

Nghiên cứu thiết kế thiết bị đo năng lượng một pha không dây ứng dụng trong các tòa nhà thông minh

Designing the wireless monophasic energy measurement equipment applied for smart buildings

Lê Quyết Thắng, Trần Văn Mạnh, Trịnh Công Đồng, Nguyễn Huy Phương, Nguyễn Hoàng Nam, Bùi Đăng Thành
 Trường ĐHBK Hà Nội
 e-Mail: lethang5282@gmail.com

Tóm tắt

Bài báo trình bày về phân tích thiết kế và thực hiện một thiết bị đo năng lượng trong mạch một pha ứng dụng trong tòa nhà thông minh. Thiết bị này được phát triển dựa trên vi điều khiển PIC18F87J72, trong đó đo dòng điện sử dụng biến dòng và đo điện áp sử dụng mạch phân áp. Một phần mềm thu thập số liệu được phát triển trên máy tính giám sát được viết trên Visual Studio cho phép người dùng dễ dàng giám sát các số liệu đo từ thiết bị.

Từ khóa: Thiết bị đo năng lượng, truyền thông ZigBee, thuật giải.

Abstract: This paper presents the analysis, design and implementation of an energy measuring device in the circuit as a result of application of intelligent building. This device was developed based on microcontrollers PIC18F87J72, including current measurement using current transformers and measure the voltage using potentiometer circuit. A data collection software was developed on a computer monitor is written on Visual Studio allowing users to easily monitor measurement data from devices.

Keywords: Energy measuring device, ZigBee, the algorithm.

Ký hiệu

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
U		Điện áp
I		Dòng điện
U _{RMS}	V	Điện áp hiệu dụng
I _{RMS}	A	Dòng điện hiệu dụng

Chữ viết tắt

ADC	Analog digital converter
LCD	Liquid crystal display
AFE	Analog Front End
THD	Độ méo sóng hài
PGA	Bộ khuếch đại

1. Giới thiệu

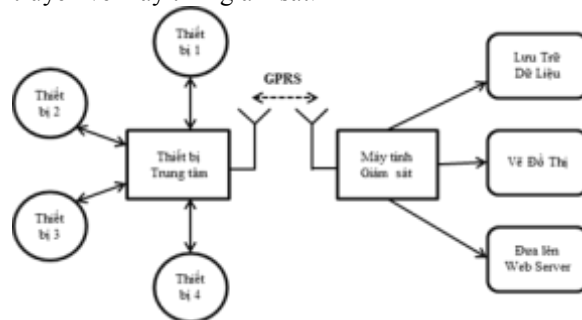
Nhà thông minh có thể hiểu là nhà ứng dụng công nghệ tự động hóa làm cho con người có cuộc sống thuận tiện hơn. Hiện có nhiều nghiên cứu liên quan đến nhà thông minh trong đó có thể kể đến các nghiên cứu liên quan đến các thiết bị tiêu thụ năng

lượng thấp sử dụng sóng wifi dùng cho tự động hóa tòa nhà [1], các ứng dụng trên các nền tảng di động như Android, iOS, ... cho hệ thống nhà thông minh [2], ngoài ra nghiên cứu về nhà thông minh tích hợp tính năng tiết kiệm năng lượng, quản lý năng lượng thông qua việc phân tích cách thức sử dụng của người tiêu dùng [3, 4], và xây dựng hệ thống nhà thông minh dựa trên công nghệ nhúng, truyền thông 3G, truyền thông Zigbee nhằm khắc phục các nhược điểm về tính rời rạc đơn lẻ, khả năng truy cập yếu, tạo ra một hệ thống linh hoạt cả cấu trúc phần cứng và phần mềm [5, 6]. Các nghiên cứu về vấn đề sử dụng thuật ngữ nhà thông minh một cách chính xác và khoa học trong không gian theo vị trí và môi trường làm việc cũng được nêu ra trong [7]. Việc nghiên cứu phát triển thiết bị đo năng lượng một pha với nhiều tính năng liên hoạt dựa trên vi điều khiển vẫn là một hướng nghiên cứu đang được quan tâm. Việc làm chủ công nghệ cũng như đưa sản phẩm vào sử dụng thực tế trong các tòa nhà là mục tiêu của nghiên cứu này.

