

CÔNG NGHỆ NHÚNG IOT TRONG GIÁM SÁT VÀ QUẢN LÝ NĂNG LƯỢNG: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP VỀ HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG KÉP

Nguyễn Đại Phúc, Võ Trung Anh, Nguyễn Tấn Phát, Lê Phương Long*
Trường Đại học Lạc Hồng, Số 10 Huỳnh Văn Nghệ, Bửu Long, Biên Hòa, Đồng Nai, Việt Nam
*Liên hệ tác giả: nguyendaiphuc59411822@gmail.com

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận: 20/3/2024
Ngày hoàn thiện: 20/4/2024
Ngày chấp nhận:
Ngày đăng:

TỪ KHOÁ

Năng lượng mới;
IoT;
Hiệu suất hệ thống.

TÓM TẮT

Công nghệ nhúng IoT (Internet of Things) có vai trò rất quan trọng trong việc giám sát và quản lý năng lượng cho phép các thiết bị kết nối và truyền dữ liệu với nhau thông qua Internet. Trong nghiên cứu này giải quyết các vấn đề về việc thu thập và phân tích dữ liệu không dây trên thống năng lượng kép. Một bộ thí nghiệm được thực hiện bởi Lab nghiên cứu với cảm biến PZEM017 kết nối với RS485 để truyền dữ liệu đến DAQ ESP32 (Data Acquisition), truyền dữ liệu lên Blynk và Firebase. Một bộ nguồn công suất 100W bao gồm năng lượng nước, năng lượng mặt trời và Pin Li-on được kết nối thành hệ thống năng lượng kép công suất nhỏ sử dụng cho các hộ gia đình. Kết quả thí nghiệm cho thấy công suất tạo ra của năng lượng nước và năng lượng mặt trời không ổn định. Hiệu suất của hệ thống giảm khi điện áp rơi bởi áp suất nước thấp và bức xạ mặt trời bị che khuất. Một chiến lược quản lý năng lượng được đề xuất với tải công suất lớn điều khiển kết hợp với nguồn năng lượng Li-ion cho thấy hiệu suất tăng lên đáng kể. Thiết kế ứng dụng blynk để giám sát dữ liệu realtime và điều khiển không dây tối ưu hệ thống. Kết quả thí nghiệm cho thấy công suất của hệ thống tăng lên từ 2W lên 12W đối với năng lượng nước và từ 10W lên 35W đối với năng lượng mặt trời khi sử dụng phương pháp tăng công suất của hệ thống khi quá tải.

IOT EMBEDDED TECHNOLOGY IN ENERGY MONITORING AND MANAGEMENT: A CASE STUDY OF A DUAL POWER SYSTEM

Nguyen Dai Phuc, Vo Trung Anh, Nguyen Tan Phat, Le Phuong Long*
Lac Hong University, No. 10 Huynh Van Nghe Str., Bui Long Ward, Bien Hoa, Dong Nai, Vietnam
*Corresponding Author: nguyendaiphuc59411822@gmail.com

ARTICLE INFO

Received: Mar 20th, 2023
Revised: Apr 20th, 2023
Accepted: May 5th, 2023
Published: May 10th, 2024

KEYWORDS

New energy;
Internet of things;
Energy efficiency

ABSTRACT

Embedded IoT technology (Internet of Things) plays a crucial role in energy monitoring and management by enabling devices to connect and exchange data over the Internet. This study addresses the challenges of collecting and analyzing energy consumption data on electrical devices. An experimental setup was developed by the research lab involving PZEM017 sensors connected to RS485 for data transmission to DAQ ESP32 (Data Acquisition), which then forwards the data to Blynk and Firebase. The study collected data for a hybrid energy system comprising Li-ion batteries, solar energy, hydropower, and fuel cell energy. The proposed solution outlines an energy management strategy that adapts to load changes. The measured data is uploaded to Firebase for storage and subsequently monitored on a dashboard via ESP32. A Blynk application was designed for real-time data monitoring and system optimization. Experimental results demonstrate that the power system increase from the 2W to 10W of water generator and 10W to 35W for photovoltage, respectively.

Available online at: <https://js.lhu.edu.vn/index.php/lachong>

1. Giới thiệu

Công nghệ nhúng và truyền tải không dây là xu hướng phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây, mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi cho các hệ thống tự động hóa và giám sát. Tuy nhiên, việc thiết lập các hệ thống giám sát và điều khiển tự động hiệu quả vẫn còn gặp nhiều thách thức, bao gồm vấn đề về giá thành, độ chính xác, thời gian truyền dữ liệu, bảo mật dữ liệu và hiệu suất hoạt động. Bên cạnh đó, việc xây dựng hệ thống quản lý thống nhất và tối ưu cũng là một vấn đề cần được quan tâm.

