

ĐÁNH GIÁ VAI TRÒ CỦA HỆ THỐNG PIN LƯU TRỮ TRONG CẮT GIẢM CÔNG SUẤT TẠI CÁC NHÀ MÁY ĐIỆN MẶT TRỜI TẠI VIỆT NAM

● ĐỖ THỊ LOAN

Khoa Quản lý Công nghiệp và Năng lượng,

Trường Đại học Điện lực

Email: loandt80@epu.edu.vn

DOI: 10.62831/nckh.2026.162.v1

TÓM TẮT:

Nghiên cứu này đánh giá vai trò của tích hợp giữa hệ thống điện mặt trời (PV) với hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) trong điều kiện cắt giảm công suất dưới các mức giới hạn truyền tải khác nhau tại Việt Nam.

3 nhà máy điện mặt trời (NMĐMT) công suất 40 MWAC đại diện cho 3 miền Bắc, Trung và Nam, gồm Lai Châu, Ninh Thuận và Bình Phước, được mô phỏng bằng phần mềm System Advisor Model (SAM). Nghiên cứu xem xét các mức giới hạn truyền tải từ $\alpha = 1,0$ đến $\alpha = 0,6$, cùng các cấu hình BESS có công suất bằng 10% và 20% công suất PV, thời gian lưu trữ 2 giờ và 4 giờ.

Kết quả cho thấy, sản lượng điện ròng năm đầu của các hệ thống PV tại các NMĐMT Lai Châu, Ninh Thuận và Bình Phước lần lượt đạt 67,91 triệu kWh, 83,38 triệu kWh và 79,56 triệu kWh. Khi hệ số giới hạn truyền tải giảm xuống $\alpha = 0,6$, tỷ lệ cắt giảm sản lượng điện tăng lên tương ứng 11,00%, 16,78% và 13,34%. Khi tích hợp PV-BESS, BESS có vai trò quan trọng trong việc giảm cắt giảm công suất, điện năng và thúc đẩy khả năng sự tham gia của điện mặt trời vào hệ thống điện Việt Nam.

Từ khóa: PV-BESS, pin lưu trữ năng lượng, cắt giảm công suất, điện mặt trời, giới hạn truyền tải.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, năng lượng tái tạo, đặc biệt là điện mặt trời, đã phát triển nhanh tại Việt Nam, góp phần đa dạng hóa nguồn cung điện và thúc đẩy quá trình chuyển dịch năng lượng. Theo Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quy hoạch điện VIII), Việt Nam tiếp tục định hướng gia tăng tỷ trọng các nguồn năng lượng tái tạo trong cơ cấu nguồn điện nhằm đáp ứng

nhu cầu điện ngày càng tăng và hướng tới phát triển năng lượng bền vững (Viện Năng lượng, 2025).

Tuy nhiên, tốc độ phát triển nhanh của điện mặt trời cũng tạo ra nhiều thách thức đối với vận hành hệ thống điện. Do đặc tính phụ thuộc vào điều kiện bức xạ mặt trời, công suất phát của các NMĐMT thường tăng mạnh vào các khung giờ giữa trưa, trong khi nhu cầu phụ tải không phải lúc nào cũng tăng tương ứng. Báo cáo của Chương trình Đối tác Chuyển dịch Năng

lượng Australia - Việt Nam (AMPERES, 2023) chỉ ra, sự phát triển nhanh của nguồn năng lượng tái tạo biến đổi trong bối cảnh hạ tầng lưới điện và hệ thống lưu trữ chưa được đầu tư tương xứng đã dẫn đến tình trạng nghẽn lưới và cắt giảm công suất tại nhiều khu vực, đặc biệt ở miền Trung và miền Nam, nơi tập trung nhiều dự án điện mặt trời quy mô lớn (Ketelsen, Le, et al., 2023). Theo báo cáo của chương trình Lưới điện thông minh cho Hiệu quả năng lượng tái tạo (SGREEE, 2021), khoảng 400 triệu kWh điện mặt trời, tương đương 4,16% tổng sản lượng điện mặt trời năm 2020, đã bị cắt giảm chủ yếu do quá tải lưới truyền tải và phân phối (Cuong & Duong, 2021).

