

# Thiết kế và thi công hệ thống giám sát và điều khiển hộ tiêu thụ một pha qua mạng không dây

Design and construction of the monitoring and controlling system for single-phase consumers through wireless network

Trần Quốc Cường<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Hoàng Vũ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Tiền Giang, 119 Ấp Bắc, Phường 5, Mỹ Tho, Tiền Giang, Việt Nam

---

## Thông tin chung

Ngày nhận bài:

22/09/2019

Ngày nhận kết quả phản biện:

17/01/2020

Ngày chấp nhận đăng:

14/02/2020

---

## Từ khóa:

Thiết bị đo công suất thông minh, Thiết bị giám sát năng lượng điện

## Keywords:

Smart power meters, Electrical energy monitors

## Tóm tắt

Bài báo này giới thiệu hệ thống điều khiển và giám sát các thông số điện năng của hộ tiêu thụ 1 pha từ xa sử dụng ESP8266 trên nền tảng giao thức MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)-Inut Node Red Dashboard để truyền thông dữ liệu từ client đến server qua mạng internet. Hệ thống đề xuất có thể điều khiển thiết bị điện qua các ổ cắm thông minh, giám sát và thống kê các thông số: dòng điện, điện áp, công suất tức thời, hệ số công suất, điện năng tiêu thụ tích lũy và nhiệt độ của hộ tiêu thụ một cách hiệu quả bằng điện thoại thông minh và máy tính những nơi có kết nối internet. Kết quả thực nghiệm cho thấy giải pháp đề xuất thực hiện rất hiệu quả trong việc điều khiển và giám sát quá trình sử dụng điện của hộ tiêu thụ theo thời gian thực.

## Abstract

This paper introduces a controlling and monitoring system of electrical parameters of remote single-phase consumers using Esp8266 module based on the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protocol-Inut Node Red platform for data communication from clients to servers through the internet. The proposed system can control electrical equipment by smart plugs, monitor and make statistics of parameters such as: electric current, voltage, instantaneous power, power factor, accumulative power consumption and temperature of consumers effectively by smart-phones and computers anywhere with an internet connection. The experimental results showed that the proposed solution is very effective in controlling and monitoring the process of electricity usage of the consumers in real time.

---

## 1. GIỚI THIỆU

Sự phát triển nhanh của công nghệ chế tạo linh kiện điện tử, xu hướng hiện đại hóa trong dân dụng và công nghiệp dẫn đến việc sử dụng các thiết bị điện, điện tử, tự động ngày càng tăng. Điện năng trở thành một nhu cầu thiết yếu trong thế giới hiện đại, hệ quả là vấn đề

thiếu hụt năng lượng điện ngày càng nghiêm trọng hơn, bài toán tiết kiệm năng lượng điện và phát triển năng lượng tái tạo được quan tâm hàng đầu. Tuy nhiên, hầu hết các hộ tiêu thụ thiếu thông tin chi tiết về mức độ điện năng đang sử dụng, khu vực nào đang lãng phí điện nên không thể giám sát được điện năng

---

\* tác giả liên hệ, email: tranquoccuong@tgu.edu.vn, 097 525 7258

tiêu thụ và điều khiển đóng/ngắt thiết bị đó từ xa. Do đó, cần thiết phải có một giải pháp để kiểm soát dữ liệu liên quan đến các đại lượng điện của hộ tiêu thụ như: công suất, điện áp, dòng điện sử dụng trên thiết bị và cập nhật liên tục theo thời gian thực, cũng như có thể truy cập từ xa để có phương án sử dụng điện hợp lý và tiết kiệm hơn.

Một khía cạnh khác, với sự phát triển vượt bậc của công nghệ IoT (Internet of Things), tiến tới cuộc cách mạng công nghệ 4.0, tất cả thiết bị trở nên thông minh hơn, kết nối với nhau qua internet, mỗi thiết bị có một địa chỉ định danh riêng trên mạng toàn cầu. Thông qua việc kết nối với nhau qua mạng internet các thiết bị có thể trao đổi dữ liệu một cách nhanh chóng. Sử dụng các thiết bị di động thông minh để điều khiển và giám sát từ xa những máy móc, thiết bị điện trong hộ gia đình ở mọi lúc, mọi nơi đã và đang trở thành xu thế thiết yếu của thời đại ngày nay [1]. Với việc tập trung ứng dụng IoT vào quản lý về nguồn năng lượng điện sẽ mở ra các lợi thế về quản lý kết nối lưới điện thông minh, tự động hóa và giám sát việc cung cấp điện thông qua phần mềm (app) trên máy tính hoặc thiết bị di động. Mọi thông tin về dòng điện, công suất, điện năng tiêu thụ từ cảm biến sẽ lưu trên 1 server, từ đây những thông tin sẽ trao đổi giữa các thiết bị người dùng với nhau.

