



GIÁM SÁT TỪ XA PHỤ TẢI ĐIỆN HỘ GIA ĐÌNH BẰNG ỨNG DỤNG BLYNK

Nguyễn Thái Sơn^{1*}, Trần Hoàng Tuấn², Trần Trung Tính³ và Quách Ngọc Thịnh¹

¹Bộ môn Kỹ thuật Điện, Trường Đại học Cần Thơ

²Lớp Kỹ thuật Điện K43, Trường Đại học Cần Thơ

³Ban Quản lý Dự án ODA, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thái Sơn (email: thaison@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 29/11/2021

Ngày nhận bài sửa: 09/12/2021

Ngày duyệt đăng: 12/03/2022

Title:

Remote power monitor for household load using Blynk application

Từ khóa:

Esp8266 NodeMCU, giám sát IoT, Pzem004t, giám sát từ xa, ứng dụng Blynk

Keywords:

Esp8266 NodeMCU, IoT monitoring, Pzem004t, remote monitoring, Blynk application

ABSTRACT

The main purpose of this study was to monitor household electrical loads through Blynk application. Firstly, the article presents the structure and operation principle of the proposed monitoring model and components of model. Secondly, the control program is performed with the Arduino IDE software and loaded into the Esp8266 chip via a wifi network connection. The measurement data of the proposed model are compared with the obtained data of the EVNSPC customer service application of Vietnam Electricity Corporation. The results showed that the difference between two applications was from 0.98% to 5.21% of the measured data for a day and from 0.4% to 0.98% of the measured data for a month.

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu là giám sát phụ tải điện hộ gia đình thông qua ứng dụng Blynk. Trước tiên, cấu trúc và nguyên lý hoạt động của mô hình giám sát được nghiên cứu cũng như chi tiết các thành phần của mô hình. Sau đó, chương trình điều khiển được lập trình trên phần mềm Arduino IDE và nạp vào chip Esp8266 thông qua kết nối mạng wifi. Dữ liệu đo lường từ mô hình nghiên cứu được so sánh với dữ liệu đạt được từ ứng dụng EVNSPC CSKH của Tập đoàn Điện lực Việt Nam. Kết quả chỉ ra rằng độ chênh lệch giữa hai ứng dụng là từ 0,98 % đến 5,21% đối với dữ liệu đo trong một ngày và từ 0,4% đến 0,98 % đối với dữ liệu đo trong một tháng.

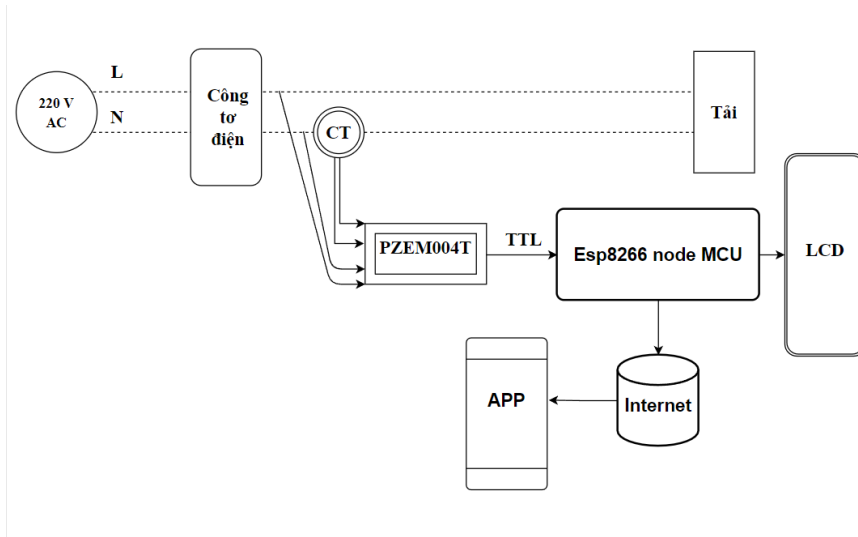
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ba cuộc cách mạng công nghiệp đầu tiên xuất hiện từ kết quả của sự phát triển động cơ hơi nước, động cơ đốt trong và cách mạng kỹ thuật số. Hiện tại, chúng ta đang bắt đầu cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư còn gọi là công nghiệp 4.0 (Hiền, 2019). Hệ thống giám sát năng lượng từ xa dựa trên Internet vạn vật (Internet of Things - IoT) không chỉ có thể nâng cao trình độ quản lý năng lượng của người sử dụng mà còn có vai trò quan trọng trong tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải cũng như một

