

THU THẬP VÀ ĐÁNH GIÁ MỨC NĂNG LƯỢNG NHẪM CẢI THIẾN HIỆU SUẤT LÀM VIỆC CỦA PIN MẶT TRỜI

Từ Viêt Hoàng¹, Phạm Tiến Huy¹, Hoàng Anh Dũng¹, Phạm Văn Hải¹

Email: tvhoang9@hou.edu.vn

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 05/12/2024

Ngày phản biện đánh giá: 12/06/2025

Ngày bài báo được duyệt đăng: 23/06/2025

DOI: 10.59266/houjs.2025.590

Tóm tắt: Nhằm đánh giá được mức độ suy giảm năng lượng sản sinh ra trong quá trình chuyển đổi từ quang năng thành điện năng của pin mặt trời bị tác động bởi các yếu tố môi trường và lão hoá (Babalola & cộng sự, 2024). Ngoài ra còn là đánh giá hiệu suất khi vệ sinh tấm pin. Do vậy, bài báo đã thiết kế bộ đo lường và thu thập dữ liệu về mức năng lượng sản sinh của tấm pin mặt trời ngoài tự nhiên. Bộ đo lường dùng các cảm biến đo đặc về nhiệt độ, độ ẩm, dòng điện, điện áp. Sử dụng vi điều khiển và cảm biến (Phan & Nguyễn, 2023) kết hợp với các hệ thống lưu trữ dữ liệu và hiển thị các thông tin trực tuyến cũng như lưu lại để làm kết quả sau này. Sử dụng nhiều hơn một tấm pin mặt trời để đo đặc và đánh giá mức năng lượng. Bên cạnh đó sử dụng các tải giả có cùng mức thông số về tiêu hao điện như dòng, áp, công suất để tạo thiết bị nhận năng lượng từ các tấm pin. Trên cùng một điều kiện thí nghiệm chỉ khác biệt ở tần suất vệ sinh và lau tấm pin mặt trời từ đó đưa ra các dữ liệu trực quan bằng biểu đồ.

Từ khóa: đo lường mức năng lượng, thu thập và xử lý dữ liệu, cảm biến

I. Đặt vấn đề

Để đối mặt với vấn đề thiếu năng lượng trên toàn cầu cũng như các vấn đề liên quan mật thiết giữa năng lượng và kinh tế. Tại Việt Nam, hiện nay đã có đủ các hình thức khai thác năng lượng phổ biến như nhiệt điện, thủy điện, phong điện, quang điện. Đối với các nguồn năng lượng như thủy điện, nhiệt điện và phong điện thường được đầu tư bởi các tập đoàn lớn, hoặc do nhà nước cấp vốn cũng như

quản lý, do vậy đều có các cơ chế cũng như quy trình để có thể thu được mức năng lượng tốt nhất với giá thành thấp. Còn quang điện, trên toàn lãnh thổ Việt Nam hiện nay, có vô số các hệ thống pin mặt trời đã và đang được triển khai khắp cả ba miền Bắc, Trung và Nam. Nhiều hệ thống pin mặt trời chỉ được lắp đặt theo hướng thuận tiện cho vị trí đặt để như mái nhà hoặc nền đất trống. Những hệ thống pin có tính toán hơn thì được lắp đặt ở các vị trí nhận được nhiều ánh nắng, có cường

¹ Trường Đại học Mở Hà Nội

độ nắng cao, không bị che khuất. Người sử dụng luôn muốn khai thác được tối đa năng lượng từ pin mặt trời (Pasam & cộng sự, 2023). Nhưng hầu hết đều bỏ qua hoặc bỏ quên mất vấn đề nhiệt độ, sự tích lũy của bụi bẩn, vật cản che khuất trên bề mặt các tấm pin theo thời gian. Bằng chứng là, nhiều hệ thống lắp đặt hay giàn pin mặt trời không hề được thiết kế lối đi để vệ sinh hay chỗ quan sát dị vật xuất hiện trên bề mặt pin mặt trời.

