

Tối đa hóa công suất thu được từ hệ thống pin năng lượng mặt trời bằng thuật toán P&O của kỹ thuật MPPT

Maximizing the power output from a solar energy system using the P&O algorithm of MPPT technique

Nguyễn Trường Nhu, Nguyễn Ngọc Xuân Huy

Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam

Tác giả liên hệ: Nguyễn Trường Nhu. E-mail: ntnhu@bdu.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo này trình bày thuật toán P&O trong kỹ thuật điều khiển công suất cực đại (Maximum Power Point Trackers) ứng dụng ở các bộ inverter để thu được tối đa công suất điện tạo ra từ hệ thống pin năng lượng mặt trời (photovoltaic). Tấm pin năng lượng mặt trời (PV) có đặc tính dòng điện và điện áp phi tuyến tính phụ thuộc vào nhiệt độ và độ bức xạ chiếu đến các tấm PV và các mảng PV có một điểm duy nhất là có thể tạo ra công suất cực đại tại mỗi thời điểm. Do đặc tính của bức xạ mặt trời chiếu đến hệ thống pin quang điện không ổn định tại các thời điểm nắng trong ngày mà thường thay đổi bởi những yếu tố khác như: hiện tượng mây che một phần, mây che toàn phần hay cường độ bức xạ thay đổi theo giờ, theo ngày và theo mùa. Dẫn đến việc chuyển hóa quang năng thành điện năng của các tấm PV sẽ bị thay đổi. Điện năng của hệ thống PV tạo ra không ổn định dẫn đến hiệu suất chuyển đổi không cao. Việc ứng dụng các thuật toán trong kỹ thuật điều khiển MPPT để tìm ra điểm có thể tạo ra công suất cực đại tại mọi thời điểm nhằm mục đích tối đa hóa công suất thu được từ hệ thống. Bài báo sẽ trình bày các kết quả mô phỏng để chứng minh tính đúng đắn của phương pháp đề xuất.

Từ khóa: Bộ chuyển đổi DC; Điểm công suất cực đại MPP; Hệ thống pin quang điện; Kỹ thuật MPPT; Thuật toán P&O

Abstract: In this paper, the P&O algorithm in the technique of controlling maximum power point trackers applied in inverters to obtain the maximum power generated from the solar system is presented. Solar panels have non-linear voltage and current characteristics that depend on temperature and irradiance reaching PV panels and PV arrays have a unique point of being able to generate power maximum at each time point. The characteristics of solar radiation reaching the photovoltaic system are not stable at sunny times of the day, it is often changed by other factors such as partial cloud cover, total cloud cover or intensity, radiation varies by hour, by day and by season. As a result, the conversion of photovoltaic energy into electricity of PV panels will be changed. The power generated by the PV system is unstable, leading to low conversion efficiency. The application of algorithms in MPPT control technique to find the point that can generate the maximum power at any time in order to maximize the power received from the solar system. This paper will present simulation results to prove the correctness of the proposed method.

Keywords: Boost converter; maximum Power Point trackers; maximum Power Point; perturb and observe; photovoltaic system

1. Giới thiệu

Điều khiển công suất cực đại (MPPT) là một kỹ thuật được sử dụng phổ biến để tối đa hóa việc khai thác điện năng trong mọi điều kiện đối với các hệ thống thu năng

lượng thay đổi như điện mặt trời, tuabin gió. Về nguyên tắc, MPPT áp dụng chung cho các nguồn có công suất thay đổi, tuy nhiên nó ra đời chủ yếu là từ khai thác năng lượng mặt trời. Các hệ thống này tồn

tại ở nhiều cấu hình khác nhau liên quan đến mối quan hệ của chúng với hệ thống biến tần, lưới điện, pin sạc lưu trữ điện năng hoặc các tải điện khác. Trong hệ thống đó vấn đề trọng tâm mà MPPT giải quyết là hiệu suất chuyển hoá từ pin mặt trời phụ thuộc vào cả lượng ánh sáng mặt trời chiếu đến các tấm pin mặt trời, nhiệt độ của môi trường, hệ thống điều khiển và các đặc tính điện của tải. Khi lượng ánh sáng mặt trời và nhiệt độ thay đổi, đặc tính tải mang lại hiệu suất truyền tải điện năng cao nhất sẽ thay đổi, do đó hiệu quả của hệ thống được tối ưu hóa khi đặc tính tải thay đổi để giữ cho việc truyền tải điện năng ở hiệu suất cao nhất. Đặc tính tải này được gọi là điểm công suất cực đại và MPPT là quá trình tìm ra điểm này và giữ đặc tính tải ở đó. Mục đích của kỹ thuật MPPT là lấy mẫu đầu ra của các tế bào PV và áp dụng tải kháng thích hợp để có được công suất cực đại trong mọi điều kiện môi trường nhất định.