số khía cạnh khác (Luan & Leng, 2016). Kết quả khảo sát của Tập đoàn Điện lực Việt Nam cho thấy nhiều khách hàng hài lòng khi có thể chủ động theo dõi lượng điện tiêu thụ hàng ngày và hàng tháng trên thiết bị di động thông minh (Tập đoàn Điện lực Việt Nam, 2021). Các module đo điện đa năng Pzem004t và chip Esp8266 đã được sử dụng để giám sát điện năng tiêu thụ kết hợp với điều khiển thiết bị điện từ xa thông qua internet và LORA trên ứng dụng Android (Sơn & Tuấn, 2019). Với ứng dụng Android thì các phần cứng bị ràng buộc nên sẽ khó

sử dụng. Do đó, trong nghiên cứu này, hệ thống giám sát năng lượng thông qua IoT được thiết kế dựa trên module đo điện đa năng Pzem004t V3.0 và chip Esp8266 trên ứng dụng Blynk. Hệ thống sẽ giám sát các thông số về dòng điện, điện áp, công suất, hệ số công suất và gửi lên mạng internet. Ứng dụng Blynk cài đặt dễ dàng và đăng kí tài khoản đơn giản, chức năng phong phú và không phải lập trình ứng dụng giúp người quản lý có thể truy cập dữ liệu ở bất cứ thời gian nào và bất cứ nơi đâu chỉ với các thiết bị như máy tính bảng hoặc điện thoại di động.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống giám sát

Thiết bị Pzem004t sẽ đọc các giá trị điện áp và dòng điện đo được từ hệ thống, chuyển đổi thành chuỗi dữ liệu UART thông qua giao thức TTL (transistor-transistor logic) độ trễ dữ liệu là 5 ms và truyền đến phần xử lý Esp8266 NodeMCU. Từ đó, dữ liệu đồng thời được truyền qua màn hình tinh thể lỏng (Liquid Crystal Display – LCD) và gửi lên mạng internet truyền đến máy chủ Blynk. Qua đó, các thiết bị điện thoại thông minh có thể truy cập vào ứng dụng Blynk để xem các thông số và trạng thái mà thiết bị đo được.

2.2.2. Các thiết bị, ứng dụng trong sơ đồ khối của hệ thống giám sát

a. Internet vạn vật (Internet of Things - IoT)

Theo Liên minh Viễn thông Quốc tế, Internet of Things là một cơ sở hạ tầng toàn cầu đối với xã hội thông tin, cung cấp các dịch vụ tiên tiến bằng cách kết nối các đối tượng (vật lý hay ảo) thông qua các thông tin và truyền thông công nghệ tương thích

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Mô hình giám sát từ xa phụ tải của hộ gia đình qua ứng dụng Blynk được tập trung xây dựng, theo đó các thông số cần giám sát bao gồm điện áp, tần số, dòng điện, công suất và lượng điện năng tiêu thụ được giám sát qua wifi thương mại.

2.2. phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thiết kế hệ thống giám sát

Sơ đồ khối của các thành phần trong hệ thống giám sát được thể hiện như Hình 1. Đối tượng khảo sát là phụ tải cơ bản của một hộ gia đình gồm: tủ lạnh, máy lạnh, tivi, quạt, đèn....

hiện có hoặc phát triển (International Telecommunication Union - ITU, 2012).

