

NGHIÊN CỨU PHẦN MỀM ETAP XEM XÉT SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN MẶT TRỜI ĐẾN LƯỚI ĐIỆN

Etap Software Research Considering the Impact of Solar Power Plant on Power Grid

Trần Hữu Tính^{(1)*}, Huỳnh Phát Triển⁽¹⁾, Nguyễn Trần Thị Mỹ Xuân⁽¹⁾
Lê Quốc Khương⁽¹⁾, Huỳnh Văn Phú⁽¹⁾

⁽¹⁾Trường ĐH Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ

Tóm tắt

Vấn đề lớn nhất khi sử dụng nguồn năng lượng điện là nguồn nhiên liệu hóa thạch đang dần cạn kiệt. Chính vì thế, các nguồn năng lượng tái tạo đã được sử dụng rất nhiều và đặc biệt nguồn năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng dễ sử dụng và chi phí đầu tư thấp. Hệ thống điện đang vận hành có sự kết nối giữa nhà máy năng lượng mặt trời đang được quan tâm đến chất lượng điện năng và cung cấp điện liên tục. Hiện nay, các bài toán về nhà máy điện mặt trời kết nối vào lưới điện phân phối đã được đặt ra nhằm giải quyết được tối ưu hóa công suất và ổn định hệ thống điện là vấn đề rất khó khăn và cần nhiều thời gian giải quyết. Nghiên cứu này sẽ sử dụng mô hình toán pin quang điện, phương pháp ghép tế bào quang điện có xét đến tác động bức xạ, nhiệt độ ảnh hưởng khi kết nối nhà máy điện năng lượng mặt trời vào lưới điện phân phối.

Từ khoá: Nhà máy điện mặt trời, Hệ thống điện, Năng lượng tái tạo, Độ sụt áp, Tổn thất công suất.

Abstract

The biggest problem of electrical energy is the depletion of fossil fuels. Therefore, renewable energy sources are used a lot and especially solar energy is an easy-to-use energy source and a minimal investment cost. The operating power system with the connection between the solar power plant is concerned about power quality and uninterrupted power supply. Currently, the problems of solar power plants connected to the distribution grid have been set to solve capacity optimization and power system stability is a very difficult problem and needs a lot of time to solve. In this study, the mathematical model of the photovoltaic cells and the method of the photovoltaic cells grafting is used for assessing the distribution grid with the connection between the solar power plant with the consideration of account the radiation and temperature effects. The tool used is the software Etap to evaluate voltage drop and power loss and it is tested on a practical distribution grid.

Keywords: Solar power plant, Power system, Renewable energy, Drop voltage, Power loss.

1. Giới thiệu

Ngày nay tình hình dân số ngày càng tăng và công nghiệp phát triển không ngừng vì thế năng lượng điện càng thể hiện

rõ vai trò quan trọng và trở thành yếu tố không thể thiếu trong cuộc sống. Tuy nhiên trong khi nhu cầu sử dụng đang ngày càng tăng thì các nguồn năng lượng điện đang

*Tác giả liên hệ: thtinh@ctu.edu.vn

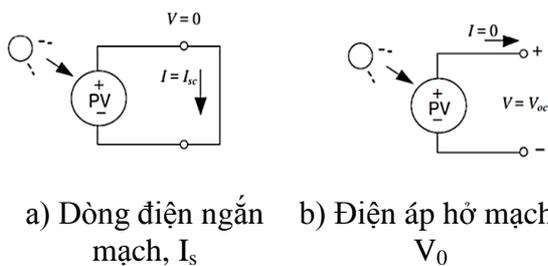
được sử dụng như nguyên liệu hóa thạch (dầu mỏ, than đá,...) đang cạn kiệt và khan hiếm, mặt khác lại ảnh hưởng môi trường. Đối với nguồn năng lượng tái tạo, đặc biệt là điện gió và điện mặt trời phát triển rất lớn trong những năm gần đây do được hưởng các chế độ chính sách hỗ trợ giá của Chính phủ.

