

An IoT application for power monitoring system: A case study of 220VAC low voltage load

Ho Van Trinh^{1,2}, Le Van Tho³, Ngo Minh Khoa^{4,*}

¹Graduate student course 21, Faculty of Engineering and Technology, Quy Nhon University, Vietnam

²Binh Dinh College (Campus 2 - Hoai Nhon), Vietnam

³Undergraduate student course 38, Faculty of Engineering and Technology, Quy Nhon University, Vietnam

⁴Faculty of Engineering and Technology, Quy Nhon University, Vietnam

Received: 18/12/2019; Accepted: 10/02/2020

ABSTRACT

An IoT technology based on Thingspeak cloud is studied in this paper to design a power monitoring system of 220VAC low voltage networks. The hardware unit of this system is designed by using modules including PZEM004T, Wemos D1 R1 Arduino with ESP8266 module. This system can easily measure, acquire and monitor electrical quantities including voltage, current, active power and consumption energy of 220VAC low voltage loads. The system in this paper shows the application of Thingspeak cloud for power monitoring at two different locations of low voltage loads via Internet.

Keywords: *IoT, control and monitoring, electric energy, PZEM004T, Wemos D1 R1.*

**Corresponding author.*

Email: ngominhkhoa@qnu.edu.vn

Ứng dụng công nghệ IoT thiết kế hệ thống giám sát điện năng: Áp dụng cho phụ tải điện hạ áp 220VAC

Hồ Văn Trình^{1,2}, Lê Văn Thor³, Ngô Minh Khoa^{4,*}

¹Học viên cao học K21, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn, Việt Nam

²Trường Cao đẳng Bình Định (Cơ sở 2 - Hoài Nhơn), Việt Nam

³Sinh viên K38, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn, Việt Nam

⁴Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn, Việt Nam

Ngày nhận bài: 18/12/2019; Ngày nhận đăng: 10/02/2020

TÓM TẮT

Công nghệ IoT trên nền tảng Thingspeak cloud được nghiên cứu ứng dụng trong bài báo này để thiết kế hệ thống giám sát điện năng đối với mạng điện hạ áp 220VAC. Phần cứng của hệ thống được thiết kế bằng cách sử dụng các mô-đun bao gồm: PZEM004T, Wemos D1 R1 Arduino có tích hợp mô-đun ESP8266. Hệ thống này có thể dễ dàng đo lường, thu thập và giám sát các thông số như: điện áp, dòng điện, công suất tác dụng, điện năng tiêu thụ của các phụ tải điện hạ áp 220VAC. Hệ thống trong bài báo này thể hiện ứng dụng Thingspeak để giám sát điện năng tại hai vị trí phụ tải điện hạ áp khác nhau thông qua Internet.

Từ khóa: Công nghệ IoT, điều khiển giám sát, điện năng, PZEM004T, Wemos D1 R1.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, công nghệ IoT đang là xu thế phát triển đối với các tập đoàn công nghệ trên thế giới. IoT cơ bản là sự kết nối của các thiết bị với Internet, trong đó các thiết bị điện phải giao tiếp với nhau và giao tiếp với máy tính bằng cũng như với Internet để tạo thành một hệ thống thông minh trao đổi dữ liệu, điều khiển lẫn nhau. IoT đang trở thành xu hướng công nghệ ảnh hưởng ngày càng lớn tới đời sống của cả thế giới và có ứng dụng vô cùng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực trong tương lai, trong đó có ngành điện. Trong hệ thống điện, việc ứng dụng công nghệ IoT có thể cải thiện đáng kể hiệu quả và khả năng vận hành của lưới điện thông minh hiện nay.^{1,2} Trong đó, hai công trình này đã trình bày tổng quan về vai trò, tác động và những thách thức của việc ứng

dụng công nghệ IoT trong các hệ thống điện¹ và các hệ thống cảm biến hiện đại trong hệ thống điện trong tương lai.²

Liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu của bài báo, hệ thống thu thập dữ liệu điện năng tiêu thụ của mỗi ngôi nhà thông minh và truyền dữ liệu đó đến server trung tâm để phục vụ xử lý và phân tích sau đó.³ Hệ thống giám sát điện áp và dòng điện thông minh được đề xuất;⁴ nó giám sát hệ thống điện ba pha sử dụng Arduino như là một bộ vi điều khiển để đọc điện áp và dòng điện từ các cảm biến, sau đó truyền không dây các dữ liệu đo lường để giám sát kết quả đo sử dụng ứng dụng Android. Một hệ thống quản lý ngôi nhà được điều khiển bằng các thiết bị di động bằng cách tích hợp Arduino với AppInventor.⁵ Trong khi đó, một phương pháp để giám sát

*Tác giả liên hệ chính.

Email: ngominhkhoa@qnu.edu.vn

các tham số chất lượng điện năng bằng cách sử dụng Ethernet dựa trên đo đếm điện năng thông minh.⁶ Dữ liệu điện năng tiêu thụ được truyền đến server bằng thiết bị đo năng lượng thông minh và lưu trữ ở đó; chương trình LabVIEW cũng được sử dụng để phân tích dữ liệu từ server và các thông số chất lượng điện năng cũng được tính toán. Bộ mạch Arduino cũng được nghiên cứu ứng dụng để thiết kế hệ thống đo đếm điện năng thông minh.^{7,8}

Như vậy việc ứng dụng công nghệ IoT trong việc thiết kế hệ thống giám sát chất lượng điện năng là một hướng đang được quan tâm nghiên cứu hiện nay. Bài báo này nghiên cứu đề xuất ứng dụng công nghệ IoT dựa trên nền tảng Thingspeak để thiết kế hệ thống giám sát điện năng tại 2 vị trí phụ tải điện hạ áp 220VAC khác nhau. Cấu trúc phần cứng của hệ thống sử dụng các thiết bị như PZEM004T, bộ mạch Wemos D1 R1 Arduino, mô-đun role,... để thực hiện tính năng thu thập, xử lý, tính toán và hiển thị các thông số tại các vị trí giám sát.

2. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

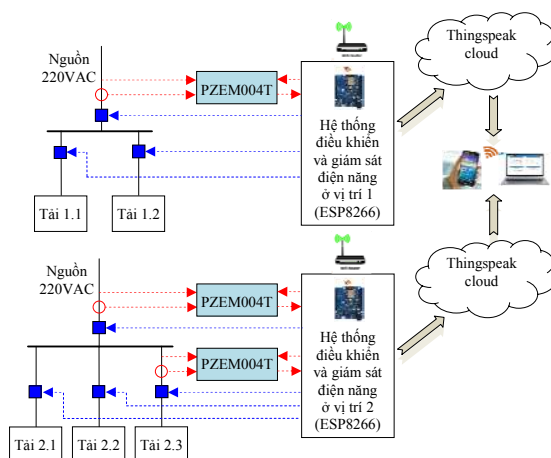
Trong bài báo này, các tác giả tập trung đi vào thiết kế hệ thống giám sát điện năng ở 2 vị trí khác nhau dựa trên nền Webpage Thingspeak cho đối tượng là các phụ tải điện một pha 220VAC. Phần mạch lực của hệ thống thiết kế được thể hiện như hình 1. Hai vị trí cần giám sát điện năng của hệ thống được mô tả như sau:

+ *Vị trí 1*: phần mạch lực gồm có một mạch nguồn cung cấp và hai mạch tải (tải 1.1 và tải 1.2). Các tín hiệu dòng điện và điện áp ở mạch nguồn được thu thập bằng mô-đun PZEM004T và đưa về bộ xử lý trung tâm (Wemos D1 R1) của hệ thống ở vị trí 1.

+ *Vị trí 2*: phần mạch lực gồm có một mạch nguồn cung cấp và 2 mạch tải (tải 2.1, tải 2.2 và tải 2.3). Các tín hiệu điện áp, dòng điện ở mạch nguồn cung cấp và một mạch tải

2.3 (giả định là mạch tải quan trọng tại vị trí 2 cần giám sát điện năng) được thu thập bằng hai mô-đun PZEM004T và đưa về bộ xử lý trung tâm (Wemos D1 R1) của hệ thống ở vị trí 2.