b. Giao thức truyền tín hiệu

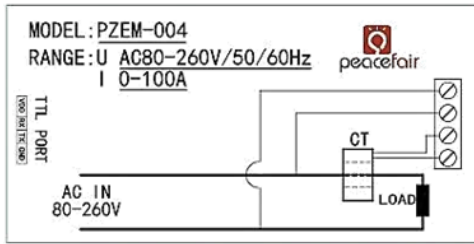
UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) gọi là bộ thu hoặc phát dữ liệu không đồng bộ nối tiếp dùng để nhận hoặc truyền dữ liệu theo chuẩn UART giữa máy tính và các thiết bị ngoại vi. Trong khi bộ truyền UART làm nhiệm vụ phát từng bit trong byte dữ liệu một cách tuần tự thì bộ thu UART chịu trách nhiệm lắp ghép các bit này lại thành các byte hoàn chỉnh. Giao tiếp giữa các thiết bị trong UART có thể được thực hiện theo hai phương thức là giao tiếp dữ liệu nối tiếp và giao tiếp dữ liệu song song. Giao tiếp dữ liệu nối tiếp có nghĩa là dữ liệu có thể được truyền qua một cặp hoặc một đường dây ở dạng bit-bit và nó chỉ cần hai cặp. Giao tiếp dữ liệu song song có nghĩa là dữ liệu có thể được truyền qua nhiều cặp cùng một lúc, truyền dữ liệu song song yêu cầu số lượng mạch và cáp nhiều. (Lành và ctv., 2018).

c. Máy biến dòng (CT – Current Transformer)

Dòng điện tiêu thụ của phụ tải điện hộ gia đình thường có trị số lớn nhất đến hàng chục ampe. Do đó, không thể đưa dòng điện này trực tiếp vào thiết bị điều khiển. Máy biến dòng với tỷ số biến dòng 1/1000 đo được lớn nhất 100A sử dụng để đạt được dòng điện thấp ở cuộn thứ cấp và đưa vào hệ thống đo lường (Long, 2007).

d. Pzem004t V3.0 100 A

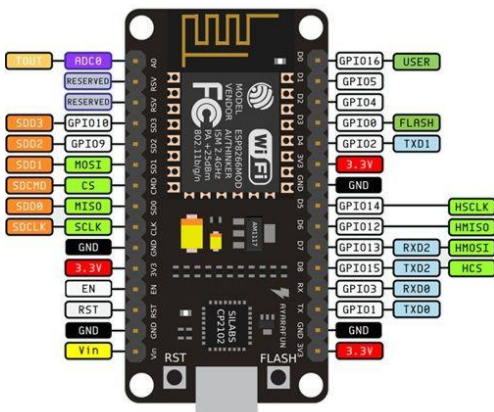
Module giao tiếp AC PZEM-004T chủ yếu được sử dụng để đo điện áp xoay chiều, dòng điện, công suất tác dụng, tần số, hệ số công suất và năng lượng tiêu thụ. Dữ liệu được đọc qua TTL/UART. Sơ đồ nối dây của Pzem004T V3.0 được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ đấu nối Pzem004T V3.0

e. Arduino Esp8266 NodeMCU

NodeMCU (Node MicroController Unit) là môi trường phát triển phần mềm và phần cứng mã nguồn mở được xây dựng xung quanh một “System on a Chip-SoC” được gọi là Esp8266. Esp8266 được thiết kế và sản xuất bởi Espressif Systems, chứa các thành phần quan trọng của máy tính: CPU, RAM, mạng wifi và thậm chí là hệ điều hành và SDK hiện đại. Các tính năng của chân kết nối của Arduino Esp8266 NodeMCU được minh họa ở Hình 3.



Hình 3. Tính năng các chân kết nối của Arduino Esp8266 NodeMCU

f. Module giao tiếp I2C

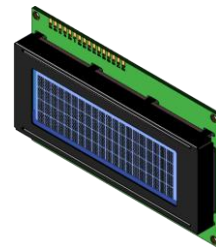
Để sử dụng các loại LCD có driver là HD44780 (LCD 1602, LCD 2004, ...), ta cần có ít nhất 6 chân của MCU kết nối với các chân RS, EN, D7, D6, D5 và D4. Nhưng với module chuyển giao tiếp LCD sang I2C thì chỉ cần 2 chân (SDA và SCL) của MCU kết nối với 2 chân (SDA và SCL) của module là đã có thể hiển thị thông tin trên LCD. Hình 4 là module I2C dùng để giao tiếp với LCD.