2. Thiết kế thiết bị đo và giám sát năng lượng một pha

2.1 Sơ đồ khối

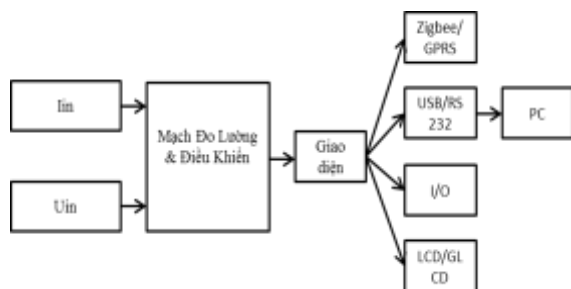
Mô tả về hệ thống đo năng lượng trong tòa nhà được thể hiện trên **H. 1**, trong đó thiết bị đo năng lượng (Thiết bị 1, thiết bị 2, ...) là các phần tử trong hệ thống có nhiệm vụ đo các thông số về điện, chuyển chúng đến thiết bị trung tâm trước khi truyền về máy tính giám sát.



H. 1 Sơ đồ khối của hệ thống.

Mô tả về thiết bị đo năng lượng được thể hiện trên **H. 2**, trong đó dòng điện, điện áp cần đo được đưa qua biến dòng, mạch phân áp qua bộ lọc thông thấp

vào khối xử lý trung tâm thông qua chip PIC18F87J72 của Microchip. Vì điều khiển này được thiết kế chuyên dụng cho các ứng dụng về đo lường, có hiệu suất tính toán cao, ADC có mức độ trôi rất nhỏ, Dễ dàng giao tiếp với màn hình LCD. Các thuật toán được phát triển sẽ được nạp vào vi điều khiển. Thiết bị cho phép hiển thị số liệu thông qua màn hình LCD, qua máy tính ở xa thông qua truyền thông chuẩn.

