông lượng nhiệt phải được bố trí tại khoảng cách phân tách tối thiểu cho phép theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo và tại các độ cao cũng như vị trí ngang dự kiến chịu mức phơi nhiễm nhiệt lớn nhất.

10.5.15 Trong trường hợp các khoảng cách mục tiêu bị chồng lấn, khoảng cách ngắn hơn trong hai khoảng cách — khoảng cách từ vỏ bao đến vỏ bao hoặc khoảng cách từ vỏ bao đến kết cấu — phải được thử nghiệm, đồng thời áp dụng tiêu chí tính năng nghiêm ngặt hơn để bao quát cả hai dạng phơi nhiễm tại khoảng cách đó.

10.5.16 Có thể bổ sung các thiết bị đo hoặc quan sát khác vào cấu hình thử nghiệm nhằm thu thập dữ liệu bổ sung phục vụ mục đích thiết kế hoặc đánh giá rủi ro, nhưng không bắt buộc để đánh giá tiêu chí tính năng. Các phép đo hoặc quan sát này có thể bao gồm nhưng không giới hạn ở nhiệt độ, điện áp, tính liên tục, tốc độ tỏa nhiệt, đặc tính khí và khói, cũng như các vị trí đo thông lượng nhiệt bổ sung. Các phép đo hoặc quan sát này cũng có thể đánh giá ảnh hưởng của cháy và hỏng hóc đối với các hệ thống an toàn quan trọng, như hệ thống phát hiện và giám sát, cũng như khả năng duy trì hoạt động của các tuyến truyền thông.

CHÚ THÍCH 1: Khả năng duy trì hoạt động của các hệ thống này trong sự cố có thể là dữ liệu đầu vào cho công tác lập kế hoạch ứng phó khẩn cấp, phân tích giảm thiểu nguy hiểm và các hoạt động quản lý rủi ro khác. Không có tiêu chí đạt/không đạt về khả năng duy trì hoạt động hoặc tính năng áp dụng cho các hệ thống này.

CHÚ THÍCH 2: Có thể sử dụng BMS để thu thập dữ liệu bổ sung cho bên tài trợ thử nghiệm nhằm bất kỳ mục đích nào khác ngoài việc đánh giá theo các tiêu chí tính năng quy định trong thử nghiệm cấp lắp đặt này.

CHÚ THÍCH 3: Khi sử dụng thiết bị bổ sung hoặc thiết bị đo, cần đặc biệt chú ý để bảo đảm các thiết bị đó không ảnh hưởng bất lợi đến diễn biến cháy trong quá trình thử nghiệm.

10.6 Khởi tạo thử nghiệm

10.6.1 Việc tạo ra trạng thái cháy phát triển trong vỏ bao hoặc nhóm BESS khởi phát phải được thực hiện bằng một trong các phương pháp sau:

a) Bộ gia nhiệt kết hợp với nguồn đánh lửa bổ sung;

b) Tác động điện hoặc cơ học kết hợp với nguồn đánh lửa bổ sung; hoặc

c) Đầu đốt (khuếch tán, hòa trộn hoàn toàn hoặc hòa trộn bán phần).

10.6.2 Nguồn đánh lửa phải được bố trí trên đường đi của khí thoát do mất kiểm soát nhiệt có khả năng cháy và được lắp đặt để bảo đảm khí được đốt cháy. Các nguồn đánh lửa phải được bố trí gần vị trí thoát khí của (các) môđun nơi trạng thái cháy phát triển được tạo ra. Nếu có vỏ bao, các nguồn đánh lửa phải được lắp đặt bên trong vỏ bao khởi phát.

10.6.3 Theo 10.6.2, nếu vỏ bao được thiết kế sao cho khí thoát do mất kiểm soát nhiệt được dẫn ra khỏi (các) môđun nơi trạng thái cháy phát triển được tạo ra, thì các nguồn đánh lửa phải được bố trí gần (các) môđun để đốt cháy mọi khí thoát rò rỉ cũng như tại đầu ra của đường dẫn khí thoát do mất kiểm soát nhiệt.

10.6.4 Theo 10.6.2, nếu sử dụng đầu đốt thì đầu đốt được xem là nguồn đánh lửa. Có thể sử dụng thêm các nguồn đánh lửa bổ sung nhưng không bắt buộc. Nếu sử dụng đầu đốt thì lưu lượng khí phải được ghi nhận.

10.6.5 Theo 10.6.2, nếu sử dụng bộ gia nhiệt hoặc các phương pháp khác để khởi tạo mất kiểm soát nhiệt thì phải có các nguồn đánh lửa bổ sung. Các nguồn đánh lửa bổ sung phù hợp bao gồm bugi đánh lửa, bugi nung nóng, tia lửa điện hoặc ngọn lửa mồi.

10.6.6 Để được xem là thử nghiệm hợp lệ, phương pháp khởi tạo phải được duy trì vận hành từ khi bắt đầu thử nghiệm cho đến khi đạt được trạng thái cháy phát triển trong vỏ bao hoặc nhóm khởi phát.

10.6.7 Vị trí khởi tạo phải được lựa chọn sao cho tạo ra ứng suất nhiệt lớn nhất đối với các môđun lân cận và các vỏ bao mục tiêu.

CHÚ THÍCH: Nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng đến ứng suất nhiệt, bao gồm nhưng không giới hạn ở vị trí thông gió, vị trí thiết bị phụ trợ, thiết kế cách nhiệt của vỏ bao, khoảng cách đến vòi phun hoặc các thiết bị/cảm biến kích hoạt khác, và diễn biến cháy dự kiến. Cần thực hiện đánh giá kết cấu để xác định vị trí khởi tạo phù hợp nhất bằng cách xem xét các yếu tố nêu trên cũng như thiết kế vỏ bao của các đối tượng mục tiêu. Vị trí khởi tạo thường được dự kiến nằm trong khoang có dung lượng năng lượng lớn nhất, gần biên ngoài của vỏ bao và tại vị trí thẳng đứng thấp nhất hoặc thấp thứ hai.

10.6.8 Đối với lắp đặt ngoài trời, tối thiểu trạng thái cháy phát triển phải bao gồm toàn bộ một nhóm môđun theo phương thẳng đứng bên trong vỏ bao khởi phát, điều này có thể yêu cầu áp dụng phương pháp khởi tạo (ví dụ: ngọn lửa) lên nhiều môđun. Nhiều vỏ bao phân chia bên trong tổng thể vỏ bao khởi phát có thể tham gia vào trạng thái cháy phát triển trong quá trình thử nghiệm, tuy nhiên không bắt buộc phải khởi tạo trạng thái cháy phát triển riêng biệt trong từng vỏ bao đó.

10.6.9 Đối với lắp đặt trong nhà, tối thiểu trạng thái cháy phát triển phải bao gồm một môđun hoàn chỉnh với hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt hoàn toàn và sự bắt cháy của các vật liệu cháy được bên trong môđun. Điều này có thể yêu cầu áp dụng phương pháp khởi tạo (ví dụ: ngọn lửa) lên nhiều cell. Nhiều môđun trong nhóm theo phương thẳng đứng khởi phát và/hoặc nhóm khởi phát có thể tham gia vào trạng thái cháy phát triển trong quá trình thử nghiệm, tuy nhiên không bắt buộc phải khởi tạo trạng thái cháy phát triển riêng biệt trong từng môđun đó.

10.6.10 Nếu trạng thái cháy phát triển trong vỏ bao hoặc nhóm khởi phát bị giới hạn do các hạn chế phát sinh từ vật liệu và phương pháp kết cấu thì thử nghiệm vẫn được xem là hợp lệ. Điều này bao gồm các giải pháp kết cấu như các hàng rào thụ động có độ bền cao hoặc kết cấu môđun sao cho đám cháy không thiêu cháy toàn bộ môđun nhưng vẫn liên quan đến các thành phần cháy được và/hoặc cell trong tất cả các môđun đang cháy của nhóm theo phương thẳng đứng đối với lắp đặt ngoài trời. Nếu trạng

thái cháy phát triển bị giới hạn do hệ thống bảo vệ cháy chủ động đã kiểm soát sự lan truyền và phát triển của đám cháy thì thử nghiệm vẫn được xem là hợp lệ.

10.7 Các quy định thử nghiệm bổ sung – Trong nhà

10.7.1 Điều kiện thử nghiệm trong nhà có thể bao gồm các hệ thống bảo vệ cháy chủ động. Các quy định của phương pháp thử này được thiết kế cho hệ thống vòi phun gốc nước mặc định. Nếu dự kiến sử dụng các chiến lược chữa cháy khác thì cấu hình thử nghiệm phải được trang bị thiết bị giảm thiểu bảo vệ cháy đại diện cho phương án lắp đặt dự kiến của hệ thống BESS được thử nghiệm.

10.7.2 Thử nghiệm phải được thực hiện dưới trần cố định, phẳng, nhẵn, không cháy, không bị bao kín và không bị cản trở, với các vách tách rời. Chiều cao trần phải được xác định theo yêu cầu của nhà chế tạo.

CHÚ THÍCH 1: Các quy định bổ sung đối với thử nghiệm cháy quy mô lớn của BESS lắp đặt trong nhà được thiết kế với cấu hình thử nghiệm nhằm đánh giá hiệu quả của hệ thống bảo vệ cháy chủ động (thông thường là hệ thống vòi phun) trong việc bảo vệ BESS đặt ở trung tâm của một căn phòng có diện tích chưa xác định. Vì vậy, lớp khí nóng không bị giới hạn bởi các vách thử nghiệm để các kết quả này có thể được mở rộng áp dụng cho các phòng có kích thước lớn hơn. Hoạt động của vòi phun chịu điều kiện thử thách lớn nhất khi vận hành mà không có sự tích tụ lớp khí nóng.

CHÚ THÍCH 2: Hai vách thử nghiệm được nối tại góc vách được đưa vào để đánh giá khoảng cách đến kết cấu cháy được, đồng thời tạo phản xạ bức xạ nhiệt đối với BESS có thể được bố trí gần vách kết cấu.

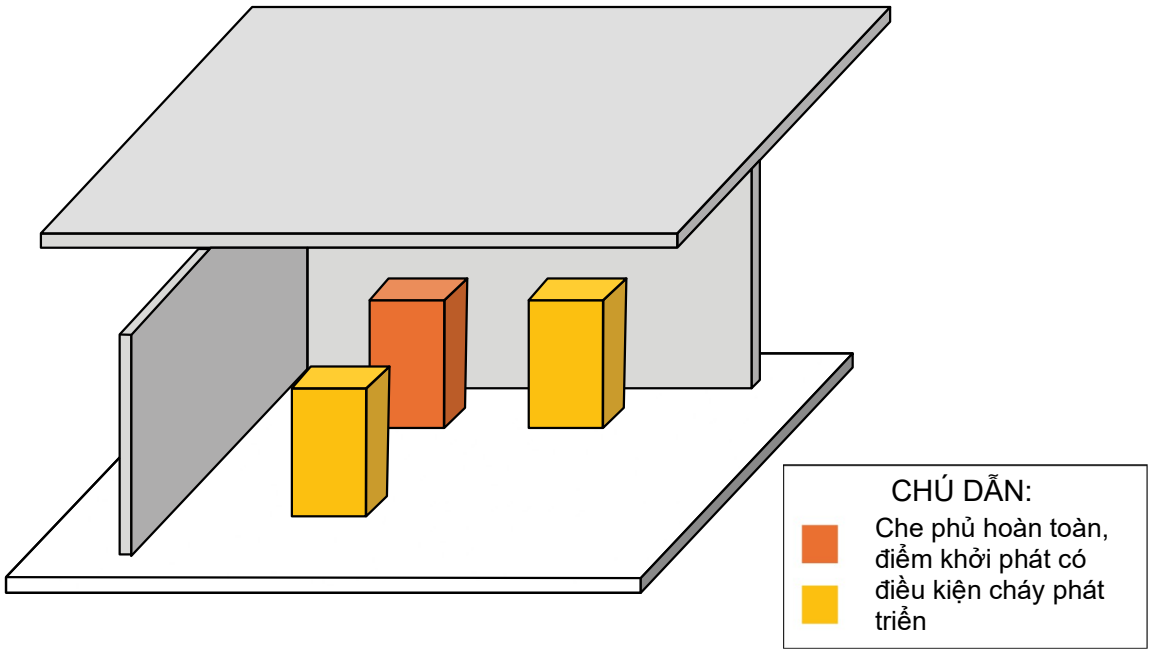
CHÚ THÍCH 3: Phương pháp thử được xây dựng cho phương án bảo vệ mặc định, do đó thử nghiệm là đánh giá đối với cấu hình BESS. Cho phép sai khác về loại vòi phun, thông số kỹ thuật và vị trí lắp đặt; chiều cao trần; và vị trí của các vật cản khác đối với dòng phun vòi phun nhằm đánh giá thêm hiệu quả của các phương án bảo vệ khác hoặc các tình huống công trình cụ thể. Mọi sai khác phải được tài liệu hóa đầy đủ và nên áp dụng cùng tiêu chí tính năng như đối với phương án bảo vệ mặc định.

CHÚ THÍCH 4: Kết quả thử nghiệm chỉ áp dụng cho chiều cao đã được thử nghiệm. Thông thường, khả năng kích hoạt và hiệu quả chữa cháy của vòi phun có thể được mở rộng từ chiều cao trần đã thử nghiệm xuống các chiều cao thấp hơn. Tuy nhiên, các kết quả về nhiệt độ trần cực đại và tiêu chí ngọn lửa va chạm thường có thể được mở rộng từ chiều cao trần đã thử nghiệm lên các trần cao hơn.

10.7.3 Hai vách thử nghiệm, được nối với nhau tại một góc nhưng tách rời khỏi trần, phải được lắp đặt với khoảng cách tối thiểu được mô tả trong hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo tính từ nhóm BESS khởi phát hoặc cụm xếp chồng BESS khởi phát, như minh họa trong Hình 10.12, Hình 10.13, Hình 10.14 và Hình 10.15. Các vách thử nghiệm phải cao ít nhất bằng chiều cao của nhóm BESS hoặc cụm xếp chồng BESS và cách trần tối thiểu 30,5 cm (1 ft). Cho phép có khe hở tối đa 2,5 cm (1 inch) giữa đáy vách và sàn của cơ sở thử nghiệm.

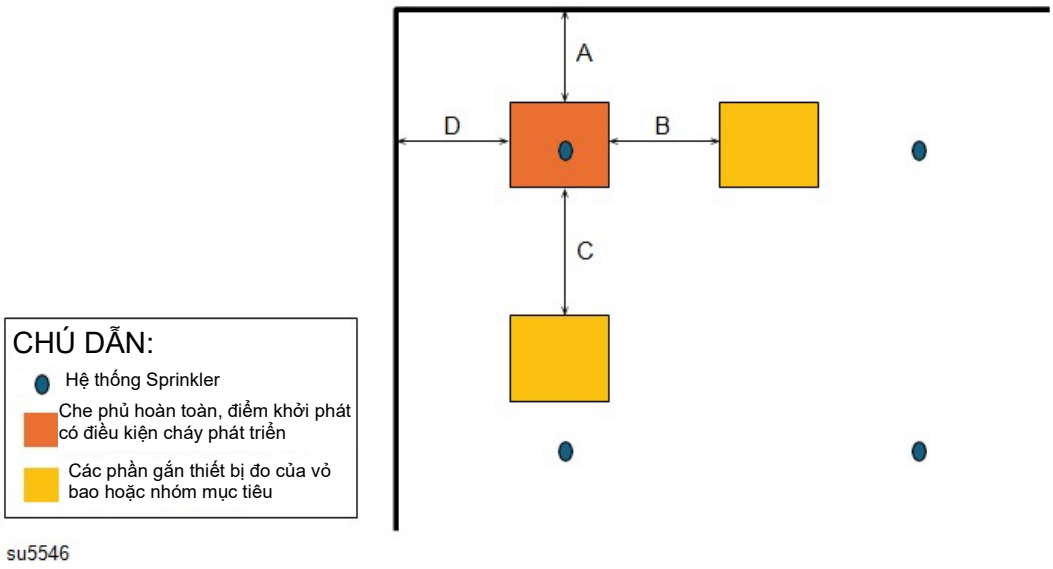
10.7.4 Một đoạn dầm thép góc danh nghĩa dài 1,2 m (4 ft), kích thước 50 mm × 50 mm × 6 mm (2 inch × 2 inch × 0,25 inch), phải được lắp gần trần phía trên vị trí khởi tạo. Năm cặp nhiệt điện loại K hoặc tương đương, được bố trí cách đều nhau, phải được gắn trong dầm thép góc để đo nhiệt độ của dầm.

10.7.5 Đối với các lắp đặt trong công trình không chuyên dụng hoặc công trình chuyên dụng, phải sử dụng cấu hình thử nghiệm sau đây làm cấu hình mặc định cho thử nghiệm, như mô tả trong các bố trí ví dụ từ Hình 10.12 đến Hình 10.15. Khái niệm minh họa trong Hình 10.12 và Hình 10.13 thể hiện cấu hình thử nghiệm nhằm đánh giá liệu sự lan truyền cháy của BESS có được giới hạn trong giá đỡ hoặc vỏ bao khởi phát hay không. Hình 10.14 và Hình 10.15 thể hiện cấu hình thử nghiệm nhằm đánh giá liệu sự lan truyền cháy của BESS có được giới hạn trong giá đỡ khởi phát với sự tham gia một phần của các giá đỡ lân cận hay không. Cả hai phương pháp đều phù hợp với tiêu chí tính năng trong nhà quy định tại 10.10.2.



