

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐIỆN TÁI TẠO VÀO LƯỚI ĐIỆN HẠ THỂ

## RESEARCH ON THE APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY IN THE LOW VOLTAGE POWER SYSTEM

<sup>1</sup>Trương Đình Nhơn, <sup>2</sup>Nguyễn Thị Mi Sa, <sup>3</sup>Ngô Văn Thuyên, <sup>4</sup>Vũ Văn Phong

Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM

<sup>1</sup>nhontd@hcmute.edu.vn, <sup>2</sup>misa@hcmute.edu.vn,

<sup>3</sup>thuyen.ngo@hcmute.edu.vn, <sup>4</sup>phongvv@hcmute.edu.vn

**Tóm tắt:** Trong nội dung trình bày của bài báo, nhóm tác giả nghiên cứu về khả năng đáp ứng và mức độ ổn định của hệ thống phát điện tích hợp bao gồm những hệ thống phát điện phân tán từ các nguồn năng lượng tái tạo như điện mặt trời, điện gió khi vận hành ở chế độ độc lập và chế độ vận hành kết nối với lưới điện hạ thế nhằm xác định cơ chế làm việc hiệu quả và ổn định nhất cho hệ thống. Hệ thống điện có các nguồn năng lượng tái tạo phân tán cung cấp điện cho các loại phụ tải khác nhau bao gồm các tải đặc trưng như phụ tải là khu dân cư, các tải công nghiệp và hệ thống sạc cho xe điện được xét đến trong bài báo này. Kết quả mô phỏng cho hệ thống đề xuất được thực hiện trên công cụ Simulink của phần mềm Matlab. Các kịch bản khác nhau như chế độ vận hành độc lập và chế độ nối lưới cũng như các sự cố có thể xảy ra khi vận hành hệ thống cũng được giả lập. Từ các mô phỏng này có thể kết luận rằng trong hệ thống điện có tích hợp năng lượng tái tạo như máy phát điện gió và hệ thống phát điện mặt trời thì chế độ làm việc khi hệ thống được nối lưới sẽ giúp cho hệ thống điện tích hợp này hoạt động ổn định và tốt hơn so với chế độ độc lập.

**Từ khóa:** Điện mặt trời, điện gió, chế độ độc lập, chế độ nối lưới, ổn định.

**Mã phân loại:** 10.2

**Abstract:** In the context of this paper, the author studies the responsiveness and stability of the integrated power generation system including renewable energy sources such as wind power and solar photovoltaic power when working in stand-alone mode and grid-connected mode with low voltage grid to determine the most efficient and stable working mode for the system. The power generation system with renewable energy sources supplying electricity to the load includes typical loads such as residential loads, industrial loads, and electric vehicle charging systems considered in this paper. Simulation results for the proposed system are performed on the Simulink tool of Matlab software. Various scenarios such as stand-alone operation mode and grid-connected mode as well as possible problems during system operation are also simulated. From these simulation results, it can be concluded that in the power system with integrated renewable energy resources such as wind power and solar power, the grid-connected mode will help the system operate more stably and better than the stand-alone mode.

**Keywords:** Hybrid renewable energy, stand-alone mode, grid-connected mode, stability

**Classification code:** 10.2

### 1. Giới thiệu

Năng lượng tái tạo là nguồn năng lượng tự nhiên bền vững hiện đang nhận được sự quan tâm đáng kể trên toàn thế giới. Năng lượng mặt trời và năng lượng gió là hai dạng phổ biến nhất của nguồn năng lượng tái tạo trong việc chuyển hóa thành điện hiện nay. Tuy nhiên, sự thay đổi ngẫu nhiên của bức xạ mặt trời và tốc độ gió là một thách thức lớn khi tích hợp các nguồn phát điện này vào lưới điện do có thể gây ảnh hưởng đến ổn định của hệ thống điện.