Thời gian gần đây, nhiều công trình nghiên cứu đề xuất các giải pháp giám sát năng lượng điện tiêu thụ của các thiết bị điện và truyền dữ liệu lên mạng internet. Các kỹ thuật tập trung vào giám sát các tải cảm điện, theo phương pháp tập trung và phân tán ở cấp độ bên trong từng thiết bị riêng lẻ, có thể mô tả như: Hệ thống đo dòng điện tiêu thụ và điều

khiển thiết bị trong một khu vực nhỏ sử dụng cảm biến dòng ASC712 [1], [2] [4] và sử dụng cảm biến dòng (CT) không ngắt mạch trong quá trình đo cho các tải cảm [3]. Tác giả giới thiệu giải pháp truyền thông trong nguồn bộ nguồn xung của các thiết bị điện tử CPS (Communicating Power Supplies), mỗi bộ nguồn của thiết bị được tích hợp thêm chức năng đo, tính toán và truyền thông tin về năng lượng điện tiêu thụ lên internet được đề xuất trong [5]. Dữ liệu đo lường được lưu trên đám mây và hiển thị thông tin trên thiết bị di động hoặc máy tính. Tín hiệu truyền lên internet dùng máy tính bằng cable, hoặc truyền không dây sử dụng: bộ thu phát tín hiệu không dây sử dụng vi điều khiển ARM7, Arduino kết hợp module Esp8266 truyền thông tín hiệu năng lượng lên internet hay Raspberry pi sử dụng ngôn ngữ Python để lập trình kết nối internet. Sử dụng đám mây và web server để lưu trữ dữ liệu về năng lượng theo thời gian thực và cho phép các chương trình khác có thể truy xuất dữ liệu. Về khâu chấp hành, mỗi ổ cắm tích hợp 1 relay để điều khiển đóng/ngắt nguồn điện cung cấp cho thiết bị kết nối với nó. Hầu hết các kết quả thực nghiệm cho thấy các hệ thống đã hoạt động tốt, có thể điều khiển, giám sát trạng thái và công suất của từng thiết bị, có khả năng phát hiện thiết bị gặp sự cố, đo và vẽ lại đồ thị dòng điện tiêu thụ với thời gian thực.

Tuy nhiên, có thể thấy rằng các công trình trên hoặc là giám sát và điều khiển theo phương thức tập trung tác động tại khối tổng hoặc phân tán điều khiển riêng từng ổ cắm. Điều này làm cho việc điều khiển chưa linh hoạt, hiệu quả chưa cao.

Bài báo này đề xuất một phương pháp điều khiển vừa tập trung, vừa phân

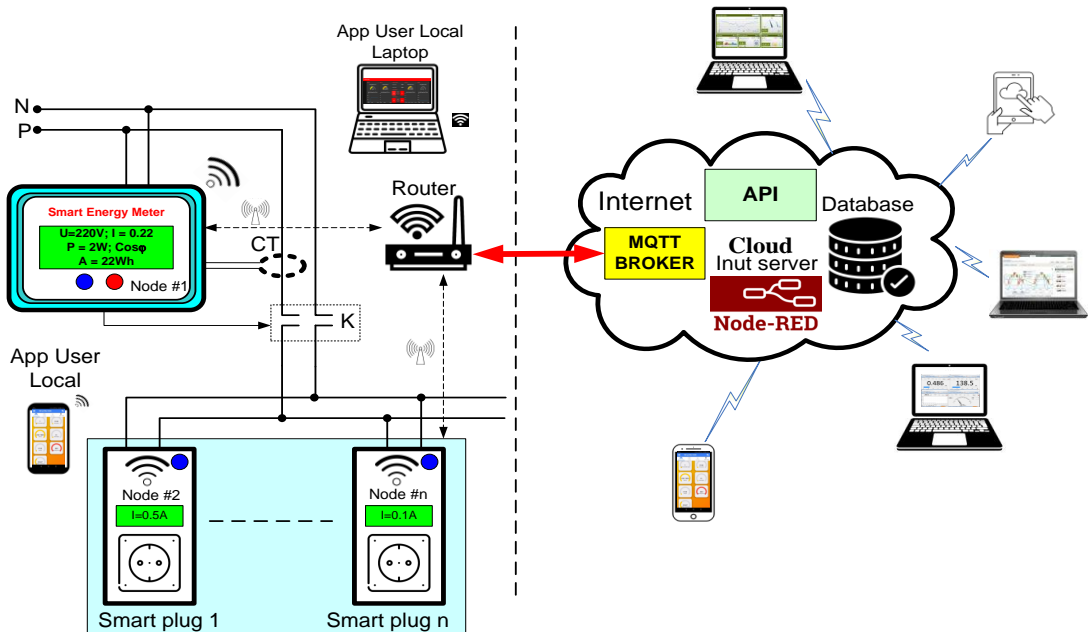
tán giúp giám sát và điều khiển thiết bị hiệu quả hơn. Các nội dung tiếp theo sẽ lần lượt mô tả tổng quan hệ thống đề xuất, thiết kế phần cứng của các khối mạch, phương pháp đo các đại lượng điện dung các loại cảm biến dòng, mô hình mạng MQTT và kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu quả của hệ thống đề xuất sẽ được trình bày.