Trong bối cảnh đó, BESS được xem là một giải pháp tiềm năng nhằm nâng cao tính linh hoạt của hệ thống điện, hấp thụ phần điện năng dư thừa trong các thời điểm phát cao và dịch chuyển điện năng sang các thời điểm phù hợp hơn với nhu cầu phụ tải hoặc khả năng tiếp nhận của lưới điện. Báo cáo của Viện Năng lượng và Liên minh Năng lượng Toàn cầu vì Con người và Hành tinh (GEAPP, 2024) cho thấy, BESS có thể cải thiện đáng kể khả năng ổn định tần số của hệ thống điện Việt Nam trong điều kiện tỷ trọng năng lượng tái tạo cao (Institute of Energy, 2024).

Mặc dù đã có một số nghiên cứu và báo cáo đề cập đến thách thức tích hợp năng lượng tái tạo tại Việt Nam, phần lớn tập trung vào vấn đề nghẽn lưới, hạn chế năng lực truyền tải hoặc vai trò tổng quát của BESS. Nghiên cứu (Do et al., 2021) (2021) cho thấy sự phát triển nhanh của điện mặt trời và điện gió trong khi hạ tầng truyền tải chưa được đầu tư tương xứng đã làm gia tăng áp lực vận hành hệ thống điện. Nghiên cứu (Urakami, 2023) (2023) cũng chỉ ra, hạn chế về năng lực lưới điện là một trong những rào cản đáng kể đối với phát triển năng lượng tái tạo tại Việt Nam. Ở cấp độ vận hành, nghiên cứu (Bui et al., 2022) (2022) cho thấy, tình trạng cắt giảm công suất đã ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động của các NMĐMT. Trong khi đó, các nghiên cứu (Nguyen et al., 2025) (2025) và (Lam & Phu, 2025) (2025) cho thấy BESS có tiềm năng hỗ trợ giảm nghẽn lưới và nâng cao khả năng hấp thụ năng lượng tái tạo.

Tuy nhiên, các nghiên cứu chủ yếu xem xét ở phạm vi hệ thống điện hoặc theo từng khu vực riêng lẻ, trong khi chưa có các đánh giá cụ thể về hiệu quả của BESS đối với khả năng giảm cắt giảm công suất và nâng cao hiệu quả khai thác điện mặt trời ở cấp nhà máy trong các điều kiện vận hành khác nhau. Trong thực tế, hiệu quả của giải pháp lưu trữ có thể khác nhau đáng kể tùy theo điều kiện vận hành của từng khu vực. Vì vậy, nghiên cứu này đánh giá vai trò của BESS trong giảm cắt giảm công suất tại 3 NMĐMT đại diện cho 3 miền Bắc, Trung và Nam dưới các mức giới hạn truyền tải khác nhau, qua đó cung cấp thêm cơ sở tham khảo cho hoạch định chính sách và định hướng đầu tư các giải pháp lưu trữ năng lượng phù hợp với điều kiện Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phần mềm SAM do Phòng thí nghiệm Năng lượng tái tạo Quốc gia Hoa Kỳ (NREL) phát triển để mô phỏng vận hành hệ thống điện mặt trời tích hợp pin lưu trữ năng lượng (PV-BESS) dưới các điều kiện giới hạn truyền tải khác nhau. SAM là công cụ được sử dụng phổ biến trong phân tích hiệu suất kỹ thuật và năng lượng của các hệ thống năng lượng tái tạo, cho phép mô phỏng theo chuỗi thời gian dựa trên dữ liệu khí tượng và thông số kỹ thuật của hệ thống.

3 NMĐMT tại Lai Châu, Ninh Thuận và Bình Phước được lựa chọn nhằm đại diện cho các điều kiện tài nguyên năng lượng mặt trời khác nhau tại Việt Nam. Dữ liệu khí tượng đầu vào từ SAM cho thấy bức xạ mặt trời toàn phần trung bình (GHI) tại các khu vực trên lần lượt là 4,63; 5,75 và 5,6 kWh/m²/ngày, trong khi nhiệt độ môi trường trung bình tương ứng là 23,1°C; 27,3°C và 27,7°C. Sự khác biệt về điều kiện khí tượng giữa các khu vực tạo cơ sở để đánh giá ảnh hưởng của tài nguyên năng lượng mặt trời đến hiệu quả vận hành của hệ thống PV-BESS dưới các điều kiện giới hạn truyền tải khác nhau.