II. Phương pháp, vật liệu nghiên cứu

- Tìm hiểu và phân tích lý thuyết: Thông qua việc phân tích các đơn vị cung cấp và thiết kế hệ thống pin mặt trời trong nước và tìm được các hình ảnh lắp đặt cũng như vị trí của các tấm pin so với hướng mặt trời. Ngoài ra, còn xét một yếu tố là nhiệt độ ngoài trời, do pin mặt trời nếu gặp nhiệt độ càng cao thì hiệu suất càng giảm.

- Tính toán mô phỏng các thuật toán điều khiển: Nghiên cứu nhiều thuật toán, thông số cài đặt có thể sử dụng, các chức năng đầu vào, đầu ra để hoàn thiện thiết bị đo đạc cũng như ghi lại dữ liệu về các thông số cần trong quá trình. Luôn sẵn sàng cho việc có thể nâng cấp sản phẩm sau này để tăng thêm chức năng điều khiển cũng như tăng số lượng dữ liệu có thể phân tích của thiết bị.

- Xây dựng mô hình thực tế để kiểm chứng: Tạo ra các nguyên mẫu nhằm nghiên cứu sản phẩm thực tế từ những tấm pin mặt trời có cùng công suất, chất lượng, hãng sản xuất và ngày sản xuất để có giá trị đo đồng nhất. Bên cạnh đó tạo ra các thiết bị tiêu thụ điện như tải giả có khả năng tiêu thụ điện giống nhau, nhằm đánh giá được các đại lượng như dòng, áp, công suất một cách chính xác giữa các thành phần cần so sánh và kiểm chứng.

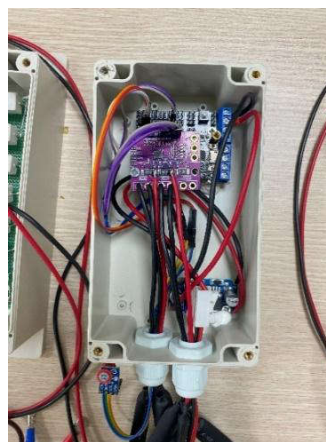
III. Kết quả và thảo luận

3.1. Mẫu thiết bị phần cứng của sản phẩm đo lường, thu thập và xử lý dữ liệu

3.1.1. Bộ điều khiển có khả năng kết nối với cảm biến, xử lý và truyền dữ liệu

Module điều khiển chính được ghép từ 2 phần là Nodemcu và bo mạch mở rộng chân nhằm thuận tiện cho việc thay thế và kết nối tới các cảm biến cũng như thành phần khác của thiết bị. Chân đế được gắn cọc đồng và sử dụng keo gắn chặt lên thành phần vỏ hộp bên ngoài nhằm giữ chặt cũng như ổn định các thành phần nhỏ hơn nằm bên trong.

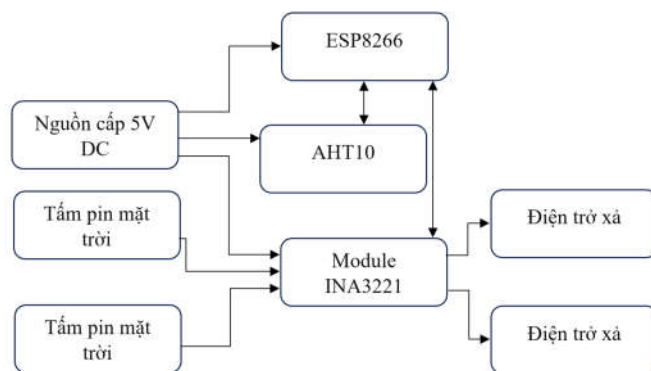
Bo mạch chính sử dụng Node MCU (Somantri & cộng sự, 2023) được gắn dây dẫn sang các module để kết nối, truyền tải và xử lý dữ liệu từ các module khác. Trong đó đều sử dụng giao thức I2C để truyền nhận tín hiệu trong thiết bị. Vỏ hộp bên ngoài có kích thước 158x90x65mm kèm theo nắp hộp trong suốt và ron chống nước. Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm được đặt bên ngoài nhằm thu thập được dữ liệu một cách chính xác nhất. Còn lại các thành phần khác nằm trong vỏ hộp được bảo vệ, các thành phần dây dẫn ra bên ngoài đều thông qua cổng kết nối chống nước đảm bảo cách ly giữa môi trường bên trong và bên ngoài của thiết bị.