Hiệu suất của nguồn PV bị ảnh hưởng bởi các điều kiện môi trường, nhiệt độ môi trường xung quanh và tải, được kết nối qua các đầu cuối PV. Hiệu suất của một tấm pin mặt trời rất thấp. Để cải thiện hiệu quả của tấm pin mặt trời, bất chấp sự thay đổi của bức xạ mặt trời, các thuật toán theo dõi điểm công suất tối đa (MPPT) được sử dụng. MPPT có đặc tính phi tuyến của mô-đun PV năng lượng mặt trời. Nó có một điểm công suất cực đại phụ thuộc vào cường độ chiếu xạ và nhiệt độ tấm pin. Nhiệm vụ chính của MPPT là khai thác công suất đầu ra tối đa từ mô-đun PV trong các điều kiện bức xạ và nhiệt độ khác nhau. Cho đến nay, các thuật toán MPPT khác nhau đã được phát triển để tăng hiệu quả của hệ thống PV và đáp ứng tối ưu MPPT. Các thuật toán này

khác nhau ở các khía cạnh như: tốc độ theo dõi, chi phí và phần cứng cần thiết để triển khai và ứng dụng. Nói chung, hầu hết các phương pháp MPPT đã biết như: phương pháp xáo trộn và quan sát (P&O), điện áp hở mạch (FOCV), dòng ngắn mạch (FSCC), gia tăng điện dẫn (INC), mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), logic mờ (FL) và tối ưu bầy đàn (PSO), ...

Trong số tất cả các thuật toán được đề cập ở trên, bài báo này sẽ sử dụng thuật toán xáo trộn và quan sát (P&O) để mô phỏng và đánh giá năng lượng thu được của hệ thống vì chúng dễ thực hiện, chi phí thấp và ít thời gian theo dõi MPP.

2. Hệ thống photovoltaic (PV), đặc tính PV và thuật toán P&O

2.1. Mô hình điện cho pin mặt trời

Nguyên lý cơ bản điều khiển pin mặt trời, ngoài cấu trúc bên trong của nó được hình thành bởi sự kết hợp của bán dẫn loại n và bán dẫn loại p. Sự chuyển động của các vật mang điện tích chỉ có thể theo một hướng, từ vùng p sang vùng n. Do đó trong trường hợp không có bức xạ chiếu đến, pin mặt trời hoạt động giống như một diode bán dẫn [1]. Tuy nhiên, khi nó nhận được ánh sáng mặt trời một dòng điện quang cũng được tạo ra. Do đó, mô hình điện của pin mặt trời về cơ bản dựa trên một nguồn phát và một diode.

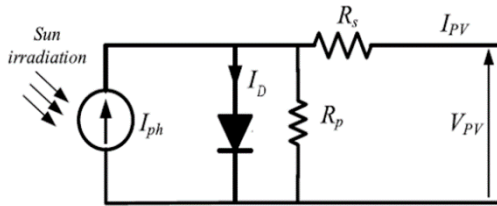
Cell pin năng lượng mặt trời cơ bản là một điốt được mắc với một điện trở nối tiếp và một điện trở song song. Đáp ứng của dòng điện – điện áp mô-đun PV bằng công thức (1):

$$I_{PV} = I_{ph} - I_s \left[\exp\left(\frac{V_{PV} + I_{PV} \cdot R_s}{nV_T}\right) - 1 \right] - \frac{V_{PV} + I_{PV} \cdot R_s}{R_p} \quad (1)$$

Trong đó:

I_{PV} : dòng điện đầu ra của PV, I_{ph} : dòng điện tạo ra bởi quang năng, I_s : dòng điện

bảo hòa của diode, I_D : dòng điện diode, V_{PV} : điện áp đầu ra của PV, R_s : điện trở ký sinh mắc nối tiếp, V_T : điện áp nhiệt của diode, n : hệ số lý tưởng của diode, R_p : điện trở ký sinh mắc song song.



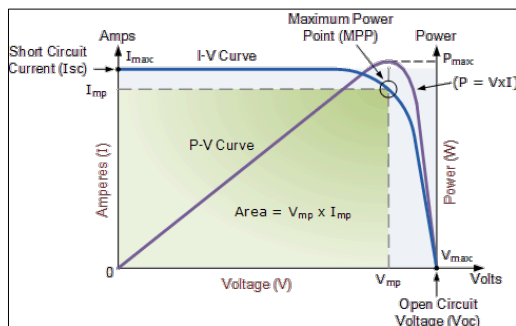
Hình 1. Mạch tương đương của tấm pin năng lượng mặt trời.

Pin năng lượng mặt trời hoạt động phụ thuộc vào hai yếu tố tự nhiên sau:

- Đối với bức xạ mặt trời: thành phần liên quan đến bức xạ đó chính là dòng điện của PV tạo ra và chúng tỷ lệ thuận với nhau.
- Đối với nhiệt độ môi trường: thành phần liên quan còn lại chính là điện áp của PV và chúng tỷ lệ thuận với nhau. Nhiệt độ không ảnh hưởng đến dòng điện tạo ra của PV.

