

Ứng dụng IoT giám sát và điều hướng hệ thống pin năng lượng mặt trời công suất nhỏ

The application of IoT for monitoring and navigating the solar system with small power

Nguyễn Thị Bích Hạnh^{a,b*}, Trần Văn Hiến Thông^{a,b}
Nguyen Thi Bich Hanh^{a,b*}, Tran Van Hien Thong^{a,b}

^aKhoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^aFaculty of Electrical & Electronics Engineering, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam

^bViện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Cao, Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^bInstitute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam

(Ngày nhận bài: 7/3/2022, ngày phản biện xong: 20/5/2022, ngày chấp nhận đăng: 27/5/2022)

Tóm tắt

Năng lượng tái tạo, trong đó năng lượng mặt trời đã và đang được cả thế giới quan tâm nghiên cứu và sử dụng. Nhu cầu về cung cấp nguồn năng lượng mặt trời cho các hệ thống cần nguồn năng lượng vừa và nhỏ nhưng cần hiệu suất cao như ứng dụng trong đèn giao thông, hệ thống chiếu sáng công cộng, hệ thống tàu thuyền đánh bắt trên biển, trong các thiết bị an ninh v.v. rất cần thiết. Tuy nhiên, các hệ thống năng lượng mặt trời đang gặp một vấn đề là nếu đặt tấm pin ở vị trí cố định thì chỉ thu được mức công suất tối đa nhất trong một vài giờ cao điểm trong ngày nên hiệu suất chưa cao. Trong bài báo này chúng tôi ứng dụng công nghệ Internet Of Things vào thiết kế và thi công hệ thống điều hướng pin mặt trời, có thể giám sát hệ thống trên App của Smartphone thông qua Internet và điều hướng tấm pin theo hướng di chuyển của mặt trời trong ngày để đạt được hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao.

Từ khóa: Năng lượng tái tạo; Năng lượng mặt trời; cảm biến, điều hướng, IoT.

Abstract

Renewable energy, especially solar energy has been and is being researched and used by the whole world. The demand for solar power supply for systems that need small and medium-sized energy sources but need high efficiency such as applications in traffic lights, public lighting systems, fishing boat systems at sea, in security devices etc. is essential. However, solar energy systems are facing a problem that if the panels are placed in a fixed position, they only get the maximum capacity during a few peak hours of the day, so the efficiency is not high. In this article, we apply the Internet Of Things technology to the design and construction of a solar cell navigation system, which can monitor the system on a Smartphone App via the Internet and navigate the solar panel in the direction of the sun's movement during the day to achieve high energy conversion efficiency.

Keywords: Renewable energy; solar pannel; sensor, navigation, IoT.

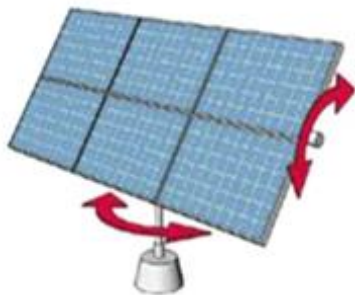
1. Giới thiệu

Hiện nay nguồn năng lượng mặt trời đã được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam, tuy nhiên hiệu

suất chuyển đổi năng lượng không cao, khoảng 15-25%. Vì vậy, nhu cầu về cung cấp nguồn năng lượng mặt trời với hiệu suất cao, đặc biệt

*Corresponding Author: Nguyen Thi Bich Hanh; Faculty of Electrical & Electronics Engineering, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam; Institute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam
Email: hanhnguyen.unilab@gmail.com

là các hệ thống cần nguồn năng lượng vừa và nhỏ là rất cần thiết vì những có những hệ thống không thể trang bị số lượng tấm pin mặt trời diện tích lớn. Hệ thống năng lượng mặt trời sẽ đạt hiệu suất cao khi bức xạ mặt trời luôn chiếu vuông góc lên tấm pin. Do mặt trời luôn di chuyển trong ngày nên nếu ta đặt hệ thống pin mặt trời cố định thì không đạt được hiệu suất thu năng lượng tối đa. Việc điều chỉnh hướng của các tấm pin sao cho chúng hướng về phía mặt trời để các tế bào quang điện (solar cell) nhận được lượng ánh sáng tối ưu hơn sẽ giúp tăng hiệu suất thu năng lượng mặt trời, đồng thời có thể đạt được công suất tối đa trong suốt thời gian hoạt động vào những ngày nắng, quang mây. Việc tăng hiệu suất thu năng lượng cho các hệ thống pin mặt trời có ý nghĩa rất lớn cho những ứng dụng chỉ có thể lắp các tấm pin với quy mô nhỏ.



Hình 1: Điều hướng pin mặt trời

Ngoài ra, việc ứng dụng “Internet of Things” (IoT) để giám sát và điều hướng hệ thống qua hệ thống cảm biến thu thập dữ liệu và gửi qua Smartphone giúp người dùng có thể giám sát hệ thống từ xa qua Internet góp phần tạo nên một hệ thống an toàn, mang lại hiệu quả kinh tế cao, giúp nâng cao tính chuyên nghiệp và tạo ra một hệ thống năng lượng mặt trời hiệu suất cao.