Hiện nay, nguồn năng lượng mặt trời với nhiều dạng áp mái hay trang trại với công suất lớn nhỏ đang được khai thác ở nhiều tỉnh thành Việt Nam. Năng lượng mặt trời được coi là nguồn năng lượng rẻ, vô tận, là nguồn năng lượng sạch không gây ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, hệ thống năng lượng mặt trời cũng có những hạn chế như phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời, cách ghép các tấm pin quang điện, hiện tượng che khuất đến pin năng lượng mặt trời [1], [2]. Việc kết nối các nguồn điện năng lượng tái tạo vào cơ cấu nguồn điện chung của hệ thống điện là một xu hướng tích cực [3], [4]. Do đó, cần phải có các nghiên cứu và đánh giá về ổn định cho hệ thống điện khi sự kết nối này được thực hiện nhằm đảm bảo mục tiêu nâng cao ổn định và an ninh hệ thống điện [5], [6].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình toán pin quang điện

Trong pin quang điện, hai tham số quan trọng của nó là dòng điện ngắn mạch, I_{sc} và điện áp hở mạch, V_{oc} .



Hình 1. Hai tham số quan trọng của pin quang điện [7].

Mô tả toán học của pin quang điện như sau:

$$I = I_{sc} - I_0 \times \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) \tag{1}$$

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \times \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1 \right) \tag{2}$$

Trong đó, I: Cường độ dòng điện của pin quang điện (A);

V: Điện áp của pin quang điện (V);

I_{sc} : Cường độ dòng điện ngắn mạch của pin quang điện (A);

V_{oc} : Điện áp hở mạch của pin quang điện (V);

I_0 : Dòng điện ngược của diode, có giá trị rất nhỏ (khoảng 10^{-12} A/cm²);

q: Điện tích electron, $q = 1,602 \cdot 10^{-19}$ (C);

k: Hằng số Boltzman, $k = 1,381 \times 10^{-23}$ (J/K);

T: Nhiệt độ tuyệt đối (°K).

Trong điều kiện 25°C, ta có:

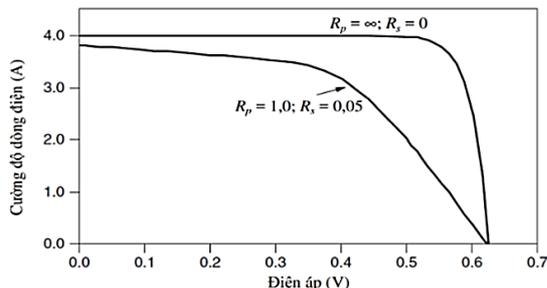
$$I = I_{sc} - I_0 \left(e^{38,9V} - 1 \right) \tag{3}$$

$$V_{oc} = 0,0257 \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1 \right) \tag{4}$$

Trong thực tế, pin quang điện luôn có tổn hao, đặc trưng cho các tổn hao này là các thông số R_s và R_p . Mô hình toán của pin quang điện có xét đến các ảnh hưởng của R_s và R_p được biểu diễn như sau:

$$I = I_{sc} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{kT} \right] - 1 \right\} - \left(\frac{V + IR_s}{R_p} \right) \tag{5}$$

Các đặc tính của pin quang điện có xét đến các ảnh hưởng của R_s và R_p thể hiện Hình 3.



Hình 3. Đặc tính của pin quang điện có xét đến các ảnh hưởng của R_s và R_p [7].

2.2. Module pin quang điện

Một pin quang điện có điện áp và dòng điện làm việc rất nhỏ. Một pin quang điện có điện áp làm việc khoảng 0,5 VDC.

Điện áp của module pin quang điện có thể được xác định như sau:

$$V_{module} = n(V_d - IR_s) \tag{6}$$

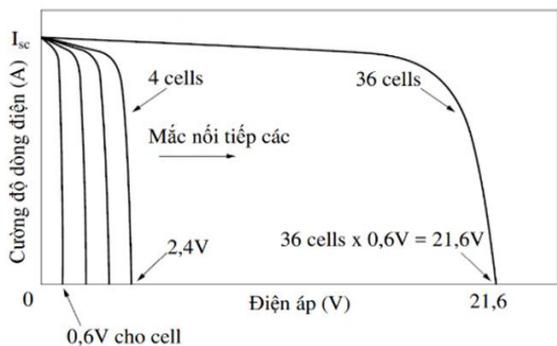
Trong đó: V_{module} : Điện áp của module pin quang điện (V);

n : Số pin quang điện được ghép của module pin quang điện;

V_d : Điện áp của diode (V);

R_s : Giá trị điện trở nối tiếp (Ω).

