

MAXIMUM POWER POINT TRACKING OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN MOVEMENT DEVICES

Bui Van Hien¹, Nguyen Tung Linh^{2*}, Nguyen Vu Lan¹, Truong Viet Anh^{1*}, Nguyen Hong Nguyen³

¹Ho Chi Minh City University of Technology and Education, ²Electric Power University

³Information and communication technology company of Vietnam Electricity

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 18/01/2022	Photovoltaic (PV) systems used in moving equipment are frequently affected by the continuously changing operating environments. In general, the series connect (SC) configuration often have more extremes and can be neglected the energy of shaded PV panels under this condition. This is the cause of the unstable output voltage, making it difficult to access the maximum power point tracking (MPPT) and energy loss. This article introduces a solution to overcome the above disadvantages with a Series - Parallel connect (S-PC) configuration of PV arrays, which can significantly reduce the SC junction to simplify the characteristic curves. The proposed link combined with a buck-converter circuit and a modified perturbation and observation (M-P&O) algorithm has shown effective MPPT in all experimental operating conditions. The simulation results from the proposed solution are compared with the traditional P&O algorithm under the same operating conditions, pointed that it can be widely applied in displacement devices using PV systems.
Revised: 25/4/2022	
Published: 26/4/2022	
KEYWORDS	
Modified Perturb & Observe algorithm (M_P&O)	
Partial shading	
Photovoltaic (PV) solar cell	
Solar system	
P-V characteristic	

TRUY XUẤT ĐIỂM PHÁT CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI CỦA HỆ THỐNG PIN QUANG ĐIỆN TRONG CÁC THIẾT BỊ DI CHUYỂN

Bùi Văn Hiền¹, Nguyễn Tùng Linh^{2*}, Nguyễn Vũ Lan¹, Trương Việt Anh¹, Nguyễn Hồng Nguyên³

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, ²Trường Đại học Điện lực

³Công ty Viễn thông Điện lực và Công nghệ thông tin – Tập Đoàn Điện lực Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 18/01/2022	Các hệ thống pin quang điện (Photovoltaic – PV) được ứng dụng trong những thiết bị di chuyển thường xuyên bị ảnh hưởng do môi trường vận hành thay đổi liên tục. Nhìn chung, cấu hình liên kết nối tiếp (series connect – SC) thường sinh ra nhiều cực trị và có thể bỏ qua năng lượng của các tấm PV bị bóng che trong điều kiện này. Đây là nguyên nhân khiến điện áp ra kém ổn định, gây khó khăn cho việc truy xuất điểm phát công suất cực đại (Maximum Power Point Tracking – MPPT) và thất thoát năng lượng. Bài viết này giới thiệu một giải pháp khắc phục những nhược điểm trên bằng một cấu hình liên kết nối tiếp – song song (Series-Parallel connect – S-PC) các dãy pin quang điện (PV) nhằm hạn chế liên kết nối tiếp và đơn giản hóa các đường cong đặc tuyến. Cấu hình đề xuất kết hợp với mạch buck-converter cùng một giải thuật nhiễu loạn và quan sát (Modified Perturbation and Observation – M-P&O) điều chỉnh đã chứng tỏ được khả năng theo truy xuất điểm công suất cực đại hiệu quả trong mọi điều kiện vận hành thử nghiệm. Những kết quả thu được từ giải pháp đề xuất được so sánh với giải pháp P&O truyền thống trong cùng điều kiện vận hành cho thấy khả năng có thể ứng dụng rộng rãi trong các thiết bị di chuyển có sử dụng hệ thống pin quang điện.
Ngày hoàn thiện: 25/4/2022	
Ngày đăng: 26/4/2022	
TỪ KHÓA	
Giải thuật nhiễu loạn và quan sát điều chỉnh (M_P&O)	
Hiệu ứng bóng che	
Tấm pin quang điện (PV)	
Hệ thống pin mặt trời	
Đặc tính P-V	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5471>