2.2. Đặc tính của pin năng lượng mặt trời

Sự phụ thuộc của hệ thống điện năng lượng mặt trời vào nhiệt độ và bức xạ được biểu diễn bằng đường cong của đặc tính dòng điện – điện áp (IV):



Hình 2. Đặc tính dòng điện – điện áp của pin năng lượng mặt trời [2]

Hình trên cho thấy các đặc tính dòng điện – điện áp (IV) của một tế bào PV điển hình hoạt động trong điều kiện bình thường với một mức bức xạ nhất định. Khi mảng PV hở mạch tức là không được kết nối với bất kỳ tải nào, dòng điện sẽ ở mức tối thiểu (bằng không) và điện áp trên mảng PV ở mức tối đa, được gọi là điện áp hở mạch (V_{OC}). Ngược lại, khi mảng PV bị ngắn mạch tức là hai cực dương và cực âm được kết nối với nhau, điện áp trên PV ở mức cực tiểu (bằng không) nhưng dòng điện sinh ra đạt cực đại, được gọi là dòng ngắn mạch (I_{SC}).

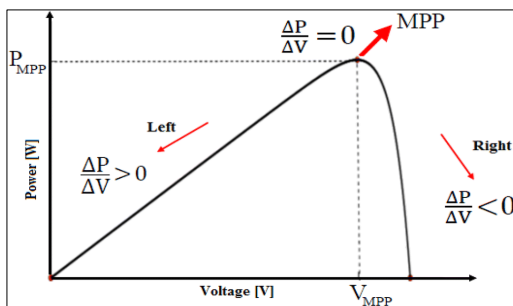
Đường cong đặc tính IV của PV được xác định từ điểm có dòng điện ngắn mạch (I_{SC}) nơi điện áp đầu ra bằng không đến điểm có dòng điện bằng không nơi điện áp hở mạch hoàn toàn (V_{OC}). Nói cách khác, điện áp có giá trị tối đa khi ở trạng thái hở mạch và dòng điện có giá trị cực đại khi ở trạng thái mạch kín. Tuy nhiên tại hai điều kiện này đều không tạo ra bất kỳ công suất điện nào, công suất được tạo ra bởi hệ thống PV sẽ nằm trên đường cong và sẽ có một điểm nào đó ở giữa tạo ra công suất cực đại. Tuy nhiên, có một sự kết hợp cụ thể giữa dòng điện và điện áp để công suất đạt giá trị lớn nhất là tại I_{mp} và V_{mp} . Đây là "điểm công suất cực đại" hay MPP của hệ thống. Điểm công suất cực đại (MPP) của pin mặt trời nằm trên đường cong đặc tính IV. Các giá trị tương ứng của V_{mp} và I_{mp} có thể được ước tính từ điện áp hở mạch và dòng điện ngắn mạch: $V_{mp} \cong (0,8 - 0,90)V_{oc}$ và $I_{mp} \cong (0,85 - 0,95)I_{sc}$. Vì điện áp đầu ra của pin mặt trời phụ thuộc vào nhiệt độ và dòng điện đầu ra của pin mặt trời phụ thuộc vào bức xạ mặt trời nên công suất đầu ra thực tế sẽ thay đổi theo sự thay đổi của nhiệt

độ môi trường và cường độ bức xạ chiếu đến PV.

2.3. Thuật toán P&O trong kỹ thuật MPPT

Thuật toán P&O thường được áp dụng phổ biến nhất trong điều khiển công suất cực đại MPPT cho hệ thống pin quang điện. Nó có cấu trúc đơn giản, chi phí thấp, dễ thực hiện, giảm số lượng tham số, khả năng đưa ra các cải tiến và có thể dẫn đến hiệu quả cao nhất [3, 4, 5]. Thuật toán này phụ thuộc vào việc nghiên cứu mối quan hệ giữa công suất đầu ra của mô-đun PV và điện áp của nó.

Hoạt động của tấm pin năng lượng mặt trời cho biết điểm công suất cực đại MPP và nguyên tắc hoạt động được thể hiện trong Hình 3 cho thấy sự thay đổi kết quả của công suất PV được quan sát như sau: khi điểm hoạt động của mô-đun PV nằm ở phía bên trái của đường cong ($\Delta P / \Delta V$ là dương) có nghĩa là công suất đầu ra của mô-đun PV tăng lên, sự nhiễu loạn của điện áp mô-đun PV phải được tăng về phía MPP. Nếu điểm hoạt động của mô-đun nằm ở phía bên phải của đường cong ($\Delta P / \Delta V$ là âm) thì nhiễu của điện áp mô-đun PV phải được giảm về phía MPP.

