

# Đo công suất tiêu thụ của hộ gia đình trong thời gian thực: giải pháp và tiềm năng

Real time measurement of household power consumption: solution and potential application

Nguyễn Đình Luyện<sup>1,2</sup>, Nguyễn Thị Lan Hương<sup>1</sup>, Nguyễn Việt Tùng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Bách khoa Hà Nội - Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

<sup>2</sup> Trường Đại học Quy Nhơn, 170 An Dương Vương, Quy Nhơn, Bình Định

Đến Tòa soạn: 03-10-2016; chấp nhận đăng: 25-01-2018

## Tóm tắt

Hiện nay việc sử dụng hiệu quả và có ý thức điện năng trong các hộ gia đình đang đặc biệt được quan tâm trên thế giới không chỉ vì nó chiếm tỉ trọng từ 30% đến 40% lượng điện tiêu thụ mà còn vì đây là vấn đề nghiên cứu mới và tiềm năng. Bài báo này trình bày giải pháp triển khai hệ thống đo điện năng trong thời gian thực vào hộ gia đình tại Việt Nam. Kết quả triển khai thử nghiệm đã cho thấy có thể phát hiện sự hoạt động của các thiết bị trong nhà thông qua việc giám sát điện năng tiêu thụ. Hơn thế, qua số liệu giám sát trong thời gian thực, người dùng có thể hiểu được số liệu tiêu thụ của họ, gắn chúng với các hoạt động cụ thể hằng ngày, phát hiện sự không hiệu quả trong sử dụng điện, chứng minh tính khả thi của việc triển khai hệ thống đo vào việc xác định thời điểm sử dụng của các thiết bị điện trong nhà cũng như phát hiện sự bất hợp lý trong sử dụng điện từ đó mở ra triển vọng tăng hiệu quả sử dụng điện trong các hộ gia đình.

Từ khóa: giám sát điện năng, quản lí năng lượng

## Abstract

Currently the efficient use of households being interested research sujet in the world not only is occupied 30% to 40% of electricity consumption, but also that is the new and potential research topic. This article present an household electricity power measurement solution in real time. The experiment results are demonstrated that our solution can engage energy consumption with appliances. Moreover the user can understand their consumption data, relate it to concrete activities in their life, can discover there are some waste energy and can act in a more sustainable way.

Keywords: energy monitoring, energy management

## 1. Mở đầu

Việc sử dụng hợp lí điện năng trong các hộ gia đình đang được đặc biệt quan tâm trên thế giới, không chỉ vì nó chiếm tỉ trọng lớn trong tổng điện năng tiêu thụ (điển hình chiếm 39% ở Hoa Kỳ, 28.8% ở Châu Âu [1]) mà còn ở triển vọng tiết kiệm được mà nó mang lại (khác với sử dụng điện năng tiết kiệm trong công nghiệp đã được quan tâm giải quyết từ lâu). Ở Việt Nam tuy chưa có thống kê chính thức, nhưng tỉ trọng của năng lượng tiêu dùng dân cư năm 2009 chiếm 40% (Bảng 1) và ý thức sử dụng tiết kiệm, hiệu quả điện năng nói chung và điện năng sinh hoạt nói riêng vẫn còn chưa cao. Điều này xuất phát từ việc không hiểu biết về hệ thống, về thiết bị, cũng như chưa có kiến thức về làm thế nào để sử dụng hiệu quả điện năng. Nhằm nâng cao nhận thức, trả lời một phần cho câu hỏi làm cách nào để sử dụng tối ưu, cần sửa chữa nâng cấp gì, bài báo này giới thiệu một giải pháp đo năng lượng tiêu thụ trong hộ dân cư giúp người dân thấy được mức điện năng mà họ đang sử

dụng tại gia đình mình một cách trực quan trong thời gian thực, mở ra khả năng sử dụng điện hiệu quả hơn.

