

THIẾT KẾ, THI CÔNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN SẠC MPPT NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Nguyễn Bá Thành⁽¹⁾, Võ Thanh Trịnh⁽¹⁾, Nguyễn Quang Huy⁽¹⁾

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận bài 22/02/2020; Ngày gửi phản biện 20/03/2020; Chấp nhận đăng 28/06/2020

Liên hệ email: thanhnb@tdmu.edu.vn

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2020.04.055>

Tóm tắt

Trong bối cảnh nguồn nhiên liệu hóa thạch ngày càng cạn kiệt dần, ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu diễn ra ngày càng trầm trọng, trong khi phụ tải tiếp tục tăng nhanh, yêu cầu về nguồn điện phục vụ phát triển ngày càng lớn, do vậy khai thác nguồn điện mặt trời càng có ý nghĩa quan trọng về mặt đảm bảo cung cấp điện. Nghiên cứu này nhằm thiết kế, thi công mạch sạc tối đa công suất cho hệ thống năng lượng mặt trời. Điện mặt trời ngày càng được sử dụng rộng rãi, tuy nhiên, một trong những nhược điểm của nguồn năng lượng mặt trời cần phải có thiết bị lưu trữ như ắc quy. Để sạc ắc quy được tối ưu thì cần có mạch điều khiển sạc. Sử dụng phương pháp mô phỏng và thi công, thử nghiệm. Mạch sạc được thiết kế trên phần mềm Proteus, lập trình và sau khi thi công được thực nghiệm tại Trường Đại học Thủ Dầu Một. Mạch thi công đã hoạt động ổn định, được thử nghiệm với ắc pin 20W, ắc quy 12V - 5Ah. Kết quả nghiên cứu của đề tài giúp cung cấp giải pháp tối ưu cho việc khai thác năng lượng mặt trời, phục vụ hiệu quả cho quá trình sản xuất năng lượng.

Từ khóa: giải thuật P&O, mạch sạc năng lượng mặt trời, PIC16F877A

Abstracts

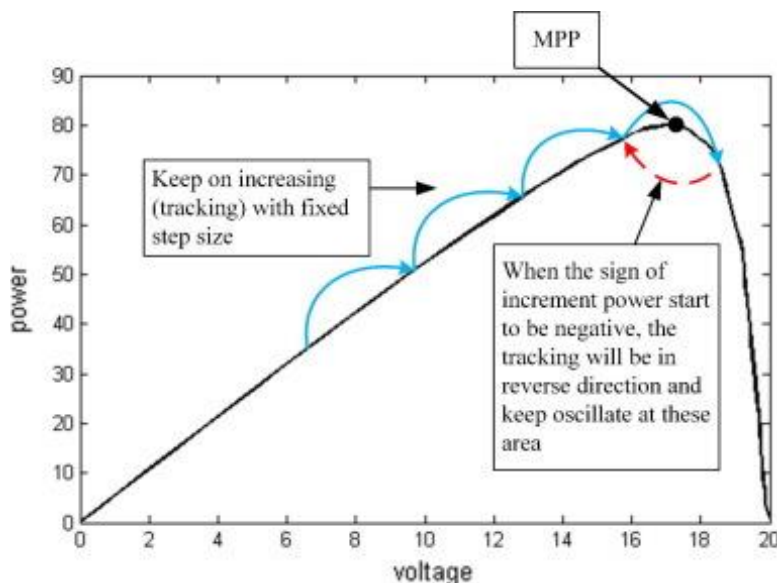
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) SOLAR CHARGE CONTROLLER

In the context that fossil fuel resources are increasingly exhausted, environmental pollution and climate change are becoming more and more serious, while the load continues to increase rapidly, the demand for power sources for development is increasing. Therefore, the exploitation of solar power is even more important in terms of ensuring electricity supply. Researching to design and implement the maximum charging circuit for solar power system. Solar power is becoming more and more widely used, however, one of the disadvantages of the solar power source is that it requires storage devices like batteries. For optimal battery charging, a charging control circuit is required. This project was done by using simulation and construction testing methods. The charging circuit is designed on Proteus software, programmed and after construction tested at Thu Dau Mot University. The circuit has operated stably, tested with a 20W battery, 12 V - 5Ah battery. The results of the study help to provide the optimal solution for the exploitation of solar energy, effectively serving the energy production process.

