

ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT CỦA HỆ THỐNG SOLAR TRACKING TRỤC ĐƠN SỬ DỤNG QUANG TRỞ

Nguyễn Bá Thành⁽¹⁾, Văn Hoàng Phương⁽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/2020.04.057>

Tóm tắt

Năng lượng mặt trời ngày càng được chú trọng khai thác, tuy nhiên một nhược điểm của năng lượng mặt trời là phụ thuộc vào thời gian, phụ thuộc vào đường đi của mặt trời so với trái đất. Do trái đất xoay quanh mặt trời nên hướng chiếu tia bức xạ thay đổi và năng lượng thu được theo đó cũng thay đổi. Bài báo này trình bày về thiết kế, thi công và phân tích hiệu suất của hệ thống solar tracking năng lượng mặt trời trục đơn (Single Axis Solar Tracking System). Hệ thống tracking năng lượng mặt trời sẽ tự động hướng theo vị trí của mặt trời để thu được tối đa cường độ ánh sáng phát xạ từ mặt trời. Khi mà cường độ ánh sáng đang giảm, hệ thống này tự động thay đổi hướng của nó để có được cường độ ánh sáng tối đa. Hai động cơ servo nhận tín hiệu từ bộ xử lý trung tâm sẽ xoay tấm pin mặt trời (solar panel) đến vị trí thích hợp để đạt hiệu suất tối ưu. Kết quả năng lượng thu được của hệ thống trục đơn tốt hơn 9.622% so sánh với hệ thống cố định. Kết quả của nghiên cứu này cung cấp một giải pháp tối ưu cho năng lượng mặt trời, giúp cải thiện hiệu quả của hệ thống năng lượng mặt trời, phục vụ hiệu quả cho quá trình sản xuất năng lượng.

Từ khóa: arduino, hệ thống solar tracking trục đơn, điện trở quang

Abstracts

PERFORMANCE EVALUATION OF A SINGLE AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM USING LIGHT DEPENDENT RESISTOR

Solar energy is increasingly being exploited, but one drawback of solar energy is time-dependent, depending on the path of the sun compared to the earth. Because the earth revolves around the sun, the direction of the radiation beam changes and the energy that changes accordingly. This paper presents the design, construction and performance analysis of the Single Axis Solar Tracking System. The solar tracking system will automatically follow the sun's position to maximize the intensity of the light emitted from the sun. When the light intensity is decreasing, the system automatically changes its direction to get the maximum light intensity. Two servo motors that receive signals from the central processor will rotate the solar panel (solar panel) to the appropriate location for optimum performance. The energy result of single axis system is 9,622% better than that of fixed system. The results of this study provide an optimal solution for solar energy, helping to improve the efficiency of the solar system, effectively serving the energy production process.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, ô nhiễm môi trường ngày càng trầm trọng, nguồn năng lượng truyền thống (dầu, than đá...) dần cạn kiệt và cùng khi đó nhu cầu năng lượng ngày càng tăng cao nên các nước trên thế giới đang hối hả phát triển nguồn năng lượng thay thế (Rezvani và nnk., 2015). Năng lượng tái tạo là nguồn năng lượng không tiêu thụ tài nguyên hữu hạn của trái đất và có thể dễ dàng, nhanh chóng bổ sung. Năng lượng tái tạo đóng vai trò quan trọng trong việc đáp ứng nhu cầu năng lượng tiêu thụ và góp phần kiểm soát biến đổi khí hậu (Mallick và nnk., 2014). Trong các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng sinh khối, năng lượng thủy triều thì năng lượng mặt trời rất thuận lợi để khai thác ở nước ta bởi Việt Nam có mức độ bức xạ mặt trời cao, và những tiến bộ của công nghệ năng lượng mặt trời phát triển nhanh chóng đã giúp cho giá thành sản xuất ngày càng hợp lý hơn (Polo và nnk., 2015).