Sau khi thu thập được các giá trị điện áp, dòng điện, công suất tác dụng, điện năng tiêu thụ tại các vị trí cần giám sát, hệ thống tại mỗi vị trí sẽ gửi các giá trị này lên Thingspeak cloud, sau đó từ Thingspeak cloud sẽ gửi lên Webpage Thingspeak và hiển thị kết quả thông số giám sát của phụ tải dưới các dạng đồ thị.

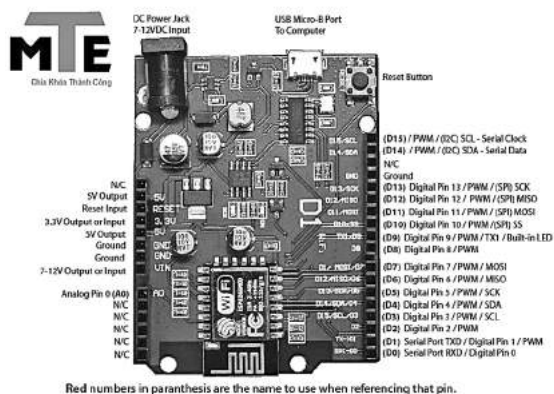


Hình 1. Sơ đồ hệ thống điều khiển, giám sát điện năng qua Thingspeak.

Phần cứng của hệ thống được thiết kế dựa trên phần mô tả đã trình bày ở trên. Các mô-đun chính của hệ thống được trình bày như sau:

2.1. Mô-đun Wemos D1 R1 Arduino

Wemos D1 R1 Arduino được thể hiện trong hình 2 là board mạch được phát triển dựa trên Mô-đun ESP8266-12E và được thiết kế theo tiêu chuẩn của board mạch Arduino UNO, tương thích với Arduino IDE và NodeMCU. Wemos D1 R1 Arduino được tích hợp Wifi, dễ dàng thực hiện các ứng dụng thu thập dữ liệu và điều khiển thiết bị thông qua Wifi. Nó có khả năng chuyển đổi điện áp trên board, cho phép cấp 1 điện áp DC 9-24V để chuyển đổi thành 5V với dòng tối đa 1A.



Hình 2. Mô-đun Wemos D1 R1 Arduino.

2.2. Mô-đun PZEM004T

Mạch đo điện AC đa năng 100A giao tiếp UART PZEM-004T được thể hiện trong hình 3 được sử dụng để đo và theo dõi gần như hoàn toàn các thông số về điện năng: điện áp, dòng điện, công suất và điện năng tiêu thụ. Mô-đun này sử dụng giao tiếp UART để dàng kết nối truyền dữ liệu tới bộ vi điều khiển hoặc máy tính, thích hợp cho các ứng dụng giám sát điện năng, IoT,... Mạch đo điện AC đa năng 100A giao tiếp UART PZEM-004T nhỏ gọn, dễ lắp đặt, sử dụng cách đo dòng cách ly an toàn và khả năng đo dòng lên đến 100A, mạch có chất lượng gia công và linh kiện tốt, độ bền cao. Các chức năng chính của PZEM004T:

- Chức năng đo các thông số điện (điện áp, dòng điện, công suất, điện năng).
- Chức năng báo động quá tải (trên ngưỡng báo động điện, đèn flash nguồn và còi kêu kíp báo động).
- Chức năng cài đặt ngưỡng báo động nguồn.
- Chức năng cài đặt lại của phím năng lượng.
- Lưu trữ dữ liệu khi tắt nguồn
- Chức năng hiển thị số màu đỏ (hiển thị điện áp, dòng điện, công suất, điện năng).
- Chức năng giao tiếp nối tiếp (có thể giao tiếp với một loạt các thiết bị đầu cuối thông qua các chân, đọc và thiết lập thông số).



Hình 3. Hình ảnh PZEM004T trên thực tế.