**Bảng 1.** Tiêu thụ điện theo ngành trong khoảng thời gian 2005-2009 ([4])

Stt	Danh mục	2005 (%)	2006 (%)	2007 (%)	2008 (%)	2009 (%)
1	Nông nghiệp	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9
2	Công nghiệp	45.8	47.4	50	50.7	50.6
3	Dịch vụ (Thương mại, khách sạn và nhà hàng)	4.9	4.8	4.8	4.8	4.6
4	Quản lý và tiêu dùng dân cư	43.9	42.9	40.6	40.1	40.1
5	Khác	4.1	3.8	3.7	3.5	3.7

Mô hình trình bày trong bài báo này được triển khai thực hiện tại một hộ gia đình cụ thể ở thành phố Quy Nhơn với các thiết bị điện dân dụng phổ biến như: điều hòa, tủ lạnh, quạt, nồi cơm điện, máy giặt.

Bài báo được tổ chức như sau: Phần 2 của bài báo trình bày sơ đồ và cấu trúc cơ bản của thiết bị đo các thông số điện; Phần 3 trình bày khái quát về máy tính mini Raspberry Pi và cách thức hiển thị các thông tin về điện năng cần thiết; Phần IV trình bày đo

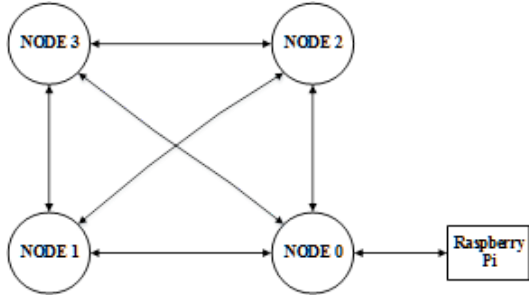
\* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 904377805

Email: viet-tung.nguyen@hust.edu.vn

điện năng tiêu thụ của các phụ tải dân dụng điển hình và đồ thị phụ tải của hộ gia đình trong 24 giờ; Phần V là kết luận.

**2. Hệ thống đo**

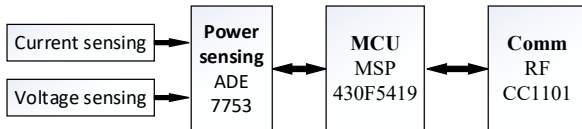
Nhằm thu thập dữ liệu chi tiết liên quan đến các phụ tải quan trọng trong hộ gia đình, một hệ thống đo công suất và năng lượng đa điểm đã được xây dựng. Để đảm bảo tính linh hoạt trong vận hành, lắp đặt và triển khai, các nút được kết nối với nhau theo mô hình RF Mesh và kết nối với trung tâm qua một gateway (node 0) [2,3,4] (Hình 1).



**Hình 1.** Mô hình đề xuất RF Mesh (4 node) kết hợp với máy tính mini Raspberry Pi.

**2.1 Thiết bị đo**

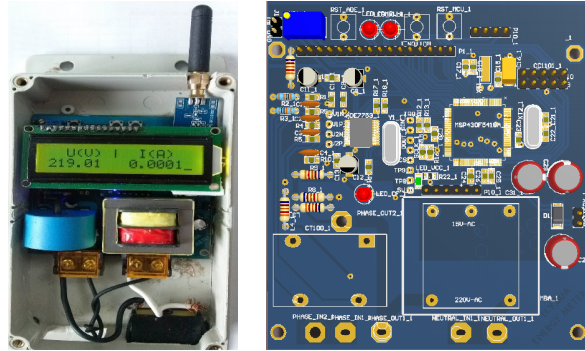
Trong mô hình Hình 1, mỗi nút là một thiết bị đo có khả năng thu thập giá trị dòng điện, điện áp, tần số, công suất thực của phụ tải cần đo trong thời gian thực. Các thông tin này được hiển thị tại chỗ và gửi về thiết bị trung tâm thông qua kết nối không dây. Sơ đồ khối nút đo được trình bày trong Hình 2 và mạch hoàn thiện của nút đo được biểu diễn ở Hình 3.



**Hình 2.** Sơ đồ khối các nút đo trong mạng.

Một nút đo gồm 3 phần chính (Hình 2):

- ADE7753 [6] được thiết kế chuyên dụng để đo dòng, áp và công suất của phụ tải (bao gồm công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến) với độ chính xác cao phù hợp với chuẩn IEC 61063 và IEC 1268.
- MSP 430F5419 [7] đóng vai trò bộ xử lý trung tâm của nút điều khiển quá trình đo, nhận kết quả và quản lý truyền thông.
- RF CC1101 [8] là IC truyền thông không dây, có tính năng tiết kiệm năng lượng và vận hành đa tần. IC này được nối với vi điều khiển bằng giao tiếp SPI.