1. Đặt vấn đề

Năng lượng tái tạo đang trở nên phổ biến trong cuộc sống hàng ngày cả dân dụng và công nghiệp (Qazi và nnk, 2019). Trong các nguồn năng lượng tái tạo như gió, địa nhiệt, sóng biển... năng lượng mặt trời được khai thác hiệu quả hơn. Năng lượng mặt trời sử dụng hiệu quả cho các hệ thống nổi lưới hoặc độc lập (Khan & Rehan, 2016), (Oró, 2015). Tấm pin mặt trời được cấu tạo từ các chất bán dẫn, khi có ánh nắng chiếu vào thì sẽ được chuyển đổi thành điện năng do hiệu ứng quang điện. Các tấm pin năng lượng mặt trời (PV) được mắc nối tiếp hoặc song song, tùy theo nhu cầu năng lượng của phụ tải. Hiện nay, các tấm pin năng lượng mặt trời có công suất từ vài W đến 500W. Công suất ngõ ra của tấm pin mặt trời luôn thay đổi, phụ thuộc vào thời tiết, nhiệt độ, đặc biệt phụ thuộc vào bức xạ từ mặt trời. Để có được sản lượng điện tối đa từ các tế bào quang điện, chúng ta có nhiều kỹ thuật khác nhau, như sử dụng hệ thống solar tracking (Thanh Nguyen Ba & Hong-Xuyen Thi Ho, 2020), sử dụng mạch điều khiển sạc tối ưu (Bhatnagar & Nema, 2013), (Ishaque & Salam, 2013), (Subudhi & Pradhan, 2012).

MPPT (Maximum Power Point Tracking) là một thuật toán mà bộ điều khiển sạc sử dụng giúp cho các tấm pin mặt trời kết nối vào nó nhằm hấp thụ tối đa năng lượng mặt trời. Khi tia nắng mặt trời thay đổi thì điểm công suất cực đại của tấm pin sẽ thay đổi theo. Lúc này thì bộ điều khiển sạc phát huy tác dụng. Bộ điều khiển sạc sẽ điều chỉnh sao cho mối quan hệ V-I luôn ở mức cực đại (hình 1).



Hình 1. Biểu đồ đặc tính điện áp và dòng điện (Alik & Jusoh, 2017)

Để làm mạch MPPT, có nhiều kỹ thuật được áp dụng như nhiễu loạn và quan sát (perturb and observe) (Ahmed & Salam, 2015), độ dẫn điện tăng dần (incremental conductance) (Tey & Mekhilef, 2014), điện áp phân số (fractional voltage) (Shebani và nnk., 2016), dòng điện phân số (fractional current) (Sher và nnk., 2015), mạng trí tuệ nhân tạo (Rizzo & Scelba, 2015)... Đề tài nghiên cứu này, chúng tôi thiết kế, thi công mạch sạc MPPT theo giải thuật nhiễu loạn và quan sát (P&O) với mục đích tăng hiệu

suất tối đa của hệ thống khai thác năng lượng mặt trời. Giải thuật P&O được đánh giá là đơn giản, dễ thi công và có độ chính xác cao.

