



# GIẢI PHÁP BỘ SẠC THÔNG MINH TỰ ĐỘNG THÍCH NGHI TẢI ỨNG DỤNG TRONG HỆ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

## Solution of smart battery charger for auto select appropriate loads in solar system

<sup>1</sup>Nguyễn Văn Vinh, Nguyễn Anh Tâm, Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Thanh Sơn\*

\*nguyenthanson@lhu.edu.vn, <sup>1</sup>vinh0301@gmail.com

Trường Đại học Lạc Hồng, Đồng Nai, Việt Nam

Đến tòa soạn: 27/05/2017; Chấp nhận đăng: 10/07/2017

**Tóm tắt.** Những nghiên cứu gần đây cho thấy bộ điều khiển sạc MPPT (Maximum Power Point Tracking) đã cải thiện đáng kể năng lượng thu được từ tấm pin mặt trời (PV). Tuy nhiên khi sử dụng thực tế, MPPT đã bộc lộ hai vấn đề còn hạn chế. Thứ nhất, vào các thời điểm thời tiết xấu, đầu buổi sáng hay cuối giờ chiều mặc dù vẫn có khoảng hơn 10% năng lượng được tạo ra từ PV nhưng bộ điều khiển sạc MPPT gần như không hoạt động được. Thứ hai, trong hệ thống nối song song nhiều Ắc quy, bộ điều khiển sạc MPPT chia dòng nạp cho mỗi Ắc quy không đều nhau ảnh hưởng đến độ bền ắc quy. Để giải quyết hai vấn đề trên, chúng tôi đề xuất giải pháp bộ sạc có khả năng tự động chọn tải thích hợp. Tiếp cận nghiên cứu của chúng tôi là dựa vào thuật toán P&O để tìm điểm công suất cực đại MPP, từ dữ liệu này bộ điều khiển sẽ đóng ngắt tiếp điểm để chọn ra tải và số lượng ắc quy phù hợp. Kết quả thực nghiệm chứng minh rằng, tại những thời điểm có năng lượng thấp, mô hình đề xuất thu nhận năng lượng tốt hơn MPPT. Hơn nữa khả năng phân chia dòng nạp cho tải của mô hình đề xuất cũng thể hiện được rất nhiều ưu điểm.

**Từ khoá:** Pin năng lượng mặt trời; MPPT; Năng lượng tái tạo; Bộ điều khiển sạc; Điểm công suất cực đại

**Abstract.** Recent researches have shown that Maximum Power Point Tracking (MPPT) helps to increase the amount of energy generated by solar photovoltaic (PV) system. However, the practical use of MPPT has 2 drawbacks. The first drawback is that MPPT is unable to operate under unfavourable weather conditions such as early morning or late evening. The other limitation is that MPPT will result in an uneven charge and shorten the life of batteries if it work with parallel battery systems. To solve these problems, We propose solution Charge controller have ability automatic choose loads This research applies A novel variable step size perturbation and observation method (P&O) to track the maximum power point (MPP), from this data Charge Controller will choose suitable load and batteries. Experimental results show that the proposed model harvests more power than MPPT when the power is low. The proposed model also has a number of advantages in ability distribution charge circuit for load.

**Keywords:** Solar cells; MPPT; Renewable energy; Charge controller; Maximum power point

### 1. GIỚI THIỆU

Năng lượng là nhu cầu thiết yếu của cuộc sống. Hiện nay, các nguồn năng lượng truyền thống từ than, dầu hỏa... ngày càng cạn kiệt và khan hiếm. Xu hướng tìm kiếm nguồn năng lượng thay thế hiện nay là nguồn năng lượng tái tạo. Một trong những nguồn năng lượng tái tạo tiềm năng nhất đó là năng lượng mặt trời vì được đánh giá là nguồn năng lượng vô tận, sẵn có trong tự nhiên, xanh, sạch và thân thiện với môi trường. Chính vì vậy mà hệ thống sử dụng PV đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như vệ tinh, hệ thống thông tin liên lạc, máy bơm nước, các ứng dụng xe điện, và các nhà máy điện năng lượng mặt trời. [1]. Hiện tại, rào cản lớn nhất để triển khai sử dụng nguồn năng lượng hiệu quả này đó là do hệ thống pin PV còn có giá thành tương đối cao. Do đó vấn đề rất quan trọng trong khi làm việc với năng lượng mặt trời đó là phải tận dụng tối đa nguồn năng lượng phát ra từ tấm pin PV. Hiện nay trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu để khai thác sử dụng pin mặt trời cụ thể như nghiên cứu điều hướng pin theo hướng mặt trời [2], đặc biệt trong thời gian gần đây rất nhiều nghiên cứu quan tâm đến bộ điều khiển sạc MPPT bám theo điểm công suất cực đại (Maximum Power Point Tracker) như phương pháp nghiên cứu thuật toán P&O [3], phương pháp gia tăng độ dẫn điện (INC) [4], phương pháp Fuzzy Logic (điều khiển mờ) [5]. Tuy nhiên khi đưa vào sử dụng thực tế, bộ điều khiển sạc MPPT vẫn còn một số hạn chế như vào các thời điểm thời tiết xấu, đầu buổi sáng hay cuối giờ chiều..., mặc dù vẫn có một lượng nhỏ năng

lượng được tạo ra từ PV nhưng bộ điều khiển sạc MPPT gần như không hoạt động hiệu quả, ngoài ra khi hệ thống nối song song nhiều ắc quy, bộ điều khiển sạc MPPT chia dòng nạp cho mỗi ắc quy không đều làm ảnh hưởng đến độ bền ắc quy.

