



NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ BỘ TRUYỀN THÔNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN TÁI TẠO

Võ Thành Vĩnh¹, Lê Hùng Tráng², Võ Thị Hương³, Nguyễn Ngọc Quang³,
Phạm Quang Hưng⁴, Trần Đăng Thuận⁵, Nguyễn Tạo Lập⁶, Trần Văn Ninh⁶

¹ Trường Đại học Đồng Tháp

² Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

³ Cao đẳng nghề Mỹ nghệ & Kỹ thuật Việt nam

⁴ Trung tâm lưu trữ quốc gia

⁵ Sở TTTT Nam Định

⁶ Cao đẳng nghề 20 BQP

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 20/05/2018

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 08/06/2018

Ngày bài báo được duyệt đăng: 15/06/2018

Tóm tắt:

Các hệ thống điện tái tạo đang ngày càng thể hiện rõ vai trò quan trọng trong việc đảm bảo an ninh năng lượng trên toàn thế giới. Một số quốc gia phát triển như Đức, Hà Lan, Mỹ, ... đã phát triển các hệ thống điện tái tạo từ khá sớm và đạt tỷ trọng ngày càng cao. Gần đây, phát triển các hệ thống điện tái tạo trở thành xu hướng tất yếu của cả thế giới, trong đó có Việt Nam. Các công ty công nghệ cũng đã cung cấp các hệ thống điện tái tạo thương mại rất đa dạng về chủng loại và khác nhau về giá cả. Có sự khác biệt này chủ yếu là do vấn đề công nghệ còn quá trình biến đổi năng lượng tái tạo ra điện thì cơ bản giống nhau. Trong đó, hiệu suất biến đổi năng lượng là một thông số rất quan trọng và quyết định đến chất lượng của hệ thống. Việc thiết kế các bộ truyền thông nhằm điều khiển, giám sát quá trình biến đổi sẽ góp phần nâng cao hiệu suất và ổn định hoạt động của hệ thống điện tái tạo.

Từ khóa: DC-DC, DC-AC, HDVC, PLC, MPPT, hệ thống điện tái tạo, điện mặt trời.

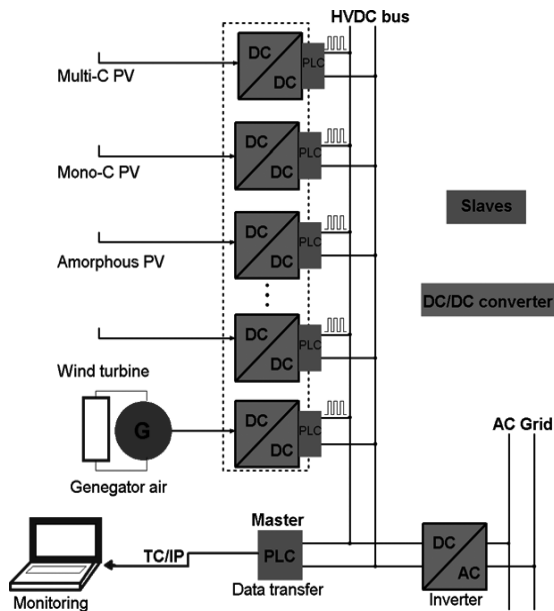
1. Đặt vấn đề

Năng lượng tái tạo đang “bùng nổ” nhanh chóng trên toàn cầu. Có khoảng 500 ngàn tấm pin mặt trời được lắp đặt trên toàn thế giới mỗi ngày. Những số liệu thống kê trên được đưa ra trong một báo cáo của Cơ quan Năng lượng quốc tế (IEA) về tình hình phát triển của năng lượng tái tạo (renewable energy). Bên cạnh đó, cơ quan này cũng dự báo rằng, 28% lượng điện năng của thế giới sẽ là năng lượng tái tạo trước năm 2021, tăng từ mức 23% hồi năm 2016 [1].

Để phục vụ cho sự phát triển các nguồn năng lượng tái tạo, các hệ thống quản lý năng lượng (EMS_Energy Management System) trên các hệ thống điện tái tạo gồm các nhóm công suất từ 1kW đến 5kW được nghiên cứu và ứng dụng [2] [11] [16] các bộ truyền thông nhằm nâng cao hiệu suất, giám sát và điều khiển cho hệ thống. Bên cạnh đó, các bộ truyền thông, giám sát và điều khiển cho các bộ biến đổi năng lượng điện mặt trời, năng lượng gió dùng trên các nông trại, các tải điện xa lưới điện quốc gia cũng được thiết kế và ứng dụng [3] [10]. Hay bộ truyền thông tích hợp cho các bộ nạp năng lượng cho thiết bị tích trữ, hòa công suất vào lưới điện phân phối cũng đã được nghiên cứu và phát triển [4] [5] [15]. Các bộ truyền thông tích hợp