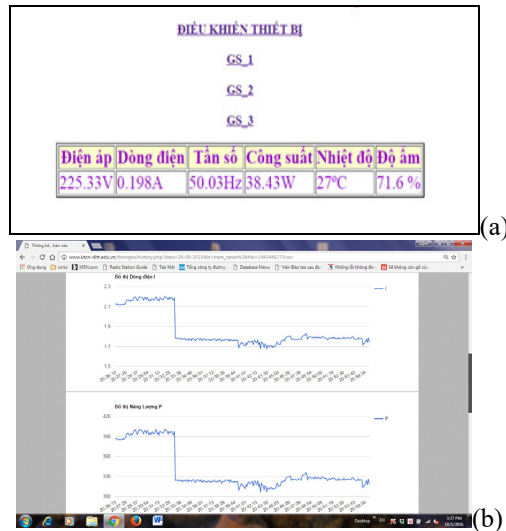


**Hình 3.** Mạch hoàn thiện của nút đo.

**2.2 Thiết bị Trung tâm**

Thiết bị trung tâm là một máy tính nhúng Raspberry Pi chạy hệ điều hành Linux. Dữ liệu thu được được ghi vào cơ sở dữ liệu phục vụ các bài toán thống kê và nhận dạng sau này. Việc tương tác với người dùng được xây dựng qua hai giao diện: giao diện tại chỗ và giao diện từ xa thông qua trình duyệt web. Giao diện tại chỗ được hiển thị trên màn hình gắn trực tiếp với cổng video HDMI của Raspberry Pi. Giao diện giám sát từ xa được xây dựng dưới dạng các trang web, cho phép người dùng sử dụng các trình duyệt web bất kỳ để giám sát. Cả hai giao diện đều hiển thị trong thời gian thực các thông tin: Thứ nhất công suất thực tức thời của các thiết bị đang sử dụng (Hình 4a); Thứ hai đồ thị công suất của các thiết bị trong khoảng thời gian đo (Hình 4b). Trong trường hợp công suất sử dụng vượt ngưỡng quy định sẽ có cảnh báo xuất hiện trên màn hình.

Giao diện tại chỗ và từ xa cho phép người sử dụng biết được mức điện năng hiện tại mình đang sử dụng là cao hay thấp, có hợp lý chưa, nguyên nhân tiền điện tăng rồi từ đó có điều chỉnh phù hợp.



**Hình 4.** Trích đoạn giao diện hiển thị thông tin công suất của các thiết bị khảo sát: dạng tức thời (a) và dạng biểu đồ (b)

**3. Thử nghiệm khảo sát điện của hộ gia đình**

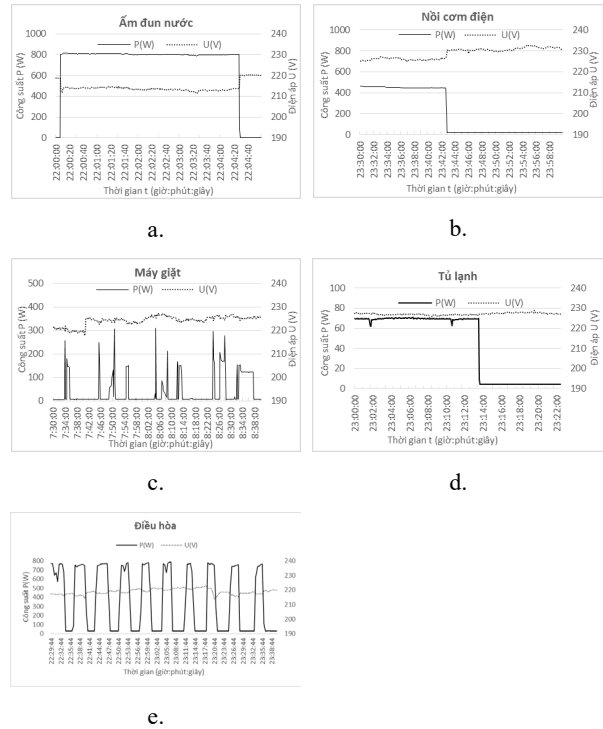
Nhằm đánh giá hiệu quả của việc sử dụng điện, hệ thống đo đa nút cảm biến được triển khai lắp đặt trong một hộ gia đình gồm 4 người (2 người lớn, 2 trẻ em) ở thành phố Quy Nhơn. Việc khảo sát được tiến hành 2 giai đoạn: *giai đoạn một*, khảo sát sự hoạt động của các phụ tải điện hình trong nhà (như máy giặt, tủ lạnh, nồi cơm điện, ấm đun nước) nhằm tìm hiểu đặc trưng của từng loại phụ tải, tăng kiến thức của người dùng về đặc trưng của từng loại phụ tải; *giai đoạn hai*, khảo sát sự tiêu thụ công suất tổng của cả hộ gia đình trong một tuần, nhằm cung cấp thông tin về việc sử dụng điện theo giờ trong ngày và theo ngày trong tuần, làm cơ sở để chủ nhà có thể tự đánh giá sự hợp lí trong việc sử dụng điện và có ý thức hơn về việc sử dụng điện và tiết kiệm điện. Các thông tin sẽ được gửi về mạch chủ Raspberry Pi để lưu trữ và hiển thị lên màn hình TV.