Công nghệ IoT đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: nhà thông minh, nông lâm ngư nghiệp và thủy sản, giáo dục, tự động hóa, ... Trong lĩnh vực nhà thông minh, Trần Thị Minh Khoa và cộng sự đã thiết kế hệ thống quản lý và giám sát nhà từ xa với nhiều chức năng như bật tắt đèn, điều chỉnh độ sáng, nhiệt độ và độ ẩm, cảnh báo người lạ và khí ga, ... [1]. Camera an ninh được tích hợp khả năng phát hiện và báo cháy bởi Giáp Thị Nguyệt cùng các cộng sự [2]. Nghiên cứu của TASTAN và Mehmet đã chỉ ra rằng năng lượng tiêu thụ và giá điện có thể được giảm bởi việc ứng dụng công nghệ IoT và quản lý năng lượng thông minh [3]. Trong giáo dục, Lê Quang Anh và các cộng sự của đại học Cần Thơ đã ứng dụng công nghệ nhúng để chế tạo 3 thiết bị giám sát và kiểm tra nội dung thi năng khiếu thể dục thể thao [4]. Trong nông nghiệp, một hệ thống nhúng sử dụng ESP32 và hệ điều hành FreeRTOS đã được đề xuất bởi ông Tống Việt Hùng cùng các cộng sự để giảm năng lượng tiêu thụ cho hệ thống trồng rau thủy canh [5]. Một nghiên cứu tự động hóa hoàn toàn bẫy rầy nâu hại lúa được thực hiện bởi ác giả Nguyễn Minh Kỳ cùng với nhóm [6]. Bẫy mới được vận hành bởi năng lượng mặt trời và nhiều pin dự phòng, có nhiều chức năng như theo dõi thời tiết và số lượng rầy nâu, tự động loại bỏ rầy nâu đã bắt được, hẹn giờ, cảnh báo và thậm chí là gợi ý những quãng thời gian bắt được nhiều rầy nâu nhất theo mùa và thời tiết. Trong tự động hóa, Suganthi và các cộng sự đã thiết kế hệ thống hỗ trợ người lái với tầm nhìn tương lai khi chuyển làn [7].

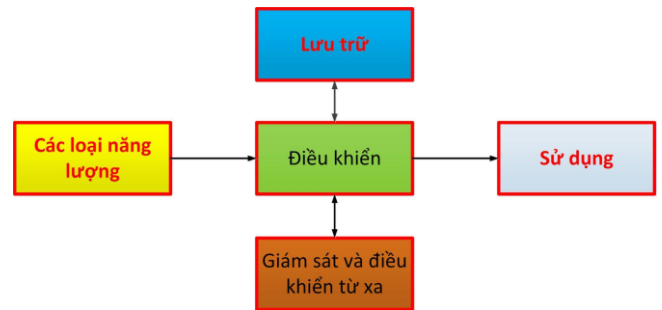
Ngoài việc mang đến nhiều giải pháp hiệu quả cho việc quản lý, giám sát và tối ưu hóa hoạt động, công nghệ IoT đã trở thành lựa chọn ưu tiên cho nhiều nhà nghiên cứu nhờ tính khả thi, chi phí thấp và dễ dàng sử dụng. Nhóm Trịnh Long đề xuất hệ thống điều khiển và giám sát áp suất bơm trên web để giảm thiểu chi phí và thời gian chọn linh kiện hệ thống [8]. Phan Việt Cường và 2 cộng sự đã thấy được tiềm năng của in 3D trong tương lai và ứng dụng các công nghệ nhúng để chế tạo máy in 3D XYZ sử dụng mô hình lắng đọng fuse [9]. Tại Hàn Quốc, Yikeun Kim và nhóm của mình đã ứng dụng công nghệ nhúng vào việc định vị tuyến cận giáp theo thời gian thực trong phẫu thuật cắt tuyến giáp [10]. Nhờ chi phí thấp và dễ sử dụng, Raspberry Pi đã được chọn để tạo ra một thiết bị chụp ảnh tự phát huỳnh quang.