Khái niệm lưới điện siêu nhỏ (MG Microgrid) đã được đề xuất trong thập kỷ vừa qua và đã thu hút sự quan tâm của các nhà đầu tư cũng như các nhà nghiên cứu, do MG dựa trên các nguồn tái tạo hỗn hợp như quang điện (PV) và điện gió có thể cung cấp điện đến các địa điểm ở xa lưới điện và có thể hoạt động một cách độc lập mà không cần có lưới điện quốc gia. Một số cấu hình của các hệ thống điện từ những nguồn điện ứng dụng năng lượng tái tạo được đề xuất trong [1], [2] có thể làm giảm sự gián đoạn cung cấp điện của các hệ thống này.

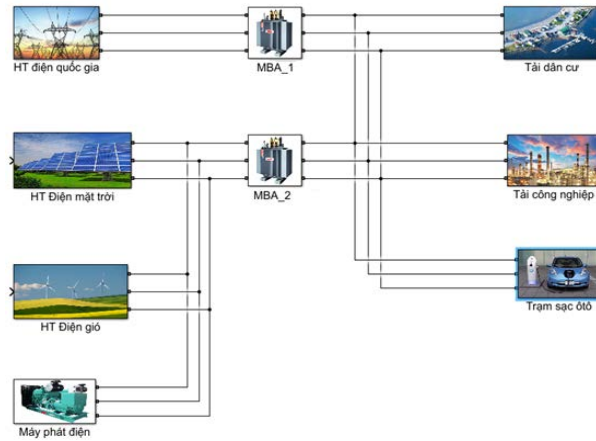
Ngoài ra, để nâng cao sự liên tục cung cấp điện thì các nhà máy điện sản xuất điện hỗn hợp điện gió và quang điện dựa trên trạm lưu trữ năng lượng pin tích hợp lưới điện đã được thiết kế để hoạt động ổn định của hệ thống và các tác động lên hệ thống đối với những điều kiện sự cố khác nhau [3]. Tuy nhiên, hiện nay chi phí của các hệ thống tích trữ năng lượng còn cao dẫn đến thời gian hoàn vốn của dự án dài nên chưa được ứng dụng nhiều trong thực tế.

Bên cạnh đó, vấn đề chính hiện đang gặp phải khi ứng dụng các hệ thống phát điện tích hợp này là việc hợp nhất các nguồn điện và kiểm soát giá trị biên độ điện áp và giá trị tần số của nó trong phạm vi cho phép khi hoạt động ở chế độ nối lưới hoặc độc lập. Để đảm bảo được nguồn năng lượng bền vững trong tương lai, các hệ thống điện tích hợp nêu trên với các chế độ và cấu hình khác nhau đã được nghiên cứu trong [4] – [6].

Trong bài báo này, một mô hình tích hợp nguồn điện từ năng lượng điện mặt trời và năng lượng từ điện gió vào lưới điện sinh hoạt được đề xuất và mô hình hóa trên công cụ Simulink của phần mềm Matlab để tiến hành mô phỏng nhằm kiểm tra đánh giá đáp ứng và tính ổn định trong miền thời gian của hệ thống nghiên cứu.

## 2. Hệ thống nghiên cứu

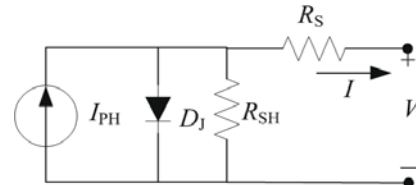
Hình 1 trình bày sơ đồ nguyên lý hệ thống điện đề xuất trong nghiên cứu này bao gồm các nguồn phát điện từ năng lượng tái tạo như: Hệ thống phát điện mặt trời từ tế bào quang điện (PV), các máy phát điện sử dụng tuabin gió và được kết nối vào lưới điện quốc gia kết hợp với máy phát điện diesel. Phân phụ tải bao gồm tải sinh hoạt của các khu vực dân cư, tải trong các khu công nghiệp (chủ yếu là động cơ điện) và hệ thống trạm sạc cho xe điện. Mô hình hóa mô phỏng của các thành phần này được lần lượt trình bày như sau:



Hình 1. Sơ đồ hệ thống điện nghiên cứu.

### 2.1. Hệ thống điện mặt trời

Các tấm pin quang điện (PV) sử dụng chủ yếu hiện nay là loại bán dẫn silic. Để đơn giản trong tính toán và mô phỏng cho loại pin này thì mạch điện tương đương được đề xuất như trong hình 2 [5] – [7].