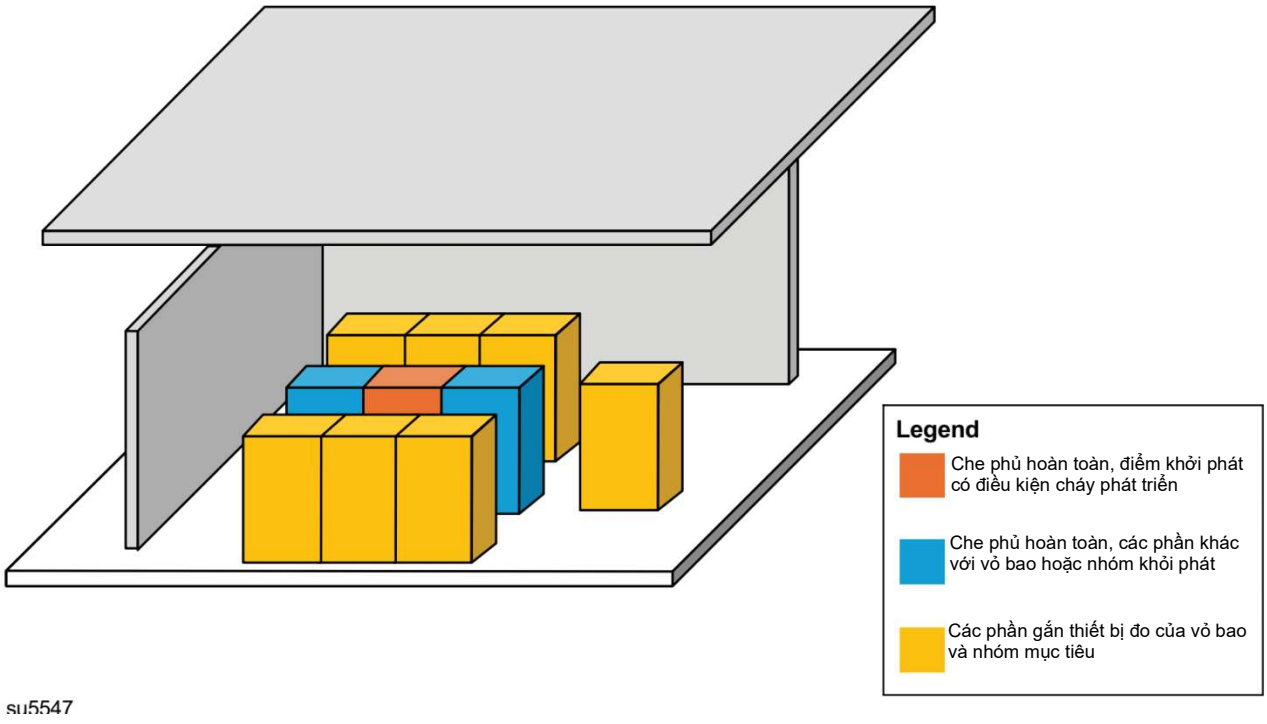
CHÚ THÍCH: Sử dụng cấu hình này để chứng minh rằng đám cháy được giới hạn trong một giá đỡ, unit hoặc vỏ bao khởi phát duy nhất.

Hình 10.12 – Ví dụ bố trí lắp đặt trong nhà trên sàn – Công trình không chuyên dụng – Vỏ bao với vỏ bao hoặc giá đỡ với giá đỡ – Hình chiếu cạnh



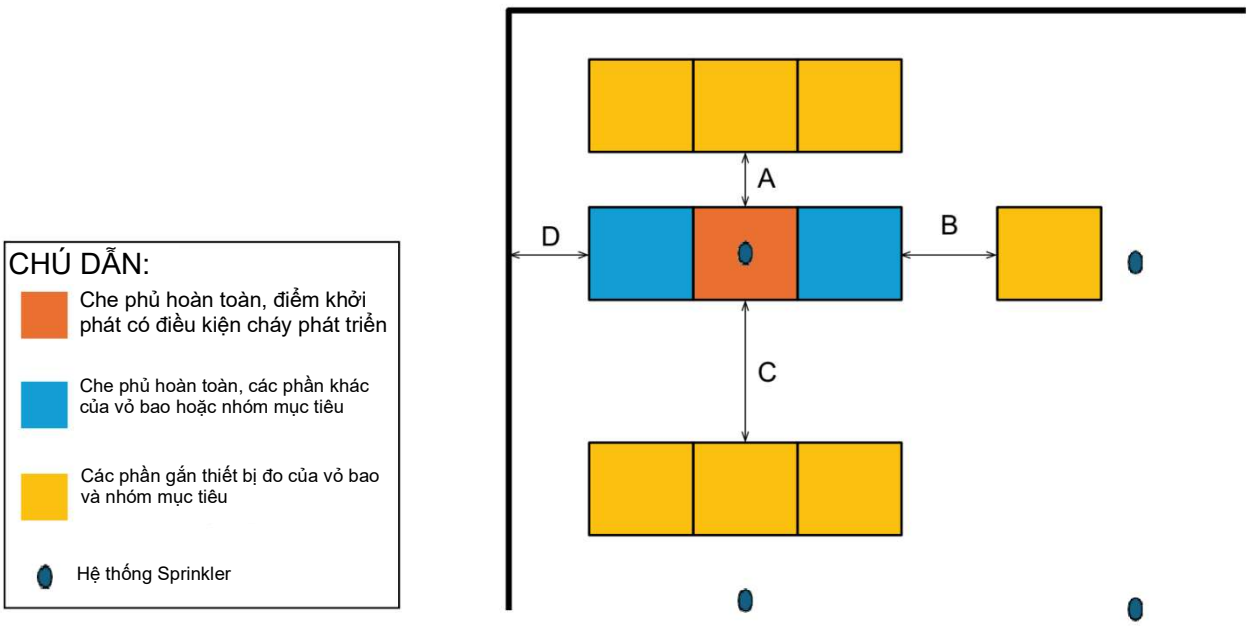
A, B, C, D = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao, giá đỡ hoặc unit với nhau hoặc với kết cấu cháy được theo từng hướng.

Hình 10.13 – Ví dụ bố trí lắp đặt trong nhà trên sàn – Công trình không chuyên dụng – Vỏ bao với vỏ bao HOẶC giá đỡ với giá đỡ – Hình chiếu bằng



CHÚ THÍCH: Sử dụng cấu hình này để chứng minh khoảng cách phân tách giữa các nhóm. Cho phép hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt sang các giá đỡ hoặc unit liền kề trực tiếp (màu xanh), nhưng không được lan qua lối đi, xem 10.10.2.

Hình 10.14 – Ví dụ bố trí lắp đặt trong nhà trên sàn – Công trình không chuyên dụng – Nhóm với nhóm – Hình chiếu trục đo

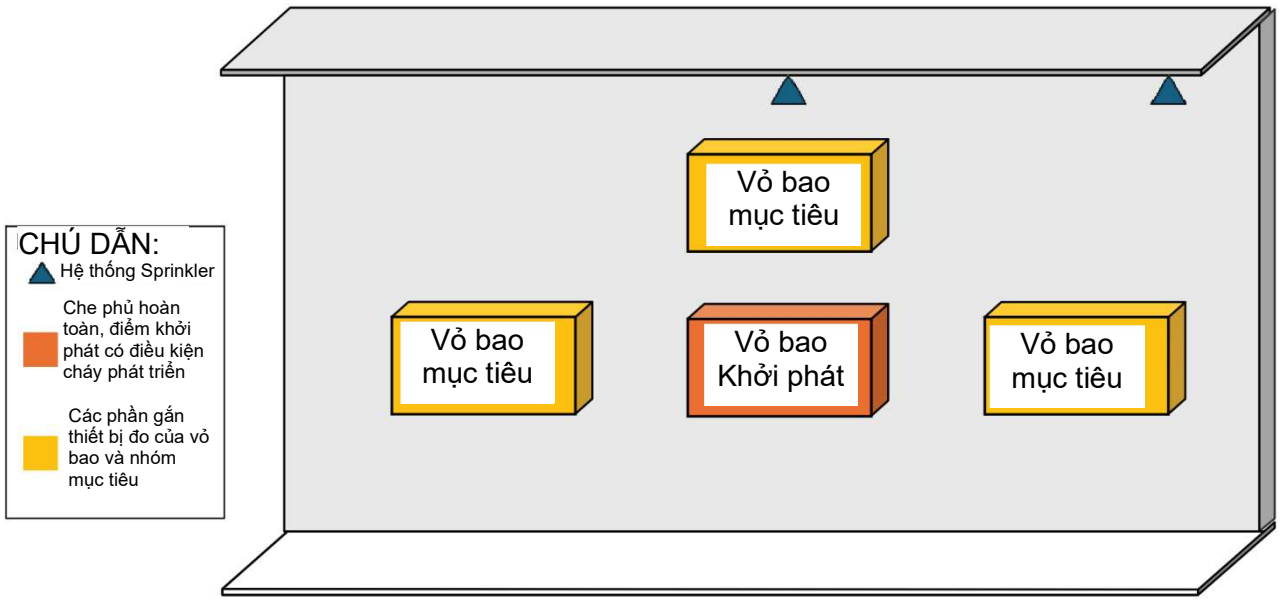


A, B, C, D = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao, giá đỡ hoặc unit với nhau hoặc với kết cấu cháy được theo từng hướng.

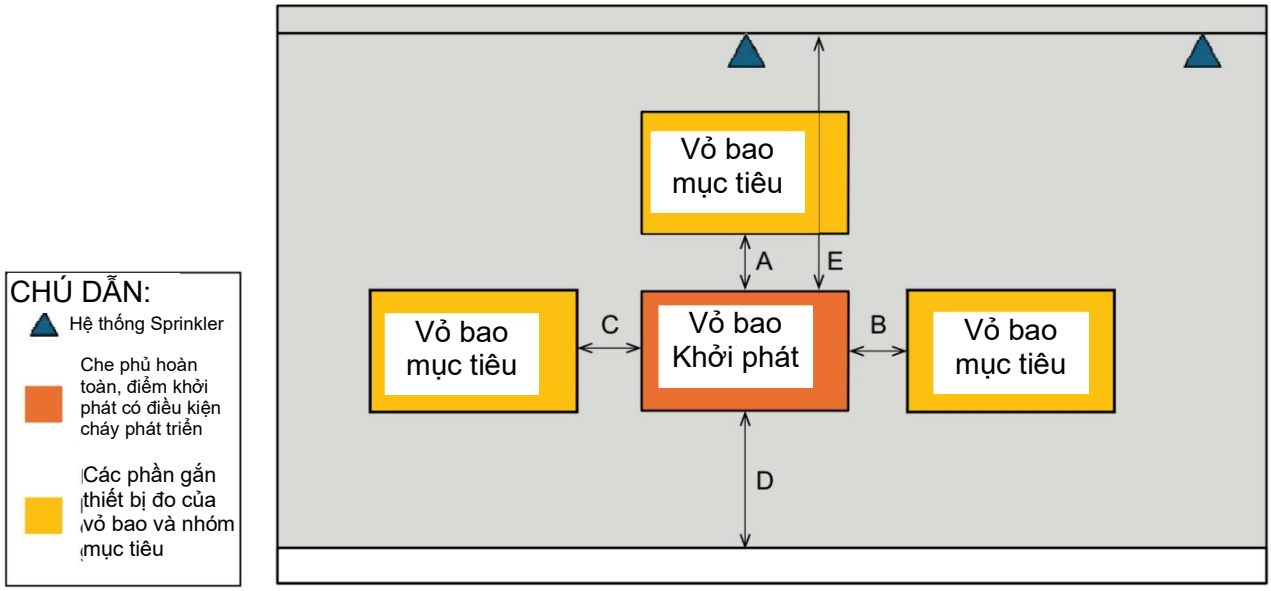
Hình 10.15 – Ví dụ bố trí lắp đặt trong nhà trên sàn – Công trình không chuyên dụng – Nhóm với nhóm – Hình chiếu bằng

10.7.6 Đối với các unit lắp đặt trên vách, ví dụ về cấu hình thử nghiệm được thể hiện trong Hình 10.16 và Hình 10.17 cũng như Hình 10.18 và Hình 10.19. Hình 10.16 và Hình 10.17 phải là kịch bản thử nghiệm điển hình để xác định khoảng cách phân tách theo phương ngang và phương đứng giữa các vỏ bao BESS. Thử nghiệm phải được thực hiện với khoảng cách lớn nhất giữa vỏ bao khởi phát và trần nhà trong trường hợp đánh giá hiệu quả của hệ thống vòi phun. Việc thử nghiệm theo Hình 10.18 và Hình 10.19 có thể cần thiết bổ sung để đánh giá khoảng cách tối thiểu giữa BESS và trần nhà, nếu khoảng cách tối thiểu giữa BESS và trần nhỏ hơn khoảng cách thẳng đứng tối thiểu giữa các BESS.

10.7.7 Đối với các unit lắp đặt trên vách, (các) vách có gắn thiết bị đo phải được nối với trần.



Hình 10.16 – Ví dụ bố trí lắp đặt trên vách có vòi phun – Hình chiếu trục đo

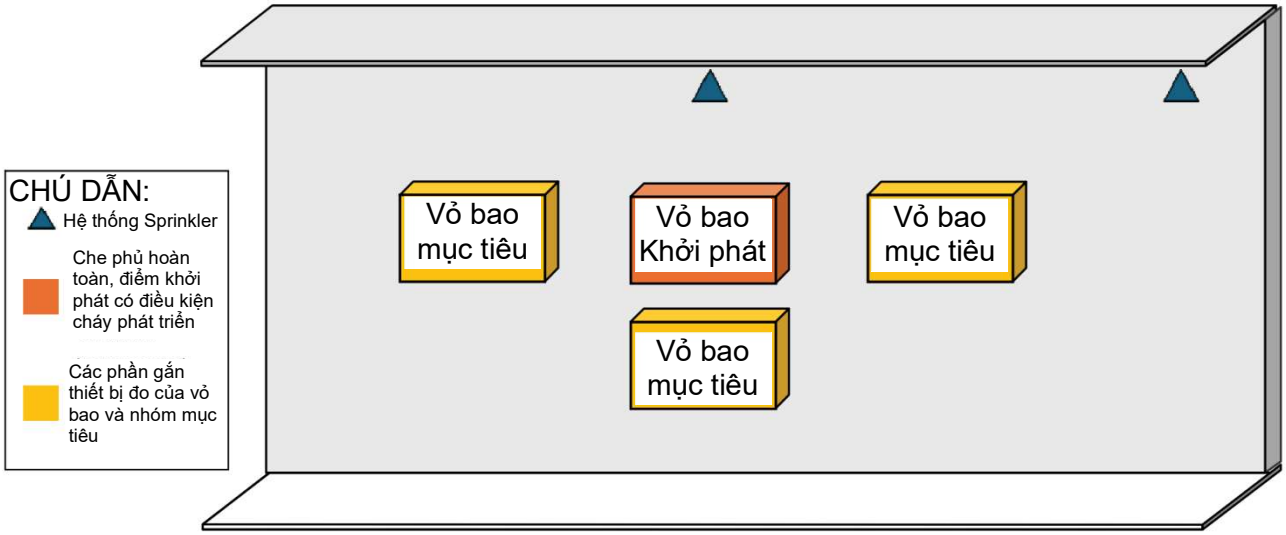


A, B, C = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao

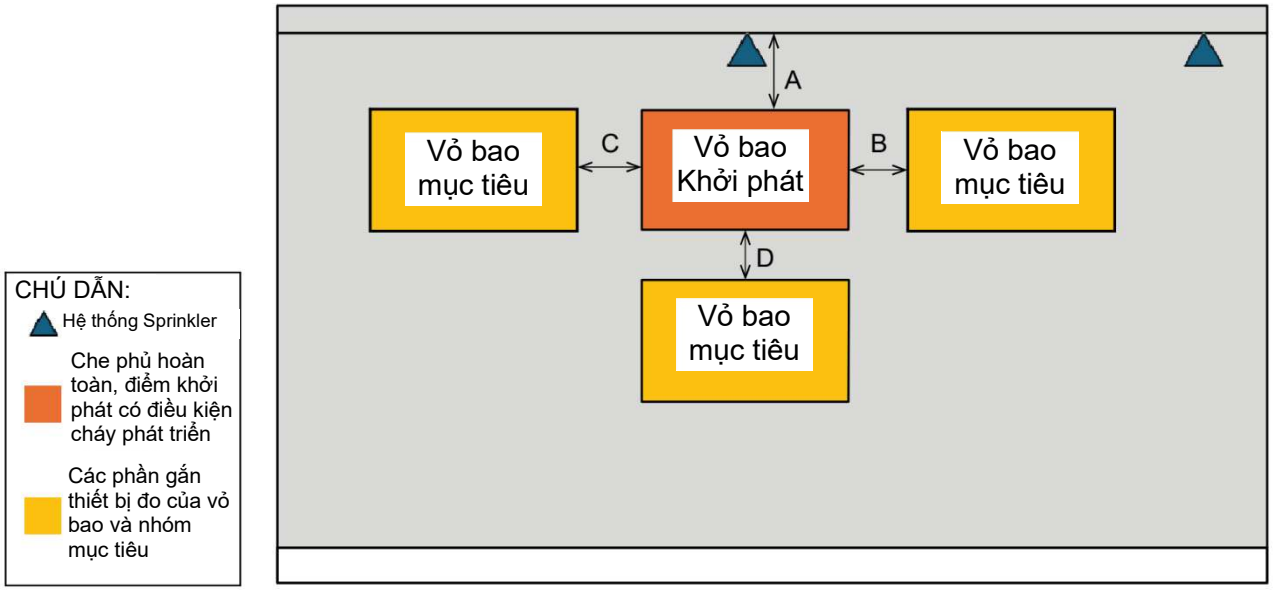
D = Khoảng cách tối thiểu từ sàn

E = Khoảng cách lớn nhất từ đỉnh vỏ bao đến trần

Hình 10.17 – Ví dụ bố trí lắp đặt trên vách có vòi phun – Hình chiếu đứng



Hình 10.18 – Ví dụ bổ sung về kịch bản thử nghiệm lắp đặt trên vách có vòi phun – Hình chiếu cạnh



A = Khoảng cách tối thiểu giữa đỉnh vỏ bao và trần

B, C, D = Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các vỏ bao

Hình 10.19 – Ví dụ bổ sung về kịch bản thử nghiệm lắp đặt trên vách có vòi phun – Hình chiếu đứng

10.7.8 Vách phải được chế tạo bằng tấm thạch cao dày tối thiểu 13 mm (1/2 inch). Các phần vách có gắn thiết bị đo phải được sơn màu đen mờ.

10.7.9 Các phép đo nhiệt độ bề mặt vách có gắn thiết bị đo phải được thu thập theo một dãy thẳng đứng với khoảng cách 152 mm (6 inch) cho toàn bộ chiều cao của các phần vách có gắn thiết bị đo bằng cách

sử dụng cặp nhiệt điện loại K dây số 24, đầu nối hở, để đo nhiệt độ bề mặt vách. Các cặp nhiệt điện phải được bố trí tại các vị trí trên vách dự kiến chịu mức phơi nhiễm nhiệt lớn nhất từ khu vực khởi phát trạng thái cháy phát triển.

10.7.10 Các cặp nhiệt điện dùng để đo nhiệt độ bề mặt vách phải được cố định lên bề mặt thạch cao bằng ghim kẹp đặt trên phần dây dẫn có cách điện. Đầu cặp nhiệt điện phải được ép vào tấm thạch cao sao cho bằng phẳng với bề mặt thạch cao tại điểm đo và được giữ tiếp xúc nhiệt với bề mặt tại điểm đó bằng băng keo giấy nhạy áp.