Tóm lại áp dụng hệ thống nhúng và truyền tải dữ liệu không dây đang là vấn đề cần được giải quyết hiện nay bởi có nhiều ứng dụng cần cả việc giám sát không dây với cấu hình điều khiển để tối ưu và tăng hiệu suất của hệ thống. Trong nghiên cứu này đề xuất giải pháp cơ bản để giám sát lưu trữ và sử dụng năng lượng trên các thiết bị điện Battery Li-on, Năng lượng nước, năng lượng gió, năng lượng mặt trời và năng lượng Pin nhiên liệu (fuel cell). Những điều khiển từ xa và tự động vào hệ thống để tăng hiệu suất của hệ thống thông qua bộ điều khiển và giám sát không dây.

2. Tổng quan về bộ thí nghiệm

2.1. Chức năng

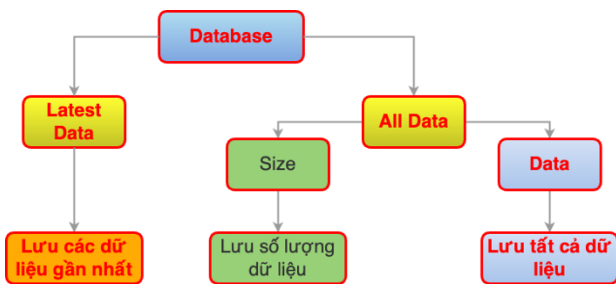
Một mô hình thí nghiệm được thiết lập với nhiều chức năng khác nhau. Mô hình có thể kết nối nhiều loại năng lượng khác nhau với cảm biến PZEM017 để thu nhập dữ liệu. Dữ liệu này được truyền tới ESP32 thông qua giao thức Modbus RTU, đường truyền vật lý là RS485. Dữ liệu đo đạc được sẽ được lưu trữ trên cloud thông qua Firebase, hiển thị thông qua web và Blynk App. Một giao diện thiết kế điều khiển tự động cũng được thiết lập và điều khiển tối ưu các mức điện năng tiêu thụ. Ngoài việc giám sát năng lượng tiêu thụ, mô hình còn tận dụng năng lượng dư thừa để cải thiện hiệu suất cho tải có công suất lớn.



Hình 1. Sơ đồ khối chức năng cho bộ thí nghiệm năng lượng kép

2.2. Cấu trúc dữ liệu

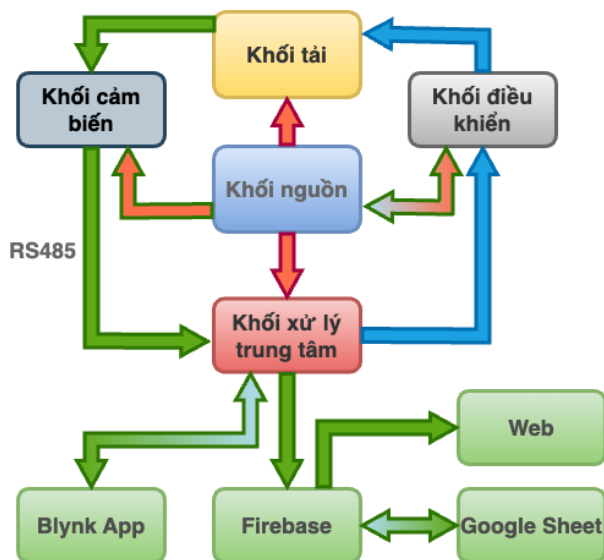
Một cơ sở dữ liệu được thiết lập như hình 2, dữ liệu được lưu trên cloud bao gồm 2 nhánh chính là Latest Data và All Data. Dữ liệu nhánh Latest Data là nơi lưu trữ các dữ liệu đo được gần nhất, cho phép truy vấn nhanh các dữ liệu này. Dữ liệu nhánh All Data là nơi lưu trữ tất cả dữ liệu đã đo được, có thể đồng bộ với Google Sheet. Nhằm hỗ trợ đồng bộ và tăng tốc độ truy vấn của lượng lớn dữ liệu nằm bên trong, nhánh này được phân thành 2 dữ liệu nhỏ hơn.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc dữ liệu cho bộ thí nghiệm năng lượng kép

2.3. Mô hình hệ thống

Hình 3 cho thấy bộ thí nghiệm gồm 5 khối chính: Khối nguồn, khối xử lý trung tâm, khối cảm biến, khối tải và khối điều khiển. Khối nguồn là các nguồn cung năng lượng và nguồn lưu trữ năng lượng. Khối tải là các thiết bị tiêu thụ điện. Khối cảm biến đo năng lượng tiêu thụ và năng lượng sản xuất từ khối tải và khối nguồn. Khối xử lý trung tâm đọc dữ liệu từ khối cảm biến và gửi nó lên cloud để giám sát từ xa. Đồng thời, khối này cũng nhận các lệnh điều khiển và truyền chúng cho khối điều khiển thực thi. Cloud là những khối màu xanh lá, là giao diện để người dùng giám sát và điều khiển bộ thí nghiệm từ xa.