2.3. Mô-đun role 4 kênh

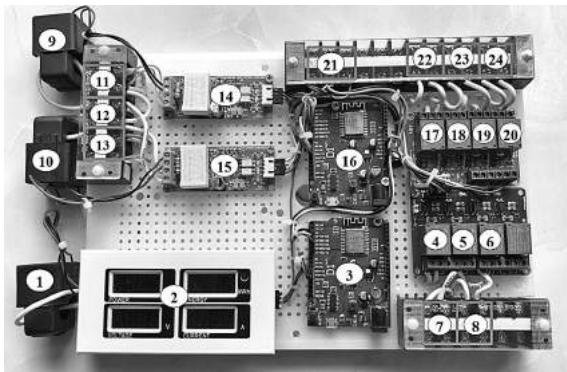
Mô-đun role 4 kênh 5V gồm 4 role hoạt động tại điện áp 5VDC chịu được hiệu điện thế lên đến 250VAC 10A. Mô-đun role 4 kênh 5V được thiết kế chắc chắn, khả năng cách điện tốt. Trên mô-đun đã có sẵn mạch kích role sử dụng transistor và IC cách ly quang giúp cách ly hoàn toàn mạch điều khiển (vi điều khiển) với role bảo đảm vi điều khiển hoạt động ổn định và tiện dụng khi kết nối với vi điều khiển. Mô-đun role 4 kênh sử dụng chân kích mức thấp (0V), khi có tín hiệu 0V vào chân IN thì role sẽ nhảy qua thường hở của role.



Hình 4. Mô-đun role 4 kênh.

2.4. Tổng thể phần cứng

Sau khi thiết kế sơ đồ lắp ráp chi tiết, tác giả tiến hành lắp ráp hệ thống thực nghiệm như hình 5.



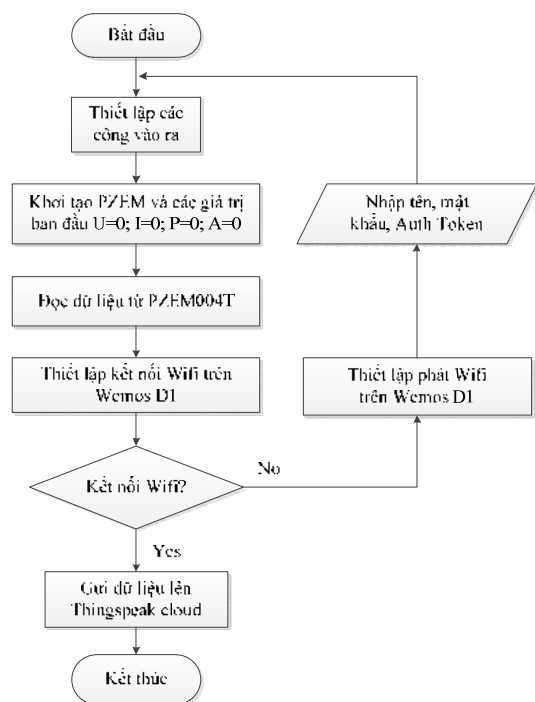
Hình 5. Mô hình thực tế sau khi lắp đặt.

Chú thích:

1. Máy biến dòng của mạch nguồn 1.
2. Môđun PZEM004T mạch nguồn ở vị trí 1.
3. Môđun Wemos D1 R1 ở vị trí 1.
4. Role đóng/cắt mạch nguồn ở vị trí 1.
5. Role đóng/cắt mạch tải 1.1.
6. Role đóng/cắt mạch tải 1.2.
7. Ngõ ra của mạch tải 1.1.
8. Ngõ ra của mạch tải 1.2.
9. Máy biến dòng của mạch nguồn 2.
10. Máy biến dòng của mạch tải 2.3.
11. Ngõ vào nguồn cấp 220V vị trí 2.
12. Ngõ vào đo điện áp ở tải 3 vị trí 2.
13. Ngõ vào nguồn cấp 220V vị trí 1.
14. Môđun PZEM004T mạch nguồn ở vị trí 2.
15. Môđun PZEM004T mạch tải 2.3 ở vị trí 2.
16. Môđun Wemos D1 R1 ở vị trí 2.
17. Role đóng /cắt mạch nguồn ở vị trí 2.
18. Role đóng /cắt mạch tải 2.1 ở vị trí 2.
19. Role đóng /cắt mạch tải 2.2 ở vị trí 2.
20. Role đóng /cắt mạch tải 2.3 ở vị trí 2.
21. Ngõ vào nguồn 5V và 9V.
22. Ngõ ra của tải 2.1 ở vị trí 2.
23. Ngõ ra của tải 2.2 ở vị trí 2.
24. Ngõ ra của tải 2.3 ở vị trí 2.