Hình 2. Mạch điện thay thế pin mặt trời.

Trong sơ đồ mạch điện thay thế trên bao gồm:  $I_{PH}$  (A) là dòng quang điện, diode  $D_J$ ,  $R_{SH}$  ( $\Omega$ ) là điện trở dòng rò và  $R_S$  ( $\Omega$ ) là điện trở nối tiếp,  $I$  (A) là dòng điện phát ra với điện áp  $V$  (V) tương ứng.

Phương trình thể hiện mối quan hệ giữa  $I$  và  $V$  của pin mặt trời như sau [5]:

$$I = I_{PH} - I_S \left[ e^{\left( \frac{q}{kT_c A} (V - I.R) \right)} - 1 \right] - \frac{V - I.R}{R_{SH}} \quad (1)$$

Trong đó:

$I_S$  (A): Dòng điện bão hòa;

$q = 1,602 * 10^{-19}$  (C): Điện tích Electron;

$k = 1,38 * 10^{-23}$  (J / K): Hằng số Boltzmann;

$T_c$  (K): Nhiệt độ làm việc của pin;

$A$ : Hệ số chế tạo pin;

Dòng điện  $I_{PH}$  (A) phụ thuộc vào giá trị bức xạ mặt trời và thông số nhiệt độ của PV và được tính như sau:

$$I_{PH} = [I_{SC} + K_1(T_c - T_{ref})] \lambda \quad (2)$$

Với:

$I_{SC} (A)$ : Dòng điện ngắn mạch;

$K_1$ : Hệ số phụ thuộc vào nhiệt độ;

$T_{ref} (K)$ : Nhiệt độ tiêu chuẩn của tấm pin mặt trời;

$\lambda (W / m^2)$ : Bức xạ của mặt trời.

### 2.2. Hệ thống điện gió

Với hệ thống điện gió sử dụng tuabin gió trực ngang thì công suất cơ ( $P_{mec}$ ) thu được từ vận tốc gió phụ thuộc vào diện tích quét của cánh gió và vận tốc gió như phương trình sau [8]:

$$P_{mec} = \frac{1}{2} \rho A_r C_p (\alpha, \beta) \omega^3 \quad (3)$$

Trong đó:

$\rho$ : Mật độ không khí của nơi đặt tua bin;

$\omega$ : Vận tốc gió;

$A_r$ : Phần diện tích quét được của các cánh gió;

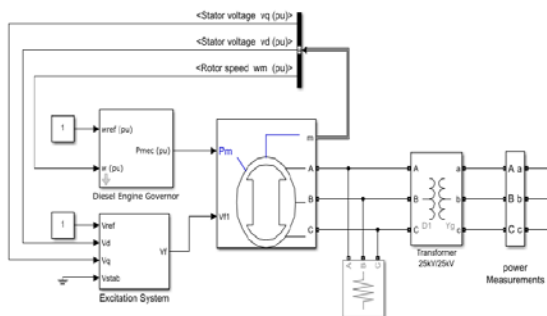
$\beta$ : Góc xoay ngang của cách quạt;

$\alpha$ : Tỷ số giữa tốc độ gió ở mặt và ở lưng;

$C_p$ : Hệ số công suất của tua bin gió sử dụng.

### 2.3. Hệ thống máy phát diesel

Mô hình của hệ thống máy phát điện diesel được tham khảo sử dụng từ mô hình trong Simulink như trình bày tại hình 3.

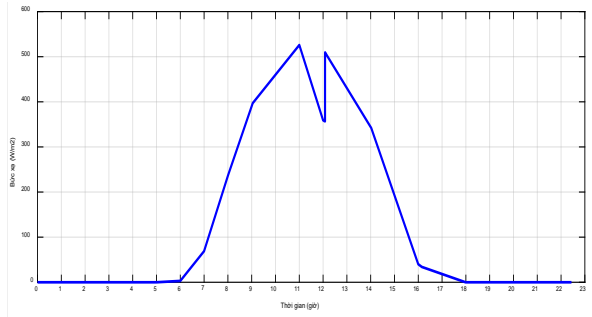


Hình 3. Sơ đồ mô phỏng máy phát diesel.

