

ĐIỀU CHỈNH KÍCH THƯỚC BƯỚC CHO GIẢI PHÁP P&O ĐỂ MPPT HỆ THỐNG PV

Dương Văn Khải, Bùi Văn Hiền*, Lê Khắc Sinh

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

*Email: *hienbv@hufi.edu.vn*

Ngày gửi bài: 03/6/2022; Ngày chấp nhận đăng: 13/7/2022

TÓM TẮT

Để thu được hiệu suất tối đa từ các hệ thống pin quang điện (PV) thì kỹ thuật theo dõi điểm phát công suất cực đại (MPPT) thường được áp dụng trong mọi điều kiện vận hành. Trong khi đó, công suất cực đại thu được từ hệ thống quang điện mặt trời thay đổi do sự thay đổi của điều kiện môi trường. Một trong những phương pháp kinh điển được áp dụng rộng rãi nhất đó là giải thuật nhiễu loạn và quan sát (P&O). Tuy nhiên, kích thước bước cho các vòng lặp vẫn còn là vấn đề quan tâm khi muốn tăng hiệu suất đồng thời rút ngắn được tốc độ hội tụ của giải pháp. Trong bài báo này, một nghiên cứu so sánh giữa thuật toán P&O với kích thước bước được điều chỉnh so với giải pháp P&O thông thường được trình bày. Giải pháp đề xuất cho thấy có những ưu điểm vượt trội về tốc độ MPPT nhờ vào khả năng điều chỉnh kích thước bước một cách linh hoạt.

Từ khóa: Hệ thống điện mặt trời, giải thuật P&O, điều chỉnh kích thước bước.

1. GIỚI THIỆU

Nhu cầu năng lượng đang gia tăng từng ngày. Sự phát triển kinh tế, xã hội đòi hỏi việc sử dụng năng lượng một cách hiệu quả và thân thiện hơn với môi trường. Năng lượng tái tạo có tiềm năng to lớn trong việc cải thiện an ninh năng lượng thế giới đặc biệt là điện mặt trời. Nó tồn tại dưới dạng ánh sáng và nhiệt được khai thác bằng cách sử dụng chủ yếu hai công nghệ là hệ thống quang điện mặt trời và điện mặt trời tập trung để sản xuất điện. Tế bào PV chuyển đổi bức xạ mặt trời trực tiếp thành điện năng dựa trên hiệu ứng quang điện. các hệ thống PV độc lập được sử dụng cho các ứng dụng chiếu sáng đường phố, bơm nước, nông nghiệp và cả cho xe điện [1]. Nó cũng có thể được tích hợp vào lưới điện để sử dụng trên một quy mô lớn dưới dạng các cánh đồng PV [2]. Tuy nhiên, công suất đầu ra của hệ thống PV thay đổi theo điều kiện thời tiết (nhiệt độ và bức xạ mặt trời). Do đó, kỹ thuật MPPT thường được thực hiện để điều chỉnh hệ thống PV để tạo ra công suất tối đa. Nó dựa trên sự phù hợp trở kháng giữa nguồn PV và tải. Điều này được thực hiện dựa vào các thuật toán MPPT khác nhau dùng trong hệ thống PV để điều chỉnh tỷ số đóng điện của bộ biến đổi công suất (bộ chuyển đổi DC-DC) phù hợp với trở kháng [3].

Trong những năm gần đây, nhiều kỹ thuật khác nhau đã được phát triển để MPPT hệ thống PV [4-15]. Các kỹ thuật này có thể được chia thành bốn loại: phương pháp dựa trên các mô hình toán học; phương pháp dựa trên kiểm soát đầu ra; phương pháp dựa trên các thuật toán thông minh; và các phương pháp dựa trên tối ưu hóa nhiễu [16].

Phương pháp điện áp hở mạch và dòng điện ngắn mạch [4, 5] có cách tiếp cận đơn giản và hiệu quả để làm cho hệ thống PV hoạt động ở điểm công suất tối đa (MPP). Tuy nhiên, hệ thống PV phải được ngắt kết nối hoặc ngắn mạch định kỳ để lấy hai thông số làm tham

chiều. Do đó, loại phương pháp này làm tăng tổn thất điện năng và các điểm hoạt động đo được không phải là điểm công suất cực đại thực tế.

Nhóm thứ hai bao gồm điều khiển phản hồi thông số đầu ra [6], điều khiển giảm điện áp bus DC [7] và phương pháp điều khiển chu kỳ giới hạn [8]. Nó chỉ đo một trong các dòng tải và điện áp để MPPT và có thể được thực hiện một cách đơn giản. Tuy nhiên, hiệu suất và dao động quanh trạng thái ổn định của nó phụ thuộc rất nhiều vào thiết kế của các thông số mạch, và đây là một quá trình rất phức tạp.