Phần còn lại của bài báo này được cấu trúc như sau: Phần 2 sẽ giới thiệu các kết quả và các công trình có liên quan đến IoT và điều hướng pin năng lượng mặt trời. Phần 3 đề xuất mô hình giám sát và điều hướng hệ thống pin năng lượng mặt trời. Phần 4 trình bày các kết quả

thực nghiệm và so sánh hiệu quả giữa các hướng tiếp cận. Cuối cùng là phân kết luận và hướng phát triển.

2. Các kết quả và công trình liên quan

2.1. Hướng tiếp cận IoT

Việc ứng dụng IoT vào hệ thống pin mặt trời sẽ giúp người dùng có thể giám sát hoạt động của thiết bị từ xa trong thời gian thực và giúp giảm chi phí vận hành. Với sự trợ giúp của biện pháp kiểm soát này, năng lượng mặt trời có thể được khai thác với hiệu quả tối đa. Đồng thời hệ thống ứng dụng IoT để giám sát và điều hướng hệ thống góp phần tạo nên một hệ thống an toàn, mang lại hiệu quả kinh tế cao. Hệ thống gồm các cảm biến: Cảm biến dòng điện, cảm biến điện áp, cảm biến cường độ ánh sáng. Thông tin thu thập từ cảm biến sẽ gửi đến Vi điều khiển Raspberry pico để xử lý và gửi đến người dùng qua Internet.

Người dùng sẽ sử dụng App Blynk để theo dõi và giám sát tình hình hoạt động của hệ thống (dòng điện, công suất, điện áp và mức ánh sáng) và từ đó điều chỉnh hướng của hệ thống sao cho thu được nhiều năng lượng mặt trời phù hợp với từng giờ và từng ngày trong tháng. Các thông số sẽ được gửi đến điện thoại thông qua mạng Internet. Hệ thống có chức năng:

- Giám sát thời gian thực: Các cảm biến như cảm biến cường độ sáng, cảm biến dòng điện, cảm biến điện áp, v.v... được lắp ráp trong hệ thống giám sát để cảm nhận và ghi lại dữ liệu thời gian thực. Hệ thống giám sát năng lượng mặt trời dựa trên IoT thực hiện giám sát từ xa tập trung và theo dõi dữ liệu hiệu suất thời gian thực của các hệ thống điện mặt trời như suy giảm hiệu suất, thời gian ngừng hoạt động gây ra tổn thất phát điện.

- Lưu trữ dữ liệu: Dữ liệu được giám sát được lưu trữ trong hệ thống và có thể được truy xuất bất kỳ lúc nào để xác định hiệu quả của hệ thống.

- Biểu đồ hiệu suất: Hệ thống giám sát điện thông minh đi kèm với thiết bị bảng điều khiển, tức là người ta có thể xem toàn bộ dữ liệu được ghi lại của tất cả các dữ liệu ở một nơi thông qua ứng dụng di động. Dữ liệu ghi lại được hiển thị dưới dạng biểu đồ và được báo cáo hàng ngày, hàng tháng (có thể tạo báo cáo kịp thời tùy theo yêu cầu).

- Phát hiện lỗi: Hệ thống giám sát đi kèm với chức năng báo động khi nhiệt độ cao hoặc các cảm biến bị lỗi, v.v...

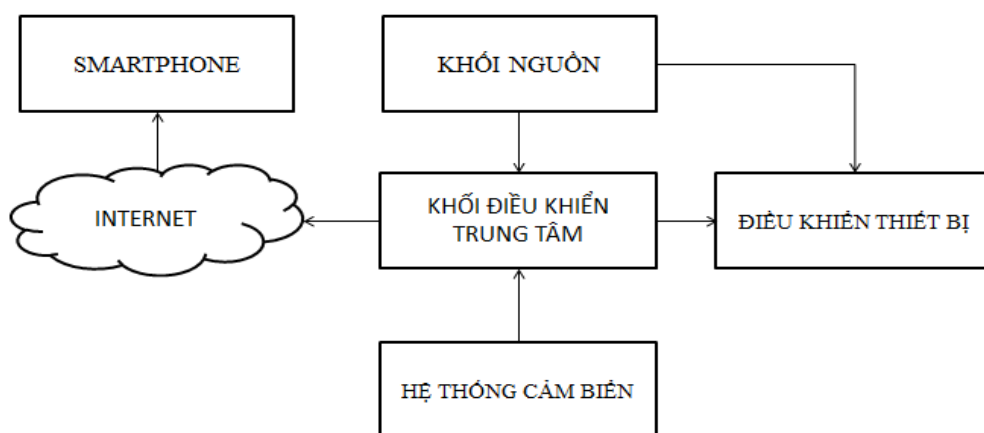
2.2. Hướng tiếp cận điều hướng hệ thống pin mặt trời

2.2.1. Hệ thống điều hướng pin mặt trời

Hệ thống sẽ được xây dựng dựa trên đường đi chuyển của mặt trời theo từng tháng, ngày, giờ. Hệ thống sẽ thực hiện việc nâng, hạ tấm

pin năng lượng mặt trời theo từng tháng trong năm, đồng thời di chuyển tấm pin bám theo đường đi chuyển của mặt trời trong ngày nhằm tăng hiệu suất thu năng lượng mặt trời trong ngày. Những dữ liệu được thu thập từ việc điều hướng sẽ gửi về điện thoại thông minh để người dùng giám sát.