**2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

**2.1. Mô tả tổng quan hệ thống**

Sơ đồ khối tổng quát của toàn hệ thống được mô tả như Hình 1. Mỗi khối xem như một nút mạng. Nút (bộ) điều khiển trung tâm SEM (Smart Energy Monitor) giám sát việc sử dụng điện của cả hộ tiêu thụ và điều khiển đóng/ngắt điện của cả hệ thống bằng khởi động từ. SEM sử dụng module cảm biến Pzem 004T của Peacefair Electronics để đo các đại lượng điện tức thời như: điện áp, dòng điện tải tối đa 40A của hộ tiêu 1 pha, công suất, hệ số công suất và điện năng tiêu thụ được cập nhật theo thời gian thực và truyền dữ liệu lên server để

lưu dữ liệu lên đám mây qua router wifi nội bộ của hộ tiêu thụ. Hệ thống trang bị các nút mạng ồ cắm thông minh (smart plug node: SPN). Mỗi SPN được xem như nút không dây trong khu vực hộ gia đình có chức năng kiểm soát các thiết bị cắm tải, truyền dữ liệu đo được tại nút (nhiệt độ, dòng điện tiêu thụ tải cắm vào) lên server. Các SPN được điều khiển, giám sát riêng biệt từ máy tính hoặc smartphone. Hệ thống sử dụng ESP8266-12F trên nền tảng Inut làm các client, dữ liệu truyền lên server qua giao thức MQTT kết hợp NodeRed để thiết kế mạng truyền không dây. Sử dụng máy tính đóng vai trò edge computer có chức năng giám sát và điều khiển 1 cách tùy biến, sử dụng Node Red Dashboard thiết kế giao diện người dùng trên máy tính, sử dụng phần mềm ứng dụng Inut thiết kế để thiết kế giao diện điều khiển trên điện thoại thông minh. Hệ thống có thể điều khiển bằng điện thoại thông minh và máy tính ở bất kỳ nơi đâu có kết nối internet.



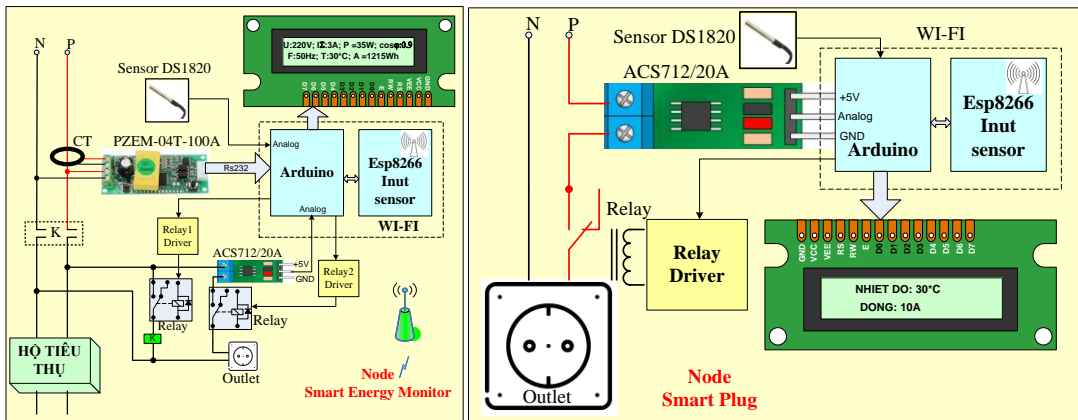
Hình 1. Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống

**2.2. Nút điều khiển trung tâm, nút ổ cắm thông minh**

Nút điều khiển trung tâm SEM có chức năng đo lường tổng năng lượng của hộ tiêu thụ, nhiệt độ môi trường xung quanh thiết bị và điều khiển toàn bộ hoạt động của các nút ổ cắm. Hình 2a mô tả sơ đồ khối phần cứng của SEM sử dụng module Pzem 04T-100A, cảm biến CT để đo các thông số như tức thời như: dòng điện, điện áp, công suất, hệ số công suất và năng lượng tiêu thụ tích lũy của tải tiêu thụ. Bộ điều khiển chính trong mạch gồm Arduino giao tiếp với module wifi Esp8266-12E. Ngõ vào Arduino nhận tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ DS18B20, Pzem-004T, tín hiệu điều khiển bằng tay dùng nút nhấn, ngoài ra SEM còn có chức năng đo dòng điện tiêu thụ riêng cho ổ cắm tại đó dùng cảm biến dòng ACS712-20A, Arduino điều khiển hiển thị lên

LCD và chức năng quan trọng là điều khiển đóng/ngắt điện lưới cung cấp của toàn bộ hệ thống điện của hộ tiêu thụ qua khởi động từ.

Sơ đồ khối Hình 2b mô tả mạch nút ổ cắm thông minh SPN (Smart Plug Node) có chức năng đo nhiệt độ và dòng điện tiêu thụ tức thời tại ổ cắm. Bộ điều khiển chính của mạch điện các SPN tương tự như SEM (dùng Arduino và ESP8266). Mục đích đo dòng điện tải cắm để biết trạng thái hoạt động của thiết bị có công suất thấp (10A) nên sử dụng cảm biến dòng ACS712-20A, cảm biến DS18B20 đo nhiệt độ môi trường là phù hợp. Arduino đọc giá trị đo từ các cảm biến hiển thị lên LCD và giao tiếp với ESP8266 truyền lên internet. Việc điều khiển đóng/ngắt điện cung cấp tại các SPN được thực hiện bởi Arduino thông qua relay.



