

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN BẮT ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI DỰA TRÊN TỐI ƯU HÓA BẦY ĐÀN CHO CÂY QUANG ĐIỆN THEO THỜI GIAN THỰC

APPLICATION OF THE MAXIMUM POWER POINT TRACKING CONTROL ALGORITHM BASED ON PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR A PHOTOVOLTAIC TREE IN REAL TIME

Nguyễn Hồ Sĩ Hùng^{1,*}, Nguyễn Quang Tân¹, Nguyễn Văn Tấn¹,
Nguyễn Hồng Việt Phương¹, Nguyễn Bình Nam¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.242>

TÓM TẮT

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng của pin quang điện luôn được quan tâm trong các hệ thống phát điện từ năng lượng mặt trời. Trong nỗ lực nâng cao hiệu quả, việc theo dõi và tối ưu hóa điểm công suất cực đại (MPPT) được xem là một phương pháp hiệu quả. Nghiên cứu này thiết kế bộ điều khiển MPPT sử dụng thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO) để khai thác tối đa công suất từ mô-đun PV. Kỹ thuật được đề xuất dựa trên thuật toán thông minh để điều khiển công suất đầu ra từ mô-đun PV và tối ưu hóa bộ chuyển đổi nguồn DC-DC để đạt được hiệu suất tối đa. Kết quả cho thấy dao động công suất ở trạng thái ổn định giảm đi đáng kể, điều này góp phần cải thiện hiệu suất chuyển đổi quang điện. Cường độ bức xạ cũng sẽ được thay đổi để xem hiệu quả tìm kiếm điểm công suất cực đại khi sử dụng thuật toán PSO. Kết quả nghiên cứu cho thấy thuật toán PSO có khả năng tìm ra điểm công suất cực đại với tốc độ hội tụ tốt trong các điều kiện biến đổi của cường độ bức xạ.

Từ khóa: Pin quang điện; MPPT; thuật toán bầy đàn; công suất cực đại.

ABSTRACT

The energy conversion efficiency of photovoltaic cells has always been a focal point in solar power generation systems. In the endeavor to enhance efficiency, monitoring and optimizing the Maximum Power Point Tracking (MPPT) is considered an effective approach. This study designs a MPPT controller utilizing the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm to maximize power extraction from PV modules. The proposed technique is grounded on intelligent algorithms to regulate the output power from PV modules and optimize the DC-DC power converter for achieving maximum efficiency. The results indicate a significant reduction in power oscillations at stable states, which could enhance photovoltaic conversion efficiency. Irradiance intensity is also varied to assess the effectiveness of PSO algorithm in seeking the maximum power point. The research results demonstrate that the PSO algorithm can identify the maximum power point with good convergence speed under varying irradiance conditions.

Keywords: Photovoltaic cells; MPPT; particle swarm optimization algorithm; maximum power.

¹Khoa Điện, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

*Email: nhshung@dut.udn.vn

Ngày nhận bài: 17/4/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 16/5/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2024

KÝ HIỆU

Ký hiệu Đơn vị Ý nghĩa

I_{pv}

A

Dòng quang điện ngõ ra

I_0

A

Độ bão hòa dòng điện ngược

V_{pv}

V

Điện áp đầu ra của pin quang điện

T_c

°C

Nhiệt độ lớp tiếp xúc

k_b		Hằng số Bolzman
V_t	V	Điện áp trên tải
I_t	A	Dòng điện đi qua tải
P_{pv}	W	Công suất tấm pin quang điện
P_t	W	Công suất sạc cho tải

CHỮ VIẾT TẮT

MPP	Điểm công suất cực đại
MPPT	Bộ/hệ thống theo dõi điểm công suất cực đại
PV	Pin quang điện
PSO	Tối ưu hóa bầy đàn
INC	Điện dẫn tăng cường
NLMT	Năng lượng mặt trời

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, khi nhiên liệu hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt, con người đã tập trung nguồn lực lớn trong việc khai thác các dạng năng lượng khác, trong đó đặc biệt quan tâm đến việc chuyển hóa năng lượng mặt trời (NLMT) thành điện năng [1]. NLMT được xem như là nguồn năng lượng xanh, ít phát thải và có trữ lượng rất lớn. Tuy nhiên, việc khai thác hiệu quả nguồn tài nguyên này còn gặp nhiều thách thức như tối ưu hóa hiệu suất chuyển đổi năng lượng mặt trời, tối ưu hóa vận hành, bảo trì, bảo dưỡng...[2]. Trong đó, việc tìm kiếm điểm phát công suất cực đại và tối ưu hóa ánh sáng mặt trời chiếu vào tấm pin là một trong những vấn đề được quan tâm nhiều nhất.

Trong hệ thống PV, quá trình dò tìm để bắt được điểm công suất cực đại (MPP) là yêu cầu cấp thiết. Năng lượng điện tạo ra từ mô-đun PV phụ thuộc vào điện áp và dòng điện của nó. Có một điểm duy nhất mà ở đó công suất phát cực đại trên đường đặc tính P-V và V-I, điểm phát công suất cực đại sẽ thay đổi khi nhiệt độ môi trường hay bức xạ nhiệt độ thay đổi [3]. Nhiệm vụ chính của bộ điều khiển MPPT là có thể xác định chính xác và duy trì chế độ làm việc để công suất đầu ra đạt cực đại. Một số nghiên cứu sử dụng các phương pháp MPPT truyền thống như: thuật toán điện dẫn gia tăng (INC) [4], dòng điện ngắn mạch [5], nhiễu loạn và quan sát (P&O) [6]. Các phương pháp này được khi sử dụng không yêu cầu thiết bị phần cứng và khả năng tính toán phức tạp. Tuy nhiên, chúng có một số nhược điểm như độ chính xác theo dõi kém, dao động xung quanh MPP và khi thời gian theo dõi dài có thể làm giảm hiệu quả hệ bắt MPP do điều kiện môi trường thay đổi (che khuất). Để khắc phục những hạn chế

này, một số kỹ thuật MPPT tiên tiến đã được đề xuất như: phương pháp dựa trên logic mờ [7], Mạng nơ-ron [8], thuật toán di truyền [9] và tối ưu hóa bầy đàn (PSO) [10]. Các thuật toán này có độ phức tạp về phần cứng và quá trình tính toán, tuy nhiên chúng có khả năng nâng cao độ chính xác và hiệu quả bắt MPP trong điều kiện môi trường thay đổi đột ngột.