**3.1 Giai đoạn 1**

Ở giai đoạn 1, việc khảo sát được tiến hành với tần số lấy mẫu 1 lần/giây. Kết quả của các thử nghiệm trong giai đoạn một được trình bày ở Hình 5. Để đơn giản việc phân tích, ở đây chỉ trình bày công suất tác dụng và điện áp đầu vào của từng phụ tải khi thử nghiệm. Trục hoành là thời gian thử nghiệm thực tế trong ngày. Hình dạng và giá trị điện áp ngoài việc bị chi phối bởi công suất của tải khảo sát, còn bị ảnh hưởng bởi công suất tức thời của các phụ tải khác trong nhà, cũng như điện áp lưới (quyết định bởi giờ cao điểm/thấp điểm). Các loại phụ tải được khảo sát bao gồm: tải thuần trở, tải biến thiên theo chu kì như máy giặt, tải hoạt động theo kiểu đóng/cắt như tủ lạnh, điều hòa.

Tải thuần trở với chế độ làm việc tắt/bật trong một khoảng thời gian xác định được khảo sát bao gồm: ấm đun nước, nồi cơm điện, bình nóng lạnh. Ấm đun nước: đây là phụ tải thuần trở, có công suất tương đối lớn (800 W). Hình 5a biểu diễn tường minh sự thay đổi của điện áp khi ấm đang hoạt động và không hoạt động kéo theo sự thay đổi điện áp trong nhà 7V tương ứng với 3% điện áp định mức (220V). Tương tự với phụ tải Nồi cơm điện hoạt động ở 2 chế độ tải nặng và nhẹ. Khi chuyển từ có tải 450W về không tải, điện áp tăng từ 210 V lên 230V tương ứng 2.3% điện áp định mức (Hình 5b). Chủ yếu các phụ tải này nằm trong bếp, phục vụ việc nấu nướng hàng ngày, và có xác suất sử dụng đồng thời cao, ảnh hưởng lớn đến điện áp và chất lượng điện trong nhà.

*Đánh giá:* Sụt áp qua khảo sát cho thấy đường dây điện trong nhà được thiết kế chưa đúng, có khả năng gây sụt áp hơn 10% đặt biệt trong các trường hợp các phụ tải sử dụng đồng thời.