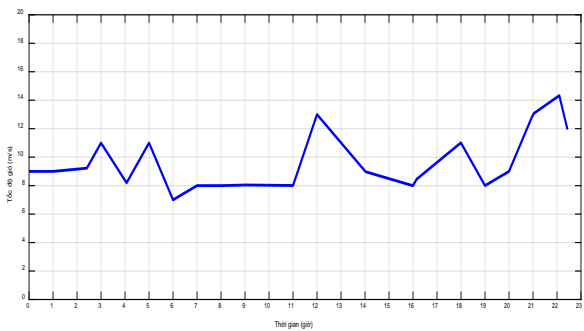
### 3. Các kết quả nghiên cứu

Trong nội dung này, các kịch bản giả lập để nghiên cứu bao gồm chế độ làm việc nối

lưới và chế độ độc lập trong 24 giờ được trình bày. Các thông số đầu vào được cho bao gồm sự thay đổi của bức xạ mặt trời như trong hình 4 và giá trị của vận tốc gió được cho như hình 5.

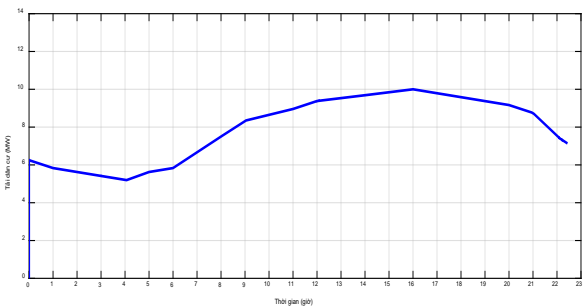


Hình 4. Giá trị của bức xạ mặt trời.

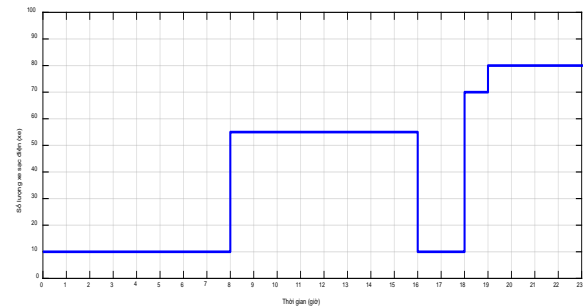


Hình 5. Tốc độ gió của tua bin.

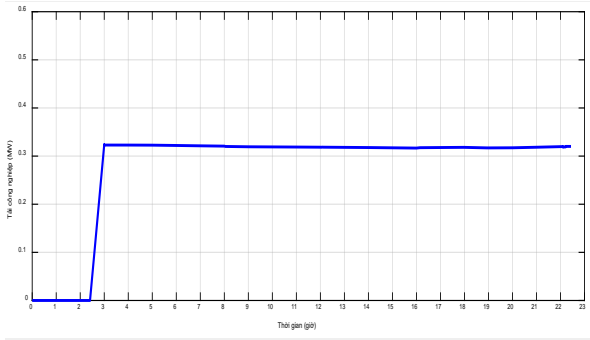
Các đồ thị cung cấp thông tin của các loại phụ tải được trình bày ở hình 6, hình 7 và hình 8.



Hình 6. Đồ thị phụ tải thể hiện cho khu vực dân cư.



Hình 7. Đồ thị thể hiện phụ tải là số xe điện.

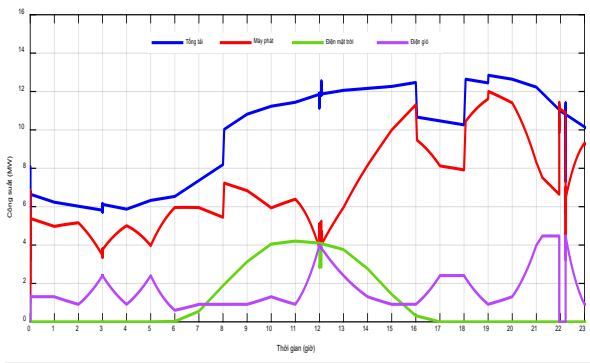


Hình 8. Đồ thị thể hiện tải công nghiệp.

