

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 14499-4-200:2025

IEC TR 62933-4-200:2024

Xuất bản lần 1

**HỆ THỐNG LƯU TRỮ ĐIỆN NĂNG –
PHẦN 4-200: HƯỚNG DẪN CÁC VẤN ĐỀ VỀ MÔI TRƯỜNG –
ĐÁNH GIÁ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH (GHG)
TỪ HỆ THỐNG LƯU TRỮ ĐIỆN NĂNG (EES)**

Electrical Energy Storage (EES) Systems –

Part 4-200: Guidance on environmental issues – Greenhouse gas (GHG)

emission assessment by electrical energy storage (EES) systems

HÀ NỘI – 2025

Mục lục

	Trang
1 Phạm vi áp dụng	5
2 Tài liệu viện dẫn	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa	5
4 Quy định chung	6
5 Thực tiễn hiện tại về việc sử dụng hệ thống EES liên quan đến việc giảm phát thải khí nhà kính	9
5.1 Tổng quan.....	9
5.2 Trường hợp Hàn Quốc (KR).....	9
5.3 Các trường hợp ở Nhật Bản (JP)	17
5.4 Các trường hợp ở Úc (AU).....	28
6 Các phương pháp ví dụ để ước tính mức giảm GHG	33
6.1 Quy định chung.....	33
6.2 Phương pháp ước tính mức giảm khí nhà kính cho các hệ thống EES dựa trên trường hợp sử dụng [17].....	34
6.3 Đánh giá kinh tế và môi trường của việc giới thiệu pin lưu trữ và phụ phí giảm CO2 có tính đến chuỗi năng lượng [18].....	34
Phụ lục A (tham khảo) Biểu mẫu cho các ấn phẩm liên quan và thực tiễn hiện hành.....	35
Thư mục tài liệu tham khảo	36

Lời nói đầu

TCVN 14499-4-200:2025 hoàn toàn tương đương với IEC TR 62933-4-200:2024;

TCVN 14499-4-200:2025 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E18 *Pin và acquy* 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.

Hệ thống lưu trữ điện năng –

Phần 4-200: Hướng dẫn các vấn đề về môi trường –

Đánh giá phát thải khí nhà kính (GHG) từ hệ thống lưu trữ điện năng (EES)

Electrical Energy Storage (EES) Systems –

Part 4-200: Guidance on environmental issues – Greenhouse gas (GHG) emission assessment by electrical energy storage (EES) systems

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả các khía cạnh về giảm phát thải khí nhà kính (GHG) liên quan đến hệ thống lưu trữ điện năng (hệ thống EES) và trình bày các thực tiễn hiện tại, hoạt động nghiên cứu và các nghiên cứu liên quan ở mỗi quốc gia.

Tiêu chuẩn này nhằm mục đích sử dụng cho những người liên quan đến thiết kế, phát triển và sử dụng hệ thống EES, lưới điện và các nguồn năng lượng tái tạo trong lưới điện, nơi xem xét các ứng dụng khác nhau, bao gồm nhưng không giới hạn ở các ứng dụng dài hạn (cất đỉnh tải, cân bằng tải, nguồn điện dự phòng, v.v.) và các ứng dụng ngắn hạn (điều chỉnh tần số, ổn định năng lượng tái tạo, v.v.).

Tiêu chuẩn này được cấu trúc như sau: Điều 4 mô tả khái niệm chung về giảm phát thải khí nhà kính, Điều 5 mô tả các thực tiễn hiện tại và Điều 6 mô tả các phương pháp học thuật.

2 Tài liệu viện dẫn

Không có tài liệu viện dẫn trong tiêu chuẩn này.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

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

3.1

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

BESS

Hệ thống lưu trữ điện năng có hệ thống tích trữ dựa trên các pin gồm các cell thứ cấp.

TCVN 14499-4-200:2025

CHÚ THÍCH 1: Hệ thống pin lưu trữ năng lượng bao gồm cả hệ thống năng lượng pin dòng chảy (3.1.15 trong IEC 62932-1:2020).

CHÚ THÍCH 2: Pin được định nghĩa trong IEC 60050-482:2004, 482-01-04 và cell thứ cấp được định nghĩa trong IEC 60050-482:2004, 482-01-03.

3.2

Lưới điện (grid)

Các công trình lắp đặt, trạm biến áp, đường dây hoặc cáp để truyền tải và phân phối điện.

CHÚ THÍCH 1: Ranh giới của các phần khác nhau của mạng lưới này được xác định bằng các tiêu chí thích hợp, ví dụ như vị trí địa lý, quyền sở hữu, điện áp, v.v.

CHÚ THÍCH 2: Thuật ngữ lưới điện được sử dụng như trong 3.2 nếu không có định nghĩa khác.

[NGUỒN: IEC 60050-601:1985, 601-01-02, có sửa đổi – trong thuật ngữ này “lưới điện” đã thay cho “mạng điện” và bổ sung chú thích 2]

3.3

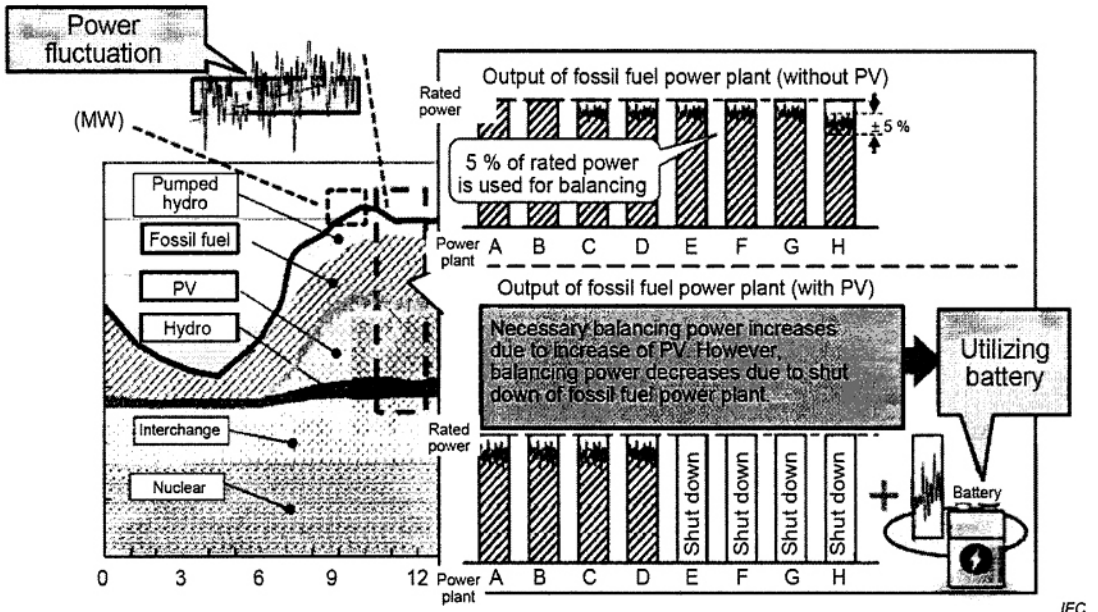
Giảm phát thải khí nhà kính (greenhouse gas reduction/GHG reduction)

Lượng giảm phát thải khí nhà kính được tính toán giữa kịch bản cơ sở và dự án.

4 Quy định chung

Việc thúc đẩy năng lượng tái tạo (RE) là một chương trình nghị sự toàn cầu, đặc biệt là việc triển khai rộng rãi năng lượng mặt trời và năng lượng gió đang được tiến hành. Sách trắng của IEC “Lưu trữ điện năng [1]” nêu rõ rằng “Lưu trữ điện năng, EES, là một trong những công nghệ chủ chốt trong các lĩnh vực được IEC đề cập. Kỹ thuật EES đã cho thấy khả năng độc đáo trong việc giải quyết một số đặc trưng quan trọng của điện, ví dụ như sự thay đổi về nhu cầu và giá cả theo giờ. Trong tương lai gần, EES sẽ trở nên không thể thiếu trong các thị trường mới nổi trong việc sử dụng nhiều năng lượng tái tạo hơn, nhằm đạt được mức giảm CO₂ và cho Lưới điện thông minh”. Do đó, tiêu chuẩn này cố gắng đề cập đến việc giảm phát thải khí nhà kính (ví dụ CO₂ và các khí khác) liên quan đến hệ thống EES. Ví dụ, hệ thống EES góp phần thay thế một số máy phát nhiệt điện trong bối cảnh của ứng dụng ngắn hạn và dài hạn và điều khiển tần số lưới trong đó khả năng điều khiển và đáp ứng nhanh là những đặc trưng chính của hệ thống EES được sử dụng (xem Hình 1).

- Khi năng lượng tái tạo tăng lên, một số nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch phải đóng cửa, dẫn đến giảm nguồn lực cân bằng công suất.
- Biến động tần số trở thành vấn đề lớn hơn do nguồn lực cân bằng công suất không đủ.
- Hệ thống EES phản ứng nhanh có thể là một giải pháp.



Hình 1 – Các hành động cần thực hiện để chống biến động tần số (ngắn hạn)

Khi càng sử dụng nhiều RE, hệ thống lưu trữ điện năng (EES) đã trở nên không thể thiếu. [2] Các ứng dụng chính gần đây của hệ thống EES, ví dụ như hệ thống lưu trữ năng lượng sử dụng pin (BESS), nhằm mục đích giảm GHG được liệt kê dưới đây:

CHÚ THÍCH: Các thuật ngữ được sử dụng dưới đây và trong Điều 5 và Điều 6 đôi khi khác với các định nghĩa trong IEC 62933-1, nhưng các thuật ngữ được sử dụng trong tài liệu tham khảo được trích dẫn được sử dụng "nguyên trạng" để tránh chuyển dịch sai khi đưa chúng vào tiêu chuẩn này.

- Pin di động được lắp trong xe điện (EV) [3]

Việc sử dụng rộng rãi xe điện chạy bằng pin có khả năng góp phần giảm lượng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải. Ngoài ra, sự đóng góp của xe điện vào việc giảm khí nhà kính còn phụ thuộc vào cấu hình nguồn điện khi sạc xe điện.

- Lưu trữ năng lượng dư thừa của điện mặt trời [4] [5]

Nếu lượng điện mặt trời dồi dào được lắp đặt trên lưới điện, năng lượng dư thừa của nó sẽ bị cắt giảm để duy trì sự ổn định của lưới điện và để sử dụng hiệu quả năng lượng dư thừa. Nếu không có BESS, việc cắt giảm như vậy có nghĩa là lãng phí năng lượng. BESS cung cấp chức năng lưu trữ năng lượng và giải quyết vấn đề đường cong con vịt (hiện tượng dư thừa điện mặt trời vào buổi trưa và thiếu điện vào buổi tối, chuyển năng lượng ban ngày sang ban đêm).

- Điều tiết/dự trữ cho điều khiển tần số [6] [7] [13]

Trong lưới điện, việc điều tiết/dự trữ được sử dụng để cân bằng cung/cầu và duy trì tần số. Việc điều tiết/dự trữ này được cung cấp bởi nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch và nhà máy thủy điện tích năng. BESS cũng có tiềm năng cung cấp điều tiết/dự trữ. Các hệ thống EES có khả năng thay thế các

TCVN 14499-4-200:2025

dịch vụ cân bằng và dịch vụ hệ thống của nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch và do đó cho phép giảm phát thải khí nhà kính khi kết hợp với các nguồn năng lượng tái tạo.

- Cân bằng tải (LL) và dịch chuyển phụ tải [8] [9]

Một trong những ứng dụng tiềm năng của BESS là cân bằng tải (LL) và dịch chuyển phụ tải. Nhu cầu tải đỉnh thường được cung cấp bởi nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch, trong khi đó BESS có tiềm năng hỗ trợ nhu cầu tải đỉnh. BESS góp phần làm giảm hoạt động của nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch (và do đó góp phần giảm phát thải khí nhà kính).

- Lưới điện thông minh sử dụng BESS trong các lưới cách ly, ví dụ như ở các đảo [4] [10] [11]
- Có thể cung cấp 100 % năng lượng tái tạo (RE) trên các đảo cách ly bằng cách sử dụng BESS.

- Hỗ trợ khác của BESS để thúc đẩy năng lượng tái tạo [12] [13]

BESS có thể giảm GHG vì BESS tạo thuận lợi cho việc sử dụng năng lượng tái tạo. BESS phân tán cải thiện tình trạng nghẽn lưới điện và bù sự mất cân bằng do RE gây ra. Độ ổn định động có thể được cải thiện bằng máy phát đồng bộ ảo được BESS thực hiện với hệ thống chuyển đổi năng lượng đặc biệt (PCS). BESS cũng có thể thay thế nguồn điện khẩn cấp sử dụng máy phát điện diesel.