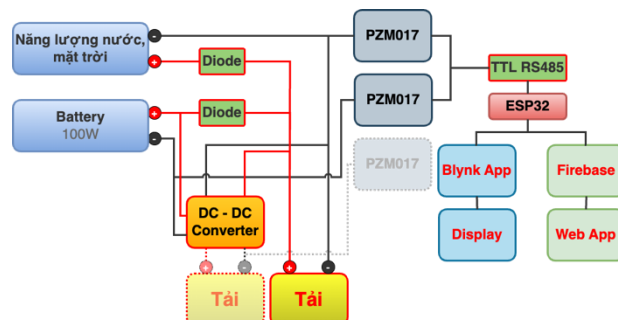


Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống cho bộ thí nghiệm năng lượng kép

3. Thiết lập thí nghiệm

Một bộ nguồn 100W được thiết lập từ năng lượng lưu trữ Li-on, năng lượng nước, Năng lượng mặt trời. Một hệ thống công suất giả lập thay đổi từ 10W đến 80W được thử nghiệm tải trọng. Công suất tạo ra bởi hệ thống năng lượng vừa được lưu trữ trong pin, vừa cung cấp cho tải trọng ở nhiều mức công suất khác nhau. Năng lượng tái tạo ổn định có thể cung cấp trực tiếp cho tải hoặc thông qua một bộ chuyển đổi điện áp. Khi nguồn năng lượng tái tạo không ổn định, hệ thống sẽ mượn năng lượng từ thiết bị lưu trữ điện để ổn định công

suất, tránh gây hư hại tải. Thiết bị lưu trữ điện và các nguồn năng lượng tái tạo được hệ thống bảo vệ bằng diode. Hệ thống đo dữ liệu được thiết lập bởi PZEM017 thông qua RS485 và ESP32 để giám sát trên Blynk.



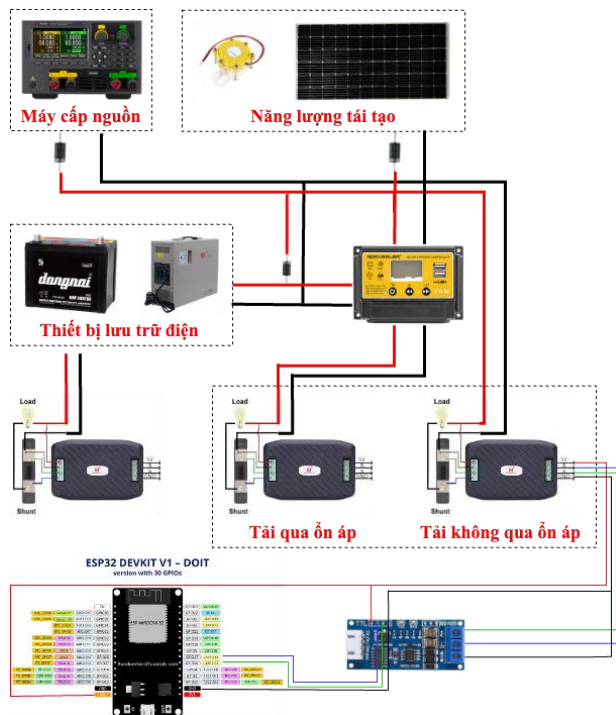
Hình 4. Sơ đồ khối kết nối cho bộ thí nghiệm năng lượng kép

