

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN MẶT TRỜI PHONG ĐIỀN ĐẾN LƯỚI ĐIỆN TỈNH THỪA THIÊN - HUẾ

SURVEYING THE IMPACT OF PHONG DIEN PHOTOVOLTAIC PLANT ON THUA THIEN - HUE GRID

Dương Minh Quân¹, Hoàng Dũng², Mã Phước Khánh³, Trần Ngọc Thiên Nam¹

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; dmquan@dut.udn.vn

²Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng; hdung@ute.udn.vn

³Trung tâm Điều độ Hệ thống điện miền Trung; khanhmp.a3@nldc.evn.vn

Tóm tắt - Năng lượng tái tạo ngày càng phát triển mạnh mẽ và đang dần trở thành một bộ phận quan trọng trong hệ thống điện quốc gia. Chính phủ Việt Nam ngày càng quan tâm về loại hình năng lượng này, nhất là về năng lượng mặt trời với nhiều dự án đã được phê duyệt. Hiện nay, nhà máy điện mặt trời Phong Điền, dự án điện mặt trời đầu tiên của cả nước, đang được quy hoạch xây dựng và dự kiến kết nối với lưới điện vào cuối năm 2018. Điều này sẽ ảnh hưởng đến các chế độ vận hành trong lưới điện khu vực. Trong bài báo này, các tác giả trình bày nghiên cứu về tác động của nhà máy điện mặt trời Phong Điền đến trào lưu công suất ở chế độ ổn định tĩnh và ổn định động. Các tác động tiêu cực cũng như lợi ích của nhà máy điện mặt trời Phong Điền đến lưới điện tỉnh Thừa Thiên - Huế được thể hiện trên các kết quả mô phỏng.

Từ khóa - Nguồn phân tán; PV; Hệ thống điện; Ổn định tĩnh; Ổn định động.

Abstract - Renewable energy is growing rapidly and becoming an important part of the national electricity system. The Government of Vietnam is increasingly showing interest in this kind of energy, especially in terms of solar energy with many projects being approved. Currently, Phong Dien Solar Power Plant, the first large scale solar power project in Vietnam, is under construction and is scheduled to connect to the grid at the end of 2018. This will affect operating mode in the regional power grid. Therefore, the paper studies the impact of Phong Dien solar power plant on Thua Thien Hue grid on the power flow in steady-state and transient-state. Simulation results show the pros and cons of Phong Dien solar power plant in Thua Thien Hue power system.

Key words - Distributed generator; PV; Power system; Steady-state; Transient-state.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, các nguồn nhiên liệu hóa thạch ngày càng cạn kiệt, nhu cầu về sản lượng điện năng ngày một tăng cao, đồng thời các vấn đề về môi trường diễn biến ngày một xấu đi. Điều này làm tăng gánh nặng cho các hệ thống điện truyền thống, do đó việc phát triển các nguồn năng lượng tái tạo ngày càng trở nên cần thiết. Theo Cơ quan Năng lượng tái tạo quốc tế (IRENA), số lượng quốc gia phê chuẩn các mục tiêu sử dụng năng lượng tái tạo đã tăng đến 154 cho thấy sự quan tâm của các quốc gia về loại hình năng lượng này [1], [2]. Năng lượng mặt trời được xem là một lựa chọn thích hợp hiện nay, với chi phí đầu tư thấp hơn năng lượng gió. Ngày càng có nhiều nhà máy điện mặt trời (PV) được đề xuất quy hoạch, chủ yếu dưới dạng các nguồn phân tán (DG). Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng tùy thuộc vào mức độ xâm nhập của PV dưới dạng DG sẽ gây ra một số ảnh hưởng đến lưới điện [3-5].