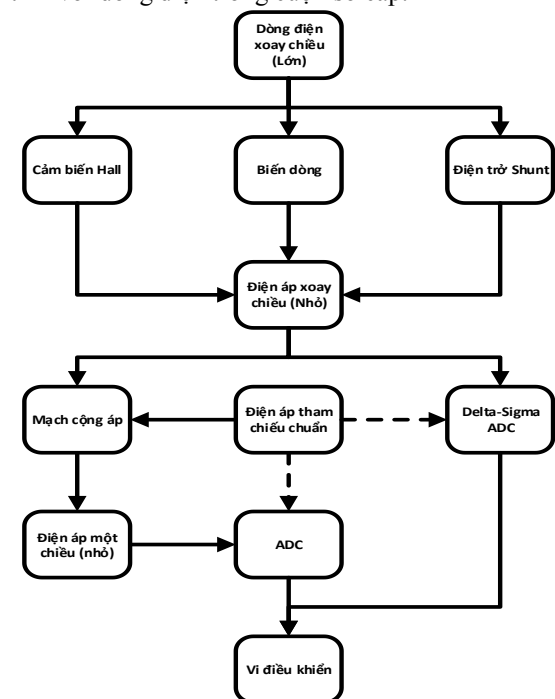


H. 2 Sơ đồ khối thiết bị đo năng lượng.

2.2 Thiết kế phần cứng

2.2.1 Đo dòng điện

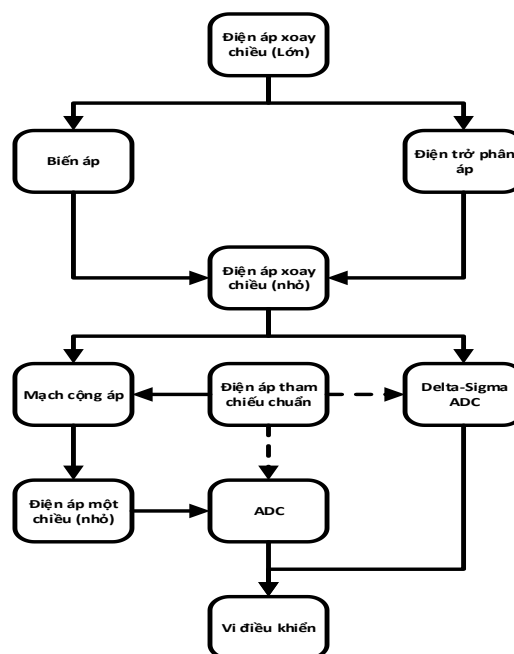
Phương pháp đo dòng điện xoay chiều có thể tóm lược trên H. 3. Biến dòng có nhiều ưu điểm về chất lượng đo, dễ thực hiện và giá thành thấp nên được lựa chọn là giải pháp đo trong nghiên cứu này. Cấu tạo của nó giống với biến áp, bao gồm hai cuộn dây và một lõi từ, hai cuộn dây được gọi là cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp. Cuộn sơ cấp thường chỉ là một đến hai vòng dây, cuộn thứ cấp có tới hàng nghìn vòng dây. Dòng điện xoay chiều trong cuộn sơ cấp tạo ra một từ trường xoay chiều trong lõi từ, từ trường này sau đó gây ra một dòng điện xoay chiều trong cuộn dây thứ cấp. Một mục tiêu quan trọng khi sử dụng biến dòng là dòng điện trong cuộn thứ cấp sẽ tuyến tính với dòng điện trong cuộn sơ cấp.



H. 3 Lưu đồ các phương pháp đo dòng điện

2.2.2 Đo điện áp

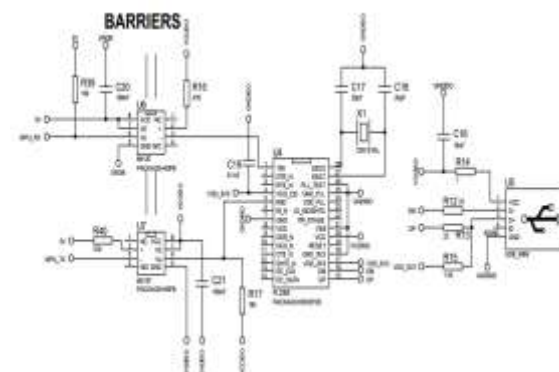
Mô tả về đo điện áp được thể hiện trên H. 4, trong nghiên cứu này sử dụng điện trở phân áp kết hợp với mạch lọc thông thấp, sau đó tín hiệu đo được đưa vào bộ AFE (Analog Front End), chúng được thiết kế để đáp ứng được các tiêu chuẩn đo lường quốc tế, tích hợp nhiều tính năng khuếch đại, lọc, bù pha, chuyển đổi được điện áp âm, với độ phân giải lớn từ 16 đến 24bit và có thể lập trình được. Bộ ADC có sử dụng thuật toán nhằm giảm thời gian nhân rồi trong chuyển đổi, cải thiện chỉ số THD (độ méo sóng hài). Trước mỗi bộ chuyển đổi là bộ khuếch đại (PGA), khuếch đại các tín hiệu yếu, cho phép điện áp nhỏ đi qua, nó cho phép tích hợp các cảm biến điện áp, dòng điện như: biến dòng, biến áp, điện trở shunt, cuộn dây rogowski...



H. 4 Lưu đồ các phương pháp đo điện áp

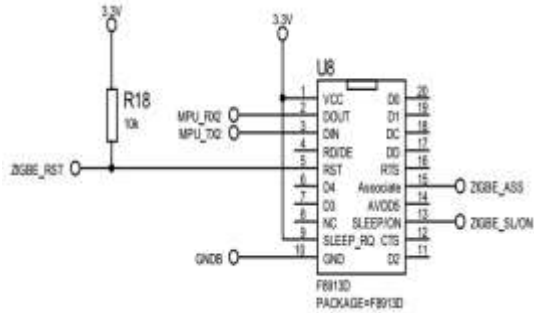
2.2.3. Thiết kế phần truyền thông

Phần truyền thông được chia làm hai khối riêng biệt, khối thứ nhất thực hiện nhiệm vụ truyền dữ liệu lên máy tính thông qua USB phục vụ cho việc gỡ rối chương trình và hiệu chỉnh thiết bị. Mạch sử dụng chip PL2303 kết hợp thêm cặp Optocoupler 6N137 nhằm đảm bảo an toàn cho máy tính, cách ly hoàn toàn khối thiết bị (H. 5).