Ở nhóm thứ ba, các phương pháp điều khiển logic mờ [9], điều khiển trượt [10] và điều khiển mạng nơ-ron [11] thường được áp dụng do khả năng xử lý phi tuyến tính của chúng. Chúng có hiệu suất thỏa đáng trong các điều kiện môi trường khác nhau. Tuy nhiên hiệu quả của chúng phụ thuộc rất lớn vào kinh nghiệm, chế độ huấn luyện, điều này hạn chế tính linh hoạt của nó do quá phức tạp.

Loại phương pháp thứ tư dựa trên sự tối ưu hóa nhiễu loạn, và bao gồm các thuật toán “leo đồi” [12], “nhiều nhiễu loạn và quan sát” (P&O) [13] và độ dẫn tăng dần (INC) [14-17]. Chúng được áp dụng rộng rãi trong các hệ thống PV vì khả năng thực hiện đơn giản, tốc độ cao. Tuy nhiên, kích thước bước của chúng là một bất lợi. Chọn kích thước bước lớn sẽ gia tăng tốc độ hội tụ nhưng hiệu suất và ổn định tại MPP thấp. Ngược lại, giảm kích thước bước có thể gia tăng hiệu suất nhưng tốn nhiều thời gian cho các vòng lặp dẫn đến thời gian hội tụ cũng gia tăng [17].

Trong bài báo này, việc kết hợp giữa giá trị xấp xỉ điện áp hở mạch V_{oc} và khả năng điều chỉnh kích thước bước linh hoạt trong thuật toán P&O được trình bày. Mô hình mô phỏng dựa trên nền tảng PSIM được phát triển cho những ứng dụng có yêu cầu điện áp và công suất thấp. Những kết quả mô phỏng nhằm so sánh hiệu suất và tốc độ của giải pháp đề xuất với phương pháp P&O truyền thống trong các điều kiện vận hành thay đổi.

2. MÔ HÌNH PV VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA MÔI TRƯỜNG

2.1. Mô hình hệ thống PV

Mô hình toán của tế bào quang điện được giới thiệu trong hình 1 bao gồm một diode song song với một nguồn dòng được điều khiển bởi ánh sáng và hai điện trở nối tiếp và song song là R_s , R_p [14-17].

Hai thông số quan trọng của PV là dòng ngắn mạch I_{sc} và điện áp hở mạch V_{oc} liên quan đến biểu thức tính dòng ngõ ra. Dòng qua diode là.

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{qV_d}{kT}} - 1 \right) \quad (1)$$

Mà $I_{sc} - I_d - I - I_p = 0$; Nên $I = I_{sc} - I_d - I_p$

Với $I_p = \frac{V_d}{R_p}$, và $V_d = V + I.R_s$

Nên dòng điện ngõ ra là :

$$I = I_{sc} - I_0 \left\{ e^{\frac{q(V+I.R_s)}{kT}} - 1 \right\} - \frac{V + I.R_s}{R_p} \quad (2)$$

Điện áp hở mạch:

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1 \right) \quad (3)$$

Trong đó:

V_d – điện áp diode (V);

V – điện áp ra của PV (V)

I – dòng điện ra của PV (A).

I_P – dòng qua điện trở R_P (A)

I_{SC} – dòng điện ngắn mạch của PV (A)

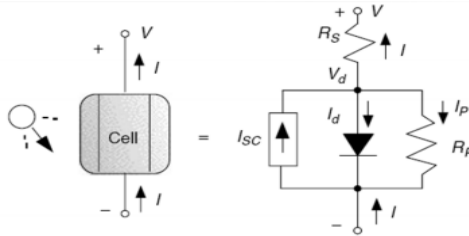
I_0 – dòng điện bão hòa của diode (A);

q – điện tích của electron ($1,602.10^{-19}C$);

k – hằng số Boltzman ($1,381.10^{-23}J/K$);

T – nhiệt độ lớp tiếp xúc (K);

