

NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU HỆ THỐNG ĐIỆN
NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI
RESEARCH AND CONTROL OPTIMAL SOLAR
ENERGY OF POWER SYSTEM

Huỳnh Châu Duy¹, Tiêu Trường Vũ²

¹ Trường đại học Công nghệ TP.HCM

² Học viên cao học Trường ĐH SPKT Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Vấn đề khủng hoảng năng lượng điện đã và đang được thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng đặc biệt quan tâm. Để giải quyết vấn đề này, đã có rất nhiều đề xuất của việc sử dụng các dạng năng lượng khác nhau để tạo ra năng lượng điện, dưới các dạng năng lượng tái tạo. Một trong số đó có năng lượng mặt trời (NLMT).

Có thể nhận thấy rằng, năng lượng mặt trời là một nguồn năng lượng sạch không giống như bất kỳ một nguồn năng lượng nào khác mà chúng ta đang khai thác trên trái đất. Việc nghiên cứu hệ thống điện mặt trời có ý nghĩa rất quan trọng, góp phần khai thác triệt để nguồn năng lượng tự nhiên trong khi các nguồn năng lượng truyền thống đang ngày càng cạn kiệt. Điều khiển bám điểm công suất cực đại dàn pin điện mặt trời (MPPT) được coi là một phần không thể thiếu trong hệ thống điện mặt trời, được áp dụng để nâng cao hiệu quả sử dụng của dàn pin điện mặt trời. Bài báo giới thiệu và so sánh hai thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O) và P&O thích nghi được sử dụng để điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ thống điện năng lượng mặt trời. Kết quả mô phỏng cho thấy, thuật toán P&O thích nghi có hiệu quả tốt hơn so với thuật toán P&O truyền thống.

Từ khóa: Bám điểm công suất cực đại (MPPT), pin điện mặt trời (PV), thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O), P&O thích nghi.

ABSTRACT

The problem of electrical energy crisis has been in the world in general and Vietnam in particular special attention. To solve this problem, there have been the numerous proposals of using various forms of energy to generate electrical energy, in the forms of renewable energy. One of them has solar.

Might notice that solar is a clean energy source unlike any other energy source that we have been exploiting the earth. The study of the solar power system that is very important. It is contributing to fully exploit natural energy sources while traditional ones are becoming exhausted. Maximum power point tracking (MPPT) is considered an integral part of the solar system, is used to enhance the efficiency of the solar cell unit. The paper introduces and compares two perturbation algorithm and observe (P & O) and P & O adaptive controller is used to maximum capacity sticking point of the power system solar energy. The simulation results showed that the P & O algorithm effectively adapts better than P & O algorithm tradition.

Keywords: Maximum Power Point Tracking (MPPT), Photovoltaics (PV), Perturb and Observer algorithm (P & O), P & O adaptive

Ký hiệu

PV: Dàn Pin mặt trời

U_{MPP} , I_{MPP} : là điện áp và dòng điện của dàn

Pin mặt trời

$P_{MPP}^{Hệ PV}$: Công suất cực đại của pin mặt trời

V_{oc} : Điện áp hở mạch

I_{sc} : Cường độ dòng điện ngắn mạch

R_s : Điện trở nối tiếp biểu diễn cho các tổn thất công suất

R_p : Điện trở song song biểu diễn cho các tổn thất công suất

Chữ viết tắt

NLMT: Năng lượng mặt trời

PMT: Pin mặt trời

MPPT: Maximum Power Point Tracking

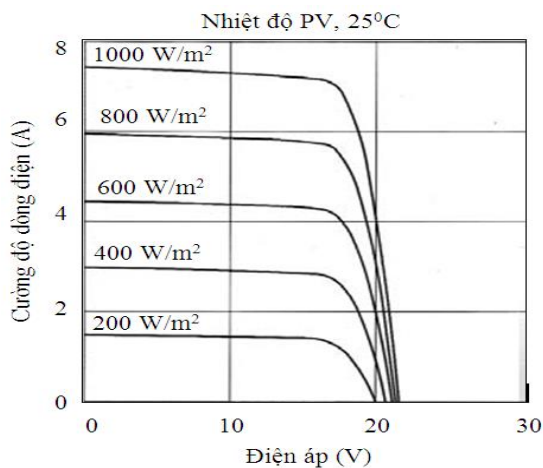
NL: Nghịch lưu

PWM: Pulse - Width - Modulation

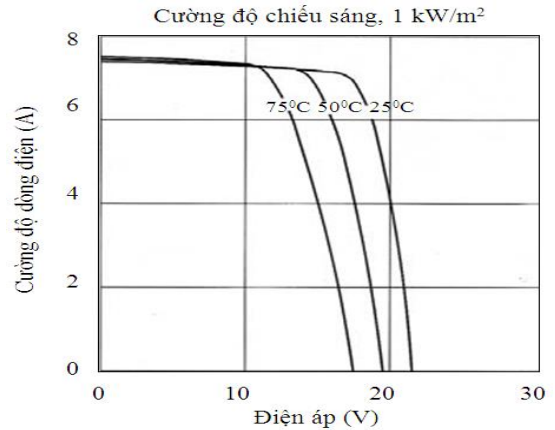
P & O: Perturb and Observer algorithm

1. GIỚI THIỆU

Nguồn năng lượng điện mặt trời có quan hệ phi tuyến giữa V-I, V- P, công suất ra của nó phụ thuộc chủ yếu vào các tải. Do đó khi tải nối trực tiếp vào PV làm hiệu suất hệ thống giảm. Công suất sinh ra do tấm PV phụ thuộc vào bức xạ mặt trời và nhiệt độ vì thế để tăng hiệu suất của pin mặt trời cần có hệ thống điều khiển PV bám điểm công suất cực đại MPP nhằm tìm sự hoạt động tối ưu về điện áp của tấm PV để tăng hiệu suất của PV