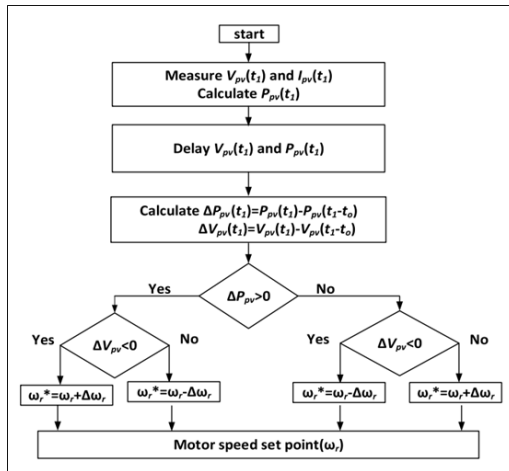


Hình 3. Đáp ứng của tấm PV và nguyên lý hoạt động thuật toán P&O [2]

Đầu tiên, bộ điều khiển đo điện áp và dòng điện thực tế từ mảng PV. Kết quả của điện áp và dòng điện cho ra công suất

thực tế của mô-đun PV. Sau đó, kiểm tra xem $\Delta P = 0$ hay $\Delta P \neq 0$. Nếu $\Delta P = 0$ thì điểm hoạt động là ở MPP. Nếu $\Delta P > 0$, thì kiểm tra xem $\Delta V > 0$ hay không. Nếu thỏa mãn, thì nó chỉ ra rằng điểm hoạt động nằm ở phía bên trái của MPP ($\Delta P / \Delta V > 0$). Nếu $\Delta V < 0$ thì nó chỉ ra rằng điểm hoạt động nằm ở phía bên phải của MPP ($\Delta P / \Delta V < 0$). Nếu $\Delta P < 0$, thì kiểm tra xem $\Delta V > 0$ hay không. Nếu thỏa mãn, thì nó chỉ ra rằng điểm hoạt động nằm ở phía bên phải của MPP ($\Delta P / \Delta V < 0$). Nếu $\Delta V < 0$ thì nó chỉ ra rằng điểm hoạt động nằm ở phía bên trái của MPP ($\Delta P / \Delta V > 0$). Quá trình này liên tục được lặp lại cho đến khi đạt đến điểm cực đại MPP.

Thông thường đầu ra của tất cả các thuật toán điều khiển trong MPPT đều cho ra hai tham số chính là dòng điện và điện áp, tích của hai tham số này là công suất của hệ thống. Trong bài báo này, nguồn điện tạo ra từ hệ thống pin năng lượng mặt trời sẽ được cấp nguồn cho một động cơ điện và điều khiển tối ưu momen cho động cơ (MTPA). Ở chế độ điều khiển này, tham số tham chiếu để điều khiển chính là tốc độ ω_{ref} . Do đó, đầu ra của thuật toán P&O sẽ đưa ra tham số này để phục vụ cho việc điều khiển tối ưu momen cho động cơ điện. Hình 4 bên dưới sẽ thể hiện cho việc điều khiển MPPT để tối ưu hóa công suất thu được của hệ thống pin năng lượng mặt trời mà tham số đầu ra chính là tốc độ tham chiếu ω_{ref} .

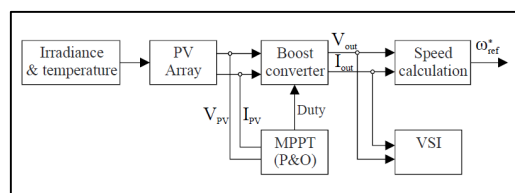


Hình 4. Lưu đồ thuật toán xáo trộn và quan sát (P&O) – MPPT [6]

Trong lưu đồ hình 4, đầu tiên sẽ đo điện áp và dòng điện trên các mảng PV ở thời điểm t_0 và t_1 cách nhau một khoảng thời gian nhất định. Tiếp đến sẽ tính toán ΔP_{PV} , ΔV_{PV} tại 2 thời điểm t_0 và t_1 và tiến hành so sánh ΔP_{PV} với 0. Trường hợp $\Delta P_{PV} > 0$ và $\Delta V_{PV} < 0$ tức là điểm công suất cực đại của hệ thống đang ở chiều dương do đó cần cộng tốc độ thêm 1 khoảng bằng $\Delta\omega_r$, ngược lại tức $\Delta V_{PV} > 0$ thì trừ tốc độ đi 1 khoảng $\Delta\omega_r$. Trường hợp $\Delta P_{PV} < 0$ và $\Delta V_{PV} < 0$ tức là điểm công suất cực đại của hệ thống đang ở chiều âm do đó cần trừ tốc độ đi 1 khoảng $\Delta\omega_r$, ngược lại $\Delta V_{PV} > 0$ thì cộng tốc độ thêm 1 khoảng $\Delta\omega_r$. Quá trình này được lặp đi lặp lại cho các khoảng thời gian khác đến khi $\Delta P_{PV}/\Delta V_{PV} = 0$ thì điểm này được xác định là điểm có tốc độ lớn nhất hay điểm công suất cực đại – MPP.

3. Kết quả mô phỏng

Mô hình mô phỏng cho MPPT được thực hiện theo lưu đồ hình 5.



