

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA  
CÔNG NGHỆ NĂNG LƯỢNG  
VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (ENCCR - 2026)

TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA  
CÔNG NGHỆ NĂNG LƯỢNG  
VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (ENCCR - 2026)

TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA: CÔNG NGHỆ NĂNG LƯỢNG VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (ENCCR - 2026)



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI



**HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA**

**CÔNG NGHỆ NĂNG LƯỢNG VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU  
(ENCCR – 2026)**

Hà Nội, 6/2026

**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI**

## MỤC LỤC

<b>1. COP26 và tác động đến ngành dầu khí biển Việt Nam: thực trạng và định hướng “Dầu khí xanh”</b>	1
<i>Trương Hoài Nam, Mai Văn Cảnh, Đồng Thị Minh Hà</i>	
<b>2. Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong sàng lọc và lựa chọn phương pháp gia tăng thu hồi dầu, thử nghiệm tại mỏ Tê Giác Trắng</b>	13
<i>Đặng Duy, Nguyễn Tiến Hùng, Nguyễn Hải An</i>	
<b>3. Ảnh hưởng của hóa lỏng đất đến bể chứa xăng dầu và biện pháp phòng ngừa</b>	23
<i>Đặng Quang Huy, Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn</i>	
<b>4. Đánh giá cấu trúc bộ chuyển đổi DC/AC một pha điện mặt trời đến việc lựa chọn thông số bộ lọc sóng hài đảm bảo tiêu chuẩn kết nối</b>	31
<i>Đỗ Đức Thành, Ngô Thanh Tuấn</i>	
<b>5. Cơ sở kỹ thuật - kinh tế của mô hình cụm CCUS tập trung và định hướng cho Việt Nam</b>	39
<i>Doãn Thị Trâm, Lê Quang Duyệt, Nguyễn Khắc Long, Nguyễn Văn Thành, Trần Văn Quảng</i>	
<b>6. Investigation of seasonal correlation between land surface temperature and spectral indices: A case study in Gia Lai province</b>	51
<i>Eaint Chit Phone, Le Mai Son, Nguyen Manh Hung</i>	
<b>7. Assessing the influence of surface characteristics on evapotranspiration in evergreen forest ecosystems</b>	57
<i>Le Mai Son, Nguyen Thu Ha</i>	
<b>8. Ứng dụng mặt phản xạ mô phỏng đáy biển phục vụ dự báo địa nhiệt cho khu vực Đông Bắc bể trầm tích Nam Côn Sơn</b>	64
<i>Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Hải Bình, Bùi Thái Sơn, Hà Văn Thành, Vương Gia Bảo</i>	
<b>9. Quản lý rủi ro sinh cát trong phát triển mỏ tầng Mioxen giữa, bể Cửu Long dưới góc nhìn tích hợp yếu tố địa kỹ thuật và kinh tế</b>	71
<i>Lê Vũ Quân, Nguyễn Văn Thịnh</i>	
<b>10. Tích hợp thuộc tính địa chấn và phân tách phổ nghiên cứu dự báo vỉa chứa địa tầng Oligocen muộn khu vực lô X bể Cửu Long</b>	80
<i>Nguyễn Duy Mười, Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Thị Minh Hồng, Bùi Thị Ngân, Nguyễn Thị Thu Hằng</i>	
<b>11. Ảnh hưởng các yếu tố tới sự phát triển chiều cao khe nứt đối với giếng X tầng Oligocene trong quá trình nứt vỉa thủy lực</b>	87
<i>Nguyễn Hữu Trường</i>	
<b>12. Thực trạng và thách thức khi triển khai lưu giữ CO<sub>2</sub> trong thành hệ địa chất tại Việt Nam</b>	97
<i>Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Nguyễn Văn Thành, Doãn Thị Trâm, Phạm Hồng Sơn, Đỗ Minh Cường</i>	
<b>13. Hydrogen trắng (hydrogen tự nhiên): Cơ chế hình thành, tiềm năng và định hướng nghiên cứu cho Việt Nam</b>	108
<i>Nguyễn Thế Vinh, Lê Quang Duyệt, Nguyễn Hải An</i>	

<b>14. Đánh giá tác động của hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS đến lưới điện trong xí nghiệp công nghiệp kết hợp điện mặt trời áp mái</b>	122
<i>Nguyễn Thị Bích Hậu, Đỗ Đức Thành</i>	
<b>15. Giải pháp lưu trữ năng lượng tích hợp trong ngành dầu khí: lưu trữ CO<sub>2</sub>, hydro và khí nén trong các mỏ dầu khí cạn kiệt</b>	130
<i>Nguyễn Thị Hải Yến</i>	
<b>16. Đặc điểm địa chất - địa tầng lô X, bể Nam Côn Sơn- ý nghĩa đối với tích tụ dầu khí</b>	136
<i>Nguyễn Thị Minh Hồng</i>	
<b>17. Results of determination of radon concentration and radiation dose caused by radon in the Sin Quyen copper mine area, Lao Cai</b>	143
<i>Nguyen Thi Thu Trang, Nguyen Van Dung, Dao Dinh Thuan</i>	
<b>18. Cải tiến hệ axit sét và quy trình bơm giúp gia tăng sản lượng mỏ Đại Hùng, lô 05-1(a)</b>	150
<i>Nguyễn Thiện Bảo, Nguyễn Xuân Ninh, Lê Đức Tuệ, Trương Tuấn Anh, Lê Trung Tâm, Phạm Đức Thành, Trương Lê Hiếu Nghĩa, Nguyễn Quốc Dũng, Chu Văn Lương, Hoàng Văn Minh, Trần Anh Khoa, Nguyễn Văn Trung</i>	
<b>19. Tổng quan về phương pháp nghiên cứu và quy trình xây dựng mô hình hệ thống dầu khí</b>	162
<i>Nguyễn Thị Minh Hồng, Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Duy Mươi, Bùi Thị Ngân, Nguyễn Thị Thu Hằng, Đỗ Minh Cường</i>	
<b>20. Tổng quan các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác nứt vỉa thủy lực</b>	170
<i>Nguyễn Tiến Hùng, Vũ Hồng Dương</i>	
<b>21. Nghiên cứu lựa chọn chèo khoan hợp lý cho công đoạn 14½” × 16½” giếng khoan thăm dò dầu khí TTN-2X</b>	180
<i>Nguyễn Trần Tuấn</i>	
<b>22. Mô phỏng và tối ưu hoá chế độ làm việc Gaslift cho giếng khoan ngang dưới ảnh hưởng của dòng chảy không ổn định</b>	188
<i>Nguyễn Văn Đò, Lê Vũ Quân</i>	
<b>23. Results of a survey on environmental radioactivity in the Sin Quyen copper mine area, Lao Cai province</b>	194
<i>Nguyen Van Dung, Nguyen Thi Thu Trang, Nguyen Do Hương Giang</i>	
<b>24. Đánh giá hiệu quả công nghệ Downhole Vibration - RatPACK™ trong xử lý sự cố kẹt các giếng khoan dầu khí có độ nghiêng lớn</b>	201
<i>Nguyễn Văn Thành, Tô Hữu Toàn, Nguyễn Khắc Long, Doãn Thị Trâm, Lê Quang Duyệt, Lê Văn Nam</i>	
<b>25. Ứng dụng mô hình Random Forest dự báo sản lượng dầu tại các vị trí khoan tiềm năng</b>	209
<i>Trịnh Việt Thắng, Lê Thế Hùng, Nguyễn Văn Đò</i>	
<b>26. Tái sử dụng công trình dầu khí ngoài khơi ngừng hoạt động cho mục tiêu quan trắc, an ninh và phát triển bền vững biển Việt Nam</b>	217
<i>Trương Hoài Nam, Đông Thị Minh Hà</i>	
<b>27. Kỹ nguyên trí tuệ nhân tạo trong công nghiệp dầu khí: Định hướng công nghệ và lộ trình chiến lược cho hoạt động thăm dò khai thác tại Việt Nam</b>	227
<i>Trương Quốc Lâm, Nguyễn Hải An</i>	