Các nhiệm vụ cần được giải quyết là:

- giảm chi phí của BESS;
- phát triển BESS hoạt động hiệu quả hơn nhằm hiện thực hóa việc sử dụng đa mục đích;
- phát thải khí nhà kính trong suốt vòng đời của BESS.

Trong các điều khoản sau đây, tiêu chuẩn này mô tả các thực tiễn hiện tại ở Điều 5 và các phương pháp học thuật ở Điều 6.

Đối với các thực tiễn hiện tại ở Điều 5, chưa thể khẳng định các thực tiễn này nhằm góp phần trực tiếp vào việc giảm phát thải khí nhà kính tại thời điểm biên soạn tiêu chuẩn này. Vì vậy, các thực tiễn được chọn ở đây được cho là sẽ góp phần giảm phát thải khí nhà kính.

Đối với Điều 6, lĩnh vực này đang ở giai đoạn nghiên cứu vì cần ước tính mức giảm phát thải khí nhà kính bằng cách kết hợp các điều kiện khác nhau sau:

- cấu hình nguồn điện hiện tại;
- cấu hình nguồn điện giả định có sự thay thế bằng hệ thống EES;
- cách sử dụng EV và hệ thống EES;
- loại hình công nghệ lưu trữ năng lượng.

Trong Điều 6, đưa ra các ví dụ tiêu biểu về các nghiên cứu hoặc ấn phẩm được kỳ vọng sẽ góp phần giảm thiểu phát thải khí nhà kính.

Hơn nữa, vòng đời của hệ thống EES, như được nêu trong IEC TS 62933-4-1, bao gồm bốn giai đoạn: mua sắm, lắp đặt, vận hành và bảo trì, và tháo dỡ. Tình trạng của sản phẩm nằm ngoài phạm vi của bộ

tiêu chuẩn IEC TS 62933-4 vì trạng thái này là trước khi mua sắm hoặc sau khi tháo dỡ. Phiên bản hiện tại của IEC TS 62933-4-1 mô tả giai đoạn “vận hành và bảo trì” của hệ thống EES. Đối với các giai đoạn “mua sắm”, “lắp đặt” và “tháo dỡ”, phiên bản hiện tại của IEC TS 62933-4-1 chỉ mô tả khả năng phát thải khí nhà kính như được chỉ ra dưới đây.

- **Mua sắm:**

Phát thải khí nhà kính xảy ra khi mua các sản phẩm “pin”, “PCS” và “thiết bị phụ trợ” tạo nên hệ thống EES và vận chuyển chúng đến địa điểm lắp đặt hệ thống EES. Mua sắm đòi hỏi phải có trao đổi thông tin và phát thải khí nhà kính liên quan đến các hoạt động đó. Ngoài ra còn có phát thải khí nhà kính từ lĩnh vực giao thông vận tải trong quá trình vận chuyển các sản phẩm tạo nên hệ thống EES.

- **Lắp đặt:**

Có phát thải khí nhà kính liên quan đến việc sử dụng thiết bị lắp ráp tại chỗ. Có phát thải khí nhà kính liên quan đến việc sử dụng các nguồn điện thử nghiệm tại chỗ.

- **Tháo dỡ:**

Có phát thải khí nhà kính liên quan đến việc sử dụng thiết bị tháo dỡ tại chỗ.

Ngoài ra, khía cạnh môi trường cần phải được mô tả trong các tiêu chuẩn, như nêu trong IEC Guide 109 và ISO Guide 64.

Để biết thêm thông tin về kiểm kê phát thải/hấp thụ GHG, có nhiều tài liệu khác nhau. Ví dụ, có một tài liệu do Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ biên soạn. [14]

Thông tin trong Điều 5 và Điều 6 có được bằng cách sử dụng ví dụ được trình bày trong Phụ lục A, được coi là hữu ích cho việc phát triển hơn nữa tiêu chuẩn này trong lần xuất bản sau.

5 Thực tiễn hiện tại về việc sử dụng hệ thống EES liên quan đến việc giảm phát thải khí nhà kính

5.1 Tổng quan

Điều 5 mô tả các trường hợp ở mỗi quốc gia, tập trung vào các trường hợp nhằm góp phần giảm phát thải khí nhà kính. Tuy nhiên, chưa có trường hợp nào được xác định là góp phần trực tiếp vào việc giảm phát thải khí nhà kính tại thời điểm biên soạn tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH: Các thuật ngữ được sử dụng trong Điều 5 đôi khi khác với các định nghĩa trong IEC 62933-1, nhưng các thuật ngữ được sử dụng trong các tài liệu tham khảo được trích dẫn được sử dụng “nguyên trạng” để tránh việc chuyển dịch sai khi đưa chúng vào tiêu chuẩn này.

5.2 Trường hợp Hàn Quốc (KR)

5.2.1 Tên trường hợp

Trường hợp Hàn Quốc.

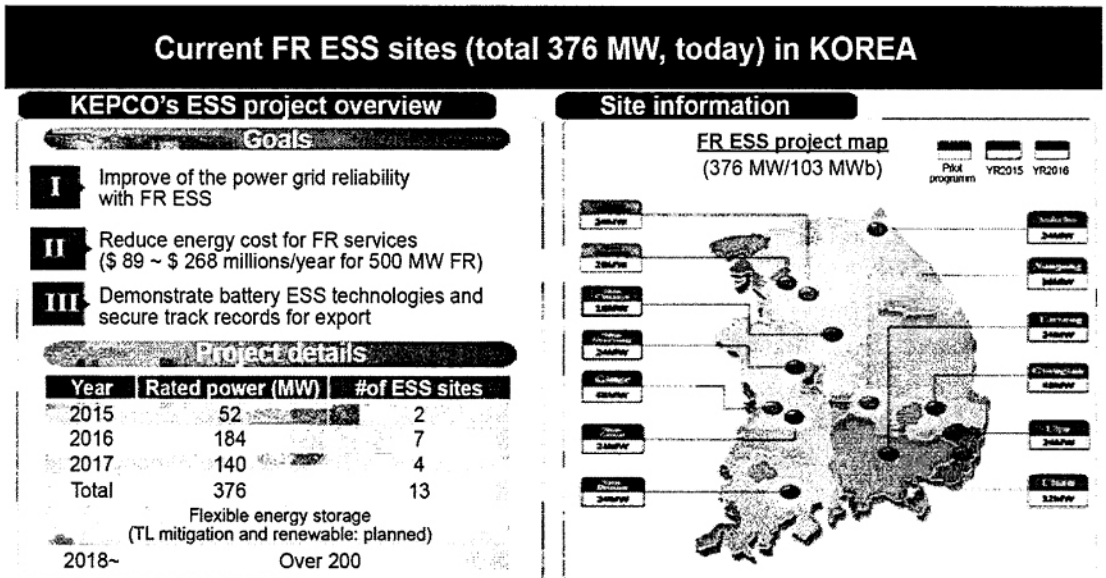
5.2.2 Tổng quan

Một công ty điện lực Hàn Quốc đã bắt đầu phát triển công nghệ hệ thống EES cho dịch vụ điều chỉnh tần số (FR) vào năm 2014 (xem Hình 2 và Hình 3).

Ở giai đoạn chạy thử, một hệ thống EES đã được lắp đặt tại trạm biến áp Jocheon trên đảo Jeju, bao gồm 4 chiếc PCS có công suất danh định 1 MW và 4 pin Li-ion có công suất 2 MWh. Hệ thống điều khiển của hệ thống Jocheon EES đã được mô phỏng và cải tiến nhiều lần, sau đó khả năng ứng dụng của nó làm hệ thống điều khiển cơ bản cho hệ thống FR EES đã được kiểm tra xác nhận. Hệ thống FR EES tiếp theo bắt đầu được phát triển theo các khối PCS 4 MW và với hệ thống điều khiển cơ bản.

Ở giai đoạn mở rộng, hai hệ thống FR EES quy mô lớn đã được lắp đặt tại các trạm biến áp Seo-Anseong và Shin-Yongin, công suất danh định lần lượt là 28 MW và 24 MW. Cái trước dành cho điều chỉnh tần số sơ cấp (G/F, không có bộ điều tốc) và cái sau dành cho điều chỉnh tần số thứ cấp (AGC, điều khiển phát tự động).

Sau đó, 11 hệ thống FR EES bổ sung đã được lắp đặt tính đến năm 2017, và tính đến năm 2019, tổng cộng 13 hệ thống FR EES đã được vận hành thương mại ở các địa điểm khác nhau (ví dụ tại các trạm biến áp). Tổng công suất danh định của chúng là 376 MW dựa trên công suất danh định của PCS và công suất danh định lớn nhất của PCS là 48 MW.



Hình 2 – Các cơ sở FR EES hiện tại ở Hàn Quốc

Hoạt động thương mại FR EESS

Đồng bộ cuối cùng	Trạm biến áp	PCS (MW)	BAT (MW/MWh)
	Seo-An-Seong	28	28/7
	Shin-Yong-In	24	24/6
	Tổng	52	52/13
	Shin-Gye-Ryong	24	24/6
	Shin-Gim-Jae	24	24/6
	Shin-Hwa-Soon	24	24/6
	Ui-Ju	24	24/6
	Ui-Ryeong	24	24/6
	Gyong-San	48	48/12
	Shin-Chung-Ju	16	16/4
	Tổng	184	184/46
	Gim-Jae	48	48/12
	Sok-Cho	24	24/6
	Non-Gong	36	36/9
	UI-San	32	32/8
	Tổng	140	140/35
Tổng	376	376/94	

Hình 3 – Hoạt động thương mại của hệ thống FR EES

5.2.3 Các quan điểm

Hệ thống điều khiển cơ bản của các hệ thống FR EES có một khối cơ bản 4 MW và điều khiển bốn PCS 1 MW và được gọi là bộ điều khiển điều chỉnh tần số (FRC).

Đầu tiên, FRC đo tần số hệ thống. Dựa vào đó, nó tính toán đầu ra cần thiết của từng PCS và gửi tín hiệu điều khiển đến từng PCS, sau đó PCS xả hoặc sạc công suất ra từ pin theo tín hiệu điều khiển nhận được.

Nói chung, hệ thống FR EES bao gồm nhiều PCS được điều khiển bởi một số FRC. Để kiểm soát chúng một cách thích hợp, một hệ thống điều khiển ở lớp trên gọi là FRC chủ (FRCM) đã được phát triển. FRCM giám sát trạng thái của từng FRC riêng lẻ và phối hợp với chức năng điều khiển nếu được yêu cầu. Trong bất trường hợp một số FRC bị lỗi, để đáp ứng yêu cầu ban đầu, FRCM có thể vận hành các FRC sẵn có (hoặc còn lại) để tăng công suất.

Hệ thống FR EES trong trường hợp của Hàn Quốc phát ra công suất được chỉ định trong vòng 200 ms, kể từ thời điểm đo tần số hệ thống.

5.2.4 Tính kinh tế

Trước đây, dịch vụ FR tại HÀN QUỐC chủ yếu được cung cấp bởi các máy phát điện đốt than, có chi phí tương đối rẻ và khả năng đáp ứng phù hợp.

Chúng tạo ra ít công suất hơn (0,95 p.u.) so với công suất danh định của chính chúng và công suất còn lại (0,05 p.u.) ở chế độ chờ vào thời gian bình thường và chỉ được sử dụng vào những thời điểm cần sử dụng dịch vụ FR.

Lượng điện năng còn lại tương ứng (0,05 p.u.) được giải quyết bằng các máy phát điện khác có giá thành đắt hơn; kết quả là tổng chi phí vận hành của toàn bộ lưới điện tăng lên.

Hệ thống EES có thể thay thế các phương tiện truyền thống cho dịch vụ FR của máy phát điện đốt than. Nói cách khác, hệ thống FR EES làm cho các máy phát điện đốt than có thể phát ra công suất danh định và cũng làm cho các máy phát điện có chi phí đắt đỏ ít được vận hành hơn.

Kỳ vọng rằng ưu điểm tiêu biểu này của hệ thống FR EES sẽ giúp giảm tổng chi phí vận hành cho toàn bộ hệ thống.