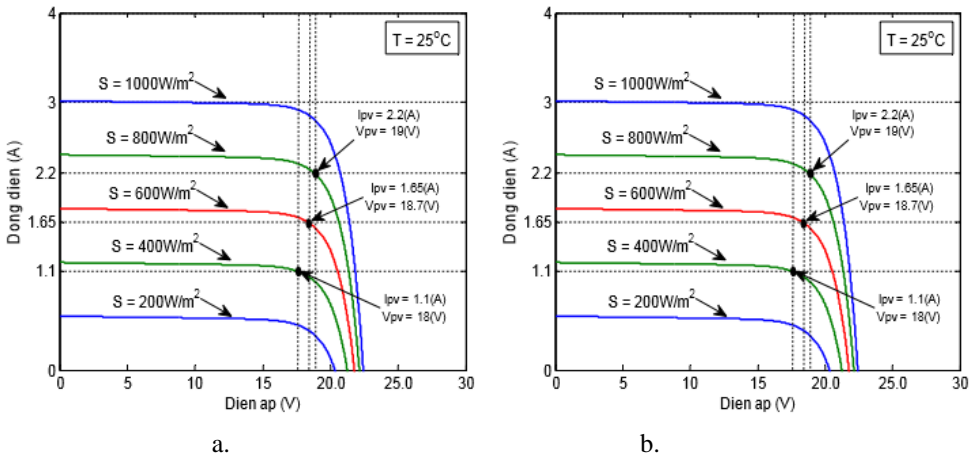
R_S, R_P – điện trở nối tiếp và song song (Ω)



Hình 1: Sơ đồ thay thế tế bào quang điện

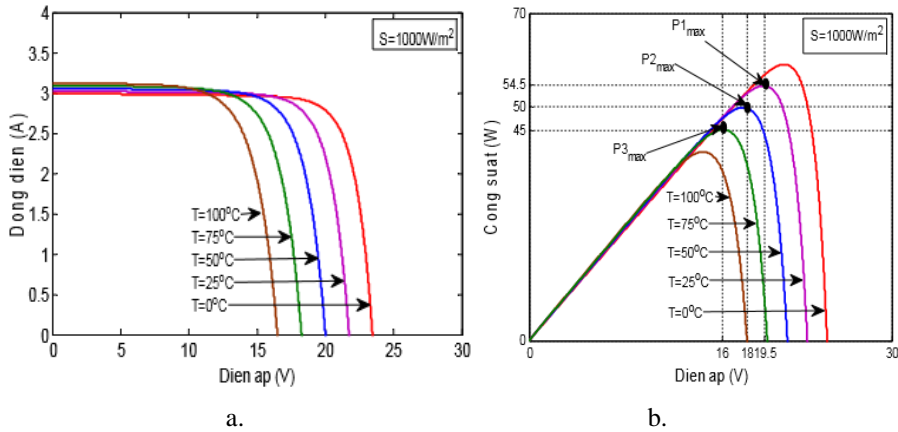
2.2. Phương pháp đề xuất

Công suất đầu ra của hệ thống PV thay đổi do sự thay đổi của điều kiện môi trường và do đó hiệu suất giảm. Các đặc tính dòng điện - điện áp và công suất - điện áp của một mô-đun PV ở các bức xạ khác nhau trong cùng nhiệt độ không đổi được mô tả trong Hình 2.



Hình 2. Dạng đặc tuyến PV khi thay đổi bức xạ a. I – V và b. P – V

Hình 3 mô tả các đặc tính ở các nhiệt độ khác nhau nhưng cùng một mức độ bức xạ. Khi thay đổi bức xạ thì dòng điện của mô-đun bị ảnh hưởng nhiều và điện áp hầu như không đổi. Trong khi nhiệt độ tăng, điện áp mô-đun giảm, còn dòng điện của mô-đun ít bị dao động.



Hình 3. Dạng đặc tuyến PV khi thay đổi nhiệt độ a. I – V và b. P – V

Khi nhiệt độ tế bào và bức xạ mặt trời thay đổi, công suất đầu ra của mô-đun cũng khác nhau. Bộ điều khiển MPPT được sử dụng trong hệ thống PV để theo dõi điểm làm việc mà tại đó công suất đạt mức tối đa. Hệ thống PV nối với bộ điều khiển MPPT để kiểm soát hoạt động của bộ chuyển đổi DC-DC. Tỷ số đóng điện D của bộ biến đổi được điều chỉnh theo cách để đạt được điểm công suất lớn nhất. Các thuật toán MPPT nên được đưa vào hệ thống PV để đạt được hiệu quả cao nhất.