10.7.11 BESS nơi trạng thái cháy phát triển được khởi tạo phải được đặt chính giữa bên dưới một vòi phun. Đối với các vỏ bao lắp trên vách, vòi phun phải được bố trí chính giữa vỏ bao khởi phát và khoảng cách mặc định từ vòi phun đến vách là 1,5 m (5 ft).

10.7.12 Đối với các nhóm được cấu hình tại hiện trường với các giá đỡ đặt cạnh nhau riêng lẻ có thể có hoặc không có cửa ngoài, tấm che hoặc vỏ bao, nhóm BESS phải được kéo dài thêm một giá đỡ hoặc vỏ bao trước khi đến khoảng cách hở tới vách mục tiêu hoặc BESS mục tiêu. Xem Hình 10.14 và Hình 10.15. Có thể đánh giá chiều dài rút gọn của nhóm BESS theo yêu cầu của nhà chế tạo.

10.7.13 Nếu các BESS chế tạo sẵn được thiết kế để lắp đặt trong nhà thì các vỏ bao ngoài nguyên khối của sản phẩm phải được bố trí với khoảng cách tối thiểu giữa chúng theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo.

CHÚ THÍCH: Đây là cấu hình tương tự trường hợp lắp đặt ngoài trời, có bổ sung các hệ thống chữa cháy của công trình xung quanh các vỏ bao.

10.7.14 Các thông số thử nghiệm mặc định đối với vòi phun được sử dụng làm phương tiện chữa cháy dự kiến phải được quy định như sau tại các mục a) – f). Có thể sử dụng các thông số hệ thống vòi phun thay thế nếu được quy định trong hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo và được ghi nhận trong báo cáo thử nghiệm.

a) Vòi phun phải phù hợp với UL 199 và phải là vòi phun phun tiêu chuẩn hướng lên với hệ số K danh nghĩa là 8,0 gpm/psi1/2;

b) Vòi phun phải sử dụng bóng thủy tinh phản ứng nhiệt danh nghĩa 5 mm với mức nhiệt độ định mức là 93 °C (200 °F);

c) Vòi phun phải được lắp đặt với khoảng cách 3,05 m (10 ft) trên đường ống nhánh kích thước 1-1/2 inch, hoặc theo kích thước đường ống nhánh lớn nhất được nêu trong hướng dẫn lắp đặt, tùy giá trị nào lớn hơn;

d) Vòi phun phải được lắp đặt với khoảng cách danh nghĩa 30,5 cm (12 inch) từ tấm hướng dòng vòi phun đến trần nhà;

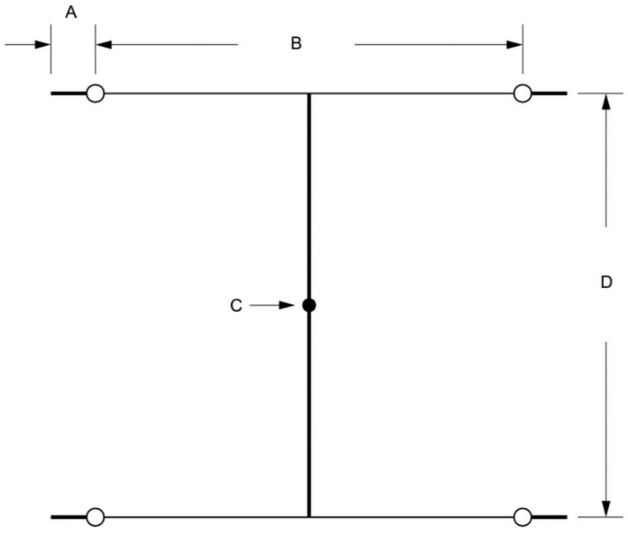
CHÚ THÍCH: Nếu vòi phun trần được thử nghiệm cho các phương án bảo vệ cụ thể thì vòi phun nên được bố trí tại vị trí lõm sâu nhất được cho phép theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo.

e) Mật độ nước phun áp dụng phải đạt danh nghĩa 12,22 mm/min (0,3 gpm/ft2); và

f) Nguồn cấp nước phải duy trì trong thời gian 90 phút.

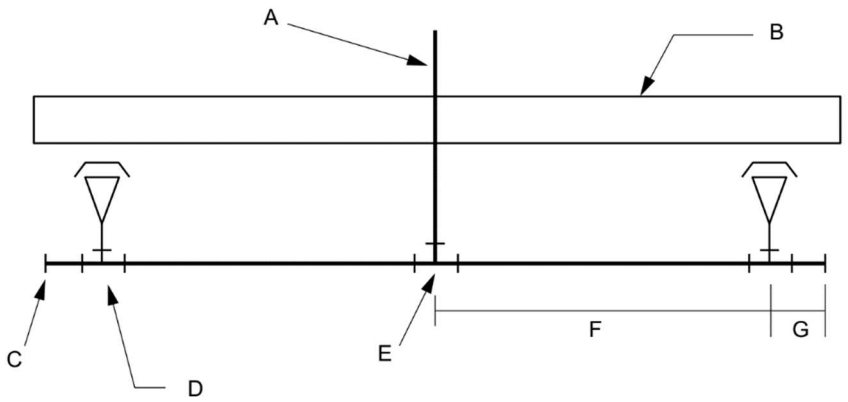
10.7.15 Vòi phun phải được lắp đặt trong mạng đường ống cân bằng với các tay khung song song với đường ống. Mỗi vòi phun phải được lắp trong một khớp nối chữ T với tối thiểu 30,5 cm (1 ft) đường ống nhánh ở mỗi bên. Xem Hình 10.20 và Hình 10.21.

CHÚ THÍCH: Khớp nối chữ T nơi lắp vòi phun chỉ yêu cầu được kết nối thủy lực ở một phía. Phía còn lại có thể được bịt kín sau chiều dài yêu cầu 30,5 cm (1 ft). Mục đích của đoạn ống bổ sung này là tạo ra vật cản đối với dòng phun vòi phun tương tự như điều kiện thực tế của vòi phun hướng lên.



A = 30.5 cm (1 foot)
B = 3.0 m (10 feet)
C = Feed
D = 3.0 m (10 feet)

Hình 10.20 – Ví dụ bố trí vòi phun – Hình chiếu bằng



A = Đường cấp nước

B = Trần

C = Nắp bịt. Không yêu cầu kết nối thủy lực.

D = Vòi phun – sử dụng 4 đầu

E = T nối ống

F = 1,5 m (5 ft)

G = 30,5 cm (1 ft)

Hình 10.21 – Ví dụ bố trí vòi phun – Hình chiếu cạnh

10.7.16 Phải trang bị phương tiện để xác định thời gian và số lượng vòi phun tác động. Áp suất nước và lưu lượng nước phải được ghi nhận trong toàn bộ thời gian thử nghiệm bằng các đầu đo áp suất và lưu lượng kế đã được hiệu chuẩn.

10.7.17 Thử nghiệm phải được khởi động bằng cách tạo ra trạng thái cháy phát triển theo mô tả tại 10.6. Dòng nước của hệ thống vòi phun sẽ bắt đầu khi các vòi phun tác động.

10.7.18 Áp suất và lưu lượng phải được giám sát trong suốt quá trình thử nghiệm, và nguồn cấp nước phải được điều chỉnh (thông qua van, tốc độ bơm hoặc các cơ cấu điều khiển tương tự) khi cần thiết để cung cấp lưu lượng nước tương ứng với mật độ phun yêu cầu của vòi phun dựa trên số lượng vòi phun đã tác động.

10.7.19 Việc cấp nước phải được dừng sau 90 phút, phù hợp với thời gian cấp nước quy định tại 10.7.14(f).

10.8 Yêu cầu bổ sung – BESS dạng cụm xếp chồng

10.8.1 Đối với BESS dạng cụm xếp chồng, một hoặc nhiều vỏ bao BESS bổ sung hoặc vỏ bao BESS mục tiêu phải được bố trí phía trên vỏ bao khởi phát và các đối tượng mục tiêu lân cận. BESS dạng cụm xếp chồng có thể được đánh giá theo cả cấu hình thử nghiệm trong nhà và ngoài trời.

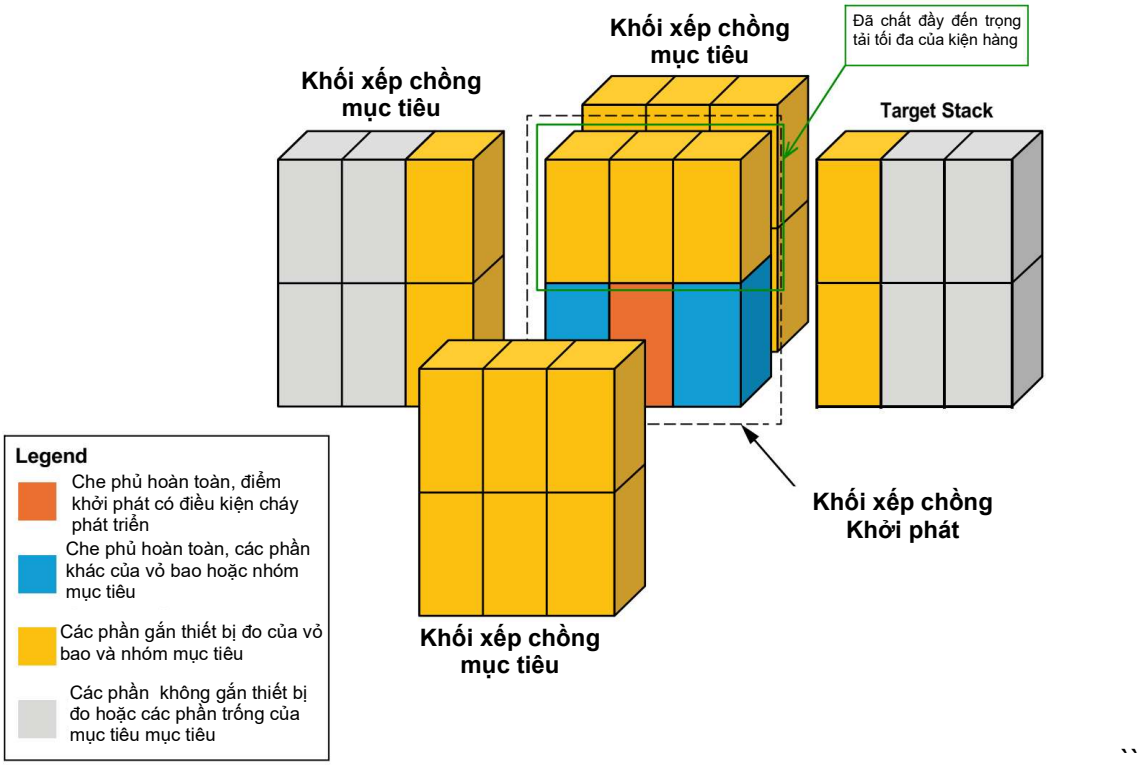
Số lượng vỏ bao tối đa của cụm xếp chồng, bao gồm cả tải trọng chất tải, phải được lắp đặt cho thử nghiệm này. Dù phần phía trên của cụm xếp chồng được lắp đặt thiết bị đo như một đối tượng mục tiêu

phía trên vỏ bao khởi phát (theo cách tiếp cận tại Hình 10.22) hay như một phần của cụm xếp chồng khởi phát (Hình 10.24), cụm xếp chồng vẫn phải được cấu hình với tải trọng chất tải tối đa.

Mọi phần cứng hoặc kết cấu lắp đặt bắt buộc cần thiết để lắp đặt cụm xếp chồng phải do nhà chế tạo cung cấp. Ví dụ về bố trí thử nghiệm được thể hiện tại Hình 10.22, Hình 10.23 và Hình 10.24; cách bố trí này tương tự Hình 10.3 và Hình 10.4 nhưng có bổ sung các vỏ bao mục tiêu được xếp chồng.

Các cụm xếp chồng phải được bố trí để thử nghiệm với khoảng cách theo phương ngang nhỏ nhất giữa các cụm xếp chồng và giữa các vỏ bao trong cụm xếp chồng khởi phát, theo hướng dẫn lắp đặt của nhà chế tạo.

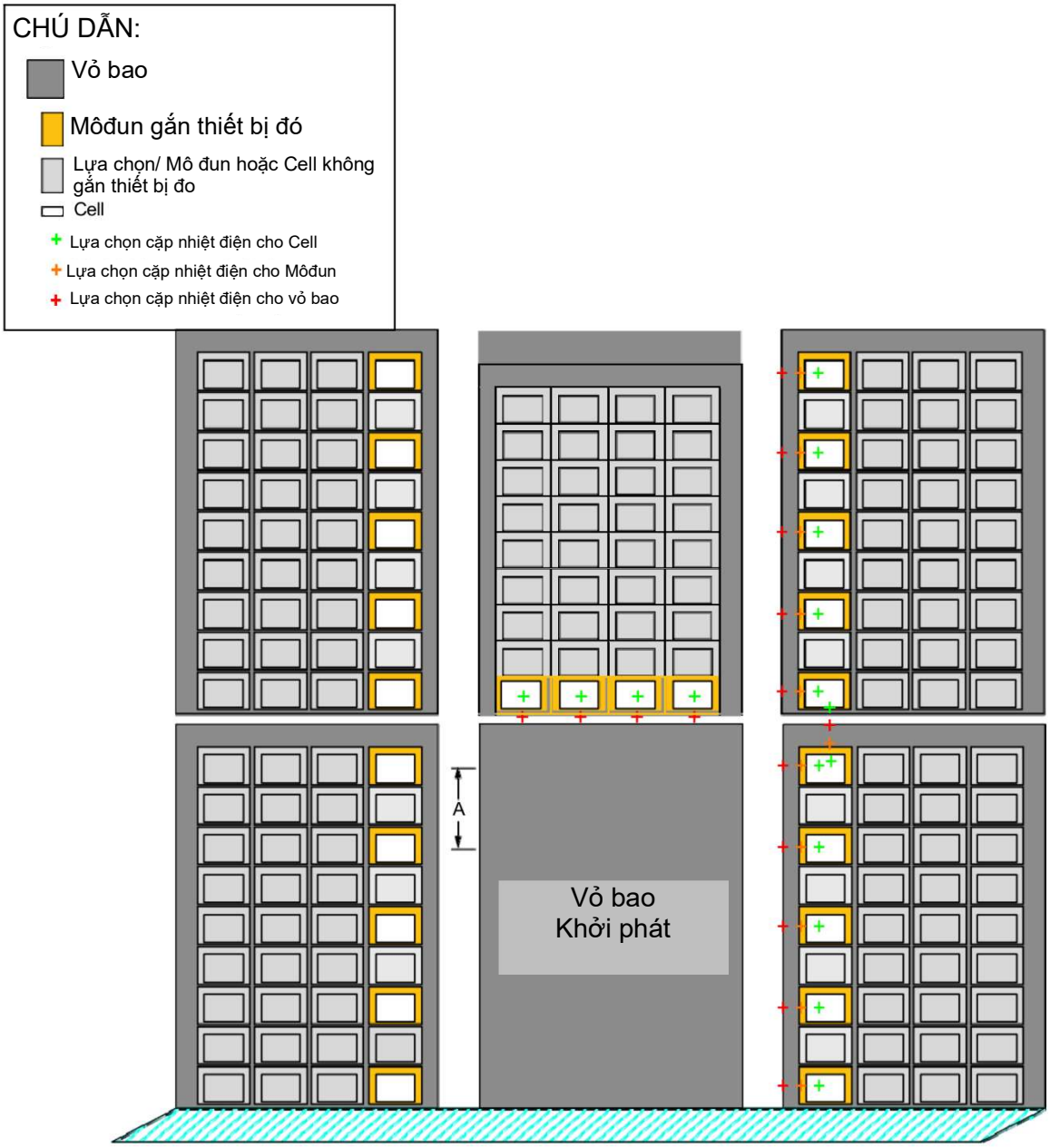
CHÚ THÍCH: Đối với các vỏ bao được xếp chồng, hoạt động của các tấm xả áp nổ hoặc các khu vực thoát khí không được bị cản trở.



CHÚ THÍCH: Áp dụng trong trường hợp không dự kiến có sự lan truyền giữa các vỏ bao trong cùng một cụm xếp chồng.

Hình 10.22 – Ví dụ bố trí vỏ bao–vỏ bao và cụm xếp chồng–cụm xếp chồng – Hình chiếu trục đo

10.8.2 Ví dụ về cấu hình thử nghiệm bao gồm các vị trí lắp đặt thiết bị đo của đối tượng mục tiêu được thể hiện tại Hình 10.23.



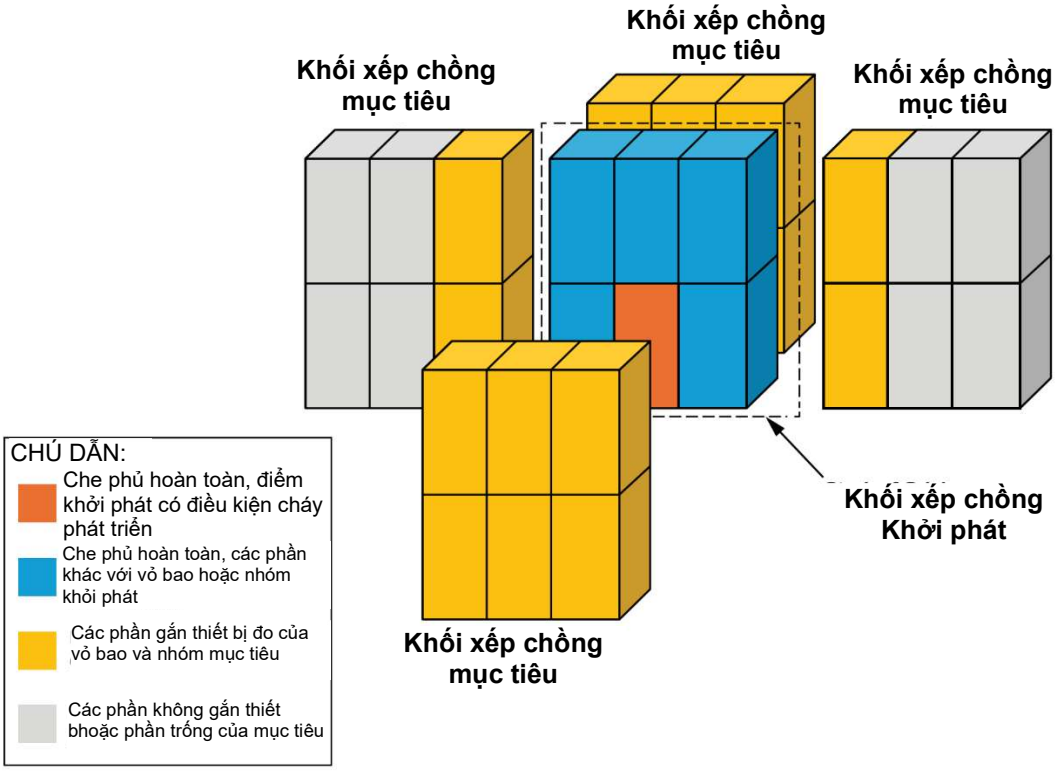
A = 0,61 m (2 ft)

Hình 10.23 – Ví dụ cấu hình thử nghiệm đối với các vỏ bao xếp chồng có bố trí thiết bị đo – Hình chiếu đứng

10.8.3 Đối với vỏ bao BESS mục tiêu được xếp chồng, một mảng cặp nhiệt điện phải được lắp đặt trên mặt đáy của các cell, môđun hoặc unit mục tiêu, phù hợp với khoảng cách 0,61 m (2 ft) và các yêu cầu tối thiểu quy định tại 10.5. Phải sử dụng cặp nhiệt điện loại K có cỡ dây không nhỏ hơn cỡ số 24.