4. Thực hiện thí nghiệm

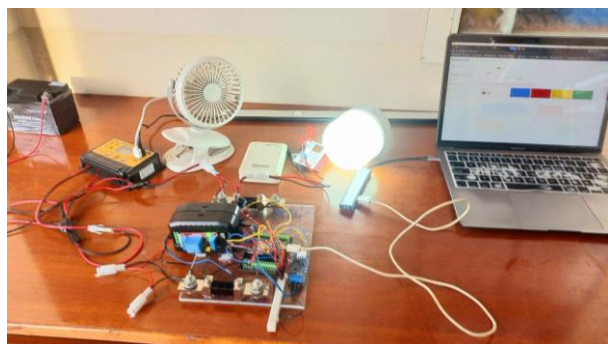
Thực hiện thí nghiệm với năng lượng từ tuabin nước và năng lượng mặt trời để khảo sát mức độ ảnh hưởng tới tải trọng. Sử dụng một tuabin nước tạo nguồn điện 12V với các mức nước khác nhau kết nối tải Led để kiểm tra mức độ ảnh hưởng của hệ thống. Thiết lập một nguồn năng lượng mặt trời 100W với sự thay đổi bức xạ mặt trời để cung cấp năng lượng cho tải. Thực hiện lần lượt các thí nghiệm của từng loại năng lượng khác nhau với tải, sau đó kết hợp từng loại năng lượng với nhau và cuối cùng là kết hợp các năng lượng để tái tạo lưu trữ và kết hợp điều khiển để sử dụng cho tải có công suất lớn. Dữ liệu đo đạc sẽ phân tích đánh giá và đề xuất chiến lược điều khiển để tối ưu công suất của hệ thống.

Hình 5 thể hiện sơ đồ kết nối các nguồn năng lượng đo đạc và giám sát. Cảm biến PZEM017 đo năng lượng từ nguồn năng lượng tái tạo và thiết bị lưu trữ điện. Dữ liệu thu thập được gửi cho ESP32 thông qua mạch TTL RS485 làm trung gian. Bộ điều khiển sạc ổn định nguồn năng lượng tái tạo để bảo vệ thiết bị lưu trữ điện và tải. Một máy tạo nguồn được sử dụng để kiểm soát năng lượng lượng tiêu thụ khi thực hiện thí nghiệm.

Hình 6 thực hiện thí nghiệm với bộ năng lượng kép. Kết quả thể hiện công suất tạo ra của hệ thống và hiệu suất đạt được dưới sự thay đổi của lưu lượng nước, bức xạ mặt trời hòa cùng với Pin Li-on.



Hình 5. Sơ đồ kết nối thí nghiệm quản lý hệ thống năng lượng kép



Hình 6. Mô hình thí nghiệm quản lý hệ thống năng lượng kép

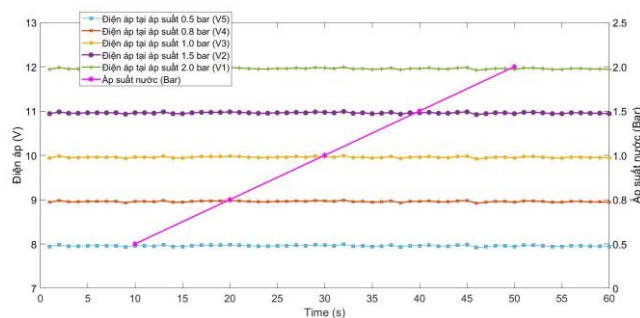
5. Kết quả thí nghiệm

Một hệ thống năng lượng mới được thiết lập, các yếu tố ảnh hưởng như tắc nghẽn nước, thiếu ánh sáng thiếu hydrogen được đề xuất để quản lý. Một hệ thống hybrid kết hợp quản lý nhằm tăng hiệu suất của hệ thống.

5.1. Ảnh hưởng của lượng nước tiêu thụ đến công suất của tải

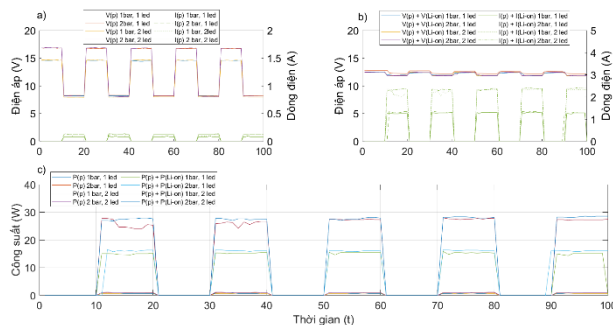
Hình 7 cho thấy lượng nước qua tuabin phụ thuộc vào áp suất nước. Áp suất nước hoạt động từ 0-2 bar khi thay đổi lưu lượng nước. Kết quả cho thấy tại áp suất nước thấp nhất 0.5 bar tuabin tạo ra điện áp là 8V và áp suất nước cao nhất 2 bar với điện áp 12V. Để kết nối tải ổn định cho nguồn năng lượng này cần kết nối bộ chuyển đổi nguồn điện. Kết quả thí nghiệm cho thấy áp suất nước thấp điện áp nhỏ chỉ sử dụng được cho các thiết bị có công suất thấp. Ở áp suất nước cao, lượng nước qua tuabin lớn kéo tuabin làm năng lượng tạo ra

cao hơn. Ở thí nghiệm này cho thấy lượng công suất tạo ra nhỏ kết hợp với năng lượng pin Li-on để tối ưu tải trọng.



