

SO SÁNH HAI THUẬT TOÁN INC VÀ P&O TRONG ĐIỀU KHIỂN BẮM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI CỦA HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI CẤP ĐIỆN ĐỘC LẬP

Nguyễn Việt Ngự^{1*}, Lê Thị Minh Tâm¹, Trần Thị Thường¹, Nguyễn Xuân Trường²

¹*Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên*

²*Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

Email : ngunguyenviet77@gmail.com*

Ngày gửi bài: 20.05.2015

Ngày chấp nhận: 19.11.2015

TÓM TẮT

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng sạch, hoàn toàn miễn phí và không gây ô nhiễm môi trường. 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 điện dẫn gia tăng (INC) và nhiễu loạn và quan sát (P&O) sử dụng để thực hiện điều khiển bám điểm công suất cực đại của dàn pin điện mặt trời. Kết quả mô phỏng cho thấy, thuật toán INC có hiệu quả tốt hơn so với thuật toán P&O.

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

Comparison of INC and P&O Algorithms in Maximum Power Point Tracking Control of Independently PV System

ABSTRACT

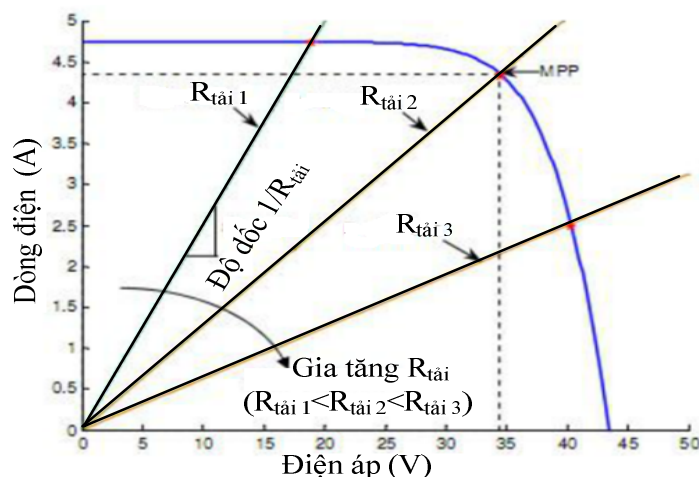
Solar energy is clean and free of cost and does not pollute the environment. The research of solar energy systems plays a very important role that contributes to fully exploit the natural energy resources while traditional energy sources become scarce. Maximum Power Point Tracker (MPPT) control for Solar panels considered as an indispensable part of the solar power system is applied in order to improve the efficiency of solar panels. This paper described and compared Perturb and Observer (P&O) and Incremental Conductance (INC) algorithms that were used to implement for Maximum Power Point control of Solar panels. Simulation results showed that INC algorithm had a better effect than P&O algorithm did.

Keywords: Incremental Conductance algorithm (INC), Maximum Power Point Tracking (MPPT); Perturb and Observer algorithm (P&O); Photovoltaics (PV).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

MPPT (Maximum Power Point Tracking) là phương pháp dò tìm điểm làm việc có công suất cực đại của hệ thống điện mặt trời thông qua việc đóng mở khóa điện tử của bộ biến đổi DC/DC. Phương pháp MPPT được sử dụng rất phổ biến trong hệ thống PV làm việc độc lập và

đang dần được áp dụng trong hệ quang điện làm việc với lưới (Sivagamasundari, 2013; Hohm, 2000, 2003). Khi một dàn PV được mắc trực tiếp vào một tải thì điểm làm việc của dàn PV đó là giao điểm giữa đường đặc tính làm việc I-V của PV và đặc tính I-V của tải. Nếu tải là thuần trở thì đường đặc tính tải là một đường thẳng với độ dốc là $1/R_{tải}$.



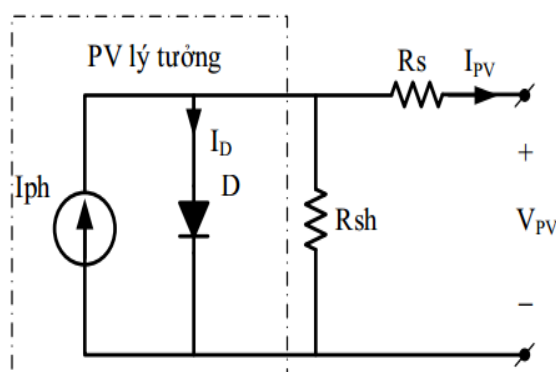
Hình 1. Đặc tính làm việc I-V của PV và của tải (có thể thay đổi giá trị)

Từ đặc tính I -V cho thấy có một điểm gọi là điểm công suất cực đại (MPP-maximum power point), là điểm mà khi hệ thống hoạt động tại điểm đó thì công suất ra của PV là lớn nhất. Các yếu tố về thời tiết ảnh hưởng rất lớn tới hoạt động của PV. Trong đó, nhiệt độ và cường độ bức xạ mặt trời là những yếu tố tiêu biểu ảnh hưởng mạnh nhất tới đặc tính I-V dẫn tới sự thay đổi vị trí MPP của PV.

Trong hầu hết các ứng dụng người ta mong muốn tối ưu hóa dòng công suất ra từ PV tới tải. Để làm được điều đó đòi hỏi điểm hoạt động của hệ thống phải được thiết lập tại điểm MPP. Có nhiều thuật toán được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tế. Bài báo này giới thiệu hai thuật toán P&O và INC; xây dựng thuật toán, mô phỏng và so sánh hai thuật toán trong điều khiển bám điểm công suất cực đại của dàn PV.