Các nhà máy được giả định có cùng công suất lắp đặt phía AC là 40 MW nhằm đảm bảo tính nhất quán khi so sánh ảnh hưởng của điều kiện tài nguyên năng lượng và mức độ giới hạn truyền tải giữa các khu vực.

BESS được tích hợp theo cấu hình DC-coupled, cho phép hấp thụ phần điện năng dư thừa từ hệ thống điện mặt trời trước khi phát điện lên lưới.

Để đánh giá ảnh hưởng của nghẽn lưới đến khả năng khai thác điện mặt trời, nghiên cứu sử dụng hệ số giới hạn truyền tải α , biểu thị tỷ lệ công suất tối đa mà nhà máy được phép phát lên lưới so với công suất danh định. Các mức giới hạn truyền tải được xem xét gồm 1,0; 0,9; 0,8; 0,7 và 0,6, tương ứng với các mức độ hạn chế truyền tải từ không giới hạn đến giới hạn thấp.

BESS được khảo sát với các mức công suất bằng 10% và 20% công suất hệ thống PV, kết hợp với thời gian lưu trữ 2 giờ và 4 giờ nhằm đánh giá ảnh hưởng của quy mô lưu trữ đến khả năng giảm cắt giảm công suất.

Trong đó: E_{gross} là sản lượng điện lý thuyết của hệ thống PV (kWh); E_{grid} là sản lượng điện thực tế phát lên lưới điện của hệ thống dưới điều kiện giới hạn truyền tải (kWh).

Nghiên cứu tập trung đánh giá ảnh hưởng của công suất BESS, thời gian lưu trữ và mức giới hạn truyền tải đến khả năng giảm cắt giảm công suất điện mặt trời tại các khu vực nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của giới hạn truyền tải đến cắt giảm công suất điện mặt trời

Kết quả mô phỏng cho thấy, hiệu quả phát điện của các NMĐMT có sự khác biệt đáng kể giữa 3 khu vực nghiên cứu do điều kiện tài nguyên năng lượng mặt trời khác nhau. Trong điều kiện không có giới hạn truyền tải ($\alpha = 1,0$), sản lượng điện ròng năm đầu

Bảng 1. Các kịch bản mô phỏng PV-BESS áp dụng cho 3 NMĐMT

Nhóm kịch bản	Hệ số giới hạn truyền tải α	Công suất BESS	Thời gian lưu trữ
PV không lưu trữ	1.0; 0.9; 0.8; 0.7; 0.6	-	-
PV-BESS-10%-2h	0.9; 0.8; 0.7; 0.6	10% công suất PV	2 giờ
PV-BESS-10%-4h	0.9; 0.8; 0.7; 0.6	10% công suất PV	4 giờ
PV-BESS-20%-2h	0.9; 0.8; 0.7; 0.6	20% công suất PV	2 giờ
PV-BESS-20%-4h	0.9; 0.8; 0.7; 0.6	20% công suất PV	4 giờ

Trong mô hình nghiên cứu, BESS được vận hành nhằm ưu tiên lưu trữ phần điện năng dư thừa khi công suất phát của điện mặt trời vượt quá giới hạn truyền tải, trong đó giới hạn truyền tải được đặt trong khoảng từ 10h00 đến 14h00. Sau đó, BESS phát điện trở lại lưới vào khoảng thời gian cao điểm của phụ tải hệ thống điện, từ 17h00 đến 20h00. Hiệu quả của hệ thống được đánh giá thông qua mức độ cắt giảm công suất điện mặt trời và khả năng thu hồi điện năng bị cắt giảm nhờ tích hợp BESS.

Điện năng bị cắt giảm được xác định là phần chênh lệch giữa sản lượng điện lý thuyết và sản lượng điện thực tế của hệ thống phát lên lưới điện khi có giới hạn truyền tải. Tỷ lệ cắt giảm điện năng của NMĐMT được xác định theo công thức:

$$\text{Tỷ lệ cắt giảm} = \frac{E_{\text{gross}} - E_{\text{grid}}}{E_{\text{gross}}} \times 100\%$$

của các nhà máy tại Lai Châu, Ninh Thuận và Bình Phước lần lượt đạt 67,91 triệu kWh, 83,38 triệu kWh và 79,56 triệu kWh. Trong đó, nhà máy tại Ninh Thuận cho sản lượng cao nhất, cao hơn khoảng 22,8% so với Lai Châu, phản ánh lợi thế rõ rệt về điều kiện bức xạ mặt trời tại khu vực miền Trung.

