

# Tối ưu điểm phát công suất cực đại của pin quang điện làm việc trong điều kiện bóng che

Bùi Văn Hiền<sup>1</sup>, Trương Việt Anh<sup>2,\*</sup>, Quách Thanh Hải<sup>2</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Pin quang điện (PV) được dùng để biến đổi điện năng từ bức xạ mặt trời. Đặc tính làm việc của nó phụ thuộc vào điều kiện môi trường như nhiệt độ, cường độ bức xạ mặt trời và môi trường xung quanh. Trong quá trình hoạt động, hệ thống PV có thể bị che một phần hoặc toàn bộ do các hiện tượng tự nhiên như: đám mây, tòa nhà, bụi, động vật, cột điện, cây cối... làm thay đổi đặc tính công suất phát của nó. Bài báo này đề xuất một giải thuật dò tìm điểm phát công suất cực đại (MPPT) của hệ thống PV vận hành trong điều kiện bóng che một phần dựa trên thuật toán tối ưu hóa phần tử bầy đàn (PSO) và một mô hình gồm 3 modul PV loại PHM60W36 được sử dụng để mô phỏng bằng phần mềm PSIM. Nghiên cứu tập trung vào sự thay đổi đặc tính làm việc của hệ thống khi thay đổi các yếu tố như: mức độ, vị trí che phủ pin quang điện. Tính hiệu quả của giải pháp đề xuất không những được so sánh với phương pháp nhiễu loạn và quan sát (P&O) mà còn được so sánh với các giải thuật tối ưu trước đó trong cùng điều kiện vận hành. Bên cạnh đó, một mô hình thực nghiệm được phát triển để khảo sát đáp ứng của giải pháp đề xuất trong môi trường thực với bộ mô phỏng pin quang điện Chroma-62050H cũng được xem xét thảo luận. Những kết quả thu được cho thấy sự vượt trội của giải pháp đề xuất trong việc nâng cao hiệu suất và tốc độ MPPT của hệ thống trong điều kiện vận hành phức tạp.

**Từ khoá:** Bóng che một phần, pin quang điện, dãy pin năng lượng mặt trời, đặc tính P-V

## GIỚI THIỆU

Trong khi vấn đề ấm lên toàn cầu do sử dụng năng lượng từ các nguồn hóa thạch phát thải khí nhà kính đang được quan tâm trên toàn thế giới thì việc các nhà máy năng lượng xanh, sạch, bền vững phát triển một cách nhanh chóng như ngày nay là một tất yếu. Điện mặt trời đã, đang và sẽ đóng góp một phần không nhỏ vào việc duy trì ổn định nguồn cung cấp điện do sự thiếu hụt các nguồn năng lượng truyền thống và nhu cầu sử dụng ngày một tăng cao của con người<sup>1,2</sup>. Tuy nhiên, các module PV khi làm việc với tổng trở tải không thích hợp vẫn có hiệu suất chuyển đổi thấp, mặt khác, nó cũng bị ảnh hưởng không nhỏ bởi các điều kiện vận hành như bóng che một phần. Do đó, dò tìm MPPT là điều cần thiết trong một hệ thống PV. Điện năng tạo ra của một modul PV phụ thuộc vào dòng điện và điện áp hoạt động của nó. Trên đặc tuyến V-I và P-V của PV tồn tại duy nhất một điểm mà ở đó công suất phát đạt cực đại, điểm này thay đổi phụ thuộc vào bức xạ và nhiệt độ môi trường. Nhiệm vụ của bộ MPPT là xác định và duy trì chế độ làm việc hiệu quả nhất. Tuy nhiên, công suất đạt được bị dao động lớn và dễ rơi vào cực trị địa phương (LMPP) khi bức xạ của các module không đồng đều. Vì vậy, ngoài phương pháp truyền thống là

P&O và điện dẫn gia tăng (Incremental Conductance-INC), gần đây nhiều giải thuật tối ưu khác cũng đã được đề xuất để cải thiện nhược điểm của giải thuật truyền thống như: Modified PSO (M-PSO), Bat Algorithm (BA), Whale Optimization Algorithm (WOA), Firework Algorithm (FWA), Grey Wolf Optimization (GWO), Ant Colony Optimization (ACO), Firefly Algorithm (FFA), hay sự kết hợp giữa các giải thuật với nhau như PSO-P&O, INC-FFA, FWA-P&O<sup>3-13</sup>. Hiệu suất, tốc độ hội tụ, độ phức tạp và chi phí nói lên tính khả thi của giải pháp. Việc duy trì độ chính xác tối đa với thời gian nhỏ nhất trong nghiên cứu của Ram and Rajasekar (2017)<sup>3</sup> tỏ ra hiệu quả hơn M-PSO trong nghiên cứu của Chao *et al.*<sup>4</sup>. Ngay cả khi kết hợp PSO và P&O<sup>13</sup> giúp giảm không gian tìm kiếm nên giảm đáng kể thời gian hội tụ nhưng tính hiệu quả không được đề cập<sup>14</sup>. Bài viết này đề xuất sử dụng giải thuật PSO với sự cải tiến bộ lọc, giới hạn độ rộng xung D và phân bố hợp lý các tham số điều khiển để xác định GMPPT trong điều kiện bức xạ thay đổi khi bị bóng che. Tính hiệu quả của giải thuật đề xuất được kiểm chứng với P&O truyền thống và các giải thuật tối ưu khác trình bày trong phần Kết quả và Thảo luận.

<sup>1</sup>Trường ĐH Công nghiệp Thực phẩm Thành Phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, Việt Nam

### Liên hệ

**Trương Việt Anh**, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, Việt Nam

Email: anhtv@hcmute.edu.vn

### Lịch sử

- Ngày nhận: 13-08-2019
- Ngày chấp nhận: 10-12-2019
- Ngày đăng: 31-3-2020

DOI : 10.32508/stdjet.v3i1.544



### Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Trích dẫn bài báo này:** Hiền B V, Anh T V, Hải Q T. **Tối ưu điểm phát công suất cực đại của pin quang điện làm việc trong điều kiện bóng che.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 3(1):326-338.

## CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI QUYẾT

### Pin quang điện

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  $R_S, R_P$  <sup>15-18</sup>.

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 (2), (3). Dòng qua diode:

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

$$\text{Mà } I_{SC} - I_d - I - I_P = 0$$

$$\Rightarrow I = I_{SC} - I_d - I_P$$

$$\text{Với } I_P = \frac{V_d}{R_P} \text{ và } V_d = V + I.R_S$$

$$\Rightarrow I = I_{SC} - I_0 \left\{ e^{\frac{q(V+I.R_S)}{kT}} - 1 \right\} - \frac{V+I.R_S}{R_P} \quad (2)$$

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)

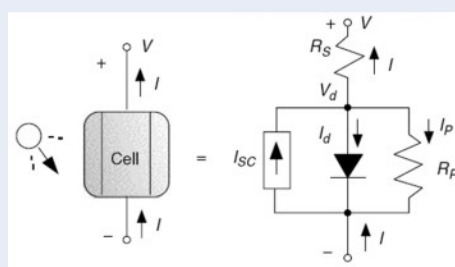
$I_0$  - dòng điện bão hòa của diode (A);

$q$  - điện tích của electron ( $1,602 \cdot 10^{-19}C$ );

$k$  - hằng số Boltzman ( $1,381 \cdot 10^{-23}J/K$ );

$T$  - nhiệt độ lớp tiếp xúc (K);

$R_S, R_P$  - điện trở nối tiếp và song song (W)



Hình 1: Sơ đồ thay thế tế bào quang điện.