Hình 5. Lưu đồ mô phỏng kỹ thuật MPPT

Trong đó:

- Khối bức xạ và nhiệt độ: Mô phỏng cường độ bức xạ mặt trời và nhiệt độ môi trường.
- Mảng PV: Số lượng tấm pin năng lượng mặt trời kết nối với nhau thành mảng.
- Bộ chuyển đổi tăng áp: Chuyển đổi điện áp DC không ổn định sang điện áp DC điều khiển được.
- Khối tính toán tốc độ: Tính và quy đổi công suất sang tốc độ quay tham khảo.
- Tối đa công suất – MPPT: Tối đa công suất thu được từ hệ thống PV dùng thuật toán P&O.
- VSI: Biến tần điều khiển cho động cơ điện.

Mô phỏng cho kỹ thuật MPPT sẽ gồm ba thành phần chính: hệ thống mảng PV, bộ chuyển đổi DC-DC boost converter và quy đổi công suất thu được của PV sang tốc độ tham chiếu. Kết quả mô phỏng thu được các kết quả như sau:

3.1. Mảng PV

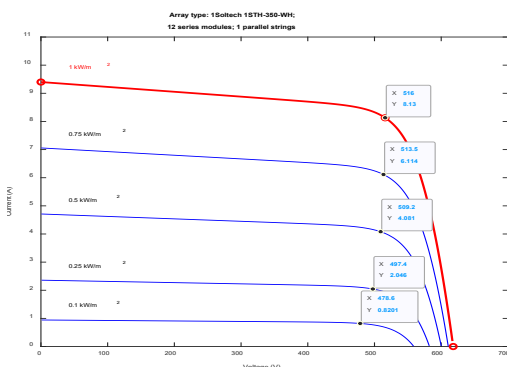
Số lượng tấm pin năng lượng mặt trời đề xuất là 12 tấm được mắc nối tiếp thành một chuỗi (string) trong điều kiện nhiệt độ môi trường là 25°C và cường độ bức xạ mặt trời tại các giá trị [1000 750 500 250 100] W/m². Tấm pin được dùng để mô phỏng có thông số kỹ thuật được cho ở bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật tấm PV

Loại tấm pin năng lượng mặt trời:	Soltech 1STH-350-WH
Công suất cực đại (W)	349,59

Điện áp hở mạch V_{OC} (V)	51,5
Điện áp tại điểm công suất cực đại V_{mp} (V)	43
Hệ số nhiệt độ của V_{OC} (%/deg.C)	-0,36
Số cells trên tấm pin	80
Dòng ngắn mạch I_{SC} (A)	9,4
Dòng tại điểm công suất cực đại I_{mp} (A)	8,13
Hệ số nhiệt độ của I_{SC} (%/deg.C)	0,09

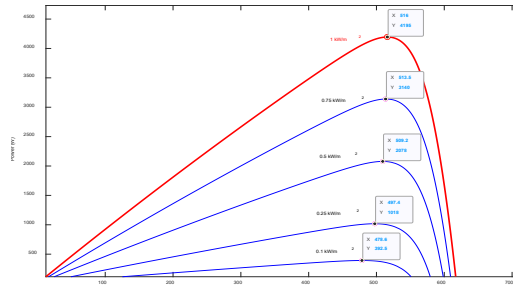
Ứng với mỗi mức bức xạ mặt trời chiếu đến mảng PV và số lượng tấm pin sử dụng cho hệ thống sẽ xác định được điểm có công suất cực đại cụ thể. Để có thể hình dung rõ hơn về điểm có công suất cực đại này, hình 6 và hình 7 sẽ thể hiện rõ đặc tính hoạt động của tấm pin năng lượng mặt trời.



Hình 6. Biểu đồ dòng điện – điện áp của mảng PV ở nhiệt độ 25°C và các mức bức xạ [1000 750 500 250 100] W/m².

Hình 6 thể hiện dòng điện của mảng PV tạo ra ở nhiệt độ 25°C và các mức bức xạ tương ứng là 1000 W/m², 750 W/m², 500 W/m², 250 W/m² và 100 W/m². Với nhiệt độ là 25°C và bức xạ mặt trời là 1000 W/m² thì điểm công suất cực đại của mảng PV gồm 12 tấm mắc nối tiếp có giá

trị điện áp là 516 (V) và dòng điện là 8,13 (A). Ứng với các bức xạ khác nhau sẽ có điểm công suất cực đại tương ứng.



Hình 7. Công suất đầu ra của mảng PV ở nhiệt độ 25°C và các mức bức xạ.

Hình 7 thể hiện công suất của mảng PV tạo ra ở nhiệt độ 25°C và các mức bức xạ tương ứng. Hình trên cho thấy ứng với mỗi đường cong sẽ có 1 điểm công suất cực đại duy nhất, điểm công suất cực đại của đường cong có bức xạ 1000 W/m², nhiệt độ 25°C như đề cập ở hình 7 có công suất là 4195 (W) ở điện áp 516 (V) và dòng điện 8,13 (A).