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất giải pháp xây dựng bộ điều khiển sạc có khả năng tự động chọn tải và số lượng Ắc quy thích hợp. Kết quả thực nghiệm chứng minh rằng, tại những thời điểm có năng lượng thấp, mô hình đề xuất thu nhận năng lượng tốt hơn MPPT.

Bài báo trình bày các đặc tính kỹ thuật của Pin mặt trời và phân tích ảnh hưởng của cường độ bức xạ mặt trời đối với quá trình nạp ắc quy (phần 2). Từ đó một bộ sạc tự động thích nghi tải được đề xuất (phần 3), được thử nghiệm và phân tích kết quả (phần 4).

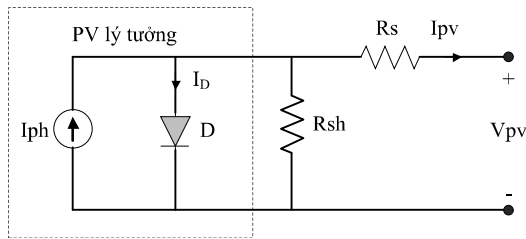
### 2. ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA PIN MẶT TRỜI

Trong các nghiên cứu về pin mặt trời, việc xây dựng được mô hình toán học của pin PV sẽ là nền tảng vững chắc để phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới đặc tính I-V, từ đó có thể đề xuất các thuật toán tối ưu công suất thu của hệ thống.

#### 2.1 Mô hình toán học

Pin PV có mạch điện tương đương như một diode mắc song song với một nguồn dòng ổn định  $I_{ph}$ . Trên thực tế, trong quá trình chế tạo pin PV, do tiếp xúc điện cực mặt trước và sau, cũng có thể do bản thân vật liệu có một điện trở suất

nhất định. Vì vậy trong mạch điện tương đương cần phải mắc thêm vào một điện trở nối tiếp  $R_s$  và một điện trở



Hình 1. Sơ đồ mạch điện tương đương của PV

song song  $R_{sh}$  với tải  $R_L$ . Dựa vào [6] sơ đồ mạch tương đương của pin PV được thể hiện trên Hình 1. Theo [1], [2] ta có phương trình đặc tính I-V của một tế bào PV như sau:

$$I_{pv} = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

$$I_{pv} = I_{ph} - I_S \left( e^{\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{nKT}} - 1 \right) - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}} \quad (2)$$

Trong đó,  $I_D$ -dòng điện qua diode (A);  $I_S$ -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);  $n$  - hệ số lý tưởng của diode;  $V_D$  - điện áp diode (V);  $I_{pv}$  - dòng điện ra của PV (A).  $I_{sh}$ - Dòng điện chạy qua nội trở song song. Sử dụng phương trình (2) và sơ đồ tương đương ở Hình 1, ở các phân tiếp theo ta có thể phân tích đáp ứng công suất ra của dàn PV khi nhiệt độ và cường độ bức xạ thay đổi.

## 2.2 Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến công suất của PV

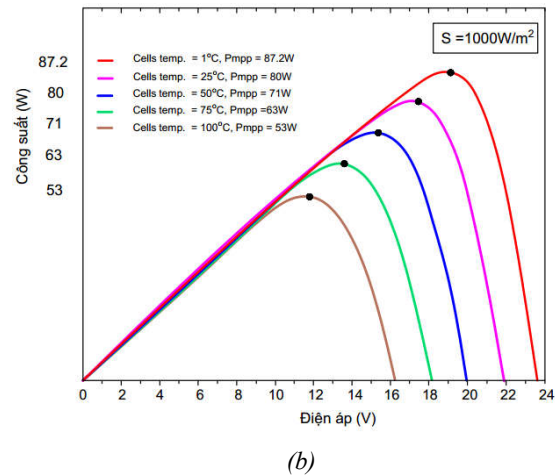
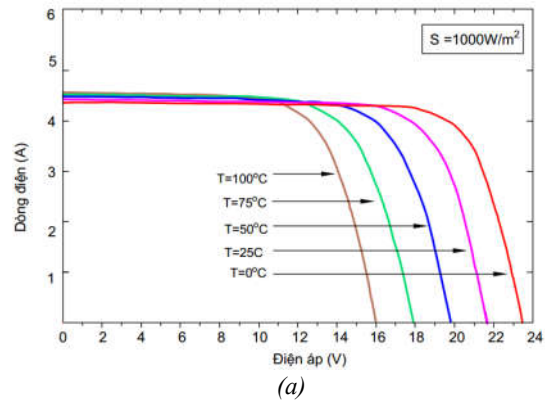
Khi nhiệt độ của môi trường hoặc cường độ bức xạ mặt trời hay tải bị thay đổi sẽ ảnh hưởng trực tiếp làm thay đổi đặc tính I-V của PV. Để thấy rõ điều này, chúng ta sẽ tiến hành phân tích từng trường hợp cụ thể. Dựa vào phương trình (2) và mô hình Matlab Simulink tấm pin năng lượng mặt trời tham khảo trong [7], [8] chúng ta sẽ phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến công suất của PV. Trong quá trình phân tích cũng như thực nghiệm xuyên suốt cả bài báo chúng tôi sử dụng tấm PV có thông số kỹ thuật cơ bản đo ở điều kiện tiêu chuẩn ( $1000W/m^2$ ,  $25^{\circ}C$ ) được trình bày như Bảng 1.