### Ảnh hưởng của bóng che.

Từ (1), (2) và (3), một mô hình gồm 3 modul PV có thông số như **Bảng 1** được sử dụng để mô phỏng và thực nghiệm.

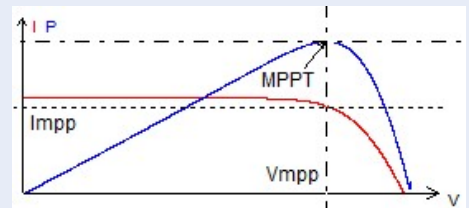
Trong điều kiện vận hành tiêu chuẩn ( $1000 W/m^2$  tại  $25^\circ C$ ), thông thường công suất của một PV khá nhỏ được xác định dựa vào đường đặc tuyến I-V như **Hình 2**. Do đó, để có được hệ thống với dòng điện lớn thì cần mắc song song các modul PV, ngược lại muốn

Bảng 1: Thông số module PV

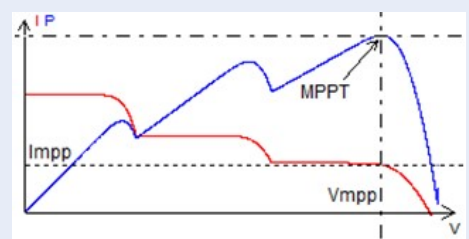
Tên module PV	PHM60W36
Số lượng cell	36
Công suất cực đại	60 W
Dòng điện tại Pmax	3,33 A
Điện áp tại Pmax	18 V
Dòng điện ngắn mạch $I_{sc}$	3,99 A
Điện áp hở mạch $V_{oc}$	21,6 V
Hiệu suất module	14,2 %
Điện áp cực đại hệ thống	165 V
Kích thước	780 x 675 x 35 mm

có một điện áp ngõ ra cao cần phải liên kết nối tiếp chúng với nhau. Khi cần một điện áp cao và dòng cũng phải đủ lớn thì cấu hình nối tiếp - song song thường được sử dụng <sup>19,20</sup>.

Các nghiên cứu trước đây cũng chỉ ra rằng, trong cùng điều kiện vận hành với mức độ bức xạ của các module là như nhau, đường đặc tuyến P-V và I-V của hệ thống không thay đổi hình dạng (**Hình 2**). Nhưng khi mức độ bức xạ không đồng đều, số lượng MPP tăng lên gây khó khăn cho việc xác định MPP toàn cục ảnh hưởng đến công suất ra của toàn hệ thống. Theo đó, việc sử dụng các giải thuật MPPT là cần thiết trong trường hợp này (**Hình 3**).



Hình 2: Đặc tuyến I-V và P-V của PV.



Hình 3: Đặc tuyến I-V và P-V khi bị bóng che.

### Bộ chuyển đổi DC – DC

Như đã trình bày trong mục Ảnh hưởng của bóng che, điện áp của hệ thống PV tương đối thấp so với nhu cầu của thiết bị dùng điện. Ngoài việc thay đổi cách liên kết PV, các bộ chuyển đổi điện áp DC-DC cũng được nghiên cứu ứng dụng để nâng cao điện áp.

### Bộ tăng áp Boost

Boost là bộ biến đổi nguồn DC-DC có điện áp đầu ra lớn hơn điện áp đầu vào. Nó chứa ít nhất hai chuyển mạch bán dẫn và ít nhất một phần tử tích lũy năng lượng, một tụ điện, một cuộn dây hoặc cả hai (Hình 4a). Điện áp ngõ ra được xác định theo biểu thức (4):

$$V_{out} = \frac{v_{in}}{1 - \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}} = \frac{V_{in}}{1 - D} \quad (4)$$

Trong đó: D là tỷ số đóng điện,

$T_{on}$ : thời gian khóa đóng,

$T_{off}$ : thời gian khóa mở.

$T = T_{on} + T_{off}$ : chu kỳ

Với nguồn Boost để có điện áp ra lớn thì công suất vào phải lớn, khi đó công suất thu được phụ thuộc vào cuộn cảm L. Hiệu suất của bộ nguồn Boost đã được chứng minh là hiệu quả và được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên, khi công suất vào không đủ lớn do điều kiện vận hành hoặc sự cố trên hệ thống, cần giảm áp thì nguồn này không thể đáp ứng.

### Bộ giảm áp Buck

Ngược lại với nguồn Boost thì Buck là bộ giảm áp hiệu quả được thiết kế như bộ chuyển đổi step up và giống bộ Boost converter, sử dụng hai khóa chuyển mạch như Hình 4b. Điện áp ngõ ra của nguồn Buck được tính theo biểu thức (5).

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \cdot V_{in} = D \cdot V_{in} \quad (5)$$

Với điện áp thu được thấp hơn ngõ vào nên công suất ra rất lớn so với công suất cung cấp. Nó phù hợp cho các trường hợp giảm áp nguồn DC với tổn hao công suất thấp.

### Phương pháp giải quyết

PSO là thuật toán được phát triển bởi Eberhart và Kennedy năm 1995. Đây là kỹ thuật tính toán tìm ra vị trí tối ưu cho một cá thể dựa vào hành vi và kinh nghiệm của số đông<sup>21</sup>. Trong đó, mỗi cá thể được đặc trưng bởi thông số vị trí “ $x_i$ ” và tốc độ “ $v_i$ ”. Do đó, vị trí sau mỗi lần tìm kiếm bị thay đổi và phụ thuộc vào tốc độ cũng như vị trí trước đó theo biểu thức (6):

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (6)$$

Trong quá trình tìm kiếm luôn tồn tại những vị trí tốt nhất mà mỗi cá thể đã xác định  $P_{best,i}$  và vị trí tốt nhất của đám đông  $G_{best,i}$ . Do đó, tốc độ của mỗi cá thể bị

ảnh hưởng bởi đám đông và được xác định theo biểu thức (7).

$$v_i^{k+1} = w_i v_i^k + c_1 r_1 (P_{best,i} - x_i^k) + c_2 r_2 (G_{best} - x_i^k) \quad (7)$$

Trong đó:  $c_1, c_2$  là các hằng số gia tốc cá thể và xã hội  $r_1, r_2$  là hai số ngẫu nhiên phân bố đều trong khoảng [0,1].

k: số lần lặp

$w_i$ : trọng số quán tính xác định theo (8)

$$w_i = 0,9 - 0,8 \frac{iter-1}{max\_iter-1} \quad (8)$$

iter: số lần lặp

max\_iter: số lần lặp tối đa

Để áp dụng PSO vào việc dò tìm GMPPT thì  $x = D$  và  $v = DD$  trong (7) với D được phân bố đều từ [0,2 ÷ 0,8] trong giới hạn điều khiển của mạch Boost.