* Corresponding author. Email: linhnt@epu.edu.vn

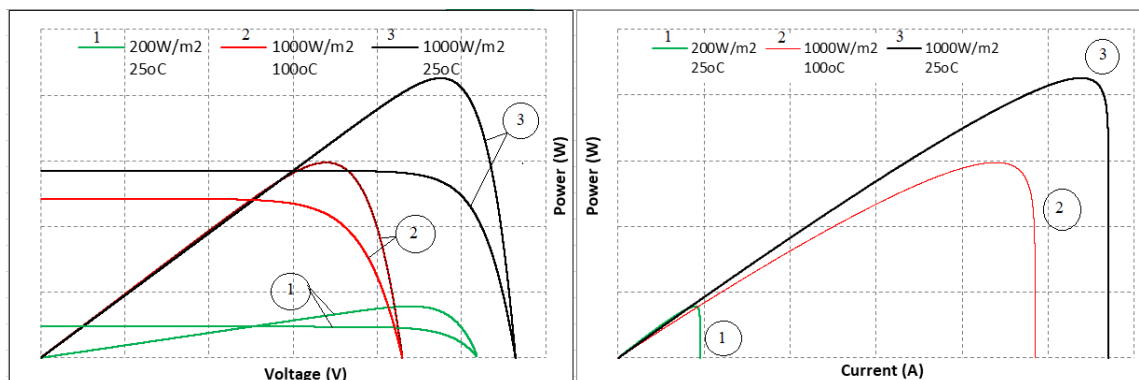
1. Giới thiệu

Trong các hệ thống pin quang điện (photovoltaic- PV) độc lập hoặc nối lưới, cấu trúc liên kết nối tiếp (series connect – SC) thường được chọn để đạt được mức điện áp và công suất mong muốn. Diốt bypass có thể hạn chế sự cố trong một số trường hợp bóng che một phần nhưng cũng làm giảm hiệu suất sinh điện của toàn dãy tấm pin do bỏ qua các tấm bị bóng che [1]. Hơn nữa, vấn đề sinh ra nhiều đỉnh cực trị trong các điều kiện vận hành không đồng nhất sẽ gây khó khăn cho việc truy xuất điểm phát công suất cực đại (Maximum Power Point Tracking – MPPT). Ngoài cấu trúc SC, môi trường này cũng có nhiều chọn lựa cho các kiểu liên kết khác nhau để tối ưu hóa khả năng sinh điện và giảm bớt tổn thất như: nối tiếp – song song (S-PC), liên kết cầu (BL), dạng tổ ong (HC) hay tổng liên kết chéo (TCT)... [2]-[6]. Tuy nhiên, hầu hết các cấu trúc này đều đòi hỏi số lượng lớn các PV trong hệ thống mới có thể hình thành liên kết và phát huy hiệu quả của các mối nối trong cấu trúc ngoại trừ S-PC [7]. Trong khi đó, việc ứng dụng PV vào các thiết bị dịch chuyển như: các thiết bị điện cầm tay, sản phẩm thời trang, hay các phương tiện giao thông ngày càng phổ biến. Đặc điểm chung trong lĩnh vực này là mức điện áp yêu cầu thấp, môi trường vận hành thay đổi liên tục và nhanh chóng do chúng thường xuyên dịch chuyển. Để ổn định các thông số ngõ ra và tốc độ MPPT hiệu quả đòi hỏi phải có một giải pháp đủ nhanh, mạnh và chính xác. Các nghiên cứu trong tài liệu [7]-[9] đã chỉ ra rằng liên kết kiểu PC luôn cho công suất lớn nhất và tổn thất công suất cũng ít nhất trong cùng điều kiện vận hành. Cấu hình này có điện áp ra thấp, tương đương điện áp của một PV trong hệ thống do cách liên kết. Nó khá phù hợp với những ứng dụng có yêu cầu về điện áp thấp và công suất nhỏ. Tuy nhiên, nhược điểm của nó là dòng điện ngõ ra lớn gây khó khăn cho việc thiết kế các khóa điều khiển [7]-[10]. Trong phạm vi ứng dụng của các thiết bị dịch chuyển, việc giới hạn số lượng PV của hệ thống không cho phép chọn lựa các cấu hình quá phức tạp. Trong khi đó, cấu hình SC lại có những bất lợi như đã phân tích ở trên. Đối với cấu hình kiểu S-PC thường được ứng dụng khá rộng rãi do khả năng thay đổi linh hoạt các PV trong các mối liên kết để tạo được mức dòng điện hay điện áp như mong muốn. Nó cũng cho thấy hai thông số này luôn ở khoảng giữa và ít dao động hơn so với SC và PC trong cùng tình trạng làm việc [7].

Tính khả thi của một giải pháp được thể hiện qua các tiêu chí như: cấu trúc đơn giản, khả năng phù hợp và có tính ứng dụng, tốc độ hội tụ và sự ổn định các thông số ngõ ra... Để giải quyết mục tiêu này, việc chọn một cấu hình phù hợp với phạm vi ứng dụng sẽ góp phần đáng kể vào việc chọn giải thuật MPPT cho hệ thống một cách hiệu quả. Tốc độ và hiệu suất MPPT bị ảnh hưởng nhiều bởi hình dạng đường cong đặc tuyến P-V của hệ thống. Trong môi trường đồng nhất, các đường cong đặc tuyến chỉ có một cực trị khi thay đổi điều kiện vận hành nên chỉ cần những thuật toán đơn giản cũng có thể đáp ứng được yêu cầu bài toán [7]. Tài liệu [10], nhóm tác giả đã cho thấy giá trị điện áp tại MPP (VMPP) xấp xỉ điện áp hở mạch Voc của hệ thống với một giá trị tương đương $V_{MPP} \approx k \cdot V_{oc}$ (k trong khoảng từ 0,71 đến 0,78). Ứng dụng thông số này, tài liệu [11] đã cải tiến giải thuật P&O truyền thống thông qua việc ước lượng các giá trị điện trở R_{PVmax} , R_{PVmin} và R_{PVavg} để điều chỉnh giá trị số gia ΔD cho tỷ số đóng điện D. Mặc dù giải pháp đã đạt được hiệu quả tối đa trên 97% nhưng phương pháp tính phức tạp đã khiến cho tốc độ MPPT lại là một nhược điểm của nó. Nội dung bài viết này đề xuất giải pháp tìm điểm MPPT cho hệ thống PV ứng dụng trong những thiết bị dịch chuyển nhằm nâng cao hiệu suất và tốc độ hội tụ, nhanh chóng ổn định các thông số ngõ ra trong môi trường vận hành thay đổi liên tục.