Hình 4. Module giao tiếp I2C

g. Màn hình hiển thị LCD 2004

Màn hình text LCD (Liquid Crystal Display) 2004 sử dụng driver HD44780, có khả năng hiển thị 4 dòng với mỗi dòng 20 ký tự như Hình 5. Màn hình LCD có độ bền cao, được sử dụng nhiều các ứng dụng của vi điều khiển và có ưu điểm so với các dạng hiển thị khác như hiển thị ký tự đa dạng, trực quan (chữ, số và ký tự đồ họa). Hơn thế, màn hình LCD được kết nối dễ dàng với các mạch ứng dụng theo nhiều giao thức giao tiếp khác nhau, tồn tại ít tài nguyên hệ thống và giá thành thấp...



Hình 5. Màn hình LCD 2004

h. Nguồn cung cấp 5 VDC

Module nguồn AC-DC Hi-Link ở Hình 6 có độ gọn điện áp và nhiễu thấp, có mạch bảo vệ quá tải và ngắn mạch, được sử dụng để chuyển nguồn điện xoay chiều 220 VAC sang nguồn điện một chiều 5 VDC để cung cấp cho thiết bị.



Hình 6. Nguồn cung cấp 5 VDC

i. Ứng dụng Blynk

Ứng dụng Blynk là một phần mềm mã nguồn mở được thiết kế cho các ứng dụng IoT. Ứng dụng giúp người dùng điều khiển phần cứng từ xa, có thể hiển thị dữ liệu cảm biến, lưu trữ dữ liệu, biến đổi dữ liệu hoặc thực hiện nhiều tác vụ khác có biểu tượng như Hình 7.

Nền tảng Blynk có ba phần chính:

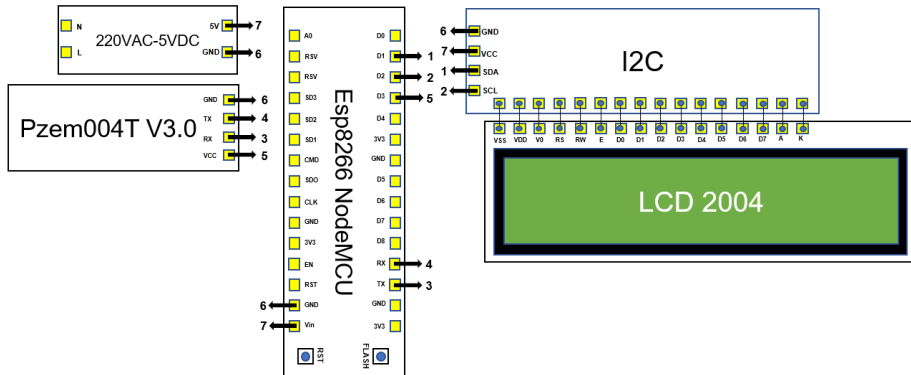
- Blynk App: ứng dụng Blynk cho phép khởi tạo giao diện cho các dự án.
- Blynk Server: chịu trách nhiệm giao tiếp qua lại hai chiều giữa điện thoại và phần cứng.
- Blynk Library: chứa các thư viện phổ biến, giúp việc giao tiếp phần cứng với Server dễ dàng hơn.



Hình 7. Ứng dụng Blynk

j. Arduino IDE (Integrated de Environment)

Arduino IDE là một phần mềm mã nguồn mở chủ yếu được sử dụng để viết và biên dịch mã vào module Arduino. Đây là một phần mềm Arduino chính thức hỗ trợ cho việc biên dịch mã trở nên dễ dàng. Nó có các phiên bản cho các hệ điều hành như MAC, Windows, Linux và chạy trên nền tảng Java đi kèm với các chức năng và tích hợp các câu lệnh



Hình 9. Sơ đồ đấu nối linh kiện

Trong Hình 9, các chân tín hiệu của các linh kiện được đánh cùng số thứ tự sẽ được kết nối bằng một dây dẫn điện với nhau. Cụ thể:

(1) Chân SDA của I2C nối với D1 của Esp8266 NodeMCU.