## Đánh giá tác động của hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS đến lưới điện trong xí nghiệp công nghiệp kết hợp điện mặt trời áp mái

Nguyễn Thị Bích Hậu, Đỗ Đức Thành\*  
Trường Đại học Mở - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

### TÓM TẮT

Trong bối cảnh năng lượng tái tạo tại Việt Nam phát triển mạnh mẽ, đặc biệt là điện mặt trời, nhu cầu triển khai hệ thống pin lưu trữ năng lượng mặt trời (BESS) ngày càng trở nên cấp thiết. Công nghệ lưu trữ năng lượng dần trở thành xu hướng toàn cầu, mang lại giải pháp bền vững cho việc tạo ra hệ thống điện sạch, giảm phát thải (hướng tới Net-Zero) và ứng phó hiệu quả với biến đổi khí hậu (hội nghị COP26). Mô hình ứng dụng điển hình nhất của BESS (dải công suất 50 kW-1 MW) là tích hợp với hệ thống điện mặt trời, cho phép sạc điện vào ban ngày và giải phóng điện vào ban đêm hoặc thời điểm giá điện cao, giúp người dùng tự chủ trong việc sử dụng điện năng, nâng cao hiệu quả vận hành. Việc xác định dung lượng hệ thống pin lưu trữ đáp ứng nhu cầu của phụ tải cần được quan tâm trong quá trình vận hành, đặc biệt là giảm chi phí tiền điện vào giờ cao điểm. Bên cạnh đó, do có nhiều các tham số bất định như công suất phát của hệ thống pin điện mặt trời, công suất tải tiêu thụ, điện áp vận hành,... nên cần phải xem xét, tính toán các yếu tố này đến việc lựa chọn hợp lý dung lượng hệ thống BESS. Thông qua quá trình tính toán, lựa chọn dung lượng hệ thống pin lưu trữ sẽ làm rõ những tác động của hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS đến lưới điện trong xí nghiệp công nghiệp kết hợp điện mặt trời áp mái.

*Từ khóa:* Pin lưu trữ; BESS; Xí nghiệp công nghiệp; Điện mặt trời.

### 1. Đặt vấn đề

Quá trình khai thác và sử dụng hiệu quả các nguồn năng lượng nhằm đáp ứng và giải quyết yêu cầu cấp bách của vấn đề cạn kiệt tài nguyên hóa thạch và giảm phát thải CO<sub>2</sub> hướng tới phát thải ròng về không (Net-Zero) vào năm 2050 mà Chính phủ Việt Nam cam kết tại hội nghị biến đổi khí hậu COP26. Với sự gia tăng tỷ trọng của các nguồn điện sử dụng năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió một mặt mang lại những lợi ích đáng kể đến quá trình vận hành ổn định của lưới điện hạ áp như một nguồn điện phân tán. Tuy nhiên, khi công suất phát của các nguồn năng lượng tái tạo với quy mô lớn đặt ra những thách thức, trở ngại lớn cho vấn đề ổn định tần số, chất lượng điện áp, quá tải cục bộ đường dây và trạm biến áp (Chatzigeorgiou, 2024; Prakash và nnk., 2022). Đối với việc lắp đặt hệ thống điện mặt trời quy mô nhỏ và trung bình thì vấn đề khai thác nguồn năng lượng này một cách hiệu quả cũng cần phải xem xét kỹ lưỡng. Đặc biệt là lưới điện hạ áp 380V (Uđm) cung cấp điện cho các xí nghiệp công nghiệp có lắp đặt điện mặt trời áp mái.

Căn cứ theo Chỉ thị số 20/CT-TTg (Thủ tướng chính phủ, 2020) đến năm 2030 thì 50% hộ tiêu thụ lắp đặt điện mặt trời áp mái. Khung giờ có nắng chỉ vào ban ngày (từ 7h đến khoảng 17h tùy vào vị trí địa lý) và công suất phát cực đại của điện mặt trời lại diễn ra vào thời điểm giữa trưa (11h đến 14h30). Do đó, dẫn đến sự dư thừa hoặc thiếu hụt công suất khi cung cấp điện cho các phụ tải thực tế tại giờ cao điểm sáng và tối lại diễn ra ở khung thời gian khác (9h đến 11h buổi sáng, buổi chiều từ 14h đến 16h vào mùa hè và 17h đến 19h vào mùa đông). Từ đó đặt ra yêu cầu cần tiến hành khai thác hiệu quả lượng điện năng phát ra hệ thống điện mặt trời áp mái. Có hai xu hướng chính là xây dựng mô hình điện mặt trời tự sản tự tiêu và kết nối trực tiếp với lưới kèm theo hệ thống lưu trữ năng lượng. Mô hình tự sản tự tiêu cũng được khuyến khích theo Quy hoạch điện VIII (QĐ 500/QĐ-TTg, Thủ tướng Chính Phủ, 2023) với hệ thống điện mặt trời độc lập không kết nối lưới. Để nâng cao hiệu quả vận hành hệ thống điện mặt trời thông thường lưu trữ năng lượng là một giải pháp công nghệ cần áp dụng và khai thác triệt để. Tuy nhiên, do một số vấn đề đang còn tồn đọng khi ứng dụng hệ thống pin lưu trữ năng lượng (Battery Energy Storage System - BESS) đã hạn chế tính khả thi và hấp dẫn của nó. Do đó, cần có những phân tích và đánh giá hiệu quả của hệ thống BESS trong thực tế dựa trên bài toán kinh tế - kỹ thuật chi tiết.