5.2.5 Công thức tính giảm phát thải khí nhà kính của hệ thống FR EES

Với mục đích điều chỉnh tần số, các máy phát điện được chỉ định trước như than, dầu, khí đốt, v.v. thường hoạt động ở chế độ dự phòng trong cả năm và sau đó tiêu thụ nhiên liệu ở mức phân bổ công suất theo loại tổ máy. Nếu các hệ thống EES được thay thế thì dự kiến có thể sẽ giảm được lượng khí thải CO₂ vì chúng chỉ được vận hành khi cần thiết. Do đó, việc ước tính mức giảm GHG trong một năm có thể được định lượng như sau.

$$GHG(y) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n P_{ALLOi}(t) * x_i - \sum_{i=1}^T P_{ESS}(t) * \eta_{in,out} * \gamma_{ESS}$$

trong đó

$$\sum_{i=1}^n P_{ALLOi} - P_{ESS} = 0$$

trong đó

- GHG(y)* lượng giảm khí nhà kính một năm,
- P_{ALLO}(t)* phân bổ công suất (kW) theo loại máy phát điện,
- P_{ESS}(t)* công suất sạc và xả của hệ thống EES,
- x_i* hệ số phát thải CO₂ của các máy phát điện hiện có,
- γ_{ESS}* hệ số phát thải CO₂ của hệ thống EES,
- I* các loại máy phát điện,

t	khoảng thời gian
T	năm mục tiêu
$\eta_{in,out}$	hiệu suất sạc và xả (tồn thất) của hệ thống EES

Trong công thức trên, chênh lệch giữa công suất ra của máy phát nhiên liệu hóa thạch cho FR được thay bằng hệ thống EES và hệ số phát thải carbon nhân với tồn thất (giảm) được tạo ra bởi công suất sạc và xả của hệ thống EES và hiệu suất sạc của hệ thống EES được đề xuất là mức giảm GHG. Lưu ý rằng γ_{ESS} có thể thay đổi tùy theo chế độ hoạt động.

5.2.6 Giảm phát thải GHG

5.2.6.1 Quy định chung

Dựa trên phân tích dữ liệu nguồn phát điện và phụ tải, lượng giảm phát thải khí nhà kính được tính toán theo từng kịch bản 1 Trường hợp 1 (xem Hình 5) và Trường hợp 2 (xem Hình 6), để ước tính lượng giảm phát thải khí nhà kính của hệ thống FR EES. Do lượng giảm phát thải khí nhà kính được tính toán dựa trên giả định của Trường hợp 1 và Trường hợp 2 nên lượng giảm phát thải khí nhà kính có thể được ước tính bằng số liệu thực tế trong tương lai.

5.2.6.2 Các nguồn phát điện

Trên cơ sở tổ chức (dự thảo) các nguồn điện năm 2019 như một phần của kế hoạch cơ bản thứ năm về nguồn cấp điện ở Hàn Quốc, các nguồn phát điện sau đây đã được tổ chức cho nghiên cứu điển hình này, xem Bảng 1 (không bao gồm phát điện thủy lực và phát điện tích năng cũng như các nguồn phát điện mới và tái tạo khác).

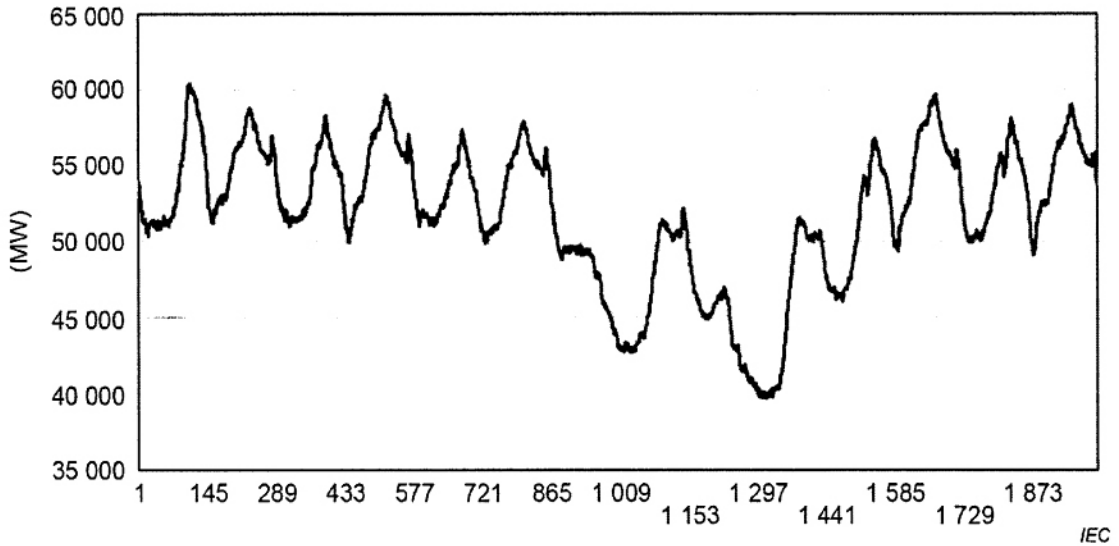
Bảng 1 – Ví dụ về nguồn phát điện cho từng nguồn nhiên liệu

Kiểu	Dung lượng tổng MW	Phần trăm %	Phát thải các bon (kg)/1 MWh
LNG	32 251	31,6	46,62
Than mềm	32 644	32,0	153,07
Than antraxit	725	0,7	172
Dầu nặng	3 258	3,2	82,69
Năng lượng nguyên tử	32 162	31,5	0
Khác (khí đi qua)	936	0,9	109,56
Tổng	101 996	100,0	

5.2.6.3 Dữ liệu tải cơ bản (trước khi vận hành hệ thống EES)

Việc tham khảo “dữ liệu về nhu cầu phụ tải ước tính trong mỗi 5 min” đã được Korea Power Exchange báo cáo.

Biểu đồ sau đây thể hiện dữ liệu tải cứ sau 5 min trong tuần đầu tiên của tháng 4 năm 2020 (cho cả tuần), xem Hình 4.

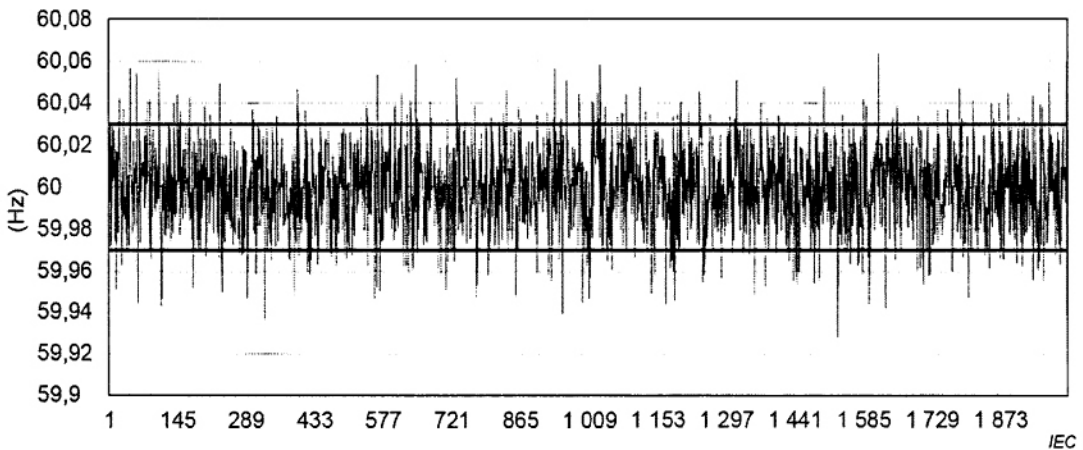


Hình 4 – Dữ liệu tải cứ sau 5 min trong tuần đầu tiên của tháng tư (một tuần)

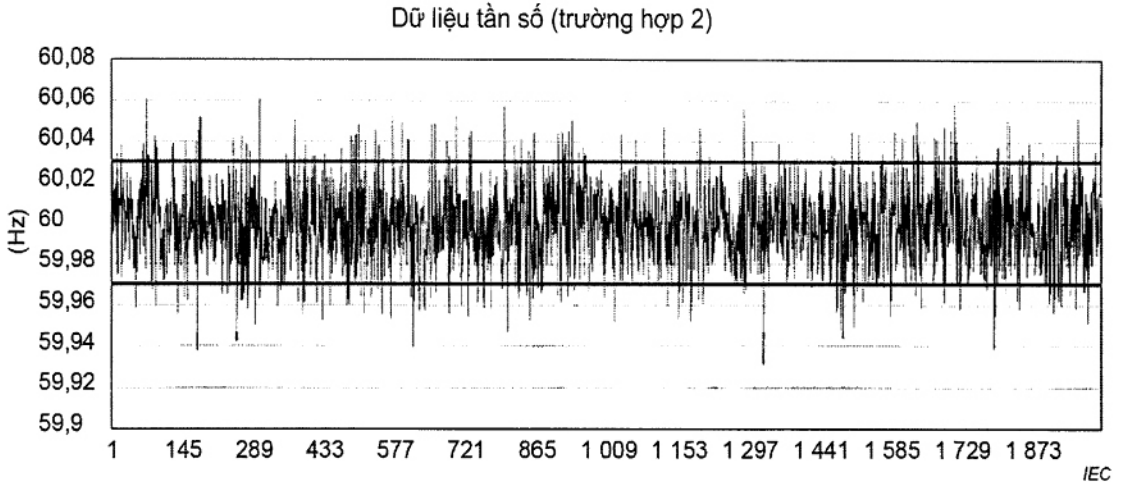
• Kích bản tần số (giả định)

Giả định phân bố đều đặn có tần số trung bình là 60,0 Hz và độ lệch chuẩn là 0,02 dựa trên dữ liệu tần số thực tế trong nước, hai kịch bản tần số sau (Trường hợp 1, Trường hợp 2) đã được tạo ra và áp dụng (xem Hình 5 và Hình 6):

Dữ liệu tần số (trường hợp 1)



Hình 5 – Kích bản tần số trong các khoảng thời gian 5 min (Trường hợp 1)

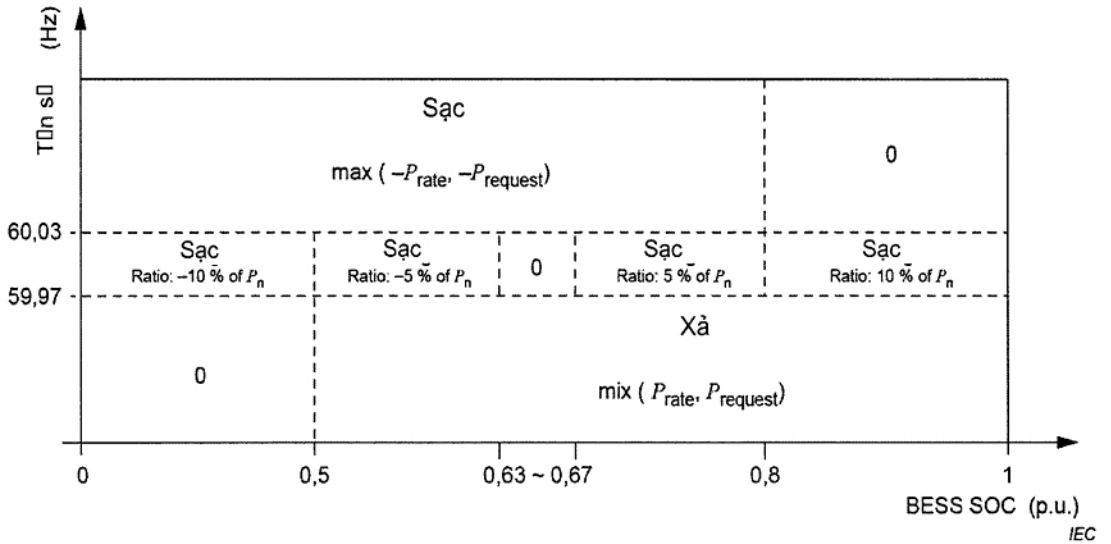


Hình 6 – Kịch bản tần số trong các khoảng thời gian 5 min (Trường hợp 2)

- Kịch bản sạc/xả hệ thống FR EES

Cấu hình hệ thống EES: 376 MW/94 MWh (4C).

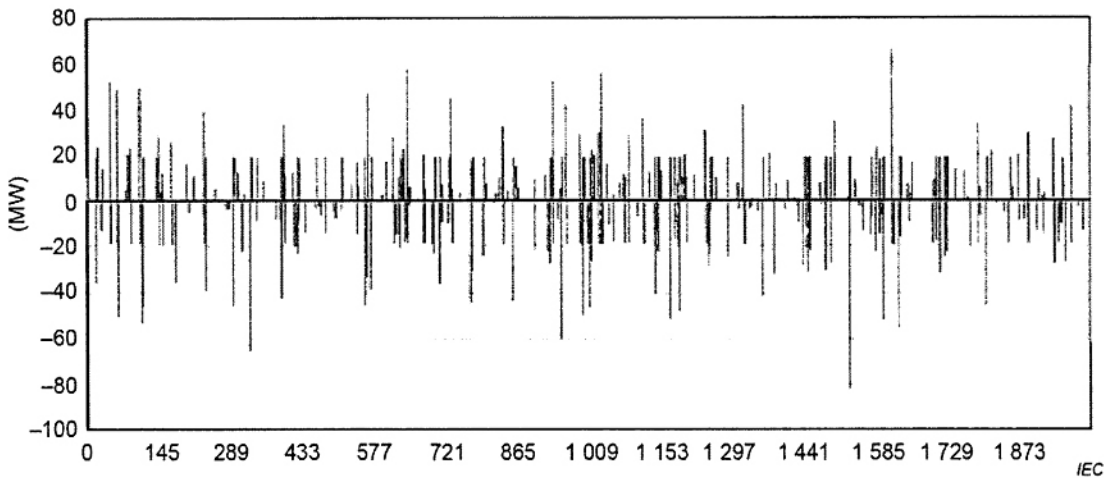
Thuật toán vận hành hệ thống FR EES ở trạng thái bình thường (xem Hình 7).