Bảng 1. Thông số của tấm pin P618-80W

Đặc tính	Thông số
Công suất định (Pmax)	80 W
Điện áp định (Vmp)	17.96 V
Dòng điện định (Imp)	4.45 A
Dòng ngắn mạch (ISC)	4.77 A
Điện áp hở mạch (VOC)	21.69 V
Hệ số nhiệt độ của VOC	-0.36%/oC
Hệ số nhiệt độ của ISC (KI)	0.046%/oC
Ảnh hưởng nhiệt độ lên công suất	-0.41%/oC
Nhiệt độ vận hành bình thường	49 oC

### a. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Khi PV bị nóng lên do ánh nắng mặt trời chiếu vào nó, điện áp hở mạch và điện áp tại điểm công suất cực đại sẽ giảm, dòng điện không đổi. Các đường cong I-V sẽ di chuyển sang bên trái ứng với nhiệt độ tăng lên như thể hiện trong Hình 2a và Hình 2b.

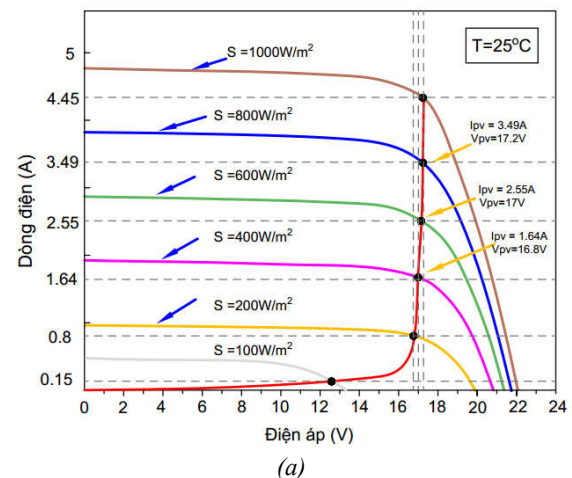


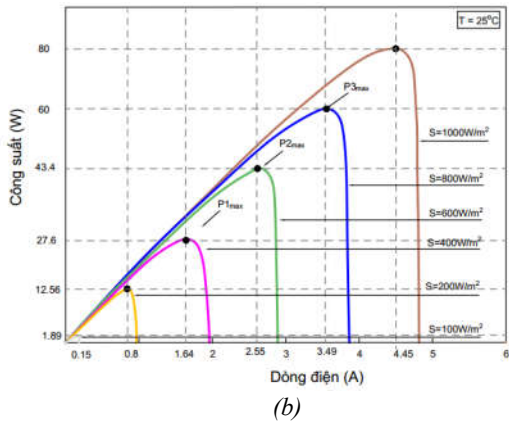
Hình 2. Đặc tính của PV khi nhiệt độ thay đổi  
(a) Đặc tính I-V; (b) Đặc tính P-V

Kết quả thể hiện trong Hình 2b cho thấy, điểm công suất cực đại cũng di chuyển sang trái và giảm ứng với sự gia của nhiệt độ bởi vì rõ ràng  $V_m \times I_m$  giảm khi nhiệt độ tăng.

### b. Ảnh hưởng của cường độ bức xạ

Giữ cố định nhiệt độ ở  $25^{\circ}C$ , thay đổi cường độ bức xạ của mặt trời lần lượt là  $1000W/m^2$ ,  $800W/m^2$ ,  $600W/m^2$ ,  $400W/m^2$ ,  $200W/m^2$ , ta thu được một họ các đường đặc tính I-V như trình bày trong Hình 3a, đồng thời tương ứng ta cũng thu được các điểm làm việc có công suất cực đại khác nhau như trình bày trên Hình 3b.

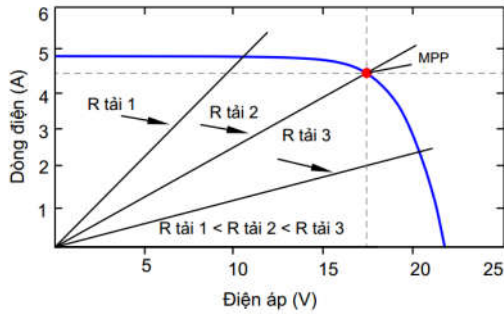




Hình 3. Đặc tính của PV khi bức xạ mặt trời thay đổi; (a) Đặc tính I-V; (b) Đặc tính P-I

**c. Ảnh hưởng của tải thay đổi**

Khi kết nối PV với tải thuần trở và có giá trị điện trở thay đổi được. Đặc tính I-V của tải đơn giản là một đường thẳng có độ dốc là 1/R. Khi đó, ta sẽ có điểm làm việc là giao điểm của hai đường đặc tuyến I-V của tải và đường I-V của PV như Hình 4.



Hình 4. Đường đặc tuyến làm việc của PV khi kết nối tải

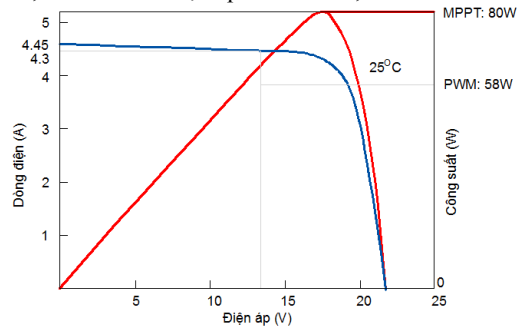
Quan sát Hình 4, ta thấy với cùng một pin PV, khi thay đổi tải khác nhau sẽ có các điểm làm việc khác nhau. Trong vô số điểm làm việc khác nhau đó có một điểm mà tại đó công suất thu được là cực đại MPP (maximum power point). Hầu hết các thiết bị thu năng lượng từ pin mặt trời đều cố gắng chọn điểm làm việc tại MPP – nơi mà công suất ra của PV là lớn nhất.