\* Tác giả liên hệ

Email: doducthanh@humg.edu.vn

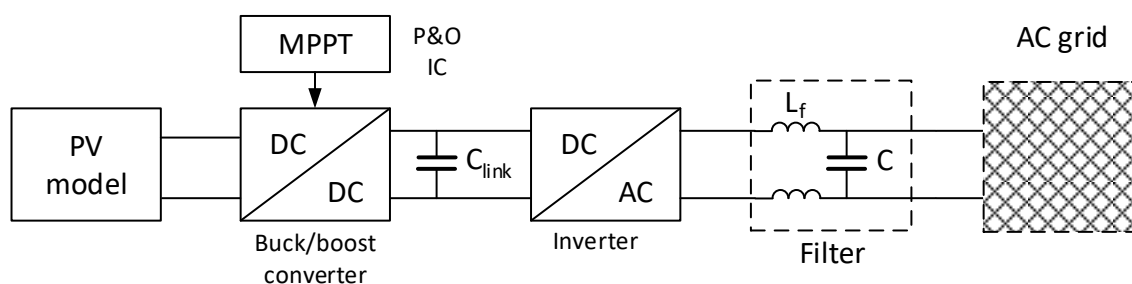
Các nghiên cứu về hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS tập trung vào khảo sát quá trình nạp-xả năng lượng pin lưu trữ, nâng cao tuổi thọ của pin trong quá trình vận hành thông qua mô hình độ suy hao năng lượng hoặc cải thiện đặc tính sử dụng của pin bằng các công nghệ hiện đại (Nguyễn và nnk., 2022). Việc tính toán, lựa chọn dung lượng lưu trữ (Ah), công suất phát (kWh), thời gian nạp-xả (h) đã được trình bày trong nhiều tài liệu nghiên cứu gần đây (Chatzigeorgiou, 2024; Prakash và nnk., 2022; Nguyễn và nnk., 2022). Đặc biệt là việc khảo sát áp dụng mô hình lưu trữ năng lượng kết hợp với điện mặt trời quy mô nhỏ và trung bình chưa được quan tâm thích đáng. Trong bài báo này sẽ đi phân tích chi tiết những tác động của việc vận hành hệ thống pin lưu trữ năng lượng cho các xí nghiệp công nghiệp.

## 2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Nguồn năng lượng điện mặt trời và hệ thống lưu trữ năng lượng

#### 2.1.1. Tổng quan về hệ thống điện mặt trời

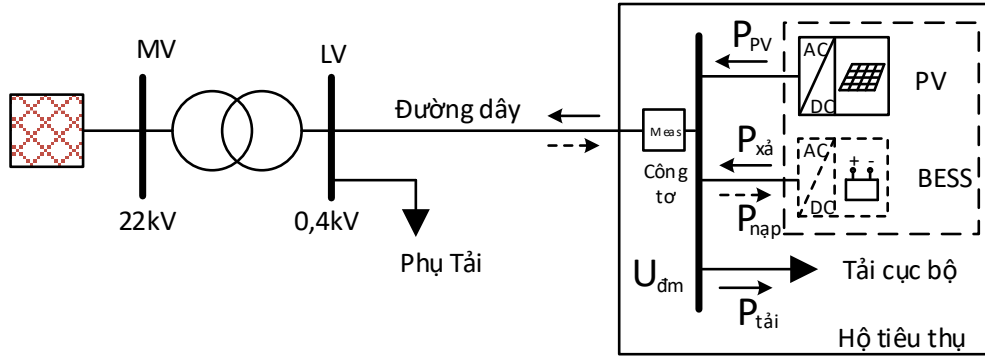
Hệ thống chuyển đổi năng lượng từ các tấm pin năng lượng mặt trời cung cấp cho các phụ tải tại chỗ hoặc phát công suất trực tiếp lên mạng lưới điện. Để tận dụng tối đa nguồn năng lượng mặt trời trong thời điểm có nắng, công suất phát đầu ra được điều chỉnh theo thuật toán điều khiển bám công suất cực đại (Maximum Power Point Tracking-MPPT). Thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O) hoặc mạch gia tăng (IC) được sử dụng để tìm kiếm điểm công suất lớn nhất phát ra từ các tấm pin mặt trời (PV model). Năng lượng điện mặt trời thông qua bộ nghịch lưu DC/AC với phương pháp điều chế độ rộng xung phát lên lưới (Hình 1). Bộ lọc sóng hài được lắp đặt ở đầu ra nhằm đảm bảo tiêu chuẩn sóng hài khi kết nối với lưới điện hạ áp (Bộ Công thương, 2015). Trong quá trình vận hành, giá trị điện áp của lưới điện hạ áp thay đổi theo mức công suất phát đầu ra, tải biến thiên ngẫu nhiên nên đặc tính phát của hệ thống điện mặt trời chỉ có thể được xác định chính xác thông qua quá trình đo lường trong thực tế. Việc vận hành tối ưu hệ thống điện chỉ mang tính chất cục bộ tương ứng với một tình huống hoặc kịch bản nghiên cứu cụ thể.



Hình 1. Mô hình điện mặt trời PV một pha.

Căn cứ theo đặc điểm vận hành, hệ thống pin quang điện có thể được phân thành 3 loại: vận hành độc lập có hoặc không có pin lưu trữ (off-grid), kết nối trực tiếp với lưới (on-grid) và hệ thống lai (hybrid). Đối với hệ thống phát điện sử dụng năng lượng mặt trời đặt ở tầng mái của các tòa nhà hoặc xí nghiệp công nghiệp thì sẽ được kết nối trực tiếp với lưới. Năng lượng dư thừa từ pin quang điện hoặc tiêu thụ từ lưới điện hạ áp để cung cấp cho tải cục bộ sẽ được đo lường thông qua công tơ hai chiều. Việc lắp đặt hệ thống pin mặt trời sẽ mang lại hiệu quả kinh tế khi có thể giảm hóa đơn tiền điện, giảm tổn hao trên đường dây, cải thiện chất lượng điện áp. Tuy nhiên, nếu quy mô lắp đặt quá lớn dẫn đến các vấn đề kỹ thuật cho lưới điện hạ áp như hiện tượng quá tải cục bộ đường dây và các trạm biến áp hoặc quá điện áp tại điểm đấu nối. Do đó cần có giải pháp cải thiện và kiểm soát về mặt pháp lý khi có sự tích hợp của điện mặt trời công suất lớn.