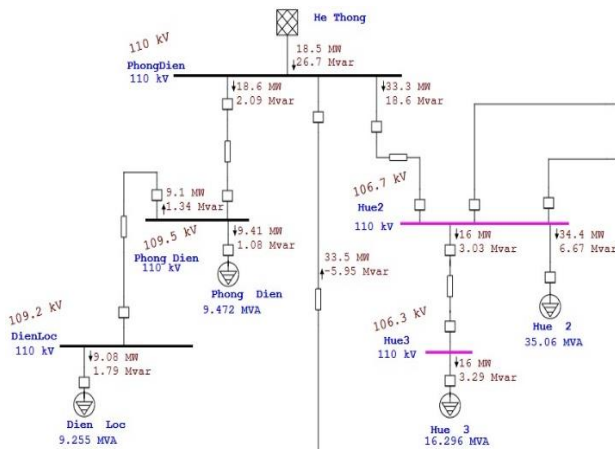
Ảnh hưởng của PV lên hệ thống điện phân phối đang là đề tài của nhiều cuộc điều tra [6], [7]. Những nghiên cứu này tập trung vào vị trí kết nối và các chiến lược để kiểm soát nhằm nâng cao hiệu suất nguồn năng lượng mặt trời, nhưng chưa cho thấy tác động rõ nét đến lưới điện kết nối hay chỉ sử dụng các mô hình lưới điển hình [8]. Ngày nay, tỉ lệ PV xâm nhập vào lưới điện có chiều hướng ngày càng gia tăng, điều này ảnh hưởng đến quá trình vận hành ở trạng thái xác lập và quá độ của hệ thống điện.

Tại Việt Nam, với chính sách khuyến khích năng lượng mặt trời, các dự án PV ngày một phát triển trên nhiều tỉnh thành: Quảng Ngãi; Khánh Hòa, Bình Thuận,... Tại tỉnh Thừa Thiên - Huế, dự án nhà máy điện mặt trời Phong Điền là nhà máy đầu tiên trên địa bàn tỉnh này, có công suất lắp đặt lớn chiếm gần 20% công suất phụ tải địa phương. Tuy nhiên, những tác động của nó đến lưới điện chưa được xem xét. Trong bài viết này, các tác giả trình bày nghiên cứu về mức độ ảnh hưởng của Phong Điền PV đến lưới điện 110kV tỉnh Thừa Thiên - Huế thông qua mô phỏng bằng phần mềm ETAP.

2. Lưới điện 110 kV tỉnh Thừa Thiên - Huế và nhà máy điện mặt trời Phong Điền

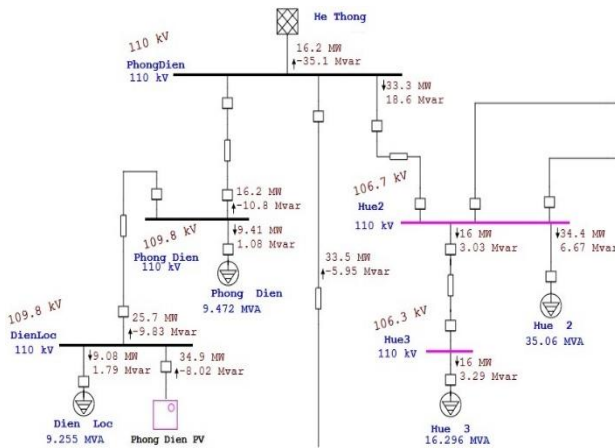
2.1. Lưới điện 110 kV tỉnh Thừa Thiên - Huế

Lưới điện 110 kV tỉnh Thừa Thiên - Huế gồm có 375km đường dây 110kV và 11 trạm biến áp 110kV với 16 máy biến áp. Tổng công suất lắp đặt các máy biến áp 110kV là 531MVA. Các trạm biến áp 110kV chủ yếu nhận điện từ hai trạm biến áp 220kV Huế và Phong Điền, cùng với các nguồn thủy điện nối lưới 110 kV: nhà máy thủy điện Hương Điền (81MW); thủy điện Bình Điền (44MW) và thủy điện Tà Trạch (21MW). Ngoài ra, ở cấp điện áp 220kV có nhà máy thủy điện A Lưới (170MW) được nối liên kết với hệ thống điện Quốc gia thông qua các trạm biến áp 220 kV Huế và Phong Điền [9]. Sơ đồ mô phỏng lưới điện được thể hiện trong Hình 1.