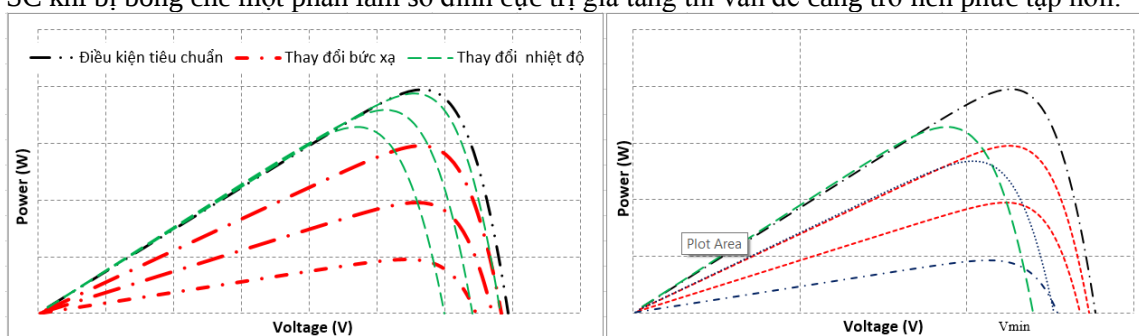
2. Ảnh hưởng của bức xạ và nhiệt độ lên đặc tính của PV

Hiệu suất của PV bị ảnh hưởng trực tiếp từ điều kiện vận hành, mà cụ thể là bức xạ mặt trời và nhiệt độ hoạt động trên bề mặt. 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. Thực tế thì bức xạ khó đạt tới điều kiện tiêu chuẩn, trong khi đó nhiệt độ làm việc luôn cao hơn mức này là những nguyên nhân dẫn đến sụt giảm công suất phát của hệ thống PV [12].



Hình 1. Đặc tuyến P-V, I-V và P-I khi thay đổi bức xạ và nhiệt độ

Trong hình 1 cho thấy mối quan hệ giữa công suất, dòng điện và điện áp tại các điều kiện làm việc khác nhau. 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. 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. Hơn nữa, khi thay đổi chỉ một thông số trong điều kiện vận hành thì họ các đường đặc tính luôn có tính quy luật (hình 2a). Điều này khiến cho việc ước lượng vùng hoạt động của các MPP trong hệ thống dễ thực hiện hơn. Vấn đề đặt ra trong điều kiện vận hành thực tế là khi tăng bức xạ bề mặt thì nhiệt độ làm việc của PV theo đó cũng gia tăng. Điều đó có nghĩa là 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. Khi bức xạ gia tăng, lẽ ra công suất của hệ thống 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. Không những thế, vị trí của các MPP trong điều kiện thực tế không còn theo một quy luật cụ thể (hình 2b). Nó khiến cho khả năng dự đoán phạm vi hoạt động của các MPP trở nên khó khăn hơn. Thậm chí trong các liên kết SC khi bị bóng che một phần làm số đỉnh cực trị gia tăng thì vấn đề càng trở nên phức tạp hơn.



Hình 2. Đặc tuyến P-V khi thay đổi: a: bức xạ hoặc nhiệt độ; b: cả bức xạ và nhiệt độ

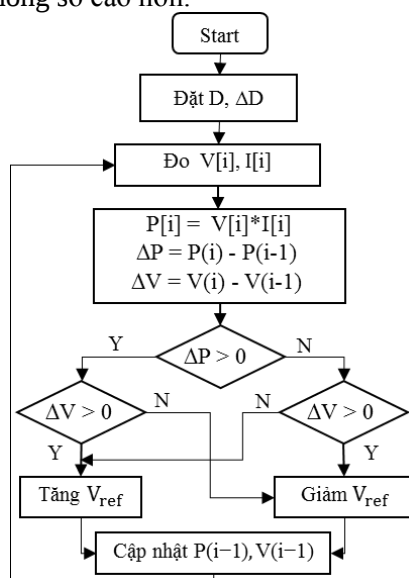
3. Đề xuất cải tiến thuật toán PO cho bài toán chuyển mạch trong tấm Pin mặt trời

3.1. 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 VPV và dòng điện IPV của hệ thống PV với lưu đồ giải thuật P&O truyền thống được trình bày như hình 3. Các bước tính toán chi tiết của giải thuật này có thể được tìm thấy trong tài liệu [13], [14]. Thuật toán này khá hiệu quả trong những cấu hình đơn giản, điều kiện vận hành đồng nhất. Nhưng khi thay đổi đồng thời cả hai thông số như đã phân tích ở trên thì tốc độ MPPT và hiệu suất của giải thuật P&O truyền thống bị hạn chế. Với những ứng dụng ở mức điện áp thấp, một sự dao động

đủ nhỏ cũng ảnh hưởng đến chất lượng của toàn bộ hệ thống. Nó đòi hỏi phải có tốc độ hội tụ nhanh và khả năng ổn định các thông số cao hơn.