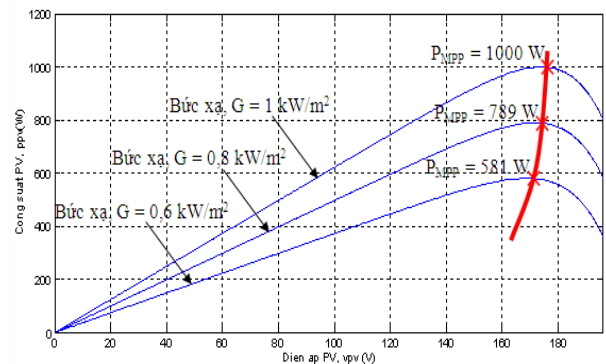


Hình 1. Đặc tuyến V - A của pin quang điện



Hình 2. Đặc tuyến V - P của pin quang điện

Đặc tính V-I của PV là phi tuyến và cũng sẽ thay đổi dưới các điều kiện nhiệt độ và bức xạ khác nhau và trên các đặc tuyến V-I hoặc V-P sẽ tồn tại một điểm duy nhất mà được gọi là điểm công suất cực đại (Maximum power point, MPP).



Hình 3. Đặc tuyến V - P với các điểm công suất cực đại tương ứng với các cường độ bức xạ

Với các phân tích trên cho thấy rằng hiệu suất chuyển đổi năng lượng mặt trời thành năng lượng điện của hệ PV là hoàn toàn có thể được tối ưu, nhằm nâng cao hiệu quả khai thác. Điều này cũng có nghĩa là sẽ giảm bớt gánh nặng cho các nguồn năng lượng điện truyền thống như thủy điện hay nhiệt điện.

Chính vì các lý do trên, nội dung nghiên cứu “ Điều khiển giải thuật bám điểm công suất cực đại của một hệ thống điện năng lượng mặt trời” được lựa chọn và thực hiện trong bài báo này.

2. ĐIỀU KHIỂN GIẢI THUẬT BẮM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI CỦA MỘT HỆ THỐNG ĐIỆN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI



Hình 4. Điều khiển tối ưu hệ thống điện năng lượng mặt trời

2.1. Thuật toán P&O

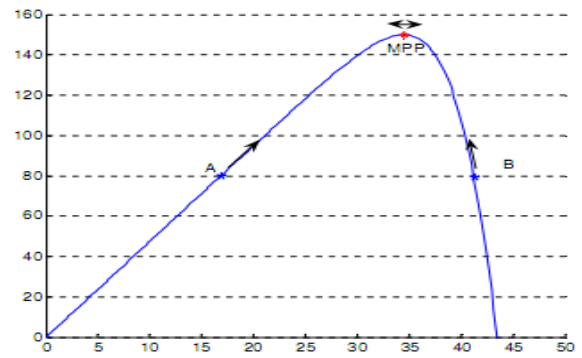
- Thuật toán P&O là thuật toán được sử dụng phổ biến nhờ sự đơn giản trong thuật toán và việc thực hiện dễ dàng.
- Thuật toán này xem xét đến sự tăng giảm điện áp theo chu kỳ để tìm được điểm làm việc có công suất lớn nhất.

+ Nếu sự biến thiên của điện áp làm công suất tăng lên thì sự biến thiên tiếp theo sẽ giữ nguyên chiều hướng tăng hoặc giảm.

+ Ngược lại, nếu sự biến thiên làm công suất giảm xuống thì sự biến thiên tiếp theo sẽ có chiều hướng thay đổi ngược lại.

Căn cứ vào Bảng tóm tắt thuật toán P&O có thể được trình bày như sau:

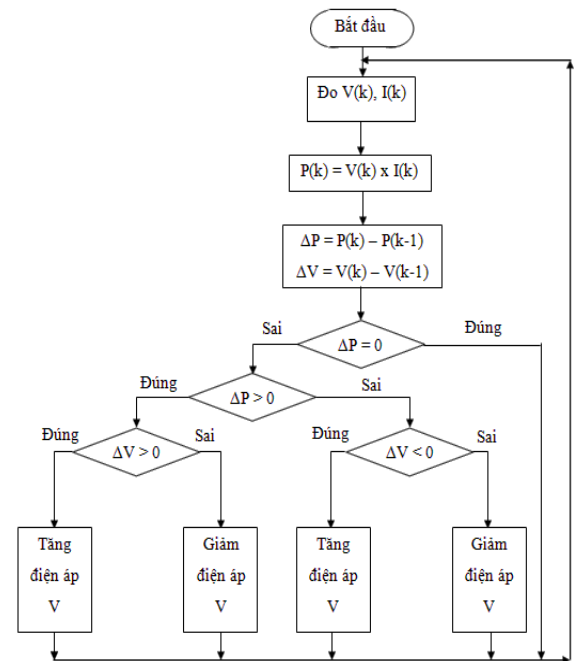
- Nếu tăng điện áp, công suất thu được tăng, thì chu kỳ sau tiếp tục tăng điện áp.
- Nếu tăng điện áp, công suất thu được giảm, thì chu kỳ sau giảm điện áp.
- Nếu giảm điện áp, công suất thu được tăng, thì chu kỳ sau tiếp tục giảm điện áp.
- Nếu giảm điện áp, công suất thu được giảm, thì chu kỳ sau tăng điện áp.