Lưu đồ giải thuật PSO được trình bày như Hình 5 có các tham số trong Bảng 2 dùng để xác định tỷ số D tốt nhất cho cá thể ( $P_{best}$ ) và toàn cục ( $G_{best}$ ) dựa vào điều kiện hội tụ của hàm mục tiêu (9).

$$P(d_i^k) \geq P(d_i^{k-1}) \quad (9)$$

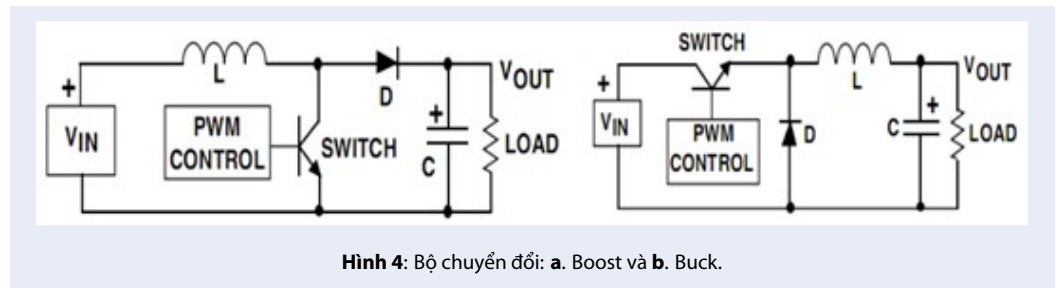
Mặc dù giảm  $w, c_1, c_2$  trong (7) có thể làm tăng thời gian xử lý nhưng cùng với việc giới hạn độ rộng xung  $|\Delta D| \leq D_0$  ( $D_0 = 0,15$  – để đảm bảo không bỏ qua bất cứ điểm cực trị nào) và phân bố vị trí cho các cá thể  $D \in [0,2 \div 0,8]$  để mọi điểm trên đặc tuyến P-V đều được xem xét sẽ tránh được LMPP khi bước nhảy không quá lớn, gia tăng xác suất tìm được GMPPT. Hơn nữa, việc chủ động dừng lấy mẫu khi hai thông số dòng điện và điện áp đạt các sai số giới hạn là sự cải tiến bộ lọc giúp tăng tốc độ hội tụ, thể hiện ưu điểm nổi bật so với các giải pháp trước đây.

$$\bar{V}_I = \frac{\sum_{j=1}^i V_j}{i}; \bar{I}_I = \frac{\sum_{j=1}^i I_j}{i} \quad (10)$$

**Bảng 2: Tham số của giải thuật PSO**

Thuộc tính PSO	Giá trị
Kích cỡ của bầy đàn (n)	4
Số lần lặp cực đại ( $k_{max}$ )	100
Hằng số gia tốc $c_1; c_2$	0,1; 0,5
Trọng số quán tính $w_i$	0,07
Hệ số ngẫu nhiên $r_1, r_2$	[0 1]
Chu kỳ tính toán	$2 \cdot 10^{-6}$ (s)
Số lượng mẫu	350

Để đánh giá tính khách quan về hiệu quả của PSO đã đề xuất trong mục **Phương pháp giải quyết**, phương pháp P&O được dùng để mô phỏng nhằm so sánh kết quả thu được trong cùng điều kiện vận hành. P&O là giải thuật truyền thống có ưu điểm: chi phí thấp, thực



Hình 4: Bộ chuyển đổi: a. Boost và b. Buck.

hiện đơn giản, ít bảo trì và giám sát. Lưu đồ giải thuật P&O được trình bày trong Hình 6 với thông số nhiễu loạn DV để quan sát DP như sau:

- Nếu  $\Delta P > 0$  và  $\Delta V > 0$  hoặc  $\Delta P < 0$  và  $\Delta V < 0$  thì cần tăng điện áp để đạt điểm MPP
- Nếu  $\Delta P > 0$  và  $\Delta V < 0$  hoặc  $\Delta P < 0$  và  $\Delta V > 0$  thì cần giảm điện áp để đạt điểm MPP.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Mô phỏng bằng phần mềm PSIM

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, hình dạng đặc tuyến P-V mắc song song không bị ảnh hưởng bởi điều kiện vận hành. Do đó, cấu hình mắc nối tiếp được đề xuất để khảo sát ứng với các trường hợp (TH) trong Bảng 3.

Từ kết quả mô phỏng bằng phần mềm về mối quan hệ giữa các đại lượng dòng điện, điện áp và công suất của hệ thống PV khi sử dụng hai giải thuật P&O và PSO để xác định MPPT cho thấy:

Bảng 3: Các trường hợp nghiên cứu PV

TH	Cường độ bức xạ trên các modul (W/m <sup>2</sup> )
1	1000-1000-1000
2	1000-700-500
3	800-300-200
4	800-400-200

- Khi không có bóng che, đường cong đặc tuyến I-V và P-V của hệ thống có dạng như Hình 2, chỉ có một MPP duy nhất. Khi đó kết quả tìm kiếm bằng cả hai giải thuật đều xác định chính xác được MPPT như nhau trong khoảng 185W (Hình 7).
- Khi có bóng che, đường cong đặc tuyến của PV bị thay đổi phụ thuộc vào số lượng modul bị bóng che và có dạng như Hình 3. Kết quả trong Hình 7 và Hình 8 đã cho thấy PSO luôn tìm

được gần đúng giá trị GMPP hơn so với P&O trong cùng điều kiện vận hành.

- Khi thay đổi trật tự của các modul trong Bảng 3 thì kết quả thu được không bị thay đổi.