Các cảm biến sẽ cung cấp các thông số dòng điện, điện áp, đồng thời module thời gian thực sẽ cung cấp cho chúng ta thời gian hiện tại bao gồm ngày và giờ sẽ được hiển thị lên màn hình LCD và đồng thời sẽ gửi dữ liệu lên app Blynk để giám sát. Hệ thống sẽ dựa vào thông số của cảm biến và thời gian để điều khiển động cơ bước để điều hướng tấm pin mặt trời di chuyển bám theo mặt trời theo từng giờ trong ngày từ đó thu được năng lượng tối ưu nhất trong ngày.



Hình 2: Mô hình Điều hướng pin mặt trời áp dụng IoT để giám sát

Từ giá trị của cảm biến cường độ sáng và kết hợp với biểu đồ cường độ sáng trong ngày.

❖ Dựa vào từng khoảng thời gian trong ngày giá trị cường độ sáng (Lux) sẽ khác nhau. Ở đây động cơ bước thứ nhất phục vụ điều hướng sẽ được lập trình để tự động chạy hoặc dừng nếu thỏa mãn điều kiện về mức cường độ sáng theo từng giờ trong ngày. Dựa theo biểu đồ cường độ sáng của từng thời điểm trong ngày ta có thể xác định như sau:

- Lúc 6h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 5000 đến 25000.

- Lúc 7h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 10000 đến 55000.

- Lúc 8h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 15000 đến 85000.

- Lúc 9h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 30000 đến 115000.

- Lúc 10h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 55000 đến 140000.

- Lúc 11h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 65000 đến 150000.

- Lúc 12h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 75000 đến 160000.

- Lúc 13h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 75000 đến 155000.

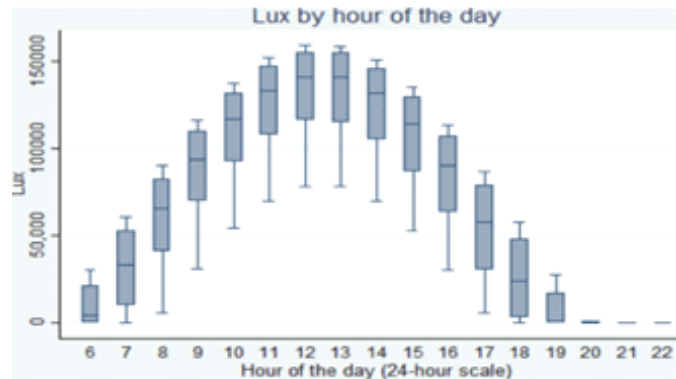
- Lúc 14h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 65000 đến 150000.

- Lúc 15h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 55000 đến 135000.

- Lúc 16h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 35000 đến 115000.

- Lúc 17h: Cường độ sáng sẽ dao động từ 10000 đến 90000.

- Lúc 18h: Hệ thống sẽ tự động điều khiển động cơ bước về vị trí ban đầu và dừng hệ thống.



Hình 3: Biểu đồ cường độ sáng trong ngày

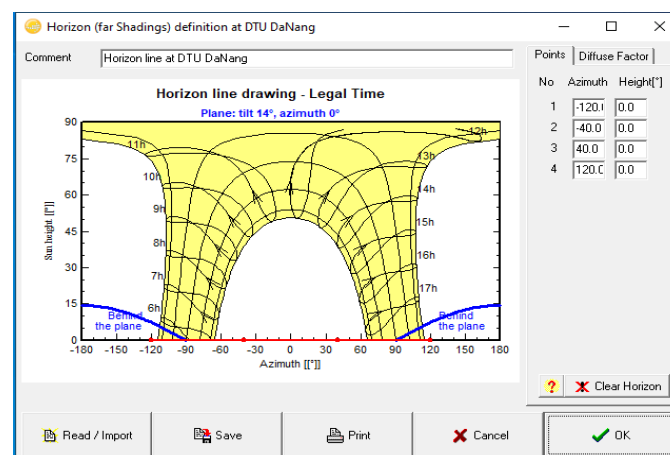
❖ Động cơ bước thứ hai sẽ thực hiện việc nâng hạ tấm pin từ đó tạo ra góc nâng phù hợp để tấm pin vuông góc với đường đi chuyển của mặt trời theo từng tháng trong năm từ đó thu được công suất tối ưu trong năm.

Khi tấm pin bắt đầu được điều hướng và tiếp nhận năng lượng từ mặt trời, cảm biến dòng và cảm biến điện áp sẽ thu thập dữ liệu từ đó xác