PSO là thuật toán meta-heuristic có cách tiếp cận linh hoạt và mạnh mẽ phù hợp để giải quyết đặc tính phi tuyến tính của các tấm pin mặt trời. Phương pháp này giải bài toán tối ưu bằng cách tạo các giải pháp ngẫu nhiên ban đầu (các cá thể), sau đó phát triển không gian tìm kiếm. Hiệu năng của mỗi cá thể được đánh giá bằng hàm mục tiêu và giải pháp tốt nhất được giữ lại sau khi chọn lọc. Sau mỗi bước, các giải pháp tốt nhất được giữ lại và trở thành quần thể mới cho bước lặp tiếp theo. Các quá trình lặp được thực hiện cho đến khi đáp ứng điều kiện dừng mong muốn. Với cách này, dao động ở trạng thái ổn định được giảm bớt, đây là lợi thế rõ ràng của phương pháp này so với các phương pháp tìm kiếm truyền thống. Bên cạnh đó, phương pháp này đưa ra điểm tối ưu toàn cục thay vì bị mắc kẹt tại các vùng chứa điểm tối ưu cục bộ như một số phương pháp khác. Điều này cho phép phương pháp này dễ dàng tìm thấy MPP trong điều kiện bức xạ thay đổi đột ngột.

Hiện nay, khi thiết kế các hệ thống NLMT, người thiết kế không chỉ quan tâm đến việc tối ưu công suất mà còn xem xét đến yếu tố thẩm mỹ. Do đó, các hệ thống cây quang điện (cây NLMT) ngày càng phát triển. So với hệ thống thông thường cây NLMT có những ưu điểm sau:

- Thiết kế hình cây quang điện có thể giúp tăng năng suất thu năng lượng. Bằng cách thiết kế các cây quang điện ở độ cao lớn, các tấm pin sẽ nhận thêm ánh sáng mặt trời. So với việc lắp đặt trên mặt đất, thiết kế này có thể tăng khả năng nhận năng lượng từ 10 - 15% [11];
- Hình dạng cây cũng tạo ra không gian mang tính thẩm mỹ;
- Các cây quang điện có thể lắp đặt dễ dàng trong không gian chật hẹp sẽ góp phần tối ưu đất đai, không gian hay cơ sở vật chất.

Hiện nay, có nhiều nghiên cứu ứng dụng thuật toán PSO trong các bộ điều khiển MPPT cho các hệ thống NLMT trên mặt đất, tuy nhiên vẫn chưa thấy các nghiên cứu tương tự thực hiện cho các cây quang điện. Đó là lý do nghiên cứu này sẽ thiết kế mô hình cây quang điện trong đó ứng dụng thuật toán PSO trong các bộ điều khiển MPPT. Bên cạnh đó, để bức xạ mặt trời trên tấm pin

là lớn nhất, nghiên cứu cũng thiết kế bộ điều hướng tấm pin PV theo thời gian thực.

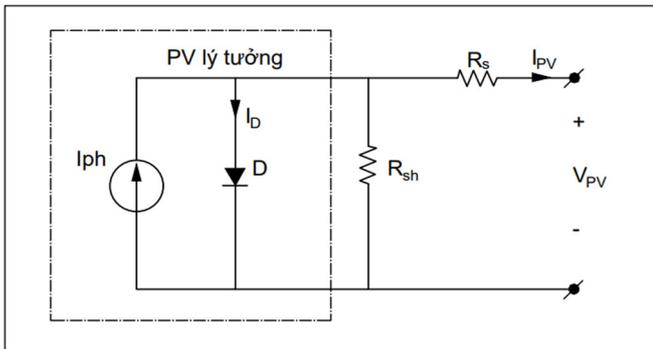
Phần nội dung còn lại của bài báo này được cấu trúc như sau: Phần 2 mô tả phương pháp tối ưu hóa tìm kiếm MPP và thực hiện mô phỏng bằng Matlab. Phần 3 trình bày quá trình thi công thực nghiệm mô hình cây quang điện sử dụng bộ điều khiển MPPT dựa trên PSO. Cuối cùng, phần 4 là các kết luận của bài báo này.

2. PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA VÀ MÔ PHỎNG

2.1. Cơ sở lý thuyết về pin quang điện

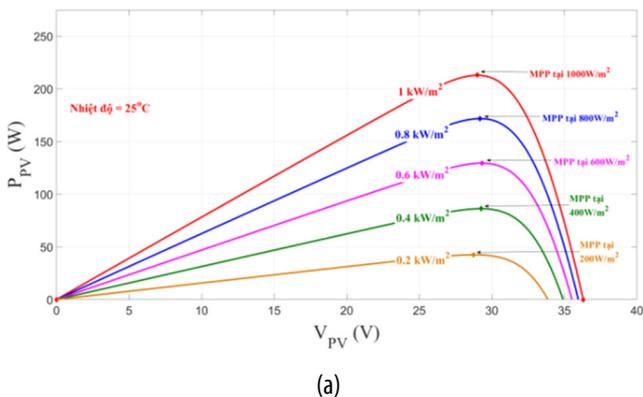
Mô-đun PV được làm từ công nghệ bán dẫn tạo ra điện một chiều (DC). Mạch tương đương phổ biến nhất là mô hình tế bào quang điện được thể hình trong hình 1. Mô hình PV của nó bao gồm một nguồn dòng, một diode có hệ số đặc trưng n và một điện trở R_{sh} được kết nối song song, trong khi điện trở R_s được kết nối nối tiếp. Phương trình của dòng điện ra của mạch tương đương được cho như công thức (1).