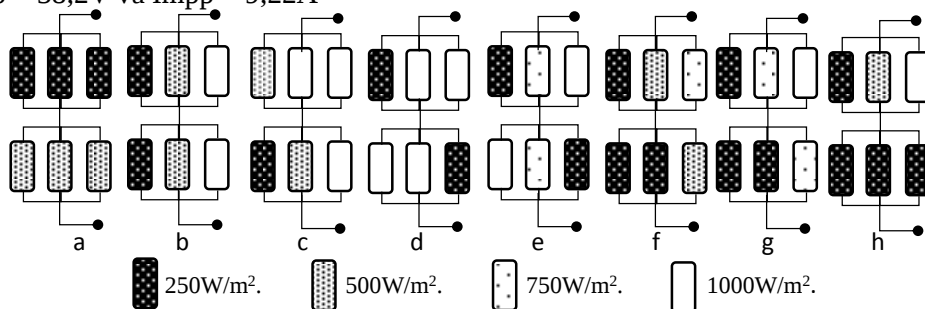


Hình 3. Lưu đồ giải thuật P&O cho bài toán MPPT

3.2. Đề xuất phương pháp cải tiến thuật toán

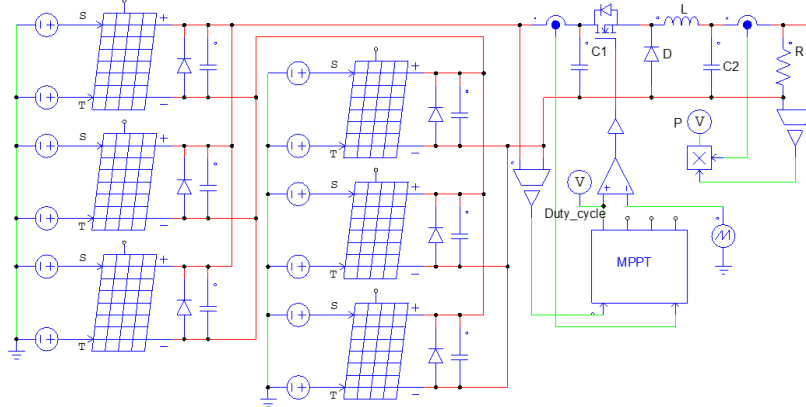
Những phân tích trên cho thấy đối với ứng dụng PV trong nội dung nghiên cứu, việc chọn giải pháp phù hợp sẽ cải thiện đáng kể hiệu suất sinh điện của hệ thống trong những điều kiện vận hành thay đổi liên tục và nhanh chóng. Tốc độ hội tụ và mức độ ổn định thông số đầu ra cũng cần được xem xét. Để giải quyết vấn đề này, bài viết đề xuất sử dụng cấu hình S-PC tối giản mỗi nối SC (hình 4) [7], [15] kết hợp giải pháp giới hạn vùng hoạt động của điện áp Voc [16] để cải tiến cho giải thuật P&O truyền thống giúp gia tăng tốc độ hội tụ và hiệu suất MPPT của hệ thống PV ứng dụng trong các phương tiện dịch chuyển.

Với số lượng PV không quá lớn thì đây được xem là sơ đồ tối ưu cho việc đáp ứng các thông số điều khiển và giải pháp MPPT. Nó cho thấy rằng, trong mọi điều kiện thay đổi bức xạ khác nhau, số lượng MPP luôn là thấp nhất so với các cấu hình khác [1], [7]. Hơn nữa, hầu hết các trường hợp bóng che theo hàng, cột, một góc, hai góc hay che một phần thì GMPP luôn lệch về phía điện áp cao. Chỉ duy nhất trường hợp tất cả các PV của một hàng có mức bức xạ nhỏ hơn 75% bức xạ lớn nhất của hàng còn lại (hình 4h) thì công suất của chúng sẽ bị bỏ qua. Khả năng này không thể không xảy ra nhưng trong thực tế xác suất là rất ít [15]. Cấu hình đề xuất được xây dựng trong môi trường PSIM liên kết với tải thông qua mạch Buck – converter như giới thiệu trong hình 5. Trong đó sử dụng mô hình PV loại PPS340P-72 có $I_{sc} = 9,22A$; $V_{oc} = 47,5V$, giá trị $V_{mpp} = 38,2V$ và $I_{mpp} = 9,22A$.



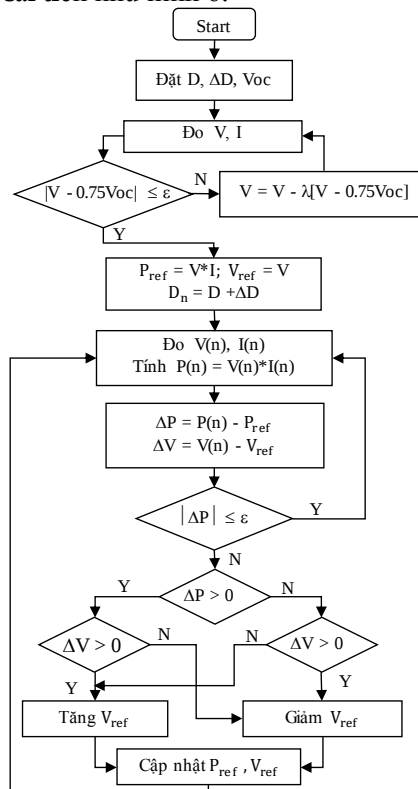
Hình 4. Các kiểu bóng che theo: a: hàng; b: cột; c: một góc; d và e: đường chéo; f, g, h: một phần

Với số lượng PV không quá lớn thì đây được xem là sơ đồ tối ưu cho việc đáp ứng các thông số điều khiển và giải pháp MPPT. Nó cho thấy rằng, trong mọi điều kiện thay đổi bức xạ khác nhau, số lượng MPP luôn là thấp nhất so với các cấu hình khác [7]. Hơn nữa, hầu hết các trường hợp bóng che theo hàng, cột, một góc, hai góc hay che một phần thì GMPP luôn lệch về phía điện áp cao. Chỉ duy nhất trường hợp tất cả các PV của một hàng có mức bức xạ nhỏ hơn 75% bức xạ lớn nhất của hàng còn lại (hình 4h) thì công suất của chúng sẽ bị bỏ qua. Khả năng này không thể không xảy ra nhưng trong thực tế xác suất là rất ít [12]. Cấu hình đề xuất được xây dựng trong môi trường PSIM liên kết với tải thông qua mạch Buck – converter như giới thiệu trong hình 5. Trong đó sử dụng mô hình PV loại 72cell-338W có $I_{sc} = 9,5A$, $V_{oc} = 46,2V$, giá trị $V_{mpp} = 37,3V$ và $I_{mpp} = 9,04A$.