Hình 7. Điện áp tạo ra dưới sự thay đổi áp suất nước (0-2 bar)

Hình 8 cho thấy kết quả thí nghiệm trên 2 đèn led 1W và áp suất nước 1 bar đến 2 bar. Điện áp dao động từ 9.8V đến 10.9V, khi tải công suất 1W với áp suất nước 1-2 bar thì điện áp là 10.3V và 10.9V. Với công suất 2W với áp suất nước từ 1-2 bar điện áp trên thiết bị là 9.8V đến 10.3V. Đối với tải công suất thấp thì điện áp turbin đủ để cung cấp cho 2 đèn led công suất 2W. Tuy nhiên cũng cần có bộ chuyển đổi năng lượng để tránh hiện tượng tắc nghẽn nguồn nước làm cho điện áp rơi và thiết bị ngừng hoạt động. Hình 8b) cho thấy công suất tăng lên từ 2W đến 30W khi kết hợp với nguồn Pin Li-on. Hình 8c) mô tả công suất tiêu thụ của hệ thống đáp ứng được với tải có công suất lớn.



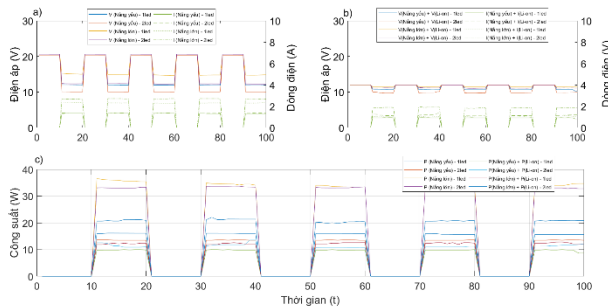
Hình 8. Điện áp tải dưới sự thay đổi công suất và lưu lượng nước

5.2. Ảnh hưởng của năng lượng mặt trời đến công suất của tải

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng đối với năng lượng mặt trời thì thời gian tạo ra dòng điện từ 10h đến 16h và sử dụng cho các mức công suất khác nhau thì lượng năng lượng tạo ra không đủ để đáp ứng cho tải. Cần cung cấp nguồn năng lượng phụ trợ từ pin li-ion cho hệ thống để tải trọng được hoạt động ổn định hơn. Hình 9 chỉ ra rằng điện áp của tấm pin 100W có thể tạo ra phụ thuộc vào bức xạ mặt trời, dòng điện tạo ra cung cấp đủ cho đèn led và quạt. Thử nghiệm với tải nhỏ nguồn điện đủ cung cấp cho hệ thống, khi cấp tải lớn nguồn điện không đủ để cung cấp cho hệ thống.

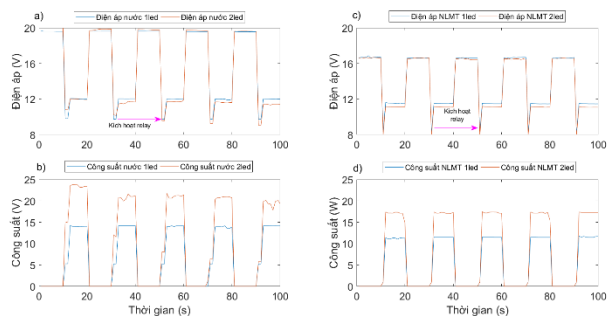
Hình 9a) cho thấy công suất tiêu thụ khi sử dụng năng lượng mặt trời có điện áp giao động không ổn định và dòng

điện sản sinh trực tiếp không đáp ứng được đối với tải công suất lớn. Hình 9b) kết nối hệ thống với nguồn Li-on phụ trợ cho thấy công suất có thể đáp ứng được với tải trọng lớn hơn từ 10 – 30W. Hình 9c) cho thấy công suất tiêu thụ thay đổi ở các mức tải khác nhau khi có kết hợp với Pin Li-on thì công suất tăng lên đáng kể.