Bởi vì trái đất luôn luôn quay xung quanh trục của mình, góc của ánh sáng mặt trời liên tục thay đổi, ảnh hưởng đến lượng bức xạ mặt trời chiếu lên giàn pin năng lượng. Để tăng hiệu suất hấp thụ ánh sáng từ mặt trời chúng ta cần có một hệ thống thiết bị giúp các tấm pin quang điện định hướng theo mặt trời gọi là hệ thống tracking năng lượng mặt trời (solar tracking). Hệ thống tracking năng lượng mặt trời bao gồm hệ thống lắp đặt theo dõi, tấm pin mặt trời và hệ thống điều khiển theo dõi. Cấu trúc gắn kết là cơ thể của hệ thống, và hệ thống điều khiển là bộ não của nó, điều khiển chuyển động của hệ thống giàn pin năng lượng mặt trời.

Hiện đã có nhiều tác giả nghiên cứu về solar tracking. Lokhande và Mayank Kumar (2014) đã trình bày một hệ thống solar tracking tự động. Tác giả đã thiết kế một hệ thống theo dõi bằng năng lượng mặt trời dựa trên vi điều khiển và quan sát thấy rằng bộ solar tracking trực đơn tăng hiệu suất lên 30% so với cố định. Guiha Li, Runsheng, Tanf, Hao Zhong (2011) đã thực nghiệm hệ thống solar tracking trực đơn nằm ngang. Nghiên cứu đã thu được kết quả là hệ thống đặt theo hướng đông – tây hiệu suất năng lượng không cải thiện đáng kể còn hệ thống đặt theo hướng nam – bắc là tốt nhất. Hiệu quả tăng đối với trục đông tây là dưới 8% trong khi đối với trục nam – bắc tăng 10-24%.

Chaiko và Rizk (2008) đã phát triển một hệ thống solar tracking một cách hiệu quả. Họ đã thiết kế một theo dõi trực đơn giản hệ thống sử dụng động cơ bước và cảm biến ánh sáng. Họ quan sát thấy rằng hệ thống này tăng hiệu quả của việc thu thập năng lượng bằng cách giữ một tấm pin mặt trời vuông góc với các tia mặt trời. Và họ cũng nhận thấy rằng mức tăng công suất đã tăng 30% so với hệ thống tĩnh. Imam Abadi, Adi Soeprijanto, Ali Musyafa (2015) đã thiết kế bộ solar tracking trực đơn dựa trên logic mờ và thực hiện trên vi điều khiển ATMEGA 8353 để cải thiện năng lượng của tấm pin. Nghiên cứu cho thấy hiệu suất của hệ thống solar tracking với điều khiển mờ tăng 47% so với hệ thống tĩnh. Ashwin, Joshualar Immanue, Lalith Sharanvn, Ravi Prasad, Varun (2014) đã trình bày một bộ solar tracking trực đơn dựa trên cảm biến để đạt được mức năng lượng cao nhất. Hệ thống này tự động thay đổi theo hướng của để có được năng lượng ánh sáng tối đa. Do đó, kết quả thử nghiệm cho thấy sự mạnh mẽ và năng suất của phương pháp đề xuất. Năm 2013, Anusha, Chandra và Reddy đã thiết kế hệ thống solar tracking dựa trên đồng hồ thời gian thực. Họ