2. MÔ TẢ TOÁN HỌC PIN MẶT TRỜI

Pin PV có mạch điện tương đương như một diode mắc song song với một nguồn điện quang sinh. Ở cường độ ánh sáng ổn định, pin PV có một trạng thái làm việc nhất định, dòng điện quang sinh không thay đổi theo trạng thái làm việc. Do đó, trong mạch điện tương đương có thể xem như là một nguồn dòng ổn định I_{ph} . Trên thực tế, trong quá trình chế tạo pin PV, do tiếp xúc điện cực mặt trước và sau, cũng có thể do bản thân vật liệu có một điện trở suất nhất định. Vì vậy trong mạch điện tương đương cần phải mắc thêm vào một điện trở nối tiếp R_s và một điện trở song song R_{sh} với tải R_L . Như vậy, mạch điện tương đương của pin PV được thể hiện trên hình 2 (Zainudin, 2010; Nguyen Viet Ngu, 2011; Sharma, 2014).



Hình 2. Sơ đồ mạch điện tương đương của PV

So sánh hai thuật toán INC và P&O trong điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời cấp điện độc lập

Dòng điện qua diode:

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{qV_D}{nkT}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

Theo định luật Kirchhoff về cường độ dòng điện:

$$I_{ph} - I_D - \frac{V_D}{R_{sh}} - I_{PV} = 0 \quad (2.2)$$

Theo định luật Kirchhoff về điện thế:

$$V_{PV} = V_D - R_S I_{PV} \quad (2.3)$$

Trong đó:

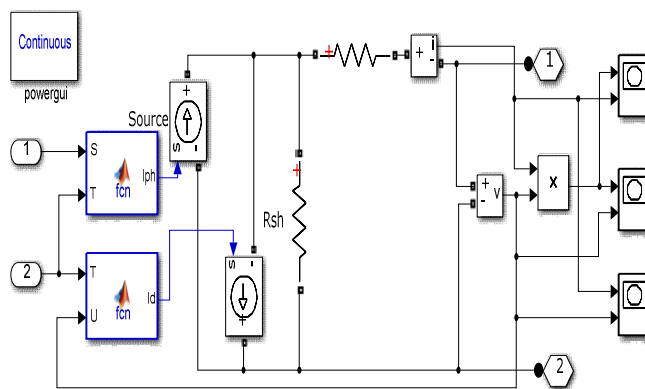
I_D - dòng điện qua diode (A); I_S - dòng điện bão hòa của diode (A); q - điện tích của electron ($1,602 \cdot 10^{-19} C$); k - hằng số Boltzman ($1,381 \cdot 10^{-23} J/K$); T - nhiệt độ lớp tiếp xúc (K); n - hệ số lý tưởng của diode; V_D - điện áp diode (V); I_{PV} - dòng điện ra của PV (A).

Từ các phương trình (2.1),(2.2),(2.3) suy ra phương trình đặc tính I-V của một tế bào PV.

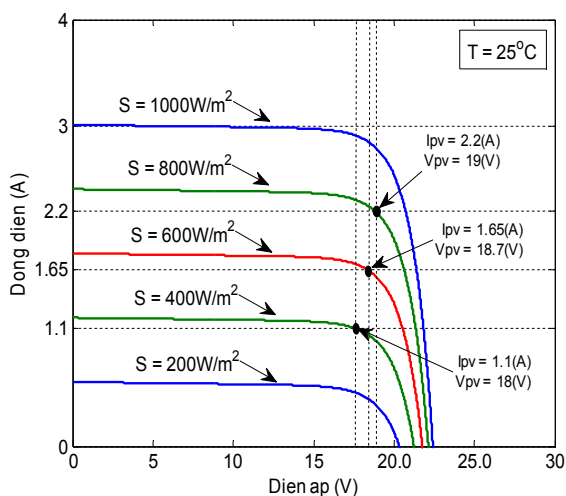
$$I_{pv} = I_{ph} - I_D - I_{sh} = I_{ph} - I_S \left(e^{\frac{q(V_{pv} + R_S I_{pv})}{nkT}} - 1 \right) - \frac{V_{pv} + R_S I_{pv}}{R_{sh}} \quad (2.4)$$

Từ các phương trình (2.1), (2.2), (2.3), (2.4) và từ sơ đồ tương đương của dàn PV ta có thể xây dựng được mô hình mô phỏng của dàn PV khi nhiệt độ và cường độ bức xạ thay đổi như hình 3.

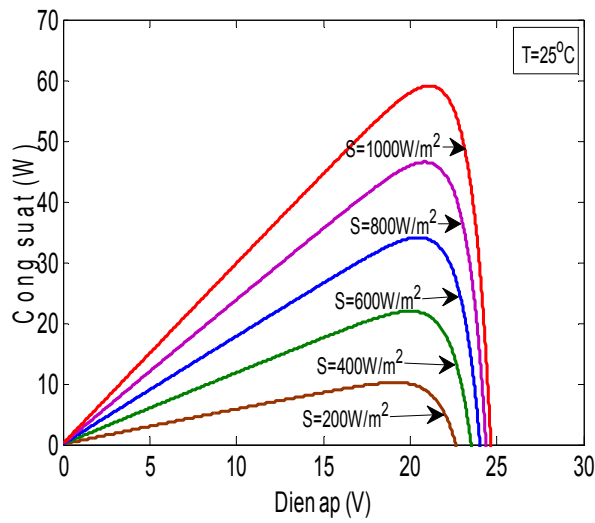
Sơ đồ mô phỏng sử dụng loại PV dòng Mono-cell do hãng Bosch (Đức) sản xuất có những thông số cơ bản đo ở điều kiện tiêu chuẩn ($1000 W/m^2$, $25^\circ C$) như sau: $P_{max} = 50 W$, $V_{MPP} = 16,5 V$, $I_{MPP} = 2,77 A$, $V_{oc} = 22,01 V$, $I_{sc} = 3,1 A$. Mô phỏng thu được đường cong quan hệ V-I, P-V và P-I của PV như hình 4, 5.



