

TRUY XUẤT NHANH ĐIỂM PHÁT CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI CỦA HỆ THỐNG PIN QUANG ĐIỆN DỰA TRÊN GIẢI THUẬT NHIỀU LOẠN VÀ QUAN SÁT ĐIỀU CHỈNH

TRƯƠNG VIỆT ANH¹, BUI VĂN HIỀN^{1,2}, PHẠM QUỐC KHANH³, DƯƠNG THANH LONG^{3*}

¹ Khoa Điện-Điện Tử, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh

² Khoa Công Nghệ Điện – Điện tử, Trường Đại Học Công nghiệp Thực Phẩm Thành Phố Hồ Chí Minh

³ Khoa Công Nghệ Điện, Trường Đại Học Công nghiệp Thành Phố Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: duongthanhlong@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstih.v57i03.4392>

Tóm tắt. Hiệu suất của pin quang điện (PV) phụ thuộc nhiều vào môi trường vận hành do bức xạ và nhiệt độ thay đổi, điểm phát công suất cực đại (MPP) của nó cũng thay đổi theo. Các kỹ thuật truy xuất điểm phát công suất cực đại (MPPT) để nâng cao hiệu suất sinh điện ngày càng hiệu quả và chính xác hơn nhưng chúng cũng phức tạp hơn, chi phí cao hơn và khó sử dụng hơn. Trong khi đó, các giải pháp truyền thống và những cải tiến của nó tỏ ra khá đơn giản, thiết thực và cũng hiệu suất không kém. Nội dung bài viết này giới thiệu một giải pháp MPPT dựa trên phương pháp nhiễu loạn và quan sát (P&O) đã được cải tiến thông qua ước lượng các điểm cực trị ban đầu nhằm giảm bước lặp, gia tăng tốc độ hội tụ. Những kết quả mô phỏng thu được trong môi trường PSIM cho thấy tổn thất công suất giảm đáng kể do tốc độ hội tụ được cải thiện, từ đó nâng cao hiệu suất sinh điện trong điều kiện thay đổi môi trường vận hành đồng nhất trên hệ thống.

Từ khóa: Giải thuật nhiễu loạn và quan sát (P&O), tấm pin quang điện (PV), hệ thống pin mặt trời, đặc tính P-V.

1. GIỚI THIỆU

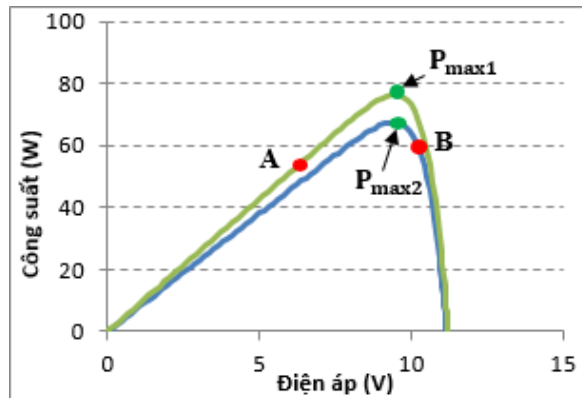
Khi nguồn nguyên liệu truyền thống ngày càng khó đáp ứng nhu cầu sử dụng điện thì năng lượng tái tạo là một chọn lựa thay thế hữu hiệu. Một trong những năng lượng tái tạo phổ biến là năng lượng mặt trời chuyển đổi thành điện năng bằng các hệ thống quang điện. Tuy nhiên, hiệu suất chuyển đổi tương đối thấp và phụ thuộc nhiều vào điều kiện vận hành [1]. Để khắc phục điều này, nhiều giải pháp cải tiến MPPT đã được đề xuất [2-4]. Có rất nhiều kỹ thuật MPPT đã được giới thiệu và phát triển rộng rãi nhưng đa số chúng đều dựa trên những nền tảng cơ bản của giải pháp truyền thống gọi là thuật toán leo đồi (hill climbing). Một trong số đó phải kể đến là phương pháp P&O đã trở nên phổ biến và được ứng dụng rộng rãi nhất. Tuy nhiên, nó cũng có một số nhược điểm nhất định và dẫn được cải tiến trong những nghiên cứu ứng dụng để mang lại hiệu quả hơn.

Trong tài liệu [5] giới thiệu rất nhiều phương pháp nhằm cải thiện hiệu suất PV liên quan đến giải thuật này. Mỗi giải pháp đề xuất khác nhau về độ phức tạp, số lượng thông số điều khiển, chi phí và hiệu quả. Kỹ thuật đơn giản nhất là phương pháp chu kỳ đóng điện cố định vì nó không cần bất kỳ tín hiệu phản hồi nào để thực hiện nhiệm vụ. Nhưng nhược điểm của nó là hiệu suất thấp khi môi trường hoạt động thay đổi [6]. Điện áp hở mạch (V_{oc}) và dòng điện ngắn mạch (I_{sc}) cũng được cho là các phương pháp ngoại tuyến dễ nhất cho MPPT [7, 8]. Đối với phương pháp V_{oc} , điện áp tại MPP (V_{MPP}) xấp xỉ bằng điện áp hở mạch (V_{oc}) của hệ thống PV với hệ số k_1 sao cho $V_{MPP} \approx k_1 V_{oc}$ [9]. Tương tự với phương pháp I_{sc} , dòng tại MPP (I_{MPP}) có liên quan gần đúng tuyến tính với dòng ngắn mạch (I_{sc}) của hệ thống PV, sao cho $I_{MPP} \approx k_2 I_{sc}$ [5]. Tuy nhiên, điểm công suất tối đa (MPP) thu được từ các phương pháp này kém chính xác. Nó đã được cải thiện bằng cách quét điện áp hoặc dòng điện hệ thống PV để cập nhật nhưng quá trình quét sẽ trở nên phức tạp và tổn thất nhiều điện năng hơn.

Bộ điều khiển logic mờ (FLC) đã được sử dụng để thay đổi kích thước bước cho phù hợp với giải thuật bắt cứ khi nào nhiễu loạn bị trượt ra khỏi MPP [10]. Bên cạnh đó, trong tài liệu nghiên cứu [11] nhóm tác giả đã sử dụng một hằng số điều chỉnh A để thay đổi chu kỳ đóng điện. Một cách cải tiến khác là sự kết hợp giữa nhiễu loạn kích thước bước thay đổi và theo dõi điện áp liên tục được đề xuất trong [8]. Nhược điểm chung của các cải tiến trên là giới hạn về kích thước bước. Nếu muốn tăng tốc độ hội tụ thì không thể chọn

TRUY XUẤT NHANH ĐIỂM PHÁT CÔNG SUẤT...

kích thước nhỏ, và ngược lại, muốn tăng hiệu suất và giảm dao động quanh vị trí MPP thì cần phải chọn bước nhỏ. Điều này dẫn tới khó có thể đạt được đồng thời hai mục tiêu với những giải pháp nêu trên.