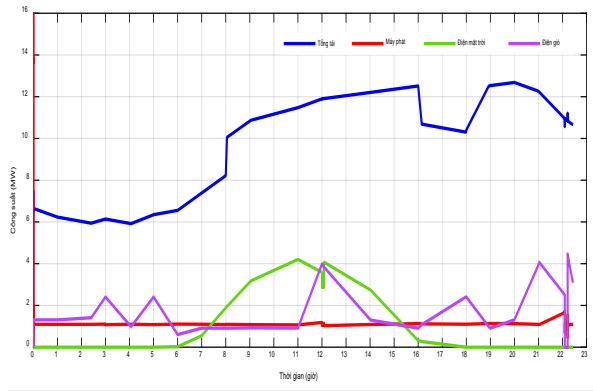
### 3.1. Kiểm tra các chế độ làm việc trong vòng 24 giờ

Để nghiên cứu đáp ứng động của hệ thống đề xuất trong 24 giờ, nhóm tác giả đã mô phỏng hệ thống trong Matlab với các thông tin được thể hiện từ hình 4 đến hình 8. Các kết quả mô phỏng được thể hiện trong hình 9 và hình 10.

Quan sát kết quả trên hình 9 và hình 10, có thể thấy rằng khi hệ thống hoạt động ở chế độ độc lập thì ngoài phần công suất được cấp từ điện mặt trời (đường màu xanh lá cây) và từ nguồn điện gió (đường màu tím) đến cung cấp cho các phụ tải thì máy phát diesel (đường màu đỏ) được điều khiển để phát bù thêm công suất cần thiết cấp cho các phụ tải (đường màu xanh dương) nhằm cân bằng công suất.



Hình 9. Hệ thống hoạt động ở chế độ độc lập.



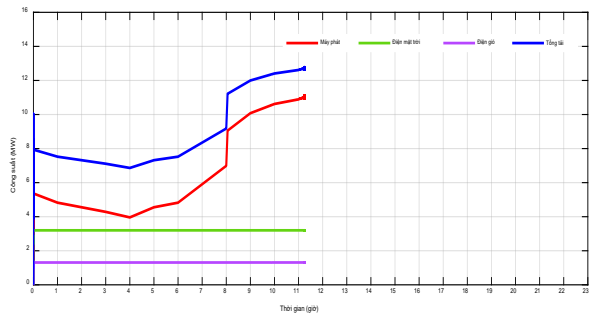
Hình 10. Hệ thống hoạt động ở chế độ nối lưới.

Ngược lại khi chuyển sang chế độ hòa lưới thì máy phát diesel chỉ phát rất ít công suất cung cấp cho tải. Ngoài phần công suất được cấp từ hệ thống điện mặt trời và các máy phát điện gió, thì phần công suất bổ sung cho tải sẽ được cấp từ nguồn.

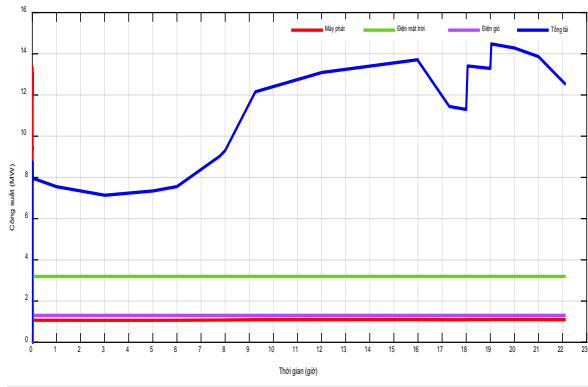
### 3.2. Khảo sát đáp ứng hệ thống khi tăng tải

Để đánh giá mức độ ổn định trong trường hợp tăng tải cho hệ thống ở tốc độ gió là 9 m/s và bức xạ mặt trời ổn định 400 W/m<sup>2</sup>. Các kết quả mô phỏng khi hệ thống ở chế độ độc lập và chế độ nối lưới được cho thấy trong hình 12 và hình 13 tương ứng.

Qua các kết quả mô phỏng được khi hệ thống hoạt động ở chế độ độc lập (hình 11) có thể nhận thấy rằng nếu tải tăng lên 13 MW thì hệ thống mất ổn định. Khi đó, nếu hoạt động ở chế độ nối lưới thì hệ thống vẫn hoạt động bình thường như thể hiện trong hình 12.