Hình 7 – Thuật toán vận hành hệ thống FR EES ở trạng thái bình thường

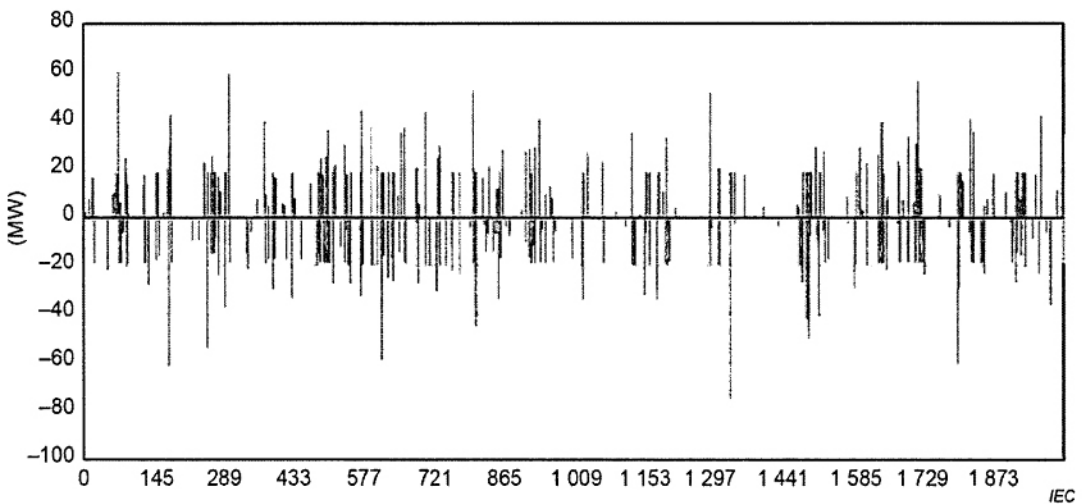
Khi xem xét các thuật toán vận hành nêu trên, các kịch bản sạc/xả hệ thống EES cho từng kịch bản tần số của Trường hợp 1 và Trường hợp 2 đã được tạo ra như trong Hình 8 và Hình 9:

Dung lượng sạc/xả của FR ESS tại các khoảng thời gian 5 min
(Trường hợp 1): sạc (+), xả (-)



Hình 8 – Kích bản sạc/xả hệ thống EES trong các khoảng thời gian 5 min (Trường hợp 1)

Dung lượng sạc/xả của FR ESS tại các khoảng thời gian 5 min
(Trường hợp 2): sạc (+), xả (-)



Hình 9 – Kích bản sạc/xả hệ thống EES trong các khoảng thời gian 5 min (Trường hợp 2)

Các kích bản sạc/xả của hệ thống EES xác định tại cuối cùng cho hai trường hợp trên cơ sở tải cơ bản.

5.2.6.4 Giảm phát thải khí nhà kính đối với hệ thống FR EES

Hệ thống EES có thể duy trì chất lượng điện năng như điện áp và tần số bằng cách cung cấp hoặc hấp thụ điện năng từ hoặc vào hệ thống EES khi cần thiết. Ngoài ra, sự thâm nhập của năng lượng tái tạo đòi hỏi khả năng điều khiển tần số nhiều hơn trong hệ thống điện. Hệ thống EES có thể được sử dụng để nâng cao khả năng thông qua kiểm soát việc sạc và xả từ các nhà vận hành mạng điện lưới, nhờ đó giảm sự mất cân bằng giữa tiêu thụ điện năng và phát điện.

Với mục đích điều chỉnh tần số, các máy phát điện được chỉ định trước như than, dầu, khí đốt, v.v., thường hoạt động ở chế độ dự phòng trong cả năm và sau đó tiêu thụ nhiên liệu bằng với sản lượng phân bổ theo loại tổ máy phát điện là 888 tấn CO_{2e}/GWh đối với than, 29 tấn CO_{2e}/GWh đối với hạt nhân, v.v. theo Báo cáo WNA 2011 [15]. Nếu các hệ thống EES được thay thế thì dự đoán có thể sẽ giảm được lượng phát thải CO₂ vì chúng chỉ được vận hành khi cần thiết. Vì vậy, việc ước tính mức giảm khí nhà kính trong một năm có thể được định lượng theo công thức nêu ở 5.2.5.

Nếu các nhà máy phát điện than hiện tại được sử dụng để điều chỉnh tần số được thay bằng hệ thống EES thì lượng phát thải CO₂ có thể giảm bằng cách tránh vận hành dự phòng của máy phát điện than. Lượng giảm phát thải khí nhà kính trong một năm có thể được tính bằng:

$$GHG(y) = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n P_{ALLO_i}(t) * x_i - \sum_{i=1}^T P_{ESS}(t) * \eta_{in,out} * \gamma_{ESS}$$

Ở đây, tổng công suất của hệ thống EES được giả định là 1 000 MW (4 000 MWh) và hiệu suất của hệ thống EES là 85 % đối với ứng dụng điều chỉnh tần số. Đơn vị phân bổ hạt nhân không phát thải CO₂ được sử dụng làm đơn vị phân bổ cho hệ thống EES.

$$P_{ALLO_i} / \text{year} = 365 \text{ d} \times 1\,000 \text{ MW} \times 24 \text{ h} \times 888 \text{ kt/MWh} \times 10^{-6} = 7\,779 \text{ kt}$$

$$P_{ESS}(t) \eta_{in,out} / \text{year} = 365 \text{ d} \times 4\,000 \text{ MW} \times 29 \text{ kt/MWh} \times 10^{-6} \times 85 \% = 36,3 \text{ kt}$$

$$GHG(y) = 7\,742,9 \text{ kt}$$

5.3 Các trường hợp ở Nhật Bản (JP)

5.3.1 Tên trường hợp

Trường hợp Nhật Bản.

5.3.2 Tổng quan về trường hợp

Tại Nhật Bản, BESS dung lượng lớn như hệ thống pin natri lưu huỳnh (NaS), hệ thống pin dòng chảy oxy hóa khử và hệ thống pin lithium-ion (LiB) đã được sử dụng tại các địa điểm của người tiêu dùng như các biện pháp cân bằng tải và sụt điện áp/cấp điện khẩn cấp. Bằng cách này, họ xả điện vào lúc cao điểm vào ban ngày bằng điện năng đã được sạc bằng nguồn điện tương đối thân thiện với môi trường vào ban đêm và họ sử dụng điện năng được sạc làm nguồn điện khẩn cấp mà không sử dụng máy phát điện của hệ thống nhiên liệu hóa thạch tại chỗ vào thời điểm mất điện hoặc sụt điện áp.

Gần đây, như các biện pháp chống lại tác động tiêu cực của sự thâm nhập ồ ạt của năng lượng tái tạo (RE), người ta đã chú ý đến việc sử dụng BESS cho biến động tần số hệ thống, lưu trữ năng lượng dư thừa của RE, các biện pháp chống lại điện áp của đường dây phân phối, v.v. Các dự án chạy thử tại các trạm biến áp và địa điểm của khách hàng đã được nâng cao. Bằng cách này, công suất điều chỉnh biến động tần số của nhà máy nhiệt điện phía lưới có thể được thay thế bằng BESS. Ngoài ra, nguồn điện

dư thừa của RE có thể được BESS lưu trữ mà không cần ngăn chặn đầu ra RE. Những biện pháp này đã được kiểm tra xác nhận và việc thể chế hóa để sử dụng thực tế đang được tiến hành.

Có khả năng nguồn năng lượng có nguồn gốc từ hóa thạch sẽ bị giảm và điều này sẽ dẫn đến giảm GHG.

5.3.3 Sử dụng BESS truyền thống

Nhu cầu phụ tải của Nhật Bản rất cao trong suốt bốn mùa, bao gồm nóng ẩm vào mùa hè và lạnh khắc nghiệt vào mùa đông. Ngoài ra, Nhật Bản còn phải nhập khẩu hầu hết các nguồn năng lượng từ nước ngoài. Vì lý do này, việc cân bằng tải đã được yêu cầu từ lâu. Với mục đích này, các nghiên cứu về bảo tồn năng lượng và năng lượng mới đã được thúc đẩy. Từ năm 1980, BESS dung lượng lớn đã được phát triển trên toàn quốc. Kết quả là sự phát triển và thương mại hóa BESS đã tiến bộ. Các BESS này đã được áp dụng cho một hoặc nhiều mục đích như cân bằng tải, cung cấp điện khẩn cấp và các biện pháp đối phó sụt áp. Với những ứng dụng này, điện được sạc bằng nguồn điện tương đối thân thiện với môi trường sẽ được xả ra khi cần thiết. Ví dụ, nó được sử dụng làm nguồn điện khẩn cấp mà không cần sử dụng các phương tiện phát điện tư nhân dựa trên nhiên liệu hóa thạch trong trường hợp mất điện hoặc sụt điện áp (xem Hình 10).

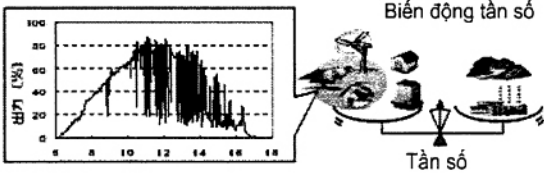
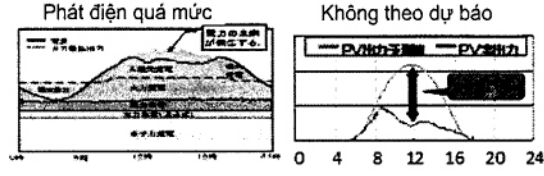
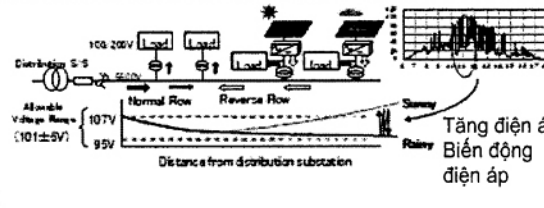
Ứng dụng	Mục đích	Ví dụ
1. Cân bằng tải (LL)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lưu trữ điện năng vào BESS ban đêm ✓ Tiết kiệm chi phí điện năng bằng cách giảm nhu cầu phụ tải theo hợp đồng 	
2. Nguồn khẩn cấp + LL (EPS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Một vài giờ cấp điện cho tải quan trọng khi mất điện 	
3. Bảo vệ chống sụt điện áp + LL (SPS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ngăn sụt điện áp (Ngắt tức thời khỏi mạng và cung cấp điện cho tải quan trọng) 	

CHÚ THÍCH: Hầu hết các BESS đều nằm trong dải công suất từ 500 kW đến 4 000 kW.

Hình 10 – Ứng dụng phía sau công tơ

5.3.4 Sử dụng BESS nâng cao

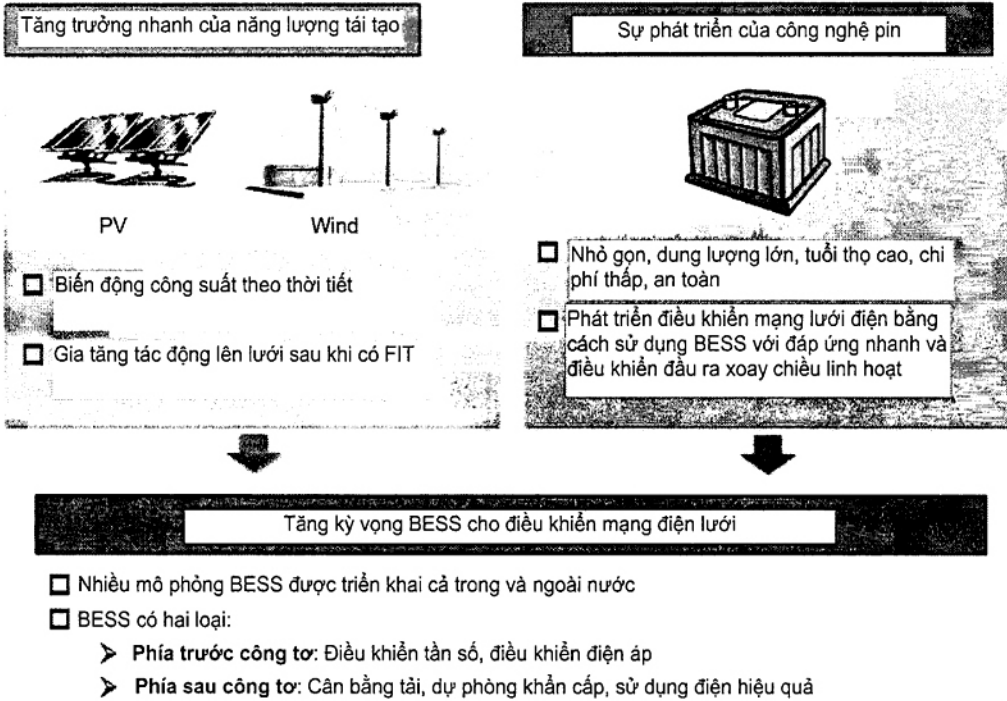
Sự thâm nhập quy mô lớn của năng lượng tái tạo như sản xuất điện mặt trời và sản xuất điện gió đã gây ra các vấn đề như biến động tần số, dư thừa điện và dao động điện áp đường dây phân phối (xem Hình 11).