Các đường đặc tính của một module pin quang điện sau khi được ghép nối như sau:



Hình 4. Đặc tính của module pin quang điện [7].

2.3. Ghép các tế bào quang điện

2.3.1. Phương pháp ghép nối tiếp nhiều module pin quang điện

Cách kết hợp nối tiếp nhiều module pin quang điện được sử dụng để nâng tổng điện áp, dòng điện không đổi của hệ thống pin quang điện.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \tag{7}$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \tag{8}$$

2.3.2. Phương pháp ghép song song nhiều module pin quang điện

Phương pháp kết hợp song song nhiều module pin quang điện được sử dụng để nâng cường độ dòng điện, điện áp không đổi của hệ thống pin quang điện.

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \tag{9}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \tag{10}$$

2.3.3. Phương pháp ghép hỗn hợp nhiều module pin quang điện

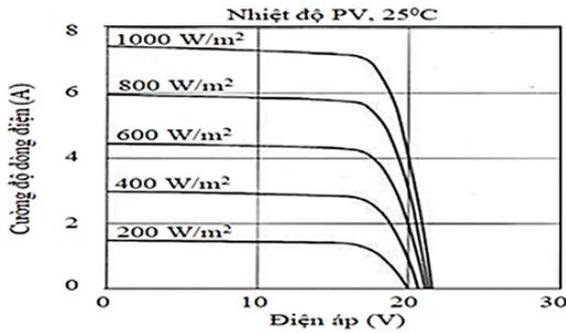
Cách ghép hỗn hợp nhiều module pin quang điện được sử dụng để nâng cả điện áp và cường độ dòng điện của hệ thống pin quang điện.

Phương pháp này thường thấy ở các hệ thống có công suất vừa và lớn.

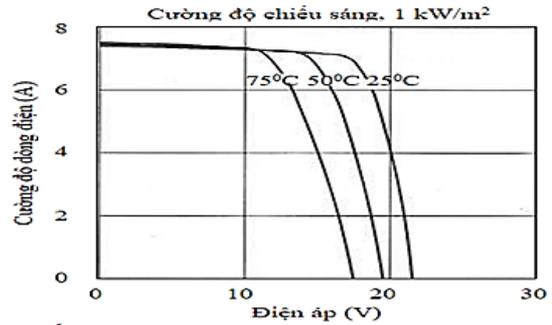
2.4. Đặc tuyến V-I của pin quang điện

Cường độ bức xạ càng lớn thì công suất thu được của pin quang điện càng lớn và dòng điện ngắn mạch, I_{sc} càng lớn thể hiện Hình 5.

Nhiệt độ pin quang điện càng cao thì V_{oc} càng thấp thể hiện Hình 6.



Hình 5. Quan hệ giữa V và I theo nhiệt độ [7].



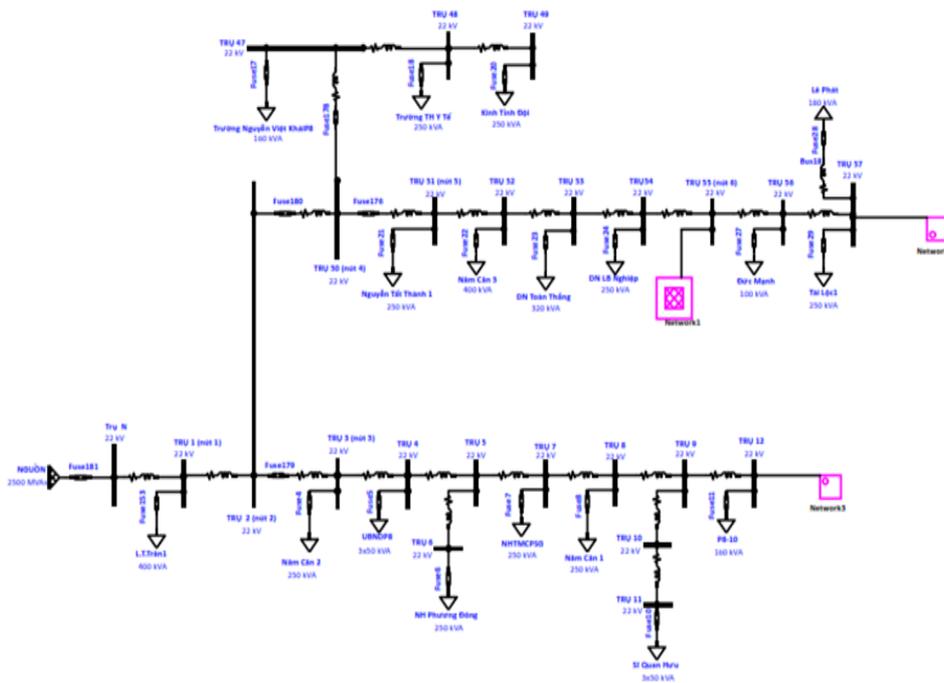
Hình 6. Ảnh hưởng của cường độ bức xạ [7].