10.8.4 Theo yêu cầu của nhà chế tạo, toàn bộ cụm xếp chồng có thể được xem là một vỏ bao khởi phát duy nhất có các vỏ bao được phân chia bên trong, tương tự như Hình 10.4, ngoại trừ việc tất cả các vỏ bao được xếp chồng được xem là một BESS duy nhất trên cùng một bệ đỡ.

Cách tiếp cận này nhằm áp dụng cho các trường hợp dự kiến có sự lan truyền cháy bên trong cụm xếp chồng và yêu cầu bố trí đầy đủ các thành phần trong unit phía trên vì khi đó unit này được xem là một phần của vỏ bao khởi phát. Ví dụ về bố trí này được thể hiện tại Hình 10.24.



CHÚ THÍCH: Cách tiếp cận này xem cụm xếp chồng là một vỏ bao khởi phát duy nhất so với các cụm xếp chồng mục tiêu.

Hình 10.24 – Ví dụ bố trí cụm xếp chồng–cụm xếp chồng – Hình chiếu trục đo

10.8.5 Có thể lắp đặt thêm các thiết bị đo để hỗ trợ phân tích kết cấu trong các điều kiện tác động nhiệt của thử nghiệm này.

10.9 Kết thúc thử nghiệm

10.9.1 Thử nghiệm phải được kết thúc khi đáp ứng các điều kiện từ (a) đến (e) dưới đây hoặc khi quan sát thấy sự không phù hợp theo (f) đến (i):

a) Ngọn lửa đã chấm dứt cả bên trong và bên ngoài vỏ bao khởi phát; và

b) Trạng thái cháy phát triển đã đạt được theo 10.6 và nhiệt độ bên trong vỏ bao khởi phát thấp hơn 100 °C (212 °F) trong thời gian ba giờ sau khi hình thành trạng thái cháy phát triển và sau mọi hiện tượng mất kiểm soát nhiệt phát sinh tiếp theo; và

CHÚ THÍCH: Nếu các cặp nhiệt điện bên trong không còn hoạt động, nhiệt độ bên ngoài có thể được giám sát bằng ảnh nhiệt.

c) Nhiệt độ trên BESS mục tiêu đang có xu hướng trở về nhiệt độ môi trường và thấp hơn các mức nhiệt độ theo tiêu chí tính năng tại 10.10.1 hoặc 10.10.2 trong ít nhất ba giờ sau khi ngọn lửa bên trong và bên ngoài vỏ bao khởi phát đã chấm dứt; và

d) Đối với hệ thống được trang bị hệ thống bảo vệ cháy chủ động sử dụng nước, sau 12 giờ kể từ khi ngừng cấp nước để có thể theo dõi khả năng tái phát triển đám cháy hoặc hiện tượng mất kiểm soát nhiệt; và

e) Nếu lắp đặt theo dạng cụm xếp chồng, sau 24 giờ kể từ khi điều kiện (a) được đáp ứng để có thể theo dõi hiện tượng sụp đổ của cụm xếp chồng;

f) Lan truyền mất kiểm soát nhiệt xảy ra tới các pin bên trong vỏ bao mục tiêu, nhóm hoặc cụm xếp chồng mục tiêu; hoặc

g) Cụm xếp chồng bị sụp đổ; hoặc

h) Nhiệt độ trên dầm thép có lắp thiết bị đo hoặc trên các vỏ bao mục tiêu vượt quá giới hạn quy định; hoặc

i) Xuất hiện điều kiện nguy hiểm đối với nhân viên thử nghiệm hoặc cơ sở thử nghiệm cần phải có biện pháp xử lý.

10.9.2 Trong trường hợp thử nghiệm cần có sự can thiệp của cơ sở thử nghiệm để xử lý riêng tình huống quy định tại 10.9.1(g), kết quả thử nghiệm phải được xem là không phù hợp.

10.10 Tiêu chí tính năng đối với thử nghiệm cấp độ lắp đặt

10.10.1 Lắp đặt ngoài trời

10.10.1.1 Không được xảy ra hiện tượng thoát khí tại bất kỳ cell hoặc môđun nào trong các vỏ bao mục tiêu.

10.10.1.2 Không được xảy ra hiện tượng mất kiểm soát nhiệt tại bất kỳ cell hoặc môđun nào trong các vỏ bao mục tiêu.

10.10.1.3 Nếu các vỏ bao mục tiêu không được bố trí cell hoặc môđun, không được có sự xuyên qua của ngọn lửa theo các đường liên kết hiện hữu dẫn đến việc tạo thành lỗ hở từ vỏ bao khởi phát sang vỏ bao mục tiêu.

10.10.1.4 Các giới hạn nhiệt độ quy định tại 10.10.1.5 đến 10.10.1.9 không được vượt quá, như tóm tắt trong Bảng 10.1. Các phép đo nhiệt độ phải được đánh giá bằng giá trị trung bình trong khoảng thời gian 60 s.

Tiêu chí được lựa chọn phải tương ứng với vị trí lắp đặt thiết bị đo của BESS mục tiêu. Tiêu chí tính năng phải được đánh giá tại vị trí đại diện gần nhất với vị trí lắp đặt cell. Ví dụ, nếu cả bên trong vỏ bao và vị trí cell đều được lắp thiết bị đo thì dữ liệu tại vị trí cell phải được sử dụng để đánh giá tiêu chí tính năng. Tương tự, nếu cả bên trong vỏ bao và bề mặt môđun đều được lắp thiết bị đo thì dữ liệu tại bề mặt môđun phải được sử dụng để đánh giá tiêu chí tính năng.

CHÚ THÍCH: Các tiêu chí nhiệt độ được sử dụng để đánh giá nguy cơ lan truyền mất kiểm soát nhiệt tới pin trong các BESS lân cận. Các hỏng hóc bề mặt như bong tróc sơn hoặc hư hại bề mặt ngoài của vỏ bao không được xem là điều kiện không đạt.

Ngoại lệ: Nếu cặp nhiệt điện được lắp đặt trên các môđun bên trong vỏ bao mục tiêu, trên bề mặt bên trong của vỏ bao mục tiêu hoặc trên vách có lắp thiết bị đo được sử dụng thay cho vỏ bao mục tiêu, nhiệt độ đo được tại mỗi vị trí có thể vượt quá giới hạn trong tổng thời gian không quá 5 phút, liên tục hoặc gián đoạn, với điều kiện nhiệt độ không vượt quá 120 % giới hạn quy định trong Bảng 10.1.

Bảng 10.1 – Tiêu chí nhiệt độ đối với BESS mục tiêu lắp đặt ngoài trời

Đối tượng phơi nhiễm	Giới hạn
Cell bên trong các vỏ bao mục tiêu	Nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7
Môđun bên trong các vỏ bao mục tiêu	Nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7
Bề mặt bên trong của các vỏ bao mục tiêu	110 % nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7
Vách có lắp thiết bị đo (nếu được sử dụng thay cho vỏ bao mục tiêu)	110 % nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7

10.10.1.5 Theo 10.10.1.4, nhiệt độ đo được bởi các cặp nhiệt điện lắp trên cell trong các đối tượng mục tiêu theo 10.5.7 không được vượt quá nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7.

10.10.1.6 Theo 10.10.1.4, nhiệt độ đo được bởi các cặp nhiệt điện lắp trên môđun trong các đối tượng mục tiêu theo 10.5.8 không được vượt quá nhiệt độ trung bình mà tại đó hiện tượng thoát khí của cell do tác động nhiệt xảy ra, được xác định theo thử nghiệm cấp độ Cell quy định tại Điều 7.

10.10.1.7 Theo 10.10.1.4, nhiệt độ đo được bởi các cặp nhiệt điện lắp trên bề mặt bên trong của các vỏ bao mục tiêu theo 10.5.9 không được vượt quá 110 % nhiệt độ trung bình mà tại đó hiện tượng thoát khí của cell do tác động nhiệt xảy ra, được xác định theo thử nghiệm cấp độ Cell quy định tại Điều 7.

CHÚ THÍCH: Giá trị 110 % được tính theo thang Celsius với mốc tham chiếu là 0 °C (32 °F). Ví dụ, 110 % của nhiệt độ thoát khí trung bình của cell là 100 °C (212 °F) sẽ bằng 110 °C (230 °F).

10.10.1.8 Theo 10.10.1.4, khi được sử dụng làm vỏ bao BESS mục tiêu, nhiệt độ bề mặt đo được trên các vách có lắp thiết bị đo không được vượt quá 110 % nhiệt độ trung bình mà tại đó hiện tượng thoát khí của cell do tác động nhiệt xảy ra, được xác định theo thử nghiệm cấp độ Cell quy định tại Điều 7.

10.10.1.9 Giá trị mật độ dòng nhiệt không được vượt quá 12,5 kW/m² khi được sử dụng để xác định khoảng cách phân tách tới các kết cấu dễ cháy. Các phép đo mật độ dòng nhiệt phải được đánh giá bằng giá trị trung bình trong khoảng thời gian 60 s.

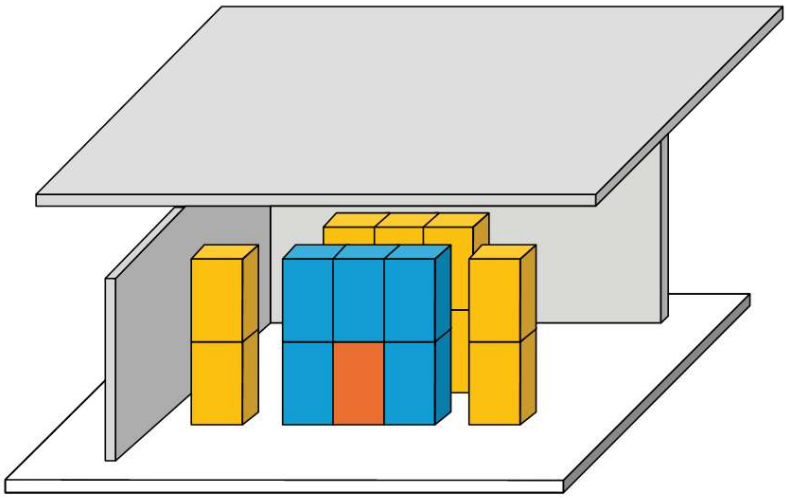
CHÚ THÍCH: Tiêu chí này chỉ áp dụng cho khoảng cách tới các kết cấu dễ cháy, không áp dụng cho các vỏ bao BESS. Tiêu chí này phù hợp với ngưỡng được thiết lập trong NFPA 80A đối với mức bức xạ có thể chấp nhận tại bề mặt của công trình bị phơi nhiễm.

10.10.1.10 Đối với BESS dạng cụm xếp chồng, vỏ bao khởi phát, các vỏ bao mục tiêu được xếp chồng và mọi kết cấu, bệ đỡ hoặc giá đỡ mục tiêu không được bị sụp đổ sau thời gian quan sát 24 giờ.

10.10.2 Lắp đặt trong nhà – Công trình khu vực chuyên dụng và khu vực không chuyên dụng

10.10.2.1 Hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt phải được giới hạn trong vỏ bao khởi phát hoặc được giới hạn trong cụm môđun theo phương thẳng đứng (ví dụ: giá đỡ) khởi phát và các vỏ bao hoặc cụm môđun theo phương thẳng đứng liền kề ngay hai bên và phía trên (nếu được xếp chồng), như thể hiện tại Hình 10.25.

Nếu các vỏ bao chứa từ ba cụm môđun theo phương thẳng đứng trở lên được bố trí liền kề theo phương ngang, thì hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt phải được giới hạn trong vỏ bao khởi phát.



Hình 10.25 – Ví dụ về vùng lan truyền mất kiểm soát nhiệt cho phép (màu xanh) bao quanh cụm môđun theo phương thẳng đứng (ví dụ: giá đỡ) khởi phát, với môđun khởi phát (nằm trong khung màu cam) và các vỏ bao mục tiêu (màu vàng)

10.10.2.2 Không được xảy ra hiện tượng lan truyền cháy tới bất kỳ vật liệu cháy nào và/hoặc hiện tượng mất kiểm soát nhiệt hoặc thoát khí tại bất kỳ cell hoặc môđun nào trong các BESS mục tiêu nằm ở phía bên kia lối đi hoặc nằm ngoài nhóm khởi phát.

10.10.2.3 Các tiêu chí nhiệt độ trong Bảng 10.2 dưới đây không được vượt quá đối với các đối tượng mục tiêu. Các phép đo nhiệt độ phải được đánh giá bằng giá trị trung bình trong khoảng thời gian 60 s.

Tiêu chí được lựa chọn phải tương ứng với vị trí lắp đặt thiết bị đo của BESS mục tiêu. Tiêu chí tính năng phải được đánh giá tại vị trí đại diện gần nhất với vị trí lắp đặt cell. Ví dụ, nếu cả bên trong vỏ bao

và vị trí cell đều được lắp thiết bị đo thì dữ liệu tại vị trí cell phải được sử dụng để đánh giá tiêu chí tính năng. Tương tự, nếu cả bên trong vỏ bao và bề mặt môđun đều được lắp thiết bị đo thì dữ liệu tại bề mặt môđun phải được sử dụng để đánh giá tiêu chí tính năng.

CHÚ THÍCH: Các tiêu chí nhiệt độ được sử dụng để đánh giá nguy cơ lan truyền mất kiểm soát nhiệt tới pin trong các BESS lân cận. Các hỏng hóc bề mặt như bong tróc sơn hoặc hư hại bề mặt ngoài của vỏ bao không được xem là điều kiện không đạt.

Bảng 10.2 – Tiêu chí nhiệt độ đối với lắp đặt trong nhà

Đối tượng phơi nhiễm	Giới hạn
Cell bên trong các nhóm mục tiêu	Nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7
Môđun bên trong các nhóm mục tiêu	Nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7
Bề mặt bên trong các nhóm mục tiêu	110 % nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7

10.10.2.4 Theo 10.10.2.3, nhiệt độ đo được bởi các cặp nhiệt điện lắp trên cell trong các nhóm mục tiêu theo 10.5.7 không được vượt quá nhiệt độ trung bình tại thời điểm thoát khí xác định từ thử nghiệm cấp độ Cell theo Điều 7.

10.10.2.5 Theo 10.10.2.3, nhiệt độ đo được bởi các cặp nhiệt điện lắp trên bề mặt môđun trong các nhóm mục tiêu theo 10.5.8 không được vượt quá nhiệt độ trung bình mà tại đó hiện tượng thoát khí của cell do tác động nhiệt xảy ra, được xác định theo thử nghiệm cấp độ Cell quy định tại Điều 7.

10.10.2.6 Theo 10.10.2.3, nhiệt độ đo được bởi các cặp nhiệt điện lắp trên bề mặt bên trong của các vỏ bao mục tiêu theo 10.5.9 không được vượt quá 110 % nhiệt độ trung bình mà tại đó hiện tượng thoát khí của cell do tác động nhiệt xảy ra, được xác định theo thử nghiệm cấp độ Cell quy định tại Điều 7.

CHÚ THÍCH: Giá trị 110 % được tính theo thang Celsius với mốc tham chiếu là 0 °C (32 °F). Ví dụ, 110 % của nhiệt độ thoát khí trung bình của cell là 100 °C (212 °F) sẽ bằng 110 °C (230 °F).

10.10.2.7 Nhiệt độ bề mặt đo được trên các vách có lắp thiết bị đo không được vượt quá mức tăng nhiệt độ 97 °C (175 °F) so với nhiệt độ môi trường khi được sử dụng để xác định khoảng cách tới các vách lân cận.

10.10.2.8 Nhiệt độ trung bình lớn nhất trong khoảng thời gian 1 phút đo được trên dầm thép góc có lắp thiết bị đo không được vượt quá 538 °C (1000 °F).

10.10.2.9 Giá trị mật độ dòng nhiệt không được vượt quá 12,5 kW/m² khi được sử dụng để xác định khoảng cách phân tách tới các kết cấu dễ cháy. Các phép đo mật độ dòng nhiệt phải được đánh giá bằng giá trị trung bình trong khoảng thời gian 60 s.

CHÚ THÍCH: Tiêu chí này phù hợp với ngưỡng được thiết lập trong NFPA 80A đối với mức bức xạ có thể chấp

nhận tại bề mặt của công trình bị phơi nhiễm.

10.10.2.10 Không quan sát được thấy các mảnh vật liệu đang cháy văng xa hơn 1,5 m (5 ft) tính từ nhóm khởi phát hoặc vượt quá khoảng cách phân tách giữa nhóm khởi phát và các nhóm mục tiêu, tùy theo giá trị nào lớn hơn.

10.10.2.11 Không quan sát được thấy hiện tượng tái phát triển đám cháy hoặc mất kiểm soát nhiệt tại bất kỳ phần nào của nhóm thử nghiệm không tham gia vào sự cố cháy sau khi kết thúc hoạt động bảo vệ của vòi phun trong thời gian 12 giờ kể từ khi ngừng hoạt động của vòi phun hoặc hệ thống bảo vệ cháy khác, hoặc sau khi hiện tượng cháy bên ngoài chấm dứt (nếu không sử dụng hệ thống chữa cháy).