Hình 1. Ảnh hưởng của thay đổi bức xạ giữa hai lần lấy mẫu

Tốc độ hội tụ và khả năng đáp ứng động chậm của giải thuật P&O được thể hiện rõ nét trong hình 1. Khi có sự thay đổi bức xạ giữa hai lần lấy mẫu, bước điều chỉnh điện áp tiếp theo sẽ cho kết quả không như mong đợi. Cụ thể; nếu ngay trước khi lần lấy mẫu tiếp theo mà điều kiện vận hành thay đổi làm đặc tuyến P-V thay đổi khiến cho điểm phát công suất mới xác định được là tại B so với A tại lần lấy mẫu trước. Do $P_B > P_A$ và $V_B > V_A$, tại điểm này bước tính tiếp theo sẽ cho kết quả $\Delta P \cdot \Delta V > 0$ nên phải tăng điện áp (tiến tới mục tiêu của A là P_{max1}). Kết quả là sau một bước lặp nữa giải thuật mới nhận ra đang rời xa thay vì tiến lại gần điểm cực trị mới (P_{max2}). Điều này khiến tốc độ hội tụ chậm hơn trong môi trường vận hành thay đổi liên tục [11].

Mặt khác, những nghiên cứu trước đây chỉ nghiên cứu mô phỏng trong điều kiện thay đổi một thông số là bức xạ hoặc nhiệt độ so với điều kiện làm việc tiêu chuẩn. Nó cho thấy rằng, khi chỉ một thông số bị thay đổi, các đường cong đặc tính của hệ thống PV tuy có thay đổi nhưng theo một quy luật tuyến tính. Điều này sẽ dễ dàng cho việc chọn lựa một giải thuật MPPT hơn vì có thể phán đoán chiều hướng dịch chuyển của điểm MPP. Nhưng khi cả hai thông số ảnh hưởng là bức xạ và nhiệt độ bị thay đổi sẽ khiến cho điểm làm việc không còn tuyến tính. Nghĩa là khi bức xạ tăng thì theo lý thuyết tọa độ điểm là việc sẽ tăng nhưng kèm theo nó là nhiệt độ bề mặt làm việc của PV cũng tăng lên khiến cho công suất phát tăng không như mong muốn, thậm chí có thể giảm. Rõ ràng trong những điều kiện vận hành thực tế, việc chọn một giải pháp phù hợp trở nên khó khăn hơn. Nội dung bài viết này đề xuất một giải pháp cải tiến P&O mới $N_P\&O$ dựa trên thuật toán truyền thống để tăng tốc độ hội tụ, tăng hiệu suất, giảm dao động công suất đầu ra của hệ thống PV trong điều kiện thay đổi đồng thời hai thông số ảnh hưởng nói trên.

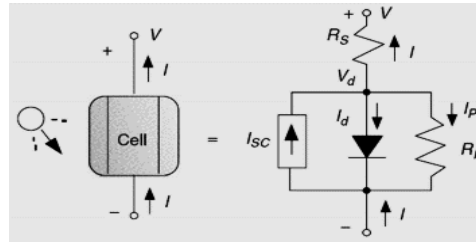
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Hệ thống pin quang điện

Trong các tài liệu [12, 13] đã chỉ ra rằng trong điều kiện vận hành đồng nhất, mối quan hệ giữa các đại lượng V, I và P của hệ thống PV có kiểu liên kết nào cũng chung đặc tính như của một phần tử PV. Nghĩa là chúng có chung hình dạng đặc tuyến nhưng chỉ khác nhau về trị số. Với mỗi tế bào quang điện có sơ đồ thay thế như hình 1 thì mối quan hệ giữa hai đại lượng dòng điện và điện áp được biểu diễn theo phương trình (1).

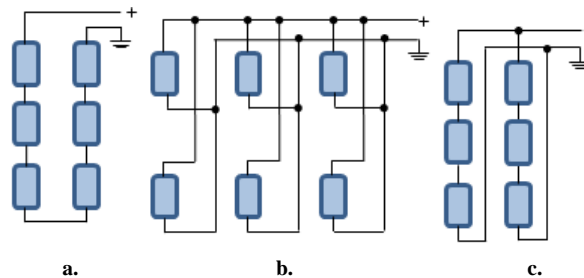
$$I = I_{sc} - I_0 \left\{ e^{\frac{q(V+IR_s)}{kT}} - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (1)$$

Trong đó; V, I lần lượt là điện áp (V) và dòng điện (A) ngõ ra của PV; I_{sc} là dòng ngắn mạch (A); I_0 là dòng bão hòa ngược của diode (A); $q = 1,602 \cdot 10^{-19}$ (C); $k = 1,381 \cdot 10^{-23}$ (J/K); T ($^{\circ}$ K); R_s , R_p là điện trở nối tiếp và song song (Ω).



Hình 2. Sơ đồ thay thế tế bào quang điện

Các ứng dụng PV khác nhau sẽ có những yêu cầu về điện áp và công suất khác nhau. Để đạt được các thông số ngõ ra như mong muốn có thể chọn lựa các cấu hình liên kết khác nhau. Có rất nhiều kiểu cấu hình PV đã được giới thiệu trong [13] nhưng chúng cơ bản được cải tiến từ ba kiểu liên kết là nối tiếp (series connect – SC), song song (parallel connect – PC) và nối tiếp – song song (series_parallel connect – S_PC) (hình 3). Đối với những ứng dụng cần mức điện áp và công suất lớn, thường ưu tiên chọn lựa cấu hình 3c do tính linh hoạt trong liên kết. Trong đó các PV được lên kết với nhau kiểu SC tạo thành chuỗi (N_s) sau đó chúng được mắc song song các chuỗi (N_p) lại tạo thành hệ thống. Mỗi quan hệ các đại lượng ngõ ra của cấu hình này được thể hiện trong biểu thức (2)



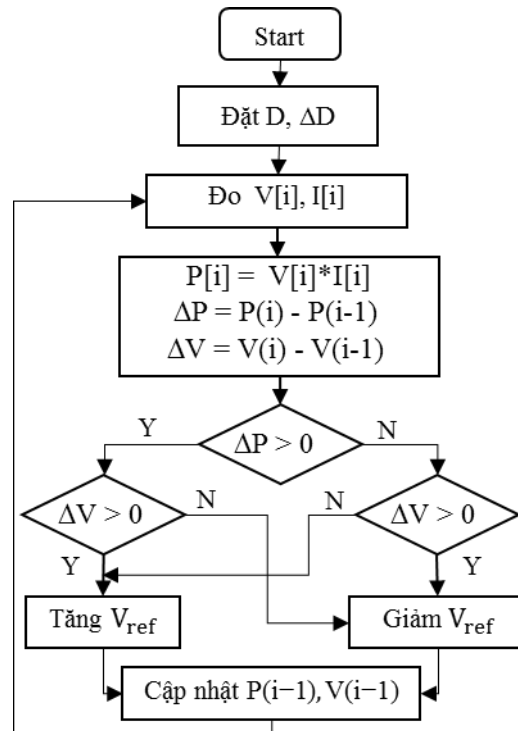
Hình 3. Cấu hình liên kết chính hệ thống PV: a. SC, b. PC, c. S_PC

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

Như vậy thông qua việc thay đổi các thông số N_s và N_p sẽ có được các cấu hình liên kết cơ bản khác nhau tương ứng với các giá trị dòng điện và điện áp mong muốn. Ngoại trừ kiểu liên kết PC thì mọi cấu hình đều có chung nhược điểm là tạo nhiều cực trị trong môi trường bóng che gây khó khăn cho việc chọn giải pháp MPPT của hệ thống PV.