3. Phát tuyến 475 tỉnh Cà Mau và nhà máy điện mặt trời 5 MW

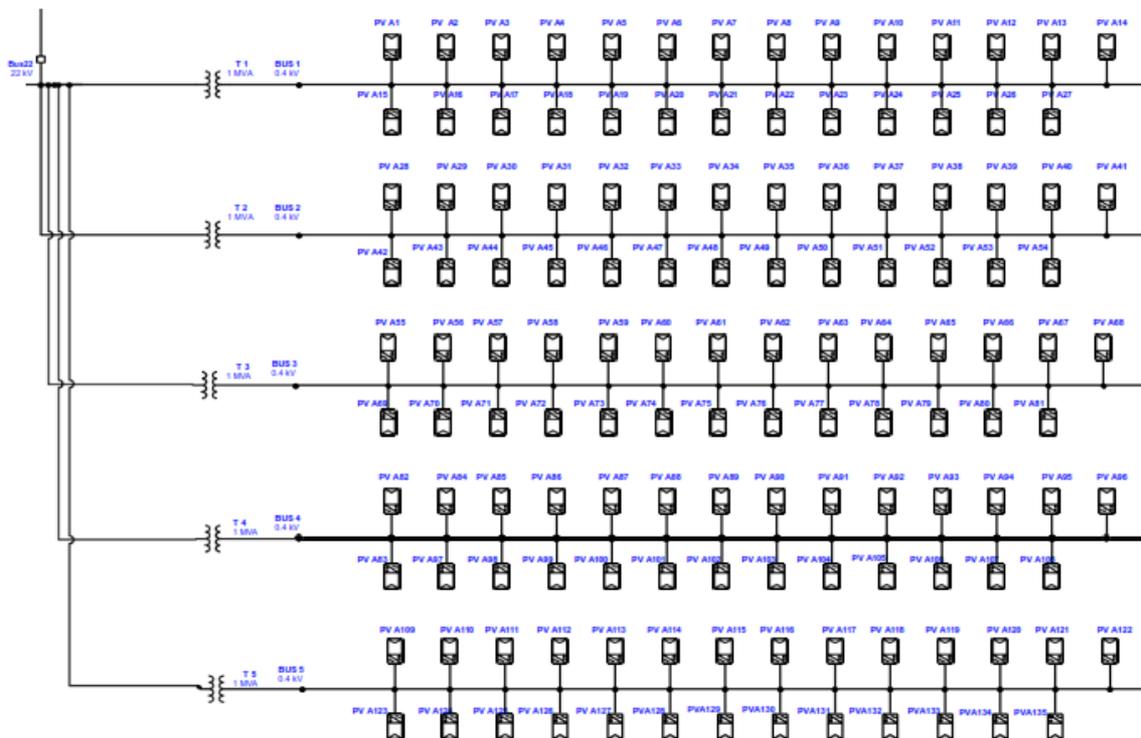
Tuyến 475 Cà Mau xuất phát từ trạm 110 kV Cà Mau trải dài khu vực phường 8, TP Cà Mau bao gồm 139 trạm biến áp lớn nhỏ trong đó có 83 trạm biến áp công cộng và 56 trạm biến áp chuyên dùng. Sơ đồ mô phỏng lưới điện được thể hiện Hình 7.