H. 5 Sơ đồ kết nối truyền thông với máy tính

Khởi thứ hai thực hiện nhiệm vụ truyền dữ liệu về trung tâm thông qua truyền thông Zigbee/GPRS, thông qua module F8913 của hãng “Four-Faith” Tuân theo tiêu chuẩn IEEE 802.15.4, dải tần: ISM 2.4~2.5GHz. (H. 6).



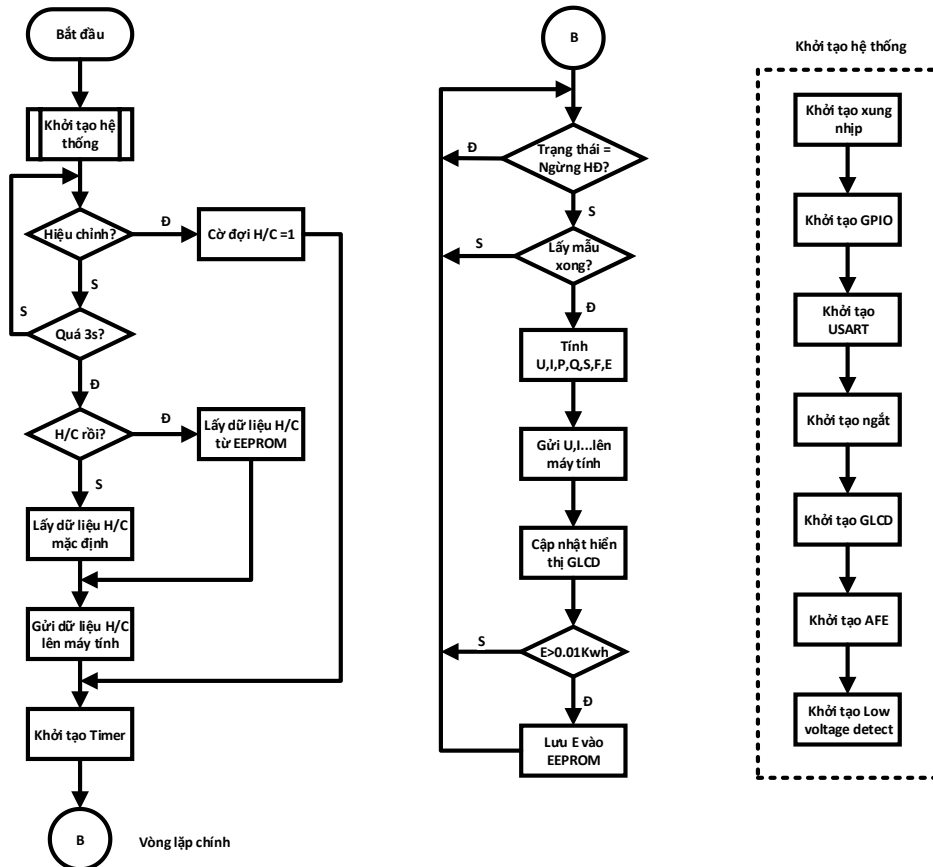
H. 6 Sơ đồ kết nối truyền thông Zigbee

2.3 Thiết kế phần mềm

2.3.1 Phần mềm viết cho vi điều khiển

Phần mềm được viết theo lưu đồ H. 7, sau khi được cấp nguồn, thiết bị sẽ khởi động các tính năng cần

thiết, sau ba giây để máy tính gửi lệnh hiệu chỉnh xuống, khi thiết bị nhận được lệnh hiệu chỉnh thiết bị sẽ bật cờ hiệu chỉnh lên “1”, cho phép lưu lại các giá trị hiệu chỉnh được máy tính gửi xuống vào EEPROM, nếu quá ba giây mà không nhận được lệnh hiệu chỉnh, thiết bị tự động lấy các giá trị hiệu chỉnh từ EEPROM đã được hiệu chỉnh trước đó hoặc lấy các giá trị mặc định trong chương trình. Sau đó thiết bị sẽ hoạt động dựa trên sự điều khiển của máy tính, nếu máy tính gửi lệnh hoạt động xuống, nó sẽ cho phép ngắt AFE, cho phép thiết bị lấy mẫu tín hiệu trên 2 kênh đầu vào, khi đủ 512 mẫu tiến hành bật cờ kết thúc quá trình lấy mẫu lên 1, thiết bị tính toán các thông số cần thiết sau đó gửi lên máy tính và hiển thị ra màn hình LCD. Khi máy tính gửi lệnh dừng hoạt động thì thiết bị sẽ dừng và không cho phép ngắt AFE. Khi phát hiện ra điện áp dưới mức đã định sẽ xảy ra ngắt “Low voltage detected” cho phép lưu lại giá trị điện năng đã sử dụng vào EEPROM, tránh trường hợp bị mất dữ liệu.