để sửa lỗi, chỉnh sửa và biên dịch mã trong môi trường.

k. Ứng dụng EVNSPC CSKH (EVN)

Ứng dụng này hoàn toàn miễn phí để khách hàng có thể sử dụng để tra cứu thông tin tình hình sử dụng điện của khách hàng. Những chức năng mà ứng dụng có thể cung cấp bao gồm: xem và nhận thông báo chỉ số điện kê, tiền điện, nợ tiền điện, thanh toán tiền điện, lịch ngừng giảm cung cấp điện, lịch ghi chỉ số,... Hình 8 minh họa số kWh App EVN thu được tính từ 0h00 hôm trước đến 0h00 hôm sau.



Hình 8. Sản lượng điện theo ngày trên App EVN

2.2.3. Sơ đồ đấu nối linh kiện

Sơ đồ đấu nối thực tế của các thành phần linh kiện điện tử trong hệ thống giám sát được thể hiện trong Hình 9.

(2) Chân SCL của I2C nối với D2 của Esp8266 NodeMCU.

(3) Chân RX của Pzem004t nối với chân TX của Esp8266 NodeMCU.

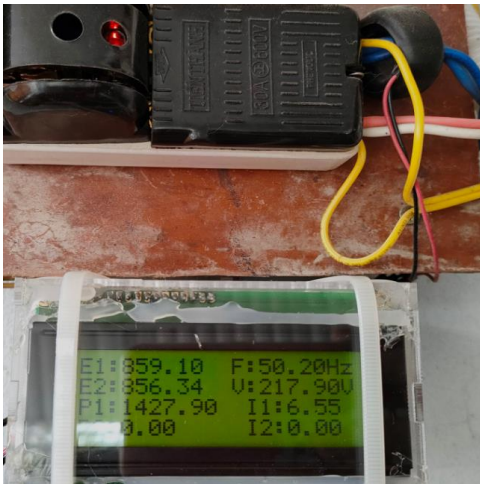
(4) Chân TX của Pzem004t nối với chân RX của Esp8266 Node MCU.

(5) Chân VCC của Pzem004t nối với D3 của Esp8266 Node MCU.

(6) Hai chân GND của Pzem004t, chân GND của I2C và chân GND của Esp8266 nối với cực âm GND của nguồn Hi-Link 220 VAC - 5 VDC.

(7) Chân VCC của I2C và chân Vin của Esp8266 nối với cực dương 5 V nguồn Hi-Link.

Mô hình giám sát phụ tải qua ứng dụng Blynk được thử nghiệm thu thập số liệu trong 5 tháng, số liệu thu được này so sánh với số liệu thu được trên ứng dụng EVNSPC CSKH (Hình 10).



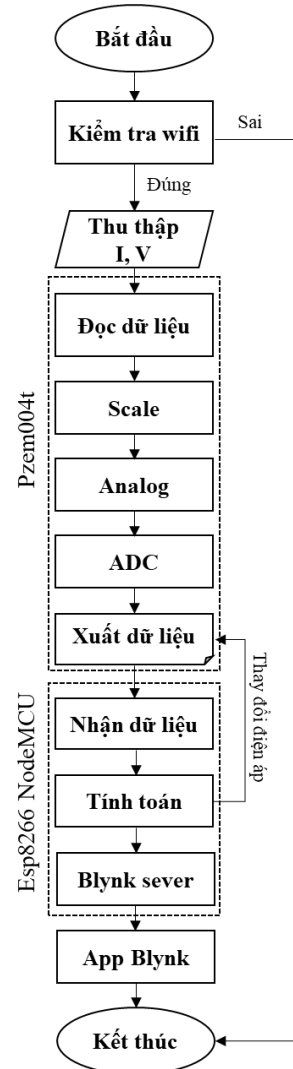
Hình 10. Thử nghiệm thu số liệu so sánh với ứng dụng ghi điện EVN

2.2.4. Lưu đồ giải thuật hệ thống giám sát điện năng qua ứng dụng Blynk

Chương trình điều khiển cho hệ thống giám sát điện năng từ xa được xây dựng dựa trên lưu đồ giải thuật như Hình 11.