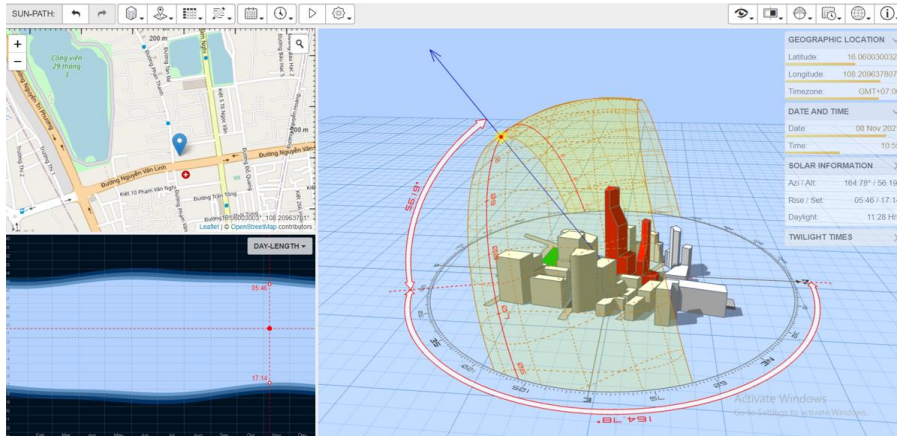
định công suất tại thời điểm trong ngày và gửi dữ liệu lên App Blynk.

2.2.2. Tính góc nâng tấm pin mặt trời theo từng tháng

Dựa theo phần mềm PVSYST và web Andrewmarsh. com ta có thể mô phỏng được mô hình 2D và 3D của đường đi mặt trời trong một năm tại vị trí ta chọn.



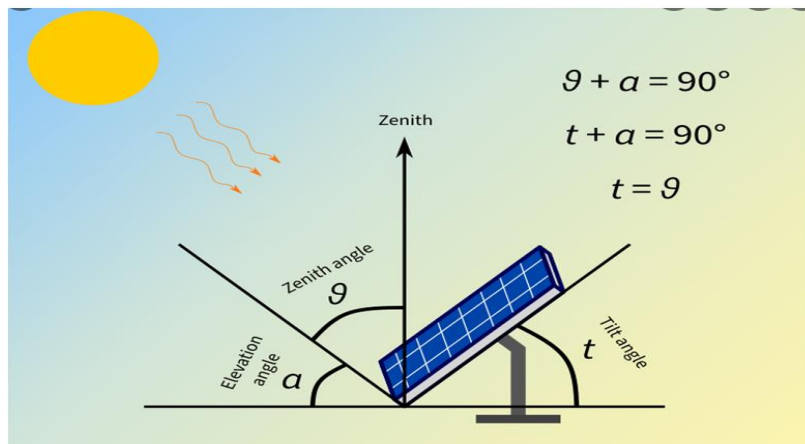
Hình 4: Mô hình 2D đường đi của mặt trời bằng PVSYST.



Hình 5: Mô hình 3D đường đi mặt trời bằng Andrewmarsh.

Sau khi ta có được mô phỏng đường đi của mặt trời trong một năm bao gồm cao độ và vĩ độ ta có thể tính được góc nghiêng của pin như sau:

$$\begin{cases} \text{Góc cao độ} + \text{Góc thiên đỉnh} = 90 \\ \text{Góc cao độ} + \text{Góc nghiêng} = 90 \end{cases} \rightarrow \text{Góc nghiêng} = \text{Góc thiên đỉnh}$$



Hình 6: Tính góc nghiêng của pin.

Chọn vị trí đặt hệ thống điều hướng pin mặt trời tại Trường Đại học Duy Tân, áp dụng công thức tính góc nâng tấm pin ta có thể tính

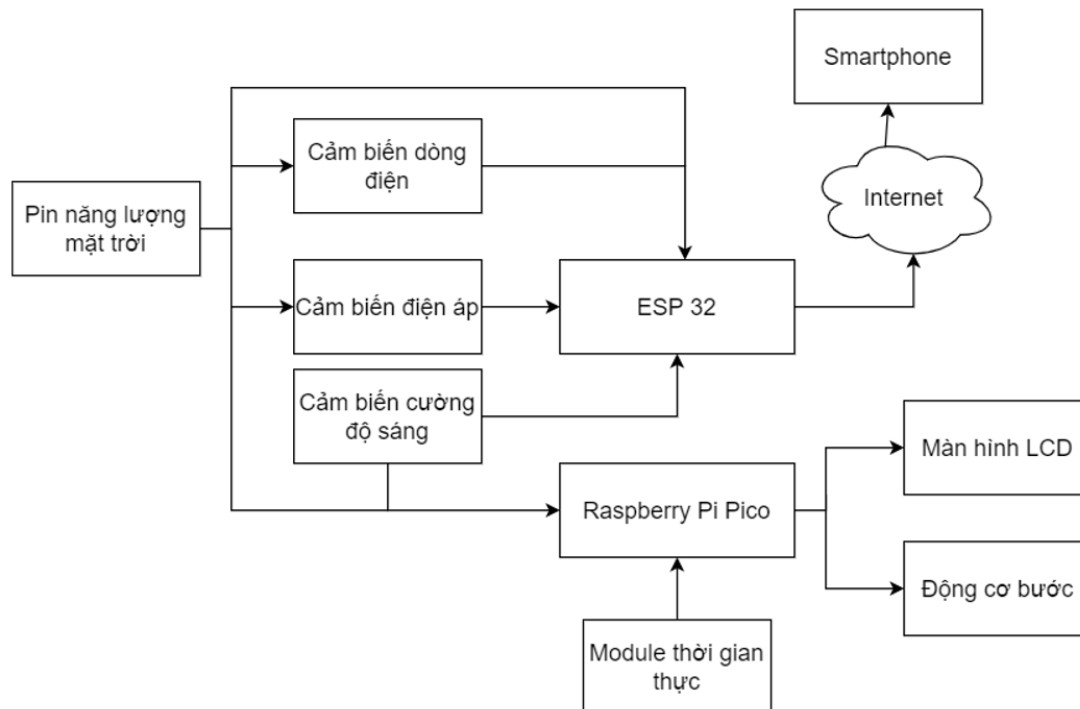
được góc nghiêng cần thiết để tấm pin luôn vuông góc với mặt trời theo từng tháng như bảng sau:

Bảng 1: Góc nghiêng pin tính được theo từng tháng

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ngày												
1	39 ⁰	33 ⁰	24 ⁰	12 ⁰	4 ⁰	7 ⁰	8 ⁰	3 ⁰	8 ⁰	20 ⁰	31 ⁰	38 ⁰
15	37 ⁰	29 ⁰	18 ⁰	7 ⁰	5 ⁰	8 ⁰	6 ⁰	3 ⁰	14 ⁰	25 ⁰	35 ⁰	39 ⁰
30	33 ⁰	24 ⁰	12 ⁰	4 ⁰	7 ⁰	8 ⁰	3 ⁰	8 ⁰	20 ⁰	31 ⁰	38 ⁰	39 ⁰

3. Đề xuất mô hình hệ thống điều hướng pin mặt trời áp dụng IoT.

3.1. Xây dựng phần cứng hệ thống điều hướng pin mặt trời



Hình 7: Xây dựng phần cứng cho hệ thống điều hướng pin mặt trời

❖ Hệ thống điều khiển

Raspberry Pi Pico có nhiệm vụ đọc dữ liệu từ cảm biến cường độ sáng và module thời gian thực từ đó thực hiện xử lý theo các giải thuật đã được lập trình, căn cứ vào kết quả sau khi xử lý thông tin từ cảm biến và module thời gian thực đưa về mà điều khiển động cơ bước hoạt động cho việc điều hướng pin mặt trời để thu được nhiều năng lượng nhất. Còn ESP 32 có nhiệm vụ đọc dữ liệu từ cảm biến dòng, cảm biến điện áp, cảm biến cường độ sáng từ đó gửi dữ liệu lên smartphone.

❖ Hệ thống cảm biến

- Cảm biến dòng điện: Đọc giá trị dòng điện của tấm pin sinh ra trong quá trình hấp thụ năng lượng từ mặt trời.

- Cảm biến điện áp: Đọc giá trị điện áp của tấm pin sinh ra trong quá trình hấp thụ năng lượng từ mặt trời.

- Cảm biến cường độ ánh sáng: Đọc giá trị ánh sáng hiện tại để báo về vi điều khiển. Từ đó hệ thống sẽ tự động điều chỉnh động cơ xoay theo giá trị ánh sáng từ cảm biến.

❖ Ứng dụng trên smartphone

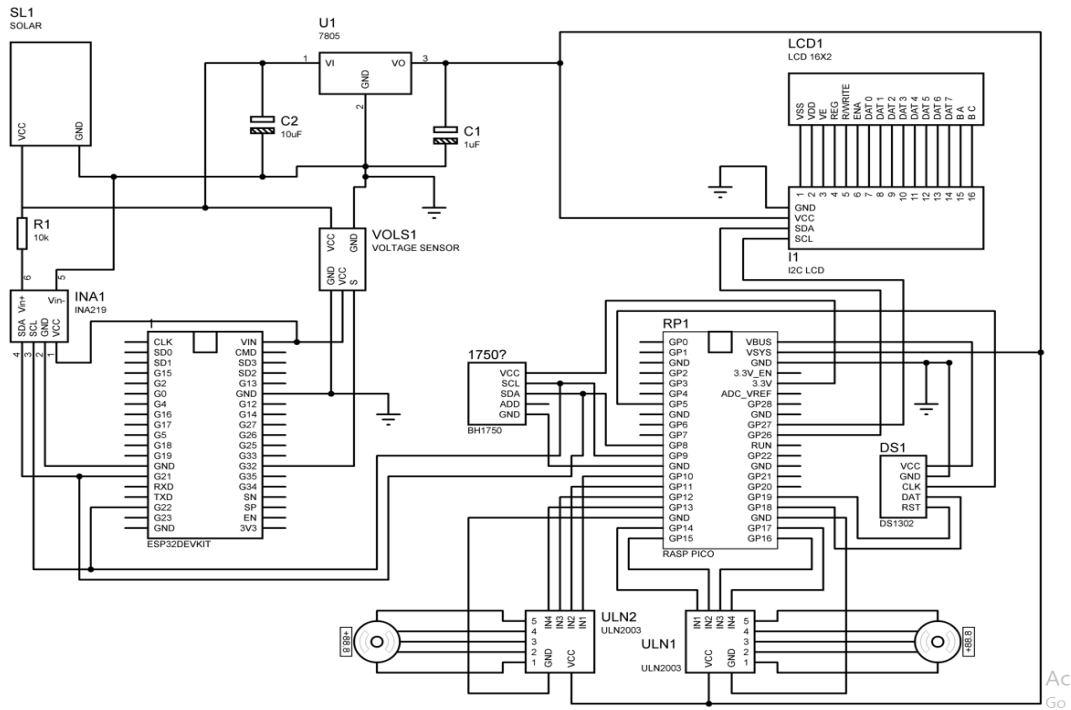
Người dùng sẽ sử dụng App Blynk để theo dõi và giám sát tình hình hoạt động của hệ thống (dòng điện, công suất, điện áp và mức ánh sáng) và từ đó dựa trên đó điều chỉnh sự điều hướng của hệ thống sao cho thu được nhiều năng lượng mặt trời phù hợp với từng giờ và từng ngày trong tháng. Các thông số sẽ được gửi đến điện thoại thông qua mạng Internet.