Hình 2. Sơ đồ khối mạch điện SEM và SPN

**2.3. Đo lường các thông số điện năng**

Nghiên cứu sử dụng cảm biến dòng ACS712 để đo dòng AC tức thời tại các ổ cắm. Công thức tính toán các giá trị điện áp, dòng điện và công suất nhận từ module ACS712 được lấy mẫu tín hiệu đưa vào ngõ Analog của vi điều khiển được xác định theo công thức sau:

Điện áp:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{s\text{amp}}^2 (i)} \tag{1}$$

Dòng điện

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_{s\text{amp}}^2 (i)} \tag{2}$$

Công suất:

$$P_{active} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{samp}(i) \times I_{samp}(i)} \quad (3)$$

Trong đó,  $I_{samp}(i)$  và  $V_{samp}(i)$  là các mẫu của dòng điện xoay chiều.  $N$  là số mẫu lấy trong một chu kỳ thời gian,  $N$  càng lớn kết quả càng chính xác.

SEM đo các thông số của một hộ tiêu thụ trong giới hạn 40A, dùng Module cảm biến Pzem-004T V3.0 đo lường và tính toán các thông số cơ bản của hộ tiêu thụ, với sự tích hợp bộ vi điều khiển và bộ nhớ bên trong, mức độ sai số 0,5%, hiện tại đang được sử dụng trong các công tơ điện tử trên thị trường Việt Nam. Module có thể đo được các đại lượng như: dòng AC tức thời bằng cảm biến dòng (CT) khả năng đo được dòng tải 100A, điện áp AC, công suất tức thời, hệ số công suất, điện năng tiêu thụ tích lũy lên đến 9999KWh. Pzem-04T đo lường và giao tiếp với Arduino thông qua chuẩn RS232 với tốc độ baud là 9600, định dạng frame truyền gồm: 8 bit data, 1 bit stop

Định dạng chuỗi lệnh phát ra từ vi điều khiển để yêu cầu đọc dữ liệu từ Pzem-004T V3.0 gồm 8 byte được mô tả như sau:

Địa chỉ Pzem 04	Mã lệnh đọc data	Địa chỉ byte thấp	Địa chỉ byte cao
Số thanh ghi (L)	Số thanh ghi (H)	Byte cao CRC	Byte thấp CRC

0x01+0x04+0x00+0x00+0x00+0x0A+0xHH+0xLL: có nghĩa địa chỉ Pzem 004T cần đọc là 0x01, vi điều khiển cần đọc 10 byte dữ liệu bắt đầu từ thanh ghi có địa chỉ 0x00, mã kiểm tra CRC là 0xHH và 0xLL.

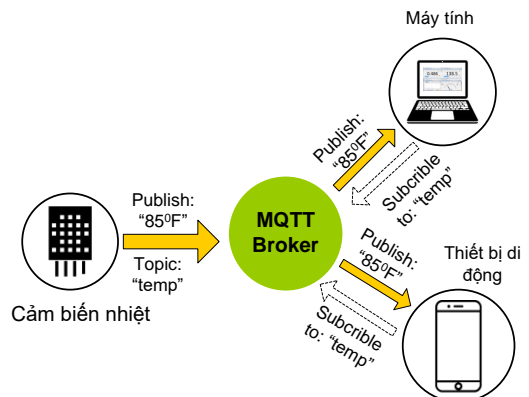
### 2.4. Mô hình mạng truyền thông sử dụng MQTT-Node Red

MQTT là một giao thức dạng publish/subscribe tập trung chủ yếu

cho các thiết bị IoT và M2M với băng thông thấp, độ tin cậy cao và khả năng được sử dụng trong mạng lưới không ổn định. MQTT cho phép gửi lệnh để điều khiển ngõ ra như Relay, Led...có thể đọc và gửi dữ liệu thu được từ các cảm biến lên server.

Giao thức MQTT, bao gồm các định nghĩa “Subscribe”, “Publish”, “Topic”, “Payload”, “QoS”, “Retain”, “(LWT)”

Hệ thống sử dụng giao thức MQTT được thể hiện như Hình 3, MQTT client (gọi là client) kết nối tới một MQTT Server (gọi là Broker).



Hình 3. Giao thức truyền thông MQTT

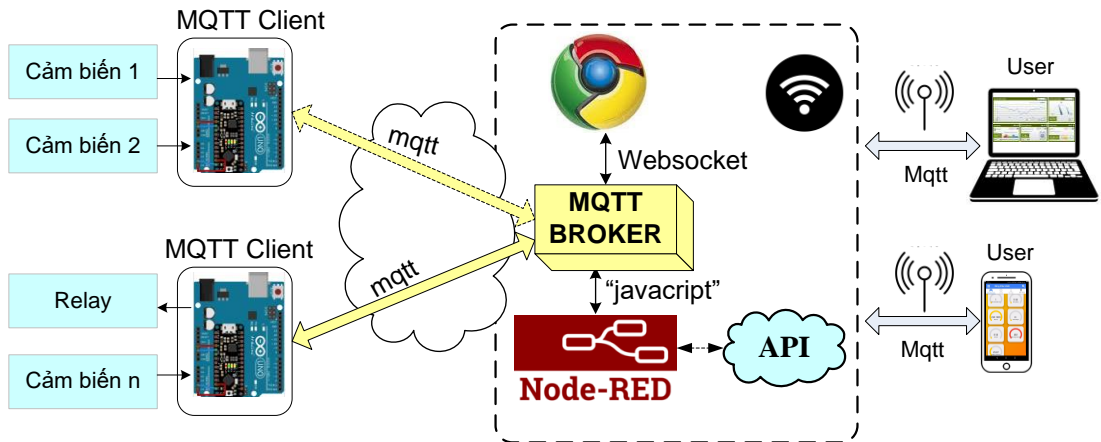
Tất cả các client không thể truyền thông trực tiếp với nhau được mà phải thông qua một MQTT Broker. Mỗi client sẽ đăng ký một vài kênh (Topic). Topic là một kênh truyền và quy định kiểu định dạng băng tin để truyền/nhận đúng địa chỉ nơi đến, mỗi topic được định dạng theo kiểu phân tầng ngăn cách bởi dấu “/”.