Tỉnh Cà Mau có bức xạ nhiệt và số giờ nắng trong năm lần lượt khoảng 2200 kWh/m² và 2073,7 giờ [8], là địa điểm thích hợp cho các dự án về năng lượng mặt trời.

Dự án được xây dựng trên địa bàn với tổng công suất lắp đặt 5 MW, với 5 dãy pin quang điện được ghép song song với nhau được thể hiện theo Hình 8. được kết nối với lưới điện 22 kV tỉnh Cà Mau tại nút 5 (trụ 51). Nhà máy hoạt động vào cuối năm 2020. Việc nối lưới của nguồn năng lượng tái tạo sẽ gây một số ảnh hưởng đến chế độ vận hành của lưới điện. Ngoài vấn đề thay đổi trào lưu công suất, độ sụt áp, hệ số công suất, sóng hài...cũng tác động ảnh hưởng nhất định đến hệ thống điện địa phương.



Hình 7. Sơ đồ tuyến 475 tỉnh Cà Mau



Hình 8. Sơ đồ hệ thống năng lượng mặt trời 5 MW

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Kết quả tổn thất công suất, điện áp trước và sau khi có dự án 5 MW

Kết quả mô phỏng được bằng phần mềm Etap, chứng tỏ tính ưu việt trong việc phân tích HTĐ và có tính minh họa, dễ hiểu nên rất hữu dụng trong việc giảng dạy và nghiên cứu. Kết quả cho thấy rằng sự tham gia của hệ thống pin quang điện phát công

suất với công suất từ 1 MW đến 5 MW vào lưới điện giúp giảm được tổng tổn thất trên lưới điện truyền tải tại nút trước và sau khi gắn hệ thống pin quang điện trình bày theo Bảng 1. Khi hệ thống pin quang điện phát công suất vào lưới điện càng lớn thì độ sụt áp tại điểm phát càng giảm, giúp cho điện áp lưới điện các nút của lưới được cải thiện trình bày theo Bảng 2.

Bảng 1. Tổn thất công suất trên lưới tại nút số 5 trước và sau có dự án 5 MW

Tổn thất công suất	ΔP (kVA) 1MWp	ΔP (kVA) 2MWp	ΔP (kVA) 3MWp	ΔP (kVA) 4MWp	ΔP (kVA) 5MWp
Có gắn dự án tại nút 5	35,2+j62,3	33,4+j124,1	33,0+j238,2	34,6+j426,8	36,3+j542,8
Không gắn dự án	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5

Bảng 2. Tổn thất điện áp tại nút khi gắn pin quang điện

Tổn thất công suất	ΔP (kVA) 1MWp	ΔP (kVA) 2MWp	ΔP (kVA) 3MWp	ΔP (kVA) 4MWp	ΔP (kVA) 5MWp
Có gắn dự án tại nút 5	35,2+j62,3	33,4+j124,1	33,0+j238,2	34,6+j426,8	36,3+j542,8
Không gắn dự án	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5

4.2. Kết quả tối ưu hóa vị trí đặt dự án pin quang điện

Mô hình lưới điện đã được mô phỏng bằng phần mềm Etap ứng với mỗi nút khác nhau của lưới điện khi đặt các pin quang điện có công suất phát khác nhau thì sẽ có được tổn thất công suất khác nhau theo Bảng 3. Đặt công suất phát dự án điện mặt trời từ 1 MW đến 3 MW thì vị trí đặt tối ưu

là tại nút số 8, công suất phát từ 4 MW đến 5 MW thì đặt tại nút 7 sẽ có giá trị tổn thất công suất là thấp nhất. Dựa vào dữ liệu để quy hoạch công suất của các dự án điện mặt trời có công suất tương ứng trong tương lai hoặc điều chỉnh công suất phát của hệ thống điện mặt trời hiện hữu để có thể tối ưu tổn thất công suất và điện áp của lưới điện.