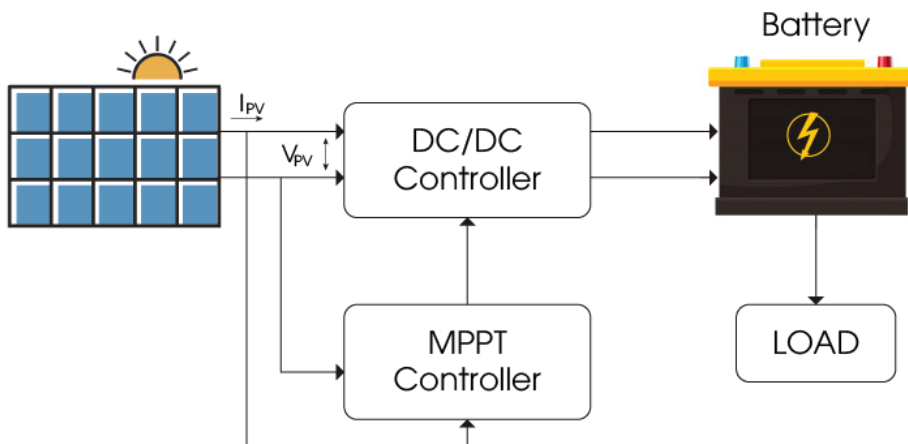
Phần còn lại của bài viết này được tổ chức như sau: phần 2 trình bày về tổng quan mạch sạc MPPT; phần 3 trình bày về thiết kế thi công mạch sạc; phần 4 trình bày kết quả thử nghiệm; phần cuối cùng là kết luận.

2. Cơ sở và phương pháp

2.1 Mạch MPPT là gì?

MPPT (Maximum Power Point Tracking) là phương pháp dò tìm điểm làm việc có công suất cực đại của hệ thống pin mặt trời thông qua việc đóng mở khóa điện tử của bộ biến đổi DC–DC.

Các đường cong đặc tuyến P-V biểu diễn hoạt động của một tế bào quang điện, các đường cong I-V cung cấp các thông tin cần thiết để cấu hình một hệ mặt trời để nó có thể hoạt động gần với điểm công suất đỉnh tối đa của nó (MPP) càng tốt.



Hình 2. Sơ đồ khối của mạch MPPT

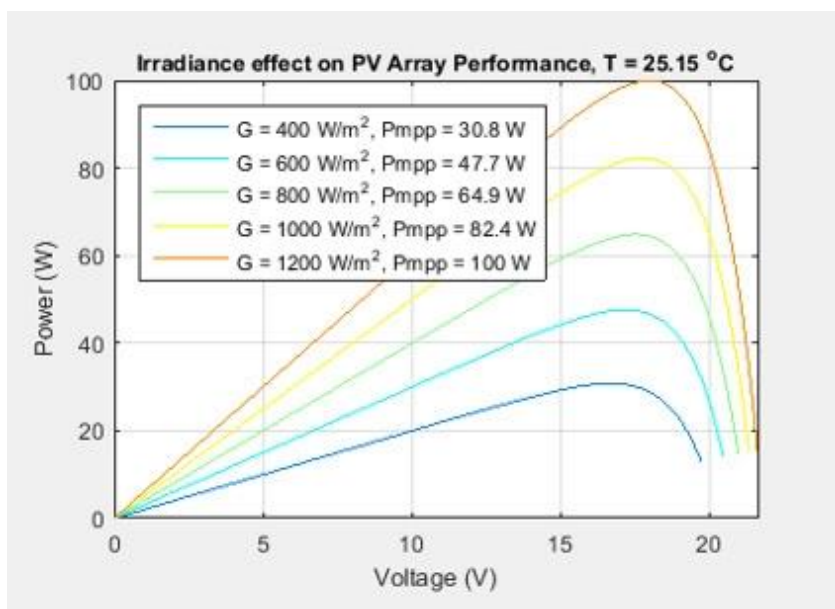
Khi một tấm pin mặt trời được mắc trực tiếp vào một tải, điểm làm việc của tấm pin mặt trời đó sẽ là giao điểm giữa đường đặc tính làm việc I – V và đường đặc tính I–V của tải. Đặc tính làm việc của pin mặt trời và tải có thể thay đổi giá trị:

- Từ đặc tính I–V cho thấy có một điểm gọi là MPP (maximum power point) là điểm mà khi hệ thống hoạt động tại điểm đó thì công suất ra của pin mặt trời là lớn nhất.
- Trong hầu hết các ứng dụng người ta mong muốn tối ưu hóa dòng công suất ra từ pin năng lượng mặt trời tới tải. Để làm được điều đó thì đòi hỏi điểm hoạt động của hệ thống phải được thiết lập ở điểm MPP.
- Tuy nhiên, vì điểm hoạt động với công suất lớn nhất (MPP) phụ thuộc vào bức xạ mặt trời, nhiệt độ và điều kiện môi trường thay đổi ngẫu nhiên nên vị trí điểm MPP cũng thay đổi liên tục. Do đó, để đảm bảo hệ thống luôn làm việc