Hình 5. Cấu trúc hệ thống mô phỏng trong PSIM

Để gia tăng tốc độ hội tụ và khả năng ổn định các thông số ngõ ra của hệ thống. Lưu đồ giải thuật P&O truyền thống được cải tiến như hình 6.



Hình 6. Lưu đồ thuật toán đề xuất cải tiến giải thuật P&O

Bước 1: Xác định điểm cực đại tiềm năng trên đường cong đặc tuyến P - V. Bằng việc lựa chọn giá trị duty cycle $D = 0,1$ và bước điều chỉnh $\Delta D = 0,01$ hệ thống sẽ xác định được hai thông số V và I. Giá trị V_{oc} được chọn tương ứng với điều kiện vận hành thấp nhất (bằng V_{min} – hình 2b). Trong nội dung nghiên cứu này là $100W/m^2$ và $70^\circ C$ – điều kiện thực mà PV còn có thể sinh điện. Giá trị này nhằm thỏa mãn mọi trường hợp vận hành hệ thống sẽ luôn tìm được MPPT mà không bị trôi ra ngoài vùng tìm kiếm.

Bước 2: Kiểm tra điểm MPPT tiềm năng. Thông qua giá trị D để điều chỉnh điểm làm việc tiệm cận tới giá trị V_{mpp} tiềm năng bằng một hệ số $k = 0,75$. Hệ số λ được thêm vào như một số gia cho mỗi bước lặp nhằm gia tăng tốc độ đạt đến giá trị hội tụ. Trong trường hợp này chọn giá trị của $\lambda = 0,3$.

Bước 3: Xác định điểm khởi đầu cho giải thuật tìm kiếm P&O. Ngay khi điều kiện hội tụ của bước 2 thỏa mãn, các giá trị công suất, điện áp và tỷ số đóng điện được chọn làm các thông số tham chiếu cho việc MPPT của hệ thống

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.

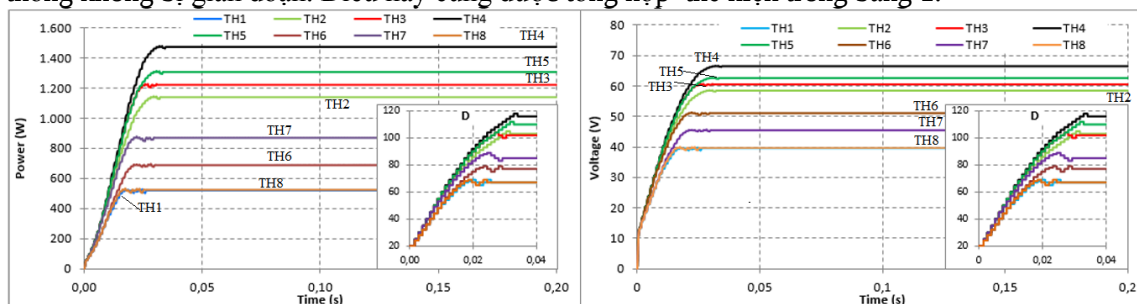
Bước 5: Kiểm tra hội tụ của giải thuật. Nếu sai số công suất nhỏ hơn giá trị cho phép thì giải thuật không thay đổi giá trị tham chiếu ở các bước sau đó. Ngược lại, nếu có sự khác biệt sẽ tiến hành kiểm tra điều chỉnh theo nguyên tắc:

- Nếu $\Delta P \cdot \Delta V > 0$ thì tăng giá trị điện áp tham chiếu V_{ref} .
- Nếu $\Delta P \cdot \Delta V < 0$ 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.

4. Kiểm tra kết quả mô phỏng

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, giảm tổn thất công suất và ổn định ngõ ra của hệ thống PV. Những dạng sóng công suất P, điện áp V và tỷ số đóng điện D mô phỏng MPPT cho các kiểu bóng che đề xuất như hình 4 được thể hiện trong hình 7. Nó cho thấy tốc độ hội tụ của giải pháp đề xuất khá ấn tượng trong khoảng $0,25 \div 0,35s$ và hiệu suất trên 90%. Khi bức xạ lớn nhất giữa hai hàng khác nhau có độ chênh lệch không quá lớn thì hiệu suất của giải pháp vẫn có thể đạt trên 99%. Trong trường hợp xấu nhất (hình 4h), sự sụt giảm công suất ngõ ra được biết đến như khả năng hoạt động của diode bypass nhằm cách ly hàng bị bóng che để duy trì công suất phát của hệ thống không bị gián đoạn. Điều này cũng được tổng hợp thể hiện trong bảng 1.