$$I_{out} = I_{pv} - I_0 \left\{ e^{\frac{V_{pv} + I_{pv}R_s}{n k_b T_c}} - 1 \right\} - \frac{V_{pv} + I_{pv}R_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

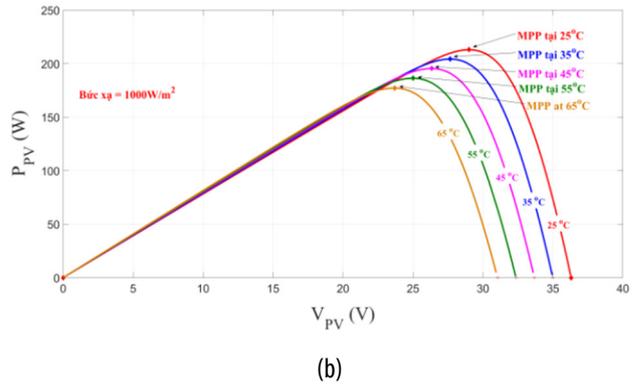


Hình 1. Mô hình tế bào quang điện

Công thức (1) cho thấy dòng điện được tạo ra từ tấm PV phụ thuộc vào cường độ bức xạ mà tấm PV nhận được. Còn đối với điện áp đầu ra, nhiệt độ của môi trường sẽ là yếu tố ảnh hưởng quyết định.



(a)



Hình 2. Đặc tuyến P-V của tấm PV khi bức xạ thay đổi (a) và khi nhiệt độ thay đổi (b)

Đối với phần lớn các vật liệu sử dụng trong sản xuất PV, sự biến đổi cường độ ánh sáng ảnh hưởng đến công suất đầu ra của PV nhiều hơn so với sự biến đổi ở nhiệt độ. Điều này được thể hiện bởi đường cong đặc tính giữa công suất và điện áp (P-V) trong biểu đồ hình 2.

2.2. Nguyên lý vận hành của hệ thống bắt điểm công suất cực đại (MPPT)

Sơ đồ khối hình 3 giới thiệu hệ thống MPPT tiêu biểu. Các bộ MPPT trong các hệ thống PV gồm có các khối cơ bản: Mô-đun PV, bộ điều khiển, bộ chuyển đổi DC/DC và tải.

Với cách kết nối như mô hình thì điểm vận hành của tấm PV được điều khiển bởi tải. Tổng trở của tải được tính bằng công thức sau:

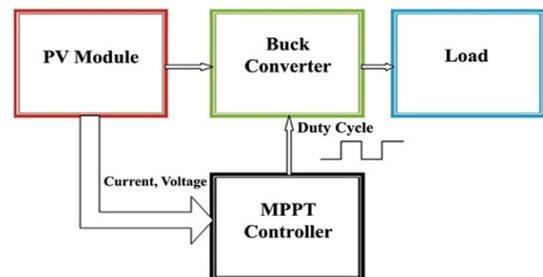
$$R_{LOAD} = \frac{V_t}{I_t} \quad (2)$$

Trong đó: V_t là điện áp trên tải; I_t là dòng điện đi qua tải.

Tổng trở tải trong trường hợp phát công suất cực đại:

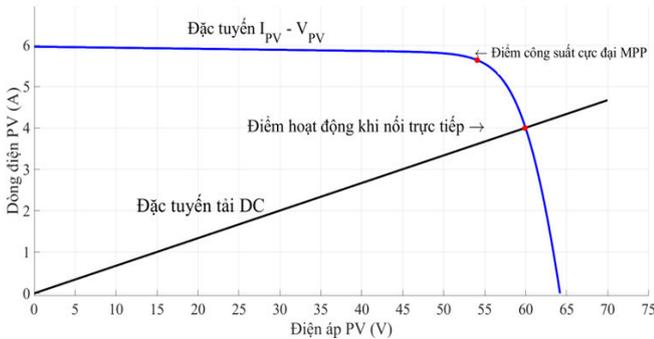
$$R_{OPT} = \frac{V_{MPP}}{I_{MPP}} \quad (3)$$

Trong đó: V_{MPP} là điện áp đặt trên tải vào thời điểm phát công suất lớn nhất; I_{MPP} là dòng điện đi qua tải tại thời điểm phát công suất cực đại.



Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống MPPT

Đối với hệ thống mà phụ tải được kết nối trực tiếp với tấm pin PV, điểm làm việc của hệ thống là nơi mà đường đặc tuyến của tải và đường đặc tuyến $I_{pv}-V_{pv}$ của tấm pin PV giao nhau như hình 4. Công suất phát của tấm PV đạt cực đại khi điểm hoạt động trùng với điểm MPP.



Hình 4. Đặc tính $I_{pv}-V_{pv}$ của tấm pin PV và đặc tính tải

Từ công thức (2) và (3) khi R_{LOAD} bằng với R_{OPT} công suất tải nhận được chính là công suất cực đại của tấm PV (lúc này điểm vận hành trung điểm MPP). Tuy nhiên, trong thực tế vận hành thì hai giá trị này hiếm có thể bằng nhau. Do vậy, bộ MPPT thực hiện điều khiển bộ biến đổi DC/DC sao cho tổng trở tải nhìn từ nguồn bằng với tổng trở tối ưu của tấm PV.

Bộ theo dõi bắt điểm MPPT như hình 4 thực tế là bộ điều khiển có chức năng theo dõi điện áp, dòng điện, công suất để có thể tự động điều chỉnh điện áp mà nó tạo ra khớp với điện áp của tải nhằm tối đa công suất phát. MPPT áp dụng các kỹ thuật để định vị điểm vận hành có công suất cực đại của hệ thống PV thông qua việc điều chỉnh chu kỳ mở và đóng của các bộ điều chỉnh DC/DC.