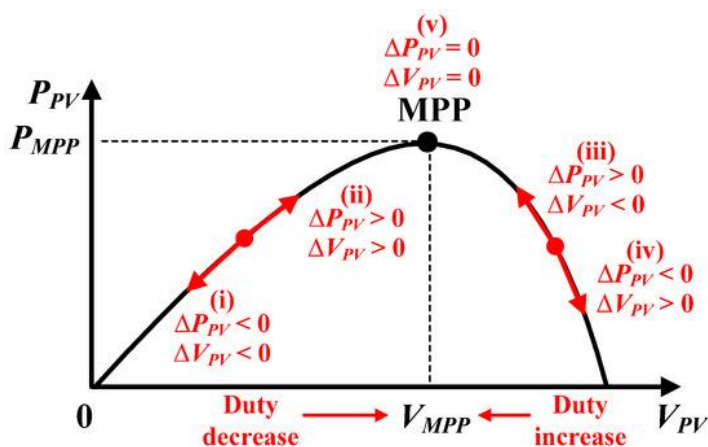
điểm MPP hoặc ở lân cận điểm MPP thì người ta sử dụng một mạch đặc biệt gọi là MPPT để bám theo điểm có công suất cực đại.

2.2 Thuật toán xác định điểm có công suất cực đại (MPPT)

Vị trí của điểm MPP trên đường đặc tính I-V là không biết trước và nó luôn thay đổi phụ thuộc vào điều kiện bức xạ và nhiệt độ. Chẳng hạn, như hình sau đây trình bày đặc tính I-V của pin mặt trời khi giữ nhiệt độ cố định ở 25°C và bức xạ mặt trời thay đổi. Do đó, cần có một thuật toán để theo dõi điểm MPP, thuật toán này chính là trái tim của bộ điều khiển MPPT. Có nhiều thuật toán được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tế, trong đó phổ biến nhất là thuật toán P&O. Thuật toán P&O, còn được là phương pháp “leo đồi” được sử dụng phổ biến nhất trong thực tế bởi tính đơn giản của thuật toán và dễ dàng thực hiện. Hình sau đây cho thấy công suất ra của pin mặt trời là một hàm của dòng điện. Trong thuật toán này dòng điện hoạt động của pin mặt trời bị nhiễu bởi một giá số nhỏ ΔI và kết quả làm thay đổi công suất, ΔP được quan sát (observer).



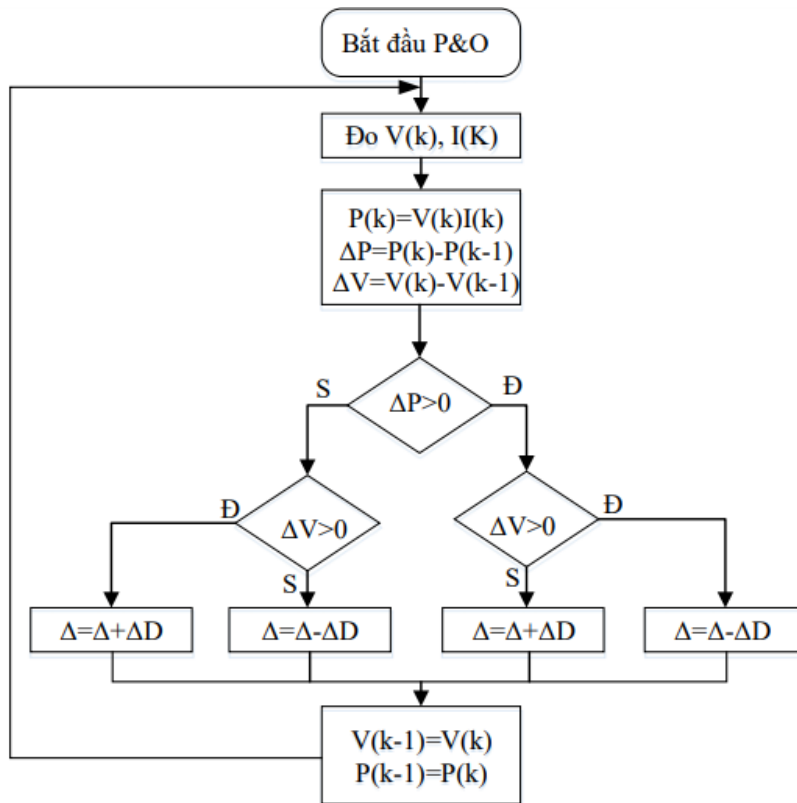
Hình 3. Đặc tính làm việc của pin mặt trời khi có bức xạ thay đổi