Hình 5. Thuật toán P&O khi tìm điểm làm việc có công suất lớn nhất

Bảng 1. Bảng tóm tắt thuật toán P&O

Quan sát điện áp	Công suất	Thực hiện bước kế tiếp
Tăng	Tăng	Tăng
Tăng	Giảm	Giảm
Giảm	Tăng	Giảm
Giảm	Giảm	Tăng



Hình 6. Lưu đồ thuật toán P&O

2.2. Thuật toán P&O thích nghi

Có thể nhận thấy rằng thuật toán P&O là một trong các thuật toán đơn giản, dễ hiểu và dễ dàng thực hiện nhất. Vì vậy, hiệu quả của việc tìm kiếm điểm công suất cực đại cho hệ PV sẽ cao.

Tuy nhiên, cũng dễ dàng nhận ra rằng các bước thay đổi điện áp trong lưu đồ của thuật toán P&O là không đổi. Điều này sẽ gây cản trở cho quá

trình hội tụ của thuật toán mà sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả tìm kiếm điểm công suất cực đại cho hệ PV.

Thay cho bước thay đổi điện áp không đổi thông thường, luận văn đề xuất bước thay đổi điện áp trong luận văn sẽ thích nghi theo các điều kiện làm việc của PV như cường độ bức xạ và nhiệt độ thông qua sự thay đổi của công suất và điện áp tại các thời điểm khảo sát.

Giá trị điện áp thay đổi thích nghi có thể được biểu diễn như sau:

$$\Delta V_i = \Delta V_0 \times \frac{dP_i}{dV_i} \quad (1)$$

Trong đó:

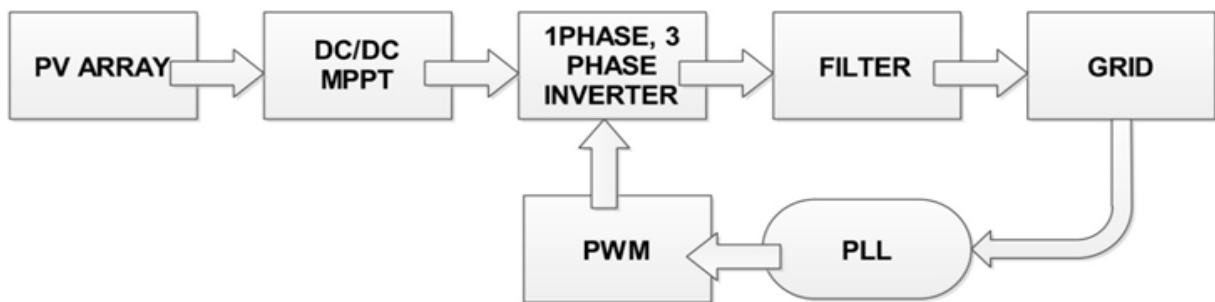
ΔV_i : là giá trị điện áp thay đổi thích nghi tại các thời điểm khảo sát tìm kiếm điểm công suất cực đại.

ΔV_0 : là giá trị điện áp không đổi ban đầu.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

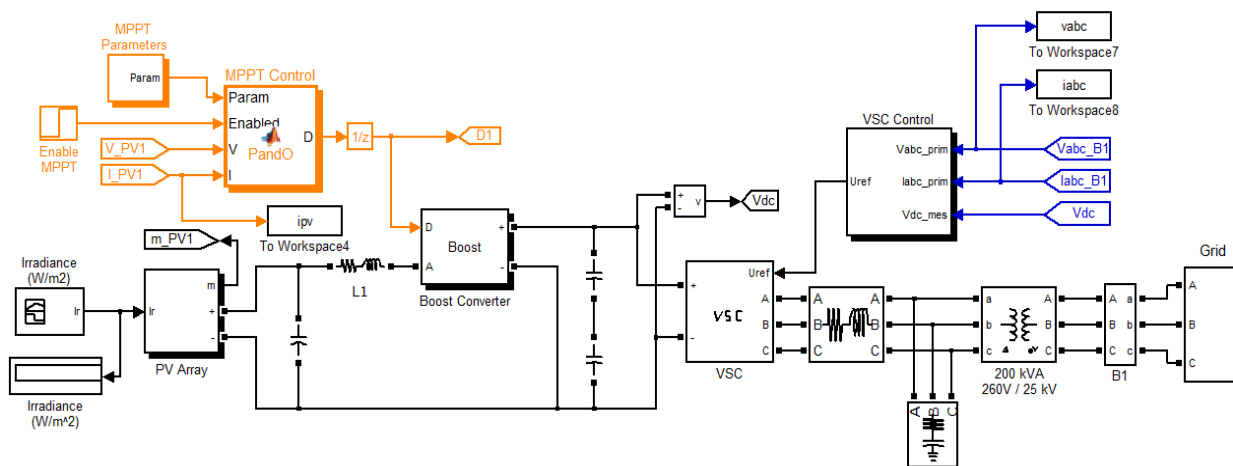
dP_i : là sự thay đổi của công suất giữa các thời điểm khảo sát t_i và $t_{(i-1)}$.

dV_i : là sự thay đổi của điện áp giữa các thời điểm khảo sát t_i và $t_{(i-1)}$.