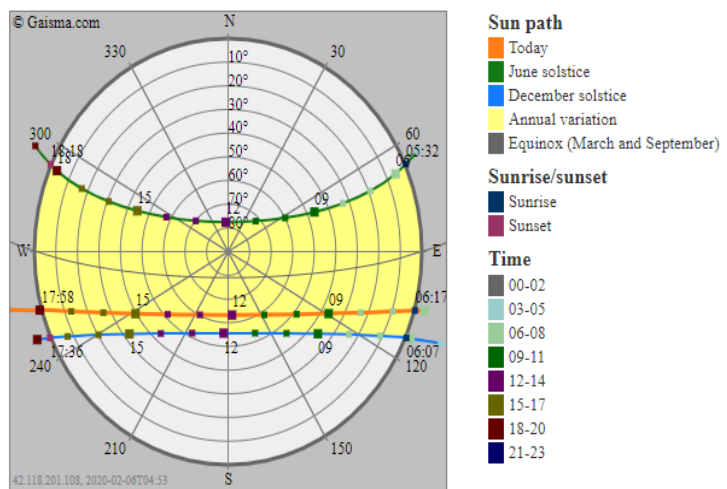
so sánh một hệ thống tĩnh và hệ thống thời gian thực sử dụng bộ xử lý ARM. Thí nghiệm đã chứng minh hệ thống mới hiệu quả hơn khoảng 40%. Hussain Akbar (2017) đã thiết kế một bộ solar tracking trực đơn bằng vi điều khiển AVR. Các kết quả cho thấy hệ thống solar tracking thiết kế đã cải thiện mức tăng công suất đầu ra 18-25% so với bảng tĩnh tại thành phố Kirkuk, Iraq. Năm 2016, Fathabadi thử nghiệm cho kết quả mức năng lượng thu được từ hệ thống solar tracking trực kép cao hơn hệ thống tĩnh từ 28,8% – 43,6% tùy theo mùa. Wang và Lu (2013) đã thực hiện một hệ thống solar tracking trực kép tại New Taipei City (Đài Loan). Các thí nghiệm cho thấy hệ thống của họ nâng mức năng lượng lên tới 28.31% cho một ngày nhiều mây.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi thiết kế, thi công hệ thống solar tracking trực đơn có kết cấu đơn giản, chi phí thấp mà vẫn đáp ứng yêu cầu tăng hiệu suất khai thác năng lượng bức xạ mặt trời. Hệ thống hoạt động tự động được điều khiển bởi vi điều khiển Arduino. Kết quả của nghiên cứu này cung cấp giải pháp sử dụng năng lượng mặt trời tối ưu, đồng thời cung cấp tài liệu nghiên cứu ứng dụng năng lượng mặt trời, hoặc phục vụ cho dạy học trong mô hình giáo dục STEM. Bài viết được tổ chức như sau: phần 2 trình bày về nguyên lý hoạt động của một hệ thống solar tracking; phần 3 trình bày về thiết kế phần cứng, phần mềm; phần 4 trình bày kết quả thử nghiệm, so sánh với hệ thống tĩnh; cuối cùng là kết luận.

2. Cơ sở khoa học và phương pháp

2.1. Hệ thống solar tracking

Bởi vì trái đất luôn luôn quay xung quanh trục của mình, góc của ánh sáng mặt trời liên tục thay đổi, ảnh hưởng đến lượng bức xạ mặt trời chiếu lên giàn pin năng lượng (hình 1). Để tăng hiệu suất hấp thụ ánh sáng từ mặt trời chúng ta cần có một hệ thống thiết bị giúp các tấm pin quang điện định hướng theo mặt trời, được gọi là hệ thống solar tracking.



Hình 1. Đường đi của mặt trời tại thành phố Thủ Dầu Một (Bình Dương, Việt Nam)

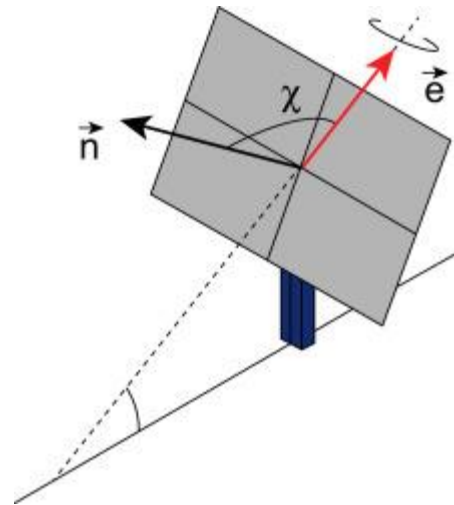
Hệ thống solar tracking được tạo ra để tận dụng bức xạ mặt trời hiệu quả nhất có thể, tăng lượng bức xạ năng lượng đến giàn pin mặt trời vì thế năng lượng điện sản sinh ra sẽ nhiều hơn so với các cơ cấu cố định (Jovanovic, 2016). Một hệ thống theo dõi năng lượng mặt trời bao gồm ba thành phần: cơ cấu cơ khí, tấm pin mặt trời và hệ thống điều khiển.