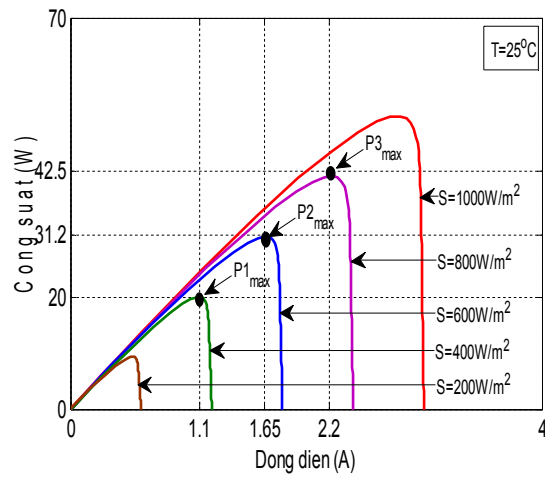
Hình 3. Mô hình mô phỏng dàn PV khi nhiệt độ, cường độ bức xạ thay đổi



a) Đường cong quan hệ I-V của PV

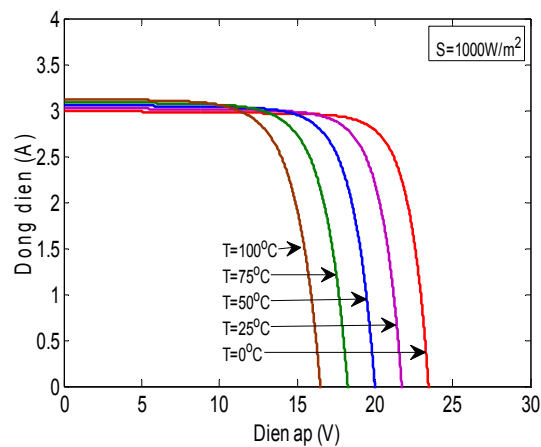


b) Đường cong quan hệ P-V của PV



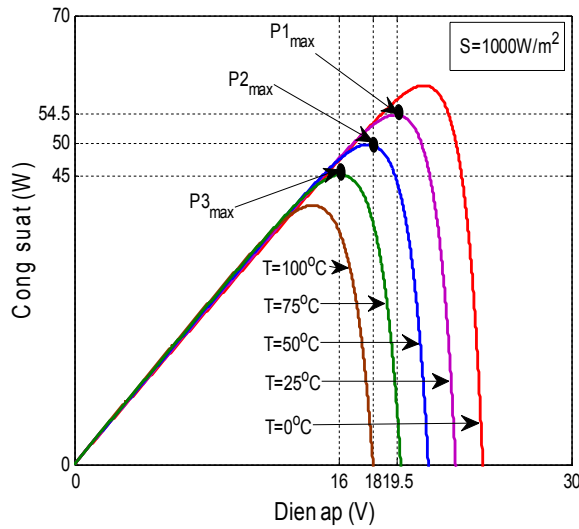
c) Đường cong quan hệ P-I của PV

Hình 4. Đặc tính tương quan của PV khi bức xạ mặt trời thay đổi

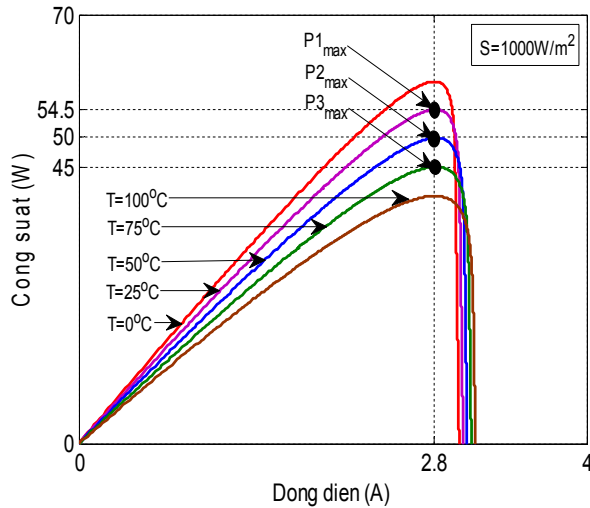


a) Đường cong quan hệ I-V của PV

So sánh hai thuật toán INC và P&O trong điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời cấp điện độc lập



b) Đường cong quan hệ P-V của PV



c) Đường cong quan hệ P-I của PV

Hình 5. Đặc tính tương quan của PV khi nhiệt độ thay đổi

Như vậy, vị trí của điểm MPP trên đường đặc tính là không biết trước và nó luôn thay đổi phụ thuộc vào điều kiện bức xạ và nhiệt độ. Do đó, cần có một thuật toán để theo dõi điểm MPP, thuật toán này chính là trái tim của bộ điều khiển MPPT.

3. CÁC THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN MPPT

Cấu trúc của hệ thống MPPT điều khiển theo điện áp tham chiếu được trình bày như hình 6.

3.1. Thuật toán nhiễu loạn và quan sát P&O

Trong thuật toán này điện áp hoạt động của pin mặt trời (PMT) bị nhiễu bởi một gia số nhỏ ΔV và kết quả làm thay đổi công suất, ΔP được quan sát (Sivagamasundari, 2013; Chaudhari, 2005).

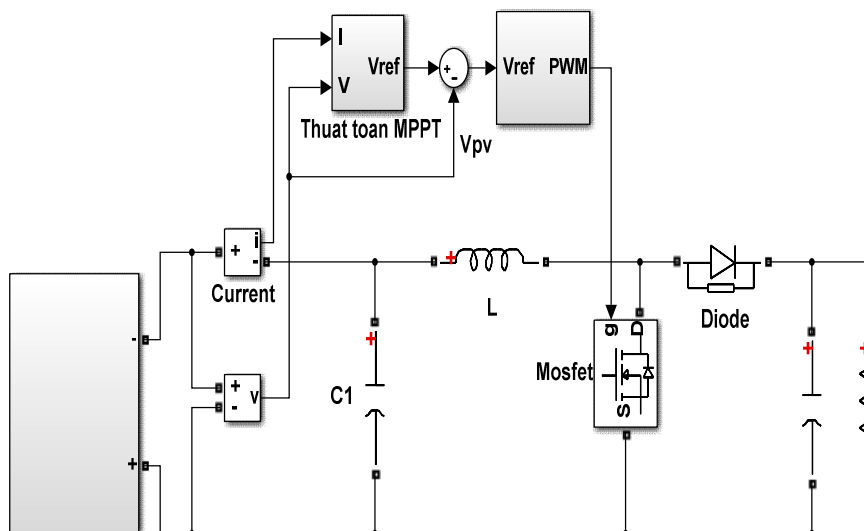
Hình 7 mô tả nguyên lý hoạt động của thuật toán P&O, từ đó có thể suy ra cách thức hoạt động của thuật toán như sau:

- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 1 ($\Delta P < 0$ và $\Delta V < 0$) thì cần tăng điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

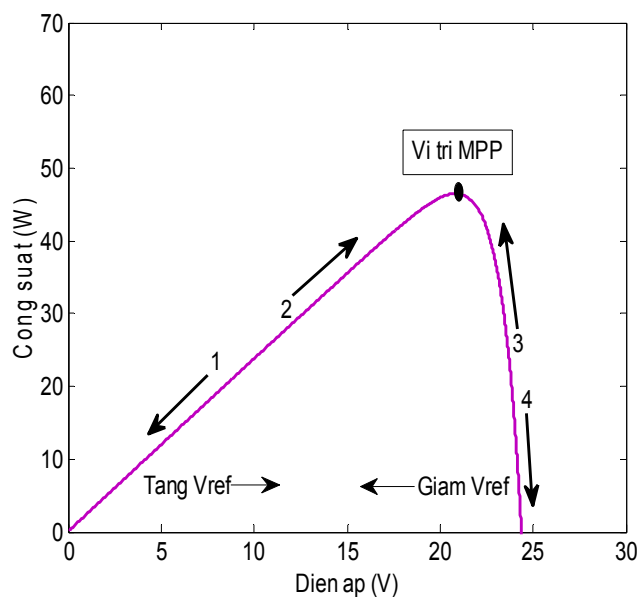
- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 2 ($\Delta P > 0$ và $\Delta V > 0$) thì cần tăng điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 3 ($\Delta P > 0$ và $\Delta V < 0$) thì cần giảm điện áp hoạt động để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

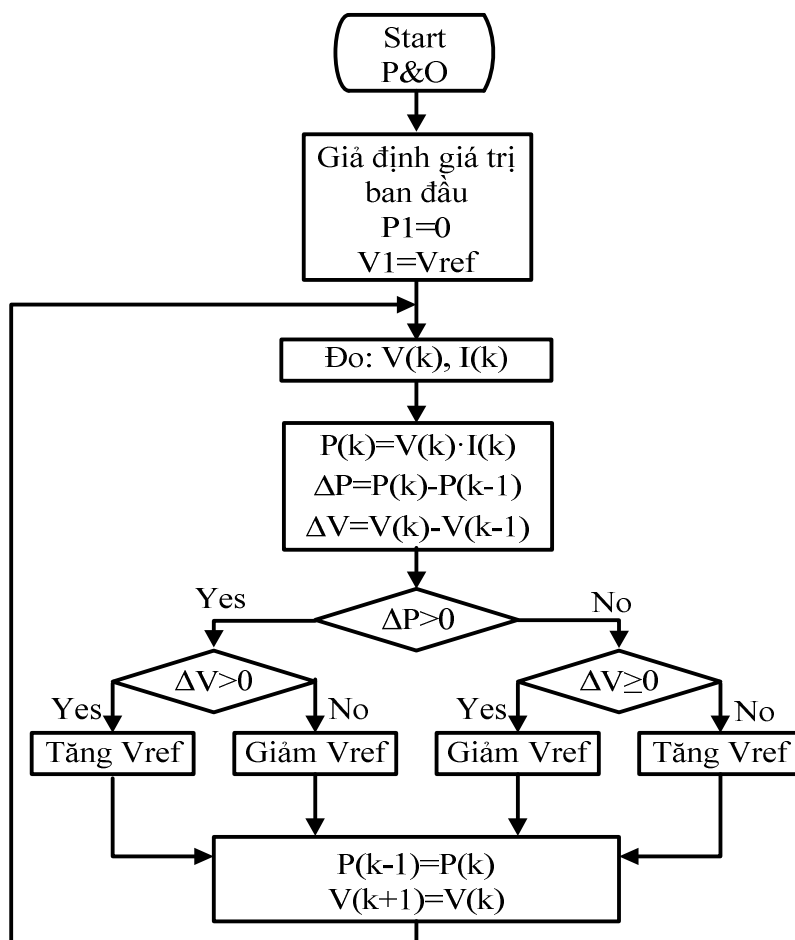
- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 4 ($\Delta P < 0$ và $\Delta V > 0$) thì cần giảm điện áp hoạt động để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.



Hình 6. Cấu trúc điều khiển MPPT của dàn PV



Hình 7. Đường đặc tính P-V và thuật toán P&O



Hình 8. Lưu đồ thuật toán P&O điều khiển thông qua điện áp tham chiếu Vref

Giải thích thuật toán:

Bộ điều khiển MPPT sẽ đo các giá trị dòng điện I và điện áp V, sau đó tính toán độ sai lệch ΔP , ΔV và kiểm tra:

- Nếu $\Delta P \cdot \Delta V > 0$ thì tăng giá trị điện áp tham chiếu Vref.

- Nếu $\Delta P \cdot \Delta V < 0$ thì giảm giá trị điện áp tham chiếu Vref.

Sau đó cập nhật các giá trị mới thay cho giá trị trước đó của V, P và tiến hành đo các thông số I, V cho chu kỳ làm việc tiếp theo.

3.2. Thuật toán điện dẫn gia tăng INC

Thuật toán INC dựa trên thực tế như sau:

- Độ dốc của đường cong công suất bằng không tại điểm MPP (Chaudhari, 2005; Akihiro.Oi, 2005; Reisi, 2013; Hohm, 2003).