**Hình 5.** Thử nghiệm đặc tính tải của các phụ tải thông dụng trong hộ gia đình. a. phụ tải ấm đun nước, b. phụ tải nồi cơm điện, c. phụ tải máy giặt, d. phụ tải tủ lạnh, e. phụ tải điều hòa

*Đề xuất:* Để cải thiện hiệu quả sử dụng điện có thể chuyển từ chế độ vận hành bình nóng lạnh phục vụ bếp liên tục sang chế độ vận hành khi cần (khi chuẩn bị nấu nướng). Mặt khác như đã phân tích ở trên, bình nóng lạnh khi sử dụng đồng thời với ấm đun nước và nồi cơm điện có thể kéo theo sụt áp ngoài giới hạn cho phép. Giải pháp tạm thời cho vấn đề này là bật bình nóng lạnh trước khi nấu một khoảng thời gian, khi nấu sẽ tắt bình nóng lạnh và tập trung điện phục vụ các phụ tải nấu nướng khác như nồi cơm điện, bếp điện. Sau khi kết thúc nấu, trong quá trình dùng cơm, bình nóng lạnh sẽ được bật nếu cần để đảm bảo có nước nóng để rửa bát khi kết thúc bữa ăn. Thói quen của các hộ gia đình ở Việt Nam là ăn xong sẽ rửa bát ngay.

Trong trường hợp có trả tiền điện theo giờ hoặc theo công suất đỉnh, có thể phối hợp việc sử dụng bình nóng lạnh và ấm đun nước để hạn chế việc quá công suất đỉnh hoặc trả tiền điện cao vào giờ giá điện cao. Xuất phát từ thực tế ấm đun nước có công suất lớn nhưng thời gian sử dụng rất ngắn, nước của bình nóng lạnh có thể xem như một dạng năng lượng dự trữ, có thể thay đổi thời gian bật nóng lạnh từ lúc cao điểm (giá cao) sang thấp điểm (giá thấp), có thể tạm thời tắt bình nóng lạnh trong ngắn hạn (khi bật ấm đun nước) để tránh quá công suất đỉnh.

Tủ lạnh: cũng được vận hành theo chế độ bật/tắt (Hình 5d). Ở chế độ vận hành bình thường, ảnh hưởng của phụ tải này đến lưới điện nhà không đáng kể vì công suất tương đối thấp (nhỏ hơn 100W). Đặc điểm vận hành của phụ tải dạng này là chênh lệch công suất giữa hai chế độ bật tắt là 70W.

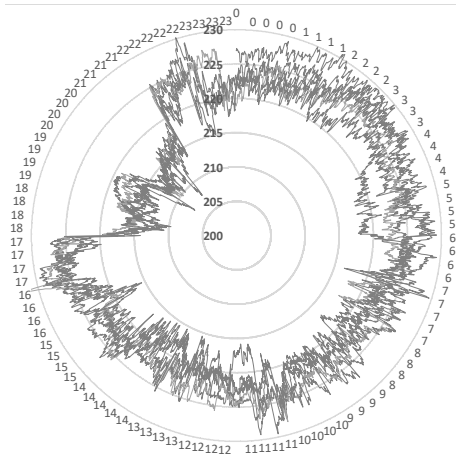
Máy giặt: đây là phụ tải có chế độ vận hành rõ ràng nhất (Hình 5c). Chế độ vận hành thông thường của máy giặt bao gồm: 1 đến 2 lần Giặt, Xả, Vắt. Qua phụ tải điện ta có thể thấy rõ ràng các biến động công suất tương ứng với các pha: khởi động máy cho nước vào, Giặt, Xả và Vắt với các khoảng nghỉ giữa các lần ổn định tương ứng với thời gian xả nước (lượng nước không đổi). Bắt đầu của mỗi pha là các đỉnh công suất tương ứng với quá trình khởi động động cơ. Pha cuối cùng là pha vắt với đặc trưng là dòng khởi động nhỏ, tải liên tục trong 5 phút. Ảnh hưởng của phụ tải này đến điện áp trong nhà không rõ do công suất của máy giặt nhỏ.

Điều hòa: phụ tải có chế độ hoạt động bật/tắt xen kẽ nhau. Chu kỳ đóng cắt thường ổn định trong một thời gian dài. Chu kỳ hoạt động theo giờ có tính ổn định cao giữa các ngày trong tuần. Công suất trung bình của điều hòa theo ngày có ảnh hưởng bởi thời tiết. Công suất điều hòa tương đối lớn nên cũng ảnh hưởng tương đối đến điện áp tổng của hộ gia đình.

**3.2 Giai đoạn 2**

Giai đoạn 2 được khảo sát dưới hai khía cạnh là điện áp và năng lượng tổng theo thời gian thực.