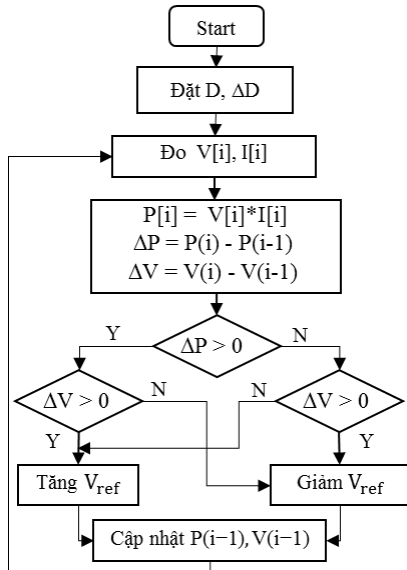
3. GIẢI THUẬT P&O TRUYỀN THỐNG

Công suất cực đại thu được từ hệ thống PV thay đổi do sự thay đổi của bức xạ và nhiệt độ bề mặt PV. Để thu được công suất lớn nhất, nhiều thuật toán MPPT được sử dụng trong hệ thống PV. Phương pháp P&O hoạt động bằng cách tăng / giảm điện áp mô-đun để tìm công suất đầu ra tối đa. Nếu $dP_{pv} / dV_{pv} > 0$, nghĩa là nó nằm ở phía bên trái của MPP. Khi đó cần tăng điện áp lên để đạt đến MPP. Khi $dP_{pv} / dV_{pv} < 0$, thì điện áp cần được giảm để quay về MPP. Kích thước bước của P&O thông thường là một giá trị cố định (thường là $dD = 0,01$). Thuật toán tăng hoặc giảm giá trị D theo từng bước cho đến khi đạt đến MPP. Kích thước bước được điều chỉnh dựa trên kết quả của bước lặp trước đó. Nếu công suất đầu ra tăng lên do lần nhiễu loạn cuối cùng thì lần nhiễu loạn tiếp theo cũng theo cùng một hướng. Nếu công suất đầu ra giảm do lần nhiễu loạn cuối cùng thì lần nhiễu loạn tiếp theo sẽ theo chiều ngược lại. Thuật toán P&O là thuật toán đơn giản nhất và việc thực hiện cũng rất dễ dàng. Tuy nhiên, thuật toán không phù hợp với điều kiện thời tiết thay đổi nhanh chóng do hiệu suất và tốc độ phụ thuộc vào kích thước bước. Các tín hiệu điện áp và dòng điện đầu ra dao động quanh trạng thái ổn định [17, 18]. Lưu đồ của thuật toán P&O thông thường được hiển thị trong Hình 4.

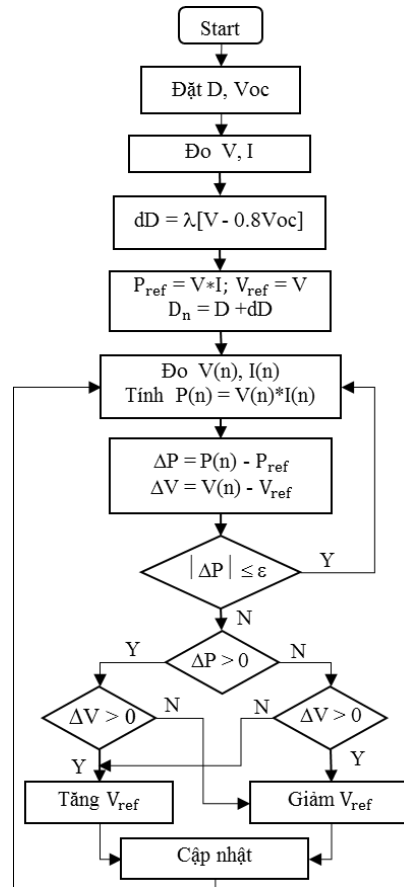
4. GIẢI PHÁP ĐIỀU CHỈNH KÍCH THƯỚC BƯỚC P&O

Một giải pháp P&O với kích thước bước thay đổi được đề xuất để khắc phục những hạn chế của thuật toán P&O truyền thống. Thuật toán được đề xuất làm tăng tốc độ MPPT và cũng giảm dao động. Trong thuật toán này, ngoài giá trị dP/dV được sử dụng để xác định chiều dịch chuyển của lần lặp tiếp theo. Giá trị sai lệch điện áp ở bước trước đó so với điện áp hở mạch V_{oc} cũng được xem xét như một thông số điều chỉnh kích thước bước. Nếu điểm hoạt động ở xa MPP, thuật toán cho giá trị bước lớn và nó giảm dần khi điểm hoạt động tiến gần đến điểm MPP. Điều này có thể được giải thích như sau: theo hệ số lắp đầy của PV thì $I_{mpp} \approx 0.9 I_{sc}$ và $V_{mpp} \approx 0.8V_{oc}$. Như vậy có thể lấy giá trị V_{oc} làm điểm tham chiếu để điều

chỉnh kích thước bước. Do giá trị V_{oc} tương ứng với $D = 0$ nên điện áp làm việc càng xa MPP tương ứng với D càng lớn, khi đó cần giảm giá trị D bằng một bước điều chỉnh phụ thuộc vào khoảng cách điện áp theo biểu thức sau:



Hình 4. Lưu đồ giải thuật P&O truyền thống



Hình 5. Lưu đồ giải thuật P&O với kích thước bước điều chỉnh

$$dD = \lambda * (V_{pv} - 0,8 * V_{oc}) \tag{4}$$

Như đã phân tích trong mục 3, bước điều chỉnh dD quá lớn thì hiệu suất thấp, nếu quá nhỏ thì tốc độ MPPT chậm và thường có giá trị $dD = 0,01$. Trong nghiên cứu này, dD phụ thuộc vào độ chênh điện áp giữa điểm đang xét (V_{pv}) với điểm làm việc tối ưu ($0,8V_{oc}$) [18]. Để đảm bảo giá trị dD không lớn hơn 1 khi độ chênh lớn nhất thì giá trị λ được chọn dựa trên mức điện áp V_{oc} cực đại mà hệ thống có thể cung cấp. Cụ thể ở đây giá trị λ được chọn tính toán là 0,02.

Khi đó, giá trị bước điều chỉnh tiếp theo sẽ được tính theo biểu thức:

$$D^{i+1} = D^i + dD \tag{5}$$

Nếu điểm vận hành đang ở bên trái MPP nghĩa là theo biểu thức (4) $dD < 0$, lúc đó giá trị D ở lần lặp tiếp theo sẽ được giảm xuống để tăng V nhằm tiến gần hơn tới MPP. Điểm này càng xa MPP thì giá trị của dD càng lớn và ngược lại, giá trị $dD = 0$ khi điểm làm việc tiến sát MPP.

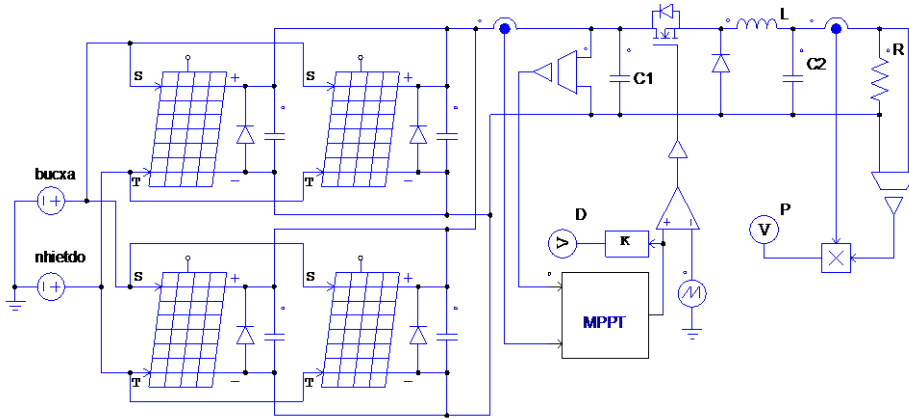
Trong khi điểm vận hành đang ở bên phải của MPP nghĩa là theo biểu thức (4) sẽ có $dD > 0$. Khi đó, theo biểu thức (5) giá trị D ở bước tiếp theo sẽ được tăng lên, nó đồng nghĩa

với việc điện áp bị giảm đi để quay về MPP. Tương tự như trên, khoảng cách càng xa MPP thì dD càng lớn và ngược lại.

Như vậy, dựa vào sự sai biệt điện áp giữa điểm làm việc hiện tại với giá trị tham chiếu mà kích thước bước được điều chỉnh cho phù hợp nhằm gia tăng tốc độ hội tụ đồng thời giảm dao động khi đạt tới vị trí MPP. Lưu đồ giải thuật đề xuất được trình bày trong Hình 5.

5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Giải pháp đề xuất và thuật toán P&O truyền thống cùng được xây dựng mô phỏng trong các điều kiện vận hành khác nhau trong môi trường PSIM. Hệ thống PV được liên kết với tải thông qua một mạch chuyển đổi Buck có cấu trúc như Hình 6. Các trường hợp đề xuất cho vận hành mô phỏng thử nghiệm như liệt kê trong Bảng 1. Trong đó, P_{max} là giá trị công suất tại điểm MPPT mà hệ thống có thể cung cấp ứng với những điều kiện bức xạ khác nhau. Các giá trị P_v và T_v tương ứng với công suất và tốc độ hội tụ của giải pháp đề xuất, cuối cùng là P_f và T_f là công suất và tốc độ hội tụ của phương pháp truyền thống.