Một trong những giải pháp mang tính khả thi cao là sử dụng hệ thống lưu trữ năng lượng sử dụng pin (BESS) kết hợp với hệ thống pin quang điện (Hình 2). Tùy theo dung lượng và yêu cầu công nghệ, việc kết nối của BESS có thể trực tiếp vào lưới trung áp hoặc cao áp như một ngussòn dự trữ hoặc phát năng lượng ảo (công suất phát từ vài MW trở lên). Với quy mô nhỏ và trung bình (công suất phát khoảng 50kW đến 1 MW), hệ thống lưu trữ có thể lắp đặt ở lưới điện hạ áp 380V đi kèm với các nguồn điện phân tán như điện mặt trời, điện gió. Đối với mô hình điện mặt trời tự sản tự tiêu, hệ thống lưu trữ đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo cung cấp điện liên tục cho tải cục bộ. Dung lượng pin lưu trữ được xác định một cách tương đối chính xác với công suất tải nhỏ. Khi hệ thống điện mặt trời kết nối trực tiếp với lưới, tùy theo quy mô lắp đặt lượng công suất phát dư thừa vào lưới có thể rất lớn. Khi có trạng bị hệ thống lưu trữ năng lượng, việc lựa chọn dung lượng pin lưu trữ là một bài toán kinh tế - kỹ thuật cần được xem xét và tính toán chi tiết.

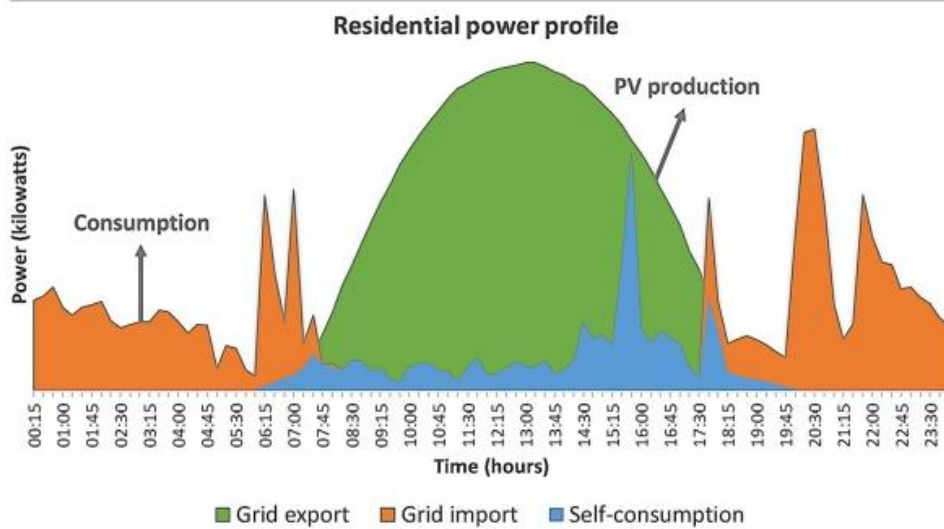


Hình 2. Hệ thống PV-BESS.

### 2.1.2. Vận hành hệ thống điện mặt trời

Trong quá trình thiết kế và vận hành hệ thống phát điện từ tấm pin mặt trời cần tận dụng hiệu quả công suất phát đầu ra thông qua thuật toán bám công suất tối đa. Tuy nhiên, do phụ tải của các hộ tiêu thụ biến động lớn theo thời điểm sử dụng và công suất phát ra phụ thuộc vào vị trí địa lý lắp đặt, cường độ năng lượng phát xạ từ mặt trời, hiệu ứng giảm ánh sáng trong điều kiện thời tiết xấu. Vấn đề cân bằng công suất giữa nguồn phát và tải tiêu thụ ảnh hưởng đến chế độ làm việc ổn định của lưới điện hạ áp.

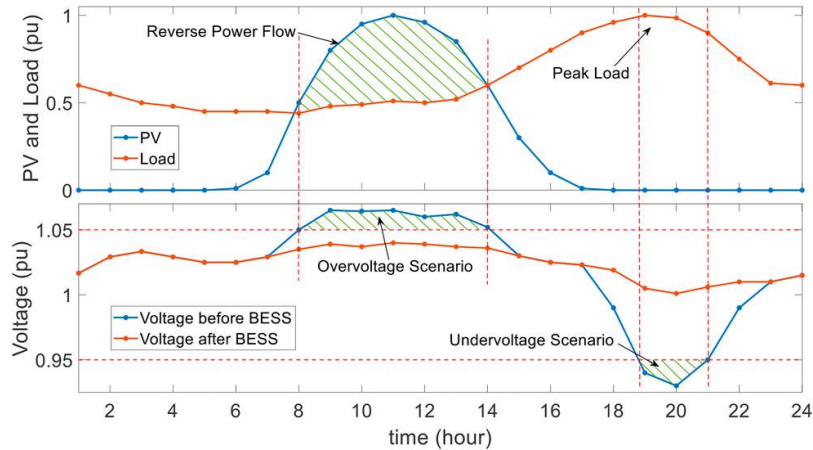
Dữ liệu về công suất phát khả dĩ của một hệ thống pin quang điện điển hình được miêu tả trên Hình 3 (Chatzigeorgiou, 2024). Có thể nhận thấy rằng trong thời gian ban ngày khi công suất phát của điện mặt trời lớn, mức tự tiêu thụ năng lượng (Self-consumption) nhỏ và ngược lại trong khoảng thời gian ban đêm (18h - 6h). Tại các thời điểm phụ tải cực đại sáng và tối (consumption) thì năng lượng cung cấp từ hệ thống điện mặt trời gần như bằng 0. Sự mất cân bằng giữa công suất nguồn và tải tiêu thụ làm biến động lớn các thông số chế độ của lưới điện hạ áp. Tại thời điểm dư thừa công suất từ hệ thống pin quang điện, lượng công suất sẽ trào ngược vào lưới điện hạ áp làm cho điện áp lưới tăng cao ( $> 1,1U_{dm}$ ). Cũng tương tự, hiện tượng sụt áp vượt ngưỡng giá trị cho phép ( $0,9U_{dm}$ ) khi phụ tải đạt cực đại. Do đó, để nâng cao hiệu quả khai thác nguồn năng lượng mặt trời thì hệ thống lưu trữ năng lượng là cần thiết.



Hình 3. Lưới điện tích hợp nguồn năng lượng mặt trời (Chatzigeorgiou, 2024).

### 2.1.3. Hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS)

Các pin lưu trữ năng lượng có khả năng phát công suất (quá trình xả) hoặc tiêu thụ công suất trong quá trình nạp có thể được coi như nguồn công suất phụ trợ cho quá trình vận hành tối ưu mạng lưới điện. Dung lượng hệ thống BESS được xác định thông qua cân bằng giữa năng lượng lưu trữ và xả theo chu kỳ 24h. Hàm chi phí tính toán được sử dụng để lựa chọn dung lượng phù hợp nhất của hệ thống BESS. Tuy nhiên, tính chất tối ưu chỉ đạt được mang tính cục bộ và cần phải xem xét bài toán tối ưu toàn cục trong hệ thống lai khi kết hợp BESS với hệ thống pin mặt trời PV.