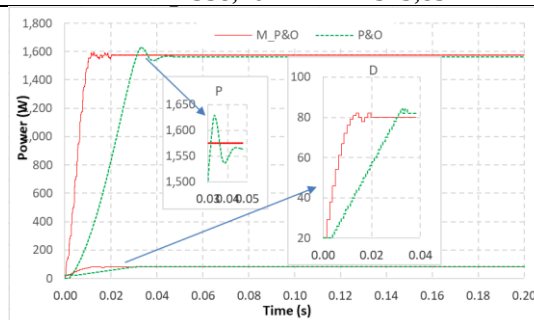
Hình 7. Dạng sóng P, V và D khi MPPT trong các trường hợp bóng che

Khi so sánh khả năng MPPT với giải thuật P&O truyền thống trong điều kiện tiêu chuẩn, kết quả trình bày trong hình 8 cho thấy: Tốc độ hội tụ của giải pháp đề xuất đã giảm hơn 50% so với khi chưa được cải tiến. Các giá trị tương ứng là 0,021s và 0,046s. Sở dĩ đạt được điều này là nhờ điều chỉnh giá trị λ cho các bước lặp ban đầu sao cho điện áp điểm làm việc tiến nhanh đến điểm

$k \cdot V_{oc}$. Khi khoảng cách càng xa điểm MPP tiềm năng thì bước điều chỉnh càng lớn để gia tăng tốc độ và ngược lại (thể hiện tại sóng D hình 8). Ở đó, tại những bước lặp đầu tiên, giá trị D khá lớn nên giảm bớt bước lặp đáng kể so với bản gốc. Khi tiệm cận đến gần MPP thì bước lặp được điều chỉnh về bằng với giá trị nguyên mẫu. Như vậy, thay vì phải mất 35 bước điều chỉnh thì giải pháp đề xuất chỉ còn 16 bước điều chỉnh để hội tụ. Nó cũng cho thấy khả năng ổn định dạng sóng công suất ngõ ra sớm hơn, trong khi giải pháp truyền thống vẫn bị dao động cho tới tận thời điểm 0,052s mới ổn định.

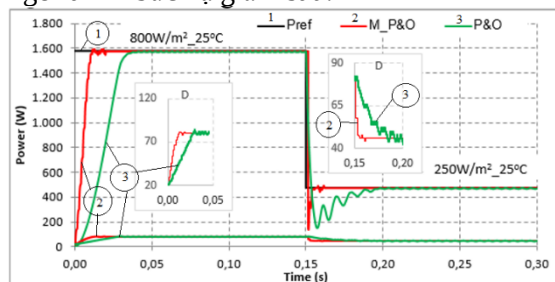
Bảng 1. Kết quả MPPT của giải pháp đề xuất cho các kiểu bóng che

Trường hợp	Bóng che kiểu	Pmax (W)	Pout (W)	Hiệu suất	Tốc độ (s)
1	4a	521,63	521,14	99,91	0,026
2	4b	1140,04	1138,4	99,86	0,032
3	4c	1222,74	1220,56	99,82	0,031
4	4d	1473,68	1472,4	99,91	0,035
5	4e	1307,78	1305,91	99,86	0,033
6	4f	689,86	688,02	99,73	0,029
7	4g	872,96	870,21	99,68	0,030
8	4h	558,46	523,85	93,80	0,025

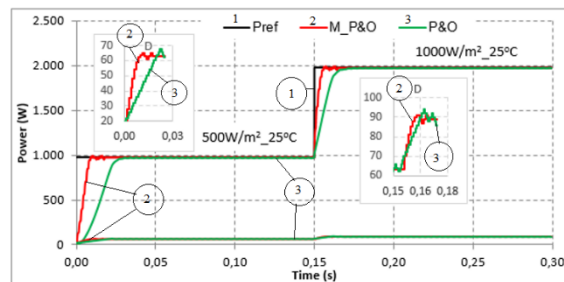


Hình 8. So sánh hai giải pháp MPPT trong điều kiện tiêu chuẩn

Trong một kịch bản khác, hệ thống giải định có sự thay đổi bức xạ đột ngột từ 800W/m^2 xuống còn 250W/m^2 tại thời điểm 0,15s. Những kết quả thể hiện trong hình 9 cho thấy, chỉ sau 8 bước điều chỉnh (tại thời điểm 0,162s) là hệ thống đã có thể bắt kịp tốc độ thay đổi của công suất ngõ ra khi bức xạ giảm sâu.