3.2. Bộ chuyển đổi DC/DC boost converter

Bộ biến đổi DC/DC được sử dụng rộng rãi trong nguồn điện một chiều với mục đích chuyển đổi nguồn một chiều không ổn định thành nguồn điện một chiều có thể điều khiển được. Trong hệ thống pin mặt trời, bộ biến đổi DC/DC được kết hợp chặt chẽ với MPPT. MPPT sử dụng bộ biến đổi DC/DC để điều chỉnh nguồn điện áp vào lấy từ nguồn pin mặt trời, chuyển đổi và cung cấp điện áp lớn nhất phù hợp với tải. Vì vậy cần điều khiển cả điện áp và dòng điện ngõ ra của pin mặt trời để đạt công suất cực đại bất kể điều kiện nhiệt độ và bức xạ mặt trời.

Trong nghiên cứu này, tác giả dùng bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC để chuyển đổi nguồn cho động cơ điện hoạt động. Động cơ điện đề xuất sử dụng có điện áp danh

định là 380 (V). Do đó, điện áp một chiều yêu cầu được tính theo công thức có quan hệ sau:

$$mV_{dc} = \sqrt{2}V_{L-L} \quad (2)$$

Giả sử chỉ số điều chế $m = 0,9$ thay vào công thức (2) ta được:

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}V_{L-L}}{m} = \frac{\sqrt{2} \times 380}{0,9} = 597,11 \cong 600 (V)$$

Điện áp DC liên kết được chọn là 600 (V).

Điện áp đầu vào của bộ chuyển đổi tăng áp là điện áp tại điểm công suất cực đại của mảng PV, $V_{mpp} = 516$ (V), đầu ra của bộ chuyển đổi tăng áp là đầu vào cho biến tần bằng 600 V. Do đó, chu kỳ làm việc (D) cho bộ chuyển đổi tăng áp được xác định như sau:

$$D = \frac{V_{dc} - V_{mpp}}{V_{dc}} = \frac{600 - 516}{600} = 0,14$$

Với:

- V_{dc} là điện áp trung bình liên kết DC,
- V_{mpp} là điện áp của mảng PV tại điểm công suất cực đại,
- V_{L-L} là điện áp danh định của động cơ SynRM,
- D là tỷ lệ làm việc của bộ chuyển đổi tăng cường.

Giá trị điện cảm của bộ chuyển đổi được xác định bởi biểu thức [7]

$$L = \frac{V_{mpp} \times D}{\Delta I \times f_{sw}} = \frac{514 \times 0,14}{0,2 \times 7,58 \times 10000} = 4,76 (mH)$$

Vì vậy, giá trị điện cảm lựa chọn là 6 (mH). Giá trị điện dung của tụ liên kết DC được tính như sau [7]:

$$\frac{1}{2} C_{dc} [V_{dc}^2 - V_{dc1}^2] = 3 \cdot \alpha \cdot V \cdot I \cdot t$$

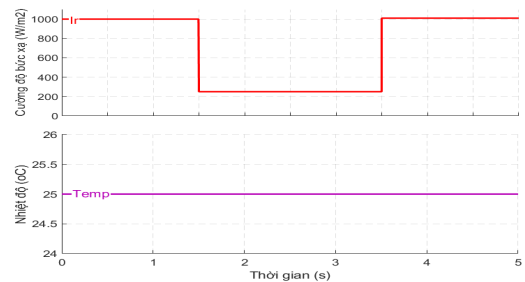
$$\frac{1}{2} C_{dc} [600^2 - 570^2] = 3 \times 1,2 \times 219 \times 9,8 \times 0,005$$

$$C_{dc} = 2201,23 (\mu F) \cong 2350 (\mu F)$$

Trong đó:

- V_{dc1} là giới hạn dưới có thể chấp nhận được của điện áp liên kết DC trong điều kiện quá độ,
- ΔI là độ gợn sóng trong dòng điện dẫn,
- f_{sw} là tần số đóng ngắt của mạch (IGBT),
- α là hệ số quá tải
- t là chu kỳ động lực

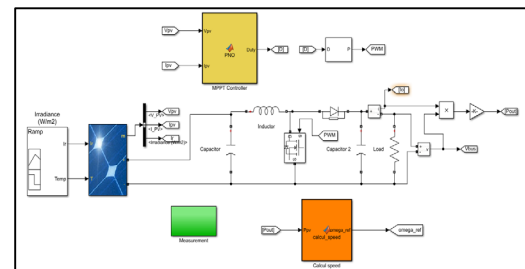
Trong nghiên cứu này, các kết quả mô phỏng thu được đều được mô phỏng ở điều kiện nhiệt độ môi trường không đổi là 25°C và cường độ bức xạ mặt trời là 1000 W/m² có biến thiên trong khoảng thời gian từ 1,5 giây đến 3,5 giây (hình 8)



Hình 8. Mô phỏng ở nhiệt độ 25°C và mức bức xạ thay đổi ở 1000 W/m²

Cụ thể tại thời điểm $t = 1,5$ (s) đến $t = 3,5$ (s) bức xạ sẽ thay đổi từ giá trị 1000 W/m² xuống giá trị 250 W/m².