Hình 4. Đặc tính vận hành của BESS (Prakash và nnk., 2022).

Đặc tính vận hành của hệ thống pin lưu trữ năng lượng kết hợp hệ thống pin quang điện (PV) được minh họa trên Hình 4 (Prakash và nnk., 2022). Lượng năng lượng dư thừa của hệ thống pin quang điện sẽ được nạp vào pin lưu trữ và sẽ được xả ra vào thời điểm phụ tải đạt cực đại. Nhờ khả năng nạp-xả của hệ thống BESS sẽ có thể giữ điện áp nằm trong giới hạn cho phép, tránh hiện tượng sụt áp và quá áp trong vận hành hệ thống điện mặt trời. Ngoài ra, việc ứng dụng BESS kết hợp với điện mặt trời sẽ hỗ trợ cho việc vận hành ổn định của lưới điện, tránh quá tải cục bộ đường dây và các trạm biến áp khi quy mô kết nối của hệ thống điện mặt trời ngày càng tăng lên.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để khảo sát và phân tích ảnh hưởng của hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS khi tích hợp vào lưới điện có nguồn năng lượng tái tạo sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết và mô hình mô phỏng hệ thống sử dụng công cụ máy tính hiện đại. Thông qua kết quả tính toán sẽ phân tích bài toán kinh tế - kỹ thuật trong việc ứng dụng BESS cho một đối tượng cụ thể.

## 3. Kết quả và thảo luận

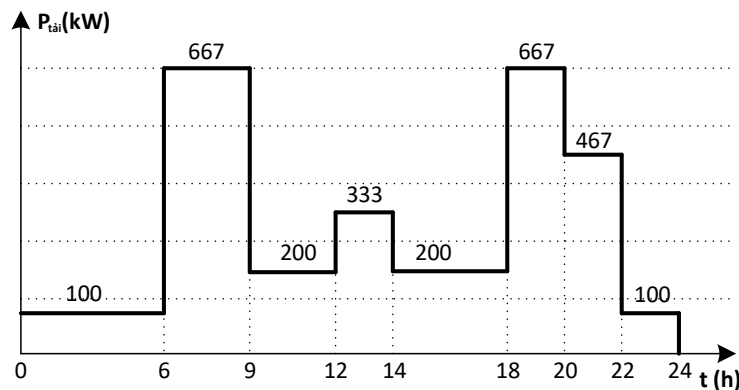
### 3.1. Ứng dụng hệ thống pin lưu trữ năng lượng

#### 3.1.1. Hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS)

Mô hình hệ thống pin lưu trữ năng lượng kết hợp với hệ thống điện mặt trời áp mái có tổng công suất lắp đặt là 518 kWp tại khu nhà ở của nhà máy điện Nghi Sơn 2 sẽ được xem xét (Hình 2). Thời gian có nắng là từ 7 h đến 17 h, giả thiết rằng công suất phát của hệ thống điện mặt trời không đổi. Công suất phát khả dụng của hệ thống BESS giả định là 1.152 kW ( $U_{dcBESS} = 800$  V,  $I_{xa} = 1,44$  kA) cung cấp điện cho tải cực đại, công suất nạp là  $1.152$  kW/2 = 576 kW, công suất phụ tải trung bình là 300kW. Kết quả khảo sát sẽ được trình bày trong hai kịch bản:

- Không có hệ thống pin lưu trữ năng lượng;
- Lắp đặt hệ thống BESS.

Biểu đồ phụ tải của khu nhà ở được thống kê theo chu kỳ ngày đêm (24 h) như trên Hình 5. Tổng thời gian phụ tải đạt cực đại 667 kW là 5 h vào các khung thời gian: 6-9h và 18-20 h.



Hình 5. Biểu đồ phụ tải.

Dựa theo biểu đồ phụ tải như trên Hình 5, tổng lượng điện năng tiêu thụ của phụ tải khu nhà ở:

$$E_{T\grave{a}i} = 100.6 + 667.3 + 200.3 + 333.2 + 200.4 + 667.2 + 467.2 + 100.2 = 7.135(kWh) \quad (1)$$

Lượng điện năng được sản xuất từ các tấm pin năng lượng mặt trời với thời gian có nắng là 10 h:

$$E_{PV} = 518.10 = 5.810 (kWh) \quad (2)$$

- Khi chưa có lắp đặt BESS, tải hoàn toàn được cung cấp từ lưới điện hạ áp 380 V, lượng điện năng tiêu thụ từ lưới:

$$E_{L\grave{u}i} = E_{T\grave{a}i} - E_{PV} = 7135 - 5810 = 1.955 (kWh) \quad (3)$$

- Khi có lắp đặt BESS với hiệu suất sạc-xả là 85%, thì lượng điện năng pin lưu trữ sơ bộ cần thiết đáp ứng cho tải trong quá trình sạc-xả năng lượng cần thiết là:

$$E_{BATT} = E_{L\grave{u}i} / (0,85 \cdot 0,85) = 2.705,9 (kWh) \quad (4)$$

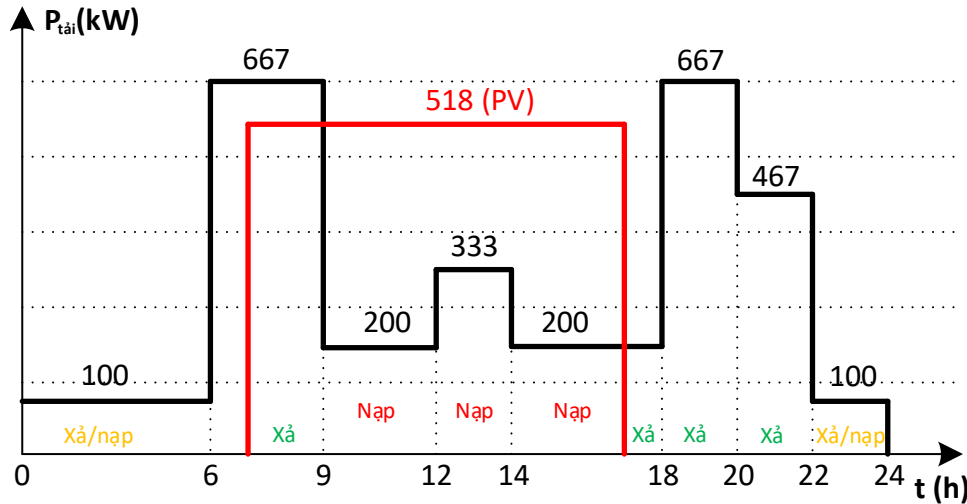
### 3.1.2. Vận hành tối ưu hệ thống lưu trữ năng lượng