2.3. Đề xuất điều khiển MPPT bằng thuật toán PSO

Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) là phương pháp tối ưu hóa ngẫu nhiên mạnh mẽ dựa trên sự chuyển động và trí thông minh của bầy đàn. Thuật toán PSO trước tiên tạo ra ngẫu nhiên một nhóm gồm nhiều cá thể ở các vị trí khác nhau. Vị trí tối ưu (tốt nhất) của cá thể sẽ được đánh giá dựa trên một hàm mục tiêu được tính toán dựa trên vị trí của các cá thể. PSO dựa trên khái niệm tối ưu (tốt nhất) toàn cục và tối ưu (tốt nhất) cục bộ để đưa ra cá thể tốt nhất. Cụ thể, ở mỗi bước lặp (thế hệ), các cá thể sẽ thay đổi tới vị trí mới sau khi cập nhật vận tốc di chuyển. Vận tốc và vị trí được cập nhật tại mỗi bước lặp như sau:

$$v_i^k = w \cdot v_i^{k-1} + c_1 \cdot r_1 \cdot (P_{best_i}^k - x_i^{k-1}) + c_2 \cdot r_2 \cdot (G_{best}^k - x_i^{k-1}) \quad (4)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (5)$$

Trong đó: v_i^k là vận tốc của cá thể i lần lặp thứ k ; w là trọng lượng quán tính; $P_{best_i}^k$ là thành phần cá thể thứ i tốt

nhất; G_{best}^k là của cá thể i tốt nhất trong nhóm đến lần lặp thứ k ; c_1, c_2 là hệ số gia tốc; r_1, r_2 là hệ số phân bố ngẫu nhiên trong khoảng $[0, 1]$.

Với các vị trí mới này, các hàm mục tiêu sẽ được cập nhật lại. Việc so sánh các hàm mục tiêu ứng với các vị trí mới sẽ tìm được cá thể tốt nhất, cá thể tốt nhất ở mỗi vòng lặp được gọi là cá thể tốt nhất cục bộ và kí hiệu là P_{best} . Cá thể tốt nhất P_{best} này sẽ được so sánh với tập hợp các cá thể tốt nhất ở các vòng lặp trước để tìm ra cá thể tốt nhất xuyên suốt các vòng lặp, cá thể tốt nhất ở lúc này được gọi là cá thể tốt nhất toàn cục và kí hiệu là G_{best} . Giá trị đánh giá cá thể tốt nhất là hàm mục tiêu được tính toán từ vị trí của cá thể. Với số vòng lặp càng lớn, các cá thể sẽ di chuyển về càng gần vị trí tối ưu theo hàm mục tiêu.

Ứng dụng thuật toán PSO trong việc tìm kiếm điểm PPT được thực hiện như sau:

- Bước 1: Khởi tạo quần thể gồm các phần tử ngẫu nhiên, mỗi phần tử được đặt trung bởi tham số là điện áp làm việc U_i ;

- Bước 2: Dựa vào công thức (4) xây dựng hàm bước nhảy điện áp cho các phần tử như sau:

$$\Delta U_i^{(k+1)} = w \Delta U_i^k + c_1 r_1 (U_{pi}^k - U_i^k) + c_2 r_2 (U_g^k - U_i^k) \quad (6)$$

- Bước 3: Cập nhật thêm phần tử mới có giá trị điện áp như công thức (7)

$$U_i^{(k+1)} = U_i^k + \Delta U_i^{(k+1)} \quad (7)$$

- Bước 4: Nếu phần tử cập nhật có công suất đầu ra lớn hơn các phần tử ở các bước lặp trước thì sẽ cập nhật phần tử mới vào quần thể, đây gọi là quá trình tối ưu riêng (P_{best}) và được đặt trung bởi U_{pi}

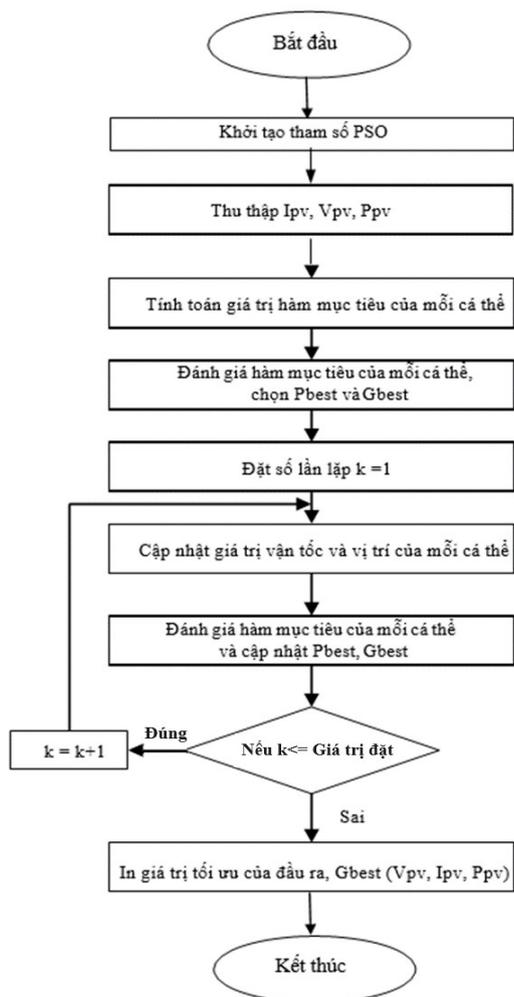
$$U_{pi}^k = \begin{cases} U_i^k & ; f(U_i^k) > f(U_{pi}^{k-1}) \\ U_{pi}^{k-1} & ; f(U_i^k) \leq f(U_{pi}^{k-1}) \end{cases} \quad (8)$$

Trong đó: f là hàm công suất của dàn pin PV.