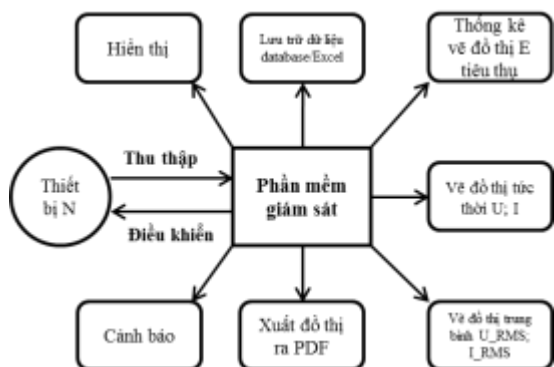


H. 7 Lưu đồ thuật toán viết cho vi điều khiển

2.3.2 Phần mềm giám sát

Phần mềm giám sát cài đặt trên máy tính trung tâm, được viết trên Visual Studio của Microsoft thực hiện chức năng thu thập dữ liệu từ các thiết bị gửi về, lưu trữ, vẽ đồ thị tức thời của U và I, vẽ đồ thị điện áp hiệu dụng U_{RMS} , dòng điện hiệu dụng I_{RMS} ,

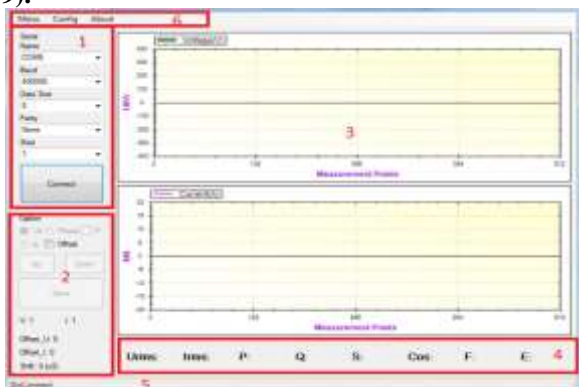
năng lượng tiêu thụ, cosφ theo giờ, ngày, tháng, (H. 8).



H. 8 Sơ khối tính năng phần mềm giám sát

Chương trình có khả năng tự động phát hiện công COM khi có một thiết bị được kết nối với máy tính, thông báo cho người giám sát biết tình trạng kết nối với thiết bị, bản tin được truyền nhận thành công hay thất bại...

Giao diện chương trình sẽ tự động thay đổi theo lựa chọn của người giám sát sao cho phù hợp, khi người giám sát thay đổi loại đồ thị thì tên và thang đo trên đồ thị ngay lập tức sẽ thay đổi. Thời gian kết thúc sẽ thay đổi phụ thuộc vào thời gian bắt đầu, đảm bảo thời gian kết thúc luôn lớn hơn thời gian bắt đầu (H. 9).



H. 9 Giao diện chương trình giám sát trên máy tính

3. Kết quả đạt được

Bước đầu, nhóm nghiên cứu tiến hành thử nghiệm mạch với các tải là thuần trở. Các tải thử nghiệm này là có sẵn trong phòng thí nghiệm của Viện kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa- Đại học Bách khoa Hà Nội, phục vụ cho các nghiên cứu về thay đổi tính chất của tải. Các thông tin về thiết bị đo, kết quả dòng điện, điện áp được thể hiện trên giao diện của máy tính. Do sai số của linh kiện, các loại nhiễu, điều kiện thời tiết, và nhiều yếu tố khách quan, thiết bị đo được hiệu chỉnh bằng một máy phát tín hiệu chuẩn, phát ra tín hiệu có các thông số nhất định, sau đó sử dụng thiết bị, đo tín hiệu được tạo ra, so sánh kết quả và tiến hành hiệu chỉnh sao cho đạt độ chính xác như máy phát tín hiệu chuẩn (H. 10 a,b).