Hình 1. Bộ điều khiển kết nối với cảm biến và các module khác

Thiết kế của thiết bị đo đi kèm vỏ hộp lớn (hình 1), với khoảng không gian rộng giúp thành phần bên trong có thể hoạt động ổn định dù phát sinh nhiệt thì vẫn có đủ không gian để tỏa nhiệt bên trong. Ngoài ra, việc thiết kế rộng còn để lại khoảng trống, để sau này cho các thành phần khác nếu cần thiết. Đầu vào và đầu

ra đều nằm ở một phía thuận tiện cho việc đặt vỏ hộp có hướng lên trên, nếu thời tiết bên ngoài có mưa, nước sẽ không thể lọt vào bên trong mà sẽ theo các dây đi xuống và xa dần khỏi hộp điều khiển. Nắp của hộp cũng là dạng nhựa trong suốt, hoàn toàn có thể nhìn thấy bên trong các thành phần của thiết bị hoạt động như thế nào.



Hình 2. Sơ đồ khối hoạt động của thiết bị

Nguồn 5V DC được sử dụng để cấp điện cho ESP8266, AHT10 và module INA3221. Trong đó ESP8266 là vi điều khiển chính xử lý, thu nhận và truyền dữ liệu lên mạng lưới IOT. AHT10 là cảm biến nhiệt độ và độ ẩm. INA3221 là module đo và đưa ra giá trị về dòng điện, điện áp cũng như công suất. Do được thiết kế có 3 kênh đo độc lập với điện áp đo tối đa 26V DC trong khi điện áp tấm pin tối đa chỉ dưới 22V DC. Nên có thể dễ dàng đo được điện áp của tấm pin mặt trời. Trong thiết kế của module INA3221 có điện trở shunt với tác dụng đo dòng điện. Tuy nhiên để đo dòng thì cần tới một thiết bị tiêu thụ điện là điện trở xả. Năng lượng cần đo đặc sẽ đi từ tấm pin mặt trời qua module INA3221 để đo và ghi nhận các giá trị sau đó được tiêu thụ bởi điện trở xả. Các thông số và giá trị ghi nhận được sẽ chuyển về ESP8266. Để đáp ứng nhu cầu thí nghiệm thì sẽ dùng 2 tấm pin mặt trời và 2 bộ điện trở xả để có thể đo được cùng lúc trường hợp. Ví dụ như

một tấm có nhiều bụi, tấm còn lại không có bụi sẽ cho ra các giá trị khác nhau. Cả INA3221 và AHT10 chuyển các giá trị thu thập được về ESP8266 qua chuẩn kết nối I2C với 2 chân SDA và SCL. Các thông số và dữ liệu về nhiệt độ, độ ẩm, dòng điện, điện áp, công suất mà ESP8266 nhận được sẽ đẩy lên mạng lưới IOT để lưu trữ.

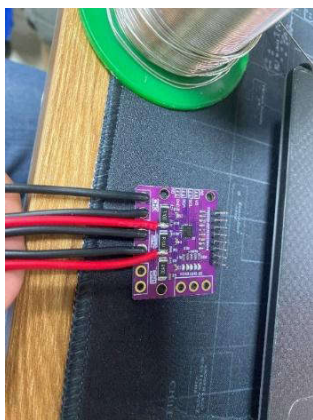
3.1.2. Các module, cảm biến phụ trợ đi kèm của thiết bị

Để có thể đo đạc được với độ chính xác cao cũng như khả năng duy trì lâu dài sử dụng tới IC giám sát dòng điện INA3221 và dùng AHT10 để đo được nhiệt độ và độ ẩm từ môi trường bên ngoài. Toàn bộ đều sử dụng module tích hợp sẵn để thay thế và sửa chữa nếu gặp trục trặc hoặc có sai số lớn.