Bảng 3. Kết quả đặt công suất phát dự án điện trời

Nút	ΔP (kVA) 1MWp	ΔP (kVA) 2MWp	ΔP (kVA) 3MWp	ΔP (kVA) 4MWp	ΔP (kVA) 5MWp
2	37,3+j64,5	36,6+j127,3	36,9+j242,1	39,0+j231,0	40,4+j546,6
3	36,8+j64,0	35,8+j126,6	36,1+j241,3	38,3+j430,3	40,2+j546,4
4	37,2+j64,4	36,4+j127,1	36,6+j241,9	38,7+j430,7	40,4+j546,6
5	36,9+j64,1	35,9+j126,7	36,1+j241,3	38,0+j430,1	39,7+j546,0
6	35,2+j62,3	33,4+j124,1	33,0+j238,2	34,6+j426,8	36,3+j542,8
7	29,8+j56,8	26,0+j116,6	24,5+j229,8	26,7+j419,0	29,4+j535,9
8	29,7+j56,7	25,9+j116,6	24,4+j229,7	26,8+j419,0	29,5+j536,0
9	29,8+j56,7	26,5+j117,0	26,0+j231,1	30,1+j422,0	34,0+j539,8
Không gắn dự án	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5	40,5+j29,5

5. Kết luận

Nghiên cứu này đã giải quyết được các bài toán về gia tăng công suất nguồn phát khi yêu cầu phụ tải ngày một tăng cao khi đưa hệ thống điện năng lượng mặt trời vào vận hành. Kết quả đã thể hiện tối ưu được

tổn thất thấp nhất có thể, mô phỏng tại các nút khác trên trục chính lưới để có thể tìm được vị trí kết nối dự án tương ứng nhưng có tổn thất thấp hơn. Sử dụng phần mềm Etap sẽ giúp giải quyết các bài toán phân bố công suất trong hệ thống điện, cho phép

xây dựng một cách trực quan và dễ hiểu. Etap giúp ta có thể xây dựng mô hình mô phỏng, phân tích các quá trình làm việc của một hệ thống bất kỳ với các mục đích nghiên cứu khác nhau. Nghiên cứu cho thấy

được việc chuyển đổi số liệu thực vào phần mềm và đã áp dụng giảng dạy hiệu quả. Từ đó, có thể nhân rộng ứng dụng phần mềm này trong quá trình học tập, nghiên cứu, thí nghiệm trong các trường đại học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Q. M. Duong and S. T. Dinh, "*Effects of shading on photovoltaic module and solution*," Journal of Science and Technology-The University of Da nang, vol. 3(112), no. 2, pp. 26-29, 2017.
- [2]. Q. M. Duong, D. Hoang, K. P. Ma and N. N. T. Tran, "*Surveying the impact of Phong Dien photovoltaic plant on Thua Thien – Hue grid*," Journal of Science and Technology-The University of Da nang, vol. 11(132), no. 2, pp. 59-63, 2018.
- [3]. O. Ipinnimo, S. Chowdhury, S. P. Chowdhury and J. Mitra, "*A review of voltage dip mitigation techniques with distributed generation in electricity networks*," *Electric Power Systems Research*, vol. 103(2013), pp. 28-30, 2013.
- [4]. M. Karimi, H. Mokhailis, K. Naidu, S. Uddin and A. H. Bakar, "*Photovoltaic penetration issues and impacts in distribution network – A review*," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vols. 53(364- 0321), pp. 594-605, 2016.
- [5]. N. Srisaen and A. Sangswang, "*Effects of PV grid-connected system location on a distribution system*," *Proc. IEEE Asia Pacific Conf. Circuits and Systems*, pp. 852-855, 2006.
- [6]. T. Hoff and D. S. Shugar, "*The value of grid-support photovoltaics in reducing distribution system losses*," *Transactions on Energy Conversion*, vol. 10, no. 3, September, 1995.
- [7]. G. M. Masters, "*Renewable and Efficient Electric Power Systems*", John Wiley & Sons, 2004.
- [8]. G. S. Atlas, "*Map of annual average of direct normal irradiation (kWh m-1day-1) in Vietnam*," Available: <http://globalsolaratlas.info>. [Accessed 10 Nov 2020].
- [9]. Frank, S., Steponavice, I., & Rebennack, S. (2012). *Optimal power flow: a bibliographic survey I*. *Energy systems*, 3(3), 221-258.
- [10]. Huneault, M., & Galiana, F. D. (1991). *A survey of the optimal power flow literature*. *IEEE transactions on Power Systems*, 6(2), 762-770.

Ngày nhận bài: 11/9/2024

Ngày chấp nhận đăng: 08/11/2024