Ví dụ:

“/client1/channel1/lamp”, hoặc là “/client1/channel2/motor”.

Quá trình đăng ký này gọi là “Subscribe”. Client sẽ nhận được dữ liệu khi có bất kỳ client nào khác gửi dữ liệu vào kênh đã đăng ký. Khi một client gửi dữ liệu tới Broker, kênh đó gọi là “Publish”.

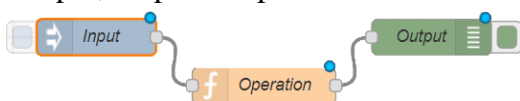
Mô hình mạng MQTT đề xuất (Hình 4) cho thấy các MQTT client liên lạc với nhau thông qua MQTT Broker. Để các thiết bị IoT có thể giao tiếp với các giao diện và phần mềm cần có API (Application Program Interface) để tạo mối liên kết các phần mềm trong hệ thống.



**Hình 4.** Mô hình mạng đề xuất trên cơ sở giao thức MQTT

Lưu đồ mô tả quy trình lập trình điều khiển hệ thống thể hiện như sau:

Việc thiết kế Web App với Node RED Dashboard, để tạo giao diện điều khiển từ xa qua máy tính, nghiên cứu này chọn phương án máy tính đóng vai trò là một edge computer với vai trò là client, có khả năng tính toán lớn. Trong đó, MQTT Broker từ server của Inut để cho các Node Red có thể lấy data từ thiết bị. Node-RED hoạt động dựa trên nền tảng Node.js có thể cấu hình tùy chỉnh các chức năng được gọi là “flow” từ bất kỳ trình duyệt nào trên máy tính. Mỗi ứng dụng Node-RED bao gồm các node có thể liên kết được với nhau với các dạng là input, output và operation.

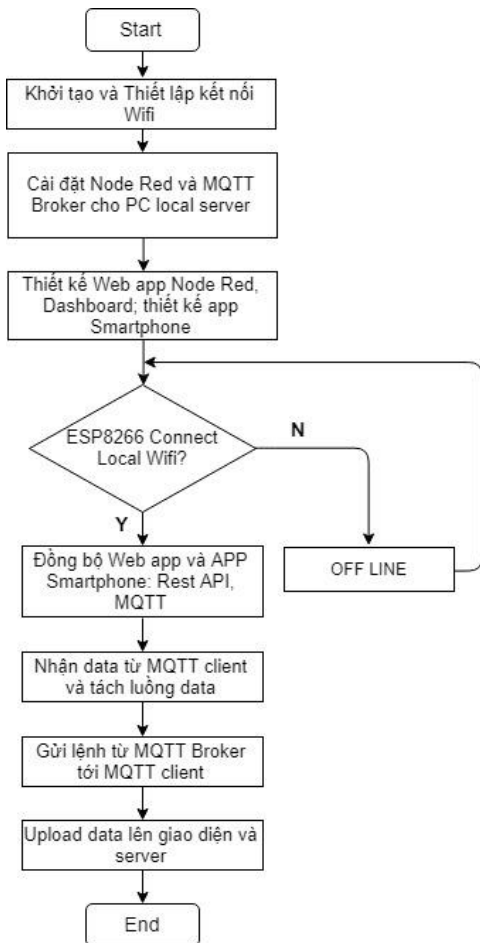


**Hình 5.** Mô tả “flow” Node Red

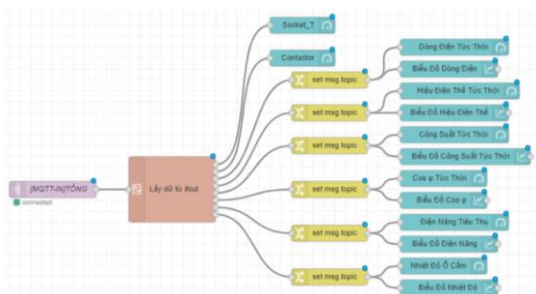
Node Red dashboard là một mã nguồn mở cho các ứng dụng của IoT. Với việc sử dụng NODE RED trên Inut platform của Inut JSC có độ bảo mật cao, lập trình giao diện trực quan, sinh động với nhiều tính năng, phù hợp cho những người phát triển dự án không đòi hỏi có nhiều kiến thức chuyên sâu về lĩnh vực công nghệ thông tin, có thể tạo ra các ứng dụng phân tích dữ liệu, lưu trữ dữ liệu, quản lý dữ liệu một cách đơn giản. Ngoài ra, Inut Node Red dashboard hỗ trợ REST API để giao tiếp từ các thiết bị, bất kỳ nơi đâu có kết nối Internet và Server database giúp lưu dữ liệu, thống kê năng lượng đã sử dụng quá khứ.