Trước tiên, các đầu đo điện áp và biến dòng được kết nối vào hệ thống cần đo và mô hình giám sát điện năng sẽ hoạt động khi được cấp nguồn. Sau đó, Esp8266 NodeMCU kiểm tra kết nối wifi, nếu wifi không kết nối được thì quá trình kết thúc; ngược lại nếu kết nối được thì Pzem004t bắt đầu đọc số liệu từ biến dòng và các điểm nhận điện áp thông qua biến áp cách ly được đặt sẵn trong Pzem004t. Bộ ADC sẽ chuyển những tín hiệu thu được thành tín hiệu nhị phân và đóng thành các gói dữ liệu theo chuẩn giao tiếp UART, tiếp theo xuất dữ liệu sang Esp8266 NodeMCU theo tín hiệu dữ liệu không đồng bộ nối tiếp. Khi đó, Esp8266 NodeMCU sẽ tính toán theo code lập trình và gửi lên server Blynk.

Ứng dụng Blynk sẽ hiển thị thông qua các dạng hiển thị số liệu ứng dụng được tích hợp.

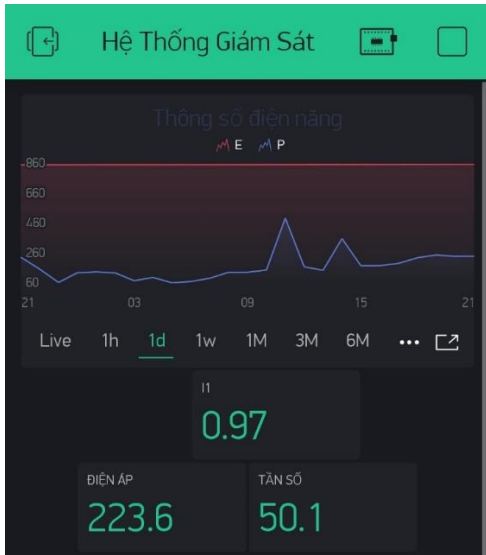


Hình 11. Sơ đồ chương trình kết nối Pzem004t, Esp8266

2.3. Quá trình thu thập dữ liệu

Tổng quan giao diện hiển thị dữ liệu qua ứng dụng Blynk được biểu diễn ở Hình 12, thông số E kWh (đô), P W (lam), các giá trị này là năng lượng tiêu thụ và công suất tức thời của module đo điện năng Pzem004t. Các giá trị tức thời đo được là dòng điện (A), điện áp (V) và tần số (f). Các dữ liệu này chỉ để xem tại thời điểm thực hiện và không lưu lại lịch sử dữ liệu ở Hình 13. Hình 14 biểu diễn các dữ liệu có thể được xem lại trong lịch sử dữ liệu điện năng tiêu thụ (kWh) và công suất tiêu thụ tức thời (W). Các thông số điện năng đo được thông qua biến

đồng và biến áp cách ly được tích hợp trong module Pzem004t, với thời gian lấy mẫu mỗi 1 giây.



Hình 12. Tổng quan giao diện hiển thị dữ liệu qua ứng dụng Blynk



Hình 13. Sản lượng điện tiêu thụ E và công suất tức thời P trong 6 tháng



Hình 14. Xem các giá trị E, P tại một thời điểm bất kỳ

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bảng 1 là số liệu tổng hợp lượng điện năng sử dụng được đo bằng ứng dụng Blynk để so sánh với ứng dụng EVNSPC CSKH. Bằng cách sử dụng công thức (1) để tính toán lượng điện năng tiêu thụ gọi tắt là E với đơn vị kWh trong 1 ngày từ 0 giờ 00 phút mỗi ngày thông qua ứng dụng Blynk và sử dụng công thức (2) để tính toán độ chênh lệch phần trăm năng lượng sử dụng trong 1 ngày giữa ứng dụng Blynk và ứng dụng EVNSPC CSKH.