- Độ dốc dương ở bên trái điểm MPP.

- Độ dốc âm ở bên phải điểm MPP.

Đặc tính P-V và thuật toán INC được minh họa trên hình 9.

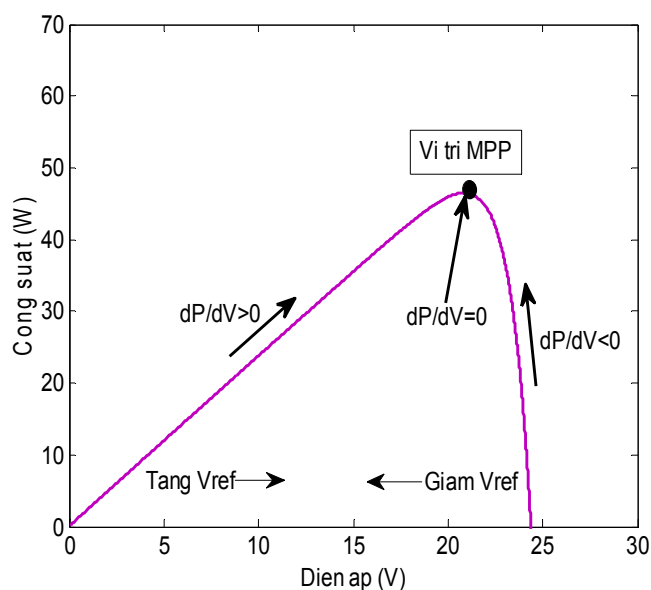
$$\begin{cases} dP/dV = 0, \text{ tại MPP} \\ dP/dV > 0, \text{ ở bên trái MPP} \\ dP/dV < 0, \text{ ở bên phải MPP} \end{cases}$$

Vì:

$$\begin{aligned} dP/dV &= d(IV)/dV = I + V(dI/dV) \\ &\cong I + V(\Delta I/\Delta V) \end{aligned}$$

nên ta có thể viết lại là

$$\begin{cases} \Delta I/\Delta V = -I/V, \text{ tại MPP} \\ \Delta I/\Delta V > -I/V, \text{ ở bên trái MPP} \\ \Delta I/\Delta V < -I/V, \text{ ở bên phải MPP} \end{cases}$$

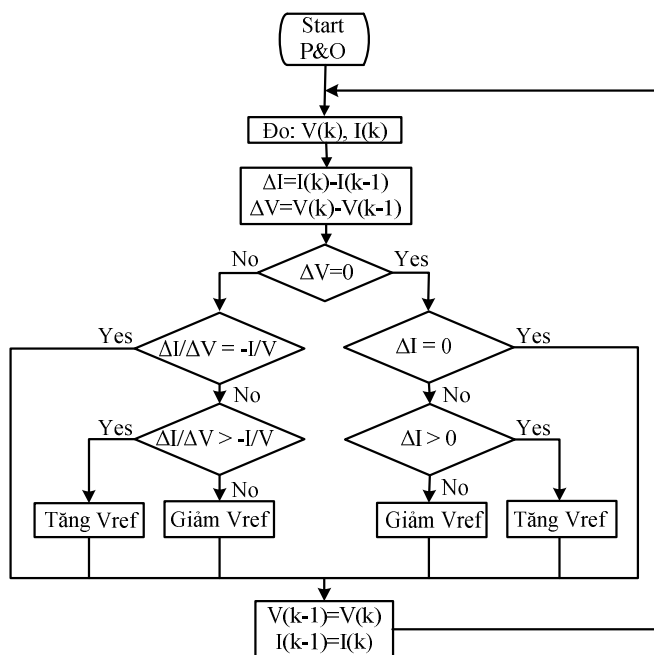


Hình 9. Đường đặc tính P-V và thuật toán INC

Lưu đồ thuật toán hình 10 giải thích sự hoạt động của thuật toán INC điều khiển theo điện áp tham chiếu. Các giá trị dòng điện và điện áp của PV được đo và sau đó sử dụng các giá trị tức thời và giá trị trước đó để tính toán các giá trị gia tăng của ΔI và ΔV . Thuật toán sẽ kiểm tra điều kiện của phương trình ở hình 10.

- Nếu điểm hoạt động nằm phía bên trái điểm MPP thì chúng ta phải di chuyển nó sang bên phải bằng cách tăng điện áp của PMT.

- Nếu điểm hoạt động nằm bên phải điểm MPP thì chúng ta lại phải di chuyển nó sang bên trái tức là phải giảm điện áp PMT.



Hình 10. Lưu đồ thuật toán INC điều khiển thông qua điện áp tham chiếu Vref

So sánh hai thuật toán INC và P&O trong điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời cấp điện độc lập

- Khi điều kiện $\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V}$ được thỏa mãn