Hình 7. Sơ đồ hệ thống điện năng lượng mặt trời bám điểm công suất cực đại và nối lưới

Bằng việc sử dụng phần mềm mô phỏng Simulink/Matlab, sơ đồ mô phỏng hệ thống điện năng lượng mặt trời bám điểm công suất cực đại được thể hiện hình 8.



Hình 8. Sơ đồ mô phỏng hệ thống điện năng lượng mặt trời bám điểm công suất cực đại và nối lưới

Module PV được sử dụng cho các mô phỏng có các thông số như sau:

- Điện áp hở mạch, $V_{oc} = 64,2$ (V)
- Cường độ dòng điện ngắn mạch, $I_{sc} = 5,96$ (A)

- Điện áp tại MPP, $V_{MPP} = 54,7$ (V)
- Cường độ dòng điện tại MPP, $I_{MPP} = 5,58$ (A)
- Các điện trở nối tiếp và song song biểu diễn cho các tổn thất công suất,

$R_s = 0,037998 \text{ } (\Omega)$ và $R_p = 993.51 \text{ } (\Omega)$

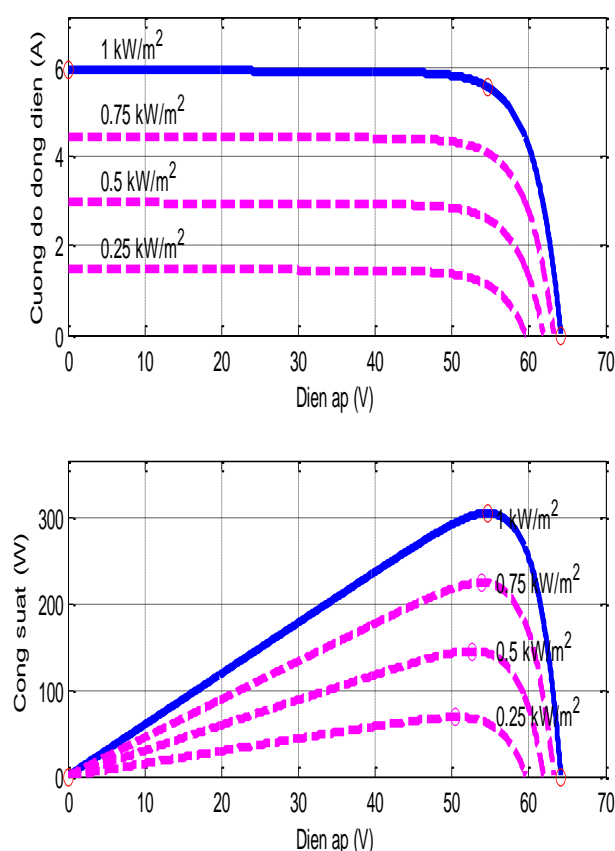
- Các đặc tuyến V-I và V-P của module PV được biểu diễn trong các điều kiện làm việc như sau:

+ Điều kiện bức xạ, $G = 1,0 \text{ kW/m}^2$ và nhiệt độ, $T = 25^\circ\text{C}$.

+ Điều kiện bức xạ, $G = 0,75 \text{ kW/m}^2$ và nhiệt độ, $T = 25^\circ\text{C}$.

+ Điều kiện bức xạ, $G = 0,5 \text{ kW/m}^2$ và nhiệt độ, $T = 25^\circ\text{C}$.

+ Điều kiện bức xạ, $G = 0,25 \text{ kW/m}^2$ và nhiệt độ, $T = 25^\circ\text{C}$.



Hình 9. Các đặc tuyến Điện áp - Cường độ dòng điện (V-A) và Điện áp - Công suất (V-P) của module PV

Hình 9 cho thấy rằng trong điều kiện bức xạ mặt trời, $G = 1 \text{ kW/m}^2$ và nhiệt độ là $T = 25^\circ\text{C}$ thì:

- Điện áp hở mạch, $V_{oc} = 64,2 \text{ (V)}$
- Cường độ dòng điện ngắn mạch, $I_{sc} = 5,96 \text{ (A)}$
- Điện áp tại MPP, $V_{MPP} = 54,7 \text{ (V)}$
- Cường độ dòng điện tại MPP, $I_{MPP} = 5,58 \text{ (A)}$

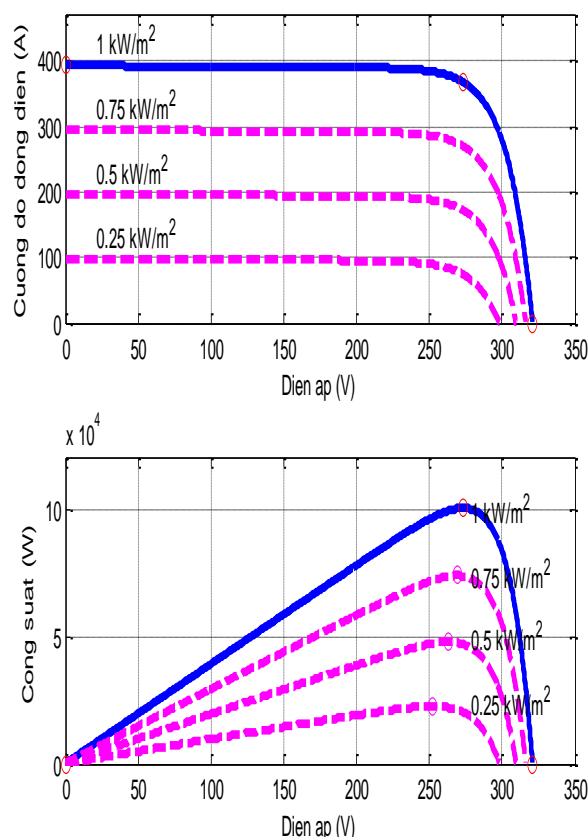
- Công suất cực đại trong điều kiện bức xạ này,