### Thực nghiệm trên mô hình

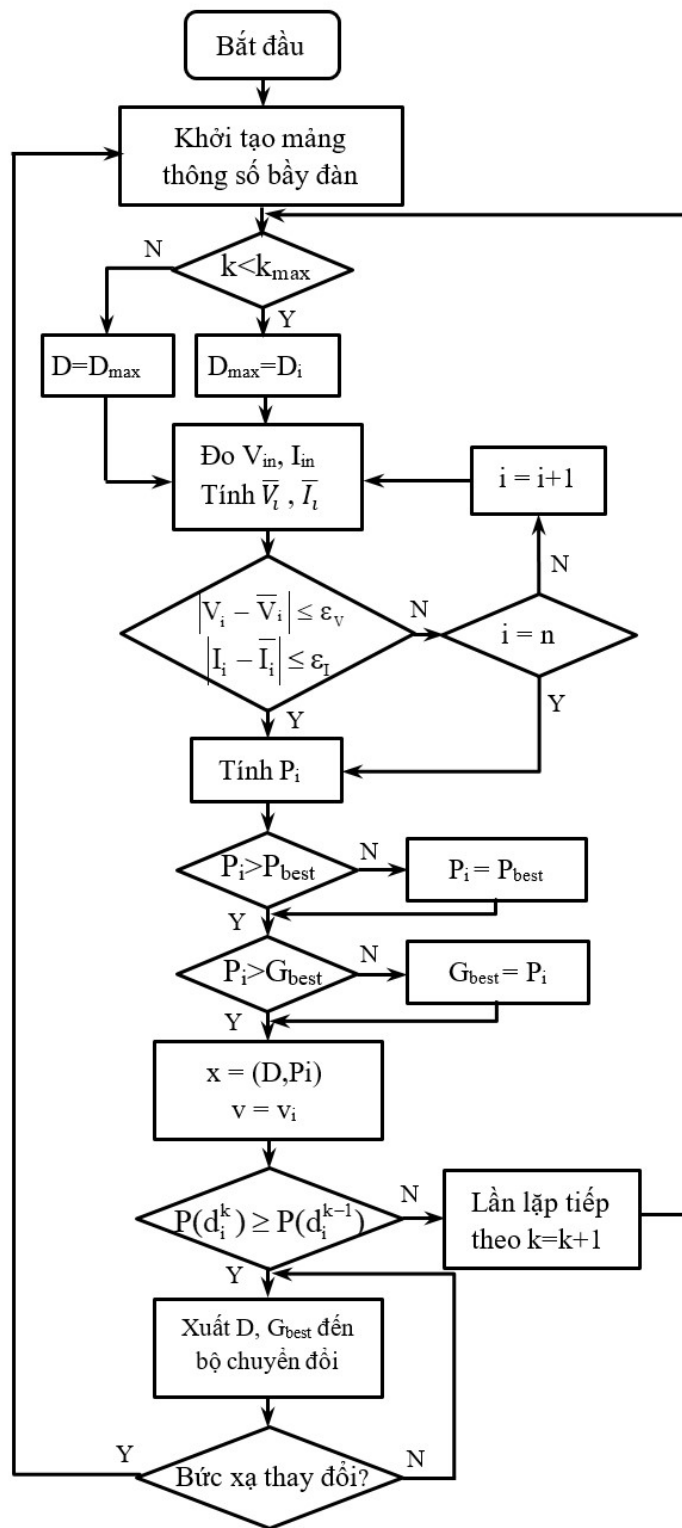
Để khảo sát đáp ứng của giải thuật với mô hình để xuất, bộ mô phỏng pin quang điện Chroma 62050H được dùng thay cho các tấm PV. Nó có ưu điểm là có thể tùy chỉnh thông số của tấm pin với nhiều điều kiện khác nhau như mức độ bức xạ, nhiệt độ, hiện tượng bóng che,... đồng thời có thể ghi lại dữ liệu và kiểm tra hiệu suất của giải thuật MPPT. Tất cả dữ liệu đều có thể giám sát trên máy tính thông qua phần mềm giao tiếp Chroma Array Simulation.

Các trường hợp khảo sát đề xuất trong Bảng 3 cũng được thực nghiệm tương tự trên mô hình trong cùng điều kiện vận hành với sơ đồ khối được trình bày trong Hình 9.

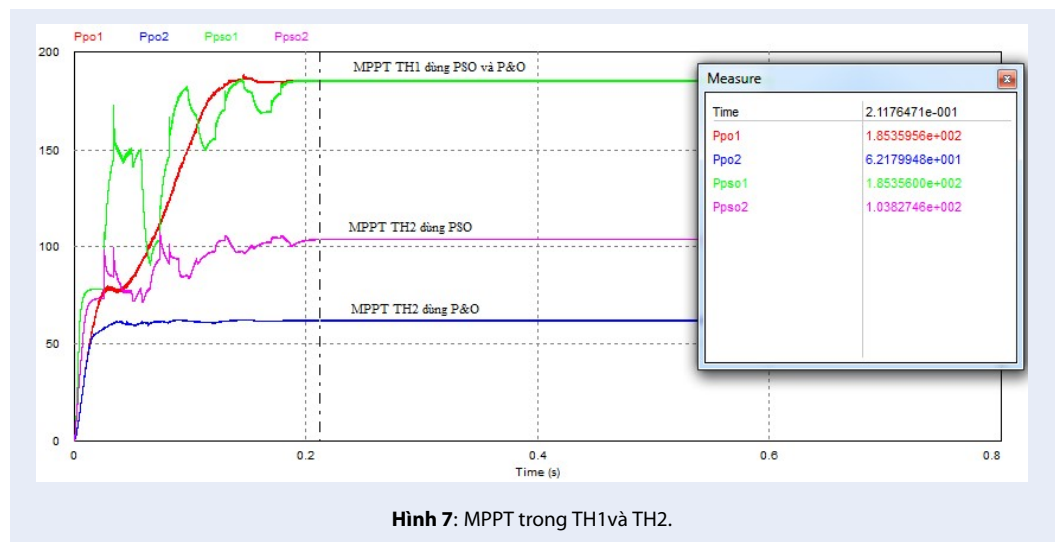
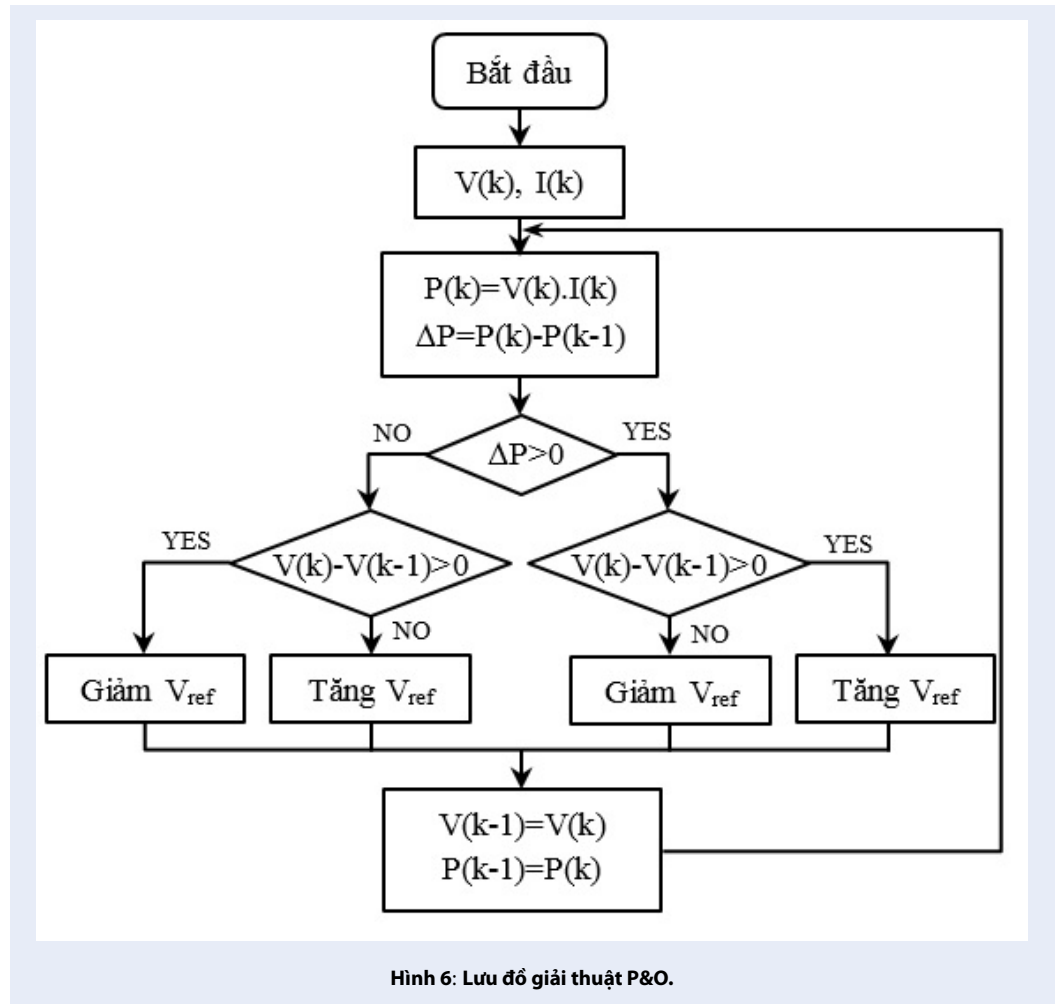
Kết quả thực nghiệm bằng mô hình thể hiện trong các Hình 10, 11 và 12 cũng cho thấy: ở điều kiện vận hành tiêu chuẩn và khi các modul nhận được bức xạ như nhau thì hệ thống cũng chỉ có một MPP. Do đó, cả hai giải thuật đều xác định tương đối chính xác giá trị công suất ngõ ra ở mức 97,69% và 98,19% tương ứng với P&O và PSO so với công suất cực đại của hệ thống.