Hình 3. Trào lưu công suất khi không có sự kết nối của Phong Điền PV

Thông qua trạm biến áp 220 kV Phong Điền, hệ thống điện quốc gia phải cung cấp cho lưới điện 110 kV tỉnh Thừa Thiên - Huế một lượng công suất 18,5 MW và 26,7 MVar vào lúc cao điểm. Điều này cho thấy các nguồn phát tại Thừa Thiên - Huế nối lưới điện 110kV của tỉnh vẫn chưa cung cấp đủ lượng công suất mà phụ tải cần thiết. Do vậy, lưới điện này luôn phải luôn nhận nguồn công suất từ hệ thống truyền tải điện quốc gia.



Hình 4. Trào lưu công suất khi có sự kết nối của Phong Điền PV

Trường hợp có sự kết nối của Phong Điền PV sẽ tạo ra sự thay đổi về trào lưu công suất. Hình 4 cho thấy khi đưa nhà máy vào vận hành, gánh nặng về công suất tác dụng cung cấp cho lưới địa phương được chia sẻ cho Phong Điền PV, khi đó nó có thể phát đến khoảng 35 MW. Hệ thống truyền tải lúc này không cần phải cung cấp công suất tác dụng nữa mà trái lại nó nhận 16,2 MW, đây là lượng công suất còn lại của Phong Điền PV sau khi cung cấp cho 2 phụ tải Điện Lộc và Phong Điền. Đồng thời lượng công suất phản kháng khu vực này lấy từ hệ thống cũng thay đổi đáng kể, tăng 8,4 MVar (35,1 MVar so với 26,7 MVar).

Thông thường, các nguồn năng lượng mặt trời ưu tiên vận hành với hệ số công suất bằng 1, điều này đồng nghĩa nhà máy không phát ra công suất phản kháng. Các thiết bị của nhà máy phải hút công suất phản kháng từ các khu vực lân cận về để hoạt động, nhất là các máy biến áp. Do vậy, trong quá trình Phong Điền PV vận hành, nhà máy cần tiêu thụ một lượng rất lớn 8,02 MVar.

4. Ổn định động trong lưới điện khi có hay không sự kết nối của Phong Điền PV

Ngoài chế độ vận hành tĩnh, quá trình ổn định động là một phần không thể thiếu trong hệ thống điện. Nó cho biết khả năng vận hành lúc xảy ra sự cố cũng như quá trình phục hồi của lưới điện sau đó. Trong bài báo này, hai sự cố nghiêm trọng được xét đến:

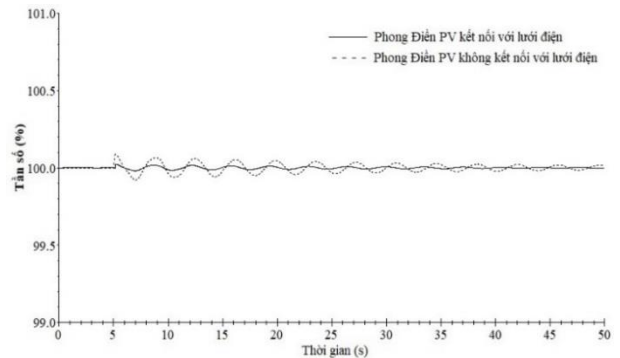
- Trường hợp 1: Sự cố ngắn mạch 3 pha thoáng qua trên đường dây 110kV Điện Lộc - Phong Điền PV trong trường hợp lưới điện có kết nối và không kết nối với Phong Điền PV. Đây là sự cố gần khu vực kết nối của Phong Điền PV và lưới điện.

- Trường hợp 2: Đợt ngớt mất toàn bộ lượng công suất của Phong Điền PV khi thiếu sự hỗ trợ từ hệ thống điện quốc gia và khi có giải pháp hỗ trợ từ hệ thống điện quốc gia.