Hình 4. Nguyên lý hoạt động của thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O) (Lee & Yun, 2019).

Hình 4 mô tả nguyên lý hoạt động của thuật toán P&O, từ đó có thể suy ra phương thức hoạt động của thuật toán như sau:

- Nếu điểm hoạt động của hệ thống di chuyển theo hướng 1 tức $\Delta P < 0$ và $\Delta I < 0$ thì cần tăng dòng điện hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.
- Nếu điểm hoạt động của hệ thống di chuyển theo hướng 2 tức $\Delta P > 0$ và $\Delta I > 0$ thì cần tăng dòng điện hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.
- Nếu điểm hoạt động của hệ thống di chuyển theo hướng 3 tức $\Delta P > 0$ và $\Delta I < 0$ thì cần giảm dòng điện hoạt động để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.
- Nếu điểm hoạt động của hệ thống di chuyển theo hướng 4 tức $\Delta P < 0$ và $\Delta I > 0$ thì cần giảm dòng điện hoạt động để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

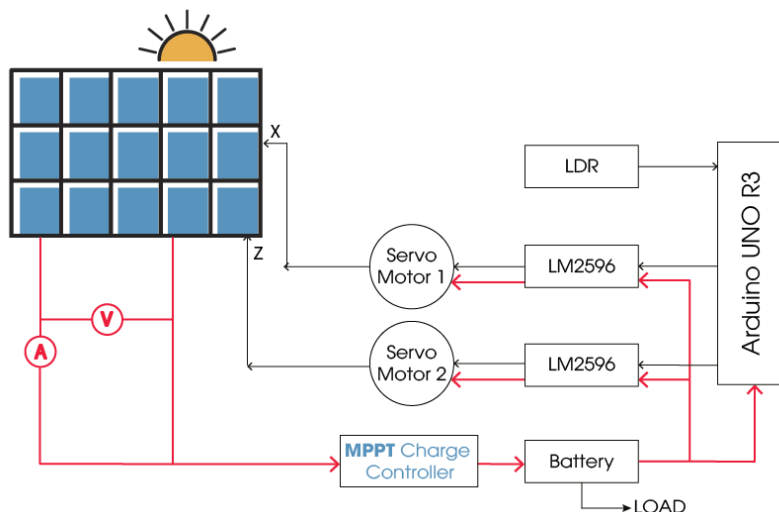


Hình 5. Lưu đồ thuật toán P&O

3. Kết quả và thử nghiệm

3.1 Giới thiệu cấu trúc hệ thống

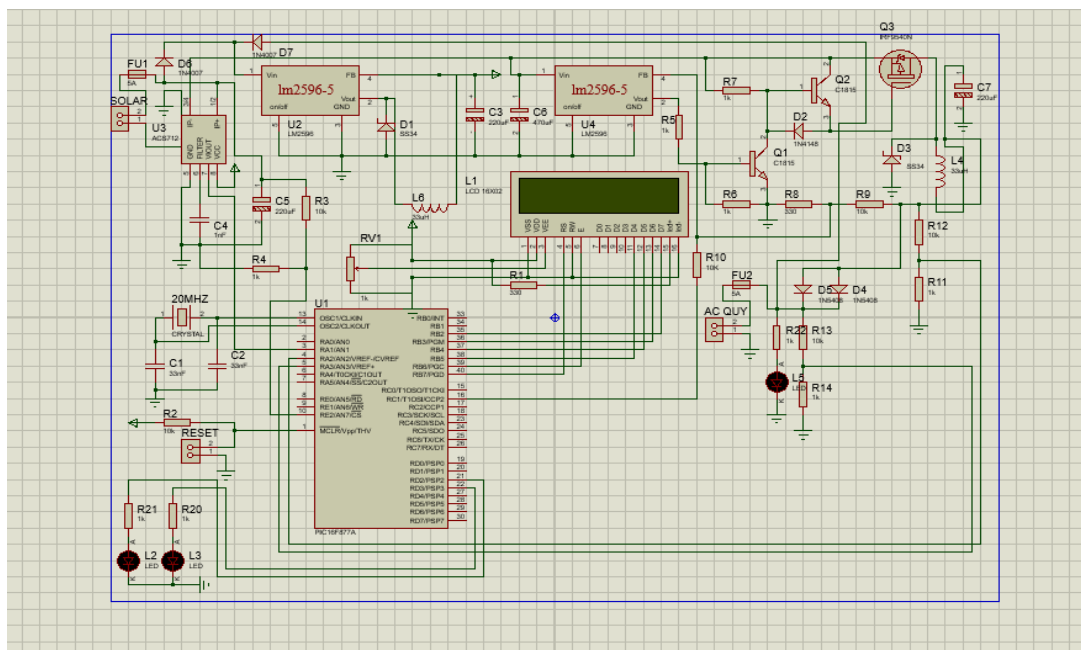
Hệ thống khai thác năng lượng mặt trời bao gồm các thiết bị chính sau đây (hình 6): (1) Tấm pin năng lượng mặt trời; (2) Bộ điều khiển sạc MPPT được lập trình bởi vi điều khiển PIC16F877A; (3) Bộ điều khiển solar tracking gồm 2 động cơ servo, vi điều khiển Arduino Uno R3. Thành phần cốt lõi trong hệ thống này là mạch sạc MPPPT được điều khiển bằng vi xử lý PIC16F877A.



Hình 6. Sơ đồ cấu trúc hệ thống

3.2 Sơ đồ nguyên lý mạch sạc MPPT