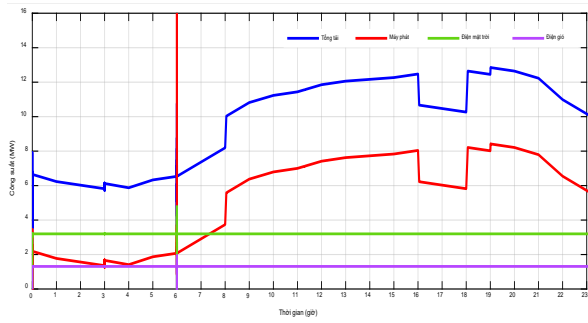
Hình 11. Phân bố công suất ở chế độ độc lập.



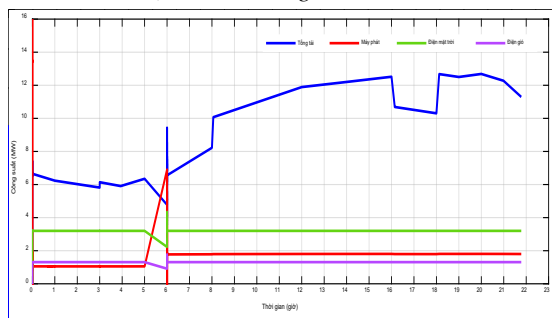
**Hình 12.** Phân bố công suất của hệ thống trong chế độ nổi lưới.

**3.3. Sự cố ngắn mạch ở tải là khu dân cư**

Nhóm tác giả tiến hành chạy mô phỏng cho hệ thống khi xảy ra sự cố ngắn mạch một pha vào lúc 06 giờ tại tải của khu dân cư. Các kết quả thể hiện trong hình 13 và hình 14 là đáp ứng của hệ thống khi hoạt động ở chế độ độc lập và chế độ kết nối với lưới điện.



**Hình 13.** Đáp ứng trong chế độ độc lập khi ngắn mạch ở tải trong khu dân cư.

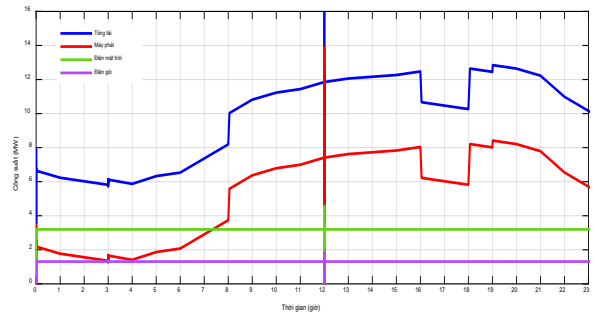


**Hình 14.** Đáp ứng của hệ thống trong chế độ nối lưới khi ngắn mạch ở khu dân cư.

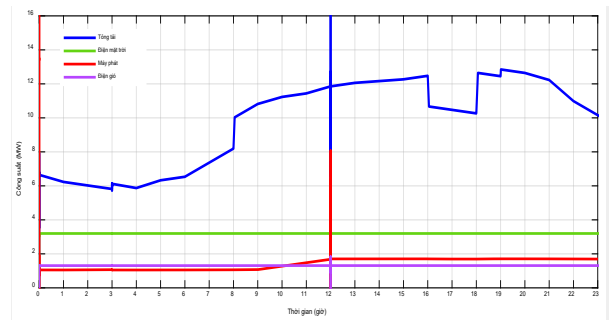
Từ các kết quả của quá trình mô phỏng đã trình bày, có thể kết luận rằng, trong hình 13 sự dao động quá độ xảy ra ở máy phát điện diesel là lớn nên sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của hệ thống điện. Trong khi đó, nếu hệ thống hoạt động ở chế độ nổi lưới (hình 14) thì sự dao động này là không nhiều nên độ ổn định của hệ thống sẽ tốt hơn.

**3.4. Ngắn mạch xảy ra ở khu vực sạc xe điện**

Trong kịch bản này, ta tiến hành mô phỏng đáp ứng của hệ thống khi xảy ra sự cố ngắn mạch tại trạm sạc xe điện ở thời điểm 12 giờ.