Quá trình phát công suất từ hệ thống lưu trữ ( $P_{x\grave{a}}$ ) và tiêu thụ năng lượng khi dư thừa công suất từ hệ thống pin quang điện ( $P_{n\grave{a}p}$ ) được xem xét thông qua dữ liệu về cân bằng công suất phát-tiêu thụ của lưới điện hạ áp (Nguyễn và nnk., 2022). Hình 6 trình bày đặc tính nạp-xả của pin lưu trữ cho kịch bản vận hành tại khu nhà ở của nhà máy điện Nghi Sơn 2. Khi công suất mặt trời lớn hơn nhu cầu tiêu thụ của phụ tải, năng lượng dư thừa sẽ được nạp vào hệ thống lưu trữ BESS. Trong trường hợp hệ thống lưu trữ cân cung cấp cho toàn bộ tải thì sẽ lấy điện từ lưới điện hạ áp để nạp cho BESS vào giờ thấp điểm.

Có thể nhận thấy, cân bằng năng lượng trong quá trình hoạt động của BESS có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$\sum_{i=1}^n P_{n\grave{a}p}(t)\Delta t_i = \sum_{j=1}^m P_{x\grave{a}}(t)\Delta t_j \quad (5)$$

Ngoài ra, các điều kiện ràng buộc khác cũng phải được xem xét đến như: mức năng lượng  $SOC_{min} \leq SOC(t) \leq SOC_{max}$ , công suất nạp-xả lớn nhất:  $P_{n\grave{a}p}(t) \leq P_{n\grave{a}pmax}(t), P_{x\grave{a}}(t) \leq P_{x\grave{a}max}(t)$ . Với pin Lithium-ion,  $SOC_{min} = 15\%$ ,  $SOC_{max} = 95\%$ , chi phí bảo quản và vận hành: 0,02\$/kWh, vốn đầu tư ban đầu: 1400\$/kWh (Nguyễn và nnk., 2022). Để lựa chọn được các thông số lắp đặt của hệ thống lưu trữ năng lượng BESS cần phải dựa trên so sánh các phương án sử dụng hàm chi phí tính toán Z. Các thành phần của hàm chi phí Z bao gồm: chi phí quy đổi vận hành hệ thống, chi phí đầu tư mua sắm thiết bị và chi phí khấu hao. Dựa trên kịch bản có giá trị cực tiểu hóa của hàm chi phí tính toán sẽ được xác định để tìm được vị trí tối ưu của việc lắp đặt hệ thống pin lưu trữ năng lượng.



Hình 6. Đặc tính vận hành của PV-BESS.

Hiệu quả của hệ thống lưu trữ năng lượng trong việc giữ điện áp nằm trong giới hạn cho phép  $(0,9-1,1)U_{\grave{a}m}$  khi có lắp đặt BESS đã được kiểm chứng (Hình 7, Nguyễn và nnk., 2022). Khi không có BESS, trong quá trình năng lượng dư thừa từ hệ thống pin quang điện phát vào lưới điện sẽ làm tăng điện áp vượt quá trị số cho phép  $(1,1U_{\grave{a}m})$ . Bằng việc hấp thụ năng lượng dư thừa từ hệ thống pin quang điện thông qua quá trình nạp vào pin lưu trữ, giá trị điện áp sẽ giữ ở mức lớn nhất cho phép. Ngược lại, khi phụ tải cực đại, bằng việc xả năng lượng tích trữ trong hệ thống BESS cung cấp tại chỗ cho các phụ tải sẽ giữ điện áp không giảm quá giới hạn tối thiểu yêu cầu  $(0,9U_{\grave{a}m})$ . Với cấu trúc phức tạp của hệ thống hỗn hợp tải tiêu thụ và các nguồn điện mặt trời PV thì việc lựa chọn vị trí lắp đặt của hệ thống BESS sẽ phải dựa trên phương pháp thống kê dựa trên các kịch bản vận hành. Để tối ưu hóa quá trình ứng dụng hệ BESS, không chỉ xác định

vị trí lắp đặt phù hợp hoặc lựa chọn dung lượng lưu trữ theo một tiêu chí cụ thể. Cần có một phương pháp tiếp cận khác để giải quyết vấn đề này.

### 3.1.3. Hiệu quả kinh tế

Trước hết, hiệu quả kinh tế của việc đầu tư lắp đặt hệ thống lưu trữ năng lượng được xác định sơ bộ thông qua hiệu năng của BESS trong việc giảm công suất tiêu thụ từ lưới trong giờ cao điểm tối (Peak) và nêu nạp cho BESS vào giờ thấp điểm (Off-peak). Căn cứ vào biểu giá điện năm 2023 theo Quyết định 2941/QĐ-BCT (Bộ Công Thương, 2023) thì mức chênh lệch là 1.976 VNĐ/kWh. Ngay cả khi tính đến hiệu suất sạc-xả trung bình là 85% thì mức lãi ròng cũng đạt đến giá trị đáng để xem xét là 1.782 VNĐ/kWh.

Xem xét cho sơ đồ nghiên cứu tại nhà máy điện Nghi Sơn 2, nếu áp dụng hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS kết hợp với điện mặt trời áp mái như sau:

- + Các thông số tính toán: Công suất phát 518 kW, thời gian sạc-xả trung bình là 5h, hiệu suất sạc-xả 85%.
- + Mức tiết kiệm chi phí khi sử dụng kết hợp với BESS với thời gian 1 tháng:  $1.782 \text{ VNĐ/kWh} \times 518 \text{ kW} \times 5 \text{ h} \times 30 \text{ ngày} = 138.461.400 \text{ VNĐ}$ .

Như vậy, việc sử dụng pin lưu trữ trong quá trình vận hành của doanh nghiệp/xí nghiệp sẽ mang lại hiệu quả không chỉ làm giảm hóa đơn tiền điện, tận dụng tối đa lượng điện năng phát ra từ hệ thống pin mặt trời mà còn tăng hiệu quả đầu tư, giảm phát thải từ lưới điện, hướng tới mục tiêu Net-Zero. Tuy nhiên, với hệ thống điện mặt trời áp mái đã lắp đặt sẵn, việc lựa chọn dung lượng bộ BESS và vấn đề vận hành tối ưu liên quan đến công suất phát, thời gian nạp/xả nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế là vấn đề đáng được quan tâm và cần có nghiên cứu chi tiết hơn, phù hợp cho từng đối tượng áp dụng cụ thể.