2.2. Thuật toán P&O truyền thống.

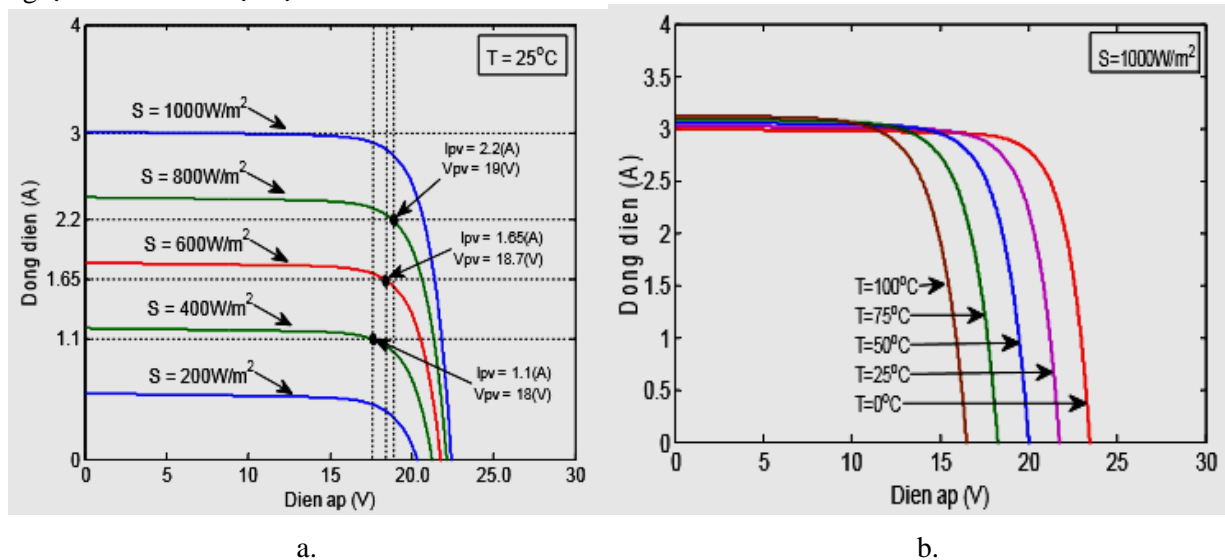
Đây là phương pháp cơ bản và thông dụng nhất với một thông số nhiễu loạn ΔV để quan sát sự thay đổi công suất ngõ ra ΔP trong quá trình MPPT dựa vào đường cong P-V của hệ thống. Nguyên lý hoạt động của thuật toán dựa vào hai thông số đầu vào là điện áp V_{PV} và dòng điện I_{PV} của hệ thống PV với lưu đồ giải thuật P&O truyền thống được trình bày như hình 4. Các bước tính toán chi tiết của giải thuật này có thể được tìm thấy trong tài liệu [14, 15].



Hình 4. Lưu đồ giải thuật P&O.

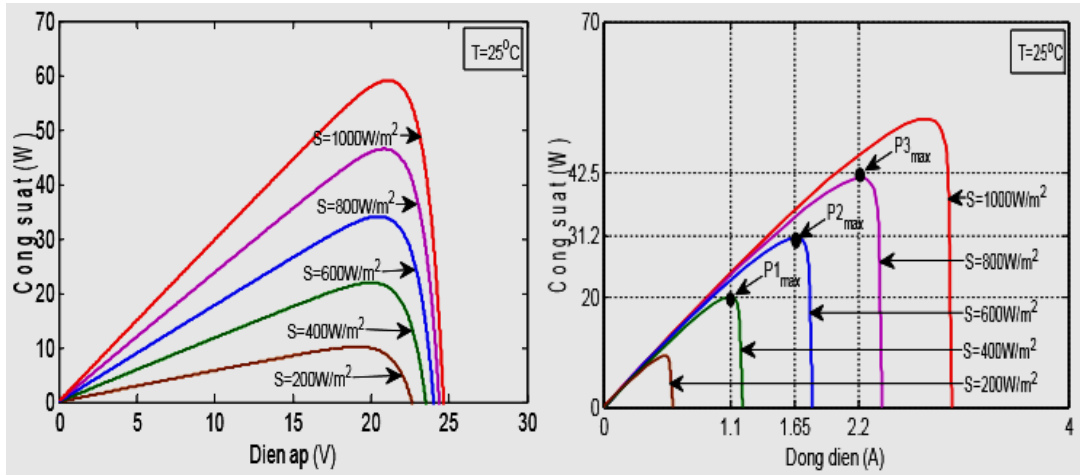
3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

Hiệu suất của PV bị ảnh hưởng trực tiếp bởi hai thông số là bức xạ mặt trời và nhiệt độ trên bề mặt của nó. Những nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, công suất phát của hệ thống PV đồng biến với bức xạ nhưng nghịch biến với nhiệt độ.



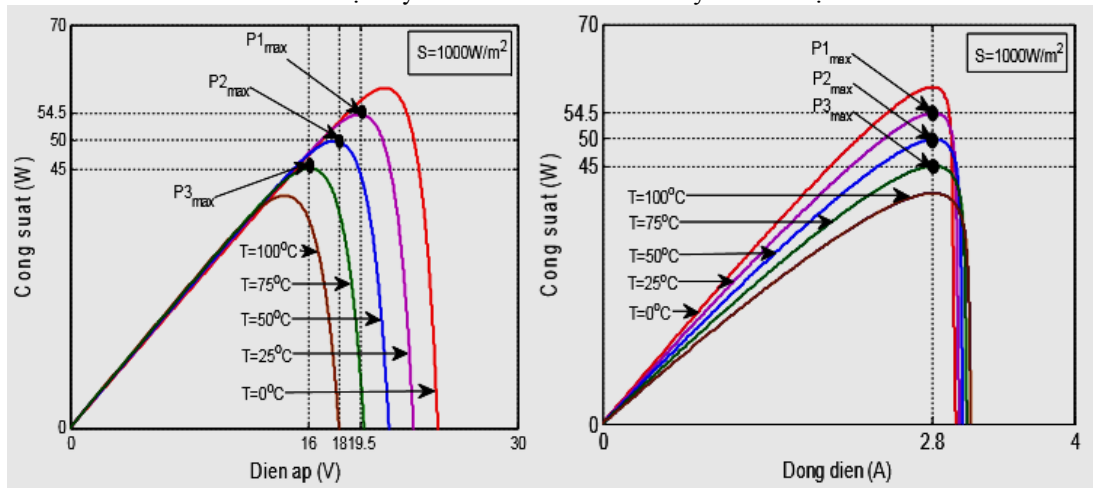
Hình 5. Quan hệ dòng điện và điện áp khi thay đổi: a. bức xạ; b. nhiệt độ

Trong các hình từ 5 đến 7 cho thấy mối quan hệ giữa công suất, dòng điện và điện áp trong môi trường vận hành thay đổi. Chúng ta có thể dễ dàng thấy rằng; khi thay đổi bức xạ, dòng điện tại các điểm MPP bị ảnh hưởng nhiều hơn so với điện áp (hình 5a). Ngược lại, nếu nhiệt độ vận hành của các PV bị thay đổi thì khả năng ổn định điện áp lại kém hơn so với dòng điện. Điều này cũng có thể nhận thấy trong các đường đặc tuyến P-V và P-I trong hình 6 và 7.