❖ Nguồn cung cấp cho hệ thống

Nguồn 5V sẽ được cung cấp trực tiếp từ ngoài vào cho bộ vi xử lý trung tâm từ đó các cảm biến sẽ lấy nguồn từ vi xử lý để hoạt động.

3.2. Sơ đồ chi tiết của hệ thống

Hệ thống được lắp đặt theo sơ đồ kết nối như sau:



Hình 8: Sơ đồ chi tiết hệ thống

Theo Hình 8, hệ thống được kết nối trực tiếp từ tấm pin năng lượng mặt trời và được đưa qua mạch hạ áp L7805 để đầu ra là 5V ổn định từ đó cấp nguồn cho toàn bộ hệ thống. Các cảm biến được sử dụng là cảm biến dòng điện, cảm biến điện áp, cảm biến cường độ sáng, module thời gian thực. Việc sử dụng các cảm biến trên nhằm giúp người dùng có thể giám sát được hiệu suất, cường độ ánh sáng của mặt trời theo thời gian thực. Ở đây chúng tôi cũng sử dụng màn hình LCD để hiển thị ngày giờ, mức cường độ sáng của mặt trời. Về phần điều hướng sử dụng động cơ bước để thực hiện việc nâng hạ, di chuyển tấm pin mặt trời vì động cơ bước hoạt động không gây ra tiếng ồn và điều khiển chính xác nên sẽ tạo ra độ ổn định cho hệ thống. Bộ xử lý trung tâm được sử dụng 2 vi điều khiển ESP 32 và Raspberry Pi Pico để phục vụ việc điều hướng và gửi dữ liệu lên điện thoại cho người dùng. Việc sử dụng 2 vi xử lý sẽ giúp hệ thống hoạt động ổn định, ít gặp lỗi

hơn vì mỗi vi xử lý sẽ thực hiện một nhiệm vụ khác nhau.

Các linh kiện sử dụng trong mạch chính

- Khối Nguồn: IC LM7805 có tác dụng biến đổi điện áp đầu vào (7V ->12V) trở thành điện áp 5VDC và các tụ lọc nhiễu gồm các tụ lọc cao tần và các tụ lọc thấp tần cũng được thêm vào.
- Vi xử lý chính được sử dụng là MCU RP2040 30 chân và ESP-WROOM-32.
- Khối hiển thị sử dụng LCD 16x2 giúp tiết kiệm diện tích trên board mạch.
- Khối động cơ sử dụng module ULN 2003 để điều khiển động cơ bước.
- Các cảm biến: module thời gian thực DS1302, cảm biến cường độ sáng: BH1750, cảm biến dòng điện INA219, cảm biến điện áp.

3.3. Xây dựng phần mềm giám sát trên điện thoại

Người dùng sẽ sử dụng App Blynk để theo dõi và giám sát tình hình hoạt động của hệ

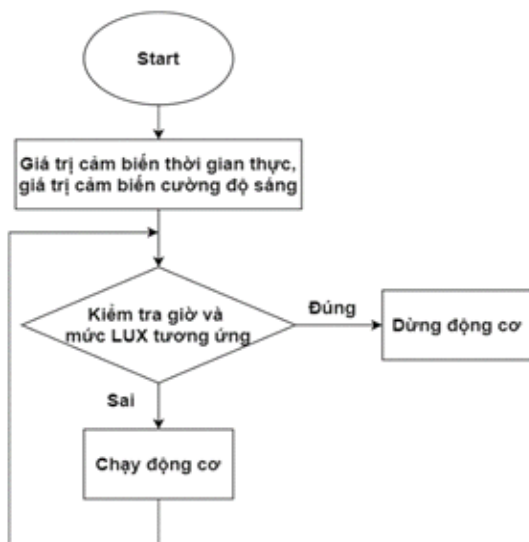
thông (dòng điện, công suất, điện áp và mức ánh sáng) và dựa trên đó điều chỉnh sự điều hướng của hệ thống sao cho thu được nhiều năng lượng mặt trời phù hợp với từ giờ và từng ngày trong tháng. Các thông số sẽ được gửi đến điện thoại thông qua mạng Internet.



Hình 9: Xây dựng phần mềm giám sát trên điện thoại

3.4. Giải thuật điều khiển

Mô tả lưu đồ thuật toán điều khiển hoạt động của động cơ 1: Sau khi nhận giá trị từ cảm biến thời gian thực và cảm biến cường độ sáng. Bộ xử lý trung tâm sẽ thực hiện kiểm tra giờ và mức LUX tương ứng. Nếu giờ và mức LUX tương ứng đúng sẽ dừng động cơ, nếu sai sẽ chạy động cơ và kiểm tra lại dữ liệu.