- Bước 5: Sau khi cập nhật phần tử mới, các phần tử sẽ được so sánh với các phần tử tối ưu ở các bước lặp trước để tìm ra phần tử có thể cho công suất phát cực đại, đây gọi là quá trình tối ưu quần thể (G_{best}) và được đặt trung bởi U_g

$$U_g^k = f^{-1} \left(\max \{ f(U_{p1}^k), f(U_{p2}^k), \dots, f(U_{pn}^k) \} \right) \quad (9)$$

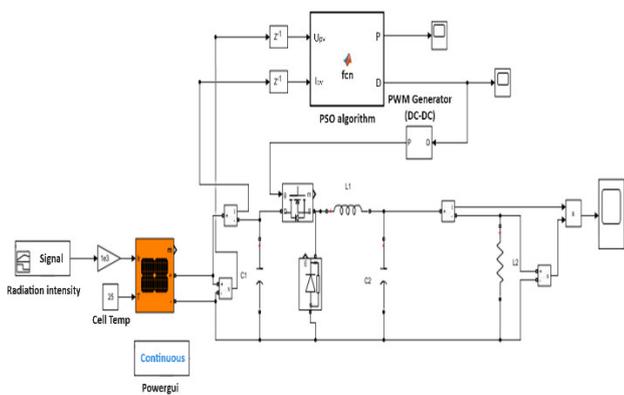
Các bước 2 đến 5 được lặp lại đến điều kiện dừng. Điều kiện dừng ở đây số lần lặp tối đa cho phép được thiết lập bằng giá trị đặt. Thuật toán được mô tả trong lưu đồ hình 5.



Hình 5. Lưu đồ điều khiển MPPT bằng thuật toán PSO

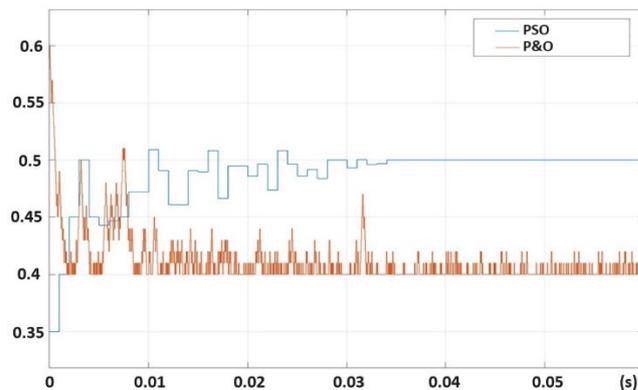
2.4. Kết quả mô phỏng

Phần này trình bày kết quả mô phỏng điều khiển MPPT bằng thuật toán PSO được thực hiện trên phần mềm Matlab. Mô hình mô phỏng được thể hiện trên hình 6. Kết quả mô phỏng điều khiển MPPT bằng thuật toán PSO sẽ được so sánh với kết quả mô phỏng điều khiển MPPT bằng thuật toán P&O truyền thống.

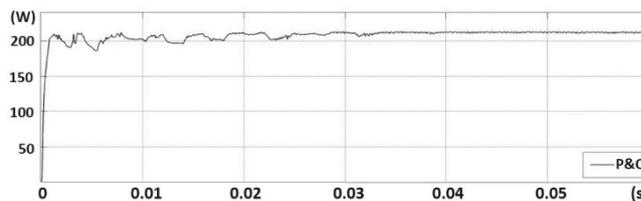
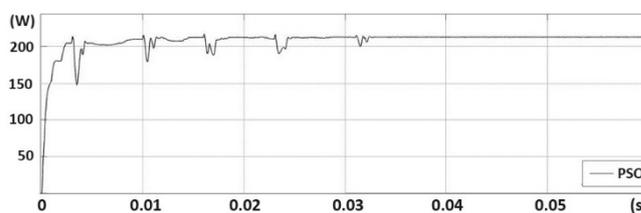


Hình 6. Mô hình mô phỏng MPP dàn pin PV dựa trên thuật toán PSO

Trong trường hợp bức xạ ổn định $G = 1000W/m^2$, $t = 25^\circ C$, độ rộng xung điều chỉnh góc mở Mosfet được chỉ ra trong hình 7, công suất đầu ra của mô-đun PV được trình bày trong hình 8.



Hình 7. Độ rộng xung (D) khi bức xạ $G = 1000W/m^2$, $t = 25^\circ C$



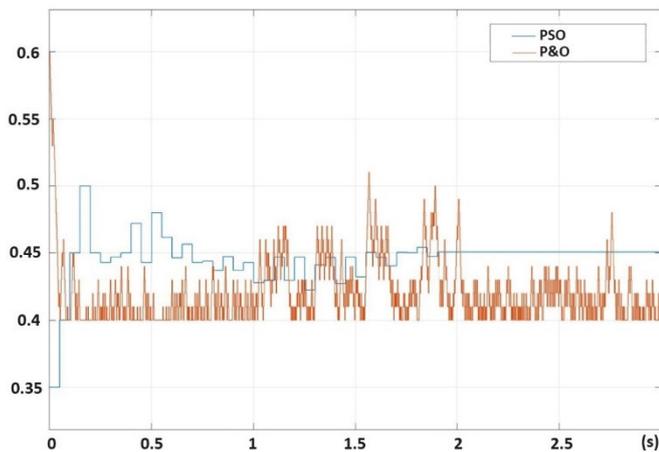
Hình 8. Công suất đầu ra ứng với bức xạ $G = 1000W/m^2$, $t = 25^\circ C$

Theo kết quả mô phỏng trong hình 8, cả thuật toán PSO và P&O đều tìm được điểm MPP với công suất gần 200W và thời gian tiến đến vị trí điểm cực đại này khoảng 0,035s. Tại trạng thái ổn định, công suất đầu ra khi sử dụng thuật toán P&O vẫn bị dao động. Trong khi, công suất đầu ra khi sử dụng thuật toán PSO ổn định gần như tuyệt đối. Đây chính là ưu điểm khi sử dụng thuật toán PSO.