$P_{MPP} = 305,226 \text{ (W)}$

- Hệ thống điện năng lượng mặt trời với hệ PV bao gồm:

- + 5 module PV được mắc nối tiếp;
- + 66 nhánh của 5 module PV trên được mắc song song với nhau.

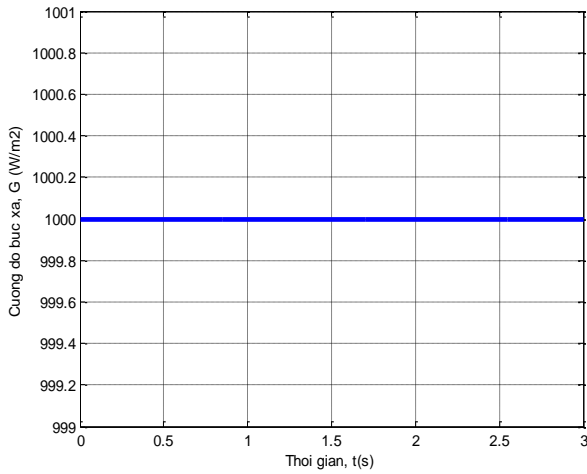
Khi ấy, các đặc tuyến của hệ PV là như sau:



Hình 10. Các đặc tuyến Điện áp - Cường độ dòng điện (V-A) và Điện áp - Công suất (V-P) của module PV của hệ PV

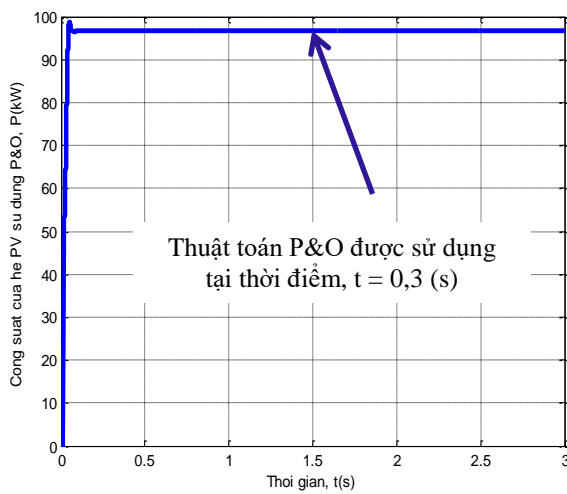
3.1. Điều kiện bức xạ không đổi, $G = 1000 \text{ W/m}^2$ và nhiệt độ, $T = 25^\circ\text{C}$

Trong quá trình khảo sát, giả sử rằng cường độ bức xạ là không đổi, $G = 1000 \text{ W/m}^2$, Hình 5.10 và nhiệt độ là không đổi, $T = 25^\circ\text{C}$.



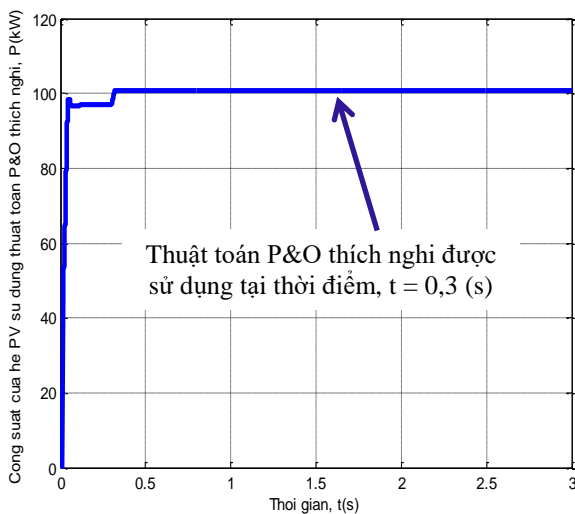
Hình 11. Cường độ bức xạ không đổi, $G = 1000$ W/m²

a. Giải thuật P&O



Hình 12. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O với G không đổi

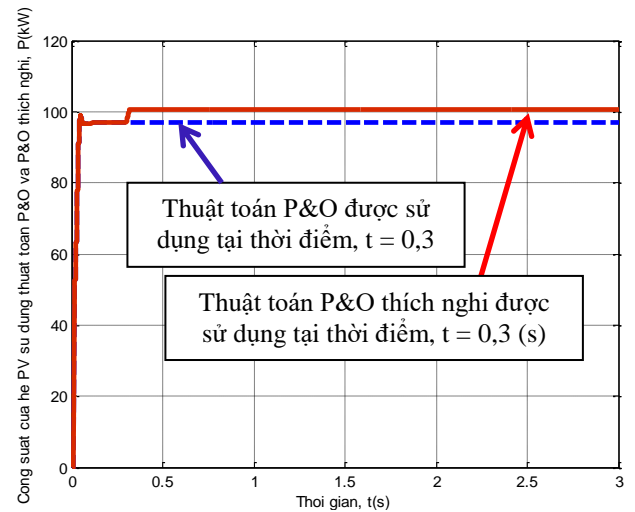
b. Giải thuật P&O thích nghi



Hình 13. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O thích nghi với G không đổi