2.2 Các loại hệ thống solar tracking

Hệ thống solar tracking đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển ứng dụng năng lượng mặt trời, nhằm nâng cao hiệu suất của hệ thống điện mặt trời. Theo cấu tạo cơ khí, hệ thống solar tracking có 2 loại: hệ thống trục đơn và trục kép (Reca-Cardena, và López-Luque, 2018). Trong số này, trục kép thường được sử dụng vì nó cung cấp cao hơn độ chính xác và được biết đến để cải thiện năng lượng mặt trời bị bắt công suất so với bảng trục đơn (Jovanovic, 2016). Ngoài ra, còn có cách phân loại theo điều khiển thì có hệ thống tích cực và thụ động (Rizk and Chaiko, 2008).

2.2.1 Solar tracking trục đơn

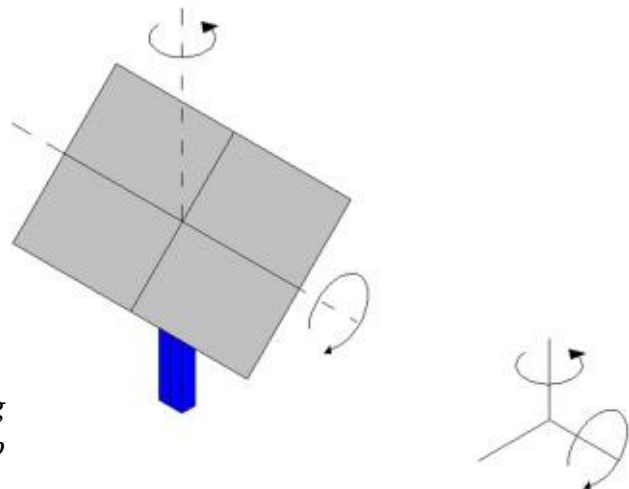
Hệ thống solar tracking trục đơn sử dụng giá treo bảng PV nghiêng và một động cơ điện để di chuyển bảng trên quỹ đạo gần đúng so với vị trí của mặt trời. Trục xoay có thể là ngang, dọc hoặc nghiêng. Hình 2 cho thấy sơ đồ tổng quát của bộ theo dõi một trục hiển thị cả trục xoay (vectơ đơn vị e) và mặt phẳng collector (vectơ đơn vị bình thường đối với mặt phẳng collector). Góc giữa hai vectơ đơn vị này thường được giữ không đổi trong loại solar tracker này. (Reca-Cardena và López-Luque, 2018).



Hình 2. Phương hướng của hệ thống solar tracking trục đơn

2.2.2 Solar tracking trục kép

Hệ thống solar tracking hai trục có thể đạt được mức thu năng lượng tối đa bởi vì, do hoàn toàn tự do di chuyển theo 2 phía nên có khả năng theo dõi mặt trời ở bất cứ nơi nào. (Reca-Cardena và López-Luque, 2018).