Từ những kết quả phân tích ở trên cho ta thấy nhiệt độ, cường độ bức xạ mặt trời và tải là những yếu tố chính ảnh hưởng mạnh nhất tới đặc tính I-V dẫn tới sự thay đổi vị trí MPP của PV. Do đó, để tối ưu hóa dòng công suất ra từ PV tới tải đòi hỏi bộ điều khiển sạc phải đảm bảo điểm hoạt động của hệ thống luôn được thiết lập tại điểm MPP.

**2.3 Kỹ thuật điều khiển sạc truyền thống**

Hiện nay bộ điều khiển sạc điều rộng xung (PWM) và MPPT đang được sử dụng rộng rãi để sạc ắc quy trong hệ thống dùng năng lượng mặt trời.

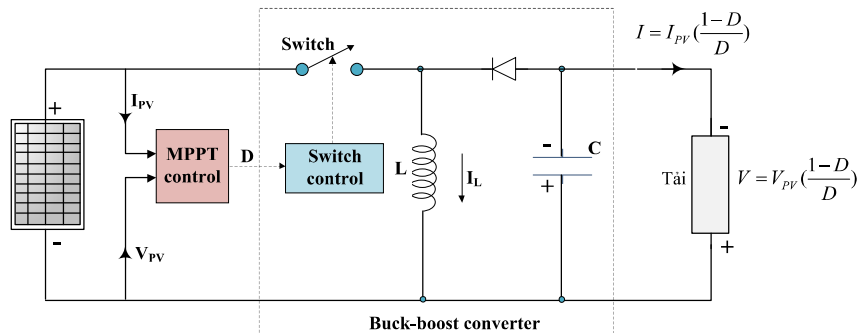
Một bộ điều khiển PWM về cơ bản không phải là một bộ chuyển đổi DC/DC. Thực chất nó chỉ là một switch kết nối Pin mặt trời đến ắc quy. Mục đích là chuyển năng lượng từ PV vào ắc quy, đồng thời cũng kéo điện áp của PV xuống gần bằng điện áp của ắc quy. Khi công tắc đóng, PV và ắc quy sẽ có điện áp bằng nhau. Giả sử điện áp sạc ban đầu của ắc quy  $V_{bat} = 13V$ , điện áp rơi trên cáp và bộ điều khiển là 0.5V, lúc đó ta có điện áp  $V_{PWM} = 13,5V$ .



Hình 5. Đặc tính I-V của bộ sạc PWM

Đặc tính I-V của bộ sạc PWM từ Hình 5 cho thấy rằng với  $V_{bat} = 13V$  và  $V_{PWM} = V_{bat} + 0,5V = 13,5V$ , công suất thu được từ PV sẽ là  $V_{PWM} \times I_{PWM} = 13,5V \times 4,3A = 58W$ , ít hơn 27.5% so với 80W thu được từ công suất cực đại của PV.

Bộ điều khiển sạc MPPT [9], [10] thì phức tạp và đắt tiền hơn bộ PWM, nó thực hiện được cả hai chức năng, thứ nhất là dò tìm được điểm công suất cực đại MPP của PV, thứ hai là điều khiển đóng cắt bộ biến đổi điện áp một chiều DC/DC để thu được công suất lớn nhất từ pin như trình bày trong Hình 6.



Hình 6. Sơ đồ bộ điều khiển sạc MPPT kết hợp bộ buck-boost converter

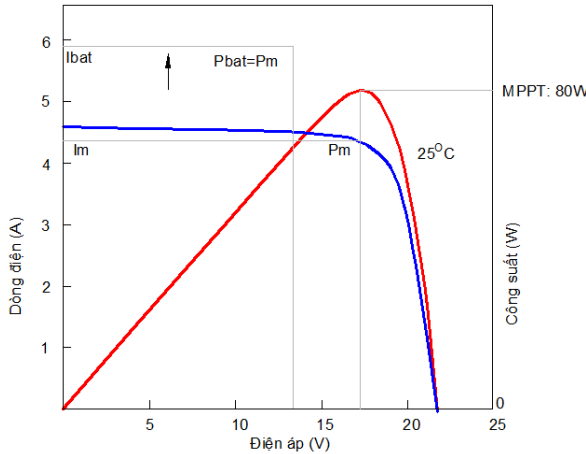
Như trình bày trong Hình 6, bộ biến đổi DC/DC bao gồm các phần tử cơ bản là một khoá điện tử (K), một cuộn cảm (L) để giữ năng lượng, và một Diode dẫn dòng (D). Khi khoá K thông, điện áp vào đặt lên điện cảm, làm dòng điện trong điện cảm tăng dần theo thời gian. Khi khoá ngắt, điện cảm có khuynh hướng duy trì dòng điện qua nó sẽ tạo điện áp cảm

ứng đủ để Diode phân cực thuận. Tùy vào tỷ lệ giữa thời gian đóng khóa K và mở khóa K mà giá trị điện áp ra có thể nhỏ hơn, bằng hay lớn hơn giá trị điện áp vào. Theo [9], [10] mối quan hệ giữa điện áp đầu vào  $V_{PV}$  và điện áp đầu ra  $V_{out}$  phụ thuộc vào hệ số đóng cắt D theo biểu thức:

$$V_o = V_{pv} \frac{(1-D)}{D} \quad (3)$$

Nói cách khác, nếu điện áp đầu ra để sạc ắc quy  $V_{bat}$  thấp hơn so với điện áp đầu vào  $V_m$  cấp từ PV, lúc đó bộ MPPT sẽ điều khiển dòng điện sạc  $I_{bat}$  tăng lên đảm bảo  $P_m = V_m \times I_m = P_{bat} = V_{bat} \times I_{bat}$ , vì thế lượng công suất truyền từ tấm pin đến tải luôn là cực đại như trong hình 7.