Sơ đồ nguyên lý của mạch sạc MPPT được thiết kế trên phần mềm Proteus như hình 7. Trong đó gồm các linh kiện chủ yếu: điện trở, tụ điện, transistor mosfet, cuộn cảm, LED, diode, thạch anh, LCD, vi điều khiển PIC.



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý mạch MPPT trên phần mềm Proteus 8.7

3.3 Thi công mạch

Sau khi thiết kế mạch trên phần mềm, nhóm tác giả tiến hành thi công, lắp ráp mạch. Kết quả thi công mạch sạc MPPT như hình 8. Mạch sạc này được kết nối với tấm pin mặt trời có điều khiển tracking và sạc cho ác quy 12V5Ah.



Hình 8. Mạch sạc MPPT hoàn chỉnh



Hình 9. Mô hình hoàn chỉnh trạm sạc năng lượng mặt trời

3.4 Thử nghiệm

Chúng tôi đã thực hiện thử nghiệm mạch MPPT sạc cho ác quy 12V5Ah vào ngày 28/05/2020 tại Trường Đại học Thủ Dầu Một. Giá trị điện áp, dòng điện và công suất ngõ ra của mạch MPPT sạc vào ác quy được mô tả ở bảng 1. Quá trình kiểm tra cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, đáp ứng yêu cầu đặt ra của nhóm nghiên cứu.

Bảng 1. Dữ liệu công suất ngõ ra của mạch sạc MPPT trong ngày

Thời gian (h: mm)	Thông số ngõ ra		
	I(mA)	U(V)	P (W)
6:30	9	9	0.081
7:00	25	10	0.25
7:30	42	13	0.546
8:00	64	14	0.896
8:30	73	13.9	1.0147
9:00	82	13.8	1.1316
9:30	95	14.5	1.3775
10:00	111	14.5	1.6095
10:30	115	14.6	1.679
11:00	120	14.7	1.764
11:30	121	14.8	1.7908
12:00	120	14.7	1.764
12:30	123	14.8	1.8204
13:00	120	14.8	1.776
13:30	125	14.5	1.8125
14:00	124	14.7	1.8228
14:30	125	13.8	1.725
15:00	123	13.3	1.6359
15:30	120	13	1.56
16:00	116	12.9	1.4964
16:30	101	13	1.313
17:00	98	10	0.98
17:30	70	8	0.56
18:00	25	7	0.175
18:30	10	2	0.02