c. So sánh và đánh giá

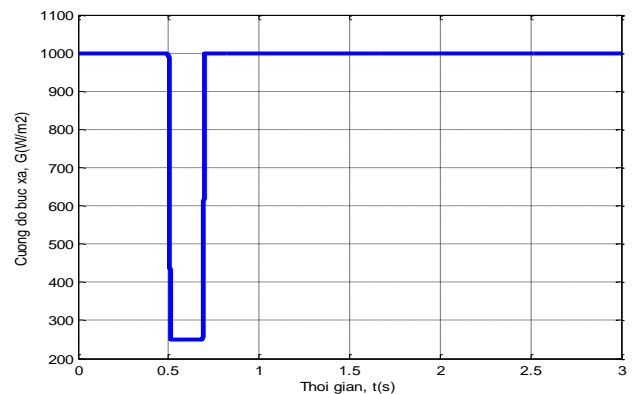
Từ các kết quả đạt được, Hình 12 - 13 cho thấy rằng trước thời điểm $t = 0,3$ (s), thời điểm chưa sử dụng các thuật toán P&O và P&O thích nghi, đáp ứng công suất thu được của hệ PV là giống nhau. Tuy nhiên, sau thời điểm này, nhận thấy rằng hệ PV có các đáp ứng công suất với thuật toán P&O thích nghi tốt hơn thuật toán P&O. Công suất đạt được của hệ PV với thuật toán P&O thích nghi đã đạt được đến giá trị tối ưu, giá trị công suất cực đại, $P_{MPP}^{Hệ PV} = 100,725$ kW.



Hình 14. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O và P&O thích nghi với G không đổi

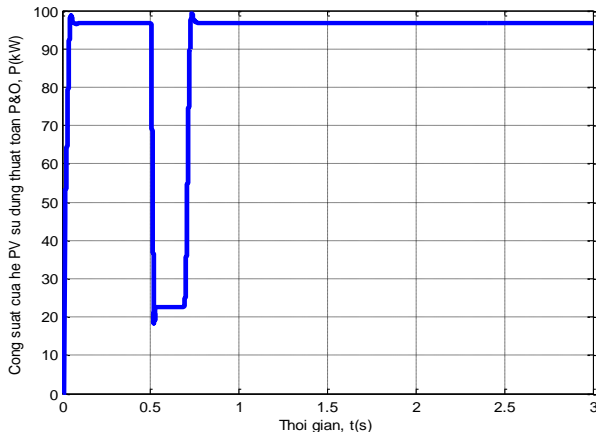
3.2. Điều kiện bức xạ thay đổi dạng bậc thang và nhiệt độ, $T = 25^{\circ}C$

Trong quá trình khảo sát, giả sử rằng cường độ bức xạ thay đổi theo dạng bậc thang như Hình 15 và nhiệt độ là không đổi.



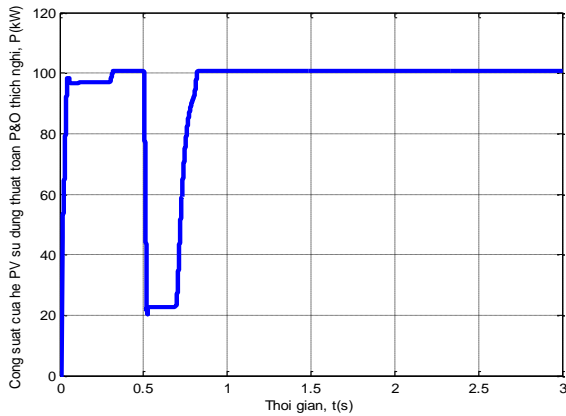
Hình 15. Cường độ bức xạ thay đổi dạng bậc thang

a. Giải thuật P&O



Hình 16. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O với G thay đổi bậc thang

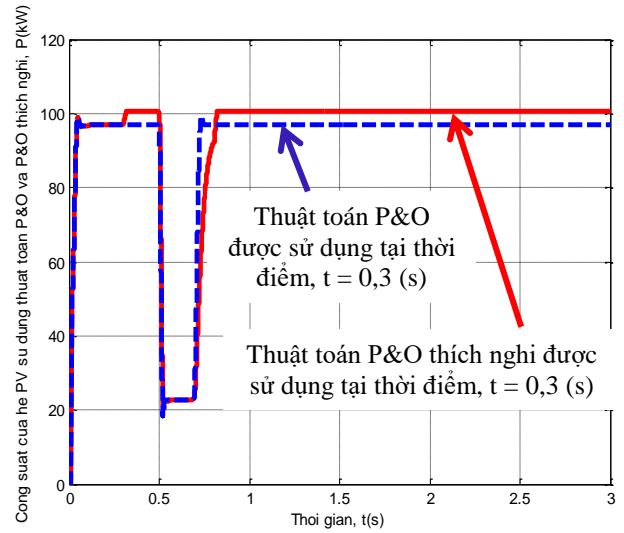
b. Giải thuật P&O thích nghi



Hình 17. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O thích nghi với G thay đổi bậc thang