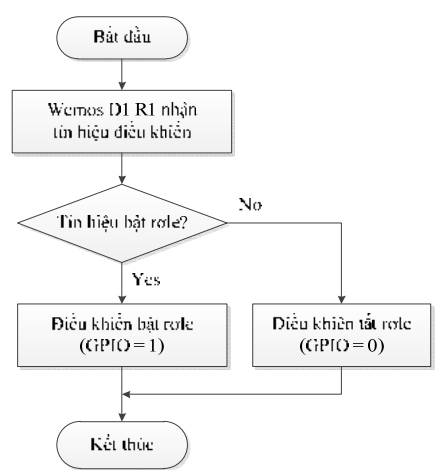
3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

Lưu đồ thuật toán gửi dữ liệu lên Internet của hệ thống được thể hiện trong hình 6. Bắt đầu thiết lập các cổng ra vào, khởi tạo các giá trị ban đầu, khởi tạo PZEM004T. Sau đó đọc dữ liệu từ PZEM004T, thiết lập kết nối Wifi trên Wemos D1 R1. Nếu có kết nối Wifi thì gửi các giá trị đọc được từ PZEM004T lên Thingspeak cloud. Nếu không kết nối được Wifi (nguyên nhân do đổi mật khẩu hay đứt cáp Wifi) thì hệ thống sẽ thiết lập phát Wifi trên Wemos D1 R1. Sau đó ta sẽ kết nối vào điểm truy cập Wifi của Wemos D1 R1 phát ra, tiếp theo ta mở trình duyệt web nhập Ip 192.168.4.1 để đổi tên và mật khẩu Wifi mới sau đó lưu vào EEPROM ESP8266. Nhấn nút reset để bắt đầu lại chương trình.



Hình 6. Lưu đồ thuật toán gửi dữ liệu lên Internet.

Sau khi nhận được tín hiệu điều khiển từ Wemos D1 R1 bắt đầu điều khiển các role. Nếu nhận được tín hiệu bật role thì Wemos D1 R1 thực hiện sẽ đưa chân role về mức cao để điều khiển bật role vì role điều khiển bật ở mức cao. Nếu nhận được tín hiệu tắt role thì Wemos D1 R1 thực hiện sẽ đưa chân role về mức thấp để điều khiển tắt role vì role điều khiển tắt ở mức thấp.



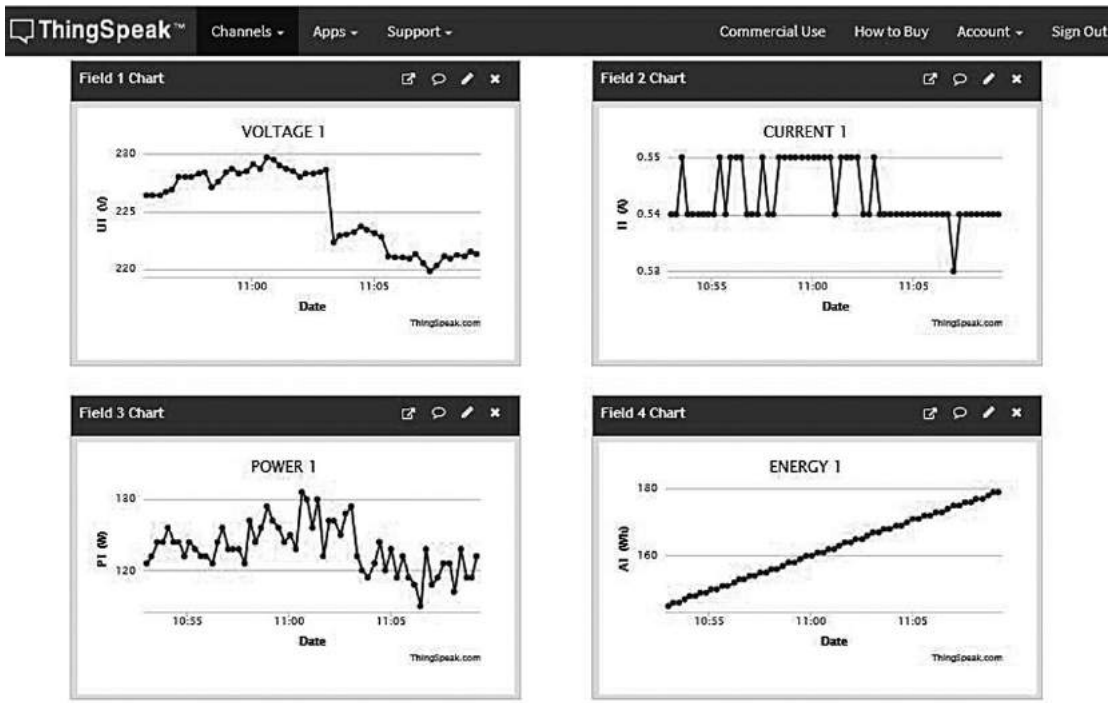
Hình 7. Lưu đồ thuật toán điều khiển role.