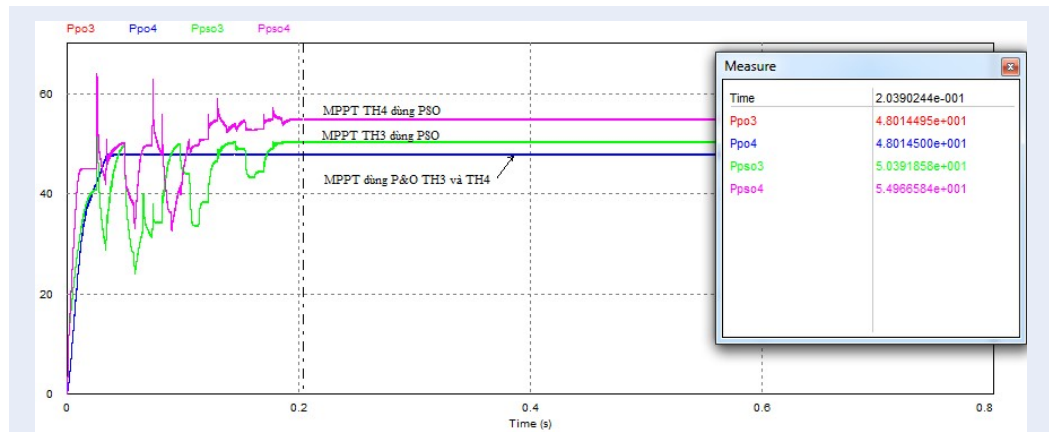
Nhưng khi xuất hiện bóng che, các modul nhận được mức độ bức xạ không đồng đều, hai giải thuật cho kết quả khác nhau trong cùng điều kiện vận hành. Cụ thể, PSO luôn xác định đúng GMPP trong mọi trường hợp còn P&O kém chính xác hơn khi bị bẫy vào LMPP như trong Hình 10 và 12.

Các số liệu thu được từ mô phỏng bằng PSIM và thực nghiệm trên mô hình được thống kê và so sánh trong Bảng 4 cho thấy: giải thuật PSO đề xuất luôn có hiệu suất lớn hơn so với phương pháp truyền thống. Bên cạnh đó, việc mô phỏng với 5 modul PV cũng được thực hiện để so sánh độ chính xác, hiệu suất và tốc độ hội tụ của giải thuật đề xuất với các thuật toán tối ưu khác. Bức xạ trên các modul được điều khiển

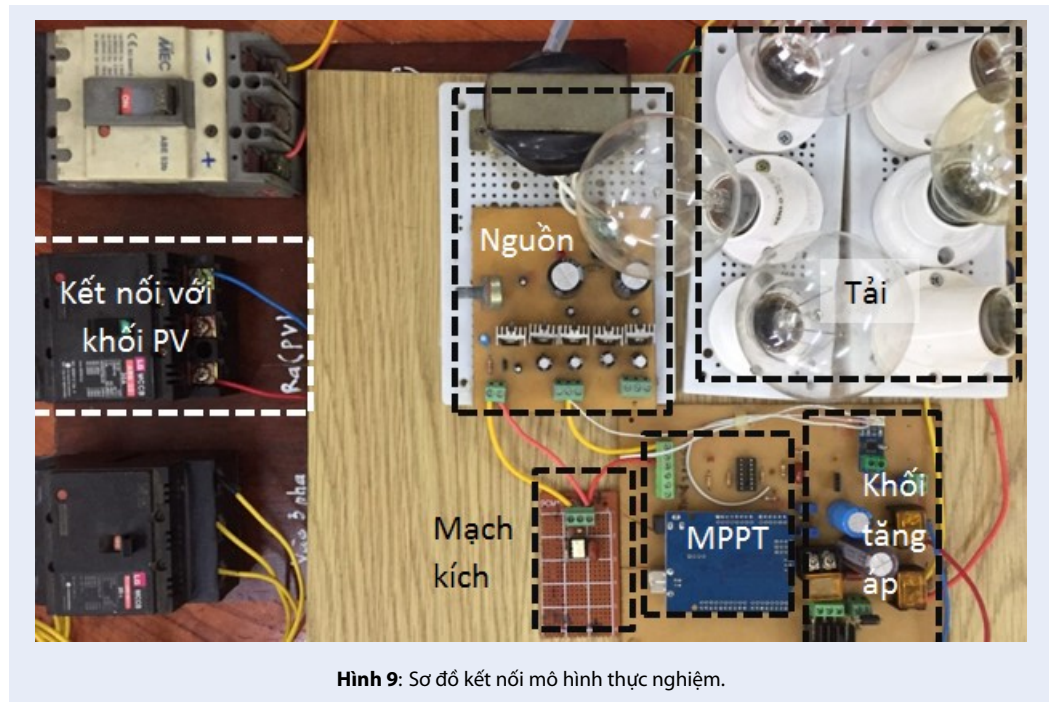


Hình 5: Lưu đồ giải thuật PSO để xuất





Hình 8: MPPT trong TH3 và TH4.