Đặc trưng của năng lượng tái tạo	Tác động đến hệ thống điện/vận hành hệ thống điện	Vấn đề
Biến động công suất		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Biến động tần số ✓ Giảm lực cân bằng
Phát điện không dự đoán được		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Phát điện dư thừa ✓ Nguồn điện dự phòng chắc chắn ✓ Các khó khăn trong kế hoạch cấp nguồn và nhu cầu tải
Tập tán ngang qua mạng phân phối		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tăng điện áp ✓ Biến động điện áp

IEC

Hình 11 – Các vấn đề do sự thâm nhập năng lượng tái tạo trên quy mô lớn

Sự mở rộng của năng lượng tái tạo làm tăng sự biến động tần số. Để đối phó, cả phía lưới điện và phía khách hàng đều đang xem xét sử dụng pin lưu trữ để ổn định hệ thống điện, ví dụ như giảm thiểu biến động tần số (xem Hình 12).

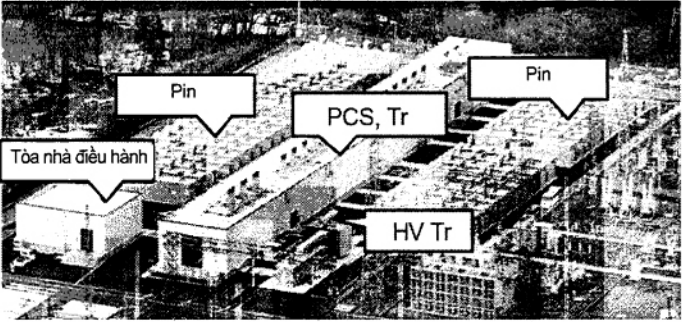


IEC

Hình 12 – Bối cảnh sử dụng BESS trong hệ thống điện

5.3.5 Ví dụ ứng dụng ở phía lưới

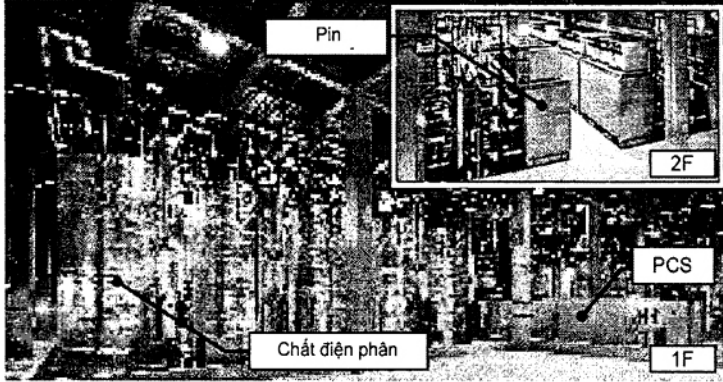
Tại Nhật Bản, nhiều dự án đang được tiến hành sử dụng BESS ở phía lưới điện và các ví dụ đại diện được trình bày dưới đây (xem Hình 13, Hình 14 và Hình 15).

Đề cương chạy thử	
Địa điểm	Nishisendai S/S of Tohoku Electric Power
Kiểu/Loại	LiB
Công suất/Năng lượng	20 000 kW (Short period 40 000 kW) • 20 000 kWh
Thời gian chạy thử	2015 ~ 2019
Mục đích	<ol style="list-style-type: none"> Giảm sự thay đổi tần số ngắn hạn gây ra do năng lượng tái tạo Phát triển công nghệ điều khiển pin
Triển vọng	

IEC

(NGUỒN: Báo cáo kỹ thuật IEEJ số 1403:2017 [19])

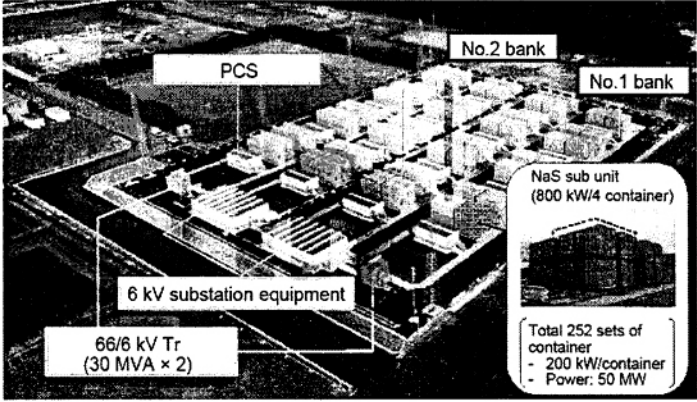
Hình 13 – BESS để giảm sự thay đổi tần số lưới tại trạm biến áp (S/S) Nishisendai

Đề cương chạy thử	
Địa điểm	Minamihyakita S/S of Hokkaido Electric Power
Kiểu/Loại	Redox Flow
Công suất/Năng lượng	15 000 kW/60 000 kWh
Thời gian chạy thử	2015 ~ 2019
Mục đích	<ol style="list-style-type: none"> ① Tối ưu hóa hoạt động BESS để giảm thiểu tác động của năng lượng tái tạo lên lưới ② Đánh giá tính năng của Redox Flow
Triển vọng (trong nhà)	

IEC

(NGUỒN: Công ty Điện lực Hokkaido).

Hình 14 – Chạy thử BESS lớn tại trạm biến áp Minamihyakita (S/S)

Đề cương chạy thử	
Địa điểm	Buzen battery S/S of Kyushu Electric Power
Kiểu/Loại	Sodium Sulfur (NaS)
Công suất/Năng lượng	50 000 kW/300 000 kWh (25 000 kVar)
Thời gian chạy thử	2016 ~ 2017
Mục đích	<ol style="list-style-type: none"> Chuyển dịch năng lượng tái tạo dư thừa Đánh giá sử dụng hiệu quả của BESS
Triển vọng	

IEC

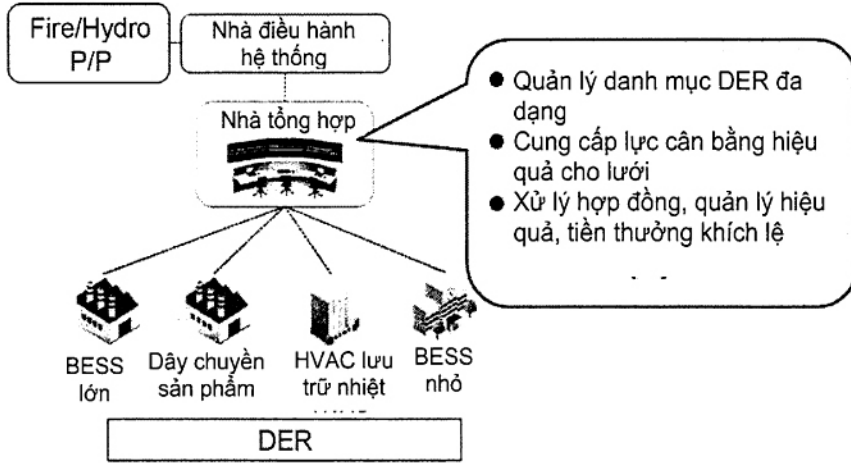
(NGUỒN: Báo cáo kỹ thuật IEEJ số 1403:2017 [19])

Hình 15 – Chạy thử sự dịch chuyển năng lượng bằng BESS lớn tại trạm biến áp (S/S) pin Buzen

5.3.6 Ví dụ ứng dụng về phía nhu cầu phụ tải

Việc điều chỉnh cung và cầu như biến động tần số thường được thực hiện bởi phía hệ thống, nhưng việc điều chỉnh cung và cầu có thể được thực hiện tương tự bằng cách tăng hoặc giảm tải ở phía cầu (công suất âm / công suất dương). Là một thử nghiệm chạy thử, một bộ tổng hợp bao gồm BESS, máy phát, tải và các thành phần hệ thống khác ở phía cầu sẽ điều chỉnh cung và cầu theo các lệnh hệ thống (xem Hình 16).

- Người chơi mới, nhà tổng hợp DR xuất hiện trên thị trường
- Nhà tổng hợp quản lý nhiều DER (Nguồn năng lượng phân tán) để cung cấp lực cân bằng cho lưới

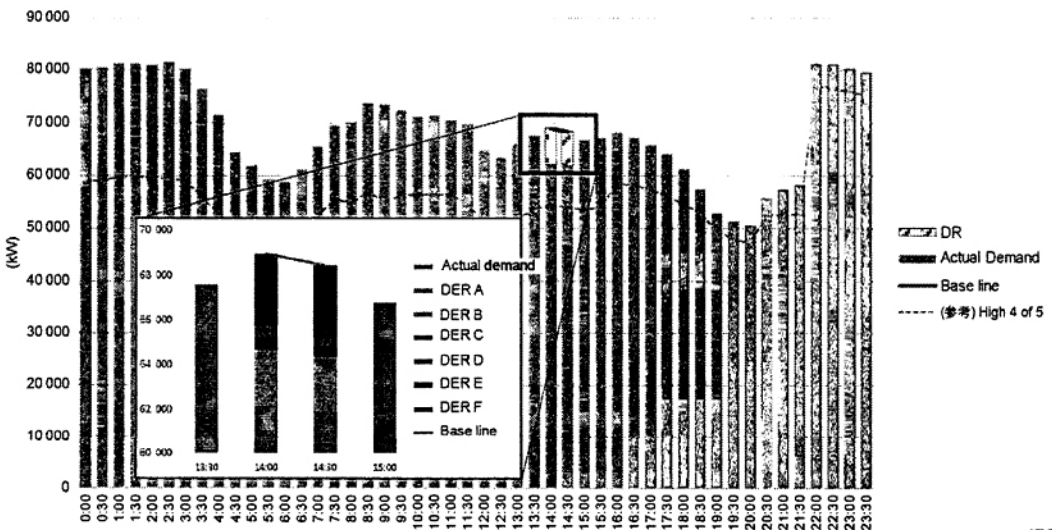


IEC

Hình 16 – Vai trò của công cụ tổng hợp để đáp ứng nhu cầu phụ tải (DR)

Trong việc điều chỉnh cung cầu cần có sự chắc chắn về giảm hoặc tăng tiêu thụ điện từ phía phụ tải. Các yêu cầu được xác nhận trong thử nghiệm chạy thử ở phía khách hàng bằng cách sử dụng khả năng điều khiển tốc độ cao và độ chính xác cao của BESS (xem Hình 17).

- Jan. 16 2018 DR request at 13:45 (15min. In advance), DR during 14:00 to 15:00
- DER: 6 sites (NAS: 5 sites, LiB + generator: 1 site)
- Total DR: 6 350 kW (14:00 to 14:30), 6 161 kW (14:30 to 15:00)



IEC

Hình 17 – Ví dụ chạy thử nhà máy điện ảo (VPP)

Bằng cách sử dụng BESS để điều chỉnh cung và cầu, có thể giảm hoặc dừng máy phát nhiệt điện phải thực hiện vận hành tải một phần hoặc vận hành dự phòng như một lực điều chỉnh thông thường. Điều này sẽ làm giảm các nguồn năng lượng hóa thạch và giảm phát thải khí nhà kính.

Ngoài ra, khi dư thừa năng lượng tái tạo, sản lượng phát điện sẽ bị ức chế. Bằng cách lưu trữ và sử dụng nguồn điện dư thừa này trong BESS, tính thân thiện với môi trường sẽ được cải thiện.