Được sử dụng để đo dòng, áp và đưa ra công suất của một thiết bị nào đó thông qua trở Shunt mà ở đây là ba điện trở dán R100. Phía bên cấp nguồn và dữ liệu vào ra module được thiết kế với các cổng cắm

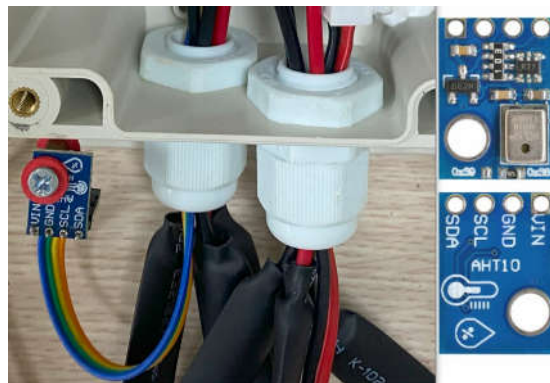
dùng chân 2.54 mm. Đầu còn lại với các cổng kích thước lớn là nơi gắn chân đế và kết nối tới thiết bị cần đo điện. Do đặc tính góc ban đầu của module là lấy điện từ cùng một nguồn sau đó chia ra và cấp vào các cổng đầu ra của module như vậy không phù hợp với yêu cầu đo riêng nên đã chỉnh sửa để có thể đo riêng tách biệt từng cổng của module này đảm bảo đo được cả ba kênh riêng lẻ không phụ thuộc vào nguồn nuôi chung.

Module INA3221 (hình 3) được thiết kế để đo với chung một nguồn vào và 3 nguồn ra. Để phù hợp với việc đo nhiều kênh các nguồn vào khác nhau. Module đã được sửa đổi và điều chỉnh lại các đường kết nối nhằm đo được với nhiều nguồn vào. Bằng cách hàn thêm dây vào đầu ra cũng như tách riêng các cổng đầu vào đã đo điện áp vào độc lập trên cả 3 kênh.



Hình 3. Module giám sát dòng điện
INA3221

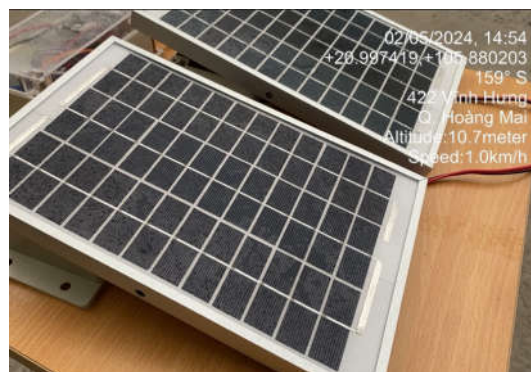
Module AHT10 (hình 4) sử dụng giao tiếp I2C (Dragan & cộng sự, 2023) để kết nối và truyền nhận dữ liệu về độ ẩm và nhiệt độ về cho hệ thống trung tâm. Do cần phải đo nhiệt độ và độ ẩm bên ngoài của thiết bị nên module được gắn phía bên ngoài trên một cọc đồng nhằm giữ cố định vị trí trong quá trình thu thập, xử lý và truyền nhận dữ liệu.