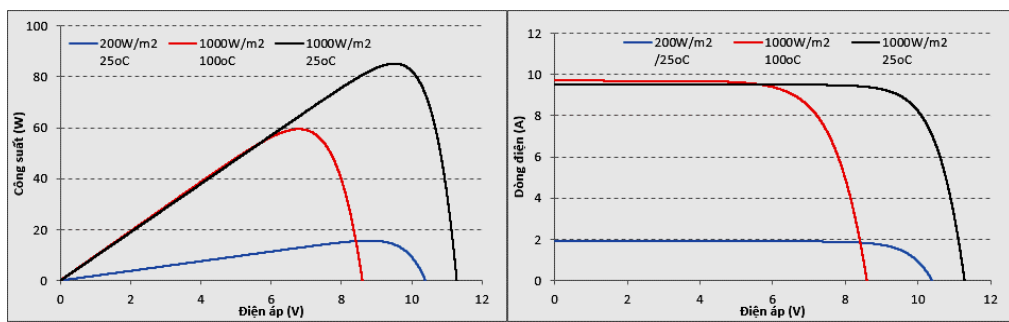
a. b.

Hình 6. Các đặc tuyến a. P-V và b. P-I khi thay đổi bức xạ



a. b.

Hình 7. Đặc tuyến a. P-V và b. P-I khi thay đổi nhiệt độ



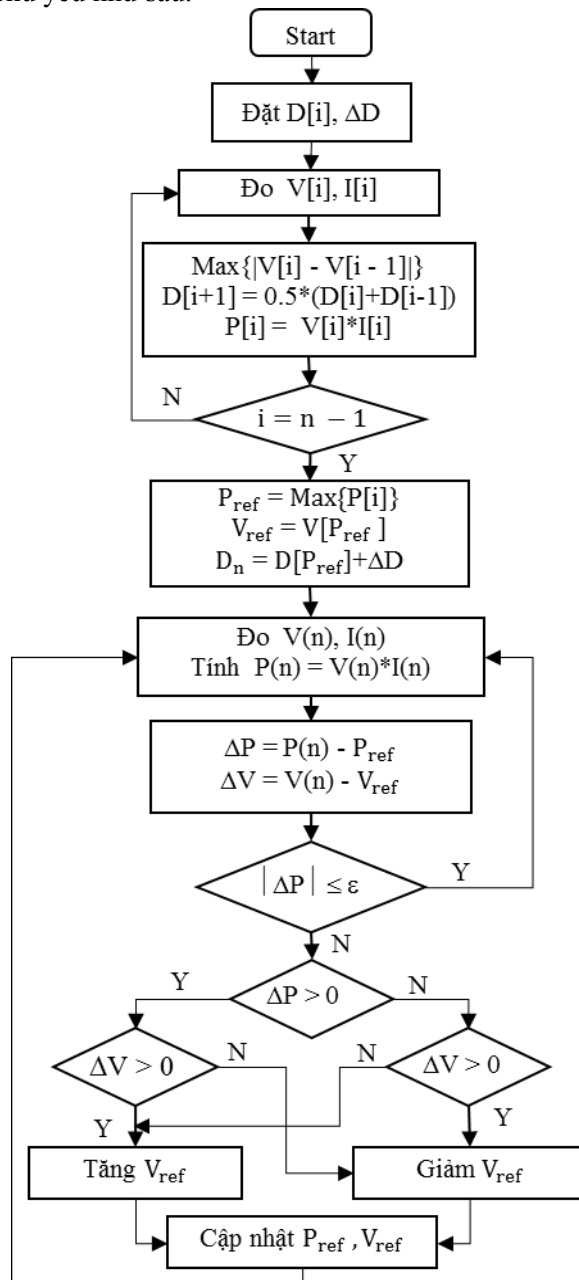
a. b.

Hình 8. Đặc tuyến a. P-V và b. I-V khi thay đổi bức xạ và nhiệt độ

Không may là khi bức xạ bề mặt tăng lên thì nhiệt độ làm việc của các tấm pin theo đó cũng gia tăng. Điều đó có nghĩa là trong điều kiện vận hành thực tế, cả hai thông số dòng điện và điện áp đều bị dao động dẫn đến điểm MPP của hệ thống PV cũng thay đổi khó nhận định hơn. Điều này có nghĩa là khi bức xạ gia tăng, lẽ ra công suất của hệ thống theo đó được cải thiện, nhưng do việc gia tăng nhiệt độ bề mặt của chúng mà dẫn đến mức tăng công suất không như mong muốn. Những mô phỏng trong hình 8 đã cho thấy vị trí các MPP không còn theo quy luật như các hình 6 và 7 trước đó.

TRUY XUẤT NHANH ĐIỂM PHÁT CÔNG SUẤT...

Việc thay đổi đồng thời cả hai thông số nói trên khiến tốc độ MPPT của giải thuật P&O truyền thống gặp bất lợi như đã giới thiệu trong hình 1. Để giải quyết vấn đề này, bài viết đề xuất giải pháp khởi động đa vị trí tìm kiếm nhằm giới hạn nhanh chóng không gian chứa MPP tiềm năng. Lưu đồ giải thuật được trình bày trong hình 9 với các nội dung chủ yếu như sau:



Hình 9. Lưu đồ giải thuật đề xuất.

- Bước 1: kiểm tra các điểm trên đường cong đặc tuyến P - V. Bằng việc thiết lập tỷ số đóng điện $D[i]$ trong phạm vi tìm kiếm. Các giá trị công suất phát tương ứng sẽ tính được thông qua $V[i]$ và $I[i]$ tương ứng. Trong đó, hai giá trị không chế biên $D[0]$ và $D[1]$ được chọn lần lượt là 0,1 và 0,8. Chúng được thiết lập với mục đích giới hạn phạm vi tìm kiếm MPP của giải pháp. [15]
- Bước 2: chọn phạm vi rải các thông số còn lại.
Với $i = 1 \div n - 1$ (n là số phần tử D). Nếu $i \geq 1$ sẽ xác định vị trí rải các thông số D còn lại theo quy luật sau:

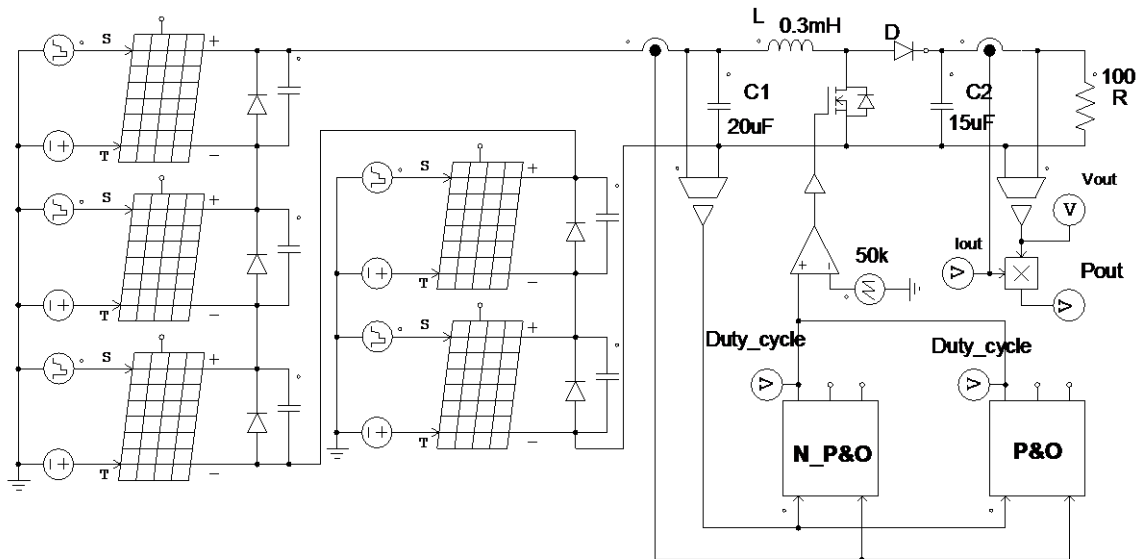
$$\text{Xác định } \text{Max}\{|V[i] - V[i - 1]|\}$$

$$D[i+1] = 0,5*(D[i] + D[i - 1]) \quad (3)$$

Nghĩa là giá trị D tiếp theo sẽ được chèn vào giữa hai vị trí có độ chênh lệch điện áp lớn nhất. Sau đó lưu trữ tất cả các giá trị $P[i] = V[i]*I[i]$

- Bước 3: xác định phạm vi tìm kiếm MPP. Ngay khi có đủ lượng mẫu $P[i]$ trong bước 2, thực hiện phép so sánh để tìm ra giá trị công suất lớn nhất. Nó được chọn làm công suất tham chiếu cho vòng lặp tiếp theo nhằm giảm bước lặp so với việc thiết lập giá trị này từ 0 như cách truyền thống. Bên cạnh đó, giá trị điện áp và tỷ số đóng điện $D[i]$ của nó cũng được chọn làm tham chiếu và khởi tạo cho vòng lặp tiếp theo khi thay đổi một lượng ΔD tương ứng ở các bước lặp.
- Bước 4: xác định độ sai lệch công suất ΔP và điện áp ΔV . Bộ điều khiển MPPT sẽ đo các giá trị $V(n)$, $I(n)$ sau đó tính sai số công suất và điện áp so với giá trị tham chiếu ở bước trước đó.
- Bước 5: kiểm tra hội tụ của giải thuật. Nếu sai số công suất nhỏ hơn giá trị cho phép thì giải thuật không thay đổi giá trị tham chiếu ở các bước sau đó. Ngược lại, nếu có sự khác biệt sẽ tiến hành kiểm tra điều chỉnh theo nguyên tắc:
 - Nếu $\Delta P.\Delta V > 0$ thì tăng giá trị điện áp tham chiếu V_{ref} .
 - Nếu $\Delta P.\Delta V < 0$ thì giảm giá trị điện áp tham chiếu V_{ref} .

Sau khi thay đổi giá trị điện áp sẽ cập nhật lại giá trị tham chiếu và thực hiện các phép đo cho những chu kỳ tiếp theo.



Hình 10. Cấu trúc hệ thống mô phỏng trong PSIM

Tính khả thi của giải pháp đề xuất không những được kiểm tra trong môi trường vận hành tiêu chuẩn, thay đổi bức xạ liên tục mà còn trong điều kiện thay đổi cả bức xạ và nhiệt độ. Ngoài ra, nó cũng được so sánh trực tiếp với giải pháp nguyên thủy trong cùng điều kiện vận hành để đánh giá tốc độ và khả năng bám MPP nhằm giảm tổn thất công suất của hệ thống PV.

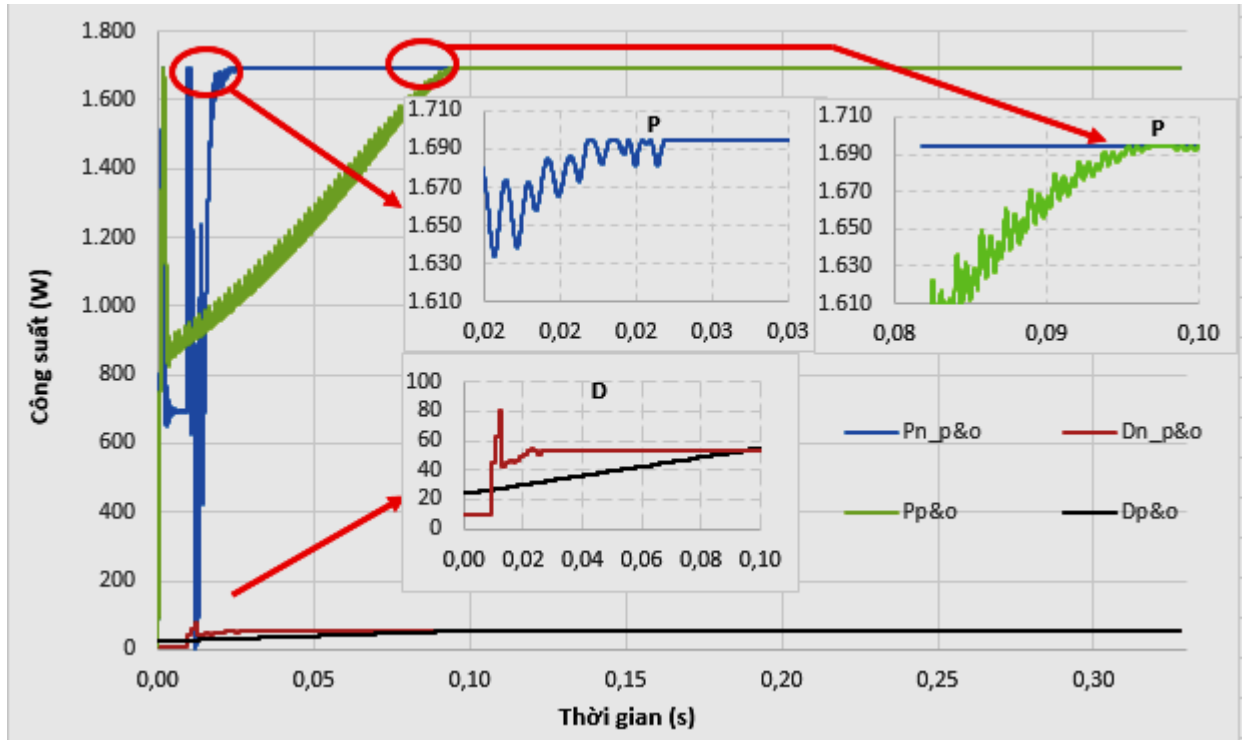
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Mô hình hệ thống đề xuất được xây dựng và mô phỏng trong phần mềm PSIM có cấu trúc như hình 10 với mô hình vật lý loại 72cell-338W có $I_{sc} = 9,5A$, $V_{oc} = 46,2V$ và giá trị $V_{mpp} = 37,3V$ và $I_{mpp} = 9,04A$. Trường hợp đầu tiên, cả hai giải thuật truyền thống và giải pháp đề xuất cùng được ứng dụng MPPT trong điều kiện tiêu chuẩn, kết quả trình bày trong hình 11 cho thấy: Tốc độ hội tụ của giải pháp đề xuất chỉ khoảng 27% so với tốc độ khi chưa được cải tiến. Các giá trị tương ứng là 0,024s và 0,096s. Sở dĩ đạt được khả năng hội tụ nhanh như vậy là nhờ phân bố các vị trí tìm kiếm nhằm giảm số bước lặp. Cụ thể, nếu không tính bước rải các thông số D ban đầu thì giải pháp chỉ cần 10 bước điều chỉnh là đạt tới giá trị hội tụ. Thông số này được giải thích như sau: từ ba bước đầu của giải thuật xác định được thông số $D_n = D[P_{ref}]$