Hình 10. MPPT khi bức xạ thay đổi tăng tại 25°C

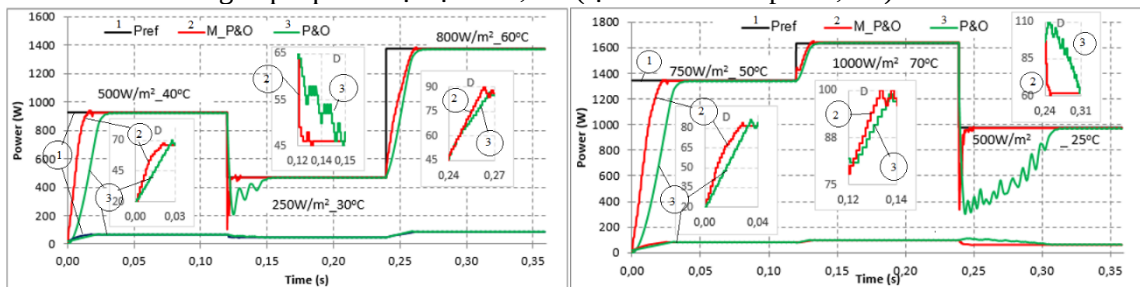


Hình 9. MPPT khi bức xạ thay đổi giảm tại 25°C

Trong khi đó, giải thuật truyền thống phải mất 47 bước điều chỉnh (tại thời điểm 0,198s) mới bám đuôi kịp tốc độ thay đổi này. Nó cũng cho thấy tốc độ được cải thiện đáng kể chỉ thông qua 2 bước điều chỉnh giá trị D, hệ thống đã gần như xác định được vùng hoạt động mới (hình 9). Tương tự ở mức bức xạ 800W/m^2 tốc độ MPPT của giải pháp đề xuất cũng chỉ mất 16 bước điều chỉnh so với 38 bước của phương pháp truyền thống. Hơn nữa, dữ liệu trong hình 9 cũng cho thấy dạng sóng ra của giải pháp đề xuất ít dao động hơn nhiều trong cùng điều kiện vận hành. Điều này có thể được giải thích như sau: mặc dù xuất phát từ cùng một giá trị ban đầu nhưng giải pháp truyền thống với những bước lặp cố định nên dẫn tới sai số tiếp cận với điểm làm việc lý tưởng lớn hơn. Trong khi đó, nhờ có hệ số điều chỉnh λ phụ thuộc vào độ chênh lệch điện áp ở

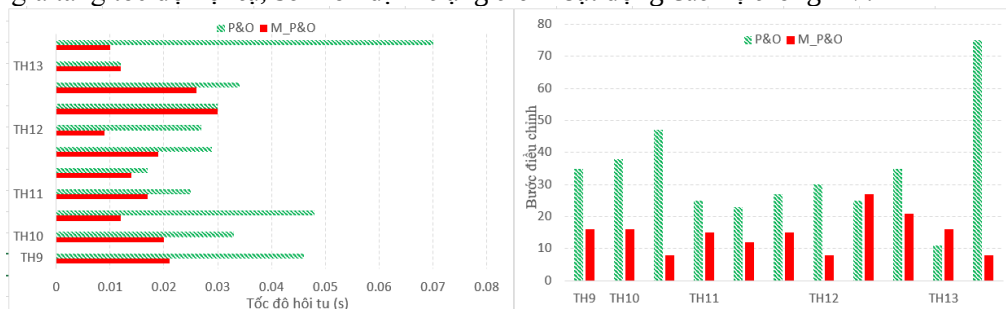
mỗi bước khiến cho phạm vi điều chỉnh các giá trị D linh hoạt hơn, dễ tiếp cận với điểm làm việc lý tưởng hơn.

Trong trường hợp thay đổi bức xạ tăng như giới thiệu ở hình 10. Giải pháp cũng cho thấy khả năng MPPT với hiệu suất cao hơn, ít dao động hơn, từ đó giảm tổn thất năng lượng và gia tăng khả năng ổn định công suất phát của hệ thống. Ở mức bức xạ 500W/m^2 , công suất và tốc độ hội tụ tương ứng là 975W và $0,017\text{s}$, trong khi đó giải pháp truyền thống có số liệu tương ứng là 970W và $0,025\text{s}$ nhưng kém ổn định hơn. Tại thời điểm $0,15\text{s}$ bức xạ thay đổi đột ngột lên 1000W/m^2 , các thông số tương ứng của hai giải pháp là $1975\text{W}/0,015\text{s}$ và $1970\text{W}/0,025\text{s}$. Qua đó cho thấy, khi bức xạ thay đổi tăng hay giảm thì hệ thống luôn có tốc độ MPPT nhanh hơn và ổn định hơn nhiều so với giải pháp chưa được cải tiến, 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, trạng thái này có các giá trị dòng điện và điện áp biến động nhiều hơn và không theo quy luật khiến cho tọa độ MPP khó xác định hơn. Giả sử hệ thống đang hoạt động ở điều kiện 500W/m^2 và nhiệt độ trên bề mặt làm việc là 40°C . Tại thời điểm $t = 0,12\text{s}$ bức xạ giảm xuống còn 250W/m^2 nên nhiệt độ trên các PV cũng theo đó giảm xuống còn 30°C . Kết quả MPP được thể hiện trong hình 11 đã cho thấy giải pháp đề xuất đã hội tụ tại $t = 0,129\text{s}$ nhanh hơn $0,018\text{s}$ so với phương pháp truyền thống. Ngay sau đó, tại thời điểm $t = 0,24\text{s}$ điều kiện vận hành lại thay đổi lên 800W/m^2 và 60°C thì cả hai giải pháp đều hội tụ với $0,03\text{s}$ (tại thời điểm xấp xỉ $0,27\text{s}$).



Hình 11. So sánh MPPT khi thay đổi cả bức xạ và nhiệt độ

Khi bức xạ và nhiệt độ thay đổi từ mức 750W/m^2 và 50°C lên 1000W/m^2 và 70°C , sau đó lại giảm xuống còn 500W/m^2 và 25°C . Kết quả mô phỏng (hình 11) cũng chỉ ra rằng giải pháp đề xuất có khả năng ổn định vượt trội hơn so với phương pháp truyền thống. Dữ liệu thu thập trong các hình 9 đến hình 11 được tổng hợp so sánh trong biểu đồ hình 12 cho thấy, khi thay đổi theo chiều hướng giảm công suất từ điểm làm việc hiện tại thì giải pháp đề xuất có tốc độ luôn vượt xa so với khi chưa được điều chỉnh. Trong khi đó, công suất ngõ ra cũng ít dao động hơn nhiều mặc dù giá trị khá tương đương nhau. Trường hợp thay đổi tăng công suất thì tốc độ và hiệu suất có sự chênh lệch ít hơn. Tóm lại, tốc độ hội tụ của M_P&O nhanh hơn rất nhiều so với P&O truyền thống trong hầu hết các trường hợp (hình 12a). Nó phụ thuộc nhiều vào số bước lặp (hình 12b) và khả năng điều chỉnh kích thước cho các vòng lặp. Thông qua việc gia tăng kích thước D khi vị trí tìm kiếm cách xa điểm tiềm năng, giải pháp đã thu hẹp khoảng cách và giảm số lần lặp đáng kể nhằm gia tăng tốc độ hội tụ, sớm ổn định trạng thái hoạt động của hệ thống PV.