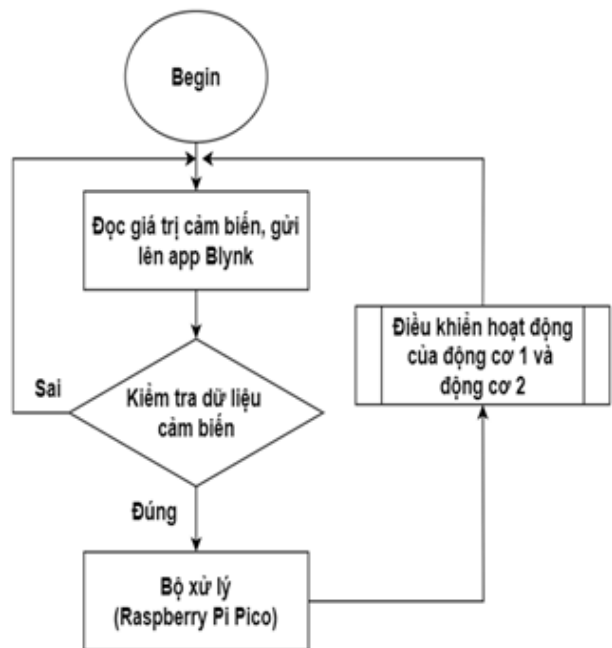


Hình 10: Lưu đồ thuật toán điều khiển hoạt động của động cơ 1.



Hình 11: Lưu đồ thuật toán điều khiển hoạt động của động cơ 2.

Mô tả lưu đồ thuật toán điều khiển hoạt động của động cơ 2: Sau khi nhận giá trị từ cảm biến thời gian thực, bộ xử lý trung tâm sẽ thực hiện kiểm tra tháng tương ứng. Nếu đúng với tháng tương ứng của cảm biến thời gian thực gửi đến động cơ 2 sẽ thực hiện việc nâng tấm pin lên sao cho phù hợp với thông số được lập trình trước đó.



Hình 12: Lưu đồ giải thuật điều khiển chính

Lưu đồ thuật toán hệ thống điều khiển dựa theo dữ liệu từ các cảm biến biểu diễn như sau:

Theo Hình 12, chương trình chính thực thi khởi động các cảm biến như cảm biến cường độ sáng, cảm biến dòng điện, cảm biến điện áp, module thời gian thực. Ban đầu hệ thống sẽ đọc các giá trị cảm biến và sẽ gửi các thông số từ cảm biến điện áp và dòng điện lên app Blynk thông qua module ESP32. Sau đó hệ thống sẽ kiểm tra dữ liệu từ cảm biến cường độ sáng và module thời gian thực. Nếu dữ liệu đưa đến bị lỗi sẽ gửi tín hiệu ngược lại yêu cầu gửi lại dữ liệu cảm biến, còn nếu dữ liệu đưa đến đúng thì sẽ thực hiện lệnh tiếp theo. Sau khi nhận dữ liệu đúng từ cảm biến gửi đến Raspberry Pi Pico sẽ thực hiện việc điều khiển động cơ sao cho phù hợp.

4. Thử nghiệm

4.1. Xây dựng hệ thống ngoài thực tế

Hệ thống ngoài thực tế được xây dựng bao gồm phần cứng và phần mềm. Phần cứng bao gồm các cảm biến, động cơ bước điều hướng, bộ xử lý trung tâm. Còn về phần mềm được xây dựng trên App Blynk ta có thể giám sát các thông số cường độ sáng, điện áp, dòng điện, công suất của tấm pin theo từng giờ trong ngày.



Hình 13: Hệ thống thực tế



Hình 14: Các thông số giám sát hệ thống

4.2. Kết quả thử nghiệm

Để thử nghiệm độ hiệu quả của hệ thống chúng tôi đã xây dựng 1 hệ thống tấm pin mặt trời không điều hướng và một hệ thống có điều hướng. Cả 2 hệ thống đều hoạt động trong cùng một ngày như nhau để chúng tôi có thể so sánh kết quả từ 2 hệ thống và có thể đánh giá được độ hiệu quả.

❖ Trường hợp hệ thống không có điều hướng



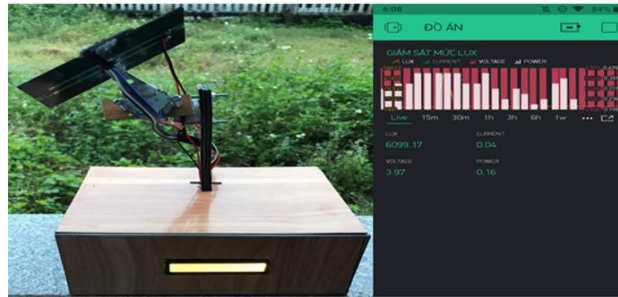
Hình 15: Hệ thống thử nghiệm không điều hướng

Kết quả đo đạt được từ hệ thống không điều hướng theo thời gian trong ngày được biểu diễn trong bảng:

Bảng 2: Kết quả thử nghiệm không điều hướng

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
Điện áp (V)	2.43	4.5	5.24	6.01	6.02	6.3	6.43	6.43	6.20	5.76	5.12
Dòng Điện(A)	0.01	0.02	0.04	0.05	0.07	0.1	0.15	0.15	0.13	0.1	0.07
Công Suất(W)	0.024	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	1	1	0.81	0.6	0.35
Tổng	5.39W										

❖ Trường hợp hệ thống có điều hướng



Hình 16: Hệ thống thử nghiệm có điều hướng

Kết quả đo đạt được từ hệ thống có điều hướng được biểu diễn trong bảng sau:

Bảng 3: Kết quả thử nghiệm có điều hướng

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
Điện áp (V)	3.97	5.01	5.90	6.3	6.6	6.84	6.98	6.92	6.8	6.4	5.5
Dòng Điện(A)	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.12	0.16	0.15	0.12	0.11	0.08
Công Suất(W)	0.16	0.2	0.29	0.37	0.46	0.82	1.12	1.04	0.82	0.7	0.44
Tổng	6.42W										

Từ kết quả thực nghiệm đo đạt trong các bảng từ 2 hệ thống khác nhau là hệ thống có điều hướng và hệ thống không điều hướng ta thấy được mức độ cải thiện (%) của hệ thống có điều hướng ở mỗi khung giờ tương ứng như bảng sau:

Bảng 4: Mức độ cải thiện (%) giữa hệ thống có điều hướng và hệ thống không điều hướng

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
% Điện áp cải thiện	163%	111%	113%	105%	110%	109%	109%	108%	110%	111%	107%
% Dòng Điện cải thiện	400%	200%	125%	120%	100%	120%	107%	100%	92%	110%	114%
% Công Suất cải thiện	667%	200%	145%	123%	115%	137%	112%	104%	101%	117%	126%

Quan sát ở Bảng 4 ta có thể thấy được việc điều hướng tấm pin sẽ cải thiện được hiệu suất thu năng lượng, công suất của hệ thống có điều hướng thu được cao hơn so với hệ thống không điều hướng vào các thời điểm trong ngày và tổng công suất thu trong 1 ngày cũng cao hơn giữa tấm pin có điều hướng với tấm pin không điều hướng. Đặc biệt, hệ thống điều hướng pin mặt trời mang lại hiệu quả lớn nhất trong các

khung giờ vào buổi sáng sớm và buổi chiều tối. Kết quả thực nghiệm cũng phù hợp với cơ sở lý thuyết về hiệu suất pin năng lượng mặt trời. Vì vậy có thể kết luận tấm pin có điều hướng làm tăng hiệu suất thu năng lượng mặt trời đáng kể so với hệ thống không điều hướng.

5. Kết luận

Bài báo này đã cung cấp cho một giải pháp để tăng hiệu suất thu năng lượng mặt trời và có thể giám sát các thông số của hệ thống pin mặt trời từ xa qua Internet. Hiện nay hệ thống năng lượng mặt trời có điều hướng và có thể giám sát trên điện thoại hiện đang được nghiên cứu nhiều trên thế giới để tối ưu năng lượng thu được từ mặt trời. Các kết quả thực nghiệm và so sánh cho thấy phương pháp đề xuất đạt được độ chính xác cao, chi phí đầu tư thấp hơn so với các hướng tiếp cận đã có.

Tài liệu tham khảo

- [1] Đặng Đình Thống (2005), “Pin mặt trời và ứng dụng”, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.
- [2] Bùi Đức Hùng, Nguyễn Thị Thu Hằng (2017), “Năng lượng mới”, Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội.
- [3] Fawzi M. Al-Naima, Ramzy S. Ali, Ahmed J. Abid (2013), “Solar Tracking System - Design based on GPS and Astronomical Equations” , *IT-DREPS Conference & Exhibition*, pp. 23-28.
- [4] Pritam Pokhra, Rajeshwari, Raj Kumar Yadav (2020), “A Project Report on Automatic Sun Tracking Solar Panel Based on Open Loop Concept”, *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, pp. 12-15.
- [5] MohammadWaseem, A F Sherwani, Mohd Suhaib (2017) , “Some studies of navigation system for solar powered autonomous vehicle”, *Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering*, pp. 58-64.
- [6] Srikant Devaraj, Pankaj C. Patel (2017), “Taxicab tipping and sunlight”, *PloS One*.
- [7] David Wettergreen, Benjamin Shamah, Paul Tompkins, William Whittaker (2016), “*Robotic Planetary Exploration by Sun-Synchronous Navigation*”, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 2015
- [8] Mohammad Azam, Tejmani Kumar, Munendra Singh, “*Sun Tracking Solar Panel System*”, *International Journal of Computer and Electrical Engineering*.
- [9] Liu W.(2015), “Sun tracker: Design, build and test”, , in *Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 2015 IEEE 81st pp. 1–5.
- [10] Purnima Singh, Roop Pahuja, Meghavi Karwasra, Sunita Beniwal, Meenakshi Bansal, Anamika Dadhich (2016), “*Dual Axis Solar Tracking System for Solar Panel*”, *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, pp. 403-411.
- [11][11] A. A. Okandeji, M. B. Olajide, G. O. Olanikanmi and Z. O. Jagun (2020), “ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF A SOLAR TRACKING RACK SYSTEM”, *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, pp. 871 – 886.
- [12] <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>