5.3.7 Ví dụ về việc xem xét giảm khí nhà kính bằng hệ thống EES

Đánh giá thứ nhất về tác động môi trường chỉ ra rằng việc áp dụng BESS làm tăng lượng phát thải khí nhà kính bằng lượng tổn thất phóng điện nếu nguồn năng lượng dựa trên carbon chứ không phải năng lượng mặt trời hoặc gió. Nhưng vì pin có thể thay đổi thời gian lấy năng lượng và giải phóng trở lại lưới điện cũng như thời gian năng lượng được sử dụng tại địa phương ở đó nên lợi ích kinh tế và khí nhà kính đáng kể có thể được hiện thực hóa, đặc biệt thông qua sự phối hợp giữa cung và cầu. Một ví dụ về điều này được tìm thấy ở vùng Kyushu của Nhật Bản, nơi có nhiều cơ sở lắp đặt PV. Tại Kyushu, sản lượng điện PV đã bị cắt giảm theo điều kiện cung cầu. Mô hình hóa và mô phỏng được thực hiện với giả định rằng người dùng công nghiệp và thương mại sẽ lắp đặt BESS nhằm mục đích giảm công suất tối đa và nhu cầu phụ tải hợp đồng để giảm chi phí điện, đồng thời chủ sở hữu PV sẽ lắp đặt BESS để tăng doanh thu từ việc bán hàng khi hệ thống cấp nguồn cao cấp (FIP) được giới thiệu.

Đối với trường hợp tổng chi phí cung cấp điện được giảm thiểu trong chuỗi năng lượng, lượng khí thải CO₂ được tính toán cả trước và sau khi BESS được lắp đặt và lượng giảm được tính từ chênh lệch (xem [18] để biết chi tiết).

Lượng khí thải CO₂ đã giảm từ 26,7 triệu tấn/năm xuống còn 25,8 triệu tấn/năm nhờ áp dụng BESS và tỷ lệ giảm ở khu vực này là 3,3 %.

Sau đây là tổng quan về phương pháp mô phỏng.

<Hàm mục tiêu>: Giảm thiểu tổng chi phí liên quan đến nhiệt điện và hệ thống EES

$$OBJ = \sum_{i \in p,s} \text{fixc}(i) \cdot CAP(i) + \sum_f \sum_{t=1}^{8760} \{u_f + c \cdot x_f\} \cdot F(f, t)$$

$$\text{when } F(f, t) = \sum_{p,mode,t} \frac{X(p,mode,t)}{\eta_{p,mode}} + \sum_{p,smode,t} sf_{p,smode} \cdot MW(p,smode,t)$$

$$CAP(p) = \sum_{mode} OPMW(p,mode,t) + \sum_{smode} NOPMW(p,smode,t)$$

<Điều kiện>

(1) Sự phù hợp giữa cung và cầu năng lượng theo giờ tại các đầu gửi

$$demand(t) + \sum_{s,t} CHARGE(s,t) = \sum_{p,mode,t} X(p,mode,t) + \sum_{r,t} \{output(r,t) - CURTAIL(r,t)\} + \sum_{q,t} output(q,t) + \sum_{s,t} DISCHARGE(s,t)$$

(2) Dự trữ nóng cho những thay đổi bất ngờ của nhu cầu phụ tải

$$\sum_{p,mode} (1 - aux_p) \cdot OPMW(p,mode,t) + \sum_s CAP(s) + \sum_q output(q,t) + \sum_r sup_r \cdot output(r,t) \geq (1 + resrate) \cdot demand(t)$$

(3) Đủ khả năng kiểm soát tần số bằng hệ thống nhiệt điện, thủy điện tích năng và hệ thống EES cho tổng lượng biến động ngắn hạn bao gồm trong nhu cầu phụ tải và công suất ra thay đổi của năng lượng tái tạo

(4) Số giờ cần thiết để bắt đầu vận hành nhiệt điện (điều kiện về thời gian chuyển từ chế độ này sang chế độ khác)

(5) Tốc độ thay đổi đầu ra của nhiệt điện (điều kiện giữa các chế độ)

(6) Công suất nhiệt đầu ra $X(p, mode, t)$ bị điều kiện bởi $OPMW(p, mode, t)$. Ví dụ khi $mode$ là 90 %,

$$X(p, 90 \%, t) = 0,9(1 - aux_p) \cdot OPMW(p, 90 \%, t)$$

(7) $CHARGE$ và $DISCHARGE$ bị điều kiện bởi dung lượng MW của pin và chúng thay đổi trạng thái sạc (SOC) của pin. SOC bị điều kiện bởi dung lượng MWh của pin và bị ảnh hưởng bởi tổn thất chu kỳ sạc-xả và tổn thất phụ trợ như máy điều hòa không khí.

(8) Giá trị tối đa của tổng $CURTAIL$ hàng năm khi xem xét đánh giá tính kinh tế của điện mặt trời, điện gió và các nguồn khác

<Đánh giá lượng khí thải CO₂>

$$GHG = \sum_f \sum_{t=1}^{8760} x_f \cdot F(f, t)$$

nếu $GHG = GHG_0$ khi $CAP(ESS) = 0$ (không có hệ thống EES)

Giảm GHG hàng năm:

$$\Delta GHG = GHG_0 - \sum_f \sum_{t=1}^{8760} x_f \cdot F(f, t)$$

- Khi $CURTAIL = 0$ trong Điều kiện (1), việc tăng $DISCHARGE$ và $CHARGE = 0$ làm giảm công suất nhiệt đầu ra X , do đó GHG giảm.
- Khi $CURTAIL > 0$, việc tăng $CHARGE$ và $DISCHARGE = 0$ sẽ làm giảm $CURTAIL$ và cho phép $DISCHARGE$ nhiều hơn sau này.
- Công suất của điện mặt trời và điện gió bị điều kiện về mặt kinh tế bởi tỷ lệ cắt giảm dự báo. Việc giảm cắt giảm làm tăng năng lượng mặt trời và năng lượng gió thay cho nhiệt điện và giảm GHG .

- Dự trữ nóng bằng $CAP(ESS)$ trong Điều kiện (2) làm giảm công suất nhiệt điện vận hành yêu cầu $OPMW$ và sản lượng nhiệt điện X trong Điều kiện (6), sau đó giảm GHG .

<Danh pháp>

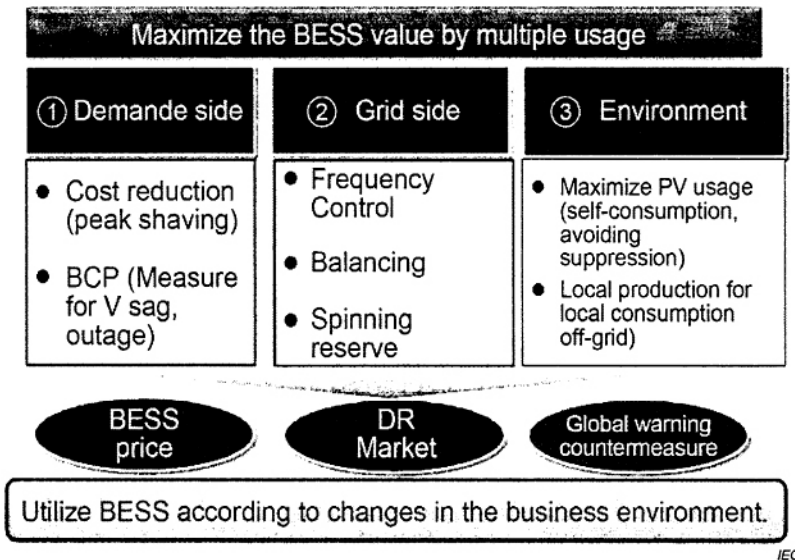
Các biến nội sinh được viết bằng chữ in hoa, các biến ngoại sinh được viết bằng chữ nhỏ

p :	loại hình nhiệt điện bao gồm than, LNG và dầu
q :	loại hình phát điện khác, bao gồm điện hạt nhân, thủy điện, địa nhiệt và sinh khối
r :	loại thể hệ tái tạo thay đổi bao gồm năng lượng quang điện và năng lượng gió
s :	loại cơ sở lưu trữ bao gồm hệ thống bơm thủy điện và EES
t :	thời gian theo giờ trong một năm
$fixc(p)$:	chi phí cố định hàng năm cho cơ sở p [yên/MW/năm]
$CAP(p)$:	tổng công suất cơ sở p [MW]
u_f :	đơn giá nhiên liệu f [yên/MJ]
x_f :	hệ số phát thải CO_2 của nhiên liệu f [tấn- CO_2 /MJ]
c :	giá thị trường của CO_2 [yên/tấn- CO_2]
$F(f, t)$:	mức tiêu hao nhiên liệu f trong khoảng thời gian từ $t-1$ đến t [MJ]
$mode$:	chế độ vận hành {100 %, 90 %, 75 %, 60 %, 50 % (chỉ chu trình hỗn hợp khí tự nhiên hóa lỏng (LNGCC)), 45 % (than và dầu), 30 % (than và dầu)} sản lượng điện tối đa danh định của các nhà máy nhiệt điện
$smode$:	chế độ không phát ra {dừng, khởi động nguội, khởi động nóng, tích trữ (dự phòng)} của nhà máy nhiệt điện
$X(p, mode, t)$:	công suất phát của cơ sở p ở một $mode$ trong khoảng thời gian từ $t-1$ đến t [MWh]
$\eta_{p,mode}$:	hiệu suất nhiệt của nhiệt điện p ở chế độ xem xét hiệu suất thấp hơn khi tải một phần [MWh/MJ]
$sf_{p,smode}$:	mức tiêu thụ nhiên liệu ở chế độ khởi động $smode$ [MWh/MW]
$MW(p, smode, t)$:	tổng công suất nhiệt điện p trong một $smode$ trong khoảng thời gian từ $t-1$ đến t [MW]
$demand(t)$:	nhu cầu điện năng tại thời điểm từ $t-1$ đến t [MWh]
$output(q, t)$:	sản lượng điện năng phân theo loại phát điện khác q [MWh]

- output*(r, t): sản lượng điện năng của loại năng lượng tái tạo r trước khi cắt giảm [MWh]
- CHARGE*(s, t): năng lượng nạp vào cơ sở lưu trữ s từ $t - 1$ đến t [MWh]
- DISCHARGE*(s, t): năng lượng thải ra từ cơ sở lưu trữ s từ $t - 1$ đến t [MWh]
- CURTAIN*(r, t): cắt giảm năng lượng của thể hệ tái tạo loại r từ $t - 1$ xuống t [MWh]
- OPMW*($p, mode, t$): công suất vận hành loại nhiệt p ở chế độ từ $t - 1$ đến t [MW]
- NOPMW*($p, mode, t$): không vận hành công suất loại nhiệt p ở chế độ từ $t - 1$ đến t [MW]
- aux_p*: tỷ số công suất phụ của loại nhiệt p
- sup_p*: tỷ lệ khả năng cung cấp chắc chắn của PV và năng lượng gió (ví dụ tỷ lệ trung bình hàng tháng ít nhất là 5)
- resrate*: tỷ lệ dự trữ hoạt động (ví dụ 3 %)

5.3.8 Sử dụng nhiều BESS

Để cải thiện hiệu suất chi phí của BESS, việc sử dụng nhiều BESS sẽ có hiệu quả. Điều này bao gồm cải thiện hiệu suất môi trường để giảm phát thải khí nhà kính (xem Hình 18).



Hình 18 – Giá trị gia tăng cao của BESS

5.4 Các trường hợp ở Úc (AU)

5.4.1 Tên trường hợp

Trường hợp Úc.

5.4.2 Tổng quan về trường hợp

5.4.2.1 Quy định chung

Khối thịnh vượng chung Úc có sáu tiểu bang và hai vùng lãnh thổ, mỗi tiểu bang hoạt động với mức độ tự chủ cao. Bang lớn nhất là New South Wales (NSW), với khoảng 1/4 dân số cả nước sử dụng khoảng 1/3 tổng điện năng. NSW có mục tiêu giảm phát thải vững chắc và kế hoạch an ninh năng lượng như được nêu dưới đây.

5.4.2.2 Hiệu quả năng lượng trong Kế hoạch Net Zero của NSW

Kế hoạch Net Zero Giai đoạn 1: 2020 đến 2030 là nền tảng cho hành động của NSW về biến đổi khí hậu và mục tiêu đạt được lượng phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050. Kế hoạch này đặt ra kế hoạch của Chính phủ NSW nhằm giảm lượng khí thải trong thập kỷ tới đồng thời phát triển nền kinh tế, tạo việc làm mới và giảm chi phí sinh hoạt. Giai đoạn 1 của Kế hoạch Net Zero dự kiến sẽ giúp giảm 35 % lượng khí thải ở NSW vào năm 2030 so với mức năm 2005.

Kế hoạch này dự kiến sẽ thu hút 11,6 tỷ USD đầu tư tư nhân vào NSW và hỗ trợ 2 400 việc làm mới. Từ năm 2020 đến năm 2030, Kế hoạch Net Zero sẽ được hỗ trợ bởi 1,97 tỷ đô la tài trợ chung từ Chính phủ NSW và Chính phủ Liên bang, như đã thỏa thuận trong Biên bản ghi nhớ về Gói Năng lượng NSW.