Hình 4. Vị trí lắp đặt và thiết kế của
module đo nhiệt độ, độ ẩm AHT10

3.1.3. Thu và xả năng lượng bằng pin mặt trời và tải giả

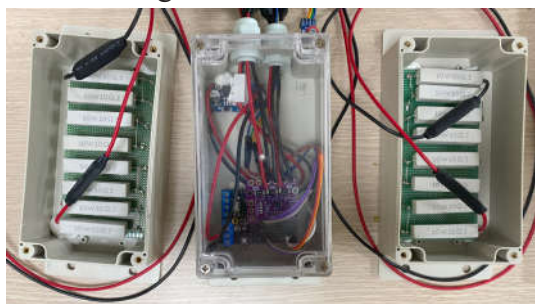
Để có thể đo được sản lượng năng lượng thông qua chuyển đổi từ ánh sáng mặt trời. Đồng thời tiêu thụ hoàn toàn phần năng lượng đó, cần tới hai phần thiết bị đồng loạt thu và xả năng lượng. Pin mặt trời sẽ thu năng lượng và bộ tải giả sẽ tiêu thụ toàn bộ năng lượng đó nhằm đưa giá trị về dòng áp và công suất tiêu thụ.



Hình 5. Tấm pin mặt trời 5W

Hai tấm pin mặt trời đơn tinh thể (hình 5) với công suất 5W được sử dụng để thu năng lượng từ mặt trời. Hai tấm pin này có đặc tính giống hệt nhau, đảm bảo đưa ra mức năng lượng bằng nhau, đặt cạnh nhau. Các tấm pin này được chạy độc lập để có thể so sánh tương quan các trường hợp. Để so sánh, một tấm luôn được lau sạch, không có bụi bẩn, tấm pin còn lại có bụi, vết bẩn. Mức năng lượng

thu được của hai tấm pin được so sánh với nhau tại cùng thời điểm.



Hình 6. Cặp tải giả để tiêu thụ năng lượng

Tải giả (hình 6) được lắp ghép từ các điện trở xả, có công suất 10W mắc nối tiếp với nhau, để đảm bảo mức nhiệt ổn định khi tiêu thụ năng lượng và phát nhiệt ra ngoài môi trường tự nhiên. Với việc sử dụng nhiều điện trở xả nhằm giúp điều chỉnh tổng công suất tiêu thụ và nhiệt lượng phát ra. Nhiệt lượng quá cao trong quá trình xả năng lượng có thể dẫn đến tăng công suất tiêu thụ và ảnh hưởng tới kết quả đo. Do vậy, việc ổn định nhiệt độ của tải giả là điều rất cần thiết.

3.2. Trọn bộ thiết bị thực tế và thông số kỹ thuật

3.2.1. Trọn bộ thiết bị thực tế

Trọn bộ thiết bị được thiết kế để có thể chịu được môi trường thực nghiệm với nhiệt độ và độ ẩm cao. Kể cả gặp mưa thì vẫn có khả năng hoạt động bình thường. Chỉ cần duy trì được kết nối mạng không dây thì dữ liệu sẽ liên tục được cập nhật và ghi lại.