Hình 3. Phương hướng của hệ thống solar tracking trục kép

3. Kết quả và thử nghiệm

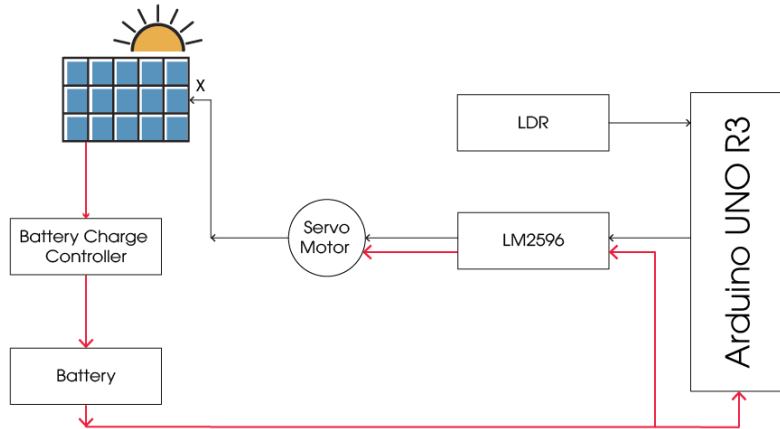
3.1 Giới thiệu cấu trúc hệ thống

Thiết kế đề xuất của chúng tôi là hệ thống solar tracking trục đơn, hoạt động dựa trên vòng điều khiển có phản hồi. Hệ thống gồm có các điện trở quang đóng vai trò cảm

biến, động cơ servo, thiết bị truyền động, vi điều khiển Arduino. Toàn bộ hệ thống được chia thành hai phần chính: phần cứng và phần mềm. Các thiết bị chính được liệt kê ở bảng 1 và hệ thống có sơ đồ như hình 4.

Bảng 1. Danh sách các thiết bị

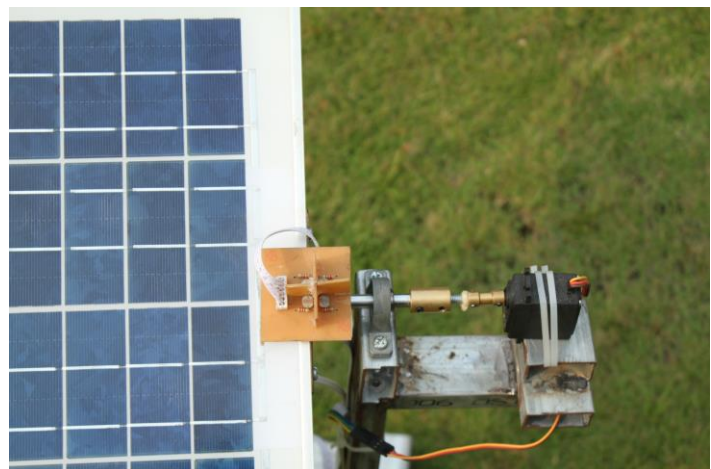
Số TT	Tên linh kiện	Số lượng
1	Arduino Uno R3	1
2	MG996R Servo Motor	1
3	Light Dependent Resistor	4
4	Module LM2596	1
5	Solar Panel 10 W	1
6	Solar charge controller	1
7	Battery	1
8	DSN-VC288 DC 100V 10A Voltmeter Ammeter	1



Hình 4. Sơ đồ khối hệ thống

3.2 Thiết kế phần cứng

Hình 5, 6 mô tả cấu tạo của mô hình, gồm 2 thành phần chính: các bộ phận cố định và di động. Các bộ phận cố định là chân đế của hệ thống, khớp đi động được gắn với động cơ servo, được đặt phía trên để xoay tấm pin mặt trời theo hướng lên xuống.



Hình 5. Cảm biến quang trở và động cơ servo



Hình 6. Hệ thống mô hình solar tracking trực đơn

3.3 Thiết kế phần mềm

Hệ thống cảm biến bao gồm 4 quang trở (R1, R2, R3, R4) sẽ làm nhiệm vụ tiếp nhận ánh sáng từ nguồn sáng. Giữa 4 quang trở này sẽ có một vách ngăn hình chữ thập làm nhiệm vụ phân chia 4 cảm biến quang trở thành 4 hướng khác nhau riêng biệt. Vách ngăn này sẽ làm nhiệm vụ định hướng cho 4 quang trở luôn luôn hướng về phía có nguồn sáng mạnh nhất, cụ thể là mặt trời. Khi cụm cảm biến vuông góc với tia bức xạ của mặt trời, giá trị của 4 cảm biến sẽ bằng nhau.