c. So sánh và đánh giá

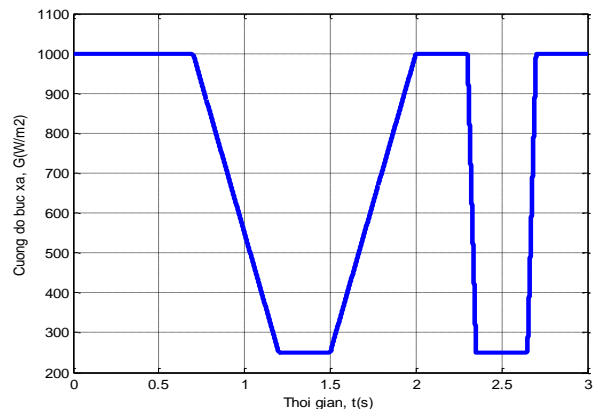
Từ các kết quả đạt được, Hình 16 - 17 cho thấy rằng trước thời điểm $t = 0,3$ (s), thời điểm chưa sử dụng các thuật toán P&O và P&O thích nghi, đáp ứng công suất thu được của hệ PV là giống nhau. Tuy nhiên, sau thời điểm này, một lần nữa nhận thấy rằng hệ PV có các đáp ứng công suất với thuật toán P&O thích nghi tốt hơn thuật toán P&O. Công suất đạt được của hệ PV với thuật toán P&O thích nghi đã đạt được đến giá trị tối ưu, giá trị công suất cực đại, $P_{MPP}^{Hệ PV} = 100,725$ kW trong các điều kiện bức xạ thay đổi. Điều này khẳng định cho tính đúng đắn và hợp lý của việc ứng dụng thuật toán P&O thích nghi.



Hình 18. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O và P&O thích nghi với G thay đổi bậc thang

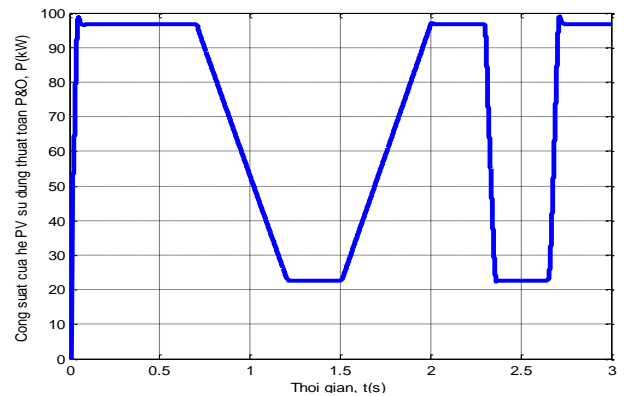
3.3. Điều kiện bức xạ thay đổi ngẫu nhiên và nhiệt độ, $T = 25^{\circ}C$

Trong quá trình khảo sát, giả sử rằng cường độ bức xạ thay đổi ngẫu nhiên như Hình 19 và nhiệt độ là không đổi.



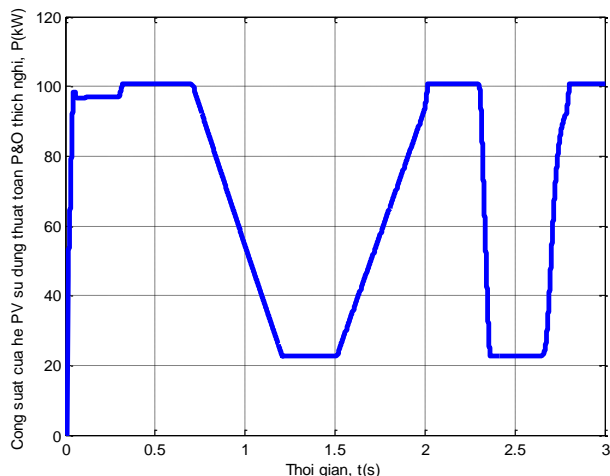
Hình 19. Cường độ bức xạ thay đổi ngẫu nhiên

a. Giải thuật P&O



Hình 20. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O với G thay đổi ngẫu nhiên

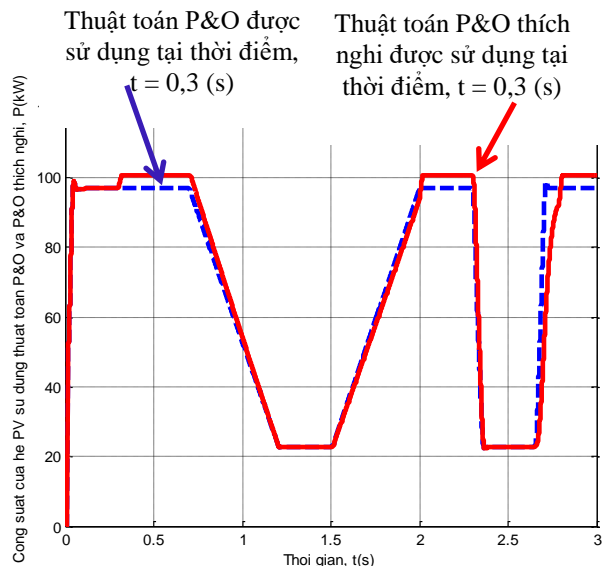
b. Giải thuật P&O thích nghi



Hình 21. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O thích nghi với G thay đổi ngẫu nhiên

c. So sánh và đánh giá

Từ các kết quả đạt được, Hình 18 - 19 cũng cho thấy rằng trước thời điểm $t = 0,3$ (s), thời điểm chưa sử dụng các thuật toán P&O và P&O thích nghi, đáp ứng công suất thu được của hệ PV là giống nhau. Tuy nhiên, sau thời điểm này, một lần nữa nhận thấy rằng hệ PV có các đáp ứng công suất với thuật toán P&O thích nghi tốt hơn thuật toán P&O. Công suất đạt được của hệ PV với thuật toán P&O thích nghi cũng đã đạt được đến giá trị tối ưu, giá trị công suất cực đại, $P_{MPP}^{H\grave{e} PV} = 100,725$ kW trong bất kỳ điều kiện bức xạ..