4.1. Trường hợp 1 - Sự cố trên đường dây kết nối:

Kịch bản giả định sự cố thoáng qua trên đường dây 110kV Điện Lộc - Phong Điền PV ở giây thứ 5 và được giải trừ sau 150ms.

4.1.1. Đáp ứng tần số



Hình 5. Đáp ứng tần số của lưới điện trong trường hợp 1

Khi xảy ra sự cố, Hình 5 cho thấy khi Phong Điền PV kết nối với lưới điện, tần số rất ổn định gần như không bị dao động khi biên độ chỉ là 0,02% và phục hồi nhanh chóng. Với trường hợp không có sự kết nối của Phong Điền PV, tần số có mức độ dao động lớn hơn với biên độ 0,15% trong khoảng thời gian 15 giây. Phải mất một thời gian dài tần số mới ổn định.

Để giải thích cho hiện tượng này có thể dựa vào phương trình sau [11]:

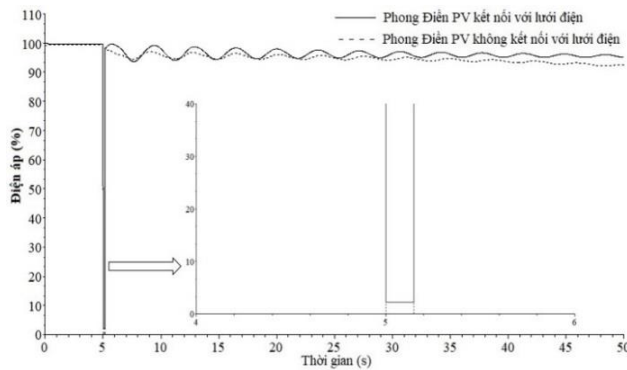
$$P_g - P_l = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} J_{sys} \cdot \omega_{el} \right) \quad (1)$$

Trong đó, P_g là công suất của các nguồn điện trong lưới, P_l là công suất phụ tải, ω_{el} là tần số góc hệ thống và J_{sys} là quán tính của hệ thống.

Khi có sự kết nối của Phong Điền PV, công suất các nguồn phát trong lưới điện tăng lên, đồng thời tần số hệ thống được giữ ở mức cố định, điều này giúp nâng cao quán tính của hệ thống. Lúc sự cố xảy ra, quán tính hệ thống lớn làm cho vận tốc của các máy phát truyền thống khó thay đổi hơn, giúp cho tần số hệ thống ít bị biến động và có thể nhận được sự hỗ trợ kịp thời từ hệ thống. Mặt khác, với trường hợp còn lại, quán tính hệ thống thấp làm cho tần số dễ bị tác động và khả năng phục hồi lâu hơn.

4.1.2. Đáp ứng điện áp

Về đáp ứng về điện áp, kết quả thu được trong Hình 6 cũng cho thấy lưới điện có đáp ứng tốt hơn khi có Phong Điện PV.



Hình 6. Đáp ứng điện áp tại thanh cái Điện Lộc trong trường hợp 1

Trong cả hai trường hợp, điện áp đều giảm sâu khi xảy ra sự cố. Tuy nhiên khi có Phong Điện PV kết nối vào lưới điện, điện áp vẫn còn giữ được ở mức 5%, trong khi trường hợp còn lại điện áp giảm hoàn toàn xuống mức 0%. Sau sự cố, lưới điện khi có kết nối với Phong Điện PV cho thấy khả năng phục hồi nhanh với mức điện áp cao hơn, gần bằng với giá trị trước sự cố. Sự thay đổi tần số khi xảy ra và sau khi giải trừ sự cố (như Hình 5) kéo theo sự biến thiên từ thông trong các máy phát điện đồng bộ, điều này gây nên sự mất ổn định điện áp đầu cực và tốc độ đồng bộ máy phát, làm cho điện áp lưới dao động. Điện áp đầu ra của các máy phát đồng bộ được xác định qua công thức sau [12]:

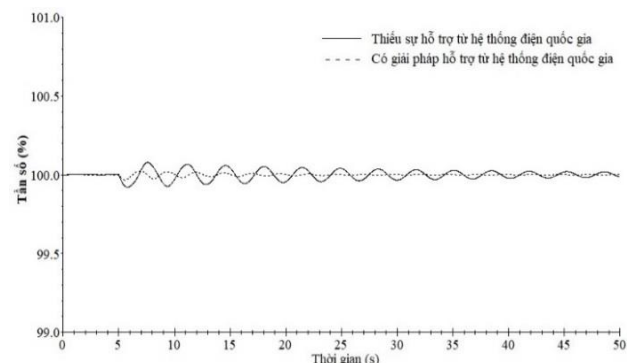
$$E_{RMS} = \sqrt{2} \pi N_s \Phi f \quad (2)$$

trong đó N_s số vòng dây quấn một pha của stator, Φ là từ thông móc vòng qua stator và f là tần số lưới điện.

4.2. Trường hợp 2 - Sự cố mất công suất phát của Phong Điện PV:

Hiện tượng che khuất là điều kiện thời tiết cực đoan thường xuyên xảy ra, gây ảnh hưởng tiêu cực đến các nhà máy điện mặt trời [13]. Hiện tượng này có thể làm giảm mất đột ngột lượng công suất phát ra từ các nhà máy điện mặt trời. Do đó, sự cố nghiêm trọng nhất được giả định trong trường hợp này là Phong Điện PV mất toàn bộ công suất phát ở giây thứ 5 để kiểm tra các đáp ứng về tần số và điện áp trong lưới điện.

4.2.1. Đáp ứng tần số

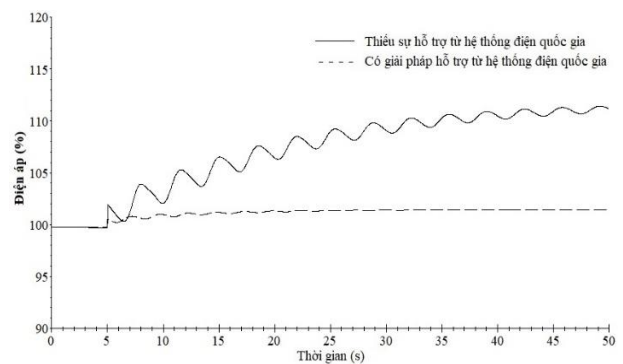


Hình 7. Đáp ứng tần số của lưới điện trong trường hợp 2

Có thể thấy ở Hình 7, sự cố xảy ra làm cho tần số lưới điện dao động tương tự với giả định sự cố ở trường hợp 1. Khi thiếu sự hỗ trợ từ hệ thống điện quốc gia, đáp ứng tần số dao động lớn hơn và thời gian phục hồi cũng lâu hơn. Biên độ giao động trong khoảng 0,1% và phục hồi sau 50s, trong khi trường hợp còn lại mức độ dao động chỉ khoảng 0.03% và phục hồi sau 25s.

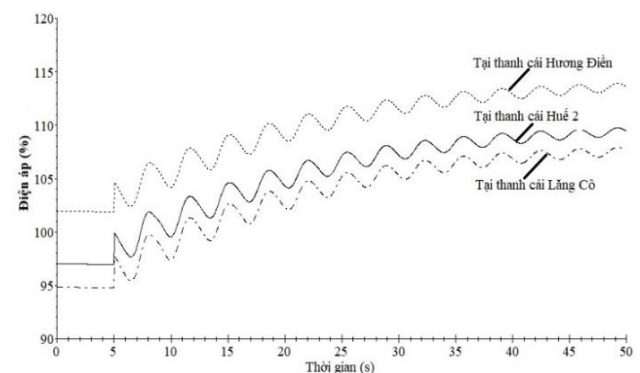
Dựa vào phương trình (1), khi mất đi toàn bộ công suất nhà máy và thiếu sự hỗ trợ từ hệ thống điện quốc gia, công suất các nguồn phát giảm trong khi công suất phụ tải và quán tính hệ thống không đổi dẫn đến việc tần số bị dao động mạnh. Khi có giải pháp hỗ trợ đầy đủ từ hệ thống điện quốc gia (như tự động điều chỉnh nấc phân áp tại trạm các trạm biến áp 220kV Huế, Phong Điền...), lượng công suất mất đi từ Phong Điện PV có thể được bù đắp làm cho mức độ chênh lệch công suất của nguồn phát và phụ tải giảm xuống, tần số lưới điện ít bị ảnh hưởng và quá trình phục hồi cũng nhanh hơn.