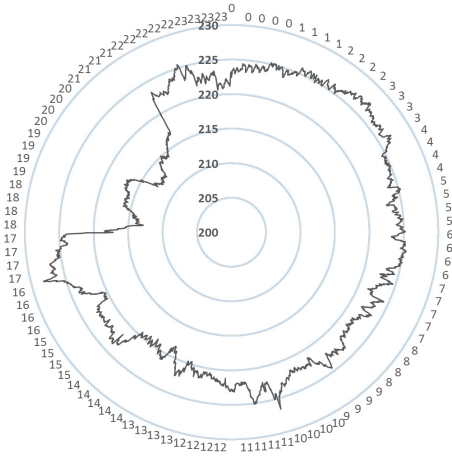
Về điện áp, kết quả khảo sát được trình bày trong Hình 6, Hình 7.



**Hình 6.** Phân bố điện áp vào của hộ theo các ngày trong tuần

Ta thấy điện áp biến thiên nhiều giữa các giờ trong ngày và các ngày trong tuần ở cùng một thời điểm trong ngày. Nhìn chung điện áp biến thiên trong giới hạn cho phép, khung giờ 18h đến 21h là ít biến động nhất. Sau đó vào lúc 18h điện áp sụt rất nhiều.

Điều này chứng tỏ tiêu thụ tập trung chủ yếu vào khung giờ 18h để chuẩn bị bữa tối. Vì vậy nếu cần sử dụng bình nóng lạnh, cần lập trình cho bình hoạt động trong khung giờ 17h về trước là hiệu quả nhất.



**Hình 7.** Phân bố theo giờ của điện áp trung bình của các ngày trong tuần

Chi tiết tình hình sử dụng điện năng của hộ gia đình được tập hợp đồ thị ở Hình 8. Hình a đến hình g là phân bố công suất của các ngày từ chủ nhật đến thứ 7; Hình h là Phân bố công suất trung bình theo giờ của các ngày trong tuần. Từ các đồ thị này ta có nhận xét sau.

Thứ nhất, về định tính, các đặc trưng thống kê về phụ tải theo ngày, cụ thể là giá trị trung bình công suất sử dụng tại các thời điểm khác nhau trong ngày, không có nhiều thông tin bằng việc xét riêng từng đồ thị sử dụng cụ thể. Điều này có thể được giải thích là do có sự không đồng bộ trong việc sử dụng các thiết bị trong nhà dẫn đến việc tính toán thống kê sẽ làm mờ các dấu ấn thông tin về hoạt động của từng phụ tải riêng biệt. Trong các đồ thị phụ tải riêng biệt theo ngày (Hình 8a đến g) ta có thể dễ dàng xác định các thời điểm sử dụng điều hòa cũng như ấm đun nước, trong khi ở đồ thị thống kê giá trị trung bình Hình 8h) thông tin này không còn rõ nữa.

Thứ hai, hoạt động của tủ lạnh có thể được thấy rõ qua việc thay đổi công suất có chu kỳ, đặc biệt là về đêm khi số phụ tải giảm và chu kỳ bật tắt của tủ lạnh không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố đóng/mở cửa của người sử dụng.

Thứ ba, điều hòa được sử dụng thường xuyên vào một khoảng thời gian nhất định vào ban đêm cũng như vào buổi trưa. Thời điểm và thời gian mỗi lần sử dụng ấm đun nước thay đổi theo nhu cầu của người dùng.