### 3.2. Chọn dung lượng bộ BESS

Trong quá trình vận hành và khai thác hiệu quả hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS, việc lựa chọn dung lượng bộ pin lưu trữ đóng vai trò quan trọng. Quá trình tính toán này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như công suất sạc/xả yêu cầu, thời gian sạc/xả, độ xả sâu, hiệu suất pin. Mỗi yếu tố này được xem xét tùy thuộc vào đặc điểm vận hành và xác định cho từng ứng dụng cụ thể. Ví dụ, đối với pin Lithium-ion, độ xả sâu khoảng 80-90% dung lượng pin, tuổi thọ có thể lên đến 10-12 năm và chu kỳ sạc/xả lên đến 6.000-7.000 lần.

Trước hết, dựa theo biểu đồ phụ tải đã được xác định như trên Hình 5, tổng lượng điện năng nạp vào trong quá trình công suất pin năng lượng mặt trời dư thừa lớn hơn công suất tiêu thụ của phụ tải:

$$E_{N\text{ạp}} = [(518 - 200) \times 3 + (518 - 333) \times 2 + (518 - 200) \times 3] \times 0,85 = 2278 \times 0,85 = 1936,3 \text{ (kWh)} \quad (6)$$

Lượng điện năng cần thiết cung cấp cho tải vào thời điểm không có năng lượng mặt trời:

$$E_{T\text{ải-KB1}} = 100,6 + 667,1 + (667 - 518) \cdot 2 + 200,1 + 667,2 + 467,2 + 100,2 = 4233 \text{ (kWh)} \quad (7)$$

- Kịch bản 1: Khi có lắp đặt hệ thống lưu trữ năng lượng và có khả năng đáp ứng toàn bộ nhu cầu của phụ tải. Năng lượng xả cần thiết để cung ứng cho tải được xác định theo biểu thức sau:

$$E_{X\text{ả-KB1}} = 4.233/0,85 = 4.980 \text{ (kWh)} \quad (8)$$

Do lượng điện năng trong quá trình xả  $E_{N\text{ạp}} = 1.936,3 \text{ kWh}$  nhỏ hơn lượng điện năng cần thiết trong quá trình xả  $E_{X\text{ả-KB1}} = 4.980 \text{ kWh}$  nên lượng điện năng từ lưới cần cung cấp cần thiết là:

$$E_{L\text{ưới-KB1}} = 4980 - 1.936,3 = 3.043,7 \text{ kWh} \quad (9)$$

Giả sử điện áp đầu cực  $U_{dc\text{BESS}} = 800 \text{ (V)}$  thì dung lượng bộ lưu trữ được xác định như sau:  $E_{\text{BESS-KB1}} = 4980.1000/800 = 6.225 \text{ (Ah)}$ . Với công suất xả lớn nhất cho phép là 1.152 kW, thì để cung cấp cho công suất phụ tải cực đại  $P_{x\text{ả}} = 667 \text{ kW}$  vào giờ cao điểm thì thời gian xả của hệ thống BESS trong trường hợp này là:  $t_{x\text{ả-KB1}} = 4980/667 = 7,47 \text{ (h)}$ . Tổng thời gian phụ tải cực đại trong chu kỳ 24 h là 5 h nên hoàn toàn đáp ứng yêu cầu.

- Kịch bản 2: Khi có lắp đặt hệ thống lưu trữ năng lượng nhưng hệ thống BESS chỉ cung cấp cho phụ tải với toàn bộ năng lượng đã lưu trữ thì năng lượng xả từ BESS với hiệu suất xả 85% là:

$$E_{X\text{ả-KB2}} = 1936,3 \times 0,85 = 1645,9 \text{ (kWh)} \quad (10)$$

Khi đó, lượng điện năng được lấy từ lưới điện hạ áp:

$$E_{L\text{ưới-KB2}} = 4233 - 1645,9 = 2587,1 \text{ kWh} \quad (11)$$

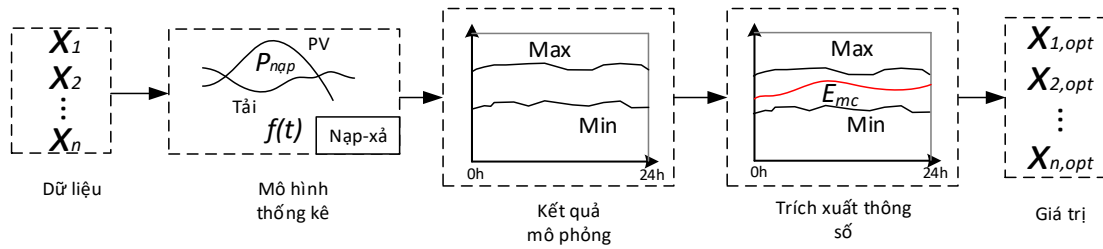
Khi điện áp đầu cực  $U_{dc\text{BESS}} = 800 \text{ (V)}$  thì dung lượng bộ lưu trữ được xác định như sau:  $E_{\text{BESS-KB2}} = 1936,3.1000/800 = 2420,4 \text{ (Ah)}$ . Với công suất phụ tải cực đại  $P_{x\text{ả}} = 667 \text{ kW}$  thì thời gian xả của hệ thống BESS là:  $t_{x\text{ả-KB2}} = 1645,9/667 = 2,46 \text{ (h)}$  sẽ chỉ đáp ứng một phần thời gian khi phụ tải đạt cực đại. Do đó, cần có phương pháp tiếp cận khác từ lưới để lựa chọn dung lượng hệ thống lưu trữ  $E_{\text{BESS}}$  (Ah) phù hợp.

Việc thiết kế, tính toán hệ thống lưu trữ năng lượng theo công suất phát khả dĩ được xác định theo các bước sau:

- + Căn cứ vào công suất xả  $P_{x\text{ả}}$  (kW) theo yêu cầu đáp ứng phụ tải cực đại và giá trị điện áp;
- + Xác định tổng thời gian xả theo yêu cầu công nghệ  $t_{x\text{ả}}$  (h);
- + Lựa chọn điện áp một chiều  $U_{dc\text{BESS}}$  (V);

+ Lựa chọn dung lượng lưu trữ phù hợp  $E_{BESS}$  (Ah)  
 + Tính toán giá trị điện áp vận hành trong thực tế, so sánh với dải giá trị điện áp cho phép:  $(0,9-1,1)U_{dm}$ .  
 Khi giá trị điện áp bị vi phạm sẽ hiệu chỉnh lại giá trị dung lượng lưu trữ cho đến khi đạt yêu cầu.