Tín hiệu từ cụm cảm biến sẽ được truyền trực tiếp về phần tử trung tâm điều khiển Arduino và chuyển thành tín hiệu số. Tại đây, Arduino sẽ so sánh trị trung bình của hai cảm biến quang trở liền kề với trung bình của hai cảm biến đối diện.

$$A = (R1 + R2)/2 \quad (1)$$

$$B = (R3 + R4)/2 \quad (2)$$

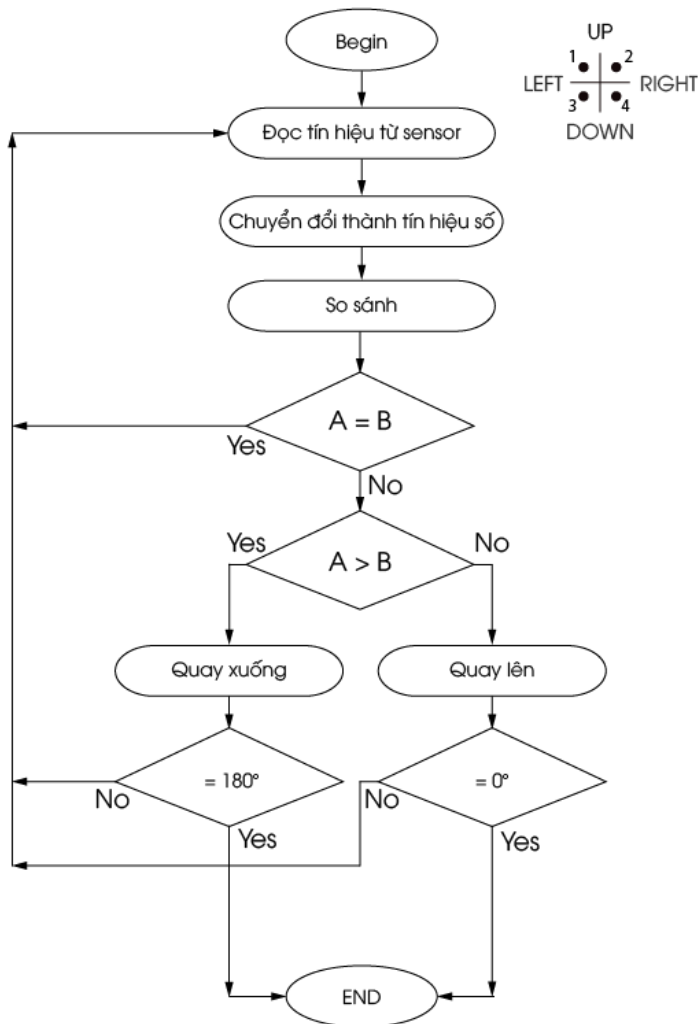
Với R1, R2, R3, R4 lần lượt là giá trị điện trở của 4 điện trở quang LDR1, LDR2, LDR3, LDR4. Các giá trị này tương ứng nghịch đảo với giá trị điện áp chuyển về Arduino.

Nếu $A = B$ thì động cơ servo điều khiển trục X đứng yên.

Nếu $A > B$, có nghĩa là ánh sáng tập trung ở bên R3, R4 nhiều hơn, động cơ servo xoay tấm pin hướng xuống cho đến khi ánh sáng vuông góc với tấm pin thì dừng lại.

Nếu $A < B$, có nghĩa là ánh sáng tập trung ở bên R1, R2 nhiều hơn, động cơ servo xoay tấm pin hướng lên cho đến khi ánh sáng vuông góc với tấm pin thì dừng lại.

Góc quay của các động cơ servo nằm trong giới hạn là 0 – 180 độ.