Thiết kế app cho điện thoại thông minh trên nền tảng app Inut, đây là app cho phép người dùng tùy biến giao diện dễ dàng tương tự như Blink, phù hợp cho điện thoại sử dụng hệ điều hành Android và IOS. Tuy nhiên, app Inut không giống

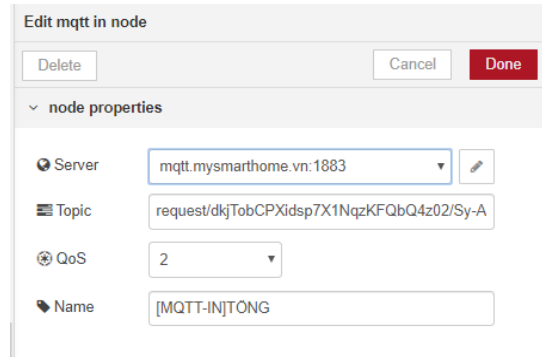
với các app ở dạng prototype đây là phần mềm có tính bảo mật cao. Phù hợp cho hệ thống triển khai ứng dụng thực tế với nhiều tính năng vượt trội như: giao diện số tùy biến, bảng thống kê kết quả đo lường từng thời điểm bằng đồ thị trực quan.



**Hình 6.** Giải thuật điều khiển hệ thống



**Hình 7. (a)** Lập trình Inut Node RED kết nối với MQTT server (MQTT Broker)



**Hình 7. (b)** Lập trình Inut Node RED kết nối với MQTT server (MQTT Broker)

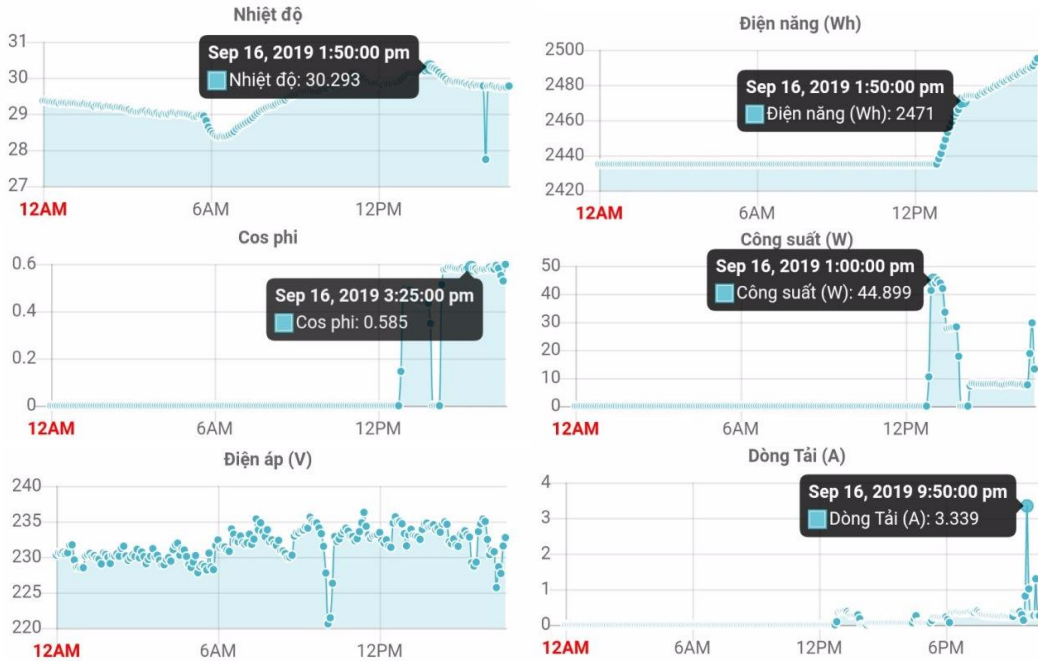
**2.5. Kết quả thực nghiệm và thảo luận**

Kết quả thực nghiệm hệ thống giám sát và điều khiển tải tiêu thụ của SEM và SPN thông qua giao diện bằng smartphone như Hình 8. Tải tiêu thụ cắm vào SPN1 (Inut Blue) là 1 máy sấy tóc đang hoạt động và SPN2 (Inut Red) có tải là quạt máy công suất 45(W), kết quả hiển thị cho thấy dòng tức thời tại các SPN là SPN1: 3,78(A), SPN2: 2,22(A). Trong cùng thời điểm giao diện của SEM (Tổng) hiển thị các thông số: dòng tổng là 4,05(A), công suất tức thời 885W, năng lượng tiêu thụ tại thời điểm xem xét là 2785(Wh) và nhiệt độ tại SEM là 29,75<sup>0</sup>(C).