4. CÁC KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

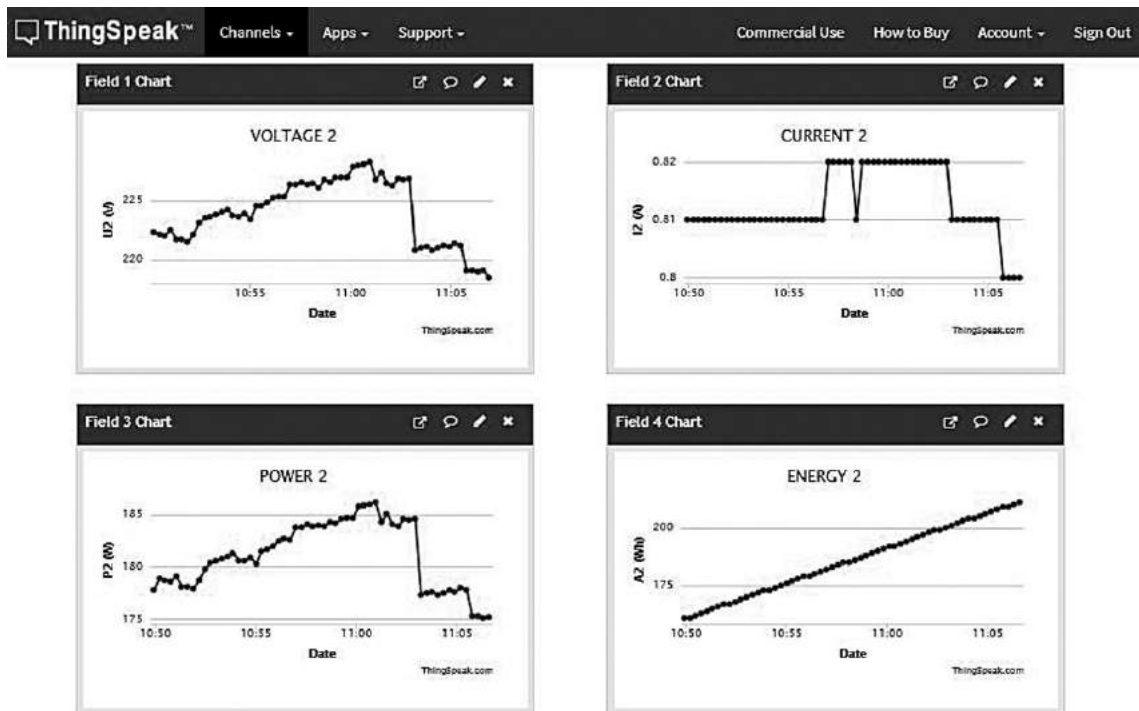
Sau khi thiết kế phần cứng và phần mềm của hệ thống, bài báo tiếp tục đi vào thực nghiệm để thu thập kết quả so sánh, đánh giá và phân tích hiệu quả của hệ thống đã thiết kế. Với đối tượng là hệ thống một pha 220VAC và tính thông dụng, nên phụ tải thông dụng được tác giả sử dụng để làm thực nghiệm trong bài báo này là 5 bóng đèn sợi tóc 60W 220VAC. Sau khi kết nối phần mạch lực và cấp nguồn cho mạch điều khiển và đo lường thì hệ thống sẽ bắt đầu làm việc bình thường. Khai báo tài khoản và mật khẩu của