Khi khả năng tiếp nhận công suất của lưới điện bị hạn chế, sản lượng điện hữu ích giảm rõ rệt, đặc biệt tại các khu vực có tiềm năng phát điện cao. Khi hệ số giới hạn truyền tải giảm từ $\alpha = 1,0$ xuống $\alpha = 0,6$, sản lượng điện ròng của Lai Châu, Ninh Thuận và Bình Phước lần lượt giảm xuống còn 60,44 triệu kWh, 69,39 triệu kWh và 68,95 triệu kWh, tương ứng với mức giảm 7,47 triệu kWh, 13,99 triệu kWh và 10,61 triệu kWh.

Tỷ lệ cắt giảm sản lượng điện tăng nhanh khi mức giới hạn truyền tải trở nên nghiêm ngặt hơn. Ở mức

Bảng 2. Tỷ lệ thiệt hại sản lượng điện các NMDMT theo giới hạn truyền tải (%)

Nhà máy	$\alpha = 1,0$	$\alpha = 0,9$	$\alpha = 0,8$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,6$
Lai Châu	-	0,01	1,22	4,97	11,00
Ninh Thuận	-	0,99	4,25	9,49	16,78
Bình Phước	-	0,14	1,99	6,39	13,34

giới hạn nhẹ ($\alpha = 0,9$), mức tổn thất sản lượng gần như không đáng kể, chỉ khoảng 0,01% tại Lai Châu, 0,99% tại Ninh Thuận và 0,14% tại Bình Phước. Tuy nhiên, khi $\alpha = 0,8$, mức cắt giảm đã tăng lên 1,22%, 4,25% và 1,99% tương ứng. Trong kịch bản giới hạn nghiêm trọng ($\alpha=0,6$), tỷ lệ cắt giảm đạt 11,00% tại Lai Châu, 16,78% tại Ninh Thuận và 13,34% tại Bình Phước (Bảng 2). Kết quả này cho thấy, các khu vực có tiềm năng phát điện cao không chỉ tạo ra sản lượng lớn hơn mà còn chịu rủi ro cắt giảm công suất cao hơn khi hạ tầng truyền tải không đáp ứng được khả năng phát điện.

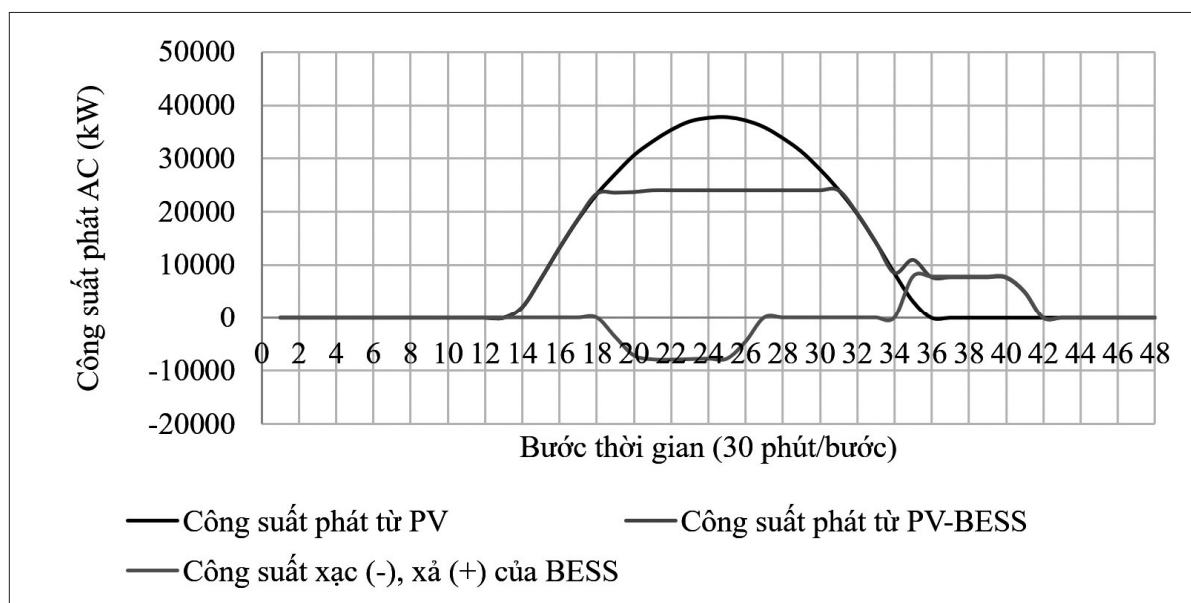
Từ góc độ vận hành hệ thống, kết quả cho thấy khi giới hạn truyền tải ở mức nhẹ, nhu cầu tích hợp lưu trữ chưa thực sự rõ rệt. Tuy nhiên, từ mức $\alpha \leq 0,8$, lượng điện năng bị cắt giảm trở nên đáng kể, đặc biệt tại các khu vực có bức xạ cao, tạo cơ sở kỹ thuật để