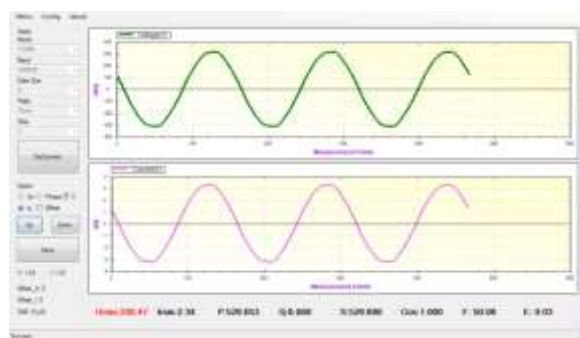
(a)



(b)

H. 10 a;b Chạy thử nghiệm với tải thuần trở

Mạch đo nhận các thông số của mạch một pha từ tải cần đo; dữ liệu sau khi được tính toán bằng bộ AFC được gửi đồng thời đến ZigBee và máy tính. Kết quả hiển thị trên (H. 11). Kết quả ban đầu đạt được đã cho thấy thiết bị hoạt động tốt, ngay cả khi một số nhiễu được tạo ra trong quá trình thử nghiệm thì các thuật toán cài đặt trong vi điều khiển đã dễ dàng tìm ra các điểm bắt đầu của chu kỳ tín hiệu xoay chiều để từ đó xác định được các thông số liên quan như góc pha, hệ số công suất.



H. 11 Giá trị đo được và vẽ đồ thị trên PC

4. Kết luận

Các kết quả đạt được cho thấy thiết bị đo năng lượng trong mạch một pha đã hoạt động ổn định trong phòng thí nghiệm với giới hạn đo $U_{max} : 400V$; $I_{max} : 20A$. Hiện thiết bị đang được phát triển thêm các thuật toán để tăng sự linh hoạt khi áp dụng vào thực tế trong đó có thể kể đến là cho phép người dùng truy cập giám sát số liệu về năng lượng thông qua các thiết bị di động.

Bước đầu truyền thông giữa thiết bị và máy tính giám sát được thực hiện thông qua giao tiếp USB đã hoạt động tốt. Dự kiến bước tiếp theo sẽ triển khai thông

qua mạng GPRS/3G để cho phép người dùng có thể giám sát các số liệu đo thông qua mạng viễn thông.

5. Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã hỗ trợ hoạt động nghiên cứu này trong đề tài “*Nghiên cứu, thiết kế và xây dựng hệ cảm biến thông minh không dây, ứng dụng cho Smart grid, B2014-01-80*”.

Tài liệu tham khảo

- [1] Folea, S. ; Bordenca, D. ; Hotea, C. ; Valean, H.: *Smart home automation system using Wi-Fi low power devices*, Proceeding of IEEE international conference on automation quality and testing robotics, pp.569-574, Cluj-Napoca, Romania 2012.
- [2] Ramlee, R.A.; Othman, M.A. ; Leong, M.H. ; Ismail, M.M.: *Smart home system using android application*. Proceeding of IEEE international conference on Information and Communication Technology (ICoICT), pp.277-280, Bandung, Indonesia, 20-22, Mar. 2013.
- [3] Jahn, M. ; Jentsch, M.; Prause, C.R. ; Pramudianto, F., *The Energy Aware Smart Home*, Future Information Technology (FutureTech), 2010 5th International Conference on, pp.1-8, Busan, Korea, 21-23, May 2010.
- [4] Adam Zipperer ; Patricia A. ; Aloise-Young ; Siddharth Suryanarayanan ; Robin Roche ; Lieko Earle ; Dane Christensen ; Daniel Zimmerle, *Electric Energy Management in the Smart Home: Perspectives on Enabling Technologies and Consumer Behavior*, Proceeding of National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA, Aug. 2013.
- [5] Dongmei Yan; Zhiguang Dan., *ZigBee-based Smart Home system design*,” Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 3rd International Conference on (Volume:2), Chengdu, China , Aug. 2010.
- [6] Kang Bing ; Liu Fu ; Yun Zhuo ; Liang Yanlei, *Design of an Internet of Things-based smart home system*, Intelligent Control and Information Processing (ICICIP), 2011 2nd International Conference on (Volume:2), pp. 921-924, Harbin, China 25-28 Jul. 2011.
- [7] Sanchez, A. ; Tercero, R., *Smart Home Technologies: Uses and Abuses*, Artificial Intelligence (MICAI), 2010 9th Mexican International Conference on, pp. 97-102, Pachuca, Mexico, 8-13 Nov. 2010.