Số kWh E = Chỉ số mới (kWh) – Chỉ số cũ (kWh) (1)

$$\text{Độ chênh lệch E (\%)} = \frac{\text{Số kWh APP EVN} - \text{Số kWh E1}^*}{\text{Số kWh App EVN}} \times 100 \quad (2)$$

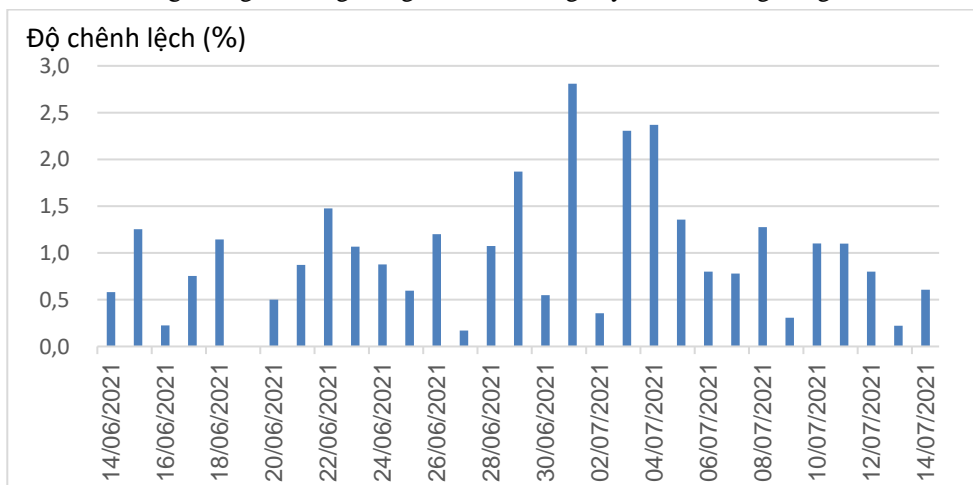
Kết quả đo lường và số liệu từ ứng dụng Blynk sử dụng để so sánh với số liệu từ ứng dụng quản lý điện năng từ xa của điện lực miền Nam EVNSPC CSKH và kết quả thu được như Bảng 1.

Bảng 1. Điện năng đo được từ ngày 14/6/2021 đến 14/7/2021

Ngày/Tháng	Số Điện (E)		Số kWh E	Số kWh App EVN	Độ chênh lệch E (%)
	Chỉ số mới (kWh)	Chỉ số cũ (kWh)			
14/06/2021	7,65	2,51	5,14	5,17	0,58
15/06/2021	10,80	7,65	3,15	3,19	1,25
16/06/2021	15,22	10,80	4,42	4,43	0,23
17/06/2021	19,17	15,22	3,95	3,98	0,75
18/06/2021	23,49	19,17	4,32	4,37	1,14
19/06/2021	27,19	23,49	3,70	3,70	0,00
20/06/2021	33,16	27,19	5,97	6,00	0,50
21/06/2021	37,71	33,16	4,55	4,59	0,87
22/06/2021	40,38	37,71	2,67	2,71	1,48
23/06/2021	43,16	40,38	2,78	2,81	1,07
24/06/2021	46,55	43,16	3,39	3,42	0,88
25/06/2021	49,88	46,55	3,33	3,35	0,60
26/06/2021	53,17	49,88	3,29	3,33	1,20
27/06/2021	59,03	53,17	5,86	5,85	0,17
28/06/2021	65,48	59,03	6,45	6,52	1,07
29/06/2021	70,93	65,48	5,45	5,35	1,87
30/06/2021	76,37	70,93	5,44	5,47	0,55
01/07/2021	81,56	76,37	5,19	5,34	2,81
02/07/2021	87,18	81,56	5,62	5,64	0,35
03/07/2021	94,28	87,18	7,10	6,94	2,31
04/07/2021	100,05	94,28	5,77	5,91	2,37
05/07/2021	105,28	100,05	5,23	5,16	1,36
06/07/2021	109,00	105,28	3,72	3,75	0,80
07/07/2021	112,82	109,00	3,82	3,85	0,78
08/07/2021	116,69	112,82	3,87	3,92	1,28
09/07/2021	119,95	116,69	3,26	3,25	0,31
10/07/2021	124,44	119,95	4,49	4,54	1,10
11/07/2021	129,40	124,44	4,96	5,54	1,10
12/07/2021	134,50	129,40	5,10	4,56	0,80
13/07/2021	138,99	134,50	4,49	4,50	0,22
14/07/2021	143,96	138,99	4,97	4,94	0,61

Từ số liệu của Bảng 1, chúng ta có đồ thị biểu diễn độ chênh lệch năng lượng sử dụng trong một

tháng của mô hình giám sát điện năng bằng ứng dụng Blynk so với ứng dụng EVNSPC CSKH.