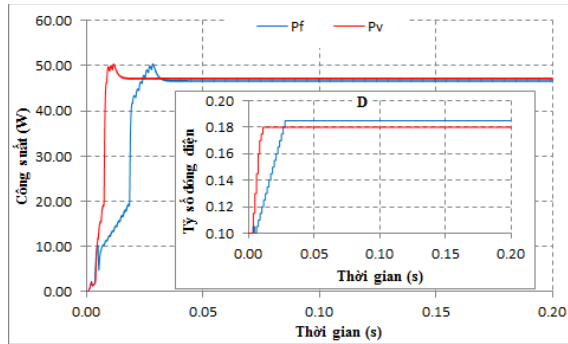
Hình 6. Cấu trúc hệ thống trong môi trường PSIM

Bảng 1. Các điều kiện vận hành và kết quả thu được

STT	Bức xạ (W/m ²)	P_{max} (W)	P_v (W)	T_v (s)	P_f (W)	T_f (s)
1	200	47.73	47.24	0.017	46.77	0.036
2	350	85.07	84.60	0.018	84.51	0.045
3	500	122.11	121.70	0.019	121.11	0.057
4	750	181.93	181.78	0.021	181.20	0.070
5	900	216.86	216.76	0.025	216.14	0.082
6	1000	239.33	239.29	0.026	238.65	0.085

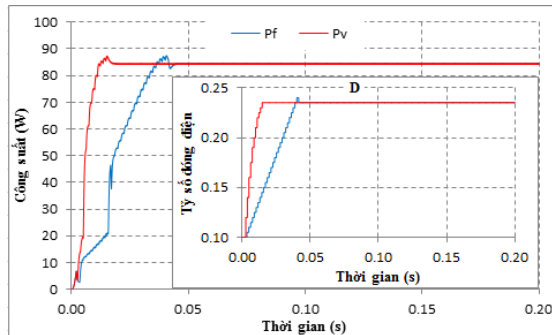
Hình 7 trình bày kết quả mô phỏng của hai giải pháp trong trường hợp 1. Giải pháp đề xuất cho thấy chỉ với bảy bước điều chỉnh đã có thể hội tụ trong 0.017s. Nó cũng cho thấy giá trị D giảm dần khi tiếp cận MPP để đạt mức hiệu suất cao hơn (47.24W tương đương 98,97% so với 46.77W khoảng 97,98% của giải pháp truyền thống). Do các bước điều chỉnh D của giải pháp truyền thống là cố định nên khó để điều chỉnh sát với giá trị tối ưu như phương pháp đề xuất. Hơn nữa, nó cần trải qua nhiều bước lặp cố định khác nhau nên tốn nhiều thời gian hơn khi hội tụ tại thời điểm 0.036s.

Các trường hợp 4 và 6 có dạng sóng mô tả cùng tính chất như trường hợp 1 được trình bày trong Hình 7. Chúng chỉ khác nhau về giá trị công suất và tốc độ hội tụ như đã liệt kê trong Bảng 1. Tốc độ hội tụ của giải pháp đề xuất so với P&O truyền thống lần lượt là 0.021s và 0.026s so với 0.070s và 0.085s. Bên cạnh đó, tuy không có sự chênh lệch quá lớn về công suất nhưng giải pháp đề xuất luôn thu được hiệu suất lớn hơn trong hai trường hợp này.



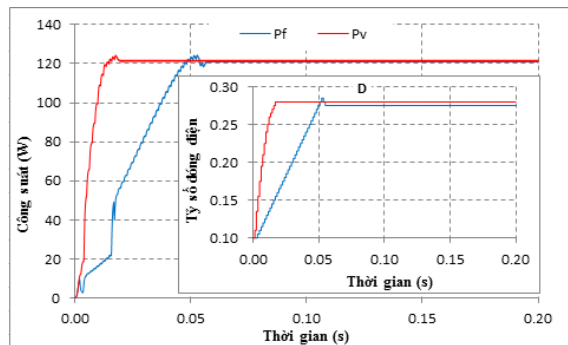
Hình 7. So sánh MPPT trong trường hợp 1

Tương tự kết quả mô phỏng trong hình 8 thể hiện so sánh MPPT bằng hai giải pháp cho trường hợp 2. Kết quả cho thấy, hiệu suất của hai giải pháp khá tương đồng nhưng tốc độ hội tụ thì có sự khác biệt rõ rệt. Trong khi P&O với các bước D cố định hội tụ tại thời điểm 0,045s thì giải pháp đề xuất với giá trị D được điều chỉnh hợp lý hội tụ tại 0,018s.