Hình 7. Lưu đồ chương trình

3.4 Thử nghiệm

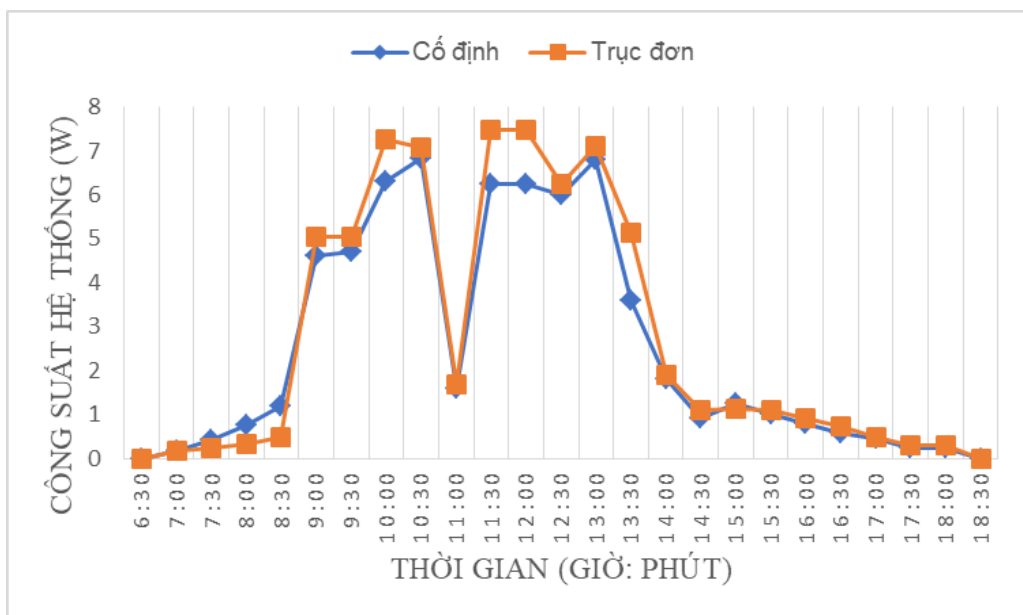
Chúng tôi đã thực hiện thử nghiệm cho 2 hệ thống: tấm pin năng lượng mặt trời cố định, hệ thống solar tracking trực đơn. Thử nghiệm được thực hiện vào ngày 12/12/2019, từ 6h30 đến 18h30, thời tiết nắng ấm, nhưng nhiều mây, tại địa điểm 10°58'49.8"N 106°40'26.4"E.

Bảng 2 là thống kê kết quả thử nghiệm cho 2 hệ thống, và kết quả này được vẽ thành đồ thị như hình 8. Kết quả thử nghiệm ở hệ thống tracking trực đơn tổng công suất thu được nhiều hơn 6,034W (9.622%) so hệ thống tấm pin năng lượng mặt trời đứng yên. Như vậy, với việc sử dụng hệ thống tracking pin năng lượng mặt trời trực đơn sẽ có hiệu suất lớn hơn so với việc để tấm pin cố định.

Qua hình 8 chúng ta thấy hiệu suất của hệ thống trực đơn tối ưu hơn so với hệ thống cố định. Đồ thị hạ xuống ở thời điểm 11h là do đám mây che kín, vào lúc 11h xuất hiện đám mây che ánh nắng mặt trời, do vậy công suất của tất cả 3 hệ thống đều giảm.

Bảng 2. Dữ liệu thử nghiệm đánh giá hiệu suất năng lượng của hệ thống solar tracking

Thời gian (h: mm)	Tấm pin cố định (Watt)	Hệ thống trục đơn (Watt)
6:30	0	0
7:00	0,16	0,16
7:30	0,415	0,24
8:00	0,765	0,32
8:30	1,2	0,49
9:00	4,6	5,04
9:30	4,7	5,04
10:00	6,3	7,27
10:30	6,84	7,08
11:00	1,58	1,69
11:30	6,25	7,48
12:00	6,25	7,48
12:30	6	6,25
13:00	6,8	7,12
13:30	3,6	5,15
14:00	1,8	1,89
14:30	0,9	1,09
15:00	1,26	1,13
15:30	0,99	1,11
16:00	0,8	0,91
16:30	0,57	0,729
17:00	0,45	0,49
17:30	0,24	0,3
18:00	0,236	0,29
18:30	0	0
Tổng	62.706	68.74