đánh giá vai trò của BESS trong việc thu hồi phần điện năng bị mất.

3.2. Vai trò của BESS trong giảm cắt giảm công suất điện mặt trời

Hình 1 trình bày kết quả mô phỏng cơ chế vận hành của hệ thống PV-BESS dưới điều kiện giới hạn truyền tải trong một ngày điển hình. Theo mô hình nghiên cứu đã đề cập ở Phần 2, giới hạn truyền tải được áp dụng trong khoảng thời gian từ 10h00 đến 14h00, là giai đoạn công suất phát điện mặt trời đạt mức cao nhất. Trong trường hợp không có lưu trữ, phần công suất PV vượt quá khả năng tiếp nhận của lưới điện sẽ bị cắt giảm. Khi tích hợp BESS, phần điện năng dư thừa này được chuyển sang sạc cho BESS, sau đó được xả trở lại trong khung giờ cao điểm từ 17h00 đến 20h00, qua đó làm tăng lượng điện năng hữu ích phát lên lưới.

Hình 1: Cơ chế vận hành của hệ thống PV-BESS của NMDMT Ninh Thuận trong ngày điển hình với $\alpha = 0,6$



Kết quả mô phỏng cho thấy, hiệu quả của BESS phụ thuộc mạnh vào mức độ giới hạn truyền tải. Trong điều kiện giới hạn nhẹ ($\alpha = 0,9$), lợi ích của BESS còn hạn chế do lượng điện năng bị cắt giảm ban đầu không lớn. Tại Ninh Thuận, sản lượng điện ròng năm đầu tăng từ 82,55 triệu kWh đối với hệ thống PV không lưu trữ lên 83,30 triệu kWh với cấu hình PV-BESS 20%-4h, tương ứng mức tăng khoảng 0,75 triệu kWh. Tại Bình Phước và Lai Châu, mức cải thiện là không đáng kể.

Khi mức giới hạn truyền tải trở nên thấp hơn, vai trò của BESS trở nên rõ rệt. Ở mức $\alpha = 0,8$, cấu hình PV-BESS 20%-4h giúp tăng sản lượng điện ròng tại Ninh Thuận từ 79,84 lên 83,12 triệu kWh, tương ứng thu hồi khoảng 3,28 triệu kWh điện năng bị cắt giảm. Tại Bình Phước và Lai Châu, mức điện năng thu hồi tương ứng đạt 1,46 triệu kWh và 0,62 triệu kWh.

Hiệu quả của BESS thể hiện rõ nhất trong điều kiện giới hạn nghiêm trọng ($\alpha = 0,6$). Khi không có lưu trữ, sản lượng điện ròng của các hệ PV chỉ đạt 60,44 triệu kWh tại Lai Châu, 69,39 triệu kWh tại Ninh Thuận và 68,95 triệu kWh tại Bình Phước. Khi tích hợp BESS cấu hình 20%-4h, sản lượng tăng tương ứng lên 65,62 triệu kWh, 76,32 triệu kWh và

75,86 triệu kWh, tương ứng mức điện năng thu hồi thêm lần lượt là 5,18 triệu kWh, 6,93 triệu kWh và 6,91 triệu kWh (Bảng 3).

Kết quả cho thấy, việc tăng quy mô và thời gian lưu trữ của BESS đều giúp giảm đáng kể lượng điện năng bị cắt giảm. Với cùng thời gian lưu trữ 2 giờ, việc tăng công suất BESS từ 10% lên 20% giúp tiếp tục giảm tỷ lệ cắt giảm. Đồng thời, với cùng công suất lưu trữ, cấu hình 4 giờ cho hiệu quả cao hơn cấu hình 2 giờ. Tại Ninh Thuận, tỷ lệ cắt giảm giảm từ 16,78% (không lưu trữ) xuống 14,24% với cấu hình 10%-2h, tiếp tục giảm xuống 12,19% với cấu hình 10%-4h, và chỉ còn 8,14% với cấu hình 20%-4h.