TRUY XUẤT NHANH ĐIỂM PHÁT CÔNG SUẤT...

= 0,45. Với kích thước bước được chọn là $\Delta D = 0,01$, để giải thuật hội tụ tại giá trị $D = 0,53$ cần 8 bước tới cộng thêm 2 bước điều chỉnh quanh vị trí cân bằng để hội tụ. Trong khi đó với giải thuật truyền thống cần phải mất 55 bước điều chỉnh với cùng kích thước bước như nhau do khởi động từ giá trị $D = 0,1$. Như vậy, từ hình 11 cho thấy năng lượng bị thất thoát của giải thuật P&O so với phiên bản cải tiến N_P&O trong thời gian ổn định công công suất đầu ra là:

$$\Delta A = \int_{0,024}^{0,096} (P_{n_p\&o} - P_{p\&o}) dt = 339,5 * 0,072 = 24,44 \text{ (Ws)} \quad (4)$$



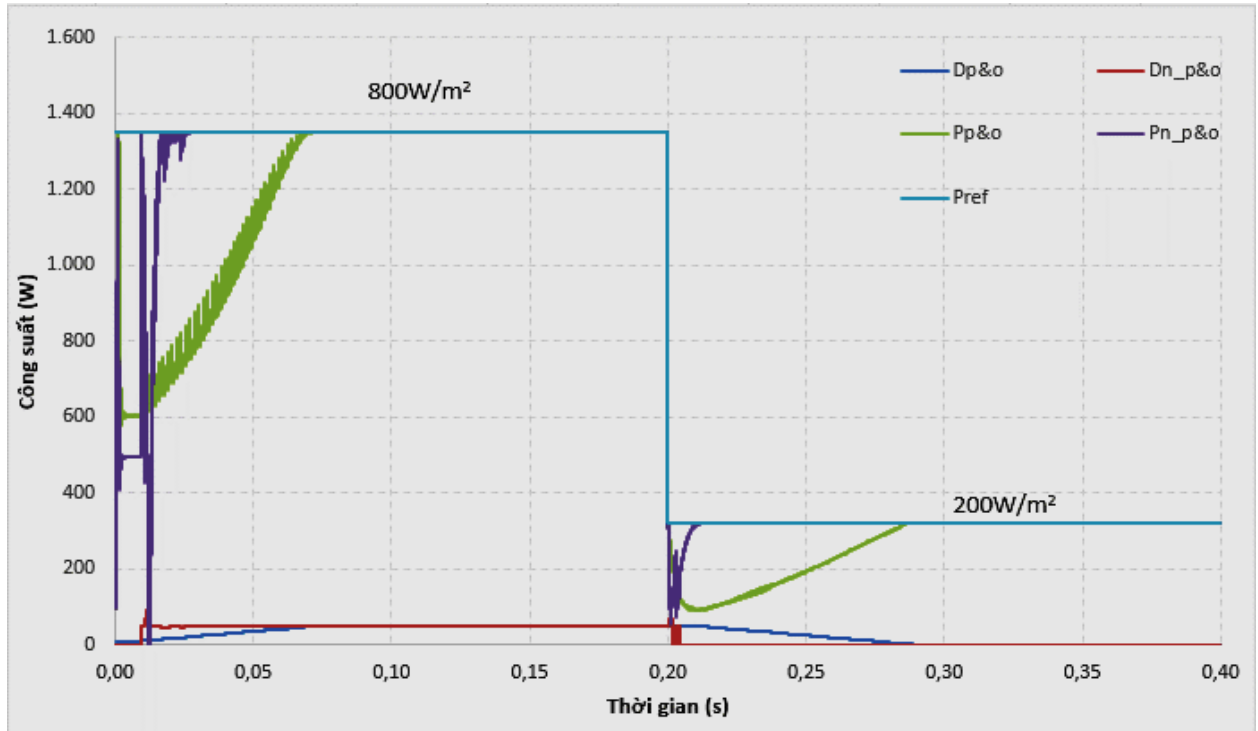
Hình 11. So sánh hai giải pháp MPPT trong điều kiện tiêu chuẩn

Bảng 1. Kết quả MPPT của hai giải pháp trong cùng điều kiện

STT	Bức xạ (W/m ²)	Nhiệt độ (°C)	Pmax (W)	Pout (W)	Giải pháp	T (s)	Bước lặp	ΔA (Ws)
1	1000	25°C	1694,5	1693,27	P&O	0,096	55	24,44
					N_P&O	0,024	14	
2	Từ 800 xuống 200	25°C	1351,9	1350	P&O	0,075/0,086	45/49	19,61
		25°C	321,5	319,5	N_P&O	0,026/0,013	15/4	
3	Từ 1000 xuống 300	55°C	1504,1	1490,2	P&O	0,078/0,072	45/41	14,66
		33°C	483,9	476,1	N_P&O	0,026/0,012	15/6	
4	Từ 500 lên 750	25°C	834,9	834,6	P&O	0,126/0,163	75/90	23,53
		40°C	1196,8	1195,9	N_P&O	0,036/0,04	11/13	

Trong trường hợp thứ hai, hệ thống giải định có sự thay đổi bức xạ đột ngột từ 800W/m² xuống còn 200W/m² tại thời điểm 0,2s. Những kết quả thể hiện trong hình 12 cho thấy, chỉ sau 4 bước điều chỉnh là hệ thống đã có thể bắt kịp tốc độ thay đổi của công suất ngõ ra khi bức xạ giảm sâu. Trong khi đó, giải thuật truyền thống phải mất 45 bước điều chỉnh mới bám đuổi kịp tốc độ thay đổi này. Qua đó cho thấy tốc độ được cải thiện đáng kể nhờ giảm bước tìm kiếm và kết quả là giảm tổn thất công suất ra đáng kể mỗi khi môi trường vận hành thay đổi. Bức xạ thay đổi tại thời điểm $t = 0,2s$ thì giải pháp đề xuất hội tụ tại $t = 0,213s$ với công suất là 319,5W trong khi đó tại thời điểm này, giải pháp truyền thống mới chỉ tìm được giá trị công suất là 97,32W. Cho tới thời điểm $t = 0,272s$ giải pháp này mới hội tụ. Lượng công suất bị thất

thoát do hội tụ chậm sau là 111,09W tương ứng với 6,55Ws. Tương tự có thể xác định được tổn thất điện năng tại mức bức xạ 800W/m^2 là 12,46Ws và các trường hợp khác. Như vậy, sau mỗi lần thay đổi bức xạ trên hệ thống, giải pháp đề xuất có thể sẽ giảm bớt đáng kể tổn thất công suất và ổn định giá trị công suất ra nhanh hơn. Các thông số thống kê so sánh giữa giải pháp đề xuất N_P&O với phương pháp truyền thống được trình bày trong bảng 1.