Hình 9: Sơ đồ kết nối mô hình thực nghiệm.

thay đổi ngẫu nhiên trong quá trình mô phỏng. Khi thay đổi trật tự các modul bị bóng che không làm ảnh hưởng đến đặc tuyến P-V và giá trị GMPP của hệ thống (Hình 13). Nó cũng cho thấy rằng tốc độ hội tụ của PSO luôn lớn hơn các giải thuật tối ưu khác (0,08s) với mức hiệu suất cao ( $554,78/556 = 0,9978$ ) (Hình 14), trong khi P&O bị rơi vào LMPP khi bức xạ thay đổi liên tục

Những thông số trong Bảng 5 cho thấy rằng: với các thuật toán tối ưu dựa trên nền tảng bầy đàn có chung một nhược điểm là tốc độ đáp ứng chậm. Bên cạnh đó, số lượng cá thể hạn chế sẽ không chắc chắn đảm bảo mọi lúc đều cho kết quả chính xác. Nhưng với

việc chọn  $w_i$ ,  $c_1$  và  $c_2$  hợp lý thì vấn đề định vị được GMPP bằng PSO có xác suất rất lớn. Điều này được thể hiện trong Hình 14, tại những thời điểm ban đầu 0s, 0,2s và 0,4s mặc dù các cá thể chưa có vị trí tốt nhất ( $G_{best}$ ) nhưng với sự điều chỉnh thông số bầy đàn tích cực đã giảm đáng kể thời gian và không gian tìm kiếm. Như vậy, cho đến hiện tại, với các ví dụ mô phỏng trên hệ thống modul PV thì PSO chắc chắn sẽ tìm được GMPP. Nó cũng cho thấy tính linh hoạt và hiệu quả của giải pháp đề xuất.

**Bảng 4: So sánh kết quả mô phỏng và thực nghiệm.**

Thống kê theo công suất (W)						
TH	Kết quả mô phỏng			Kết quả thực nghiệm		
	Pmax (W)	P&O (W)	PSO (W)	Pmax (W)	P&O (W)	PSO (W)
1	190,07	185,36	185,35	182,6	178,4	179,3
2	106,51	62,18	103,83	108,2	94,49	107,9
3	51,05	48,01	50,39	48,53	48,43	48,23
4	55,79	48,01	54,96	55,04	48,23	55,03
Thống kê theo phần trăm (%)						
TH	Kết quả mô phỏng		Kết quả thực nghiệm			
	P&O (%)	PSO (%)	P&O (%)	PSO (%)		
1	97,522	97,516	97,699	98,193		
2	58,379	97,483	87,329	99,723		
3	94,045	98,707	99,794	99,382		
4	86,055	98,510	87,627	99,982		

**Bảng 5: So sánh các giải thuật tối ưu <sup>14</sup>**

Giải thuật GMPPT	Độ phức tạp	Tốc độ hội tụ (s)	Hiệu suất (%)
PSO đề xuất	-	0,08	99,78
L_PSO <sup>3</sup>	Thấp	0,35	99,99
M-PSO <sup>4</sup>	Trung bình	1,3	98,92
ACO <sup>5</sup>	Thấp	1,1	100
BA <sup>6</sup>	Thấp	1,3	99,98
FFA <sup>7</sup>	Trung bình	1,3	99,8
FWA <sup>8</sup>	Thấp	-	-
GWO <sup>9</sup>	Cao	-	99,92
WHA <sup>10</sup>	Trung bình	4,6	99,99
INC-FFA <sup>11</sup>	Trung bình	0,38	99,99
FWA-P&O <sup>12</sup>	Trung bình	-	-
PSO-P&O <sup>13</sup>	Trung bình	0,9	-





Hình 10: Kết quả thực nghiệm trong TH2.



Hình 11: Kết quả thực nghiệm trong TH3.

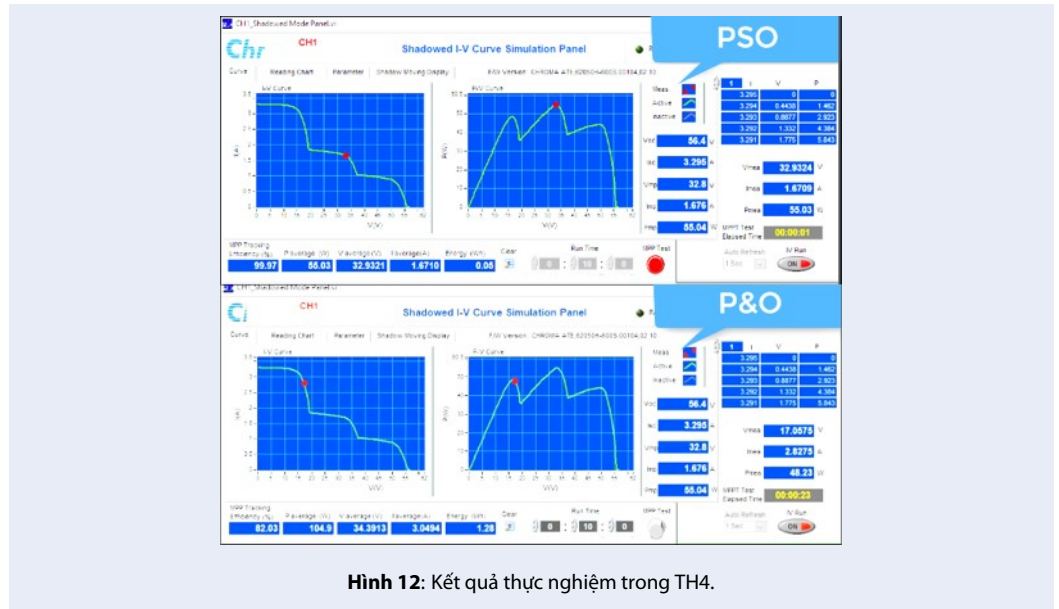
## KẾT LUẬN

Mô hình thí nghiệm được xây dựng trên nền PSIM và kiểm chứng thực nghiệm bằng Chroma 62050H nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của bóng che một phần đến đặc tính làm việc của hệ thống PV và hiệu quả của giải thuật PSO trong việc xác định GMPP. Với kết quả thu được kể trên, nghiên cứu đã chỉ ra rằng:

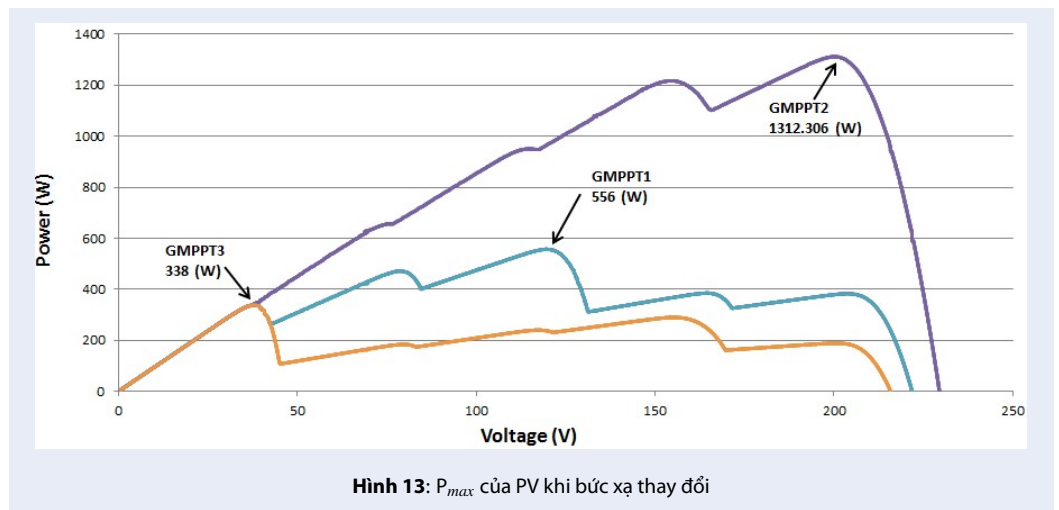
- Trong điều kiện làm việc bình thường, việc xác định MPPT bằng PSO và P&O là như nhau. Điều này là do chỉ có một điểm MPP duy nhất khi bức xạ trên các modul PV đồng bộ.

- Khi có bóng che, số đỉnh MPP tăng lên khiến cho việc xác định GMPP phức tạp, giải thuật PSO để xuất thể hiện tính hiệu quả vượt trội khi luôn bám sát GMPPT, khả năng hoạt động khá ổn định và linh hoạt trong quá trình mô phỏng cũng như thực nghiệm. Trong khi đó, giải thuật P&O kém ổn định hơn và bị bẫy vào LMPP. Điều này cho thấy PSO có thể đáp ứng tốt trong việc bám sát MPP trong những điều kiện vận hành phức tạp.

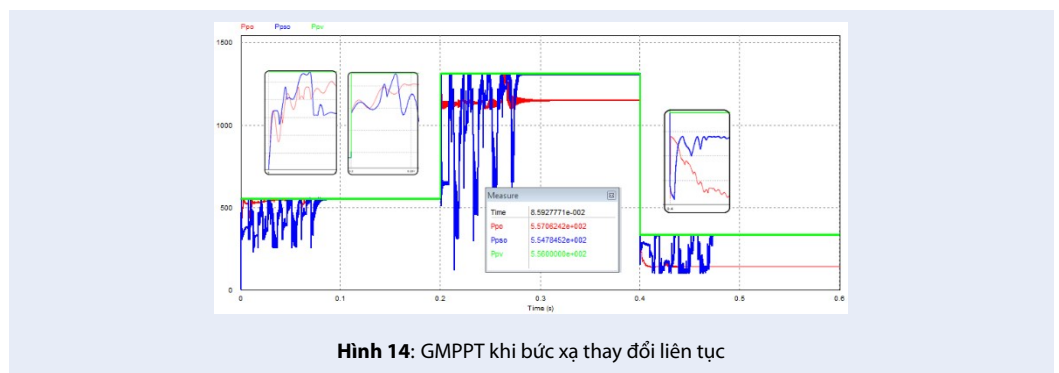
Kết quả nghiên cứu mở ra những hướng nghiên cứu mới như: cải tiến, ứng dụng PSO vào những cấu hình



Hình 12: Kết quả thực nghiệm trong TH4.



Hình 13:  $P_{max}$  của PV khi bức xạ thay đổi



Hình 14: GMPPT khi bức xạ thay đổi liên tục

PV phức tạp hơn để nâng cao hiệu quả của hệ thống; nâng cao tốc độ dò tìm MPP của giải thuật để tránh lãng phí điện năng; thiết kế các mạch DC-DC công suất lớn đáp ứng nhu cầu nghịch lưu hòa lưới của hệ thống PV.

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

**ACO:** tối ưu đàn kiến - Ant Colony Optimization  
**BA:** thuật toán con dơi - Bat Algorithm  
**DC-DC:** bộ biến đổi điện áp một chiều  
**FFA:** thuật toán đom đóm - Firefly Algorithm  
**FWA:** thuật toán pháo hoa - Firework Algorithm  
**GMPP:** điểm phát công suất cực đại toàn cục - Global Maximum Power Point  
**GMPPT:** theo dõi điểm phát công suất cực đại toàn cục - Global Maximum Power Point Tracking  
**GWO:** thuật toán tối ưu hóa bầy sói xám - Grey Wolf Optimization  
**INC:** phương pháp điện dẫn gia tăng - Incremental Conductance  
**LMPP:** điểm phát công suất cực đại địa phương - Local Maximum Power Point  
**MPP:** điểm phát công suất cực đại - Maximum Power Point  
**MPPT:** theo dõi điểm phát công suất cực đại - Maximum Power Point Tracking  
**M-PSO:** thuật toán tối ưu hóa bầy đàn hiệu chỉnh - Modified PSO  
**P&O:** thuật toán nhiễu loạn và quan sát - Perturb and Observe  
**PGS:** hệ thống nhà máy điện mặt trời - Photovoltaic Generation System  
**PSC:** điều kiện bóng che một phần - Partially Shaded Condition  
**PSO:** thuật toán tối ưu hóa bầy đàn - Particle Swarm Optimization  
**PV:** pin quang điện - Photovoltaic  
**WOA:** thuật toán cá voi - Whale Optimization Algorithm

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

## ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Bùi Văn Hiến tham gia vào việc đưa ra ý tưởng bài viết, thu thập dữ liệu và xây dựng giải thuật cho nội dung bài viết.

Trương Việt Anh tham gia vào việc thiết kế, xây dựng mạch điều khiển cho mô hình thực nghiệm, kiểm tra

các thông số thực nghiệm và hiệu chỉnh hình thức tổng quan bài viết.