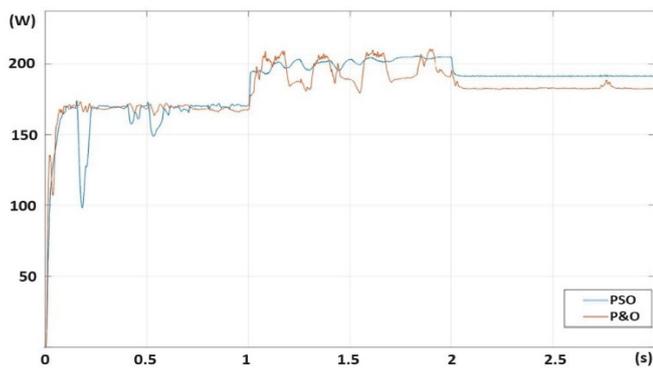
Trong trường hợp bức xạ thay đổi (bóng râm), các tấm pin đều bị che khuất nên bức xạ lên các tấm pin đều bị thay đổi. Thiết lập bức xạ thay đổi từ $G = 800W/m^2$, tăng lên $G = 1000W/m^2$ sau đó bị che khuất về bức xạ $G = 900W/m^2$, trong các trường hợp nhiệt độ đều giữ không đổi $t = 25^\circ C$. Kết quả độ rộng xung điều chỉnh góc mở Mosfet (D) được chỉ ra trong hình 9, công suất đầu ra mô-đun PV thể hiện trong hình 10.

Theo kết quả mô phỏng, cho bức xạ thay đổi từ $G = 800W/m^2$ lên $G = 1000W/m^2$, cả thuật toán PSO và P&O đều cho ra công suất cực đại là 200W, tuy nhiên thuật toán PSO bám điểm MPP tốt hơn so với thuật toán P&O.

Khi bức xạ từ $G = 1000\text{W/m}^2$ giảm xuống $G = 900\text{W/m}^2$, PSO vẫn bắt được điểm MPP là 190W trong khi đó thuật toán P&O thì không bắt được điểm MPP (công suất lúc này là 180W). Như vậy, thuật toán PSO tỏ ra thích nghi tốt hơn thuật toán P&O trong trường hợp bức xạ bị thay đổi do các tấm pin bị che khuất. Điều đó là hiển nhiên khi thuật toán PSO tìm kiếm được điểm tối ưu toàn cục còn thuật toán P&O thì không.



Hình 9. Độ rộng xung (D) khi bức xạ thay đổi



Hình 10. Công suất đầu ra ứng với bức xạ thay đổi

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH CÂY QUANG ĐIỆN SỬ DỤNG BỘ MPPT DỰA TRÊN THUẬT TOÁN PSO

3.1. Mô hình cây quang điện

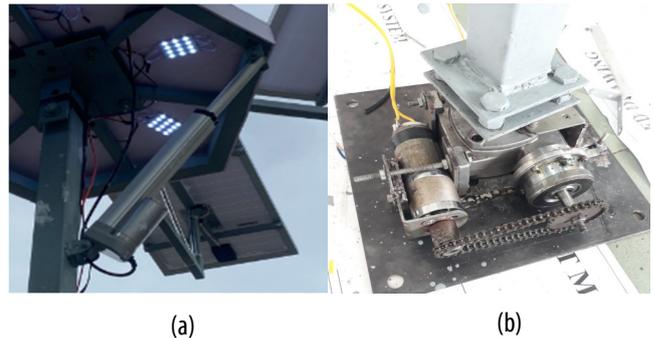


Hình 11. Cây quang điện

Mô hình cây năng lượng quang điện gồm 6 tấm PV, mỗi tấm có công suất 30Wp, kích thước 345x210mm, cao 2250mm. Hình 11 mô tả hình dạng cây quang điện được thiết kế.

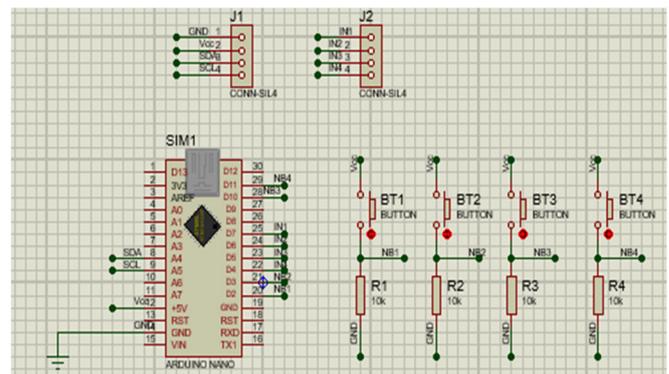
3.2. Thiết kế bộ điều hướng các tấm PV

Hệ thống điều hướng các tấm PV mục đích giữ cho các tia sáng tới luôn chiếu vuông góc với bề mặt pin nhằm tối đa năng lượng thu được. Hệ thống điều hướng trong nghiên cứu này gồm hai hướng: điều khiển góc bằng xilanh và điều khiển quay bằng động cơ. Cơ cấu điều hướng điều hướng như hình 12.