Khoản tài trợ này sẽ hỗ trợ một loạt sáng kiến giảm phát thải và năng lượng, bao gồm Chương trình sử dụng năng lượng hiệu quả nhằm giảm hóa đơn tiền điện, giảm áp lực lên lưới điện và giảm phát thải. Chương trình Hiệu quả Năng lượng đang trong giai đoạn thiết kế và đang tiến hành tham vấn với các bên liên quan chính. Chương trình sẽ xem xét mở rộng các chương trình hiện tại của chính phủ như Năng lượng mặt trời cho hộ gia đình có thu nhập thấp hoặc thay thế đèn đường LED, nơi những sáng kiến đó đã chứng minh kết quả mạnh mẽ cho cả người tiêu dùng và môi trường.

5.4.2.3 Bảo vệ an ninh năng lượng

Chương trình Tiết kiệm Năng lượng của NSW đã rất thành công trong việc tiết kiệm năng lượng trong thập kỷ qua. Các hoạt động được thực hiện theo kế hoạch này từ năm 2009 đến năm 2018 sẽ tiết kiệm năng lượng khoảng 27.000 GWh và tiết kiệm hóa đơn khoảng 5,6 tỷ USD vào năm 2028.

Chính phủ đang mở rộng chương trình này theo Biện pháp Bảo vệ An ninh Năng lượng. Biện pháp bảo vệ bao gồm một chương trình tiết kiệm năng lượng sẽ có hiệu lực cho đến năm 2050 và một chương trình chứng nhận mới để hỗ trợ các công nghệ giúp giảm nhu cầu vào thời gian cao điểm. Những công nghệ này có thể bao gồm pin, máy bơm bể bơi thông minh và bộ sạc xe điện.

Chính phủ gần đây đã tham khảo ý kiến các bên liên quan về thiết kế của chương trình và hoàn tất việc đệ trình vào ngày 22 tháng 6 năm 2020. Thiết kế chương trình hiện đang được phát triển, đảm bảo rằng nó bổ sung và phù hợp với các cơ chế giảm nhu cầu phụ tải đỉnh hiện có và mới nổi trên toàn quốc.

5.4.3 Các chương trình năng lượng của NSW

5.4.3.1 Chương trình Năng lượng mới nổi

Chương trình Năng lượng mới nổi trị giá 75 triệu đô la cung cấp nguồn tài trợ để hỗ trợ phát triển các dự án lưu trữ và điện quy mô lớn, có lượng khí thải thấp và đổi mới ở NSW. Bằng cách giảm bớt các rào

cần đầu tư vào các công nghệ mới nổi, chương trình hỗ trợ năng lượng sạch, đáng tin cậy và giá cả phải chăng trên toàn tiểu bang. Chương trình đặt ra giới hạn cường độ phát thải tối đa là 5 tấn carbon dioxide tương đương trên mỗi mega oát giờ điện được tạo ra. Giới hạn này được đặt ra để phù hợp với yêu cầu của Quyển Biến đổi Khí hậu NSW, nguồn tài trợ của chương trình. Có hai dòng tài trợ để hỗ trợ các hoạt động thúc đẩy phát triển các dự án điện theo yêu cầu:

1) Dự án đầu tư vốn – các hoạt động sẽ hỗ trợ xây dựng một dự án điện có thể điều độ (điều chỉnh công suất phát điện theo nhu cầu).

2) Nghiên cứu trước đầu tư – các hoạt động sẽ dẫn đến việc phát triển một dự án điện có thể điều độ.

Các khoản tài trợ hiện đã được trao trên cả hai luồng. Trong luồng dự án đầu tư vốn, khoản tài trợ không hoàn lại trị giá khoảng 37,5 triệu USD đang được cung cấp cho 4 dự án với tổng công suất 170 MW tận dụng gần 233 triệu USD vốn đầu tư tư nhân. Ba công nghệ khác nhau đang được hỗ trợ thông qua các khoản tài trợ, bao gồm một hệ thống kết hợp pin khí, một nhà máy điện ảo và hai pin lithium quy mô lớn. Bộ đang làm việc với Cơ quan Năng lượng tái tạo Úc để tài trợ cho các dự án bổ sung, thông tin chi tiết sẽ được công bố sau khi hợp đồng được hoàn tất.

Tám tổ chức nhận nghiên cứu trước đầu tư thành công đang nghiên cứu các dự án có tiềm năng cung cấp 2 100 MW điện theo nhu cầu ở NSW và tận dụng gần 2 tỷ USD đầu tư tư nhân. Các công nghệ bao gồm pin thủy điện tích năng, khí nén và quy mô lớn.

5.4.3.2 Chương trình năng lượng mặt trời cho hộ gia đình có thu nhập thấp

Chương trình năng lượng mặt trời cho hộ gia đình có thu nhập thấp đang thử nghiệm một phương pháp mới để giúp những người có thu nhập thấp giảm hóa đơn tiền điện bằng cách lắp đặt hệ thống năng lượng mặt trời 3 kW tại nhà của họ. Chương trình này nhằm mục đích cải thiện khả năng chi trả cho năng lượng bằng cách giúp các hộ gia đình có được khoản tiết kiệm dài hạn trên hóa đơn tiền điện. Các hộ gia đình có thu nhập thấp là đối tượng dễ bị tổn thương nhất trước việc tăng giá điện và chi phí trả trước để mua hệ thống năng lượng mặt trời vẫn là một rào cản. Chương trình nhằm mục đích:

- giảm hóa đơn tiền điện nhiều hơn mức giảm giá cho hộ gia đình có thu nhập thấp và cải thiện khả năng chi trả điện cho các hộ gia đình có thu nhập thấp;
- lắp đặt tối đa 3 000 hệ thống năng lượng mặt trời hoặc phát 9 MW năng lượng tái tạo phân tán sau công tơ;
- thử nghiệm cách hiệu quả hơn để hỗ trợ các hộ gia đình có thu nhập thấp;
- giảm phát thải khí nhà kính.

Chương trình này chỉ dành cho một số ít hộ gia đình sống ở các khu vực được chọn và đáp ứng các tiêu chí rõ ràng. Điều này bao gồm việc nhận được phiếu giảm giá dành cho hộ gia đình có thu nhập thấp (LIHR) và có thể giảm giá dành cho người nghỉ hưu hợp lệ hoặc thẻ vàng của Bộ Cựu chiến binh. Các hộ gia đình tham gia thử nghiệm dự kiến sẽ tiết kiệm được khoảng 600 USD/năm – lớn hơn hai lần so

với khoản thanh toán LIHR 285 USD hàng năm. Một hộ gia đình trung bình sẽ có lợi hơn 300 USD trong năm đầu tiên khi tham gia thử nghiệm.

Sáng kiến này của Chính phủ NSW do Bộ Kế hoạch, Công nghiệp và Môi trường điều hành, cơ quan này đã chọn ba công ty lắp đặt năng lượng mặt trời để thực hiện chương trình này. Kế hoạch Net Zero Giai đoạn 1: 2020 đến 2030 tuyên bố rằng Chính phủ NSW sẽ xem xét việc gia hạn thử nghiệm trong khi chờ thành công về mặt kết quả đối với người tiêu dùng và môi trường.

5.4.3.3 Chương trình Năng lượng Cộng đồng Khu vực

Chương trình Năng lượng Cộng đồng Khu vực tài trợ cho các dự án năng lượng cộng đồng ở NSW khu vực và mục tiêu của dự án là:

- cải thiện độ tin cậy năng lượng và tích hợp năng lượng tái tạo trong cộng đồng khu vực;
- cải thiện khả năng chi trả năng lượng và khả năng phục hồi cho cộng đồng khu vực;
- tiết kiệm hóa đơn thông qua việc cải thiện khả năng tiếp cận thông tin và dịch vụ;
- xây dựng kiến thức và năng lực về năng lượng trong các cộng đồng khu vực NSW.

Chương trình sẽ được thực hiện theo ba kế hoạch riêng biệt để đạt được các mục tiêu sau:

- 1) Các khoản tài trợ từ Quỹ Năng lượng Cộng đồng Khu vực cho các dự án mang tính đổi mới hoặc tạo ra năng lượng tái tạo theo yêu cầu và mang lại lợi ích cho cộng đồng địa phương.
- 2) Tài trợ cho các trung tâm năng lượng cộng đồng nhằm cải thiện khả năng tiếp cận của hộ gia đình và doanh nghiệp nhỏ với lời khuyên về năng lượng của chuyên gia.
- 3) Tài trợ cho các cộng đồng khu vực và vùng sâu vùng xa để lắp đặt hệ thống dự phòng khẩn cấp cho các địa điểm sơ tán và quản lý thảm họa quan trọng nhằm tăng cường khả năng phục hồi sau thảm họa.

Đầu năm nay, Quỹ Năng lượng Cộng đồng Khu vực đã trao các khoản tài trợ cho bảy dự án, trị giá khoảng 15,4 triệu USD. Các dự án này sẽ giải phóng gần 17,2 MW phát điện và lên tới 17,9 MW/39,3 MWh dự trữ năng lượng, huy động khoảng 36 triệu USD đầu tư tư nhân. Các ví dụ về dự án bao gồm hệ thống pin và năng lượng mặt trời có thể điều khiển được do cộng đồng sở hữu, một khu vườn năng lượng mặt trời, pin cộng đồng và hệ thống lưu trữ năng lượng hydro đầu tiên của NSW cùng với hệ thống pin mặt trời để lưu trữ năng lượng tái tạo. Các dự án phải được đưa vào vận hành trước tháng 6 năm 2022. Mỗi người nhận tài trợ sẽ chia sẻ những bài học của mình, hỗ trợ các cộng đồng khác trong khu vực kiểm soát tương lai năng lượng của họ.

5.4.3.4 Chương trình Empowering Homes

Chương trình Empowering Homes nhằm mục đích lắp đặt 3 000 MWh lưu trữ năng lượng tái tạo ở phía điện áp thấp của mạng lưới điện ở NSW, bằng cách cung cấp các ưu đãi về hệ thống pin năng lượng mặt trời cho các hộ gia đình ở NSW. Chương trình này nhằm mục đích huy động tới 3,2 tỷ USD đầu tư

tự nhân vào công nghệ năng lượng sạch trong 10 năm tới và giảm bớt rào cản cho các hộ gia đình tiếp cận lợi ích của giải pháp pin năng lượng mặt trời.

Chương trình Empowering Homes sẽ giúp nâng cao công suất của hệ thống năng lượng NSW để quản lý mức năng lượng mặt trời ngày càng tăng của hộ gia đình và giảm áp lực giảm chi phí năng lượng cho tất cả người dùng. Chương trình sẽ giúp giảm hóa đơn tiền điện của hộ gia đình, cải thiện độ tin cậy và an ninh của hệ thống năng lượng, hỗ trợ phát triển ngành tài nguyên năng lượng phân tán (DER) mạnh mẽ và sôi động, đồng thời giảm lượng khí thải của ngành năng lượng.

Chương trình Empower Homes là một cam kết trong cuộc bầu cử năm 2019 và được mở cửa cho công chúng vào tháng 2 năm 2020 với tư cách là một chương trình thí điểm ở vùng Hunter. Chương trình thí điểm được thực hiện trong 12 tháng và sẽ kiểm tra nhu cầu, độ an toàn và chất lượng của khách hàng để đảm bảo thành công cho toàn bộ chương trình. Chương trình Empower Homes sẽ được triển khai trên khắp NSW vào đầu năm 2021.

An toàn công cộng và bảo vệ người tiêu dùng là những cân nhắc cực kỳ quan trọng khi thiết kế chương trình này. Tiêu chí đủ điều kiện nghiêm ngặt đã được thiết lập cho những người lắp đặt và sản phẩm có thể được bán trong chương trình thí điểm Empower Homes. Tiêu chí đủ điều kiện của sản phẩm đảm bảo rằng các sản phẩm này hỗ trợ sự ổn định của mạng trong thời gian gián đoạn và có thể giao tiếp với các nền tảng Nhà máy điện ảo, cho phép mạng xử lý mức năng lượng mặt trời trên mái nhà cao hơn trong tương lai.

5.4.3.5 Pin thông minh cho các tòa nhà chính phủ quan trọng

Các dự án thử nghiệm pin thông minh cho các tòa nhà chính phủ quan trọng sẽ lắp đặt dung lượng lưu trữ pin thông minh lên tới 3 000 kWh tại các địa điểm của Chính phủ NSW để kiểm tra lợi ích của công nghệ năng lượng mặt trời và pin đối với các loại cơ sở này. Pin sẽ được sử dụng để chứng minh các giải pháp sáng tạo nhằm quản lý nhu cầu phụ tải đỉnh hoặc việc sử dụng năng lượng dịch chuyển phụ tải cho trường học, cơ sở y tế và các địa điểm khác của chính phủ. Các dự án thử nghiệm này sẽ giúp Chính phủ NSW phát triển sự hiểu biết sâu sắc về nhiều vấn đề và lợi ích mà việc bổ sung pin và hệ thống quang điện lớn vào các cơ sở của Chính phủ NSW có thể tạo ra.