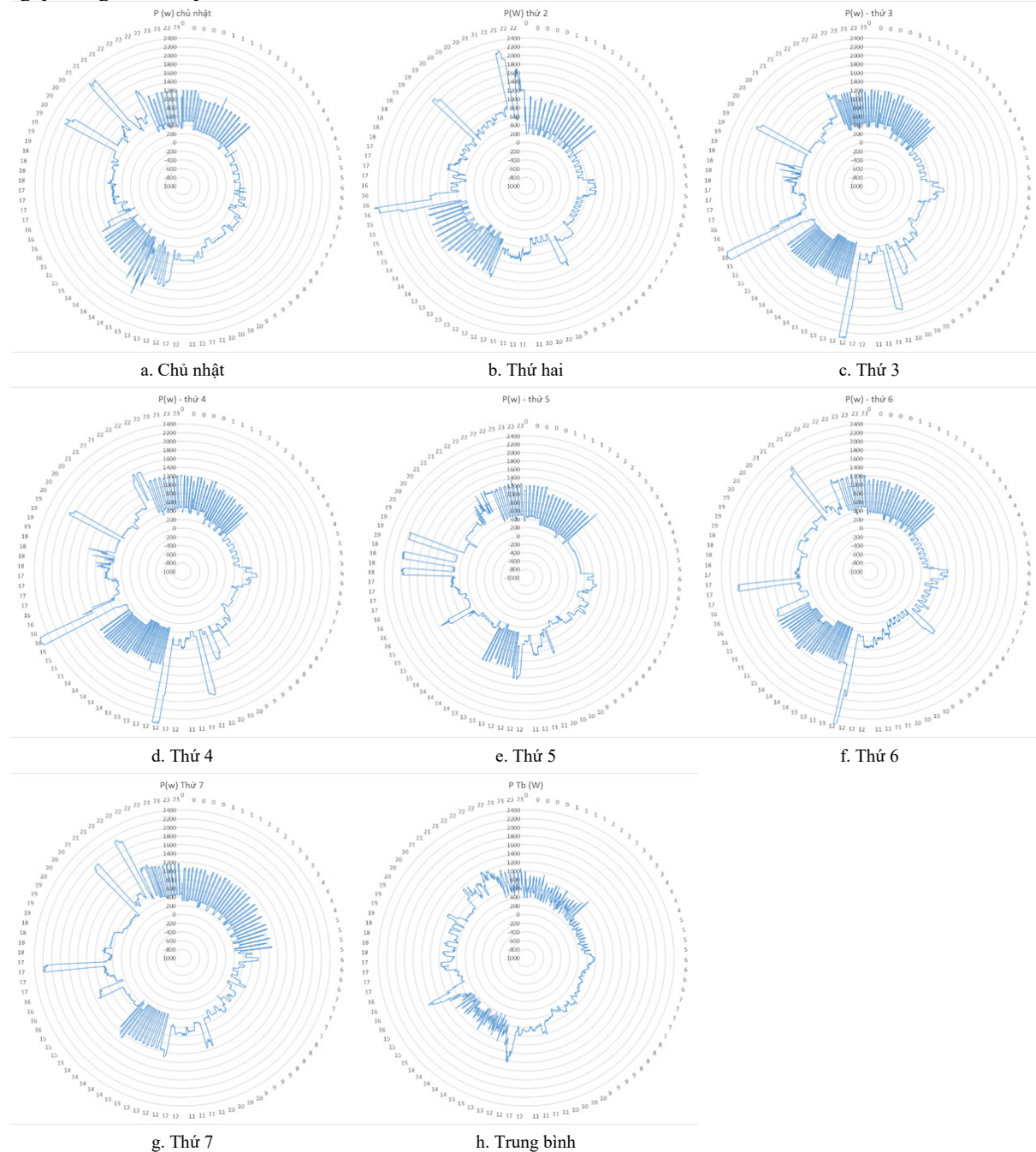
Thứ tư, hoạt động của ấm đun nước có thể được thấy rõ qua các đỉnh nhảy vọt công suất trong các đồ thị.



Thứ năm, hoạt động của máy giặt có thể được phát hiện qua dấu ấn của chu kỳ vắt cuối cùng. Chu kỳ này được đặc trưng bởi một xung công suất được tiếp theo bởi 5 phút công suất ở mức cao tương ứng với việc khởi động động cơ vắt và vắt trong 5 phút.

Thứ sáu, căn hộ luôn tiêu thụ một lượng công suất khoảng 200 w, công suất tiêu thụ của căn hộ luôn lớn hơn 200w tại mọi thời điểm trong ngày và mọi ngày trong tuần, đây có thể là dấu hiệu của việc sử

dụng chưa tối ưu điện năng. Qua trao đổi với người dùng và rà soát lại các phụ tải trong nhà, chúng tôi đã phát hiện ra lượng điện năng tiêu thụ này là hệ thống đèn cho trang thờ và một máy tính để bàn chạy thường trực. Từ đây chủ nhà đã đồng ý thay hệ thống bóng quả nhót bằng bóng led tiết kiệm điện và đổi chế độ vận hành của máy tính để bàn từ liên tục sang chỉ bật khi cần dùng để giảm tiêu hao năng lượng điện không cần thiết.