Sử dụng số liệu như trong bảng 1, cụ thể:  $P_m = 80W$ ,  $V_m = 17.96V$  và  $I_m = 4.45A$ . Khi sạc ắc quy với  $V_{bat} = 13.5V$ , dòng sạc sẽ là:  $I_{bat} = 80W/13.5V = 5.92A$ . Lúc đó ta có:  $P_m = V_m \times I_m = 17.96V \times 4.45A = 80W$ , và  $P_{bat} = V_{bat} \times I_{bat} = 13.5V \times 5.92A = 80W$ .



Hình 7. Đặc tính I-V của bộ sạc MPPT

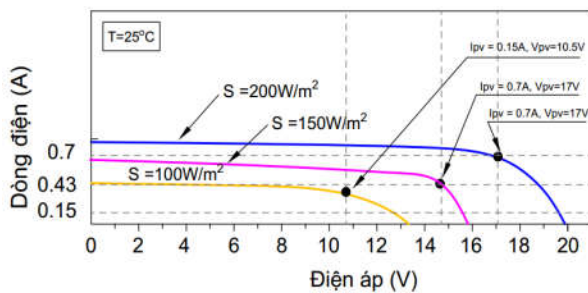
### 3. ĐỀ XUẤT BỘ SẠC TỰ ĐỘNG THÍCH NGHI TẢI

Trong phần này, chúng ta sẽ tiến hành phân tích, đo thực tế bộ điều khiển sạc MPPT dùng cho tấm PV với thông số kỹ thuật như Bảng 1 để thấy được hạn chế của bộ MPPT từ đó phát triển mô hình đề xuất.

#### 3.1 Phân tích bộ điều khiển sạc MPPT

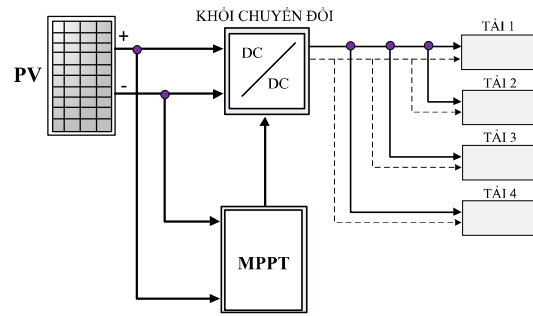
##### a. Xét trường hợp thứ 1

Sử dụng PV có thông số cho như trong bảng 1. Để kiểm tra hoạt động của bộ MPPT tại những thời điểm có năng lượng thấp, tải sử dụng trong hình 9 được thiết lập là  $R_1=R_2=R_3=R_4=22\Omega$ . Dựa vào đồ thị trong hình 8, ứng với cường độ chiếu sáng  $S = 200W/m^2$ , ta thấy điểm có công suất cực đại MPP sẽ là ( $I_m = 0,7A$ ,  $V_m = 17V$ ,  $P_m = 0,7 \times 17 = 11,9W$ ).



Hình 8. Đặc tính I-V khi thay đổi cường độ sáng

Bộ sạc MPPT ta có:  $V \times I = V_m \times I_m = P_m = 11,9W$ .  
Điện áp sạc  $V = 13V$  ta suy ra  $I = 11,9W/13V = 0,915A$ .



Hình 9. Cấu trúc của bộ MPPT

Theo sơ đồ mạch điện Hình 9 ta tính được tổng trở tải  $R_{td} = 5.5 \Omega$  ( $R_1, R_2, R_3, R_4$  mắc song song với nhau). Do đó, tải cần cung cấp cho dòng điện thực:

$$I' = \frac{13}{5.5} = 2.36A$$

Rõ ràng trong trường hợp này  $I' > I = 0.915A$  nên dòng điện từ PV không đủ cung cấp cho tải dẫn đến bộ điều khiển sạc MPPT trong trường hợp  $S = 200W/m^2$  không hoạt động được. Do đó, trong các trường hợp tiếp theo khi cường độ sáng tiếp tục giảm  $S = 150W/m^2$ ,  $S = 100W/m^2$  cũng tương tự bộ MPPT ngưng hoạt động. Từ kết quả phân tích trên cho thấy bộ điều khiển sạc MPPT lãng phí công suất  $P = 11.9W$  tương đương 14.8% công suất của tấm pin, nếu trong những hệ thống lớn kW, MW thì năng lượng không được khai thác sẽ rất đáng kể.

##### b. Xét trường hợp 2

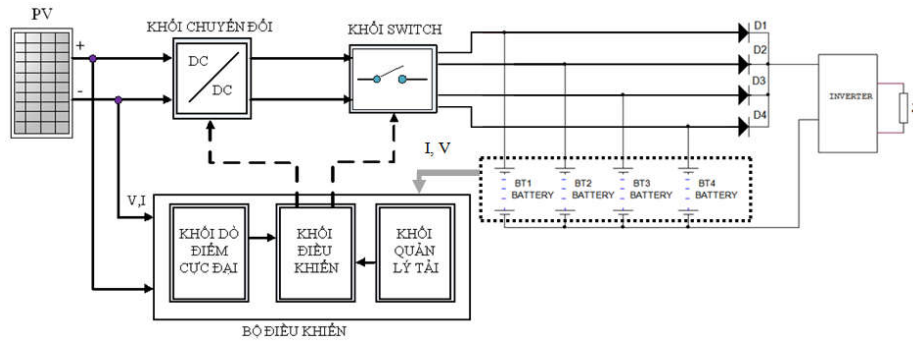
Trong thực tế, hệ thống các ắc quy được mắc song song với nhau như trong Hình 9. Thông thường đảm bảo tuổi thọ của ắc quy thì yêu cầu dòng nạp  $= 1/10$  dung lượng bình là tốt nhất. Giả sử có 04 ắc quy mắc song song:  $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$  dung lượng mỗi ắc quy là 10Ah. Trường hợp nếu các ắc quy khác hãng sản xuất hoặc thời gian đưa vào sử dụng khác nhau... nên lúc đó  $I_1 \neq I_2 \neq I_3 \neq I_4$ . Giả sử  $I_1 = I_2 = 12A$  và  $I_3 = I_4 = 8A \rightarrow$  lúc đó  $I_1, I_2$  bị quá dòng nạp sẽ giảm tuổi thọ ắc quy. Rõ ràng bộ MPPT không điều khiển được dòng điện nạp trong trường hợp hệ thống ắc quy mắc song song.