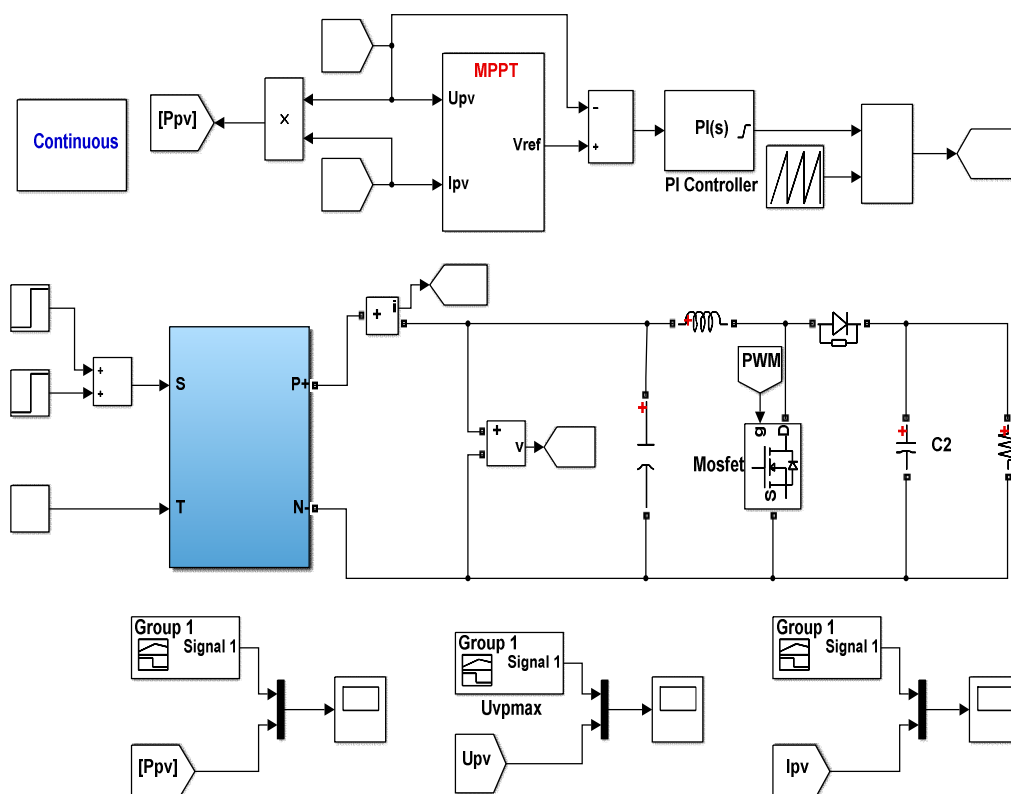
(chính là các điểm MPP) thì thuật toán này sẽ bỏ qua việc điều chỉnh điện áp.

- Một kiểm tra quan trọng của thuật toán này là phát hiện điều kiện của môi trường. Nếu điểm hoạt động vẫn ở điểm MPP (điều kiện $\Delta V = 0$) và điều kiện bức xạ không thay đổi ($\Delta I = 0$) thì sẽ không phải điều chỉnh điện áp hoạt động. Nếu như bức xạ tăng ($\Delta I > 0$) thì điện áp MPP giảm nên thuật toán INC phải tăng điện áp hoạt động để theo dõi điểm MPP. Nếu bức xạ giảm ($\Delta I < 0$) dẫn tới điện áp điểm MPP cao hơn, phải giảm điện áp hoạt động để theo dõi điểm MPP. Vào chu kỳ cuối, nó sẽ cập nhật lịch sử bằng cách lưu các giá trị điện áp và dòng điện hiện tại, sẽ sử dụng chúng như là các giá trị trước đó cho chu kỳ tiếp theo.

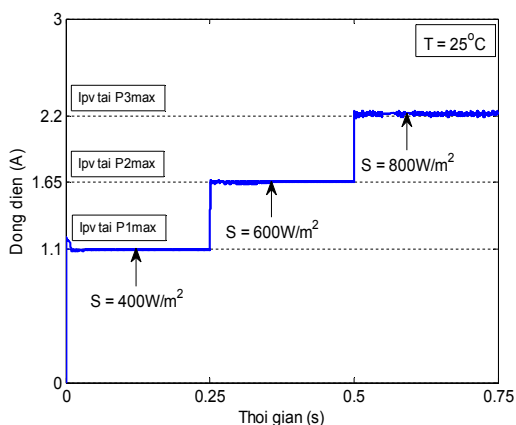
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG CÁC THUẬT TOÁN MPPT

4.1. Kết quả mô phỏng MPPT với thuật toán P&O và thuật toán INC

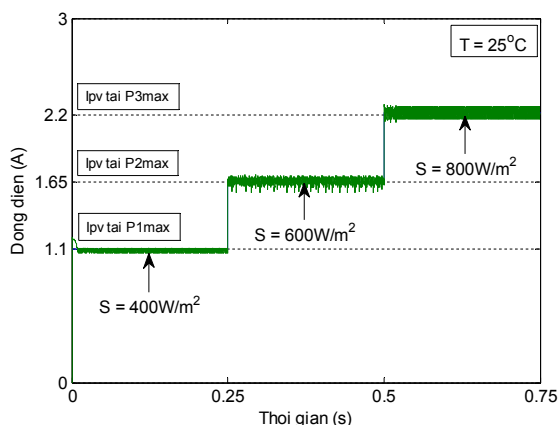
Từ kết quả mô phỏng hình 16, 17 đối chiếu với hình 4a,c và hình 22, 23 đối chiếu với hình 5b,c cho thấy, khi cường độ bức xạ mặt trời và nhiệt độ môi trường thay đổi, cả hai thuật toán đều bám được MPP với thời gian rất nhanh. Tuy nhiên, MPPT làm việc với thuật toán INC tốt hơn so với thuật toán P&O, công suất dàn PV trong trường hợp sử dụng thuật toán INC bám sát công suất cực đại (MPP) hơn, hay nói cách khác phạm vi dao động quanh MPP nhỏ hơn so với thuật toán P&O. Thuật toán INC trong quá trình điều khiển MPPT, phản ứng nhanh và chính xác hơn, đặc biệt là dòng điện và điện áp của PV ổn định hơn khi sử dụng thuật toán P&O. Vì vậy, việc sử dụng thuật toán INC trong điều khiển MPPT của hệ thống PV cấp điện độc lập là rất thích hợp, đảm bảo tính cung cấp điện cho phụ tải tối ưu nhất, liên tục và ổn định.