Hình 9. Kết quả thử nghiệm sự thay đổi năng lượng dưới ảnh hưởng của môi trường

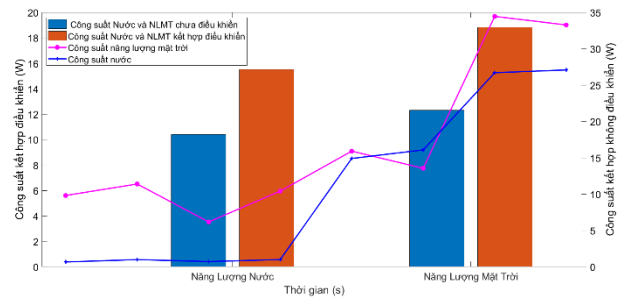
Kết hợp một nguồn năng lượng giữa Pin Li-on và các tuabin điện sẽ đáp ứng được với các mức tải trọng khác nhau. Như hình 10 kết quả cho thấy rằng nguồn năng lượng độc lập bị ảnh hưởng rất nhiều đến công suất và tải. Với mức trọng tải nhỏ thì hệ thống hoạt động ổn định. Khi mức trọng tải tăng lên, điện áp của hệ thống không còn ổn định và công suất đạt được cũng không cao. Nhưng nếu có nguồn năng lượng phụ trợ, hệ thống không những ổn định mà hiệu suất sử dụng cũng tăng lên đáng kể.



Hình 10. Mô hình hybrid hệ thống năng lượng (Pin Li-on, Năng lượng nước, Năng lượng mặt trời)

5.3. Hiệu suất của hệ thống

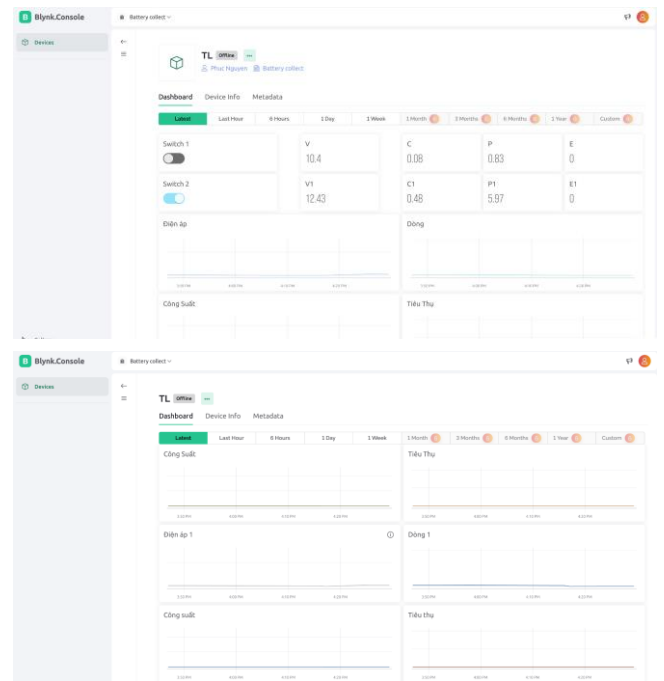
Kết quả thực nghiệm cho thấy công suất của nước tạo ra ở các trường hợp đạt thấp do bởi turbin có công suất nhỏ từ 1 – 3W. Khi sải trực tiếp hệ thống chỉ phù hợp cho các thiết bị như đèn led có công suất nhỏ. Trường hợp điều khiển kết hợp với Pin Li-on ở tải công suất lớn kết quả cho thấy công suất của hệ thống tăng lên đối với turbin nước là 5.09W và Năng lượng mặt trời là 6.52W. Kết quả ở hình 10 cho thấy công suất sử dụng khi không điều khiển đạt tối đa sấp xỉ 10W khi có điều khiển kết hợp với Pin Li-on có thể đạt tới 35W.



Hình 11. Mô hình hybrid hệ thống năng lượng (Pin Li-on, Năng lượng nước, Năng lượng mặt trời)

5.4. Mô hình nhúng và quản lý năng lượng IoT

Một hệ thống quản lý năng lượng được thiết kế trên Web app Blynk và firebase. Tất cả các dữ liệu được giám sát đo đạc thử nghiệm và gửi lên hệ thống IoT real time. Hệ thống tích hợp điều khiển từ xa trên Blynk dùng để tắt các thiết bị tải khi xảy ra quá tải, hư hỏng thiết bị. Trong nghiên cứu này ứng dụng cho việc chuyển đổi nguồn năng lượng, tắt các thiết bị điện cho hệ thống.