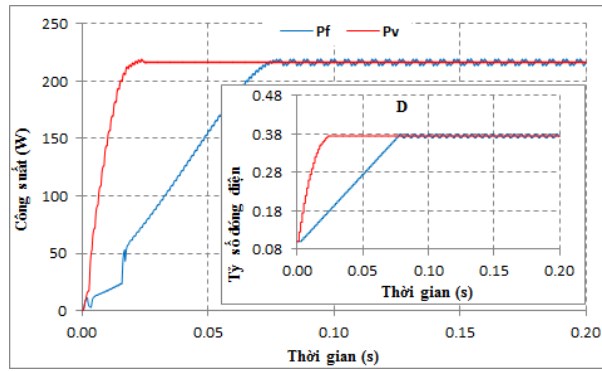


Hình 8. So sánh MPPT trong trường hợp 2

Khác với trường hợp 1. Kết quả mô phỏng trong Hình 9 cho trường hợp 3 lại cho thấy: tỷ số đóng điện D của P&O truyền thống thấp hơn so với giải pháp đề xuất và do đó kéo theo công suất cũng kém hơn. Tốc độ hội tụ cũng là vấn đề đáng bàn luận khi giải pháp đề xuất có thể nhanh hơn gần 0,04s so với khi chưa được điều chỉnh.



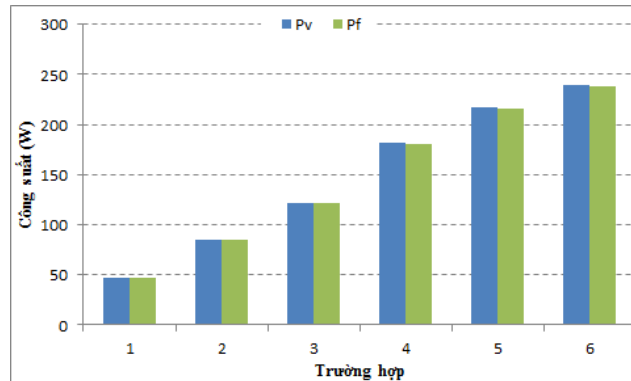
Hình 9. So sánh MPPT trong trường hợp 3



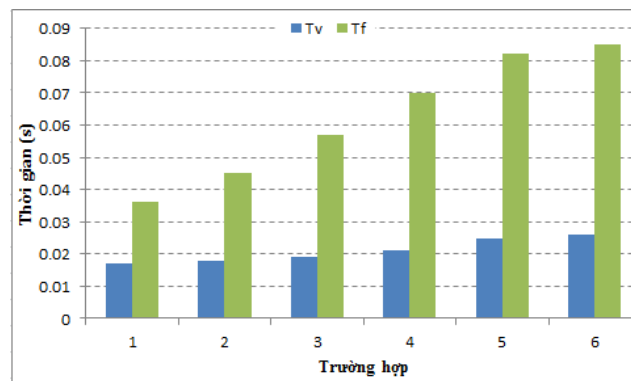
Hình 10. So sánh MPPT trong trường hợp 5

Chưa dừng lại ở đó, kết quả mô phỏng cho trường hợp 5 thể hiện trong hình 10 còn cho thấy. Giải pháp đề xuất không những có tốc độ hội tụ vượt trội, hiệu suất cao mà còn có khả năng ổn định quanh điểm làm việc tối ưu. Khi đạt tới điểm MPP, giải pháp đề xuất giữ nguyên trạng thái giá trị D trong khi đó phương pháp truyền thống bị dao động quanh điểm này. Nó là nguyên nhân dẫn đến giá trị công suất ngõ ra cũng không ổn định mà dao động không ngừng.

Tóm lại, trong các trường hợp mô phỏng đề xuất, giải pháp điều chỉnh thích nghi giá trị bước lặp D luôn có hiệu suất cao hơn phương pháp truyền thống. Bên cạnh đó, tốc độ hội tụ của nó được rút ngắn hơn một nửa với độ ổn định đáng tin cậy. các biểu đồ so sánh về hiệu suất và tốc độ MPPT của hai giải pháp thể hiện trong Hình 11 và 12 đã cho thấy điều đó.