Pin cũng sẽ giúp tăng cường sử dụng các hệ thống quang điện mặt trời với ước tính bổ sung thêm 1 200 kW năng lượng mặt trời PV.

Bằng cách lắp đặt hệ thống pin năng lượng mặt trời tại các cơ sở của mình, các cơ quan chính phủ NSW dự kiến sẽ tiết kiệm đáng kể chi phí vận hành và năng lượng, cũng như giảm tác động của tài sản chính phủ lên nhu cầu phụ tải đỉnh trên mạng điện lưới. Việc giảm nhu cầu này trong thời gian cao điểm trên mạng điện lưới, cùng với khả năng kiểm soát hệ thống pin của chính phủ, cung cấp năng lượng và dịch vụ hỗ trợ cho lưới điện khi cần, có thể hỗ trợ an ninh và độ tin cậy của lưới điện NSW.

Những bài học thu được từ những dự án này và các dự án pin mặt trời khác sẽ được sử dụng để cung cấp thông tin cho các sáng kiến và dự án năng lượng sạch trong tương lai.

5.4.3.6 Dự án Evolve

Chính phủ NSW cũng đang đóng góp cho dự án Evolve với sự hợp tác của ARENA. Dự án này bao gồm việc phát triển và thử nghiệm phần mềm cho phép các nhà vận hành mạng thiết lập và truyền đạt các giới hạn vận hành động cục bộ trong mạng của họ tới các nguồn năng lượng được phân bổ. Điều này sẽ cho phép các nhà tổng hợp các nguồn tài nguyên này điều phối hoạt động của chúng hiệu quả hơn, đảm bảo chúng vẫn nằm trong phạm vi hoạt động cục bộ của mạng. Và để các nhà vận hành mạng tối đa hóa lợi ích mà các nguồn tài nguyên này có thể cung cấp cho mạng. Kết quả là phần mềm sẽ cho phép chủ sở hữu nguồn năng lượng phân tán tối ưu hóa giá trị mà họ có thể tạo ra từ khoản đầu tư của mình.

5.4.4 Dự trữ năng lượng Hornsdale

Nam Úc, Úc, cũng là nơi có một trong những hệ thống EES lớn nhất thế giới (xem Bảng 2).

Bảng 2 – Dự trữ năng lượng Hornsdale

Tên trường hợp	Dự trữ năng lượng Hornsdale [16]
Tổng quan	Vào năm 2019, Hornsdale là một pin lithium lớn nhất trên thế giới. Nó cung cấp dịch vụ an ninh mạng cho những người tiêu thụ điện ở miền Nam nước Úc phối hợp với chính quyền miền Nam nước Úc và Nhà vận hành thị trường năng lượng của Úc (AEMO).
Công suất	100 MW
Năng lượng	129 MWh
Sử dụng ứng dụng	Hỗ trợ lưới điện Nam Úc bằng cách cung cấp dịch vụ điều khiển tần số và an ninh mạng ngắn hạn
	70 MW chạy trong 10 min (11,7 MWh) được hợp đồng với chính phủ để cung cấp sự ổn định cho lưới điện (dịch vụ lưới điện)
	30 MW trong 3 h (90 MWh) được sử dụng để quản lý tải

5.4.5 Ví dụ về việc xem xét giảm khí nhà kính bằng EES

Cũng áp dụng 5.3.7 cho trường hợp của Australia.

6 Các phương pháp ví dụ để ước tính mức giảm GHG

6.1 Quy định chung

Điều 6 cung cấp các phương pháp tiếp cận mang tính học thuật để giảm phát thải khí nhà kính bằng hệ thống EES.

CHÚ THÍCH: Các thuật ngữ được sử dụng trong Điều 6 đôi khi khác với các định nghĩa trong IEC 62933-1, nhưng các thuật ngữ được sử dụng trong tài liệu tham khảo được trích dẫn được sử dụng "nguyên trạng" để tránh việc hiểu sai khi đưa vào tiêu chuẩn này.

6.2 Phương pháp ước tính mức giảm khí nhà kính cho các hệ thống EES dựa trên trường hợp sử dụng [17]

Gần đây, một số loại công nghệ lưu trữ được sử dụng rộng rãi ở quy mô nhỏ và lớn cho các trường hợp sử dụng như các ứng dụng ổn định dân dụng, công nghiệp, tiện ích và tái tạo. Mật độ năng lượng và năng lượng cao của các công nghệ này rất hấp dẫn đối với các ứng dụng cố định như cất tải đỉnh và cân bằng tải để quản lý nhu cầu và điều hòa năng lượng cho các hệ thống năng lượng tái tạo. Trong những trường hợp này, kỹ thuật ước tính để đánh giá các vấn đề môi trường áp dụng cho hệ thống EES là cần thiết để thúc đẩy thương mại hóa hệ thống EES. Vì vậy, tài liệu [17] trình bày một khái niệm về phương pháp ước tính lượng phát thải CO₂ cho các trường hợp áp dụng và không áp dụng hệ thống EES. Bài viết dựa trên ý tưởng có thể giảm lượng khí thải CO₂ của các tổ máy phát điện hiện có bằng cách vận hành hệ thống EES. Điều quan trọng là phải đảm bảo đánh giá xem hệ thống EES có thể ảnh hưởng đến môi trường như thế nào ở các giai đoạn vận hành trong vòng đời của chúng và đóng góp hiệu quả vào việc cải thiện môi trường cũng như giảm các tác động tiêu cực tiềm ẩn đến môi trường. Vì vậy, bài báo sẽ đề xuất một phương pháp đánh giá phát thải CO₂ dựa trên kỹ thuật tối ưu bao gồm phương pháp xấp xỉ liên tiếp cho giải pháp phối hợp tốt nhất các nguồn điện và phương pháp giá trị hiện tại cho hiệu ứng trì hoãn, v.v.

CHÚ THÍCH: 6.2 là một đoạn trích trong [17].

6.3 Đánh giá kinh tế và môi trường của việc giới thiệu pin lưu trữ và phụ phí giảm CO₂ có tính đến chuỗi năng lượng [18]

Bài viết trong [18] trình bày phụ phí giảm CO₂ được tính tỷ lệ thuận với lượng phát thải CO₂ của khách hàng, thay vì phụ phí theo giá cước (FIT) tỷ lệ thuận với mức tiêu thụ điện lưới. Khi khoản phụ phí mới này cao hơn 10 000 yên/tấn CO₂ một chút, chi phí đơn vị vận hành của các nhà máy đốt than cao hơn chi phí của các nhà máy LNGCC và hệ số công suất cũng như lượng khí thải CO₂ giảm. Các tác giả đã mô phỏng một hệ thống điện vào năm 2030 trong đó một lượng lớn PV được triển khai và 18 % năng lượng được tạo ra từ PV phải được cắt giảm. Chi phí hàng năm được giảm thiểu bằng cách tối ưu hóa công suất LNGCC và hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS), sản lượng theo giờ của các nhà máy đốt than và LNGCC, công suất sạc và xả theo giờ của BESS và cắt giảm PV. Kết quả cho thấy khoản phụ phí này có hiệu quả trong việc thay đổi nhiên liệu và giảm lượng khí thải CO₂, và BESS điều tiết sự thay đổi nhiên liệu này nhưng giảm lượng khí thải PV và lượng khí thải CO₂. Chuỗi năng lượng bao gồm toàn bộ hệ thống điện, nhu cầu và nhiên liệu được phân tích để xem dòng điện và lượng khí thải CO₂. Tiêu chuẩn này cũng thảo luận về việc áp dụng khoản phụ phí này cho mỗi lần sử dụng nhiên liệu hóa thạch nhằm hiện thực hóa một xã hội gần như không có CO₂ với mức tăng chi phí hợp lý.

CHÚ THÍCH: 6.3 là một đoạn trích trong [18].

Phụ lục A

(tham khảo)

Biểu mẫu cho các ấn phẩm liên quan và thực tiễn hiện hành

A.1 Quy định chung

Thông tin được liệt kê trong phụ lục này được coi là hữu ích cho sự phát triển hơn nữa của tiêu chuẩn này trong tương lai.

Các biểu mẫu sau đây được chuẩn bị nhằm mục đích thu thập thêm các tài liệu liên quan và thực tiễn hiện hành liên quan đến việc giảm phát thải khí nhà kính bằng hệ thống lưu trữ điện năng (EES).

A.2 Tiêu đề ấn phẩm liên quan (tác giả, tổ chức, YYYY)

- tên tài liệu (tên tác giả, tổ chức, năm xuất bản)
- văn bản tóm tắt từ ấn phẩm
- liên kết tài liệu có sẵn công khai

A.3 Thực tiễn hiện hành của việc sử dụng hệ thống EES liên quan đến giảm phát thải GHG

- tên trường hợp
- tổng quan trường hợp
- mô tả, tối thiểu bao gồm các điểm sau:
 - ứng dụng/chất lượng của nguồn cung cấp (FR, cắt đỉnh, dịch chuyển đỉnh, nguồn dự phòng, ổn định năng lượng tái tạo, v.v.)
 - mô tả thiết kế hệ thống (loại/dung lượng lưu trữ, công suất danh định của PCS, dự phòng)
 - tỷ lệ giới thiệu tài nguyên nhà máy điện (hoặc công suất điện theo nguồn hoặc loại nguồn phát)
 - tham khảo ước tính GHG (công thức, kết quả đo đạc, v.v.)
 - giảm GHG tính bằng phần trăm
- Mô tả tùy chọn
 - lợi ích kinh tế (có thể định nghĩa tùy thích)
 - hiệu suất sạc/xả của hệ thống EES
 - vị trí lắp đặt (khu vực địa lý?)
 - loại lưới điện (tỷ lệ tiện ích, lưới siêu nhỏ)

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] IEC White Paper, Electrical Energy Storage, December 2011
- [2] IEA Renewables 2020 Analysis and forecast to 2025, November 2020
- [3] The New Smart Grid in Hawaii: JUMPSmartMaui Project:
https://social-innovation.hitachi/en/case_studies/the-new-smart-grid-in-hawaii-jumpsmartmaui-project/
(URL fetched on 8 April 2019)
- [4] Miyako Island Mega-Solar Demo with NaS:
<https://www.energystorageexchange.org/projects/1184> (URL fetched on 8 April 2019)
- [5] Kyusyu Buzen S/S NaS by NGK & Mitsubishi:
<https://www.energystorageexchange.org/projects/1485> (URL fetched on 8 April 2019)
- [6] Development and Demonstration of Redox Flow Battery System:
<https://global-sei.com/technology/tr/bn84/pdf/84-04.pdf> (URL fetched on 8 April 2019)
- [7] Toshiba SCiB for Tohoku Minami-Soma:
<https://www.toshiba.co.jp/sis/en/topics/2016/20160226.htm> (URL fetched on 8 April 2019)
- [8] ADWEA(Abu Dhabi Water and Electricity Authority) NaS:
<https://energystorageexchange.org/projects/1186> (URL fetched on 8 April 2019)
- [9] NEDO New Mexico Smart Grid Demonstration Project (Lead-acid Battery):
<https://energystorageexchange.org/projects/1009> (URL fetched on 8 April 2019)
- [10] Hachijo Island, NaS Battery System:
<https://www.energystorageexchange.org/projects/1027> (URL fetched on 8 April 2019)
- [11] Oki Island, NGK-Chugoku Electric:
- [12] Japan-US Collaborative Smart Grid Project:
<https://energystorageexchange.org/projects/1007> (URL fetched on 8 April 2019)
- [13] Toshiba SCiB for For Frequency Regulation Project in Sardinia, Italy:
<https://www.toshiba.co.jp/sis/en/topics/2015/20150805.htm> (URL fetched on 8 April 2019)
- [14] Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2018, United States Environmental Agency, EPA 430-R-20-002
- [15] Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources, WNA Report 2011, World Nuclear Association

[16] Estimation Method of Green House Gas Reduction for EES systems Based on Use case, Prof. Rho, Koreatech, CIGRE 2017 Symposium Dublin. https://e-cigre.org/publication/SYMP_DUB_2017-symposium-dublin-experiencing-the-future-power-systemtoday (URL fetched on 25 January, 2018)

[17] Environmental and Economic Evaluation of the Introduction of CO2 Reduction Surcharge and Storage Battery Considering the Energy Chain, Yabe et al, Waseda University, Journal of Japan Society of Energy and Resources, 2020 Volume 41 Issue 1 Pages 29-37. https://doi.org/10.24778/jjser.41.1_29 (URL fetched on 23 January, 2023)