Hình 12. Quản lý dữ liệu năng lượng trên Blynk

6. Kết luận

Một phương pháp mới ứng dụng IoT để quản lý một chuỗi nhiều loại năng lượng khác nhau được đề xuất trong nghiên cứu này. Thiết lập cấu hình phần cứng và nhúng chương trình điều khiển vào hệ thống để quản lý chuỗi nguồn năng lượng. Kết quả cho thấy những tín hiệu gửi về có thể sử dụng để giám sát phân tích và khắc phục những lỗi xảy ra cho hệ thống như nước bị tắt nghẽn, năng lượng mặt trời thiếu ánh sáng, Đây là một nghiên cứu cơ bản để dàng ứng dụng và phát triển trên các phương tiện di chuyển như xe không người lái, xe mô hình đô thị và có thể mạnh trong việc

chẩn đoán hiệu suất của hệ thống dưới sự giám sát trên nền tảng IoT.

7. Lời cảm tạ

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Trường đại học Lạc Hồng đã hỗ trợ thực hiện đề tài mã số LHU-RF-TE-23-11-09 năm 2024.

8. Tài liệu tham khảo

- [1]. Trần Thị Minh Khoa, Nguyễn Cao Anh Minh, Nguyễn Thị Hậu. Ứng dụng IoT trong hệ thống quản lý và giám sát ngôi nhà thông minh theo thời gian thực, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, **2021**, 50, 258-267.
- [2]. Giáp Thị Nguyệt, Trần Văn Tình, Nguyễn Hữu Phát. Thiết kế hệ thống camera thông minh cảnh báo cháy ứng dụng trong IoTs, *Tạp chí Ánh sáng & Cuộc sống*, **2023**, 164, 81-86.
- [3]. TASTAN, Mehmet. Internet of Things based Smart Energy Management for Smart Home, *SII T Internet Info*, **2019**, 13(6), 2781-2798.
DOI: <https://doi.org/10.3837/tiis.2019.06.001>
- [4]. Lê Quang Anh, Trần Hữu Danh, Võ Quốc Quân, Lưu Hải Tuấn, Huỳnh Minh Nhật và Quách Văn Khương. Thiết kế mô hình kiểm tra và giám sát thành tích trong thi năng khiếu thể dục thể thao, *Tạp Chí Khoa học -Trường Đại Học Cần Thơ*, **2018**, 54(3), 193-200.
DOI: <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2018.056>
- [5]. Tống Việt Hùng, Hà Quốc Trung, Ngô Minh Phước, Ngô Văn Thành, Nguyễn Thị Hồng. Ứng dụng hệ điều hành FreeRTOS và vi điều khiển ESP32 trong hệ thống trồng rau thủy canh, *Tạp chí Khoa học và Công Nghệ Việt Nam*, **2019**, 3, 40-42.
- [6]. Suganthi, K., Kumar, M.A., Harish, N., HariKrishnan, S., Rajesh, G., Reka, S.S. Advanced Driver Assistance System Based

on IoT V2V and V2I for Vision Enabled Lane Changing with Futuristic Drivability, *Sensors*, **2023**, 23(7), 3423.

DOI: <https://doi.org/10.3390/s23073423>

[7]. Nguyễn Minh Kỳ, Lâm Hoài Bảo, Trương Phong Tuyên, Phạm Thị Minh Hiếu, Hồ Văn Chiến, Bernard Pottier và Huỳnh Xuân Hiệp. Bẫy đèn rầy nâu tự động, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, **2015**, Công nghệ Thông tin 2015, 168-178.

[8]. Trinh Long, Lê Quang Giáp, Phạm Sơn Lâm, Thái Hữu Nguyên, Trần Thị Quỳnh Oanh, Lê Xuân Hải. Nhận dạng và tổng hợp bộ điều khiển pid điều khiển hệ thống máy bơm trên nền tảng nhúng và web, *Tạp chí Khoa học và Công Nghệ*, **2022**, 58(5), 28-32.

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.33>

[9]. Phan Việt Cường, Nguyễn Mạnh Quân, Bùi Văn Đô, Đỗ Đình Hưng. Máy in 3D XYX sử dụng mô hình lắng đọng fuse, *Tạp Chí Khoa Học -Trường đại học Mở Hà Nội*, **2020**, 68, 73-84.

[10]. Yikeun Kim, Sung Won Kim, Kang Dae Lee and Yeh-chan Ahn. Real-time localization of the parathyroid gland in surgical field using Raspberry Pi during thyroidectomy: a preliminary report, *Biomedical Optics Express*, **2018**, 9(7), 3391-3398.

DOI: <https://doi.org/10.1364/BOE.9.003391>