Hình 7. Trọn bộ thiết bị

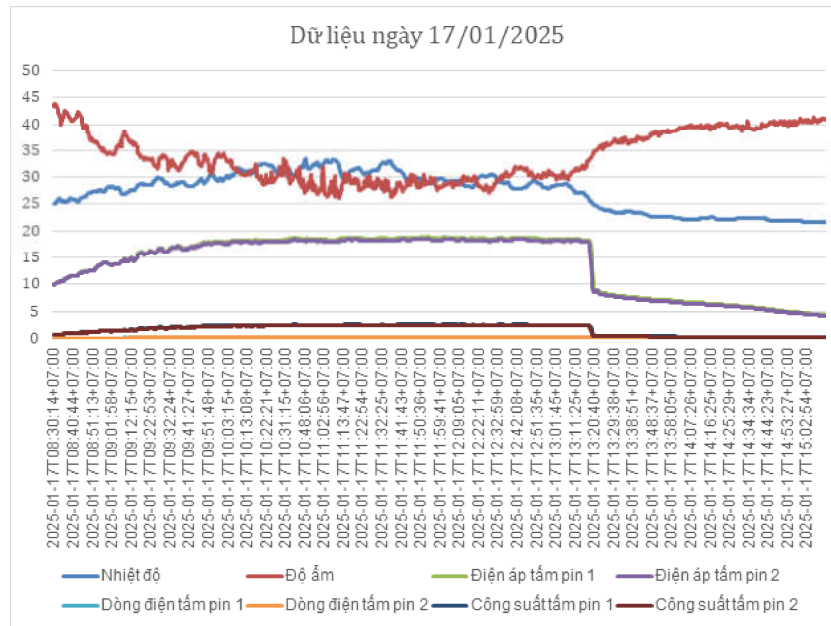
Toàn bộ thiết bị là liên kết giữa phần thu năng lượng mặt trời từ tấm pin chuyển sang tiêu thụ toàn bộ năng lượng thông qua tải giả được minh họa trên hình 7. Trong quá trình thu và xả năng lượng đó sẽ được ghi lại một cách tự động với các chỉ số liên quan đến dòng, áp, công suất, nhiệt độ, độ ẩm.

3.2.2. Thông số kỹ thuật của thành phần thiết bị

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của thành phần thiết bị

STT	Tên thiết bị	Điện áp hoạt động	Dạng tín hiệu	Chức năng
1	NodeMcu ESP8266	3.3v DC	Analog/Digital	Xử lý và truyền, nhận tín hiệu về nhiệt độ, độ ẩm, điện áp, dòng, công suất từ các module khác thông qua I2C
2	INA3221	Cấp nguồn 2.7-5.5v DC, đo tới 26v DC	Với đầu vào Analog (điện áp) đầu ra I2C (Digital)	Đo điện áp và dòng điện sau đó xuất ra dữ liệu điện áp, dòng điện và công suất qua I2C
3	AHT10	3.3-5v DC	I2C (Digital)	Đo nhiệt độ và độ ẩm và đưa dữ liệu qua I2C
4	Tấm pin mặt trời 5W	0-18V DC khi hoạt động, tối đa 21.67v DC khi hở mạch	Analog	Thu và biến đổi năng lượng mặt trời từ quang năng thành điện năng
5	Tải giả 10w	Điện áp theo tấm pin mặt trời	Analog	Tiêu tán, tiêu thụ năng lượng từ tấm pin mặt trời

3.3. Kết quả và đánh giá thực nghiệm



Hình 8. Dữ liệu thu thập một ngày nắng đẹp

Hệ thống hoạt động ổn định và tích hợp tốt khi sử dụng. Dữ liệu đưa ra gồm nhiệt độ, độ ẩm ngoài trời cùng với điện áp, dòng điện, công suất của hai tấm pin. Chỉ cần nhìn qua biểu đồ với các mốc dữ liệu tương ứng có thể đưa ra các kết luận về mức năng lượng cũng như ảnh hưởng của môi trường tới khả năng thu được năng lượng từ tấm pin. Ảnh hình 8 bên trên là mẫu thu thập một ngày nắng đẹp, tuy nhiên điểm hụt khiến cho nhiệt độ giảm, độ ẩm tăng, điện áp và dòng điện của cả hai tấm pin giảm vào thời điểm 13 giờ 15 phút do vị trí đặt tấm pin bị một tòa chung cư cao 20 tầng bắt đầu che khuất. Còn rất nhiều kiểu mẫu dữ liệu có thể đọc được, chỉ cần thông qua biểu đồ trực quan.

Thông qua dữ liệu hiện vẫn đang tiếp tục được tải lên trực tuyến và lưu trữ tại kênh người dùng mwa0000033783218 trên trang web của thingspeak vẫn được cập nhật mỗi 20 giây thì mỗi ngày đều có thể quan sát, thí nghiệm cũng như phân tích được dữ liệu thông qua biểu đồ. Đây là bước lưu trữ phù hợp cho việc sau này sử dụng các mô hình toán học để phân tích và đưa ra cải thiện tốt hơn.