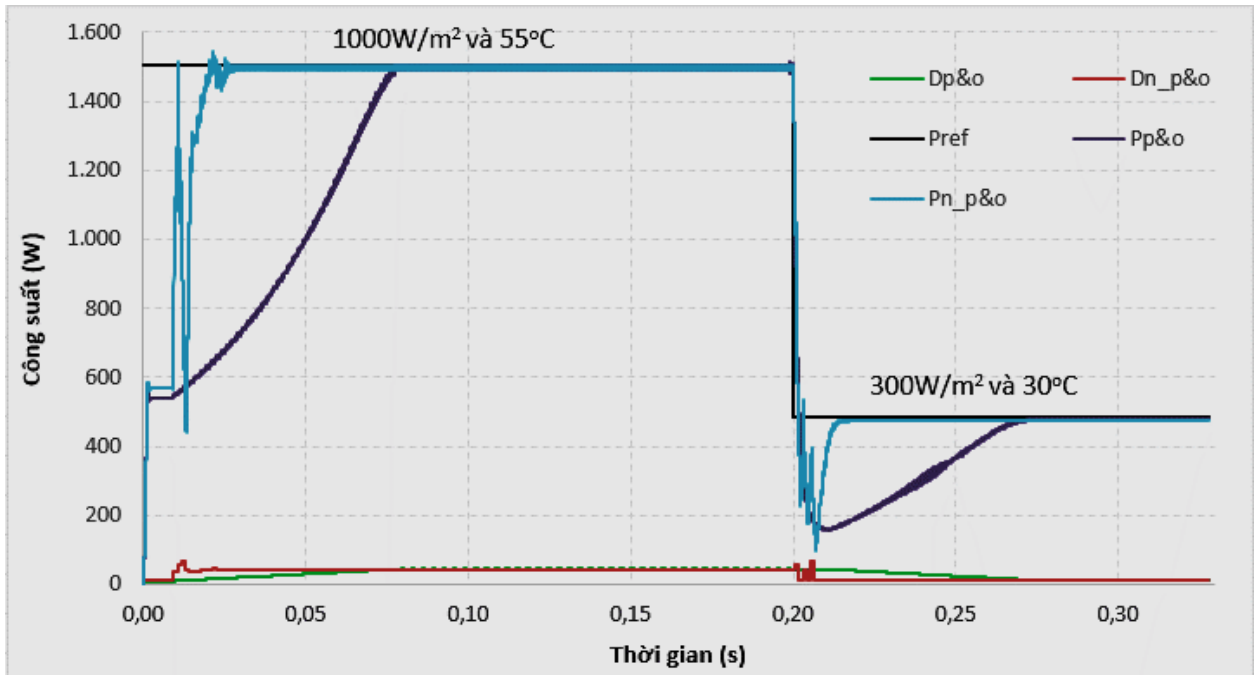


Hình 12. MPPT khi bức xạ thay đổi tại nhiệt độ 25°C.

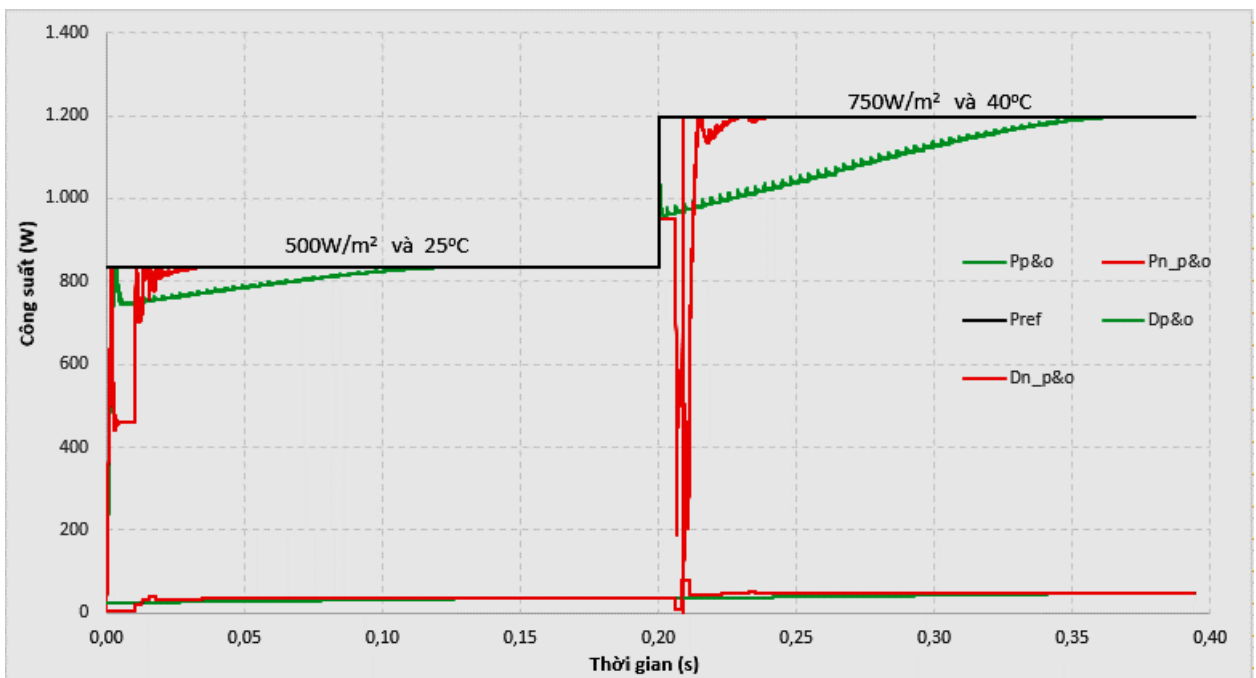
Chưa dừng lại ở đó, tính khả thi của giải pháp còn được kiểm chứng trong điều kiện thay đổi hai thông số là nhiệt độ và bức xạ. Như đã phân tích ở trên, khi thay đổi cả hai thông số theo hai chiều hướng khác nhau, các giá trị dòng điện và điện áp tại MPP cũng biến động nhiều hơn khiến cho tọa độ điểm P_{max} có nhiều biến động. Trong trường hợp này, hệ thống giả định đang hoạt động ở điều kiện 1000W/m^2 và nhiệt độ trên bề mặt làm việc là 55°C . Tại thời điểm $t = 0,2\text{s}$ bức xạ giảm xuống còn 300W/m^2 nên nhiệt độ trên các PV cũng theo đó giảm xuống còn 30°C . Kết quả MPP được thể hiện trong hình 13 đã cho thấy: giải pháp đề xuất đã hội tụ tại $t = 0,026\text{s}$ nhanh hơn $0,05\text{s}$ so với phương pháp truyền thống. Qua đó giảm đáng kể lượng công suất tổn thất là $404,69\text{W}$. Ngay sau đó tại thời điểm $t = 0,2\text{s}$ điều kiện vận hành thay đổi và cũng chỉ mất 6 bước điều chỉnh là hệ thống đạt tới giá trị hội tụ nhanh hơn $0,06\text{s}$ và từ đó giảm một lượng công suất tổn thất tương ứng là $151,55\text{W}$. Kết quả là tổng năng lượng tiết kiệm được trong trường hợp này là $14,66\text{Ws}$.