#### 3.2 Đề xuất bộ sạc tự động thích nghi tải

Để giải quyết hai vấn đề gặp phải của MPPT. Trong phần này chúng tôi đề xuất mô hình bộ điều khiển sạc tự động chọn tải thích hợp như trình bày ở Hình 10.

Khởi dò điểm cực đại sẽ nhận dữ liệu dòng và áp từ tấm PV sau đó sẽ thực hiện tính toán tìm điểm có công suất cực đại MPP. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng thuật toán P&O để tìm điểm MPP, (lưu đồ giải thuật P&O được trình bày chi tiết trong Hình 13). Dựa vào công suất cực đại  $P_m(I_m, V_m)$  tìm được, hệ thống sẽ điều khiển khối DC/DC để truyền luồng công suất cực đại từ PV đến tải dựa vào nguyên lý dung hợp tải, khối quản lý tải sẽ nhận dữ liệu dòng và áp hồi tiếp từ Ắc quy đưa về để đưa vào bộ điều khiển. Dựa vào dữ liệu này, bộ điều khiển sẽ điều khiển khối Switch đóng cắt để chọn tải thích hợp. Ngoài ra theo sơ đồ này, 4 dây ắc quy mắc với tải qua diode riêng. Cách mắc này ngăn ngừa việc nạp/xả giữa các ắc quy không đồng nhất vì luôn có 1 diode mắc ngược giữa 2 ắc quy. Việc nạp cho mỗi cột ắc quy không ảnh hưởng đến cột khác.





Hình 10. Bộ điều khiển đề xuất

Các thông số thí nghiệm được chọn giống như trường hợp phân tích của MPPT, ứng với cường độ chiếu sáng  $S = 200W/m^2$ ,  $P_m = 11,9 W$ .

Bộ sạc đề xuất ta có:  $V \times I = V_m \times I_m = P_m = 11,9 W$ .

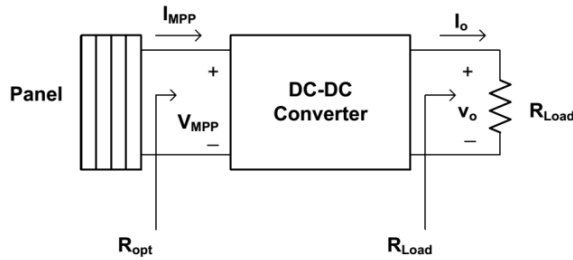
Điện áp sạc  $V = 13V$  ta suy ra  $I = 11,9W/13V = 0,915A$

Trong trường hợp này, mô hình đề xuất điều khiển switch chọn tải  $R_1 = 22 \Omega$ , tải cần cung cấp cho dòng điện thực:

$$I' = \frac{13}{22} = 0,59A$$

Rõ ràng trong trường hợp này  $I' < I = 0,915A$  nên bộ sạc đề xuất vẫn hoạt động bình thường cung cấp công suất cho tải.

### 3.2.1 Nguyên lý dung hợp tải



Hình 11. Tổng trở  $R_{opt}$  được điều chỉnh bằng D

Khi PV được nối trực tiếp với tải như trình bày trong Hình 11, điểm làm việc của PV sẽ do đặc tính tải xác định. Tổng trở của tải được miêu tả như sau:

$$R_{Load} = \frac{V_o}{I_o} \quad (4)$$

Trong đó:  $V_o$ ,  $I_o$  là điện áp và dòng điện phát ra của pin quang điện.

Tổng trở tối ưu của tải ( $R_{opt}$ ) cho pin quang điện được miêu tả như sau:

$$R_{opt} = \frac{V_{MPP}}{I_{MPP}} \quad (5)$$

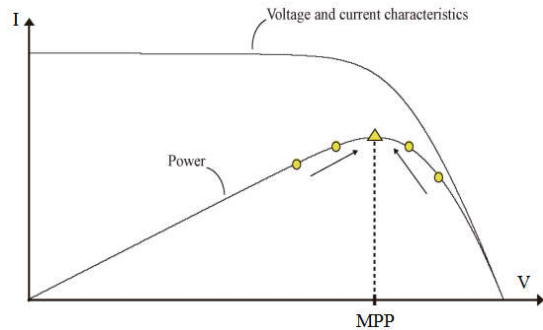
Trong đó,  $V_{MPP}$ ,  $I_{MPP}$  là điện áp và dòng điện phát ra của pin quang điện tại điểm tối ưu.