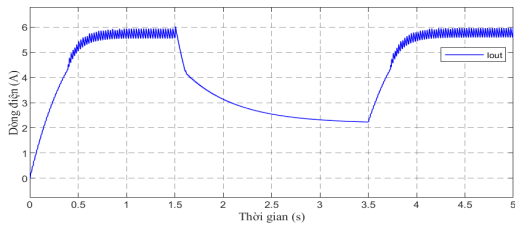
Mô hình mô phỏng tối đa hóa công suất thu được của hệ thống điện năng lượng mặt trời dùng phương pháp P&O của kỹ thuật MPPT được thể hiện như hình sau:



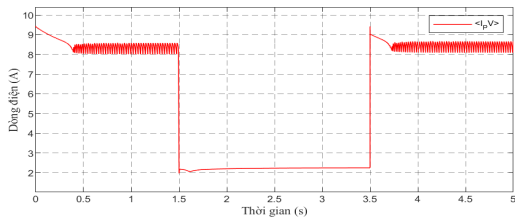
Hình 9. Mô hình tối đa hóa công suất thu được của mảng PV dùng phương pháp

P&O của kỹ thuật MPPT dùng Matlab/Simulink

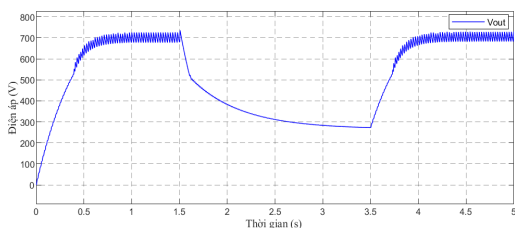
Với số lượng tấm pin PV tính toán đề xuất cùng với thông số cuộn dây, điện dung tính toán cho bộ chuyển đổi DC-DC tăng áp và điều kiện giả định của bức xạ, nhiệt độ môi trường trình bày ở trên. Cường độ dòng điện, điện áp của mảng PV và đầu ra của kỹ thuật MPPT dùng thuật toán P&O thu được các kết quả mô phỏng như sau:



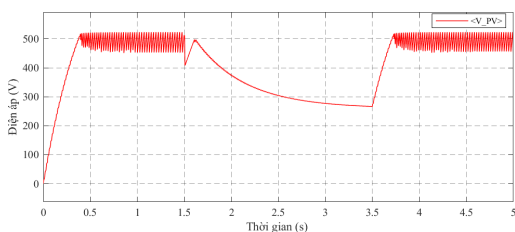
Hình 10. Dòng điện đầu ra theo kỹ thuật P&O - MPPT ở điều kiện giả định



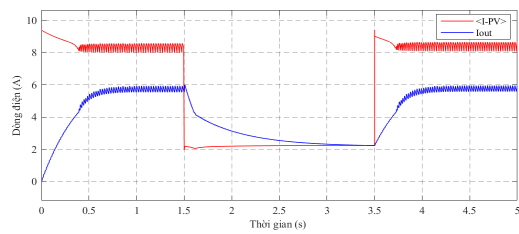
Hình 11. Dòng điện của mảng PV ở điều kiện giả định



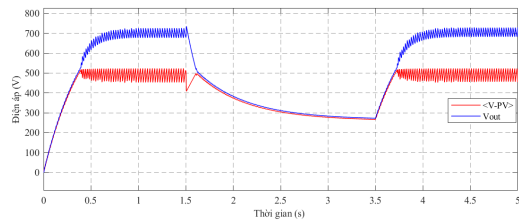
Hình 12. Điện áp đầu ra theo P&O - MPPT ở điều kiện giả định



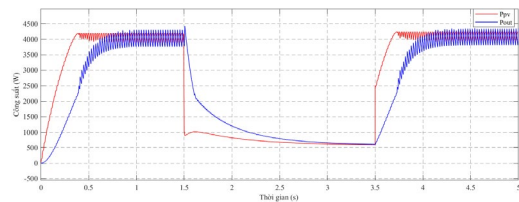
Hình 13. Điện áp của mảng PV ở điều kiện giả định



Hình 14. Dòng điện mảng PV so với đầu ra ở điều kiện giả định

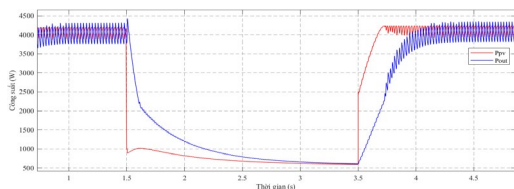


Hình 15. Điện áp của mảng PV so với điện áp đầu ra



Hình 16. Công suất đầu ra so với công suất của mảng PV

Hình 16 cho thấy công suất thu được dùng phương pháp P&O của kỹ thuật MPPT so với công suất của mảng PV tạo ra trong khoảng thời gian từ sau 4 giây trở đi – khoảng thời gian không có sự thay đổi của cường độ bức xạ mặt trời ($const = 1000 \text{ W/m}^2$) thì không có sự chênh lệch lớn. Điều này chỉ xảy ra ở điều kiện thời tiết lý tưởng là nhiệt độ không đổi và mức bức xạ mặt trời chiếu đến mảng PV không đổi. Thực tế, điện năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng không ổn định do hoạt động phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, do đó mảng PV sẽ không luôn luôn đạt được công suất cực đại tại mọi thời điểm. Phương pháp P&O của kỹ thuật MPPT được sử dụng để cải thiện nhược điểm này, hình 17 sẽ thể hiện rõ điều này.