Trong trường hợp bức xạ và nhiệt độ tăng như giới thiệu trong hình 14. Giải pháp đề xuất cũng cho thấy khả năng truy xuất điểm MPP với tốc độ được cải thiện đáng kể, từ đó giảm tổn thất năng lượng và gia tăng khả năng ổn định công suất phát của hệ thống. Như vậy, cả trong môi trường đồng nhất, điều kiện bức xạ năng lượng suy yếu hay trong trạng thái thay đổi đột ngột các thông số vận hành, giải pháp đề xuất luôn đạt được tốc độ MPPT nhanh chóng, chính xác với tổn thất công suất giảm đáng kể. Những số liệu thống kê được trình bày chi tiết trong bảng 1.

TRUY XUẤT NHANH ĐIỂM PHÁT CÔNG SUẤT...



Hình 13. So sánh MPPT khi thay đổi giảm bức xạ và nhiệt độ



Hình 14. So sánh MPPT khi thay đổi tăng bức xạ và nhiệt độ

5. KẾT LUẬN

Nội dung bài viết giới thiệu một giải pháp cải tiến N_P&O nhằm MPPT hệ thống trong những điều kiện vận hành thay đổi khác nhau. Những kết quả mô phỏng đã chứng minh rằng, với một phương pháp đơn giản nhưng chỉ cần những điều chỉnh, bổ sung hợp lý cũng có thể mang lại hiệu quả đáng kể. Cụ thể, trong phạm vi nghiên cứu, tốc độ hội tụ đã giảm hơn một nửa so với trước khi có sự hiệu chỉnh. Hơn thế nữa, tổn thất năng lượng cũng giảm theo đáng kể từ đó nâng cao được hiệu suất sinh điện và sớm ổn định công suất phát của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F. A. O. Aashoor, F. V. P. Robinson, "A variable step size perturb and observe algorithm for photovoltaic maximum power point tracking," *Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, IEEE, (2012), 38.
- [2] M. Abdolzadeh, M. Ameri, "Improving the effectiveness of a photovoltaic water pumping system by spraying water over the front of photovoltaic cells," *Renewable Energy*, (2009), 91–96.
- [3] P. Rupendra, M. O. Prakash, S. Abhishek, B. Jianbo, K. Y. Chauhan, B. Khan, H. H. Alhelou, "Impact of Partial Shading on Various PV Array Configurations and Different Modeling Approaches: A Comprehensive Review," *IEEE Access*, (2020), 181375 - 181403
- [4] F. Belhachat, C. Larbes, "A review of global maximum power point tracking techniques of photovoltaic system under partial shading conditions," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2018), 513-553.
- [5] T. Eswam, P. L. Chapman, "Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, (2007), 439-449
- [6] M. A. Eltawil, Z. Zhao, "MPPT techniques for photovoltaic applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2013), 793-813.
- [7] E. Koutroulis, F. Blaabjerg, "A new technique for tracking the global maximum power point of PV arrays operating under partial shading condition," *IEEE Journal of Photovoltaics*, (2012), 184-190.
- [8] K. Zhang, P. Cheng, L. He, "A Maximum Power Point Tracking Method Combined with Constant Voltage Tracking & Variable Step-Size Perturbation" *Sensors & transducers*, (2014), 150-155.
- [9] R. A. Mastromauro, M. Liserre, A. Dell'Aquila, "Control issues in single-stage photovoltaic systems: MPPT, current and voltage control," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, (2012), 241-254.
- [10] S. Abdourraziq, R. E. Bachtiri, "A Perturb and Observe Method using Dual Fuzzy Logic Control for PV pumping system," *International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)*, IEEE, (2014), 1-5.
- [11] N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli, "Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method," *IEEE transactions on power electronics*, (2005), 963-973
- [12] L. X. Truong, B. V. Hien, D. D. Tri, Q. T. Hai and T. V. Anh, "An Improvement of Maximum Power Point Tracking Algorithm Based on Particle Swarm Optimization Method for Photovoltaic System," *International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)*, Ho Chi Minh City, Vietnam, (2020), 53-58, doi: 10.1109/GTSD50082.2020.9303110.
- [13] T. T. Chuong, N. D. Minh, B. V. Hien, F. Yang, T. V. Anh, "Optimizing the Performance of the Photovoltaic System using the Micro DC-DC Converter," *International Conference on Smart Power & Internet Energy Systems (SPIES) IEEE*, (2021), 28
- [14] A. Jusoh, T. Sutikno, T. K. Guan, S. Mekhilef, "A Review on Favourable Maximum Power Point Tracking Systems in Solar Energy Application," *Telecommunication Computing Electronics and Control*, (2014), 6-22.
- [15] B. Yang, T. Zhu et al, "Comprehensive overview of maximum power point tracking algorithms of PV systems under partial shading condition," *Journal of Cleaner Production*, (2020), 121983 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121983>.

MAXIMUM POWER POINT TRACKING OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM BASED ON THE MODIFIED PERTURB & OBSERVE ALGORITHM

VIET ANH TRUONG¹, VAN HIEN BUI^{1,2}, PHAM QUOC KHANH³, THANH LONG DUONG^{3,*}

¹*Department of Electrical and Electronics Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education*

²*Department of Electrical and Electronics Engineering, Ho Chi Minh City University of Food Industry Ho Chi Minh City*

³*Faculty of Electrical Engineering Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City*

*Corresponding: duongthanhlong@iuh.edu.vn

Abstract. The performance of a photovoltaic (PV) cell is highly dependent on the operating environment due to changes in radiation and temperature, which makes its maximum power point (MPP) also vary. MPPT techniques to improve power efficiency are becoming more efficient and accurate, but they are also more complex, expensive, and difficult to use. Meanwhile, the traditional solution and its improvements showed quite simple, practical, and effective. This paper introduces an improved MPPT solution based on the perturbation and observation (P&O) method by estimating the initial points in order to reduce the iteration step and increase the convergence speed. The simulation results in PSIM environment pointed that

TRUY XUẤT NHANH ĐIỂM PHÁT CÔNG SUẤT...

the power loss is significantly reduced due to the increased convergence speed, thereby improving the performance in the condition of changing the uniform operating environment on the system.

Keywords: Perturb & Observe algorithm, Partial shading, photovoltaic (PV) solar cell, solar system, P-V characteristic.

Ngày gửi bài: 11/12/2021

Ngày chấp nhận đăng: 01/03/2022