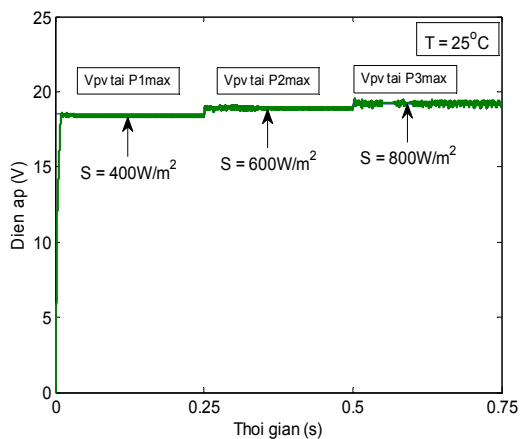
Hình 11. Hệ thống điều khiển MPPT của dàn PV sử dụng thuật toán điều khiển P&O và INC



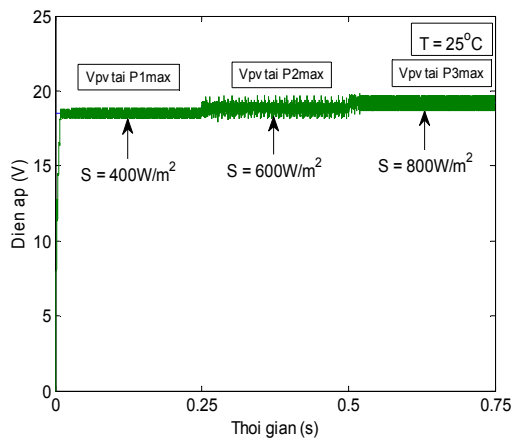
Hình 12. Dòng điện dàn pin khi cường độ bức xạ thay đổi (với thuật toán INC)



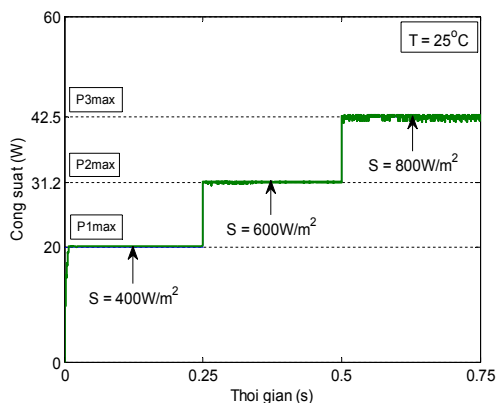
Hình 13. Dòng điện dàn pin khi cường độ bức xạ thay đổi (với thuật toán P&O)



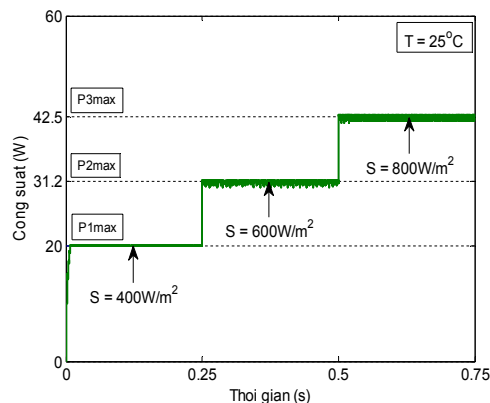
Hình 14. Điện áp dàn pin khi cường độ bức xạ thay đổi (với thuật toán INC)



Hình 15. Điện áp dàn pin khi cường độ bức xạ thay đổi (với thuật toán P&O)

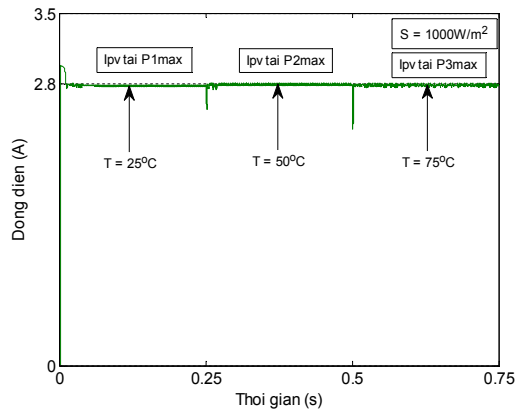


Hình 16. Công suất dàn pin khi cường độ bức xạ thay đổi (với thuật toán INC)

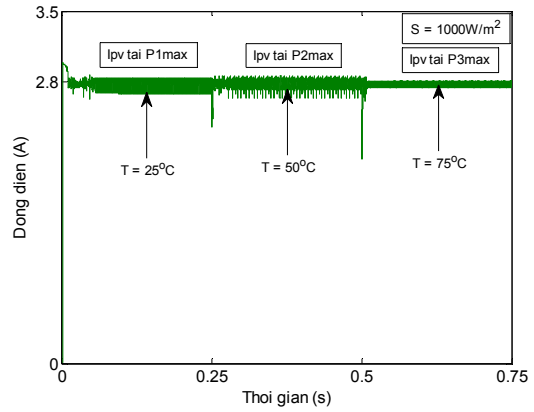


Hình 17. Công suất dàn pin khi cường độ bức xạ thay đổi (với thuật toán P&O)

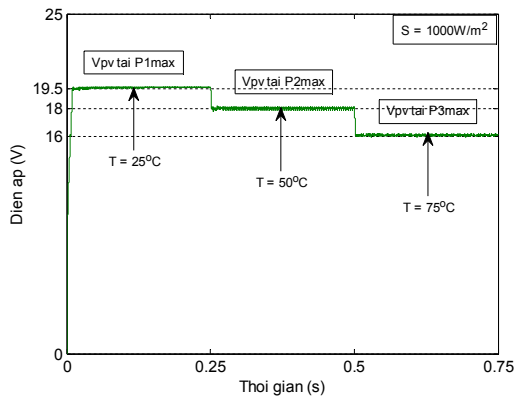
So sánh hai thuật toán INC và P&O trong điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời cấp điện độc lập



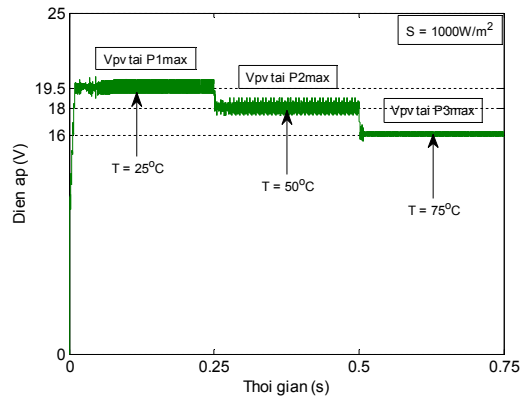
Hình 18. Dòng điện dàn pin khi nhiệt độ thay đổi (với thuật toán INC)