**Hình 8.** Kết quả thực nghiệm với tải hiển thị trên giao diện smartphone.

Kết quả thực nghiệm trên cho thấy giá trị dòng tải tức thời của SEM và của

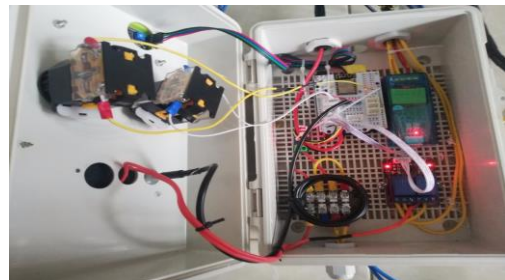


**Hình 9.** Đồ thị thống kê các thông số trên app điện thoại

Trên giao diện điều khiển của smartphone còn có tính năng thống kê quá trình sử dụng điện trong 1 ngày, kết quả được thể hiện như các Hình 9. Kết quả cho thấy nhiệt độ cao nhất trong ngày là lúc 13h50', trong thời điểm đó điện năng tiêu thụ đạt 2471(Wh). Lúc 13h00 cắm tải sử dụng với công suất là 44,9(W), điện áp nguồn thấp nhất 220(V) lúc gần 11h00 và dòng tải cao nhất trong ngày sử dụng lúc 21h50. Qua đồ thị này cho thấy việc quản lý điện năng trong 1 ngày của hộ tiêu thụ rất hiệu quả khi sử dụng phần mềm trên điện thoại. Người dùng có thể truy xuất được giá trị sử dụng bất kỳ thời điểm nào trong ngày. Hình 10 trình bày hình ảnh thực tế bên trong các thành phần của SEM và Hình 11 mô hình hệ thống thực nghiệm với 2 tải là bình đun nước siêu tốc công suất nhãn máy 1500(W) gắn

tổng dòng tải SPN1, SPN2 chênh lệch 0,05(A). Thời gian tác động khi điều khiển bằng app trên điện thoại khoảng 1(s)÷2(s).

vào SPN1 (nút màu xanh) và bàn ủi điện công suất 1000(W) gắn vào SPN2 (nút màu đỏ). Hình 12 là giao diện điều khiển trên máy tính của SEM trước và sau khi đóng CB tổng, tại thời điểm này điện năng tiêu thụ tích lũy là 2831(Wh). Giao diện giám sát và điều khiển tải tiêu thụ trên máy tính Hình 12 của SEM và Hình 13. Các thông số thể hiện ở 2 dạng: hiển thị dạng số kết hợp biểu đồ gauss và đồ thị cập nhật theo thời gian thực.



**Hình 10.** Sơ đồ cấu trúc bên trong của SEM

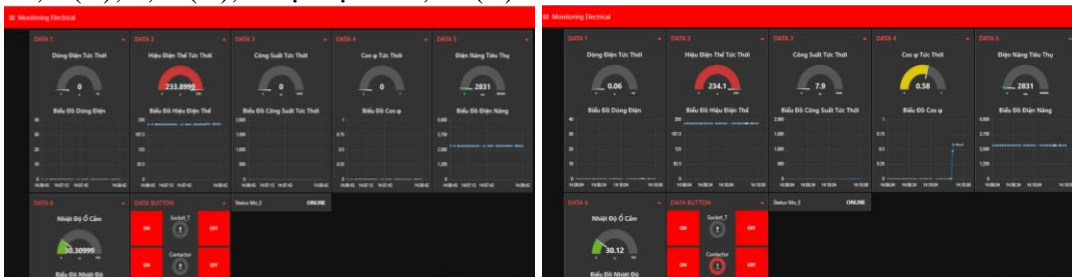




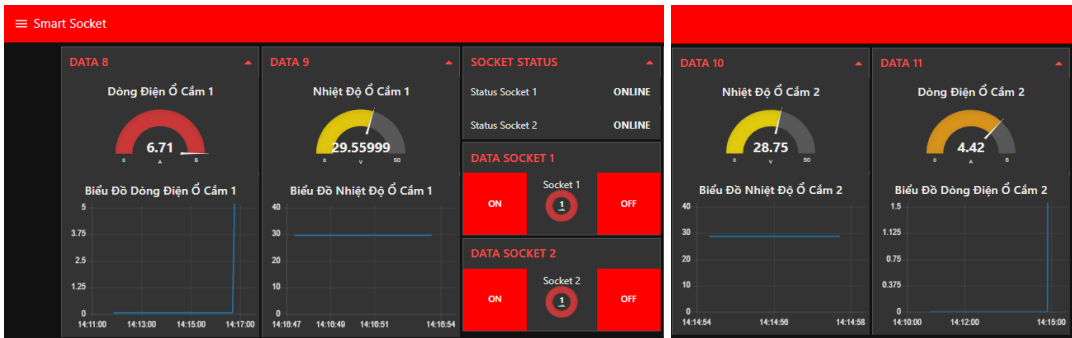
**Hình 11.** Mô tả hệ thống thống thực nghiệm

Hình 13 là giao diện điều khiển các SPN, cho thấy trạng thái của các tải tại SPN1 và SPN2 đang hoạt động. Thông số tức thời tại thời điểm tải đang hoạt động lần lượt là: 6,71(A), nhiệt độ là 29,5<sup>0</sup>(C); 4,42(A), nhiệt độ là 28,75<sup>0</sup>(C).