Hình 11. So sánh hiệu suất MPPT của hai giải pháp



Hình 12. So sánh tốc độ MPPT của hai giải pháp

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một giải pháp P&O với giá trị D được điều chỉnh phụ thuộc vào vị trí điểm hoạt động kết hợp với thông số V_{oc} của hệ thống PV. Các kết quả mô phỏng đã cho thấy, giải pháp đề xuất không những có hiệu suất cao, tốc độ hội tụ vượt trội mà còn có khả năng ổn định dạng sóng công suất ngõ ra của hệ thống PV trong các điều kiện vận hành khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Mohammed S. S. - Modeling and Simulation of Photovoltaic module using MATLAB/Simulink, International Journal of Chemical and Environmental Engineering **2** (5) (2011).
2. Schaefer J. – Review of Photovoltaic Power Plant Performance and Economics, IEEE Transaction Energy Conversion **5** (2) (1990) 232-238.
3. Salazar-Duque J. E and Ortiz-Rivera E. I. - Modified Perturb and Observe MPPT Algorithm Based on a Narrow Set of Initial Conditions, IEEE ANDESCON **1** (2016).
4. Schoeman J. J. and Wyk J. D. V. - A simplified maximal power controller for terrestrial photovoltaic panel arrays, 1982 IEEE Power Electronics Specialists Conference **1** (1982).
5. Masoum M. A. S., Dehbonei H., and Fuchs E. F. - Theoretical and experimental analyses of photovoltaic systems with voltage and current-based maximum power point tracking, IEEE Transaction Energy Conversion **17** (4) (2002) 514-522.
6. Shmilovitz D. – On the control of photovoltaic maximum power point tracker via output parameters, in Proc. Electric Power Applications **152** (2) (2005) 239-248.
7. Kitano T., Matsui M., and Xu D. - Power sensor-less MPPT control scheme utilizing power balance at DC link system design to ensure stability and response, IEEE Annual Conference of the Industrial Electronics Society **2** (2001) 1309-1314.
8. Matsui M., Kitano T., and Xu D. - A simple maximum photovoltaic power tracking technique utilizing system inherent limit cycle phenomena, IAS Annual Meeting of the Industry Applications Conference (2003) 2041-2047.
9. Alajmi B. N., Ahmed K. H., and Finney S. J. - Fuzzy logic-control approach of a modified hill-climbing method for maximum power point in microgrid standalone photovoltaic system, IEEE Transaction on Power Electronics **26** (4) (2011) 1022-1030.
10. Kim S., Kim M. B. and Youn M. J. – New maximum power point tracker using sliding-mode observer for estimation of solar array current in the grid-connected photovoltaic system, IEEE Transaction on Industrial Electronics **53** (4) (2006) 1027-1035.
11. Kassem A. M. – MPPT control design and performance improvements of a PV generator powered DC motor pump system based on artificial neural networks, International Journal of Electrical Power & Energy Systems **43** (1) (2012) 90-98.
12. Koutroulis E., Kalaitzakis K. and Voulgaris N. C. - Development of a microcontroller-based, photovoltaic maximum power point tracking control system, IEEE Transaction on Power Electronics **16** (1) (2001) 46-54.
13. Hua C., Lin J. and Shen C. - Implementation of a DSP controlled photovoltaic system with peak power tracking, IEEE Transaction on Industrial Electronics **45** (1) (1998) 99-107.

14. Hussein K. H., Muta I. and Hoshino T. - Maximum photovoltaic power tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions, *IEEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution* **142** (1) (1995) 59-64.
15. Mei Q., Shan M. W., Liu L. Y. and Guerrero J. M. - A novel improved variable step-size incremental resistance MPPT Method for PV Systems, *IEEE Transaction on Industrial Electronics* **58** (6) (2011) 2427-2434.
16. Zhou L., Wu J., Li Q. H. and Guo K. - Survey of maximum power point tracking techniques for photovoltaic array, *Journal of High Voltage Engineering* **34** (6) (2008) 1145-1154.
17. Abdelsalam A. K., Massoud A. M., Ahmed S. and Enjeti P. - High-performance adaptive perturb and observe MPPT technique for photovoltaic-based microgrids, *IEEE Transaction on Power Electronics* **26** (4) (2011) 1010-1021.
18. Verma P., Alam A., Sarwar A., Tariq M., Vahedi H., Gupta D., Ahmad S. and Mohamed A.S.N. - Meta-heuristic optimization techniques used for maximum power point tracking in solar PV system, *Electronics* **10** (19) (2021).

ABSTRACT

VARIABLE STEP SIZE MPPT ALGORITHM BASED ON P&O

Duong Van Khai, Bui Van Hien, Le Khac Sinh
Ho Chi Minh City University of Food Industry
*Email: hienbv@hufi.edu.vn

To reach the highest efficiency from photovoltaic (PV) systems, maximum power point tracking (MPPT) technique is commonly applied under all operating conditions. Meanwhile, the peak power obtained from the solar photovoltaic system changes due to environmental conditions. One of the most widely used classical methods is the perturbation and observation (P&O) algorithm. However, the step size of duty cycle is still a concern when both of increase performance and shortening the convergence rate of the solution. In this paper, a comparative study between the P&O algorithm with the adjusted step size compared to the conventional P&O solution is presented. The proposed solution shows outstanding advantages in MPPT speed based on the ability to flexibly adjust the step size.

Keywords: Photovoltaic system, P&O algorithm, variable step size.