Khi giá trị  $R_{Load}$  bằng  $R_{opt}$ , công suất cực đại sẽ được truyền từ PV đến tải. Tuy nhiên, trong thực tế hai tổng trở này lại không bằng nhau. Mục đích của bộ MPPT là điều chỉnh tổng trở tải nhìn từ phía nguồn bằng với tổng trở tối ưu của pin quang điện ( $R_{Load} = R_{opt}$ ) dựa theo công thức (3). Đây còn được gọi là nguyên lý dung hợp tải.

### 3.2.2 Thuật toán P&O để tìm điểm MPP

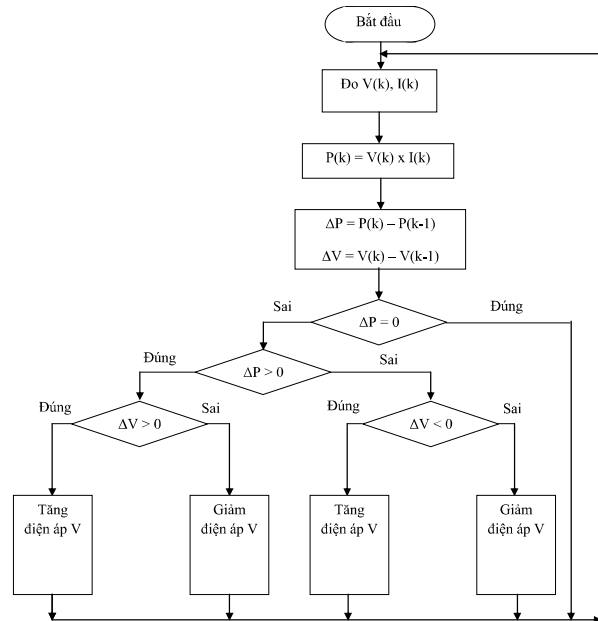
Thuật toán này xem xét đến sự tăng giảm điện áp theo chu kỳ để tìm được điểm làm việc có công suất lớn nhất. Nếu sự

biến thiên của điện áp làm công suất tăng lên thì sự biến thiên tiếp theo sẽ giữ nguyên chiều hướng tăng hoặc giảm. Ngược lại, nếu sự biến thiên làm công suất giảm xuống thì sự biến thiên tiếp theo sẽ có chiều hướng thay đổi ngược lại.



Hình 12. Thuật toán P&O khi tìm điểm làm việc có công suất lớn nhất

Khi điểm làm việc có công suất lớn nhất được xác định trên đường cong đặc tính thì sự biến thiên điện áp sẽ dao động xung quanh điểm làm việc có công suất lớn nhất đó chính là điểm MPP.



Hình 13. Sơ đồ thuật toán P&O

Đầu tiên, ta đặt giá trị đầu cho  $V$ ,  $I$ ,  $P$ . tiếp theo, đo giá trị  $V$ ,  $I$ ,  $P$  ở thời điểm  $k$ . Sau đó, đo giá trị  $V$ ,  $I$  và tính giá trị  $P$  ở thời điểm  $(k+1)$ , so sánh  $P(k+1)$  và  $P(k)$ : Nếu  $P(k+1) =$

$P(k)$  thì  $V(k)=V(k+1)$ , Nếu  $P(k+1)$  khác  $P(k)$  thì xem xét:  $P(k+1) > P(k)$ ? Sau đó, tiếp tục so sánh đến  $V(k+1)$  và  $V(k)$ . Cuối cùng, ra quyết định tăng hay giảm điện áp. Điều làm việc sẽ dao động xung quanh điểm cực đại.

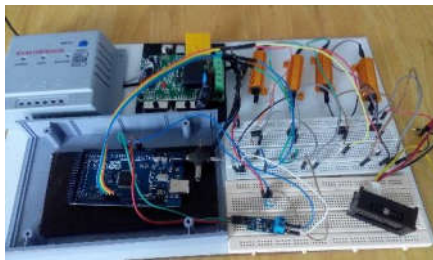
#### 4. MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

Mô hình thực nghiệm được trình bày như hình 14, để so sánh mô hình đề xuất và bộ MPPT, chúng tôi sử dụng 2 tấm pin mặt trời giống nhau có cùng thông số kỹ thuật như trong Bảng 1.

##### Phân tích kết quả thực nghiệm

Để kiểm tra và so sánh mô hình đề xuất và bộ điều khiển sạc MPPT có sẵn ngoài thị trường (MPPT15, Model: MPPT30A, Solar: 20/40V Auto, Battery: 12/24V Auto, Current: 30A max, hãng Solarcity), chúng tôi tiến hành thí nghiệm cho 2 bộ làm việc song song xem Hình 14.

**Thí nghiệm:** Tiến hành đo thực tế và so sánh năng lượng thu được tại các thời điểm khác nhau trong ngày.



Hình 14. Mô hình thực nghiệm đề xuất



Hình 15. Dụng cụ sử dụng đo cường độ sáng

Năng lượng thu sẽ được thực hiện bằng cách đo dòng và áp ngõ ra cung cấp cho tải trong những khoảng thời gian lấy mẫu như Bảng 2. Tổng năng lượng nhận được từ pin mặt trời được định nghĩa theo công thức sau:

$$A = \sum_{i=1}^N V_i \cdot I_i \cdot \Delta t \quad (6)$$

**Bảng 2.** Kết quả thu công suất tại sân Trường Đại học Lạc Hồng vào các thời điểm khác nhau ngày 20/8/2016

Thời gian	Năng lượng thu được		Chênh lệch năng lượng thu được
	MPPT (VAh)	Đề xuất (VAh)	
6h-8h	10,42	26,72	78,21%
8h-11h	67,83	66,13	0,83%
11h-13h	48,51	49,25	0,76%
13h-16h	68,12	67,83	0,14%
16h -18h	9,75	25,42	80,36%
Tổng cộng	204,63	235,35	1,25%

Trong đó,  $A$  là năng lượng nhận được từ pin PV;  $N$  là tổng số mẫu trong khoảng thời gian cần lấy mẫu;  $\Delta t$  là khoảng thời gian lấy mẫu.