Hình 8. Biểu đồ so sánh công suất của hệ thống trục đơn và cố định

4. Kết luận

Đề thu được tối đa năng lượng bức xạ mặt trời cần sử dụng hệ thống solar tracking. Nghiên cứu này đã thiết kế hệ thống solar tracking sử dụng quang trở, vi điều khiển Arduino, động cơ servo. Kết quả cho thấy hệ thống solar tracking đơn tối ưu hơn so với các hệ thống cố định, với hiệu suất vượt trội là 9.622%. Hệ thống solar tracking theo thiết kế này chi phí thấp, hiệu quả và dễ chế tạo. Hướng nghiên cứu tiếp theo là cải tiến phần cứng với hiển thị số liệu thời gian, điện áp, dòng điện, công suất qua màn hình LCD và xuất dữ liệu qua mạng wifi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rezvani, A., Gandomkar, M., Izadbakhsh, M., & Ahmadi, A. (2015). *Environmental/economic scheduling of a micro-grid with renewable energy resources*. Journal of Cleaner Production, 87, 216-226.
- [2] T. C. Mallick, M. Saifuddin, B. Barua and K. M. Rahman (2014). "A design & implementation of a single axis solar tracker with diffuse reflector". IEEE 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST). Cox's Bazar, Bangladesh, October 21-23.
- [3] Polo, J., Bernardos, A., Navarro, A. A., Fernandez-Peruchena, C. M., Ramírez, L., Guisado, M. V., & Martínez, S. (2015). *Solar resources and power potential mapping in Vietnam using satellite-derived and GIS-based information*. Energy Conversion and Management, 98, 348-358.
- [4] Lokhande, Mayank Kumar (2014). "Automatic solar tracking system". International Journal of Core Engineering and Management 1.7 (2014): 122-133.
- [5] Guiha Li, Runsheng Tanf, Hao Zhong (2011). "Optical Performance of Horizontal Single-Axis Tracked Solar Panels". Solar Energy Research Institute Yunnan Normal University, China.
- [6] Rizk J. and Chaiko Y (2008). "Solar Tracking System: More Efficient Use of Solar Panels". World Academy of Science, Engineering and Technology.
- [7] Imam Abadi, Adi Soeprijanto, Ali Musyafa (2015). "Design of Single Axis Tracking System at Photovoltaic Panel Using Fuzzy Logic Controller". Department of Engineering Physics and Electrical Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology, Surabaya.
- [8] Ashwin R, Joshuara I Immanuel K, Lalith Sharavn C, Ravi Prasad P.S, Varun A.K (2014). "Design and Fabrication of Single Axis Solar Tracking System". Journal of Mechanical and Production Engineering.
- [9] Anusha, K., and S. Chandra Mohan Reddy (2013). "Design and development of real time clock based efficient solar tracking system". International Journal of Engineering Research and Applications 3.1 (2013): 1219-1223.
- [10] Hussian S. Akbar, Muayyad N. Fathallah, Ozlim O. Raoof (2017). "Efficient Single Axis Tracker Design for Photovoltaic System Applications". Physics Department, College of Science, Kirkuk University and Electronic Department, Kirkuk Technical College.
- [11] Fathabadi, H. (2016). *Novel high accurate sensorless dual-axis solar tracking system controlled by maximum power point tracking unit of photovoltaic systems*. Applied Energy, 173, 448-459.
- [12] Wang, J. M., & Lu, C. L. (2013). *Design and implementation of a sun tracker with a dual-axis single motor for an optical sensor-based photovoltaic system*. Sensors, 13(3), 3157-3168.
- [13] Jovanovic, V. M., Ayala, O., Seek, M., & Marsillac, S. (2016, March). *Single axis solar tracker actuator location analysis*. In SoutheastCon 2016 (pp. 1-5). IEEE.
- [14] Reza-Cardena, J., & López-Luque, R. (2018). *Design Principles of Photovoltaic Irrigation Systems*. In Advances in Renewable