CHÚ THÍCH 1: Yêu cầu này nhằm giải quyết nguy cơ tái phát triển trạng thái cháy sau khi đám cháy ban đầu đã được khống chế.

CHÚ THÍCH 2: Dự kiến sẽ có các biện pháp hỗ trợ quản lý sự cố bổ sung để xử lý sự cố hỏng hóc BESS trong vòng 12 giờ.

10.10.2.12 Đối với BESS dạng cụm xếp chồng, vỏ bao khởi phát, các vỏ bao mục tiêu được xếp chồng và mọi kết cấu, bệ đỡ hoặc giá đỡ mục tiêu không được bị sụp đổ sau thời gian quan sát 24 giờ.

10.11 Thử nghiệm cấp độ lắp đặt – Báo cáo thử nghiệm cháy quy mô lớn

10.11.1 Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm các nội dung sau:

a) Bảng thể hiện việc đáp ứng hay không đáp ứng từng tiêu chí tính năng;

b) Tóm tắt điều hành mô tả kết quả thử nghiệm;

c) Tên nhà chế tạo, nhãn hiệu hoặc tên thương mại;

d) Mã kiểu, tên thương mại hoặc định danh duy nhất khác của BESS;

e) Mô tả về BESS và cấu tạo của đối tượng mục tiêu theo Điều 5, bao gồm mã kiểu cell, hóa học của cell, dạng cấu trúc của cell, thông số điện của cell, kích thước cell, khối lượng cell, mã kiểu môđun, vật liệu vỏ bao môđun, bố trí và cấu hình điện của môđun, mã kiểu unit, cấu hình unit và kết cấu unit;

f) Tóm tắt thử nghiệm cấp độ Cell bao gồm tên phòng thử nghiệm và số báo cáo; tóm tắt thử nghiệm cấp độ môđun bao gồm tên phòng thử nghiệm và số báo cáo; và tóm tắt thử nghiệm cấp độ unit bao gồm tên phòng thử nghiệm và số báo cáo (nếu thử nghiệm cấp độ unit đã được thực hiện);

g) Bản vẽ và ảnh của BESS thể hiện bố trí và các thành phần chính;

h) Danh mục các thiết bị phụ trợ được bố trí bên trong vỏ bao khởi phát và các đối tượng mục tiêu, nếu áp dụng;

i) Sự phù hợp của cell, môđun và hệ thống pin với TCVN 14473 (UL 1973), và của BESS với UL 9540, bao gồm tên phòng thử nghiệm, số báo cáo và ngày phát hành báo cáo;

j) Bản vẽ và kích thước của cấu hình thử nghiệm, bao gồm vị trí và khoảng cách phân tách của vỏ bao khởi phát, nhóm khởi phát hoặc cụm xếp chồng khởi phát và các đối tượng mục tiêu theo các phương x, y và z; cùng với vị trí của các cell, môđun hoặc vỏ bao có lắp thiết bị đo;

k) Điều kiện môi trường tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thử nghiệm: nhiệt độ, tốc độ gió, hướng gió và độ ẩm;

l) Mô tả các hệ thống bảo vệ cháy chủ động hoặc hệ thống chủ động ngăn ngừa lan truyền mất kiểm soát nhiệt bị loại bỏ khỏi vỏ bao khởi phát và/hoặc các đối tượng mục tiêu, bao gồm đánh giá về tải cháy bị loại bỏ tương ứng, nếu áp dụng;

m) Mô tả các công nghệ giảm thiểu mất kiểm soát nhiệt thụ động bên trong môđun, vỏ bao khởi phát và các đối tượng mục tiêu, nếu áp dụng;

n) Sơ đồ các cửa thông gió và trạng thái của chúng (mở/đóng) trong vỏ bao của sản phẩm tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm, cũng như mọi thay đổi trạng thái (mở/đóng) trong quá trình thử nghiệm;

o) Mô tả cách xác định các yêu cầu thông gió theo 10.3 (lựa chọn cửa mở, thử nghiệm bùng cháy quy mô lớn). Nếu đã thực hiện thử nghiệm bùng cháy, phải bao gồm mô tả điều kiện thử nghiệm như vị trí phát thải, tốc độ phát thải, thể tích phát thải và vị trí đánh lửa. Đồng thời phải bao gồm mô tả kết quả đánh giá tính năng theo C1.14;

p) Mô tả phương pháp khởi phát mất kiểm soát nhiệt và phương pháp đánh lửa khí, lưu lượng khí (nếu sử dụng đầu đốt), cùng mọi thay đổi được thực hiện để phục vụ phương pháp đánh lửa;

q) Xác nhận trạng thái cháy phát triển bằng dữ liệu nhiệt độ và ảnh chụp các môđun trong vỏ bao khởi phát hoặc nhóm khởi phát trước và sau thử nghiệm;

r) Sơ đồ bố trí và danh mục các cặp nhiệt điện, bao gồm loại và cỡ dây được sử dụng trong thử nghiệm;

s) Các bản vẽ thể hiện vị trí lắp đặt cặp nhiệt điện;

t) Dữ liệu nhiệt độ theo thời gian của tất cả các cặp nhiệt điện được lắp đặt trong vỏ bao khởi phát và các đối tượng mục tiêu;

u) Các quan sát về hiện tượng thoát khí của cell, mất kiểm soát nhiệt và/hoặc đánh lửa trong các đối tượng mục tiêu, nếu áp dụng;

v) Các quan sát về hỏng hóc nhiệt đối với các đối tượng mục tiêu;

w) Các quan sát về tia lửa điện, hồ quang điện hoặc các hiện tượng điện khác;

x) Dữ liệu theo thời gian của mọi thông số bổ sung được đo (ví dụ: tốc độ tỏa nhiệt, mật độ dòng nhiệt), nếu áp dụng;

y) Đối với BESS dạng cụm xếp chồng, các phép đo sau thử nghiệm về khoảng cách phân tách giữa các vỏ bao trong cùng cụm xếp chồng; giữa cụm xếp chồng khởi phát và cụm xếp chồng mục tiêu; và giữa các vỏ bao trong cụm xếp chồng với mặt đất hoặc sàn;

z) Ảnh của cụm xếp chồng khởi phát và vỏ bao khởi phát trong cụm xếp chồng, bao gồm:

Thiết bị đo và thiết bị được sử dụng để tạo điều kiện khởi phát, bao gồm bộ gia nhiệt, đầu đốt, nguồn đánh lửa, nếu áp dụng (trước thử nghiệm);

Bên trong và bên ngoài vỏ bao, bao gồm tất cả các cửa, vị trí thông gió, gioăng làm kín và các vị trí xuyên qua thành ngoài (trước và sau thử nghiệm);

aa) Ảnh của các cụm xếp chồng mục tiêu, hoặc các vỏ bao mục tiêu/unit mục tiêu hoặc nhóm mục tiêu, bao gồm:

Bên trong và bên ngoài vỏ bao, bao gồm tất cả các cửa, vị trí thông gió, gioăng làm kín và các vị trí xuyên qua thành ngoài (trước và sau thử nghiệm);

ab) Video phải được cung cấp ở định dạng không độc quyền;

ac) Các quan sát về hiện tượng thoát khí của cell sau thử nghiệm, các hiện tượng mất kiểm soát nhiệt, đánh lửa hoặc tái đánh lửa;

ad) Các quan sát về hiện tượng bùng cháy cục bộ hoặc mảnh văng;

ae) Các tính năng/hệ thống phát hiện/chữa cháy được lắp đặt trong công trình;

af) Các tính năng/hệ thống phát hiện/chữa cháy được lắp đặt trong unit;

ag) Hệ số K của vòi phun, loại đáp ứng, nhà chế tạo và mã kiểu (chỉ cần số nhận dạng vòi phun – SIN là đủ), nhiệt độ tác động, số lượng vòi phun và sơ đồ bố trí (đường ống, chiều cao trần và khoảng cách từ tấm hướng nước đến trần);

ah) Tổng số vòi phun đã tác động, thời điểm tác động và thời gian hoạt động của vòi phun trong quá trình thử nghiệm;

ai) Lưu lượng nước và áp suất nước trong suốt quá trình thử nghiệm; và

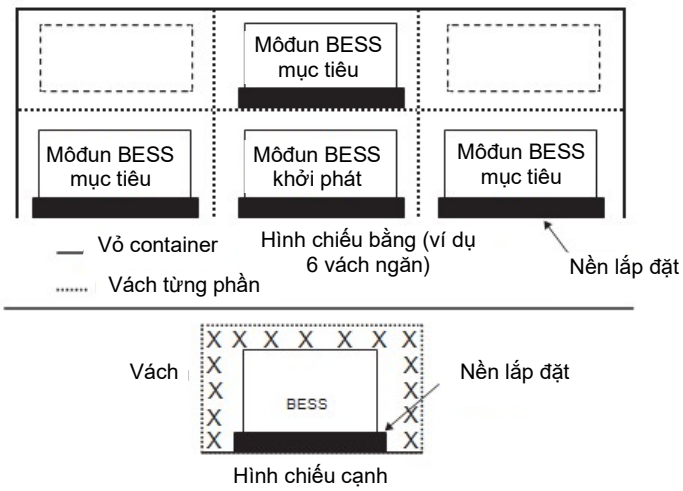
aj) Thời gian hoạt động của tác nhân chữa cháy sạch hoặc hệ thống chữa cháy khác được sử dụng bổ sung cùng với vòi phun.

CHÚ THÍCH: Báo cáo thử nghiệm theo yêu cầu của điều này là tài liệu bổ sung cho các tiêu chí tính năng và nhằm hỗ trợ xây dựng Phân tích giảm thiểu nguy cơ của sản phẩm, Kế hoạch ứng phó khẩn cấp, đồng thời cung cấp thông tin cho Cơ quan có thẩm quyền (AHJ) về kết quả thực hiện thử nghiệm cấp độ lắp đặt này.

10.12 Phương pháp thử – Thử nghiệm cấp độ lắp đặt đối với BESS sử dụng pin nhiệt độ cao dạng hệ thống container dùng cho mục đích sử dụng không phải dân dụng ngoài trời

10.12.1 Cấu hình lắp đặt thử nghiệm đối với BESS sử dụng pin nhiệt độ cao dùng cho mục đích sử dụng không phải dân dụng ngoài trời, được lắp đặt trong container, phải phù hợp với bố trí lắp đặt do nhà chế tạo quy định bên trong container.

10.12.2 Ví dụ về bố trí thử nghiệm trong đó các môđun BESS được lắp đặt trong các khoang riêng biệt thay vì nhiều môđun được lắp trên cùng một giá đỡ và mỗi môđun được xem là một unit thử nghiệm độc lập, được thể hiện tại Hình 10.26.



X = Ký hiệu vị trí điển hình của cặp nhiệt điện; vị trí cụ thể phụ thuộc vào chi tiết lắp đặt.

Hình 10.26 – Ví dụ các môđun của hệ thống BESS sử dụng pin nhiệt độ cao được bố trí trong các khoang có vách ngăn bên trong

10.12.3 Mẫu thử và cấu hình thử nghiệm phải phù hợp với cấu hình lắp đặt dự kiến quy định tại 10.12.1 và 10.12.2 bằng cách sử dụng một cụm container đại diện có lắp đặt một unit BESS khởi phát sử dụng pin nhiệt độ cao, được bao quanh bởi các unit BESS mục tiêu theo bố trí do nhà chế tạo quy định.

Container BESS phải bao gồm vỏ ngoài (nếu là một phần của thiết kế), các vách ngăn và các bộ phận giữ cố định các unit, cũng như mọi tính năng bảo vệ như tấm xả áp nổ hoặc các tính năng bảo vệ khác, bao gồm các hệ thống bảo vệ cháy chủ động được thiết kế để lắp đặt trong container.

Mọi hệ thống dây dẫn bên trong container, được thiết kế để lắp phía trên hoặc dọc theo các unit theo phương ngang và có khả năng trở thành nguồn lan truyền cháy, phải được đưa vào cấu hình thử nghiệm. Các thiết bị được lắp tại các lỗ mở của container có thể ảnh hưởng đến luồng không khí và do đó ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm cũng phải được đưa vào cấu hình lắp đặt thử nghiệm.

Các thiết bị bên trong như hệ thống điều hòa/chuyển đổi công suất (PCS) hoặc thiết bị đóng cắt điện có thể được đại diện bằng vỏ bao của chúng hoặc bằng các phương pháp mô phỏng khác phục vụ mục đích đo nhiệt độ.

10.12.4 Container phải bao gồm một unit BESS khởi phát, trong đó tạo ra điều kiện cháy bên trong phù hợp với thử nghiệm cấp độ môđun, cùng với các unit BESS mục tiêu liền kề đại diện cho cấu hình lắp đặt thực tế.

Ví dụ về cấu hình thử nghiệm trong đó môđun được xem là unit như mô tả tại 10.12.1 được thể hiện tại Hình 10.26.

Các vỏ bao unit BESS mục tiêu không bắt buộc phải chứa cell và cũng không cần được gia nhiệt đến nhiệt độ vận hành do nhà chế tạo quy định.

10.12.5 Unit BESS khởi phát phải được sạc đầy trước khi thử nghiệm và phải được gia nhiệt đến nhiệt độ vận hành do nhà chế tạo quy định.

Môđun khởi phát phải được kết nối điện với (các) cell sẽ bị cưỡng bức tạo ra mất kiểm soát nhiệt bằng phương pháp sạc quá mức được áp dụng trong thử nghiệm cấp độ môđun.

10.12.6 Phương pháp thử gây hỏng cell quy định tại 7.3.4 phải được thực hiện trong môđun khởi phát.

Trong quá trình thử nghiệm, điện áp và nhiệt độ của (các) cell bị cưỡng bức gây hỏng, cũng như điện áp của các cell lân cận phải được giám sát và ghi nhận. Điện áp của môđun khởi phát cũng phải được giám sát trong suốt quá trình thử nghiệm.

10.12.7 Nhiệt độ trên bề mặt các vách ngăn phải được đo bằng một hoặc nhiều dãy cặp nhiệt điện bố trí theo phương thẳng đứng với khoảng cách 152 mm (6 in) giữa các điểm đo trên toàn bộ chiều cao của các đoạn vách có lắp thiết bị đo, sử dụng cặp nhiệt điện loại K đầu nối hở có cỡ dây số 24 hoặc nhỏ hơn.

Các cặp nhiệt điện dùng để đo nhiệt độ trên bề mặt vách phải được bố trí theo phương ngang tại các vị trí dự kiến chịu tác động nhiệt lớn nhất từ môđun BESS khởi phát.

10.12.8 Các cặp nhiệt điện phải được lắp đặt trên vỏ ngoài của môđun để giám sát mọi hiện tượng suy giảm khả năng cách nhiệt của vỏ môđun.

Không yêu cầu đo tốc độ phát thải khói, tốc độ tỏa nhiệt đối lưu và hóa học, thành phần, vận tốc hoặc nhiệt độ của các khí thoát ra.

10.12.9 Các cặp nhiệt điện loại K đầu nối hở có cỡ dây số 24 hoặc nhỏ hơn phải được lắp đặt để đo nhiệt độ tại bề mặt gần các cell và giữa các cell với bề mặt tiếp xúc của môđun khởi phát.

Mỗi vỏ bao của môđun không khởi phát phải được lắp đặt ít nhất một cặp nhiệt điện loại K cỡ dây số 24 hoặc nhỏ hơn để cung cấp dữ liệu giám sát điều kiện nhiệt bên trong các môđun không khởi phát.

Các cặp nhiệt điện bổ sung phải được lắp đặt khi cần thiết để phản ánh các hình dạng hình học phức tạp bên trong vỏ bao.

10.12.10 Cấu hình lắp đặt phải bao gồm các đối tượng phơi nhiễm đại diện cho các thành phần chính (ví dụ: giá đỡ hệ thống pin, PCS, hệ thống HVAC, v.v.) được lắp đặt trong hệ thống container.

Nhiệt độ phải được đo trên các đối tượng phơi nhiễm có cấu tạo bằng vật liệu cháy ngoài vách, trần và các môđun mục tiêu.

Đối với các đối tượng phơi nhiễm có bề mặt lớn [chiều cao > 30,5 cm (12 in)], nhiệt độ phải được đo tương tự phương pháp đo nhiệt độ trên vách.

Đối với các đối tượng phơi nhiễm có bề mặt nhỏ [chiều cao ≤ 30,5 cm (12 in)], nhiệt độ phải được đo tại ít nhất một vị trí dự kiến đạt nhiệt độ lớn nhất.

Đối tượng phơi nhiễm có thể được đại diện bằng vỏ bao của thiết bị, một vách hoặc các phương tiện khác được bố trí tương tự nhằm đại diện cho vị trí và bố trí của các thành phần chính.

10.12.11 Mật độ dòng nhiệt phải được đo bằng phần tử cảm biến của ít nhất một đầu đo Schmidt-Boelter hoặc Gardon làm mát bằng nước, được đặt tại cao độ giữa của unit khởi phát và ở trung tâm của lối thoát nạn có thể tiếp cận.

10.12.12 Thử nghiệm phải được kết thúc nếu xảy ra một trong các trường hợp sau:

a) Nhiệt độ đo được bên trong môđun BESS khởi phát trở về nhiệt độ vận hành;

b) Cháy lan sang các môđun liền kề hoặc sang các vách liền kề; hoặc

c) Xuất hiện điều kiện nguy hiểm đối với nhân viên thử nghiệm hoặc cơ sở thử nghiệm cần phải có biện pháp xử lý.