**Hình 15.** Ở chế độ độc lập khi sự cố ngắn mạch tại trạm sạc cho các xe điện.



**Hình 16.** Ở chế độ kết nối lưới điện khi sự cố ngắn mạch tại trạm sạc cho các xe điện.

Kết quả mô phỏng được thể hiện lần lượt trong hình 15 và hình 16.

Từ các kết quả mô phỏng này ta cũng nhận thấy rằng, giá trị đỉnh của đáp ứng quá độ trên máy phát tăng cao lên đến 14 MW làm cho độ vọt lố ở chế độ độc lập tăng như thể hiện trong hình 15 thay vì giá trị 8 MW ở trường hợp hệ thống hoạt động ở chế độ nổi lưới như trong hình 16.

**4. Kết luận**

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã đưa ra mô hình phát điện tích hợp các nguồn điện phân tán từ năng lượng tái tạo như máy phát điện gió và hệ thống phát điện mặt trời vào lưới điện hạ thế để cung cấp điện cho các phụ tải khác nhau như tải ở khu vực dân cư, tải đặc trưng ở các khu công nghiệp và một loại tải mới đó là các hệ thống sạc cho xe điện. Sau khi tiến hành mô phỏng để đánh giá độ ổn định cũng như khả năng đáp ứng của hệ thống khi làm việc ở chế độ độc lập và ở chế độ kết nối với lưới điện. Qua các kết quả trên

đã cho thấy rằng, với hệ thống phát điện tích hợp đề xuất như trong nghiên cứu này khi hệ thống làm việc trong chế độ kết nối với lưới điện hạ thế sẽ hoạt động ổn định hơn so với trường hợp cho hệ thống làm việc ở chế độ độc lập. Các kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở để so sánh và đánh giá với các kết quả đo đạc và giám sát hệ thống thực tế □

### Tài liệu tham khảo

- [1] Mike Rycroft (2016), *The development of renewable energy based mini-, micro- and nano-grids*, EE Publisher;
- [2] Hina Fathima, Prabakaran N, Palanisamy K, Akhtar Kalam, Saad Mekhilef, and Jackson Justo (2018), *Hybrid-Renewable Energy Systems in Microgrids*, Woodhead Publishing;
- [3] K. Rakib, S. M. Salimullah, M. S. Hossain, M. A. Chowdhury, and J. S. Ahmed (2020), *Stability Analysis of Grid Integrated BESS Based Hybrid Photovoltaic (PV) and Wind Power Generation*, 2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSymp), Dhaka, Bangladesh, pp. 1717-1720;
- [4] Linus A. Alwal, Peter K. Kihato and Stanley I. Kamau (2018), *A Review of Control Strategies for Microgrid with PV-Wind Hybrid Generation Systems*, Sustainable Research and Innovation Conference, JKUAT Main Campus, Kenya;
- [5] S. S. Yadav and K. S. Sandhu (2018), *A Grid Connected Hybrid PV/Fuel Cell/Battery Using Five Level PWM Inverter*, 2018 International Conference on Emerging Trends and Innovations In Engineering And Technological Research (ICETIETR), Ernakulam, pp. 1-5;
- [6] L. Wang, C. Lam, and M. Wong (2018) *Analysis, Control, and Design of a Hybrid Grid-Connected Inverter for Renewable Energy Generation With Power Quality Conditioning*, IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 33, no. 8, pp. 6755-6768;
- [7] Y. Guo, J. Li, T. Shi, X. Wang, and M. Miao (2018), *Research on Coordinated Control Strategies of Hybrid PV/CSP Power Plants*, 2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), Tianjin, 2018, pp. 2077-2081;
- [8] S. S. Yadav and K. S. Sandhu (2018), *A Grid Connected Hybrid PV/Fuel Cell/Battery Using Five Level PWM Inverter*, 2018 International Conference on Emerging Trends and Innovations In Engineering And Technological Research (ICETIETR), Ernakulam, pp. 1-5.

**Ngày nhận bài: 02/07/2021**

**Ngày chuyển phản biện: 07/07/2021**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 28/07/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 04/08/2021**