Chênh lệch năng lượng thu được định nghĩa là lượng năng lượng thu được chênh lệch giữa bộ MPPT và mô hình đề xuất trên mỗi đơn vị thời gian được tính theo công thức:

$$C = \frac{|A_{dx} - A_{MPPT}|}{t \cdot A_{MPPT}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Trong đó,  $C$  là chênh lệch năng lượng thu giữa bộ MPPT và mô hình đề xuất. Từ kết quả Bảng 2 ta thấy rằng tại các thời điểm 6 – 8h và 16h – 18h mô hình đề xuất thu được năng lượng vượt trội so với MPPT, cụ thể là gần 80%. Do đó, tổng năng lượng thu được trong ngày cũng sẽ cao hơn MPPT khoảng 31VAh. Để có được kết quả này, mô hình đề xuất trong khoảng thời gian khoảng từ 6→7h30 bộ điều khiển đã tự động điều khiển Switch chọn tải 1, trong khi các tải khác sẽ hở mạch, và khoảng thời gian khoảng từ 7h30→ 8h Switch tải 1 và 2 đã được chọn. Trong khi đó theo quan sát vào các khoảng thời gian từ 6→ 7h15 và từ 16h45→18h bộ MPPT gần như không hoạt động.

#### 5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã đề xuất một mô hình điều khiển sạc hiệu quả cho hệ pin mặt trời cả khi nguồn bức xạ mặt trời yếu. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình đề xuất đã thu năng lượng mặt trời ở vùng bức xạ yếu cao hơn tới 70-80% so với bộ sạc truyền thống. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ mới dừng lại ở mô hình với tải là thuần trở. Hy vọng hướng đề xuất này sẽ được tiếp tục nghiên cứu để triển khai trong hệ thống làm việc thực tế với công suất lớn hơn.

#### 6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.KH. Mozaffari Niapour, S. Danyali, M.B.B. Sharifian, M.R. Feyzi, "Brushless DC motor drives supplied by PV power system based on Zsource inverter and FL-IC MPPT controller", Energy Conversion and Management 52, pp. 3043–3059, 2011.
- [2] T. Esram and P. L. Chapman, "Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques," IEEE Transactions on Energy Conversion, vol.22, pp.439–449, 2007.
- [3] Reza Noroozian, Gevorg B. Gharehpetian, "An investigation on combined operation of active power filter with photovoltaic arrays", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 46, Pages 392-399, March 2013.
- [4] N. Femia, D. Granazio, G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Optimized one-cycle control in photovoltaic grid connected applications", IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., Vol. 42, pp. 954- 972, 2006.
- [5] T. L. Kottas, Y. S. Boutalis, and A. D. Karlis, "New maximum power point tracker for PV arrays using fuzzy controller in

- close cooperation with fuzzy cognitive net-work”, IEEE Trans. Energy Conv., Vol. 21, pp. 793–803, 2006.
- [6] R. Ayaz, I. Nakir, and M. Tanrioven, “Research Article An Improved Matlab-Simulink Model of PV Module considering Ambient Conditions”, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy Volume 2014, Article ID 315893, 6 pages, 2014.
- [7] Ngô Mạnh Tiến, Đặng Văn Hiệp, Hà Thị Kim Duyên, “Mô hình hóa, mô phỏng và thiết kế chế tạo bộ biến đổi công suất cho hệ thống Pin năng lượng mặt trời công suất nhỏ”, Hội nghị toàn quốc về Điều khiển và Tự động hoá - VCCA-2011.
- [8] Nguyễn Việt Ngự, Lê Thị Minh Tâm, Trần Thị Thường, Nguyễn Xuân Trường, “So sánh hai thuật toán INC và P&O trong điều khiển bám điểm công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời cấp điện độc lập”, Tạp chí Khoa học và Phát triển 2015, tập 13, số 8: 1452-1463.
- [9] Sunil Kumar Mahapatro, “Maximum Power Point Tracking (MPPT) Of Solar Cell Using Buck-Boost Converter”, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)Vol. 2 Issue 5, May – 2013.
- [10] M.H. Rashid, “Power Electronics Circuits: Devices and Applications”, 3rd edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2004.

## TIÊU SỬ TÁC GIẢ



*Nguyễn Thanh Sơn*

Sinh năm 1980. Anh nhận bằng thạc sĩ về *thiết bị mạng và nhà máy điện* của trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TPHCM năm 2007. Tốt nghiệp tiến sĩ hệ thống điện năm 2013 tại Đại học Cát Lâm Trung Quốc. Hiện anh là Giám đốc Trung tâm Nghiên cứu Khoa học và Ứng dụng, trường ngành Điện tử - Truyền thông Trường Đại học Lạc Hồng. Lĩnh vực quan tâm nghiên cứu là năng lượng tái tạo, năng lượng mới, truyền thông không dây tốc độ cao.



*Nguyễn Văn Vinh*

Sinh năm 1983, nhận bằng kỹ sư Điện-Điện tử tại trường Đại Học Bách Khoa Đà Nẵng năm 2006 và đang học thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại trường Đại học Lạc Hồng. Hiện anh đang công tác tại điện lực Biên hòa. Lĩnh vực quan tâm nghiên cứu điện tử công suất, tốc thuật toán điều khiển tối ưu công suất, các nguồn năng lượng mới, năng lượng tái tạo.