Hình 17. Công suất đầu ra so với công suất của mảng PV ở $t = 1,5(s)$ đến $t = 3,5(s)$

Xét thời điểm $t = 1,5 (s)$ đến $t = 3,5 (s)$, tại thời điểm này bức xạ mặt trời có sự biến thiên thì công suất đầu ra của MPPT sẽ cho kết quả tốt hơn công suất tạo ra từ mảng PV. Điều này thể hiện rằng khi yếu tố nhiệt độ môi trường hay cường độ bức xạ mặt trời chiếu đến mảng PV thay đổi, ta dùng kỹ thuật MPPT sẽ đạt được công suất tối ưu hơn so với công suất thu trực tiếp từ mảng PV.

4. Nhận xét

Từ kết quả mô phỏng, ta thấy khi có sự thay đổi của cường độ bức xạ mặt trời chiếu đến mảng PV, cụ thể là bức xạ giảm từ $1000 (W/m^2)$ xuống còn $250 (W/m^2)$ thì dòng điện và điện áp của mảng PV giảm xuống 1 cách nhanh chóng hay nói cách khác là công suất của mảng PV giảm đột ngột, điều này làm động cơ làm việc kém hiệu quả và khó điều khiển. Đối với dòng điện và điện áp hay công suất tại đầu ra của kỹ thuật MPPT sẽ giảm từ từ, điều này giúp chúng ta kiểm soát và điều khiển động cơ làm việc hiệu quả hơn. Tuy nhiên khi bức xạ tăng từ $250 (W/m^2)$ lên $1000 (W/m^2)$ thì công suất của kỹ thuật MPPT lại tăng chậm hơn so với công suất trực tiếp của mảng PV. Đây là một điểm hạn chế của phương pháp P&O so với các phương pháp khác.

5. Kết luận

Kết quả trình bày trong bài báo đã thể hiện được khả năng tối đa hóa công suất thu được từ hệ thống pin năng lượng mặt trời

bằng thuật toán P&O so với phương pháp thu năng lượng trực tiếp – cổ điển. Tuy thời gian đáp ứng còn chậm ở giai đoạn nhiệt độ và cường độ bức xạ tăng nhưng trên thực tế sự thay đổi của nhiệt độ và cường độ bức xạ mặt trời chiếu đến các mảng PV cũng diễn ra tương đối chậm. Như vậy xét về mặt kinh tế thì việc ứng dụng thuật toán P&O trong điều khiển MPPT đã mang lại lợi ích so với phương pháp thu năng lượng trực tiếp.

Đồng thời để tăng khả năng đáp ứng với sự thay đổi nhanh của thời tiết tác giả đề xuất sử dụng kết hợp thuật toán P&O với phương pháp thích hợp khác để đạt được kết quả tối đa hóa năng lượng thu được từ hệ thống pin năng lượng mặt trời và tốc độ đáp ứng nhanh như đã đề cập nêu trên.

Tài liệu tham khảo

- [1] H. Habberlin. *Photovoltaics system design and practice*. Berne University of Applied Sciences, 2012.
- [2] S. A. Afghan, H. Almusawi, H. Geza. "Simulating the electrical characteristics of a photovoltaic cell based on a single-diode equivalent circuit model" *Annual Session of Scientific Papers IMT ORADEA 2017*.
- [3] M. Elgendy, B. Zahawi and D. Atkinson. "Assessment of perturb and observe MPPT algorithm implementation techniques for PV pumping applications," *IEEE Trans Sustainable Energy*, vol. 3, pp. 21-33, Jan. 2012.
- [4] M. A. Sahnoun, H. M. R. Ugalde, J. C. Carmona and J. Gomand. "Maximum power point tracking using P&O control optimized by a neural network approach: a good compromise between accuracy and

- complexity,” *Energy Procedia*, vol. 42, pp. 650-659, 2013.
- [5] G. Patel, D. B. Patel and K. M. Paghdal. “Analysis of P&O MPPT algorithm for PV system,” *Int J Electr Electron Eng (IJEEE)*, vol. 5, pp. 1-10, 2016.
- [6] M. N. Ibrahim, H. Rezk, M. A. Dahifallah and P. Sergeant. “Hybrid Photovoltaic-Thermoelectric Generator Powered Synchronous Reluctance Motor for Pumping Applications,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 146979–146988, Oct. 2019.
- [7] A. Varshney, U. Sharma and B. Singh. “Self-regulated DC-link control of synchronous reluctance motor-driven solar water pumping system,” *Indian Institute of Technology Delhi*, Jul. 2019.

Ngày nhận bài: 06/11/2023

Ngày hoàn thành sửa bài: 10/12/2023

Ngày chấp nhận đăng: 13/12/2023