10.13 Báo cáo thử nghiệm cấp độ lắp đặt - Phương pháp thử cấp độ lắp đặt đối với BESS sử dụng pin nhiệt độ cao dạng hệ thống container dùng cho mục đích sử dụng không phải dân dụng ngoài trời

10.13.1 Báo cáo thử nghiệm cấp độ lắp đặt theo 10.12 đối với BESS sử dụng pin nhiệt độ cao dạng container phải bao gồm các nội dung sau:

a) Tên nhà chế tạo môđun/unit và mã kiểu sản phẩm (bao gồm thông tin về việc có phù hợp với UL 9540 hay không);

b) Số lượng cell trong môđun BESS khởi phát;

c) Cấu tạo của unit BESS khởi phát theo 5.3;

d) Các tính năng/hệ thống phát hiện/chữa cháy được lắp đặt trong container;

e) Điện áp của môđun tương ứng với trạng thái sạc (SOC) được thử nghiệm;

f) Phương pháp khởi phát mất kiểm soát nhiệt được sử dụng;

g) Vị trí của unit khởi phát trong container BESS;

h) Sơ đồ và kích thước của cấu hình thử nghiệm, bao gồm vị trí lắp đặt của các unit BESS khởi phát và unit BESS mục tiêu, vị trí các vách và vị trí của các thành phần mục tiêu bên trong được đưa vào cấu hình thử nghiệm của hệ thống BESS dạng container (ví dụ: PCS tích hợp mục tiêu hoặc vỏ bao thiết bị đóng cắt tích hợp mục tiêu);

i) Quan sát mọi hiện tượng cháy xuất hiện bên ngoài vỏ bao của container BESS và chiều dài ngọn lửa lớn nhất;

j) Khoảng cách phân tách từ các unit BESS khởi phát đến các vách mục tiêu;

k) Khoảng cách phân tách từ các unit BESS khởi phát đến các môđun BESS mục tiêu/unit BESS mục tiêu;

l) Nhiệt độ bề mặt lớn nhất đạt được trên các vách, BESS mục tiêu và các thành phần chính mục tiêu trong quá trình thử nghiệm, cùng vị trí của các cặp nhiệt điện đo nhiệt độ;

m) Thông tin về việc kích hoạt các hệ thống bảo vệ cháy tích hợp và, nếu có kích hoạt, thời điểm kích hoạt trong quá trình thử nghiệm;

n) Quan sát hiện tượng mảnh văng hoặc sự phóng thích khí mang tính nổ;

o) Mật độ dòng nhiệt đo được tại giữa lối thoát nạn;

p) Quan sát hiện tượng tái đánh lửa do các sự kiện mất kiểm soát nhiệt;

q) Quan sát tia lửa điện, hồ quang điện hoặc các hiện tượng điện khác;

r) Quan sát hoạt động của hệ thống bảo vệ chống nổ/chống bùng cháy đã lắp đặt và giá trị lớn nhất đo được tại các cửa xả bùng cháy;

s) Thông tin về hiện tượng lan truyền cháy thông qua hệ thống dây dẫn trong hệ thống BESS dạng container;

t) Các quan sát về hỏng hóc đối với:

Môđun BESS khởi phát/unit BESS khởi phát;

Môđun BESS mục tiêu/unit BESS mục tiêu;

Các vách lân cận; và

u) Ảnh và video của quá trình thử nghiệm.

10.14 Tính năng trong thử nghiệm cấp độ unit đối với pin nhiệt độ cao

10.14.1 Các yêu cầu tính năng ở cấp độ lắp đặt đối với BESS dạng container sử dụng pin nhiệt độ cao, chỉ dự kiến cho lắp đặt ngoài trời và mục đích sử dụng không phải dân dụng, như sau:

a) Nhiệt độ trên mọi kết cấu bằng vật liệu cháy bên trong container, bao gồm cả bề mặt các thành phần mục tiêu, không được vượt quá mức tăng nhiệt độ 97 °C (175 °F) so với nhiệt độ môi trường; và

b) Không quan sát được thấy hiện tượng nổ. Không quan sát được thấy hiện tượng bùng cháy, trừ trường hợp hiện tượng này được giảm thiểu bằng hệ thống bảo vệ chống bùng cháy được thiết kế chuyên dụng.

10.14.2 Mật độ dòng nhiệt tại trung tâm của lối thoát nạn có thể tiếp cận không được vượt quá 1,3 kW/m².

10.14.3 Thử nghiệm cấp độ lắp đặt không đáp ứng các tiêu chí tính năng áp dụng nêu trên được xem là không phù hợp và phải được sửa đổi thiết kế cũng như thử nghiệm lại.

Phụ lục A

(tham khảo)

Khái niệm thử nghiệm và áp dụng các kết quả thử nghiệm vào hệ thống lắp đặt

A.1 Giới thiệu

A.1.1 Phụ lục này được xây dựng nhằm giúp đơn vị tài trợ thử nghiệm, đơn vị thiết kế, chủ sở hữu, công ty bảo hiểm và cơ quan quản lý quy chuẩn hiểu được:

a) Mục đích của các thử nghiệm trong tiêu chuẩn này;

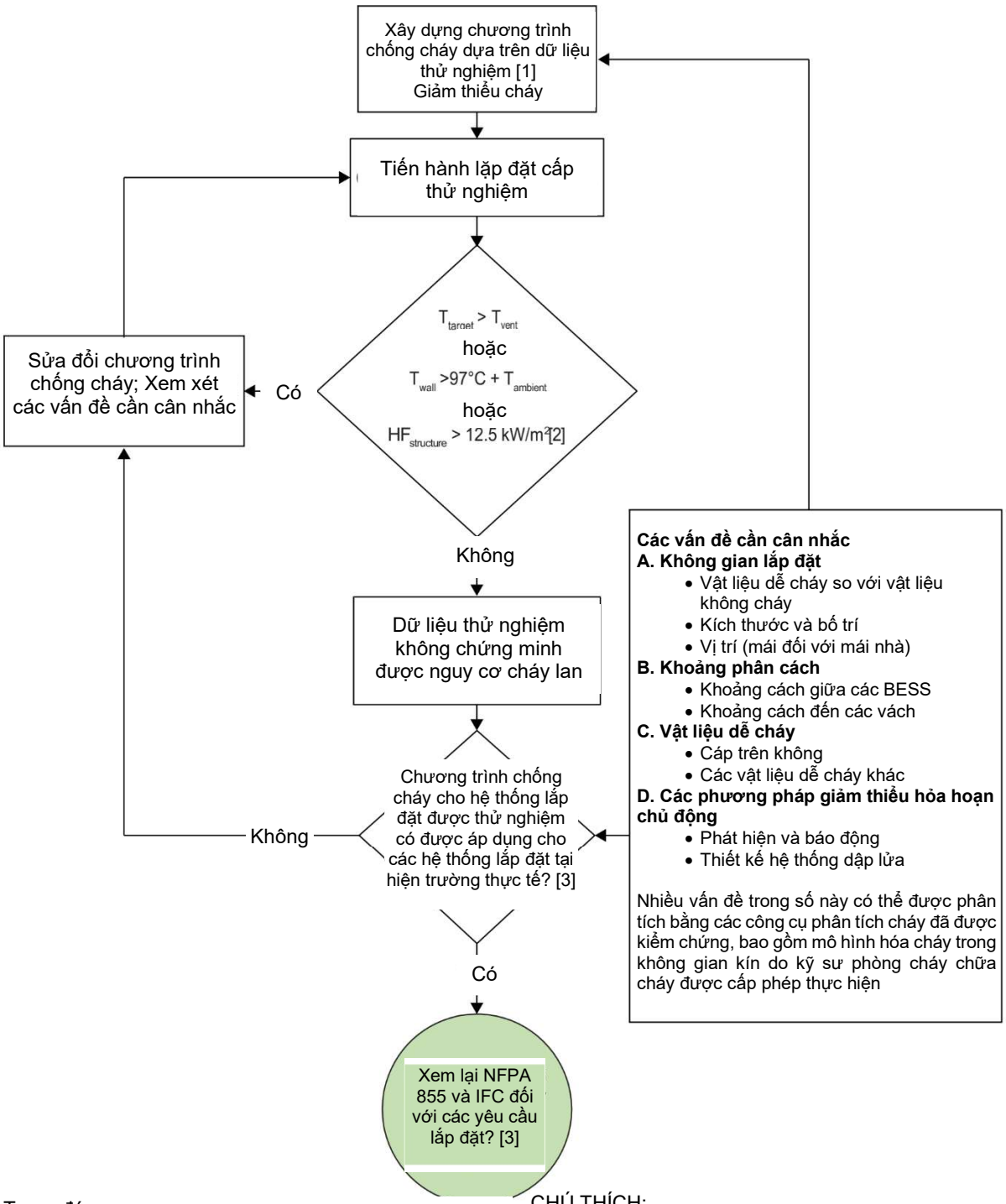
b) Mối liên hệ giữa các thử nghiệm riêng lẻ; và

c) Cách diễn giải và áp dụng kết quả để đạt được lắp đặt phù hợp với quy chuẩn.

A.1.2 Các quy chuẩn phòng cháy mẫu và tiêu chuẩn hệ thống lưu trữ năng lượng yêu cầu hệ thống lưu trữ năng lượng phải phù hợp với UL 9540, và theo đó yêu cầu các cell và môđun pin phải phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973). Việc tuân thủ các tiêu chuẩn này giúp giảm nguy cơ pin và hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) gây ra các nguy cơ cháy, điện giật hoặc chấn thương cá nhân. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn này không đánh giá khả năng của BESS khi được lắp đặt theo dự kiến và có các cơ chế chữa cháy khi cần thiết, trong việc không góp phần gây ra cháy hoặc nổ tại nơi sử dụng cuối cùng.

A.1.3 Để xử lý các nguy cơ cháy và nổ liên quan đến việc lắp đặt BESS, các quy chuẩn phòng cháy và các quy chuẩn khác yêu cầu hệ thống lưu trữ năng lượng phải đáp ứng các tiêu chí nhất định về vị trí lắp đặt, khoảng cách phân tách, chữa cháy và các yêu cầu khác. Các quy chuẩn này cũng cho phép áp dụng mức độ an toàn tương đương dựa trên thử nghiệm cháy quy mô lớn của cấu hình lắp đặt BESS dự kiến. Tiêu chuẩn này nhằm cung cấp một phương pháp thử có thể được sử dụng làm cơ sở để xác nhận tính an toàn của lắp đặt BESS thay cho việc đáp ứng trực tiếp các tiêu chí cụ thể được quy định trong các quy chuẩn đó.

A.1.4 Các lưu đồ thể hiện các bước khác nhau của thử nghiệm và cách sử dụng dữ liệu thu được để đánh giá lắp đặt được trình bày tại Hình A1.1 đến Hình A1.2.



Trong đó:

$HF_{structure}$ – Lưu lượng nhiệt đến cấu trúc.

T_{vent} – Nhiệt độ lỗ thông hơi của cell đo được trong quá trình thử nghiệm ở cấp độ cell.

T_{target} – Nhiệt độ tối đa của BESS mục tiêu.

T_{wall} – Nhiệt độ tối đa của vách mục tiêu.

$T_{ambient}$ – Nhiệt độ môi trường xung quanh khi bắt đầu thử nghiệm.

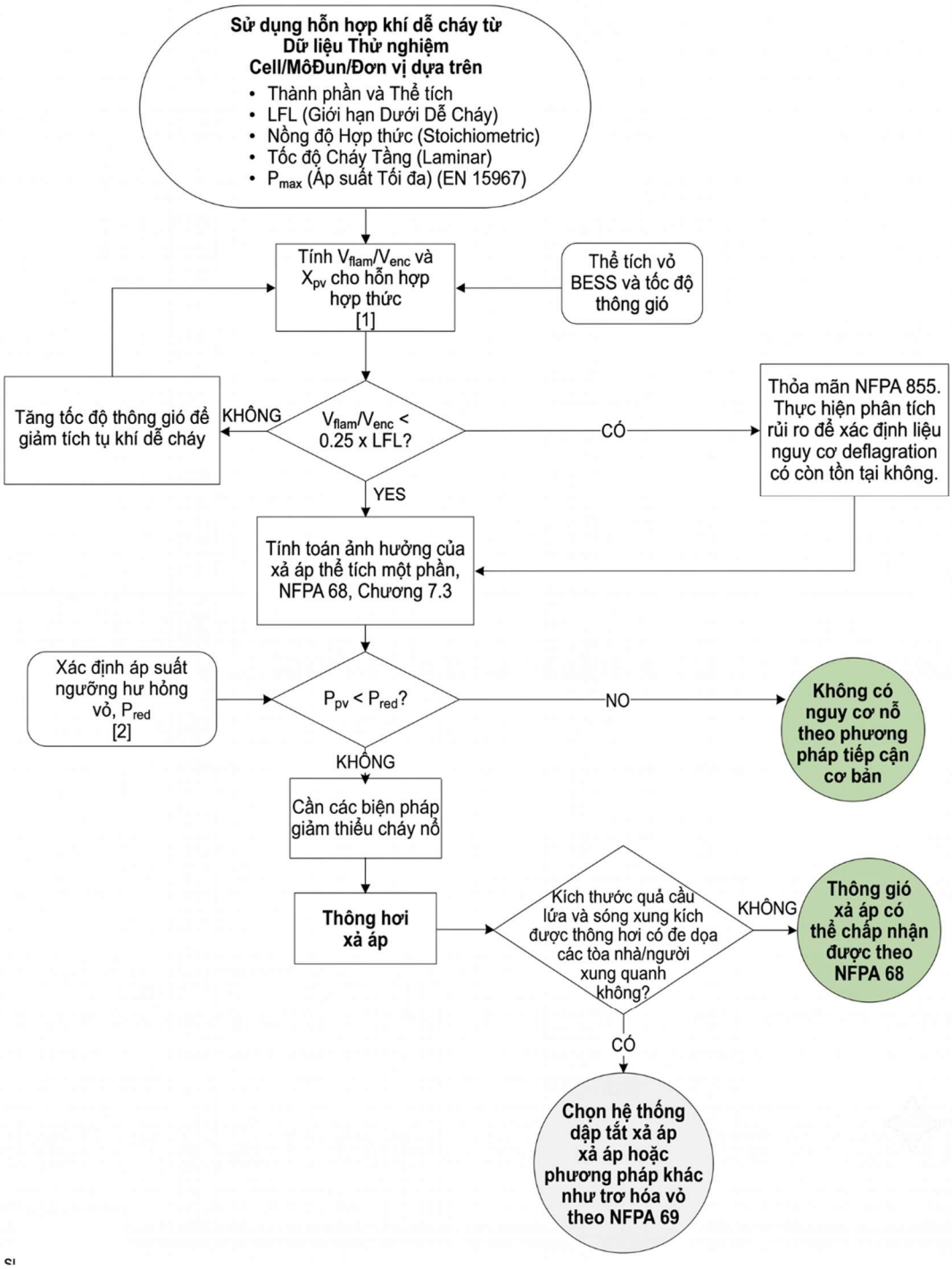
CHÚ THÍCH:

[1] Việc xem xét kế hoạch phòng cháy chữa cháy và chống cháy lan có thể cần sự tham gia của kỹ sư phòng cháy chữa cháy được cấp phép.

[2] Tiêu chí nhiệt độ vách tối đa chỉ áp dụng cho kết cấu vách dễ cháy.

[3] Tính khả dụng của kết quả đối với việc lắp đặt thực tế và các yêu cầu của quy định có thể cần được xem xét bởi một kỹ sư phòng cháy chữa cháy được cấp phép.

Thử nghiệm cháy quy mô lớn



Trong đó:
V_{flam} – Thể tích hoặc lưu lượng thể tích của khí dễ cháy.
V_{enc} – Thể tích của không gian kín hoặc tốc độ thông gió của không gian kín.
X_{pv} – Tỷ lệ thể tích riêng phần của hỗn hợp dễ cháy.
LFL – Giới hạn cháy dưới.
P_{pv} – Áp suất thể tích riêng phần.
P_{max} – Áp suất tối đa từ thành phần khí thoát ra từ buồng (EN 15967).
P_{red} – Áp suất tối đa phát sinh trong không gian kín có lỗ thông hơi trong quá trình cháy lan có lỗ thông hơi.
CHÚ THÍCH:
[1] V_{flam} và V_{enc} có thể là thể tích hoặc lưu lượng thể tích.
[2] Theo NFPA 68, Pred không lớn hơn hai phần ba cường độ chịu lực tối đa của không gian kín có lỗ thông hơi nếu cho phép biến dạng, hoặc hai phần ba cường độ chảy của không gian kín có lỗ thông hơi nếu không cho phép biến dạng.

Hình A1.2 – Phân tích bảo vệ chống bùng cháy BESS

A.2 Phương pháp thử và mục đích thử nghiệm

A.2.1 Quy định chung

A2.1.1 Các thử nghiệm cấp độ cell, môđun, unit và lắp đặt trong tiêu chuẩn này là các bước được thiết kế nhằm đạt được mục đích của tiêu chuẩn như mô tả trong A2.2 đến A2.5.

A.2.2 Thử nghiệm cấp cell

A.2.2.1 Thử nghiệm này được thực hiện trên các cell riêng lẻ và sử dụng nhiều điều kiện ứng suất khác nhau như gia nhiệt bên ngoài để cưỡng bức cell đi vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt. Sau khi cơ chế ứng suất được kích hoạt, thử nghiệm sẽ đo nhiệt độ tại đó cell thoát khí và sau đó là nhiệt độ tại đó xảy ra mất kiểm soát nhiệt. Thử nghiệm cũng đo thể tích và áp suất của khí thoát ra từ cell, cũng như thành phần của khí thoát ra. Đối với khí thoát ra từ cell có chứa thành phần cháy được, cần đặc trưng các thông số sau nhằm phục vụ thiết kế xả bùng cháy:

a) Đo vận tốc cháy cơ bản bằng phương pháp ống đứng được mô tả trong phụ lục Phương pháp thử đo vận tốc cháy của khí cháy được trong ISO 817, hoặc ước tính vận tốc cháy cơ bản theo phụ lục Ước tính vận tốc cháy cơ bản trong NFPA 68; và

b) Áp suất cực đại phát sinh trong quá trình bùng cháy kín của hỗn hợp tối ưu theo EN 15967.

A.2.2.2 Thử nghiệm cấp cell được thực hiện trên các cell sử dụng trong môđun BESS nhằm thiết lập mức tính năng cơ sở về thử nghiệm cháy để có thể so sánh với tính năng cháy của các loại cell pin khác mà nhà chế tạo BESS có thể lựa chọn sử dụng trong các môđun của unit.

A2.2.3 Nếu không có mẫu cell nào có thể bị cưỡng bức vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt và không có mẫu cell nào phát thải khí cháy được theo xác định của thử nghiệm ASTM E918 trong bất kỳ thử nghiệm cấp cell nào thì không cần thực hiện thêm các thử nghiệm cấp môđun hoặc cấp độ unit đối với BESS sử dụng các cell này.

A.2.3 Thử nghiệm cấp môđun

A.2.3.1 Thử nghiệm này được thực hiện trên các môđun pin, sau đó các môđun này được lắp đặt trong vỏ bao hoặc trong hệ thống giá đỡ mở để tạo thành một unit BESS.