Hình 22. Công suất của hệ PV sử dụng thuật toán P&O và P&O thích nghi với G thay đổi ngẫu nhiên

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả đạt được Hình 14, Hình 18 và Hình 22 cho thấy rằng thuật toán P&O thích nghi tốt hơn thuật toán P&O truyền thống trong bất kỳ điều kiện bức xạ nào. Với ứng này, hệ PV luôn luôn làm việc tại điểm công suất cực đại, MPP với bước thay đổi điện áp thích nghi theo từng điều kiện bức xạ

Cần nghiên cứu để tìm cách khắc phục sai lệch mô hình sao cho kết quả nghiên cứu giữa mô hình toán học và mô hình thực tế khác nhau không nhiều để các kết quả nghiên cứu với mô hình toán học có thể áp dụng trực tiếp cho mô hình thực tế.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

- [1] Trang thông tin điện tử - Dự án năng lượng tái tạo - www.renewableenergy.org.vn
- [2] Đặng Đình Thống, Cơ sở năng lượng mới và tái tạo, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2006.
- [3] Phạm Văn ĐỂ, Điều khiển tối ưu hệ thống pin quang điện, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM, 2014.
- [4] Trầm Minh Tuấn, Nghiên cứu và thiết kế hệ thống điện mặt trời thích nghi và tối ưu, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Công nghệ TP. HCM, 2013.
- [5] Nguyễn Ngọc Thoại, Điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ pin quang điện mặt trời có xét đến hiện tượng bóng râm, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Công nghệ TP. HCM, 2014.

TIẾNG NƯỚC NGOÀI

- [6] N. Femia, D. Granozio, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli, “Optimized one-cycle control in photovoltaic grid connected applications”, IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., Vol. 2, No. 3, 2006.
- [7] W. Wu, N. Pongratananukul, W. Qiu, K. Rustom, T. Kasparis and I. Batarseh, “DSP-based multiple peak power tracking for expandable power system”, Proc. APEC, 2003.
- [8] C. Hua and C. Shen, “Comparative study of peak power tracking techniques for solar storage system”, Proc. APEC, 1998.
- [9] D. P. Hohm and M. E. Ropp, “Comparative study of maximum power point tracking algorithms using an experimental, programmable, maximum power point tracking test bed”, Proc. Photovoltaic Specialist Conference, 2000.
- [10] K. H. Hussein, I. Muta, T. Hoshino and M. Osakada, “Maximum power point tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions”, IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., Vol. 142, No. 1, 1995.
- [11] X. Sun, W. Wu, X. Li and Q. Zhao, “A research on photovoltaic energy controlling system with maximum power point tracking”, Power Conversion Conference, 2002.
- [12] T. L. Kottas, Y. S. Boutalis and A. D. Karlis, “New maximum power point tracker for PV arrays using fuzzy controller in close cooperation with fuzzy cognitive network”, IEEE Trans. Energy Conv., Vol. 21, No. 3, 2006.
- [13] J. Jiang, T. Huang, Y. Hsiao, and C. Chen, “Maximum power tracking for photovoltaic for power systems”, Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 8, No. 2, 2005.
- [14] D. Sera, T. Kerekes, R. Teodorescu and F. Blaabjerg, “Improved MPPT algorithms for rapidly changing environmental conditions”, IEEE Conference, 2008.

- [15] M. A. Younis, T. Khatib, M. Najeeb and A. M. Ariffin, “An improved maximum power point tracking controller for PV systems using Artificial neural network”, Malaysian Journal, 2012.
- [16] B. Das, A. Jamatia, A. Chakraborti, P. R. Kasari and M. Bhowmik, “New perturb and observe MPPT algorithm and its validation using data from PV module”, International Journal of Advances in Engineering and Technology, IJAET, Vol.4, Iss. 1, pp. 579-591, 2012.
- [17] G. Deb and A. B. Roy, “Use of solar tracking system for extracting solar energy”, International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 42-46, 2012.
- [18] T. Tudorache, C. D. Oancea, L. Kreindler, “Performance evaluation of solar tracking PV panel”, U. P. B. Sci. Bull, Vol. 74, Iss. 1, pp. 3-10, 2012.
- [19] J. Rizk and Y. Chaiko, “Solar tracking system: more efficient use of solar panels”, World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 41, pp. 313-315, 2008.
- [20] N. Barsoum, P. Vasant, “Simplified solar tracking prototype”, Global Journal on Technology & Optimization, Vol. 1, pp. 38-45, 2010.
- [21] G. M. Master, Renewable and efficient electric power systems, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 2004.
- [22] D. P. Hohm and M. E. Ropp, “Comparative study of maximum power point tracking algorithms”, IEEE Conference, 2008.

Xác nhận của Giảng viên hướng dẫn

(Ký & ghi rõ họ tên)

TS. Huỳnh Châu Duy

Học viên thực hiện

(Ký & ghi rõ họ tên)

Tiêu Trường Vũ

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SĨ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2017-2018 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.