Quá trình này cần phải thu thập được dữ liệu về cấu trúc lưới, phụ tải, công suất phát của PV và tính toán lặp lại theo chu kỳ thời gian. Tuy nhiên, các thông số hệ thống mang tính bất định cao, phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong quá trình vận hành thực tế nên kết quả tính toán chỉ mang tính chất cục bộ cho một kịch bản vận hành cụ thể. Để có thể đáp ứng được trong mọi tình huống vận hành, cần đề xuất một phương pháp tiếp cận mới cho việc xác định dung lượng lưu trữ của pin quang điện. Hình 7 trình bày lưu đồ thuật toán dựa trên phương pháp thống kê với mô hình ngẫu nhiên (Monte-Carlo) để giải quyết vấn đề này.



Hình 7. Lưu đồ thuật toán lựa chọn dung lượng lưu trữ BESS.

Phương pháp thống kê dựa trên dữ liệu đo lường thời gian thực của các thông số là giải pháp mang tính chất tổng quát, có thể được áp dụng cho mọi cấu trúc vận hành trong thực tế. Căn cứ theo dải giá trị có thể có các thông số hệ thống lưu trữ BESS (min-max), các đáp ứng khả dụng của hệ thống sẽ được tạo ra, ví dụ như chuỗi đường cong năng lượng hệ thống  $E(t)$ . Thông qua quá trình dự đoán lượng công suất nạp-xả yêu cầu, các thông số phù hợp nhất của hệ thống BESS sẽ được trích xuất tương ứng với đường cong đáp ứng gần nhất ( $E_{mc}$ ). Nhược điểm duy nhất là phương pháp này yêu cầu thời gian tính toán lớn, số lượng dữ liệu thu thập nhiều, do đó cần xem xét kỹ lưỡng hơn trong quá trình áp dụng. Với sự trợ giúp của công cụ máy tính hiện đại, tốc độ tính toán đủ nhanh thì phương pháp này sẽ có tính khả thi cao.

#### 4. Kết luận

Thông qua những phân tích mang tính tổng quan và đi sâu vào các khía cạnh của việc khai thác và ứng dụng hệ thống pin lưu trữ, một số khuyến nghị áp dụng của việc tích hợp BESS như sau:

- Tối ưu hóa quá trình nạp-xả năng lượng từ pin lưu trữ năng lượng mang lại hiệu quả cao trong vận hành.

- Lựa chọn dung lượng phù hợp cho BESS đáp ứng theo biểu đồ phụ tải biến thiên. Khi số liệu phụ tải thu thập theo thời gian thực thì thuật toán tối ưu cần được áp dụng để tìm ra giá trị dung lượng hợp lý nhất cho cấu trúc vận hành thực tế.

- Việc ứng dụng hệ thống BESS cho các xí nghiệp công nghiệp với quy mô nhỏ, còn nhiều trở ngại, thách thức cần phải xem xét, tháo gỡ như giá thành chi phí đầu tư cao, quá trình vận hành tối ưu lưới điện chỉ mang tính chất cục bộ, phụ tải biến động và mang tính ngẫu nhiên.

- Khi có sự xâm nhập cao của các nguồn năng lượng tái tạo như điện mặt trời, điện gió công suất lớn thì việc lựa chọn dung lượng lắp đặt của hệ thống BESS, công suất phát, thời gian xả-nạp và vị trí đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ công tác điều chỉnh tần số, đảm bảo ổn định hệ thống như một thiết bị phụ trợ (Thủ tướng Chính phủ, 2023). Điều này sẽ cần đến những thể chế, chính sách được hoạch định cụ thể và minh bạch; nâng cao tính hấp dẫn và tính khả thi trong việc ứng dụng hệ thống lưu trữ năng lượng trong bài toán dịch chuyển năng lượng.

- Tận dụng và khai thác hiệu quả hơn những nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng sinh khối sẽ góp phần làm giảm lượng phát thải CO<sub>2</sub>, hướng tới Net-Zero và nền công nghiệp xanh, đáp ứng nhu cầu phát triển của phụ tải và mang lại hiệu quả kinh tế cao.

#### Tài liệu tham khảo

Bộ Công thương, (2015). Thông tư 39/2015/TT-BCT ngày 18/11/2015 của Bộ Công thương: Quy định hệ thống điện phân phối, đảm bảo các tiêu chuẩn điện áp, tần số, sóng hài tại điểm lắp đặt đo đếm.

Bộ Công thương, (2023). Quyết định 2941/QĐ-BCT ngày 8/11/2023 của Bộ Công thương: Quy định về giá bán điện.

Chatzigeorgiou, N., (2024). "A review on battery energy storage systems: applications, developments and research trends", *Energy Reports / ScienceDirect*.

Chính phủ, (2024). Nghị định 135/2024/NĐ-CP: Quy định về cơ chế, chính sách khuyến khích phát triển

- điện mặt trời mái nhà tự sản xuất, tự tiêu thụ có đầu nối lưới điện quốc gia.
- Nguyễn T. A., Lê T. M. C., Lê V. T., (2022). "Phân tích kinh tế - kỹ thuật hệ thống lưu trữ năng lượng ắc quy - ứng dụng điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện", *Tạp chí khoa học và công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Vol.20, No. 4.
- Prakash, K., Nair, S. and Jayakumar, S., (2022). "A review of battery energy storage systems for ancillary services in distribution grids", *Frontiers in Energy Research*, vol. 10.
- Thủ tướng Chính phủ, (2020). Chỉ thị số 20/CT-TTg về việc tăng cường tiết kiệm điện giai đoạn 2020-2025.
- Thủ tướng Chính phủ, (2023). Quyết định số 500/QĐ-TTg về việc phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quy hoạch điện VIII).

## ABSTRACT

### Assessing the impact of the battery energy storage system (BESS) on the grid in an industrial facility combined with rooftop solar power

Nguyen Thi Bich Hau, Do Duc Thanh  
*Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

With the strong development of renewable energy in Vietnam, especially solar power, the need to deploy battery energy storage systems (BESS) is becoming increasingly urgent. Energy storage technology is gradually becoming a global trend, providing a sustainable solution for creating clean electricity systems, reducing emissions (towards Net-Zero), and effectively responding to climate change (COP26 conference). The most typical application model of BESS (power range of 50kW-1MW) is integration with solar power systems, allowing charging during the day and releasing electricity at night or during periods of high electricity prices, giving users autonomy in electricity use and improving operational efficiency. Determining the appropriate battery storage system capacity to meet load demands is crucial during operation, especially for reducing electricity costs during peak hours. Furthermore, due to numerous uncertainties such as the solar power system's output, load power consumption, operating voltage, etc., these factors must be considered and calculated to select the optimal battery storage system capacity. Through the battery capacity calculation, this paper clarifies the impact of the battery storage system on the grid within an industrial facility incorporating rooftop solar power.

*Keywords:* Battery; BESS; Industrial facility; Solar Power.