A.2.3.2 Thử nghiệm này sử dụng các ứng suất được xác định trong thử nghiệm cấp cell để cưỡng bức một số lượng cell pin được chọn trong môđun đi vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt. Ví dụ, có thể cần cưỡng bức chín cell 3 Ah vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt thay vì một cell 30 Ah để gây ra mất kiểm soát nhiệt ở cell liền kề nhằm tạo ra hiện tượng lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ cell sang cell. Nếu có cháy phát sinh từ cell hoặc các cell bị đưa vào trạng thái mất kiểm soát nhiệt thì đám cháy được phép phát triển trong môđun cho đến khi tự tắt hoặc môđun bị tiêu hủy hoàn toàn. Thử nghiệm đo tốc độ tỏa nhiệt hóa học, tốc độ phát sinh khói, nhiệt độ cực đại và thành phần khí thoát ra; đồng thời ghi nhận tính toàn vẹn của vỏ môđun sau thử nghiệm, mọi hiện tượng nổ hoặc bắn văng nguy hiểm các bộ phận ra ngoài vỏ môđun, cũng như mức độ và thời gian lan truyền ngọn lửa ra ngoài môđun.

A.2.3.3 Thử nghiệm cấp môđun thiết lập mức tính năng cơ sở về thử nghiệm cháy để có thể so sánh với tính năng cháy của các môđun pin khác mà nhà chế tạo BESS có thể lựa chọn sử dụng trong hệ thống. Có thể dừng thử nghiệm sau cấp môđun nếu các ảnh hưởng của mất kiểm soát nhiệt (cháy và nổ) được thiết kế môđun khống chế và khí thoát ra từ cell (xác định theo thử nghiệm cấp cell) là không cháy được.

A.2.4 Thử nghiệm cấp độ unit

A.2.4.1 Thử nghiệm cấp độ unit tương ứng với các thử nghiệm được dự kiến trong các quy chuẩn phòng cháy và các quy chuẩn khác ảnh hưởng đến việc lắp đặt hệ thống lưu trữ năng lượng nhằm đánh giá tính năng cháy quy mô lớn của BESS được lắp đặt trong, trên hoặc liền kề công trình hoặc tại các khu vực khác và đánh giá khả năng đáp ứng điều kiện miễn trừ đối với các giới hạn do quy chuẩn áp dụng cho các lắp đặt này. Các giới hạn mà có thể xin miễn trừ bao gồm giới hạn về kích thước của từng unit BESS, tổng số lượng BESS được lắp đặt trong một phòng và khoảng cách phân tách giữa các BESS cũng như giữa BESS với vách công trình. Trong các trường hợp thực hiện thử nghiệm cấp lắp đặt – thử nghiệm cháy quy mô lớn thì có thể miễn thử nghiệm cấp độ unit vì kết quả thử nghiệm cấp lắp đặt có thể được áp dụng cho unit.

A.2.4.2 Trong thử nghiệm này, unit BESS khởi phát được bố trí cách các unit BESS mục tiêu một khoảng xác định để mô phỏng các unit BESS giống với unit khởi phát, đồng thời cách các vách mô phỏng đại diện cho lắp đặt thực tế. Hiện tượng mất kiểm soát nhiệt được tạo ra trong các cell bằng cùng phương pháp như sử dụng trong thử nghiệm cấp môđun đối với một trong các môđun của BESS khởi phát và nhiều phép đo khác nhau được thực hiện. Kết quả nhằm xác minh rằng đám cháy trong một unit BESS đơn lẻ sẽ không lan sang các unit khác, không phá hủy vách hoặc vỏ bao BESS (nếu có), và không xảy ra hiện tượng mảnh văng hoặc xả khí nổ nguy hiểm.

A.2.4.3 Bố trí thử nghiệm nên bao gồm unit BESS có dung lượng năng lượng lớn nhất đối với lắp đặt được đại diện bởi thử nghiệm và khoảng cách tối thiểu đến các vách liền kề và các unit BESS khác. BESS có thể được thử nghiệm với hệ thống chữa cháy bên trong do nhà chế tạo cung cấp nếu hệ thống chữa cháy đó bắt buộc phải lắp đặt trong BESS. Các hệ thống chữa cháy bên trong tùy chọn không được đưa vào thử nghiệm cấp độ unit.

A.2.4.4 Thử nghiệm giám sát đặc tính cháy của unit BESS và đo tốc độ tỏa nhiệt (đối lưu và hóa học); sự phát sinh và thành phần khí; tốc độ phát sinh khói; mật độ nhiệt cực đại trên các unit BESS mục tiêu, bề mặt vách và trong lối thoát hiểm tiếp cận được; nhiệt độ bề mặt cực đại của vách và các môđun trong các unit BESS mục tiêu; đồng thời ghi nhận mọi hiện tượng nổ, bùng cháy và mảnh văng từ BESS được thử nghiệm. Nếu thử nghiệm cấp độ unit đáp ứng các tiêu chí tính năng của thử nghiệm đó theo Bảng 9.1 thì có thể kết thúc thử nghiệm ở cấp độ unit.

A.2.4.5 BESS dùng cho mục đích dân dụng phải đáp ứng các tiêu chí tính năng cấp độ unit đối với lắp đặt dân dụng trong Bảng 9.1 vì không có tùy chọn thử nghiệm cấp lắp đặt cho các ứng dụng này.

A.2.5 Thử nghiệm cấp lắp đặt – thử nghiệm cháy quy mô lớn

A.2.5.1 Nếu kết quả từ thử nghiệm cấp độ unit không đáp ứng các tiêu chí tính năng của cấp đó theo Bảng 9.1 hoặc theo yêu cầu của tiêu chuẩn lắp đặt và quy chuẩn thì phải thực hiện thử nghiệm cấp lắp đặt, thường được gọi là “Thử nghiệm cháy quy mô lớn”. Thử nghiệm này tương tự thử nghiệm cấp độ unit nhưng với điều kiện khởi phát sự cố nghiêm ngặt hơn, có bổ sung các phương pháp đánh lửa có chủ đích và có hệ thống chữa cháy dự kiến (nếu có) được lắp đặt và vận hành nhằm xác định xem các tiêu chí tính năng có được đáp ứng hay không. Thử nghiệm này cũng có thể áp dụng cho các vỏ bao ngoài trời.

A.2.5.2 Thử nghiệm cấp lắp đặt đo nhiệt độ bề mặt cực đại của vách và các môđun trong các unit BESS mục tiêu; đồng thời ghi nhận mọi hiện tượng nổ, bùng cháy và mảnh văng từ BESS được thử nghiệm. Mặc dù bố trí tương tự thử nghiệm cấp độ unit về cách sắp xếp BESS khởi phát và các unit BESS mục tiêu, thử nghiệm này được thực hiện với vỏ bao BESS và/hoặc hệ thống chữa cháy chủ động (dù là vòi phun hay loại khác) được bố trí theo đúng cấu hình lắp đặt dự kiến.

A.2.5.3 Thử nghiệm giám sát đặc tính cháy của BESS và mọi sự lan truyền cháy sang các BESS lân cận. Nếu kết quả từ thử nghiệm cấp lắp đặt đáp ứng các tiêu chí tính năng của thử nghiệm đó thì việc thử nghiệm được hoàn tất. Nếu lắp đặt BESS đáp ứng toàn bộ các tiêu chí tính năng trong 10.10 thì điều này cung cấp cơ sở kỹ thuật để Cơ quan có thẩm quyền cho phép lắp đặt cũng như các khoảng cách phân tách liên quan và các biến số thiết kế hệ thống chữa cháy.

A.2.5.4 Đối với lắp đặt chuyên dụng, nếu thử nghiệm được thiết kế nhằm chứng minh rằng đám cháy được giới hạn trong một nhóm lớn hơn giới hạn cho phép theo tiêu chí tính năng tại 10.10.2 thì có thể áp dụng khung của tiêu chuẩn này cho kích thước nhóm mở rộng cùng với các phép đo bổ sung. Thử nghiệm nên được thực hiện dưới trần lớn hơn với nhiều vòi phun bổ sung để có thể xác định số lượng vòi phun kích hoạt trong khu vực yêu cầu thiết kế. Đám cháy không được kích hoạt vòi phun ở vòng ngoài cùng của hệ thống chữa cháy trừ khi thiết kế dự kiến yêu cầu cấp nước cho toàn bộ vòi phun trong khu vực yêu cầu. Đây là dữ liệu đầu vào bắt buộc để xác định yêu cầu cấp nước. Trong kịch bản thử nghiệm này, hiện tượng mất kiểm soát nhiệt vẫn phải được giới hạn trong nhóm khởi phát mà không lan cháy hoặc lan truyền mất kiểm soát nhiệt qua các khoảng cách lối đi hoặc vượt ra ngoài ranh giới của nhóm. Đám cháy không được lan tới các đầu cuối của nhóm được thử nghiệm. Tiêu chí nhiệt độ của BESS mục tiêu theo 10.10.2 vẫn phải được áp dụng. Do mức phơi nhiễm nhiệt có thể rất cao trong sự kiện này, cần bổ sung các phép đo để đánh giá mức độ phù hợp của kết cấu xung quanh hoặc tính toàn vẹn kết cấu của lắp đặt dự kiến. Khuyến nghị phối hợp mục tiêu thử nghiệm và kế hoạch thử nghiệm với Cơ quan có thẩm quyền dự kiến, kỹ sư phòng cháy chữa cháy và đơn vị bảo hiểm nhằm bảo đảm tất cả các phép đo cần thiết được thu thập. Đối với các công trình chuyên dụng nơi đánh giá nhóm lớn hơn, phải phát hành báo cáo thử nghiệm mang tính tham khảo.

A.3 Đánh giá kết quả

A3.1 Tổng quát

A.3.1.1Mục này đưa ra các khuyến nghị về cách cơ quan quản lý quy chuẩn, chủ sở hữu, đơn vị bảo hiểm và đơn vị thiết kế có thể diễn giải và sử dụng kết quả của các thử nghiệm này để lập hồ sơ và xác minh sự phù hợp với các quy chuẩn liên quan đến tính năng an toàn cháy của các hệ thống BESS.

A3.2 Tài liệu

A3.2.1 Bước đầu tiên trong quá trình đánh giá là thu thập đầy đủ tài liệu liên quan đến hệ thống lắp đặt dự kiến. Các tài liệu này bao gồm nhưng không giới hạn ở:

a) Hồ sơ thiết kế và nghiệm thu theo yêu cầu của quy chuẩn;

b) Bản đầy đủ của báo cáo thử nghiệm cháy quy mô lớn;

c) Mô tả đầy đủ về BESS sẽ được lắp đặt, bao gồm tên nhà chế tạo và mã kiểu, mức năng lượng danh định (kWh hoặc MWh), số lượng và mã kiểu môđun pin trong từng unit BESS, cùng với nhà chế tạo, mã kiểu và số lượng cell pin trong mỗi môđun;

d) Thông tin về tình trạng phù hợp với UL 9540 và TCVN 14473 (UL 1973) của từng unit BESS, môđun và cell pin;

e) Mô tả mọi hệ thống chữa cháy tích hợp được trang bị trong từng unit BESS;

f) Bản vẽ tỷ lệ của phòng, không gian hoặc khu vực lắp đặt, thể hiện vị trí bố trí các unit BESS, khoảng cách tối thiểu giữa các unit BESS, giữa các unit BESS với các vách lân cận và vị trí các lối thoát nạn có thể tiếp cận;

g) Thông tin thiết kế vòi phun hoặc các hệ thống chữa cháy khác cho phòng, không gian hoặc khu vực lắp đặt BESS;

h) Mô tả các hệ thống thông gió, hút xả và bảo vệ chống bùng cháy được trang bị trong phòng;

i) Mô tả và vị trí của cáp nguồn, cáp truyền thông trong phòng hoặc khu vực chứa BESS, cũng như sự hiện diện của vật liệu cháy và kết cấu cháy được phía trên và phía dưới BESS;

j) Thông tin liên hệ của nhân sự có chuyên môn có thể được liên hệ khi có các câu hỏi liên quan đến BESS; và

k) Phân tích giảm thiểu nguy cơ (HMA), trình bày các nguy cơ cơ bản của hệ thống và các chế độ hỏng hóc phổ biến. Tài liệu này cũng có thể bao gồm nội dung và khuyến nghị hữu ích cho việc xây dựng quy trình thao tác chuẩn dành cho lực lượng ứng cứu ban đầu.

A.3.3 Lựa chọn thử nghiệm phù hợp

A3.3.1 Đối với hầu hết các hệ thống BESS mới yêu cầu thử nghiệm cháy và nổ theo các quy chuẩn an toàn cháy, trọng tâm ban đầu nên là thử nghiệm cấp độ unit và thử nghiệm cấp độ lắp đặt. Thử nghiệm cấp độ cell và cấp độ môđun là các bước hỗ trợ để thực hiện các thử nghiệm cấp độ unit và cấp độ lắp

đặt, tuy nhiên giá trị chính của chúng là xác định tính chấp nhận được của các cell và môđun thay thế dùng trong BESS. Thử nghiệm cấp độ cell có thể chứng minh rằng BESS dùng cho mục đích dân dụng có thể được lắp đặt trong không gian sinh hoạt hoặc không gian ở của công trình dân dụng nếu đáp ứng tiêu chí tính năng cấp độ cell tại 7.8.1.

Các nội dung sau chủ yếu áp dụng cho việc đánh giá hệ thống lắp đặt đề xuất dựa trên kết quả thử nghiệm cấp độ unit:

a) Phạm vi bao phủ của thử nghiệm đối với các model BESS dự kiến lắp đặt: Các unit BESS (mã kiểu, môđun và cell) dự kiến lắp đặt phải phù hợp với các unit được mô tả trong báo cáo thử nghiệm lập theo tiêu chuẩn này. Nếu có sự khác biệt về unit BESS, môđun, cell pin hoặc các sửa đổi khác, có thể cần thực hiện thêm các thử nghiệm như thử nghiệm cấp độ cell hoặc cấp độ môđun.

b) Sự phù hợp với UL 9540 và TCVN 14473 (UL 1973): Cần cung cấp tài liệu chứng minh các unit BESS được lắp đặt phù hợp với UL 9540 và hệ thống pin phù hợp với TCVN 14473 (UL 1973).

c) Xem xét dung lượng năng lượng tối đa của BESS: Dung lượng năng lượng của các unit BESS được lắp đặt trong phòng hoặc khu vực pin không được vượt quá dung lượng năng lượng (kWh, MWh) của unit BESS đã được thử nghiệm cấp độ unit.

d) Khoảng cách: Khoảng cách giữa các unit BESS riêng lẻ và khoảng cách giữa các unit BESS với các vách chịu lửa bao quanh phòng, không gian hoặc khu vực lắp đặt không được nhỏ hơn khoảng cách tương ứng trong thử nghiệm cấp độ unit.

e) Mức độ lan truyền mất kiểm soát nhiệt: Trong thử nghiệm cấp độ unit và cấp độ lắp đặt, cần xác nhận rằng hiện tượng mất kiểm soát nhiệt được tạo ra trên môđun chịu điều kiện lỗi đã dẫn đến mất kiểm soát nhiệt trong môđun khởi phát, tương ứng với phương pháp được áp dụng trong thử nghiệm cấp độ môđun. Vị trí của môđun khởi phát được lựa chọn dựa trên vị trí được xem là dễ xảy ra lan truyền mất kiểm soát nhiệt từ môđun sang môđun nhất trong BESS.

f) Hệ thống chữa cháy tích hợp: Nếu thử nghiệm cấp độ unit được thực hiện với hệ thống chữa cháy bên trong unit BESS, thì tất cả các unit BESS được lắp đặt phải được trang bị hệ thống chữa cháy đó. Hồ sơ nghiệm thu cũng phải bao gồm tiêu chí thử nghiệm ban đầu, thử nghiệm định kỳ và bảo trì hệ thống chữa cháy theo hướng dẫn của nhà chế tạo và các tiêu chuẩn NFPA áp dụng.

g) Hệ thống BESS bố trí theo dãy: Khi các unit BESS được thiết kế lắp đặt mặt lưng đối mặt lưng và thành các dãy liên tục có lối đi ở giữa, thì chúng nên được thử nghiệm theo đúng cấu hình đó với khoảng cách bằng không tới các BESS mục tiêu.

h) Cố định cửa và các lỗ mở tiếp cận: Thử nghiệm cấp độ unit được thực hiện khi các cửa và lỗ mở được đóng và cố định, nhằm hỗ trợ ngăn giữ đám cháy bên trong unit BESS. Trong vận hành thực tế, các lỗ mở này không được để mở liên tục, ngoại trừ trong thời gian ngắn khi bảo trì.

i) Đánh giá nhiệt độ: Các phép đo nhiệt độ trong thử nghiệm cấp độ unit cần được xem xét để xác minh rằng mức tăng nhiệt độ trên vách đo kiểm không vượt quá 97 °C (175 °F) so với nhiệt độ môi trường, và

nhiệt độ trên các môđun của BESS mục tiêu không vượt quá nhiệt độ tại đó các cell pin bắt đầu thoát khí trong thử nghiệm cấp độ cell. Nếu mức tăng nhiệt độ trên vách đo kiểm không vượt quá 97 °C (175 °F) so với môi trường, thì khoảng cách tới các kết cấu cháy tại khoảng cách thử nghiệm có thể được cơ quan quản lý quy chuẩn xem là chấp nhận được.

j) Đánh giá khí cháy: Nếu trong thử nghiệm cấp độ unit phát hiện khí cháy thoát ra từ các môđun pin trong BESS, cơ quan quản lý quy chuẩn cần xác định liệu các khí này có thể tích tụ đến nồng độ vượt quá 25 % giới hạn cháy dưới (LFL) ở bất kỳ vị trí nào trong phòng, không gian hoặc khu vực lắp đặt hay không. Nếu có thể đạt tới các nồng độ này trong điều kiện lắp đặt thực tế, cơ quan quản lý cần xác định có cần áp dụng các biện pháp kiểm soát nổ như hệ thống thoát áp bùng cháy hoặc hệ thống ngăn ngừa bùng cháy hay không. Kiểm soát nổ thường được thực hiện theo cách ngăn ngừa hỗn hợp cháy hình thành để hiện tượng bùng cháy không xảy ra hoặc giảm thiểu năng lượng giải phóng của vụ bùng cháy để không gây hại cho con người hoặc công trình. Thông thường sử dụng một trong các phương pháp sau, hoặc kết hợp:

1) Ngăn ngừa bùng cháy: Sử dụng pha loãng bằng không khí tươi với lưu lượng đủ để hỗn hợp nhiên liệu/oxy không bao giờ đạt đến giới hạn cháy dưới. Ngoài ra có thể sử dụng khí trơ để thay thế oxy và tránh tạo thành hỗn hợp cháy.
2) Thoát áp bùng cháy: Là biện pháp giảm thiểu nguy cơ giả định rằng hiện tượng bùng cháy có thể xảy ra, nhưng sử dụng các cửa thoát áp để xả áp suất sinh ra do cháy nổ nhiên liệu/oxy một cách an toàn.
3) Một phương pháp khác đang cho thấy hiệu quả trong kiểm soát nổ của BESS là chủ động đốt cháy các túi hỗn hợp nhiên liệu/oxy nhỏ bằng bộ tạo tia lửa bên trong giá đỡ hoặc môđun pin của BESS. Phương pháp này ngăn ngừa sự tích tụ của thể tích lớn hỗn hợp nhiên liệu/oxy vốn có thể dẫn tới các vụ bùng cháy năng lượng lớn (ví dụ nổ toàn bộ container).

k) Trước khi phê duyệt hệ thống kiểm soát nổ, cơ quan quản lý quy chuẩn cần bảo đảm các nội dung sau:

1) Đã thực hiện đầy đủ nghiên cứu về bùng cháy dựa trên kết quả thử nghiệm giải phóng khí cháy theo tiêu chuẩn này.
2) Nếu sử dụng pha loãng bằng không khí tươi để ngăn ngừa bùng cháy: lưu lượng không khí tươi phải đủ để thấp hơn tốc độ giải phóng khí cháy được xác định trong thử nghiệm của tiêu chuẩn này (< 25 % LFL); thiết kế, lắp đặt và bảo trì phải phù hợp với NFPA 69.
3) Nếu sử dụng bộ tạo tia lửa để kích hoạt các vụ bùng cháy cục bộ quy mô nhỏ: phải có đủ diện tích thoát áp để xả khí cháy giãn nở một cách an toàn, tránh ảnh hưởng đến con người đồng thời tránh tạo ra mảnh văng hoặc vật bắn nguy hiểm như cửa giá đỡ bị bật tung hoặc các tấm kim loại bay ra; thiết kế, lắp đặt và bảo trì phải phù hợp với NFPA 68 và NFPA 69.