4.2.2. Đáp ứng điện áp



Hình 8. Đáp ứng điện áp tại thanh cái Điện Lộc trong trường hợp 2

Với đáp ứng điện áp như Hình 8, điện áp tại thanh cái Điện Lộc gặp vấn đề nhỏ lúc mới xảy ra sự cố và chỉ cần 15s để ổn định nếu có giải pháp hỗ trợ từ hệ thống điện quốc gia. Nhưng khi mất đi toàn bộ công suất phát từ Phong Điện PV đồng thời thiếu sự hỗ trợ của hệ thống, lưới điện phải đối mặt với một vấn đề nghiêm trọng – quá điện áp trong lưới. Điện áp tăng vọt và dao động mạnh trong quá trình sự cố, cụ thể tăng lên đến mức 112%. Để kiểm chứng thêm, các thanh cái ở khu vực lân cận (Huế 2, Hương Điền) và khu vực cách xa nhà máy nhất (Lăng Cô) được khảo sát thêm, tất cả được thể hiện qua Hình 9.



Hình 9. Đáp ứng điện áp tại thanh cái lân cận khu vực kết nối với Phong Điện PV

Kết quả thu được cho thấy điện áp tại các khu vực xét đến trong lưới điện đều tăng và dao động mạnh tương tự như ở thành cái Điện Lộc. Lượng công suất phản kháng trong lưới tăng lên sau khi xảy ra sự cố chính là nguyên nhân của hiện tượng này. Như đã đề cập ở trào lưu công suất, Phong Điện PV vận hành với hệ số công suất bằng 1, lưới điện sẽ phải cung cấp một công suất phản kháng cho các thiết bị của nhà máy này hoạt động. Khi đột ngột mất đi lượng công suất tác dụng, Phong Điện PV sẽ ngưng thu lượng công suất phản kháng do lưới điện cung cấp, gây dư thừa công suất phản kháng. Cùng với việc thiếu sự hỗ trợ của hệ thống, lượng công suất phản kháng này không tiêu tán hết mà liên tục luân chuyển trong lưới và làm dâng cao điện áp. Điện áp nếu tăng quá cao có thể làm già hóa cách điện của các thiết bị điện, thậm chí có thể đánh thủng cách điện làm hư hỏng thiết bị điện, gây mất ổn định trong lưới. Nghiêm trọng nhất, hiện tượng rã lưới có thể xảy ra nếu các đáp ứng không thể tuân theo các tiêu chuẩn của lưới điện (hay còn gọi là Grid code) [14-16].

5. Kết luận

Việc đưa Phong Điện PV vào vận hành phần nào giải quyết được các bài toán về gia tăng công suất nguồn phát khi yêu cầu phụ tải ngày một tăng cao. Phát triển năng lượng mặt trời được xem là xu thế hiện nay khi nó có xuất đầu tư bé hơn năng lượng gió.

Việc kết nối Phong Điện PV vào lưới điện tỉnh Thừa Thiên - Huế gây nên một số ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình xác lập: đảo chiều công suất tác dụng, cần phải tăng lượng công suất phản kháng trong lưới cung cấp cho nhà máy Phong Điện PV hoạt động, nhất là hiện tượng điện áp tăng khi mất đột ngột toàn bộ lượng công suất của nhà máy này do các trường hợp sự cố mà thường xuyên nhất là hiện tượng che khuất do mây mù. Về chiều hướng tích cực, việc kết nối Phong Điện PV vào lưới điện tỉnh Thừa Thiên - Huế góp phần giữ cho tần số và điện áp ổn định khi xảy ra các sự cố ngoài nhà máy.