mạng Internet Wifi tại nơi đặt hệ thống để kết nối hệ thống với Internet Wifi. Khi đó, các thông số đo được sẽ hiển thị trực tiếp lên màn hình PZEM004T của hệ thống giúp ta có thể giám sát được trạng thái vận hành của hệ thống tại chỗ. Ngoài ra, để có thể giám sát điều khiển từ xa thông qua máy tính hoặc smartphone cũng phải được kết nối với mạng Internet Wifi (có thể cùng mạng hoặc khác mạng với Internet Wifi kết nối với hệ thống) thì lúc này ta có thể mở Webpage Thingspeak trên máy tính hoặc smartphone để thực hiện các chức năng giám sát của hệ thống.

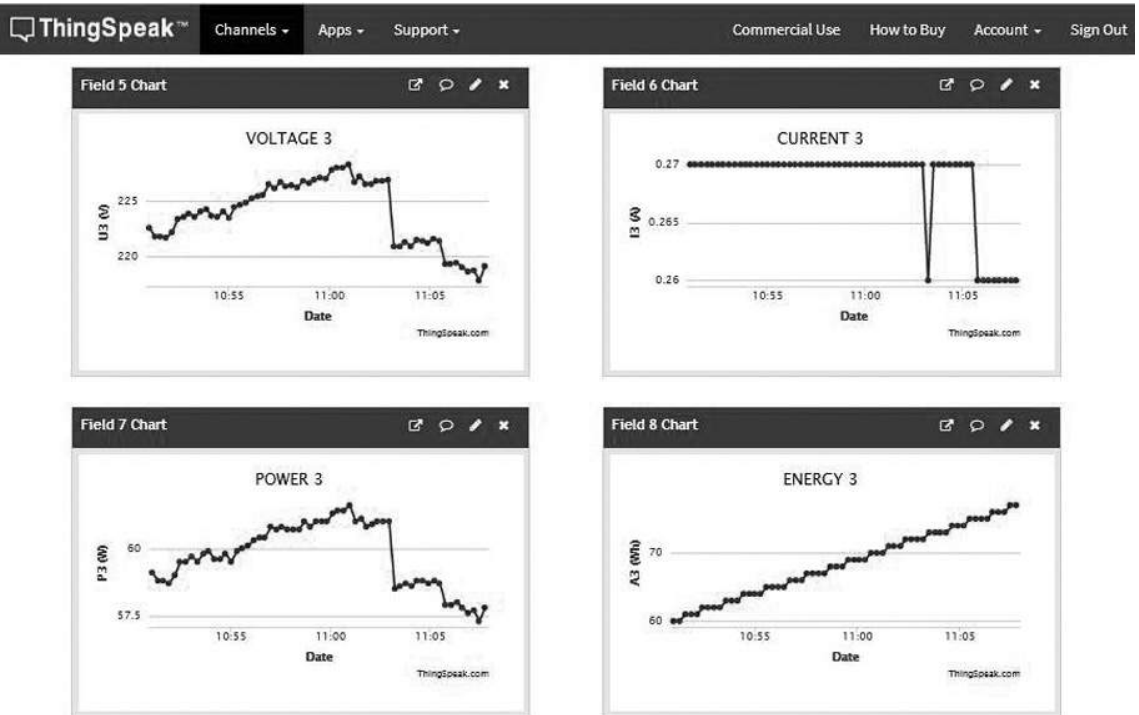
Kết quả giao diện ở hình 8, hình 9 và hình 10 hiển thị dưới dạng đồ thị giúp khách hàng có thể giám sát trực quan hình dạng thay đổi của các đại lượng đo được theo thời gian thực. Nghĩa là khách hàng có thể sử dụng kết quả này để theo dõi khi nào điện áp, công suất tiêu thụ tăng/giảm. Bên cạnh đó, toàn bộ dữ liệu ở các đồ thị này có thể được xuất ra toàn bộ file *.csv để phục vụ công việc khác khi cần thiết. Các đồ thị trên Thingspeak chỉ có thể hiển thị được số mẫu trong một khoảng thời gian nhất định còn đối với việc lưu dữ liệu dưới dạng file *.csv thì hệ thống có thể lưu trữ dữ liệu với khoảng thời gian dài hơn.