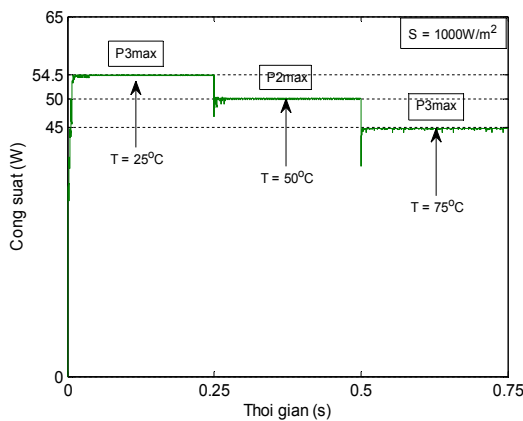
Hình 19. Dòng điện dàn pin khi nhiệt độ thay đổi (với thuật toán P&O)



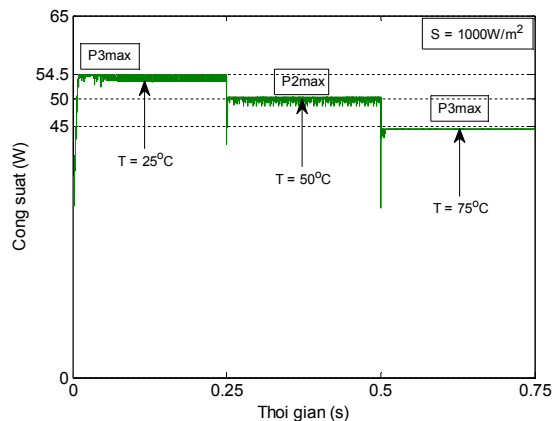
Hình 20. Điện áp dàn pin khi nhiệt độ thay đổi (với thuật toán INC)



Hình 21. Điện áp dàn pin khi nhiệt độ thay đổi (với thuật toán P&O)



Hình 22. Công suất dàn pin khi nhiệt độ thay đổi (với thuật toán INC)



Hình 23. Công suất dàn pin khi nhiệt độ thay đổi (với thuật toán P&O)

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được mô hình mô phỏng của dàn PV, khảo sát được sự ảnh hưởng của cường độ bức xạ mặt trời và nhiệt độ đến công suất phát của dàn PV.

Trong hệ thống PV, người ta luôn mong muốn cho dù ở bất kỳ điều kiện thời tiết như thế nào, dòng công suất phát từ dàn PV tới tải luôn là cực đại, đó là mục tiêu của bài toán điều khiển MPPT. Qua đó, bài báo giới thiệu hai thuật toán INC và P&O áp dụng trong điều khiển MPPT của dàn PV. Mô phỏng được hai thuật toán MPPT trong ở điều kiện thời tiết thay đổi thường gặp trong thực tế để thấy được ưu, nhược điểm của từng phương pháp. Dựa trên kết quả mô phỏng ở hình 16, 17 và hình 22, 23 cho thấy, cả hai phương pháp MPPT đều hoạt động tốt khi điều kiện thời tiết thay đổi đột ngột, phản ứng bám điểm công suất cực đại với thời gian rất nhanh, độ quá điều chỉnh rất nhỏ. Tuy nhiên, thuật toán INC có ưu điểm hơn thuật toán P&O chẳng hạn như: dao động quanh điểm công suất cực đại hẹp và ít hơn thuật toán P&O; giảm thiểu được hao tổn công suất phát do dao động quanh điểm công suất cực đại ít hơn thuật toán P&O. Vì vậy, việc áp dụng thuật toán INC trong điều khiển MPPT sẽ cho hiệu quả tốt hơn thuật toán P&O.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Akihiro.Oi (2005). Design and Simulation of Photovoltaic Water Pumping System, Electrical Engineering, Master of Science in Electrical Engineering. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, p. 113.

Ali Reza Reisi, Mohammad Hassan Moradi, Shahriar Jamasb (2013). Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system, pp. 433-443.

Chandani Sharma, Anamika Jain (2014). Solar Panel Mathemaical Modeling Using Simulink, Journal of Engineering Research and Applications, ISSN: 2248-9622, 4(5): 67-72.

Hairul Nissah Zainudin, Saad Mekhile (2010). Comparison Study of Maximum Power Point Tracker techniques for PV Systems”, Proceeding of the 14 International Middle East Power Systems Conference, Cairo University, Egypt, December 19-21, paper ID 278.

Hohm D.P. and M.E.Ropp (2003). Comparative Study of Maximum Power point tracking algorithms, Progress in photovoltaic, research and application, pp. 47-62

Hohm D.P (2000). Comparative study of maximum power point tracking algorithms using an experimental, programmable, maximum power point tracking test bed, pp. 1699-1702, ISSN: 0160-8371.

Nguyen Viet Ngu, Wang Hong-hua, Nguyen Xuan Truong, Vo Van Nam, Le Thi Minh Tam (2011). Simulation of Maximum Power point tracking for solar cells based on fuzzy control, Journal of Science and Development, 9(2): 278-285.

Sivagamasundari M.S., Dr.P. MelbaMary, V.K. Velvizhi (2013). Maximum power point tracking for photovoltaic system by perturb and observe method using buck boost converter, International Journal of Advanced research in electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2(6), ISSN: 2278-8875.

Vikrant.A.Chaudhari (2005). Automatic Peak Power Traker for Solar PV Modules Using dSpacer Software., Maulana Azad National Institute Of Technology Vol. Degree of Master of Technology, Energy. Bhopal: Deemed University, p. 9.