Nguyễn Huy Phương nhận bằng Tiến sỹ năm 2000 của trường Đại học Năng lượng Mátxcova, Liên bang Nga (Moscow Power Engineering Institute), về *nghiên cứu phương pháp điều khiển nâng cao đối tượng nhiệt trong nhà máy nhiệt điện*. Năm 2002, anh bắt đầu làm giảng viên tại trường Đại học

Bách khoa Hà Nội (HUST) tham gia giảng dạy các môn Kỹ thuật lập trình, Tự động hóa quá trình sản xuất, Điều khiển quá trình. Hiện anh là Viện trưởng Viện Điện, HUST. Hướng nghiên cứu chính là các phương pháp điều khiển, tích hợp hệ thống điều khiển đối tượng công nghiệp.



Bùi Đăng Thanh nhận bằng thạc sỹ về *Đo lường và các hệ thống điều khiển* của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (HUST) năm 2002. Từ năm 2001 đến 2007 anh là giảng viên của khoa Điện, HUST. Anh nhận bằng Tiến sỹ về *Điện tử- Tự động hóa* của trường Ecole Normale Supérieure de

Cachan, cộng hòa Pháp năm 2011. Hiện anh là giảng viên Viện Điện, Phó viện trưởng Viện kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa, Đại học Bách khoa Hà Nội. Hướng nghiên cứu chính là thiết kế và thực hiện các hệ thống đo lường, điều khiển, các hệ thống nhúng và hệ thống mạng công nghiệp.



Nguyễn Hoàng Nam nhận bằng Kỹ sư Điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) năm 2002, bằng Thạc sỹ về *Thiết bị đo và Vi điện tử* tại Trường Đại học Hendri Poincaré, cộng hòa Pháp năm 2004, và nhận bằng Tiến sỹ *Vi điều tử và Điện tử Nano* tại

Trường đại Học Bách khoa Grenoble, cộng hòa Pháp năm 2009. Tiến sỹ Nguyễn Hoàng Nam tham gia giảng dạy tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) từ năm 2010 đến nay. Hiện anh đang là Giảng viên thuộc Bộ môn Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp (3I), viện Điện. Đồng thời anh cũng là nghiên cứu viên tại viện Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa (ICEA). Hướng nghiên cứu chính là các hệ thống đo thông minh, các hệ thống nhúng và hệ thống năng lượng tái tạo.



Lê Quyết Thắng sinh năm 1982. Anh nhận bằng thạc sỹ về *Điện khí hóa mỏ* của trường Đại học Mỏ Địa Chất - Hà Nội năm 2010. Từ năm 2007 đến 2014 anh là giảng viên của khoa Điện, Trường Đại học Công Nghiệp Quảng Ninh. Hiện anh đang là NCS về *Kỹ thuật điều khiển & Tự động*

hóa của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Hướng nghiên cứu chính là thiết kế và thực hiện các hệ thống

đo lường, điều khiển, các hệ thống nhúng và hệ thống mạng công nghiệp.



Trịnh Công Đồng sinh năm 1980. Anh nhận bằng thạc sỹ về *Điện tử - Viễn thông* của trường Đại học Mở - Hà Nội năm 2011. Từ năm 2007 đến 2014 anh là cán bộ của phòng Thiết bị, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Hiện anh đang là cán bộ

nghiên cứu của Viện Kỹ thuật điều khiển & Tự động hóa của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Hướng nghiên cứu chính là thiết kế và thực hiện các hệ thống mạch điều khiển, các hệ thống nhúng và hệ thống mạng công nghiệp.



Trần Văn Mạnh sinh năm 1992.

Anh nhận bằng kỹ sư về *Tự động hóa công nghiệp* của trường Đại học Bách khoa Hà Nội, năm 2015.

Hiện anh là Nghiên cứu viên của Viện kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa, Đại học Bách khoa Hà Nội. Hướng nghiên cứu chính là thiết kế và thực hiện các hệ thống

đo lường, điều khiển, các hệ thống nhúng và hệ thống mạng công nghiệp.