Nhìn chung, BESS phát huy hiệu quả rõ rệt khi mức giới hạn truyền tải $\alpha \leq 0,8$, đặc biệt tại các khu vực có tiềm năng bức xạ cao như Ninh Thuận và Bình Phước. Kết quả này cho thấy tích hợp lưu trữ là một giải pháp kỹ thuật khả thi nhằm giảm tổn thất điện năng do nghẽn lưới và nâng cao hiệu quả khai thác của các NMĐMT.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá ảnh hưởng của giới hạn truyền tải đến hiệu quả vận hành của các NMĐMT quy mô 40 MW tại 3 khu vực đại diện cho 3 miền của

Bảng 3. Hiệu quả của BESS trong điều kiện giới hạn truyền tải $\alpha = 0,6$

Cấu hình hệ thống	Lai Châu	Ninh Thuận	Bình Phước
Sản lượng điện ròng năm đầu (triệu kWh):			
PV không lưu trữ	60,44	69,39	68,95
PV-BESS 10%-2h	62,06	71,32	71,07
PV-BESS 10%-4h	63,32	73,04	72,75
PV-BESS 20%-2h	63,45	73,12	72,93
PV-BESS 20%-4h	65,62	76,32	75,86
Tỷ lệ cắt giảm (%):			
PV không lưu trữ	11,00	16,78	13,34
PV-BESS 10%-2h	8,23	14,24	10,42
PV-BESS 10%-4h	6,35	12,19	8,31
PV-BESS 20%-2h	6,06	11,97	7,96
PV-BESS 20%-4h	2,85	8,14	4,26

Việt Nam gồm Lai Châu, Ninh Thuận và Bình Phước, đồng thời phân tích vai trò của BESS trong việc giảm cắt giảm công suất điện mặt trời.

Giới hạn truyền tải có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng khai thác điện mặt trời, đặc biệt tại các khu vực có tiềm năng bức xạ cao. Trong điều kiện không tích hợp lưu trữ, khi mức giới hạn truyền tải giảm xuống $\alpha = 0,6$, tỷ lệ cắt giảm điện năng đạt 11% tại Lai Châu, 16,78% tại Ninh Thuận và 13,34% tại Bình Phước. Điều này cho thấy các khu vực có sản lượng phát điện cao hơn cũng đồng thời chịu rủi ro cắt giảm công suất lớn hơn khi khả năng tiếp nhận của lưới điện bị hạn chế.

Việc tích hợp BESS giúp cải thiện đáng kể hiệu quả vận hành của các NĐMT. Với cấu hình PV-BESS 20%-4h, tỷ lệ cắt giảm giảm xuống còn 2,85% tại Lai Châu, 8,14% tại Ninh Thuận và