Hình 10. Kiểm tra hoạt động của các linh kiện trong mạch sạc MPPT

4. Kết luận

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng tái tạo quan trọng, được xem là nguồn năng lượng sạch. Tuy nhiên, năng lượng này phụ thuộc vào thời gian ngày và đêm, do đó cần có ác quy lưu trữ. Để sạc điện cho ác quy tốt chúng ta cần bộ điều khiển MPPT. Đề tài này nhóm tác giả đã thiết kế, thi công mạch sạc MPPT cho ác quy. Thiết bị được lập trình bởi vi điều khiển PIC, có hiển thị thông số qua LCD. Trong tương lai, nhóm tác giả sẽ cải tiến phần cứng với hiển thị số liệu thời gian, điện áp, dòng điện, công suất qua mạng IoT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Qazi, A., Hussain, F., Rahim, N. A., Hardaker, G., Alghazzawi, D., Shaban, K., & Haruna, K. (2019). Towards sustainable energy: a systematic review of renewable energy sources, technologies, and public opinions. *IEEE Access*, 7, 63837-63851.
- [2] Khan, Z., & Rehan, M. (2016). Harnessing Airborne Wind Energy: Prospects and Challenges. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 27(6), 728-740.
- [3] Oró, E., Depoorter, V., Garcia, A., & Salom, J. (2015). Energy efficiency and renewable energy integration in data centres. Strategies and modelling review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 429-445.
- [4] Ba Thanh Nguyen, Hong-Xuyen Thi Ho (2020). Design, Implementation and Performance Analysis of a Dual Axis Solar Tracking System. *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J.* 5(3), 41-45 (2020); DOI: 10.25046/aj050306
- [5] Bhatnagar, P., & Nema, R. K. (2013). Maximum power point tracking control techniques: State-of-the-art in photovoltaic applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 224-241.
- [6] Ishaque, K., & Salam, Z. (2013). A review of maximum power point tracking techniques of PV system for uniform insolation and partial shading condition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 475-488.
- [7] Subudhi, B., & Pradhan, R. (2012). A comparative study on maximum power point tracking techniques for photovoltaic power systems. *IEEE transactions on Sustainable Energy*, 4(1), 89-98.
- [8] Alik, R., & Jusoh, A. (2017). Modified Perturb and Observe (P&O) with checking algorithm under various solar irradiation. *Solar Energy*, 148, 128-139.
- [9] Ahmed, J., & Salam, Z. (2015). An improved perturb and observe (P&O) maximum power point tracking (MPPT) algorithm for higher efficiency. *Applied Energy*, 150, 97-108.
- [10] Tey, K. S., & Mekhilef, S. (2014). Modified incremental conductance MPPT algorithm to mitigate inaccurate responses under fast-changing solar irradiation level. *Solar Energy*, 101, 333-342.
- [11] Shebani, M. M., Iqbal, T., & Quaicoe, J. E. (2016, October). Comparing bisection numerical algorithm with fractional short circuit current and open circuit voltage methods for MPPT photovoltaic systems. In *2016 IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)* (pp. 1-5). IEEE.
- [12] Sher, H. A., Murtaza, A. F., Noman, A., Addoweesh, K. E., Al-Haddad, K., & Chiaberge, M. (2015). A new sensorless hybrid MPPT algorithm based on fractional short-circuit current measurement and P&O MPPT. *IEEE Transactions on sustainable energy*, 6(4), 1426-1434.
- [13] Rizzo, S. A., & Scelba, G. (2015). ANN based MPPT method for rapidly variable shading conditions. *Applied Energy*, 145, 124-132.
- [14] Lee, H. S., & Yun, J. J. (2019). Advanced MPPT Algorithm for Distributed Photovoltaic Systems. *Energies*, 12(18), 3576.