Hình 12. So sánh hai giải pháp về a. tốc độ MPPT và b. số lượng các bước lặp

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu của phương pháp đề xuất nhằm mục tiêu cải tiến phương pháp P&O truyền thống bằng cách điều chỉnh M_P&O như trong hình 6 cho thấy phương pháp đề xuất phù hợp với các điều kiện thực tế khi tấm Pin bị che phủ thay đổi liên tục và khả năng tìm điểm MPPT nhanh hơn so với phương pháp cổ điển. Kết quả mô phỏng đã chứng minh với những ứng dụng yêu cầu mức công suất và điện áp không quá lớn, việc chọn từng cấu hình phù hợp cho giải pháp đề xuất sẽ mang lại hiệu quả. Cụ thể, trong phạm vi nghiên cứu, tốc độ hội tụ đã giảm hơn một nửa so với trước khi có sự hiệu chỉnh. Nó rất quan trọng trong việc ổn định thông số ngõ ra của hệ thống khi phải làm việc trong môi trường thay đổi liên tục và nhanh chóng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] L. Gao *et al.*, "Parallel – connected Solar PV System to Address Partial and Rapidly Fluctuating Shadow Conditions," *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, vol. 56, no. 5, pp. 1548-1556, May 2009.
- [2] K. S. Parlak, "PV array reconfiguration method under partial shading conditions," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 63, pp. 713-721, 2014.
- [3] VILLA *et al.*, "Maximizing the power output of partially shaded photovoltaic plants through optimization," *IEEE Journal of photovoltaics*, vol. 2, no. 2, pp. 154-163, 2012.
- [4] Bidram *et al.*, "Control and circuit techniques to mitigate partial shading effects in photovoltaic arrays," *IEEE journal of photovoltaics*, vol. 2, no. 4, pp. 532-546, 2012.
- [5] M. Jazayeri *et al.*, "A Comparative Study on Different Photovoltaic Array Topologies under Partial Shading Conditions," 2014 IEEE PES T&D Conference and Exposition, pp. 978-1-4799-3656-April, 2014.
- [6] M. Z. Shams El-Dein *et al.*, "Optimal Photovoltaic Array Reconfiguration to Reduce Partial Shading Losses," *IEEE transactions on sustainable energy*, vol. 4, no. 1, pp. 145-153, 2013.
- [7] V. A. Truong, V. H. Bui, T. L. Duong, and X. T. Luong, "Evaluation of the impact of shading on the working performance of solar cell connection configurations," *Journal of Science and Technology - Industrial University of HCMC*, vol. 21, pp. 136-146, July 2021.
- [8] R. Ramaprabha and B. L. Mathur, "A Comprehensive Review and Analysis of Solar Photovoltaic Array Configurations under Partial Shaded Conditions," *International Journal of Photoenergy*, vol. 2012, 2012, Art. no. 120214, doi:10.1155/2012/120214.
- [9] F. Belhachat and C. Larbes, "Modeling, analysis and comparison of solar photovoltaic array configurations under partial shading conditions," *Solar energy*, vol. 120, pp. 399-428, 2015, doi: 10.1016/j.solener.2015.07.039.
- [10] R. Alik, T. Sutikno, and A. Jusoh, "A Review on Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking in Photovoltaic System," *TELKOMNIKA*, vol. 13, no. 3, pp. 745-751, 2015, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v13i3.1439.
- [11] Y. J. Wang and P. C. Hsu, "An Investigation on Partial Shading of PV Modules with Different Connection Configurations of PV Cells," *Energy*, vol. 36, pp. 3069-3078, 2011, doi: 10.1016/j.energy.2011.02.052.
- [12] V. H. Bui, V. A. Truong, and T. H. Quach, "Optimizing the peak capacity development point of photovoltaic cells working in shaded conditions," *Journal of Science and Technology - Industrial University of HCMC*, vol. 3, no. 1, pp. 326-338, 2020.
- [13] A. Jusoh *et al.*, "A Review on Favourable Maximum Power Point Tracking Systems in Solar Energy Application," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 12, no. 1, p. 622, 2014.
- [14] 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*, vol. 268, pp. 121983-122002, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121983.
- [15] V. Di Dio, D. La Cascia, R. Miceli, and C. Rando, "A Mathematical Model to Determine the Electrical Energy Production in Photovoltaic Fields Under Mismatch Effect," *International Conference on Clean Electrical Power*, Capri, Italy, 9-11 June 2009, pp. 46-51.
- [16] M. H. Moradi and A. R. Reisi, "A hybrid maximum power point tracking method for photovoltaic systems," *Solar Energy*, vol. 85, pp. 2965-2976, 2011.