Ngoài ra, cần có các biện pháp khắc phục trường hợp điện áp dâng cao khi Phong Điện PV đột ngột mất hết toàn bộ công suất. Lưới điện phải được vận hành hợp lý để tránh trường hợp lượng công suất phản kháng trong lưới quá cao, hoặc phải có các thiết bị kháng bù ngay để tiêu thụ lượng công suất phản kháng sau sự cố, đáp ứng đúng theo các tiêu chuẩn về lưới điện của Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng theo đề tài có mã số:

T2018-02-33.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Karimi, M., Mokhlis, H., Naidu, K., Uddin, S. and Bakar, A.H. "Photovoltaic penetration issues and impacts in distribution network – A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53(364-0321), 2016, pp. 594–605.
- [2] Dương Minh Quân, Hoàng Dũng, Nguyễn Đức Anh, "So sánh ổn định quá độ của hệ thống máy phát tuabin gió có tốc độ không đổi và hệ thống máy phát tuabin gió có tốc độ thay đổi giới hạn", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, số 11, 2017, trang: 96-100.
- [3] Minh Quan Duong, Ngoc Thien Nam Tran, Gabriela Nicoleta Sava, Mircea Scripcariu, "The Impacts of Distributed Generation Penetration into the Power System", *2017 International Conference on Electromechanical and Power Systems (SIELMEN)*, 2017, pp. 295-301.
- [4] Ipinnimo O., Chowdhury, S., Chowdhury S.P. & Mitra, J., "A review of voltage dip mitigation techniques with distributed generation in electricity networks", *Electric Power Systems Research*, 103(10), 2013, pp. 28-30.
- [5] Barker, P. P. & Mello, R. W., "Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems: 1. Radial Distribution Systems", *IEEE*, 3(0), 2000, pp. 1645-1650.
- [6] N. Srisaen and A. Sangswang, "Effects of PV grid-connected system location on a distribution system", in *Proc. IEEE Asia Pacific Conf. Circuits and Systems*, Dec. 2006, pp. 852–855.
- [7] P. P. Barker and R. W. De Mello, "Determining the impact of distributed generation on power systems: Part I radial distribution systems", in *Proc. IEEE Power and Engineering Society Summer Meeting, Seattle, WA*, vol. 3, Jul. 2000, pp. 1645–1656.
- [8] S. Achilles, S. Schramm, and J. Bebic, "Transmission System Performance Analysis for High-Penetration Photovoltaics", *NREL*, 2008, Rep. No. SR-581-42300. [Online], có tại: <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/42300.pdf>
- [9] Trung tâm Điều độ Hệ thống Điện Miền Trung, trang chủ: <http://www.crldc.evn.vn/>
- [10] Global Solar Atlas, trang chủ: <http://globalsolaratlas.info/>
- [11] Tielens, P and Hertem, D. V., "Grid Inertia and Frequency Control in Power Systems with High Penetration of Renewables", *ELECTA Research Group*, 2012, pp. 1-5.
- [12] J.G. Kassakian, & R. Schmalensee (2011), "The Future of the Electric Grid", Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- [13] Ảnh hưởng của hiện tượng che khuất đến pin mặt trời và giải pháp. Tác giả: Dương Minh quân, Đinh Thị Sen. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, ISSN 1859-1531. Số: 03(112), năm 2017, trang: 26-29.
- [14] Thông tư số 39/2015/TT-BCT, Bộ Công Thương - chính phủ Việt Nam, Năm 2015, Trang chủ: <http://www.moit.gov.vn>
- [15] Thông tư số 25/2016/TT-BCT, Bộ Công Thương - chính phủ Việt Nam, Năm 2016, Trang chủ: <http://www.moit.gov.vn>
- [16] Tennet - Onshore Grid Code, Gridcode for High and Extra High Voltage, 2015.

(BBT nhận bài: 25/9/2018, hoàn tất thủ tục phản biện: 15/10/2018)