IV. Kết luận

Sử dụng các phép đo đơn giản để thu thập được nhiệt độ, độ ẩm, cường độ dòng điện, điện áp và công suất cho ta thấy cái nhìn trực quan liên hệ với tần suất vệ sinh tấm pin mặt trời. Kèm theo đó là các tình huống khi vật cản có thể xuất hiện ở đây không phải là bụi mà là lá cây hay dị vật nào đó che khuất hoàn toàn một phần dù rất nhỏ trên tấm pin nhưng gây suy giảm hiệu suất một cách gần như hoàn toàn. Việc bị che khuất hoàn toàn một phần còn biến ô pin đó thành tấm có điện trở lớn làm phát sinh nhiệt trên bề mặt tấm pin và suy giảm tuổi thọ hay làm chết hoàn toàn một ô trên tấm pin. Trên những số liệu thực tế đó việc vệ sinh tấm pin mặt trời tối thiểu mỗi ngày một lần là điều rất cần thiết để duy trì hiệu suất cũng như đảm bảo tuổi thọ của tấm pin được lâu bền.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài cấp Trường Đại học Mở Hà Nội, mã số MHN2024-03.45.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Babalola, T. V., Nafada, A. I., & Dala, H. A. (2024). An Assessment of the Impact of Accumulated Dust on Efficiency and Performance Output of Solar Photovoltaic Panels. *Nigerian Journal of Physics*, 33, 87-94. https://www.researchgate.net/publication/382444331_An_Assessment_of_the_Impact_of_Accumulat_ed_Dust_on_Efficiency_and_Performance_Output_of_Solar_Photovoltaic_Panels, June 2024.
- [2]. Dragan, A. V., Negut, A., Enache, A., Hurez, I., Anghel, V., & Brezeanu, G. (2023). *In Focus: Data Hold Time for Temperature Sensors with High Speed I2C Interface*, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10303655/authors#authors>, November 2023.
- [3]. Pasam, G, Natarajan, R., Alnamani, R. S. R., Al-Alawi, S. M. A., & Al-Sulaimi, S. A. M. (2023). *Integrated Heuristic Approaches to get Maximum Power from Fixed and Moving PV Solar Panel*, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10117609/authors#authors>, 15 May 2023
- [4]. Phan, Q. P., & Nguyễn, Đ. C. (2023). *Giáo trình cảm biến*. Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội: Hà Nội, Việt Nam.
- [5]. Somantri, N. T., Zainal, Y., Akbar, L., & Ridwan, A.M. (2023). *Design of pH Control in a Wastewater Treatment System Using an ESP8266 Microcontroller Based on IoT Thingspeak*, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10366940/authors#authors>, 25 December 2023.

DATA COLLECTION AND ASSESSMENT OF ENERGY LEVELS TO ENHANCE SOLAR PANEL PERFORMANCE

Tu Viet Hoang², Pham Tien Huy², Hoang Anh Dung², Pham Van Hai²

Abstract: *To evaluate the degradation of energy generation in the photovoltaic conversion process of solar panels due to environmental factors and aging (Babalola et al., 2024), as well as the performance impact of panel cleaning, this paper presents a measurement and data acquisition system for the energy output of outdoor solar panels. The system employs sensors to monitor temperature, humidity, current, and voltage. A microcontroller and sensor array (Phan & Nguyen, 2023) are integrated with data logging and online display systems for real-time monitoring and subsequent analysis. Multiple solar panels are used for comparative energy output measurements and evaluation. Additionally, dummy loads with equivalent electrical consumption parameters (current, voltage, power) simulate energy-receiving devices. Under identical experimental conditions, varying only the cleaning frequency of the solar panels, this approach facilitates the generation of intuitive graphical data.*

Keywords: *energy measurement, data acquisition and processing, sensors*

² Hanoi Open University