Quách Thanh Hải tham gia quá trình thực nghiệm, mô phỏng so sánh và đưa ra kết luận, giải thích các dữ liệu và thông số kỹ thuật cũng như hiệu chỉnh nội dung bài viết.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ehsanul, Kumar P, Sandeep, Adelodun AA, Kim KH. Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018;82:894–900. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>.
2. Al-Saidi M, Lahham N. Solar energy farming as a development innovation for vulnerable water basins. *Development in Practice*. 2019; Available from: <https://doi.org/10.1080/09614524.2019.1600659>.
3. Ram JP, Rajasekar N. A new robust, mutated and fast tracking LPSP method for solar PV maximum power point tracking under partial shaded conditions. *Appl Energy*. 2017;201:45–59. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.102>.
4. Chao RM, Nasirudin A, Wang IK, Chen PL. Multicore PSO operation for maximum power point tracking of a distributed photovoltaic system under partially shading condition. *Int J of Photoenergy* 2016. 2016;p. 1–19. Available from: <https://doi.org/10.1155/2016/9754514>.
5. Titri S, Larbes C, Toumi KY, Benatchba K. A new MPPT controller based on the ant colony optimization algorithm for photovoltaic systems under partial shading conditions. *Appl Soft Comput*. 2017;58:465–479. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.05.017>.
6. Kaced K, Larbes C, Ramzan N, Bounabia M, Dahmane ZE. Bat algorithm based maximum power point tracking for photovoltaic system under partial shading conditions. *Sol Energy*. 2017;158:490–503. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.09.063>.
7. Teshome DF, Lee CH, Lin YW, Lian KL. A modified firefly algorithm for photovoltaic maximum power point tracking control under partial shading. *IEEE J Emerg Sel Top Power Electron*. 2017;5(2):661–671. Available from: <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2016.2581858>.
8. Rajsekar N, Pabbewar A, Bhardwaj P, Verma M. Fireworks algorithm for MPPT. *Int J Eng Res Technol*. 2016;5(1):287–291. Available from: <https://doi.org/10.17577/IJERTV5IS010295>.
9. Mohanty S, Subudhi B, Ray PK. A new MPPT design using Grey Wolf optimization technique for photovoltaic system under partial shading conditions. *IEEE Trans Sustain Energy*. 2016;7(1):181–188. Available from: <https://doi.org/10.1109/TSTE.2015.2482120>.
10. Kumar CHS, Rao RSA. Novel global MPP tracking of photovoltaic system based on whale optimization algorithm. *Int J Renew Energy Dev*. 2016;5(3):225–232. Available from: <https://doi.org/10.14710/ijred.5.3.225-232>.
11. Shi JY, Ling LT, Xue F, Qin ZJ, Li YJ, Lai ZX, et al. Combining incremental conductance and firefly algorithm for tracking the global MPP of PV arrays. *J Renew Sustain Energy*. 2017;9(2):1–19. Available from: <https://doi.org/10.1063/1.4977213>.
12. Chakkarapani M, Raman GP, Raman GR, Ganesan SI, Chilakapati N. Fireworks enriched P&O algorithm for GMPPT and detection of partial shading in PV systems. *IEEE Trans Power Electron*. 2017;32(6):4432–4443. Available from: <https://doi.org/10.1109/TPEL.2016.2604279>.
13. Hanafiah S, Ayad A, Hehn A, Kennel R. A hybrid MPPT for quasi-Z-source inverters in PV applications under partial shading condition. *Proceedings of the 11th IEEE international conference on compatibility, power electronics and power engineering*; 4-6 April 2017 ; Available from: <https://doi.org/10.1109/CPE.2017.7915208>.

14. Belhachat F, Larbes C. A review of global maximum power point tracking techniques of photovoltaic system under partial shading conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018;92:513–553. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.094>.
15. Priyadarshi N, Padmanaban S, Popa LM, Blaabjerg F, Azam F. Maximum Power Point Tracking for Brushless DC Motor-Driven Photovoltaic Pumping Systems Using a Hybrid ANFIS-FLOWER . Pollination Optimization Algorithm. 2018;11(5):1–16. Available from: <https://doi.org/10.3390/en11051067>.
16. El-Helw HM, Magdy A, Marei MI. A hybrid maximum power point tracking technique for partially shaded photovoltaic arrays. *IEEE Access*. 2017;5:11900–11908. Available from: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2717540>.
17. Chakkarapani M, Raman GP, Raman GR, Ganesan SI, Chilakapati N. Fireworks enriched P&O algorithm for GMPPT and detection of partial shading in PV systems. *IEEE Trans Power Electron*. 2017;32(6):4432–4443. Available from: <https://doi.org/10.1109/TPEL.2016.2604279>.
18. Mohanty S, Subudhi B, Ray PK. A Grey Wolf assisted perturb & observe MPPT algorithm for a PV system. *IEEE Trans Energy Convers*. 2016;32(1):340–347. Available from: <https://doi.org/10.1109/TEC.2016.2633722>.
19. Ramaprabha R, Mathur BL. A Comprehensive Review and Analysis of Solar Photovoltaic Array Configurations under Partial Shaded Conditions. Hindawi Publishing Corporation. *International Journal of Photoenergy*. 2012; Available from: <https://doi.org/10.1155/2012/120214>.
20. Manna DL, Vigni VL, Sanseverino ER, Dio VD, Romano P. Reconfigurable electrical interconnection strategies for photovoltaic arrays: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014;33. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.070>.
21. del Valle Y, Hernandez JC, Venayagamoorthy GK, Harley RG. Multiple STATCOM Allocation and Sizing Using Particle Swarm Optimization. *PSCE*. 2006;p. 1884–1891. Available from: <https://doi.org/10.1109/PSCE.2006.296200>.

# Optimization of the maximum power point of photovoltaic working under partial shading conditions

Hien Bui Van<sup>1</sup>, Anh Truong Viet<sup>2,\*</sup>, Hai Quach Thanh<sup>3</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

Photovoltaic is used to convert electricity from solar radiation. The working characteristics of photovoltaic depend on environmental conditions such as temperature, solar radiation intensity, and the surrounding environment. During operation, the photovoltaic generation system (PGS) can be partially or completely shaded due to natural phenomena such as clouds, buildings, dust, animals, electric pillars, trees ... these are changing the characteristics of the system's power output of PV. This paper proposes a maximum power point tracking algorithm for PGS operating under partially shaded condition (PSC) based on Particle Swarm Optimization (PSO) method, and a configuration comprises of three PV modules type PHM60W36 is used to simulate using PSIM software. The study focused on changing the working characteristics of the photovoltaic system when changing factors such as level, location of the photovoltaic module are shaded. The effectiveness of the proposed method is not only compared with the traditional Perturb and Observe (P&O) method but also compared with those proposed previously under the same operating conditions. In addition, an experimental model was developed to investigate the response of the proposed solution in the real environment with the Chroma-62050H simulator. The results show the superiority of the proposed solution in improving the performance MPPT and convergence speed of the system under complex operating conditions.

**Key words:** partial shading, photovoltaic (PV) cell, solar array, P-V characteristic

<sup>1</sup>Ho Chi Minh City University of Food Industry, Viet Nam

<sup>2</sup>Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Viet Nam

<sup>3</sup>Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Viet Nam

## Correspondence

**Anh Truong Viet**, Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Viet Nam

Email: anhtv@hcmute.edu.vn

## History

- Received: 13/08/2019
- Accepted: 10/12/2019
- Published: 31/3/2020

DOI : 10.32508/stdjet.v3i1.544



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Cite this article :** Bui Van H, Truong Viet A, Quach Thanh H. **Optimization of the maximum power point of photovoltaic working under partial shading conditions.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 3(1):326-338.