Hình 15. Đồ thị độ chênh lệch E từ ngày 14/6/2021 đến 14/7/2021

Trong Hình 15, độ chênh lệch trung bình trong ngày của E là 0,98 %. Độ chênh lệch E trong 1 tháng tính từ ngày 14/6/2021 đến 14/7/2021 là 0,4 % (0,62 kWh) khi so giữa số liệu đo được của mô hình với số liệu từ ứng dụng EVNSPC CSKH.

Kết quả đo lường và so sánh số liệu giữa mô hình “Giám sát từ xa phụ tải điện hộ gia đình bằng ứng dụng Blynk” với số liệu ứng dụng ghi nhận điện năng từ xa EVNSPC CSKH của Điện lực miền Nam trong 5 tháng cho thấy kết quả độ chênh lệch trung bình trong ngày từ 0,98 % đến 5,21% và trong một tháng là 0,4% - 0,98% do biến động sử dụng có độ

chính xác chưa cao so với dòng điện được đo trực tiếp bằng đồng hồ điện năng của điện lực.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống giám sát từ xa phụ tải cho hộ gia đình bằng ứng dụng Blynk đo được các giá trị điện áp, tần số, dòng điện, công suất tức thời và năng lượng tiêu thụ với độ chênh lệch trung bình trong ngày nhỏ hơn 5,21% và độ chênh lệch trong 1 tháng nhỏ hơn 0,98%. Có thể ứng dụng Blynk trong giám sát từ xa nhiệt độ và độ ẩm cho mô hình tưới tiêu cũng như kết hợp với điều khiển giọng nói để điều khiển nhà thông minh hoặc cảnh báo chống trộm...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lành, Đ., Trương, P. X. H., & Sơn, T., (2018). Ứng dụng công nghệ FPGA để thiết kế bộ truyền, nhận dữ liệu giao tiếp với máy tính trên thiết bị qua đường truyền UART. *Tạp chí Khoa học Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh*, 15(12), 176-185.
<https://doi.org/10.54607/hcmue.js.15.12.2687>
- Luan, H., & Leng, J. (2016). *Design of energy monitoring system based on IOT*. In 2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC) (pp. 6785-6788). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CCDC.2016.7532219>
- Hạnh, N. T. H. (2014). *Thiết kế nguồn điện năng lượng mặt trời có bộ tự động chọn điểm làm việc cực đại theo phương pháp P&O (Perturb and Observe)* (Doctoral dissertation, Đại học Kỹ thuật Công nghiệp).
- Tập đoàn Điện lực Việt Nam. (2021). *Khách hàng hài lòng khi kiểm soát được lượng điện tiêu thụ từng ngày*. Địa chỉ [https://www.evn.com.vn/d6/news/Khach-hang-hai-long-khi-kiem-soat-duoc-luong-dien-tieu-thu-tung-ngay.aspx](https://www.evn.com.vn/d6/news/Khach-hang-hai-long-khi-kiem-soat-duoc-luong-dien-tieu-thu-tung-ngay)
- Hiền, T. N. T. (2019). Quan điểm về công nghiệp 4.0 từ góc nhìn công nghệ: Đánh giá dựa trên định lượng ấn phẩm khoa học. *Tạp chí khoa học & Công nghệ Đại học Duy Tân*, 3(34), 29-35. DOI: 10.17650/OSF.IO/B7J98.
- Long, T. Đ. (2007). *Bảo vệ các hệ thống điện*. NXB Khoa học Kỹ thuật Hà Nội.
- Thuận, T. V. (2019). *Nghiên cứu bộ nghịch lưu tăng áp ba pha ghép tầng đa bậc*. Luận án tiến sĩ Kỹ thuật, trường Đại học Công nghệ Hồ Chí Minh, Hồ Chí Minh.
- International Telecommunication Union (ITU). (2012). *Overview of the Internet of things*. Địa chỉ <https://handle.itu.int/11.1002/1000/11559>
- Son, V. H., & Tuấn, N. L. H. M. (2019). *Thiết kế và thi công hệ thống giám sát điện năng tiêu thụ kết hợp với điều khiển thiết bị từ xa qua Internet và LORA*. Luận văn Đại học, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.