Hình 8. Kết quả giám sát thông số mạch nguồn ở vị trí 1 hiển thị trên Thingspeak.



Hình 9. Kết quả giám sát thông số mạch nguồn ở vị trí 2 hiển thị trên Thingspeak.



Hình 10. Kết quả thông số mạch tải 2.3 ở vị trí 2 hiển thị trên Thingspeak.

5. KẾT LUẬN

Hệ thống giám sát điện năng: Áp dụng cho phụ tải điện hạ áp 220VAC thiết kế trong bài báo này có thể thực hiện các chức năng giám sát trong thời gian thực các thông số: điện áp, dòng điện,

công suất tác dụng, điện năng tiêu thụ,... bằng cách hiển thị thông số lên màn hình PZEM004T, có thể giám sát ở nhiều vị trí và có thể giám sát thông số thông qua máy tính hoặc smartphone có kết nối với hệ thống thông qua phương thức

truyền thông mạng Internet Wifi. Do đó, khách hàng có thể truy cập ở bất kỳ nơi nào, bất kỳ thời điểm nào miễn là có thể truy cập được Internet, 3G, 4G thì người vận hành có thể quản lý và giám sát hệ thống của mình. Với tính theo dõi lượng điện năng tiêu thụ của phụ tải, xuất báo cáo các thông số đo được đến khách hàng sử dụng điện. Các kết quả trên màn hình giám sát được hiển thị dưới đồ thị để giúp khách hàng dễ dàng theo dõi tình trạng làm việc của hệ thống được cập nhật liên tục theo thời gian thực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Đăng Thành, Giang Hồng Quân, Nguyễn Hoàng Nam. Lưới điện thông minh và khả năng ứng dụng ở Việt Nam, *Tạp chí tự động hóa ngày nay*, **2016**, 178-179.
2. Nguyễn Đức Khoát, Khổng Cao Phong. Hệ thống quản lý & giám sát tiêu thụ điện năng, *Tạp chí tự động hóa ngày nay*, Số 153 (10/2013).
3. Nguyễn Trung Kiên. *Xây dựng hệ thống điều khiển giám sát*, luận văn thạc sĩ, Trường ĐHBK Hà Nội, 2013.
4. Thiều Minh Đức, Nguyễn Hoàng Nam, Bùi Đăng Thành, Nguyễn Huy Phương, Trịnh Công Đồng. Ứng dụng kiến trúc mở Arduino trong thiết kế thiết bị giám sát điện năng không dây, *Hội nghị toàn quốc lần thứ 3 về Điều khiển và Tự động hóa - VCCA*, 2015.
5. Mohannad Jabbar Mnati, Alex Van den Bossche and Raad Farhood Chisab. Smart Voltage and Current Monitoring System for Three Phase Inverters Using an Android Smartphone Application, *Sensors* **2017**, 17(4).
6. P. Srividya devi, D.V. Pusphalatha and P.M. Sharma. Measurement of Power and Energy Using Arduino, *Research Journal of Engineering Sciences*, **2013**, 2(10), 10-15.
7. K. N. Ramli, A. Joret and N. H. Saad. Development of Home Energy Management System Using Arduino, **2014**.
8. P.P. Machado Jr, T.P. Abud, M.Z. Fortes, B.S.M.C. Borba. Power factor metering system using Arduino, *2017 IEEE Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications*, Bogota, Colombia, 31 May-2 June 2017.