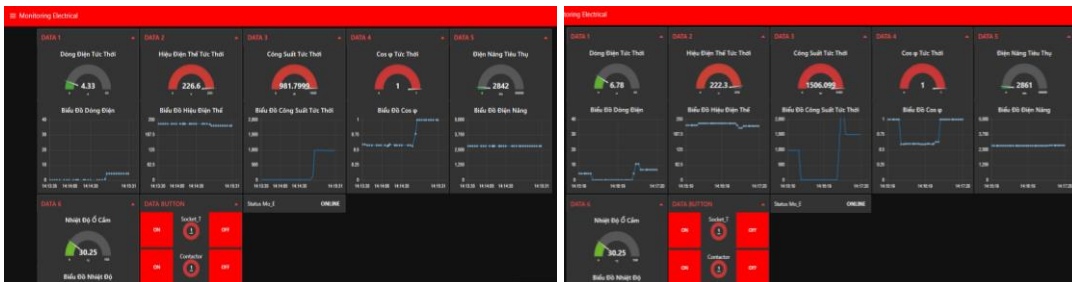
Giao diện của SEM Hình 14 thể hiện các thông số đo được khi bàn ủi điện đang hoạt động với: dòng tổng là 4,33(A), công suất: 982(W), điện năng tiêu thụ tại thời điểm xét: 2842(Wh), nhiệt độ: 30,25<sup>0</sup>(C). Thông số ghi nhận khi bàn ủi điện tự ngắt, bình đun nước đang sôi như sau: dòng tổng là 6,78(A), công suất tức thời 1506(W), điện năng tiêu thụ là 2861(Wh), nhiệt độ: 30,25<sup>0</sup>(C). Thời gian tác động khi điều khiển bằng giao diện trên máy tính khoảng 3(s)÷5(s)..



**Hình 12.** Giao diện điều khiển trên máy tính SEM trước và sau khi đóng CB tổng



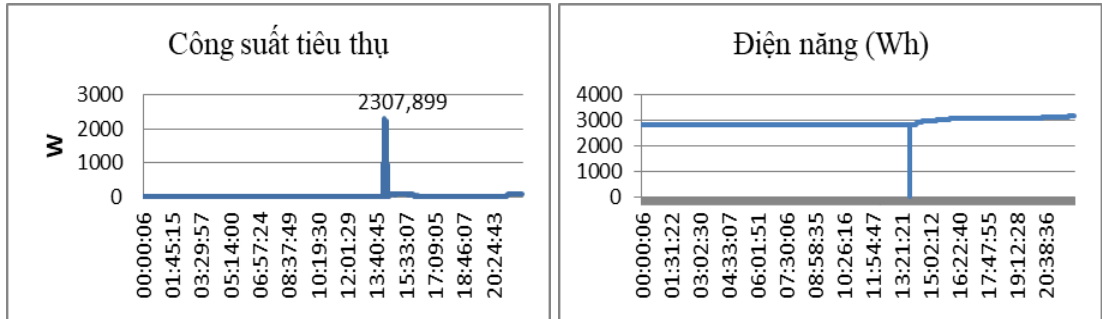
**Hình 13.** Giao diện SPN trên máy tính khi bật bàn ủi hoạt động



**Hình 14.** Giao diện bộ điều khiển và giám sát trung tâm trên máy tính

Từ kết quả trên cho thấy các thông số đo lường tương đối chính xác so với tải tiêu thụ. Ngoài ra, dữ liệu quá trình sử dụng điện được server tự động gửi về email thống kê file excel hàng ngày

nhằm mục đích giám sát quá trình sử dụng điện. Hình 15 vẽ biểu đồ thống kê quá trình sử dụng điện trong 1 ngày từ file Excel:



**Hình 15.** Kết quả thống kê các thông số điện năng trong 1 ngày

Từ kết quả thống kê trong 1 ngày sử dụng cho thấy hành vi sử dụng điện của người dùng như sau: trong khoảng thời gian từ 13h50' đến 14h10' sử dụng điện nhiều nhất, các thông số tăng đột ngột trong khoảng thời gian này, khoảng 13h30' điện năng rơi xuống 0, điều này chứng tỏ hệ thống mất điện lưới cung cấp. Như vậy, với tính năng này cho thấy hiệu quả trong việc xem xét hành vi sử dụng điện, tình trạng cung cấp điện của hộ tiêu thụ trong quá khứ.

### 3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã thực hiện thiết kế một mô hình hệ thống điều khiển và giám sát điện năng tiêu thụ 1 pha trong dân dụng qua mạng internet không dây. Các nút mạng trong hệ thống sử dụng cảm biến Pzem04T, Esp8266 trên nền tảng giao thức MQTT-Inut Node Red. Kết quả thực nghiệm với tải thực tế cho thấy giải pháp đề xuất thực hiện rất hiệu quả: điều khiển được thiết bị, giám sát quá trình sử dụng điện theo thời gian thực, từ đó giúp người dùng điều chỉnh hành vi sử dụng điện góp phần tiết kiệm năng lượng và ngân sách. Trước sự phát triển của IoT đã mở ra một hướng mới

trong lĩnh vực điều khiển và giám sát điện năng tiêu thụ của các hộ gia đình, cơ quan, tòa nhà, trong hệ thống điện sử dụng năng lượng mặt trời có thể được triển khai trong thực tế...

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1].Arati Kurde (2016), IoT Based Smart Power Metering, International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 6, Issue 9, ISSN 2250-3153.
- [2].Bharathi R (2017), Power Consumption Monitoring System using IoT, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 173 - No.5.
- [3].Lidia Pocero (2017), Open source IoT meter devices for smart and energy-efficient school buildings, Science Direct, Hardware Article, Vol. 1, pp. 54-67.
- [4].[Óscar Blanco-Novoa](#) (2017), An Electricity Price-Aware Open-Source Smart Socket for the Internet of Energy, Published online, doi:

[10.3390/s17030643](https://doi.org/10.3390/s17030643),PMCID:  
PMC5375929.

- [5].Steven Lanzisera (2014),  
Communicating Power Supplies:  
Bringing the Internet to the  
Ubiquitous Energy Gateways of  
Electronic Devices, IEEE internet  
of things journal, vol.1, No.2.