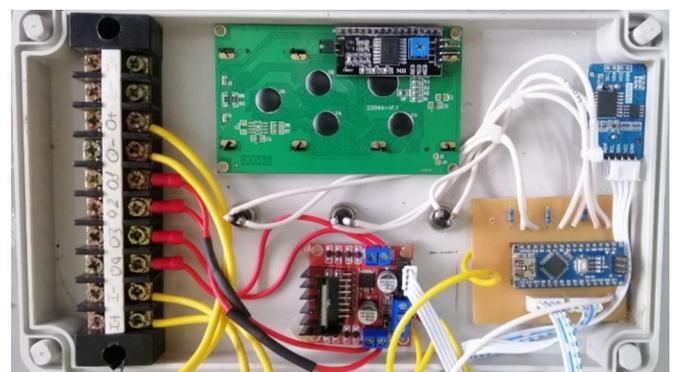


Hình 12. Hệ điều hướng hai trục gồm xi lanh (a) và động cơ (b)

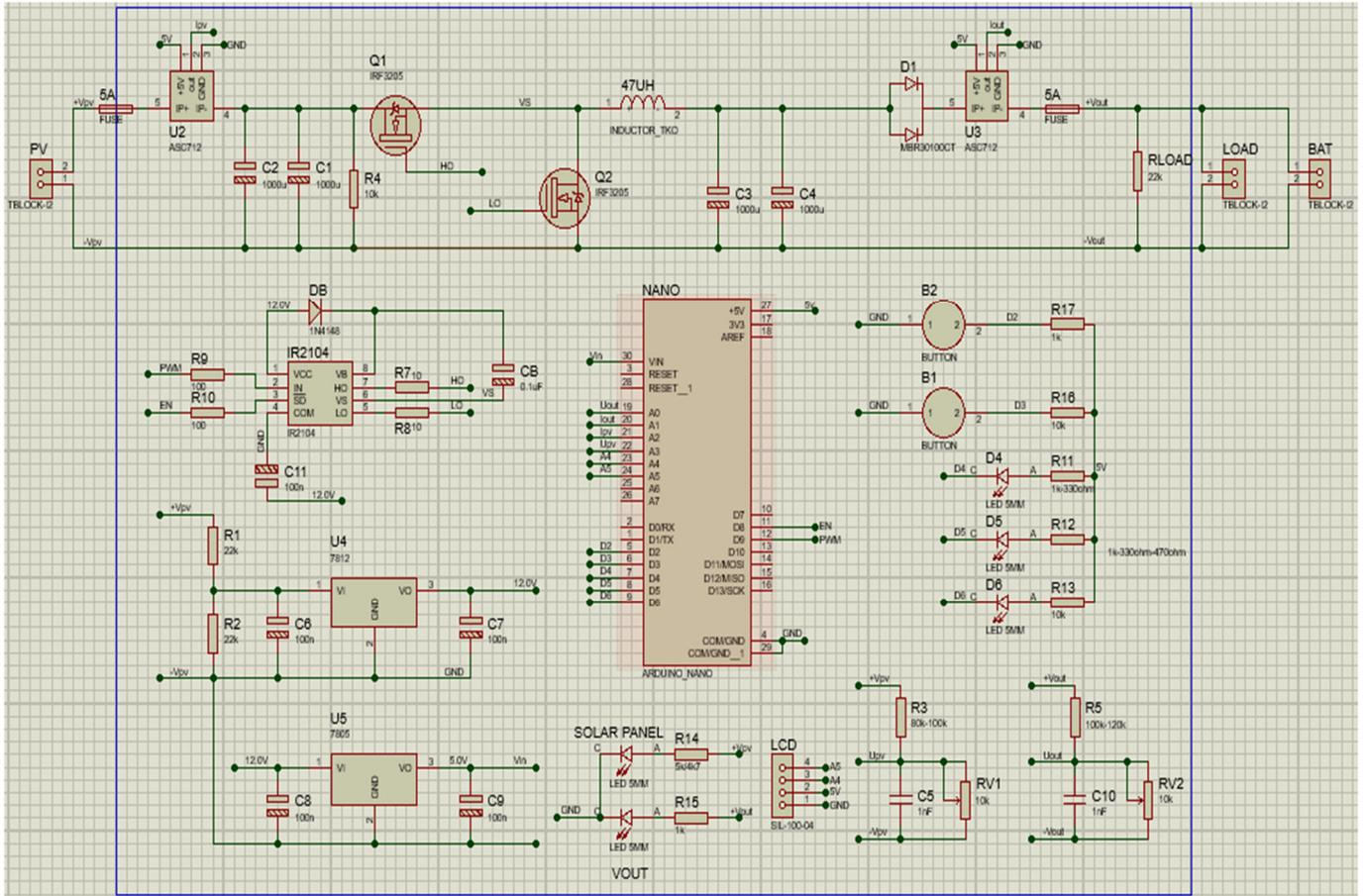
Hình 13 mô tả sơ đồ mạch điều khiển điều hướng trên phần mềm Proteus. Các linh kiện thiết kế mạch điều hướng bao gồm: điện trở, Arduino Nano, mô-đun điều khiển động cơ L298N, mạch thời gian thực RTC DS3231.



Hình 13. Sơ đồ mạch điều hướng trên phần mềm Proteus



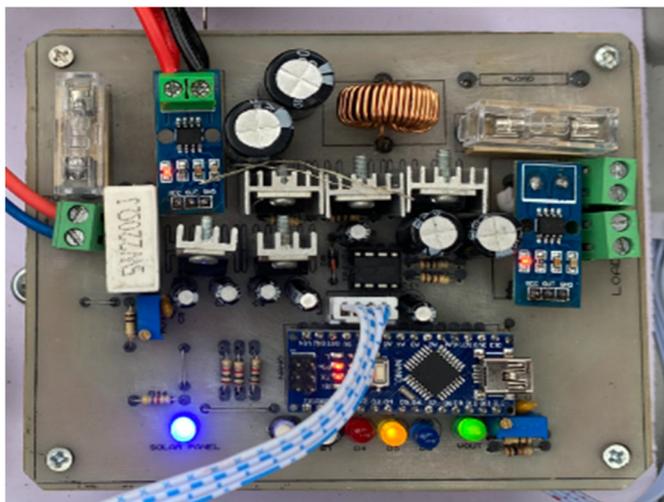
Hình 14. Mạch điều khiển xi lanh và động cơ thực tế



Hình 15. Sơ đồ mạch MPPT trên phần mềm Proteus

Kết quả thi công và lắp ráp mạch điều hướng hệ thống PV thực tế như mô tả trong hình 14.