4) Nếu sử dụng hệ thống thoát áp bùng cháy để xả áp cho các vụ bùng cháy quy mô lớn, kỹ sư phải chứng minh các nội dung sau tại (i) – (iv), đồng thời thiết kế, lắp đặt và bảo trì phải phù hợp với NFPA 68:

i) Áp suất đỉnh được duy trì thấp hơn đáng kể ngưỡng phá hủy của các vỏ bao cứng;

ii) Hướng xả áp được thiết kế để không gây nguy hiểm cho con người (ví dụ xả lên phía trên của container);

iii) Mọi điểm yếu của vỏ bao như cửa hoặc nắp phải được bảo vệ để không trở thành vật bắn nguy hiểm bằng thanh chặn hoặc kết cấu chắn có khả năng chịu được áp suất thiết kế đỉnh; và

iv) khu vực liền kề được bảo vệ khỏi áp suất quá cao hoặc hư hại do vật thể bay bằng cách sử dụng các khoảng lùi, và/hoặc các rào chắn cứng định hướng lực, và/hoặc các rào chắn hấp thụ năng lượng linh hoạt như vải hoặc mái che bằng sợi para-aramid hoặc rèm cửa.

5) Nếu áp dụng NFPA 855 hoặc hướng dẫn khác thì phải có HMA đầy đủ về kiểm soát nổ.

l) Mảnh văng và phá hủy vỏ BESS: nếu xuất hiện trong thử nghiệm cấp độ unit hoặc cấp lắp đặt thì không được phê duyệt lắp đặt.

m) Ngọn lửa phun ra từ cửa: Nếu điều kiện này xảy ra trong quá trình thử nghiệm ở cấp độ lắp đặt, việc lắp đặt sẽ không được chấp thuận. Nếu có bằng chứng về việc lửa bùng phát trở lại sau khi ngọn lửa dường như đã giảm dần trong thiết bị, điều này cần được ghi lại. Nếu điều này xảy ra sau khi kết thúc thử nghiệm ở cấp độ lắp đặt, việc lắp đặt sẽ không được chấp thuận.

n) Hệ thống BESS bốc cháy trở lại: Nếu có bằng chứng về việc hệ thống BESS bốc cháy trở lại sau khi ngọn lửa dường như đã giảm dần trong thiết bị, điều này cần được ghi lại. Nếu điều này xảy ra sau khi kết thúc thử nghiệm ở cấp độ lắp đặt, việc lắp đặt sẽ không được chấp thuận.

o) Các cell pin và mô-đun BESS thay thế: Nếu các cell pin và/hoặc mô-đun được lắp đặt trong các thiết bị BESS khác với các cell và/hoặc mô-đun được sử dụng trong các mẫu thử nghiệm ở cấp độ thiết bị, cần xem xét hai điều sau:

1) Cần xác nhận rằng các cell hoặc mô-đun được cung cấp tuân thủ tiêu chuẩn TCVN 14473 (UL 1973) (tiêu chuẩn UL 9540 yêu cầu các cell và mô-đun phải tuân thủ tiêu chuẩn TCVN 14473 (UL 1973)); và

2) Cần tiến hành thử nghiệm bổ sung ở cấp độ cell và cấp độ mô-đun, và có thể cả các thử nghiệm bổ sung khác, và cần xác minh trong báo cáo rằng hiệu suất chống cháy của các cell và mô-đun mới trong các thiết bị BESS tương đương với hiệu suất chống cháy trong báo cáo thử nghiệm chống cháy ở cấp độ thiết bị đang được xem xét.

p) xem xét vòi phun: phương pháp thử nghiệm cấp lắp đặt số 1 được thiết kế riêng để đánh giá hiệu quả vòi phun tự động bảo vệ BESS đang vận hành. Hệ thống vòi phun thực tế phải đáp ứng hoặc vượt mức của hệ thống đã thử nghiệm.

q) hệ thống chữa cháy thay thế: phương pháp thử nghiệm cấp lắp đặt số 2 được thiết kế để đánh giá hệ thống chữa cháy thay thế cho phòng hoặc khu vực BESS. Hệ thống thực tế phải đáp ứng hoặc vượt mức của hệ thống đã thử nghiệm.

r) cáp nguồn và truyền thông: thử nghiệm cấp lắp đặt có thể dùng bộ chỉ báo ngọn lửa phía trên BESS để đánh giá khả năng cháy lan từ BESS lên máng cáp hoặc vật liệu cháy phía trên BESS. Nếu trong thực tế có cáp hoặc vật liệu cháy phía trên BESS thì thử nghiệm phải có bộ chỉ báo ngọn lửa và kết quả phải chứng minh ngọn lửa không lan vượt quá kích thước vỏ bọc theo chiều ngang. Nếu thử nghiệm không được tiến hành hoặc không đạt được kết quả chấp nhận được thì không được lắp đặt các dây dẫn để hở và chất dễ cháy phía trên BESS hoặc chúng phải được bảo vệ bằng kết cấu chống cháy phù hợp.

s) Chất dễ cháy trong thiết bị: Tiêu chuẩn này không đánh giá tác động của đám cháy trong BESS đối với hệ thống cáp hoặc các vật liệu dễ cháy khác và kết cấu được lắp đặt bên dưới BESS hoặc trên các bề mặt lắp đặt bên dưới BESS.

t) Hạn chế về thông gió: Đôi khi các tấm chắn hoặc rào chắn (chẳng hạn như tấm polycarbonate hoặc tấm kim loại) không thuộc BESS tuân thủ UL 9540, được cung cấp gần BESS để ngăn nhân viên tiếp cận các bộ phận mang điện hoặc bộ điều khiển hoặc để ngăn đường ống rò rỉ vào thiết bị điện. Nếu các rào chắn như vậy được cung cấp thì tác động của chúng đối với sự lan truyền của ngọn lửa thì việc hạn chế thông gió, xả vòi phun nước hoặc các chất chữa cháy phải được xem xét trước khi phê duyệt lắp đặt.

u) Lắp đặt ngoài trời: Các thử nghiệm trong Tiêu chuẩn này được tiến hành trong nhà, nhưng kết quả có thể được sử dụng để đánh giá việc lắp đặt ngoài trời, vì năng lượng giải phóng từ BESS đang cháy có thể dễ dàng phân tán hơn trong môi trường ngoài trời, nơi nó không nằm trong phòng, không gian hoặc khu vực trong nhà. Cho phép được thực hiện để thử nghiệm các hệ thống chỉ sử dụng ngoài trời dựa trên các biện pháp kiểm soát môi trường được ghi lại tại chỗ. Nếu sử dụng thử nghiệm trong nhà để đánh giá hệ thống sử dụng ngoài trời, hãy cân nhắc những điều sau:

1) Nếu thử nghiệm ở cấp độ unit (không có tính năng dập lửa) cho kết quả có thể chấp nhận được khi BESS được đặt cách vách một khoảng xác định thì sẽ hợp lý khi giả định rằng BESS đặt ở ngoài trời có thể được đặt ở cùng khoảng cách với vách bên ngoài mà không có lỗ hở ở vùng lân cận.

2) Quy tắc không cho phép lưu trữ chất dễ cháy trong phòng hoặc khu vực BESS trong nhà. Tuy nhiên, đối với các vị trí bên ngoài, chất dễ cháy được phép ở gần các cơ sở lắp đặt BESS (khoảng trống đối với các yêu cầu tiếp xúc), cho phép giảm khoảng cách do các thử nghiệm cháy quy mô lớn. Sẽ là hợp lý khi sử dụng khoảng cách đến các bức vách được thiết lập trong quá trình kiểm tra mức độ dàn lạnh để biện minh cho khoảng cách chấp nhận được với sự tiếp xúc bên ngoài, với điều kiện là các vật liệu tiếp xúc không dễ bị bắt lửa hơn vật liệu trên vách (chẳng hạn như chất lỏng dễ cháy, vật liệu nguy hiểm, sản phẩm xốp cách nhiệt, v.v.). Khoảng cách lùi tăng lên sẽ hợp lý đối với các loại nguy cơ đó, như được xác định bởi cơ quan có thẩm quyền.

Phụ lục B

(tham khảo)

Khuyến nghị an toàn đối với thử nghiệm

B.1 Quy định chung

B.1.1 Các thử nghiệm trong tiêu chuẩn này là các điều kiện tác động cực hạn được thực hiện trên các thiết bị lưu trữ năng lượng điện hóa, có thể dẫn đến cháy lớn, nổ, phát thải khí của các vật liệu cháy được và độc hại, phơi nhiễm với chất lỏng độc hại và ăn mòn, cũng như nguy cơ phơi nhiễm với điện áp nguy hiểm và năng lượng điện.

B.1.2 Các cơ sở sử dụng cho thử nghiệm này cần có khả năng xử lý các sự cố trên theo cách có kiểm soát nhằm không gây nguy hiểm cho nhân viên và cơ sở vật chất. Cần có các quy trình vận hành tiêu chuẩn đối với việc xử lý và thử nghiệm pin để quy định việc xử lý, lưu trữ, thử nghiệm và thải bỏ pin. Tất cả các thử nghiệm cần được thực hiện trong các khu vực thử nghiệm tách biệt với nơi nhân viên quan sát nhằm ngăn ngừa chấn thương do các sự cố ngoài dự kiến. Cần có đầy đủ phương tiện chữa cháy phù hợp với công nghệ lưu trữ năng lượng được thử nghiệm để kiểm soát đám cháy. Ngoại trừ nhân viên chữa cháy được chỉ định và đào tạo để xử lý các đám cháy mất kiểm soát, nhân viên không được vào phòng thử nghiệm cho đến khi mẫu thử ổn định và trở về gần điều kiện môi trường xung quanh. Nhân viên xử lý và thử nghiệm mẫu phải luôn sử dụng thiết bị bảo hộ cá nhân (PPE) phù hợp để ngăn ngừa chấn thương. Cơ sở thử nghiệm cần có phương tiện thông gió đầy đủ để loại bỏ các chất nguy hiểm sinh ra từ quá trình cháy nhằm ngăn ngừa nồng độ độc hại và cháy được theo quy định của các quy chuẩn địa phương.

B.1.3 Sau khi kết thúc thử nghiệm, các mẫu thử phải được phóng điện theo quy định của nhà chế tạo. Mọi thao tác xử lý trước và sau thử nghiệm phải tuân thủ khuyến nghị của nhà chế tạo và quy trình vận hành tiêu chuẩn của cơ sở thử nghiệm. Tất cả các mẫu thử phải được thải bỏ theo quy định địa phương.

Phụ lục C

(quy định)

Thử nghiệm bùng cháy quy mô lớn đối với vỏ BESS

C.1 Quy định chung

C.1.1 Thử nghiệm này nhằm hỗ trợ yêu cầu thử nghiệm bùng cháy theo 10.3.4.

C.1.2 Thử nghiệm bùng cháy quy mô lớn phải được thực hiện bằng cách sử dụng các cell được sạc đến MOSOC hoặc sử dụng khí cháy làm nguồn nhiên liệu khí. Nếu sử dụng, khí cháy phải đại diện cho hỗn hợp khí được tạo ra từ hiện tượng mất kiểm soát nhiệt của các cell. Nếu sử dụng, khí cháy tổng hợp phải có vận tốc cháy tầng cực đại danh nghĩa và áp suất bùng cháy cực đại trong bình kín bằng hoặc lớn hơn giá trị xác định đối với khí do mất kiểm soát nhiệt của cell trong thử nghiệm cấp cell theo Mục 7.

C.1.3 Tốc độ thoát khí và thể tích khí sử dụng cho thử nghiệm phải được xác định dựa trên thử nghiệm cấp cell theo Mục 7 và thử nghiệm cấp môđun theo Mục 8. Tốc độ thoát khí và thể tích khí sử dụng cho thử nghiệm không được đại diện cho số lượng cell hỏng ít hơn số lượng quan sát được trong thử nghiệm cấp môđun. Nếu xảy ra đánh lửa trong thử nghiệm cấp môđun thì tốc độ thoát khí và thể tích khí sử dụng cho thử nghiệm không được đại diện cho số lượng cell hỏng ít hơn số lượng quan sát được trước thời điểm đánh lửa trong thử nghiệm cấp môđun.

CHÚ THÍCH: Việc đánh lửa có thể xảy ra hoặc không xảy ra trong thử nghiệm cấp môđun theo Điều 8 tùy thuộc vào thiết kế môđun, công nghệ hóa học và các biến số khác.

C.1.4 DUT phải đại diện cho vỏ bao BESS bao gồm các môđun và các vật cản bên trong.

C.1.5 Có thể sử dụng một hoặc kết hợp các phương pháp sau để bố trí các môđun pin:

a) Cho phép lắp đặt đầy đủ các môđun được sử dụng trong sản phẩm cuối BESS theo đúng quy định của lắp đặt BESS. Cho phép loại bỏ các liên kết điện giữa các cell và môđun. Khuyến nghị các cell này trong DUT không có trạng thái sạc (SOC) vượt quá 30 %;

b) Cho phép lắp đặt các vỏ môđun rỗng không chứa cell tại đúng các vị trí dự kiến dành cho môđun đầy đủ trong lắp đặt BESS. Các khe hở và khoảng mở trên vỏ môđun vốn thường được che kín bởi cell phải được che phủ và bịt kín; hoặc

c) Cho phép lắp đặt một số lượng và cấu hình các vật thể kim loại kín, bền chắc có cùng kích thước danh nghĩa, vị trí lắp đặt và khoảng cách phân tách như các môđun ESS.

C.1.6 Cửa tiếp cận, nắp mở và/hoặc tấm che của DUT phải được đóng và chốt khóa theo đúng trạng thái vận hành bình thường khi bắt đầu thử nghiệm.

C.1.7 DUT phải bao gồm tất cả các vùng xả áp bùng cháy được thiết kế (các cửa xả bùng cháy) có trong thiết kế lắp đặt BESS.

C.1.8 Một hỗn hợp cháy được phải được tạo ra bên trong DUT bằng cách sử dụng khí nhiên liệu phù hợp với C1.2, không khí làm chất oxy hóa, và tốc độ thoát khí và/hoặc thể tích khí phù hợp với C1.3.

C.1.9 Nếu thể tích khí đủ lớn, có thể thiết lập kịch bản thử nghiệm bùng cháy toàn thể tích với tỷ lệ hòa trộn đồng đều giữa nhiên liệu và không khí trong toàn bộ thể tích tự do của vỏ bao. Trong trường hợp này, nồng độ khí nhiên liệu phải tương ứng với vận tốc cháy tầng cực đại.

C.1.10 Nếu thể tích khí không đủ để tạo ra điều kiện bùng cháy toàn thể tích thì có thể thiết lập điều kiện bùng cháy một phần thể tích.

C.1.11 Chỉ được thực hiện các sửa đổi tối thiểu đối với vỏ bao để bố trí đường ống khí hoặc các thiết bị đo khác. Khi có sửa đổi, các sửa đổi đó phải được bảo vệ để không trở thành điểm hỏng hoặc điểm mở bùng cháy trong thử nghiệm này.

C.1.12 Hỗn hợp cháy được phải được giải phóng và đánh lửa tại các vị trí tạo ra điều kiện thử thách lớn nhất đối với các vùng xả áp bùng cháy được thiết kế.

C.1.13 Nếu việc đánh lửa không thành công thì thử nghiệm phải được thực hiện lại. Có thể cần điều chỉnh vị trí thoát khí ban đầu, vị trí đánh lửa và/hoặc điều kiện hỗn hợp để đạt được sự đánh lửa.

C.1.14 Thử nghiệm cháy quy mô lớn không được tiếp tục nếu DUT bị phá hủy nghiêm trọng hoặc mất kiểm soát. Cho phép cửa hoặc điểm tiếp cận mở ra và cho phép kích hoạt các vùng xả áp bùng cháy được thiết kế. Các thành phần chính của DUT, như thiết bị HVAC bên ngoài, không được tách rời khỏi vỏ bao.

C.1.15 Ngoài các yêu cầu của C1.14, có thể đo áp suất dư tác động tại các khu vực quan tâm, bao gồm bên trong BESS, vị trí các BESS lân cận, vị trí các kết cấu lân cận hoặc các khu vực khác có khả năng con người bị phơi nhiễm.

C.1.16 Đối với BESS dự kiến lắp đặt trong nhà, có thể bổ sung các phép đo để đánh giá ảnh hưởng áp suất lên kết cấu lắp đặt xung quanh. Cũng có thể bổ sung các phép đo để xác định số lượng vòi phun có thể kích hoạt trong một sự kiện bùng cháy vì đây là biến số quan trọng đối với tính toán nguồn cấp nước và hiệu quả bảo vệ của hệ thống vòi phun.