**Hình 8.** Phân bố công suất tổng của hộ gia đình theo giờ theo các ngày trong tuần. Hình a đến hình g là phân bố công suất của các ngày từ chủ nhật đến thứ 7; Hình h là Phân bố công suất trung bình theo giờ của các ngày trong tuần.

#### 4. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu một hệ thống đo điện năng trong thời gian thực và bài toán áp dụng chúng để bước đầu giải quyết việc nâng cao ý thức sử dụng điện hợp lý và hiệu quả sử dụng điện ở các hộ gia đình. Bước đầu bài báo đã đạt được một số kết quả sau:

Thứ nhất, bài báo chứng minh được khả năng phát hiện thời điểm sử dụng của các phụ tải điện thông qua các dấu ấn của chúng mà chỉ cần dùng một nút đo tổng. Điều này đặc biệt có ý nghĩa vì nó cho phép chỉ cần lắp một thiết bị đo tổng thay vì lắp nhiều thiết bị đo trên các nhánh khác nhau ở trong nhà giảm chi phí triển khai ứng dụng. Thời điểm sử dụng và thiết bị sử dụng là một thông tin quan trọng trong việc sử dụng hợp lý và hiệu quả sử dụng điện trong hộ gia đình.

Thứ hai, việc triển khai lắp đặt hệ thống giám sát năng lượng trong thời gian thực đã cung cấp thông tin sử dụng điện cho người dùng, nâng cao kiến thức của họ về việc sử dụng hợp lý, tiết kiệm, cụ thể là phát hiện các phụ tải hiệu suất thấp, không hiệu quả nhưng tiêu thụ điện năng cao (như đèn thờ và máy tính trong trường hợp đã được đề cập trong bài báo).

Trong tương lai, các kiến thức trong bài báo có thể được sử dụng để xây dựng một hệ thống cảnh báo giúp người dùng phát hiện các hiện tượng bất thường trong sử dụng điện như: tủ lạnh đóng chưa kín, quên tắt bếp, quên tắt điều hòa. Khi triển khai vào thực tế với các kiến thức thu được từ nhu cầu thực tế và thói quen sử dụng của mình, người dùng có thể tự mình (hoặc với sự giúp đỡ của hệ thống trợ giúp) điều chỉnh hành vi sử dụng điện của mình nhằm sử dụng hiệu quả điện hiệu quả hơn (ví dụ: lập lịch sử dụng

binh nóng lạnh khi điện áp lưới đủ, tránh các thời điểm điện áp thấp hoặc không dùng đồng thời với các phụ tải công suất cao trong nhà

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Bertoldi, P., and Atanasiu, B. Electricity consumption and efficiency trends in the enlarged european union. Tech. rep., European Commission, Institute of Environment and Sustainability, 2007.
- [2] Erol-Kantarci, Melike, and Hussein T. Mouftah. "Wireless sensor networks for smart grid applications." Electronics, Communications and Photonics Conference (SIEPC), 2011 Saudi International. IEEE, 2011.
- [3] Erol-Kantarci, M. H. "Pervasive Energy Management for the Smart Grid: Towards a Low Carbon Economy. Pervasive Communications Handbook, Eds. SIA Shah, M. Ilyas, H. T. Mouftah." (2011).
- [4] Erol-Kantarci, Melike, and Hussein T. Mouftah. "The impact of smart grid residential energy management schemes on the carbon footprint of the household electricity consumption." Electric Power and Energy Conference (EPEC), 2010 IEEE. IEEE, 2010.
- [5] Quyết định số 1208/QĐ/TTg ngày 21/07/2011 của TTg Chính phủ về Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011-2020 tầm nhìn 2030 (Tổng sơ đồ VII).
- [6] Analog Device, ADE7753 datasheet, [http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADE7753.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADE7753.pdf)
- [7] MSP430f5419 product homepage, Texas Instruments, <http://www.ti.com/product/msp430f5419>
- [8] CC1101 product homepage, Texas Instruments, <http://www.ti.com/product/cc1101>