4,26% tại Bình Phước, đồng thời sản lượng điện ròng năm đầu tăng tương ứng từ 60,44 lên 65,62 triệu kWh, 69,39 lên 76,32 triệu kWh và 68,95 lên 75,86 triệu kWh.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, BESS có thể là giải pháp hỗ trợ nâng cao hiệu quả khai thác điện mặt trời tại các khu vực có nguy cơ nghẽn lưới, góp phần giảm điện năng bị cắt giảm và sử dụng hiệu quả hơn hạ tầng điện hiện có. Như vậy, bên cạnh đầu tư mở rộng lưới truyền tải, phát triển BESS cũng là hướng cần được xem xét nhằm nâng cao khả năng hấp thụ năng lượng tái tạo. Mặt khác, do hiệu quả của BESS có sự khác biệt giữa các khu vực, các cơ chế khuyến khích phát triển BESS cần được xây dựng phù hợp với điều kiện từng vùng, nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư và thúc đẩy phát triển năng lượng tái tạo bền vững tại Việt Nam ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Viện Năng lượng. (2025). Điều chỉnh quy hoạch phát triển điện lực 2021-2030, tầm nhìn đến 2050.
- Bui, L. D., Nguyen, N. Q., Doan, B. V., & Sanseverino, E. R. (2022). Forecasting energy output of a solar power plant in curtailment condition based on LSTM using P/GHI coefficient and validation in training process, a case study in Vietnam. *Electric Power Systems Research*, 213, 108706. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108706>
- Cuong, D. M., & Duong, D. T. (2021). vRE Curtailment Summary and Recommendations. <https://www.esp.org.vn/wp-content/uploads/vietnams-vre-curtailment-summary-2020-2021-1.pdf>
- Do, T. N., Burke, P. J., Nguyen, H. N., Overland, I., Suryadi, B., Swandaru, A., & Yurnaidi, Z. (2021). Vietnam's solar and wind power success: Policy implications for the other ASEAN countries. *Energy for Sustainable Development*, 65, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.09.002>
- Institute of Energy. (2024). Enhancing Vietnam's Grid Stability with BESS: Improvement of Frequency Stability in Vietnam's Power System with High Penetration of Renewable Energy by Battery Storage. G. E. A. f. P. a. P. (GEAPP). <https://energyalliance.org/enhancing-vietnams-grid-stability-with-bess/>
- Ketelsen, T., Le, T. H. T., Tran, Q. B., Huynh, N. L., & Nguyen, Q. K. (2023). Managing Vietnam's Grid Issues for Effective Energy Transition.
- Ketelsen, T., Tien, L. T. H., Bien, T. Q., Lap, H. N., Khanh, N. Q., Do, T. N., Sabba, D., & Newey, G. (2023). Managing Vietnam's Grid Issues for Effective Energy Transition (Energy Transition Roundtables Policy Brief Series No. 3, Issue. file:///E:/NGHIEN%20CUU%20SINH/Library/My%20EndNote%20Library.Data/Managing-Vietnams-Grid-Issues-for-Effective-Energy-Transition.pdf)
- Lam, L. H., & Phu, L. V. (2025). Strategic power expansion and renewable integration in pathways to the Net-Zero in Vietnam. *Energy Reports*, 14, 813-831. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.05.058>

Nguyen, N. N., Hoang, H., Vu, D. Q., Truong, C. T., Thai, X. T., & Vu, P. T. (2025). Solution of using battery energy storage systems for power transmission congestion of Ninh Thuan - Binh Thuan power grid. *Journal of Physics: Conference Series*, 2949(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2949/1/012065>

Urakami, A. (2023). Are the Barriers to Private Solar/Wind Investment in Vietnam Mainly Those That Limit Network Capacity Expansion? *Sustainability*, 15(13), 10734.

Ngày nhận bài: 2/3/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 18/3/2026

Ngày chấp nhận đăng bài: 3/4/2026

ASSESSING THE ROLE OF BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS IN MITIGATING POWER CURTAILMENT AT SOLAR POWER PLANTS IN VIETNAM

● **DO THI LOAN**

Faculty of Industrial and Energy Management,
Electric Power University
Email: loandt80@epu.edu.vn

ABSTRACT:

The rapid development of solar power in Vietnam has intensified grid congestion and power curtailment in several regions with high solar irradiance. In this context, battery energy storage systems (BESS) are considered a promising solution for absorbing surplus electricity and improving the utilization efficiency of solar power plants. This study evaluates the role of photovoltaic (PV) systems integrated with BESS in mitigating solar power curtailment under different transmission constraint conditions in Vietnam. Three 40 MWac solar power plants representing the northern, central, and southern regions, located in Lai Chau, Ninh Thuan, and Binh Phuoc, were simulated using the System Advisor Model (SAM). The study examines transmission constraint levels ranging from $\alpha = 1.0$ to $\alpha = 0.6$, along with BESS configurations equivalent to 10% and 20% of PV capacity and storage durations of 2 and 4 hours. The results show that the first-year net electricity generation of the solar power plants in Lai Chau, Ninh Thuan, and Binh Phuoc reaches 67.91 million kWh, 83.38 million kWh, and 79.56 million kWh, respectively. When the transmission constraint factor decreases to $\alpha = 0.6$, the corresponding curtailment rates increase to 11.00%, 16.78%, and 13.34%. The findings indicate that BESS plays a critical role in reducing solar power curtailment and supporting the more effective integration of solar energy into Vietnam's power system.

Keywords: PV-BESS, battery energy storage systems (BESS), solar power curtailment, solar power, transmission constraints.