3.3. Thiết kế bộ MPPT sử dụng thuật toán PSO



Hình 16. Mạch MPPT thực tế

Các linh kiện trong mạch MPPT bao gồm: điện trở, cuộn cảm, tụ điện, diode, thạch anh, Aduino Nano, transistor mosfet, LCD. Hình 15 mô tả sơ đồ mạch MPPT trên phần mềm Proteus. Kết quả thi công và lắp ráp mạch

MPPT thực tế như mô tả trong hình 16. Mạch MPPT này được kết nối với các tấm PV có khả năng sạc cho ắc quy.

Kết quả thực hiện thử nghiệm mạch MPPT sạc cho ắc quy trong thời gian từ 9h đến 12h được thể hiện trong bảng 1. Quá trình kiểm tra cho thấy hệ thống điều khiển MPPT sử dụng thuật toán PSO hoạt động ổn định, công suất chuyển đổi qua bộ giảm áp DC-DC đạt từ 89% đến 94%, đáp ứng yêu cầu đặt ra của nghiên cứu.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, phương pháp tối ưu hóa bầy đàn được sử dụng trong khối điều khiển MPPT để tìm kiếm điểm MPP cho cây quang điện. Các tín hiệu dòng áp của cây quang điện được truyền đến khối điều khiển MPPT, sau khi thực hiện tìm kiếm tối ưu bằng PSO thì xung điều khiển sẽ được gửi đến bộ giảm áp DC-DC thực hiện quá trình sạc cho ắc quy. Quá trình thực hiện được mô phỏng trên Matlab và được thi công thực nghiệm. Kết quả cho thấy, sử dụng PSO cho phép tìm kiếm điểm công suất cực đại toàn cục và tín hiệu công suất đầu ra ở trạng thái ổn định ít bị dao động hơn so với thuật toán P&O. Tuy nhiên, giao động ở thời gian quá độ là khá lớn nên nếu hệ thống lớn sẽ có khả năng dẫn đến sự mất ổn định.

Bảng 1. Kết quả công suất ngõ ra của PV và công suất sạc cho phụ tải là ắc quy

Thời gian (h) Thông số	9 ^h 00	9 ^h 15	9 ^h 30	9 ^h 45	10 ^h 00	10 ^h 15	10 ^h 30	10 ^h 45	11 ^h 00	11 ^h 15	11 ^h 30	11 ^h 45	12 ^h
$U_{pv}(V)$	33,3	32,9	31,6	31	30,3	30,8	31,4	31,2	30,5	31	30,5	31	31,2
$I_{pv}(A)$	2,6	2,9	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4	4
$P_{pv}(W)$	86,6	95,4	104,3	108,5	109,1	114	107,4	118,6	119	120,9	119	124	124,8
$U_t(V)$	13	13,4	13,4	13,4	13,5	13,5	13,6	13,6	13,5	13,6	13,4	13,7	13,7
$I_t(A)$	5,9	6,4	6,9	7,4	7,5	7,6	7,9	8,1	8,2	8,3	8,3	8,4	8,5
$P_t(W)$	76,7	85,8	92,5	99,2	101,3	102,6	107,4	110,2	110,7	112,9	111,2	115,1	116,5

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Subudhi B., Pradhan R. A, "Comparative Study on Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Power Systems," *IEEE Trans Sustain Energy*, 4, 89-98, 2013.

[2]. Ishaque K., Salam Z. A, "Review of maximum power point tracking techniques of PV system for uniform insolation and partial shading condition," *Renew Sustain Energy*, 19, 475-488, 2013.

[3]. Villalva M., Gazoli J., Ruppert E, "Analysis and simulation of the P&O MPPT algorithm using a linearized array model," In *2009 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics*, 231-236, 2009.

[4]. Suwannatrat P., Liutanakul P., Wipasuramont P., "Maximum power Point Tracking by Incremental Conductance Method for Photovoltaic System with Phase Shifted Full Bridge dc-dc Converter," in *Proceedings of the 8th Electrical Engineering Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association of Thailand-Conference*, Khon Kaen, Thailand, 17-19,2011.

[5]. Diaz N., Luna A., Duarte O., "Improved MPPT short-circuit current method by a fuzzy short-circuit current estimator," *IEEE Trans. Sustain. Energy Colomb*, 211-218, 2011.

[6]. D. Sera, L. Mathe, T. Kerekes, S. Spataru, R. Teodorescu, "On the Perturb-and-Observe and Incremental Conductance MPPT Methods for PV Systems," *IEEE Photovoltaics*, 3, 1070-1078, 2013.

[7]. J. K. Shiau, Y. C. Wei, B. C. Chen, "A Study on the FuzzyLogic Based Solar Power MPPT Algorithms Using Different Fuzzy Input Variables," *Algorithms*, 8, 100-127, 2015.

[8]. B. Bendib, F. Krim, H. Belmili, A. Fayçal, B. Sabri, "An intelligent MPPT approach based on neural-network voltage estimator and fuzzy controller, applied to a stand-alone PV system," *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 404-409, 2014.

[9]. Larbes C., Cheikh S., Obeidi T., Zerguerras A., "Genetic algorithms optimized fuzzy logic control for the maximum power point tracking in photovoltaic system," *Renew Energy*, 10, 2093-2100, 2009.

[10]. Cheng Z., Zhou H., Yang H., "Research on MPPT control of PV system based on PSO algorithm," in *Proceedings of the 2010 Chinese Control and Decision Conference*, Xuzhou, China, 887-892, 2010.

[11]. <https://kienthuc.net.vn/khoa-hoc-cong-nghe/loi-the-cua-cay-nang-luong-mat-troi-1381136.html#p-4>.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Ho Si Hung, Nguyen Quang Tan, Nguyen Van Tan, Nguyen Hong Viet Phuong, Nguyen Binh Nam

Faculty of Electrical Engineering, University of Science and Technology - University of Da Nang, Vietnam