trong các bộ biến đổi điện cho hộ gia đình có chức năng giám sát, nâng cao hiệu suất các thiết bị, ổn định ngõ ra của các thiết bị biến đổi điện với chuẩn 220VAC, 50Hz [6] [7] [13]. Bên cạnh các bộ truyền thông trên đường dây truyền tải thì các bộ truyền thông không dây cũng khá phổ biến [8] [9]. Các nhà sản xuất đã cho ra đời các IC, Board mạch, iMars WinExpert (Phần mềm giám sát hệ thống pin năng lượng mặt trời) chuyên dùng trong lĩnh vực truyền thông, giám sát và điều khiển trong hệ thống điện [14]. Các bộ truyền thông sẽ phát huy hiệu quả đối với các lưới điện DC nhỏ (dc microgrid) với các nguồn phân tán [15] [17], các bộ truyền thông này giữ vai trò cân bằng dòng tải giữa các nguồn và duy trì điện áp cho hệ thống.

Bài báo sẽ trình bày một giải pháp thiết kế bộ truyền thông định hướng ứng dụng trong hệ thống điện tái tạo có mô hình như Hình 1 gồm các modul: thu thập dữ liệu điện; xử lý dữ liệu và truyền thông 2 chế độ: chế độ truyền thông hữu tuyến sử dụng đường truyền vật lý là đường dây DC và truyền không dây sử dụng công nghệ Zigbee.



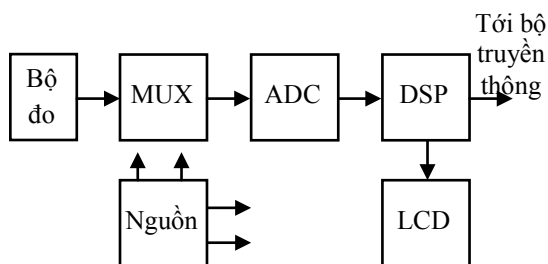
Hình 1. Mô hình hệ thống điện phân tán

2. Thiết kế các modul chức năng

2.1. Thiết kế modul thu thập dữ liệu điện (DAQ)

Modul thu thập dữ liệu điện có nhiệm vụ thu thập các dữ liệu điện trên các bộ biến đổi DC-DC, DC-AC của hệ thống để cung cấp cho bộ truyền thông. Sơ đồ cấu trúc như Hình 2.

Trong sơ đồ Hình 2, bộ đo gồm các cầu đo điện áp, các cảm biến dòng để đo dòng điện, điện áp tại các đầu vào/ ra của các bộ biến đổi DC-DC, DC-AC, bộ dồn kênh (MUX) để thực hiện ghép kênh luân phiên theo thời gian đưa sang bộ biến đổi tương tự-số (ADC), bộ xử lý số dữ liệu làm nhiệm vụ tính toán công suất và xuất dữ liệu sang bộ truyền thông đồng thời hiển thị giá trị trên màn hình tinh thể lỏng (LCD).



Hình 2. Cấu trúc khối modul thu thập dữ liệu điện

Hình 3 đưa ra giải pháp thiết kế thử nghiệm bộ DAQ sử dụng các linh kiện thương mại. Trong đó, bộ đo sử dụng các cầu phân áp để đo điện áp, sử dụng các cảm biến dòng ACS712 và ACS758 để đo dòng điện. Các khối MUX, ADC, DSP sử dụng vi điều khiển Arduino.

Kết quả thử nghiệm trên hệ thống điện mặt trời tại khoa Điện-Điện tử, Đại học SPKT Hưng Yên đã thu thập được dữ liệu điện như sau:

Tại các bộ biến đổi DC/DC công suất thiết kế 1kW:

- + Điện áp đầu vào bộ DC/DC (0-40V);
- + Dòng điện đầu vào bộ DC/DC (0-40A);
- + Điện áp đầu ra bộ DC/DC (0-340V);
- + Dòng điện đầu ra bộ DC/DC (0-8A);
- + Công suất của bộ DC/DC (0-1kW);

Tại các bộ biến đổi DC/DC công suất thiết kế 3kW:

- + Điện áp ra của bộ DC/AC (0-230V);
- + Dòng điện ra của bộ AC (0-15A);
- + Đo công suất của bộ AC (0-3kW);
- + Đo tần số của bộ AC (0.3-51Hz).

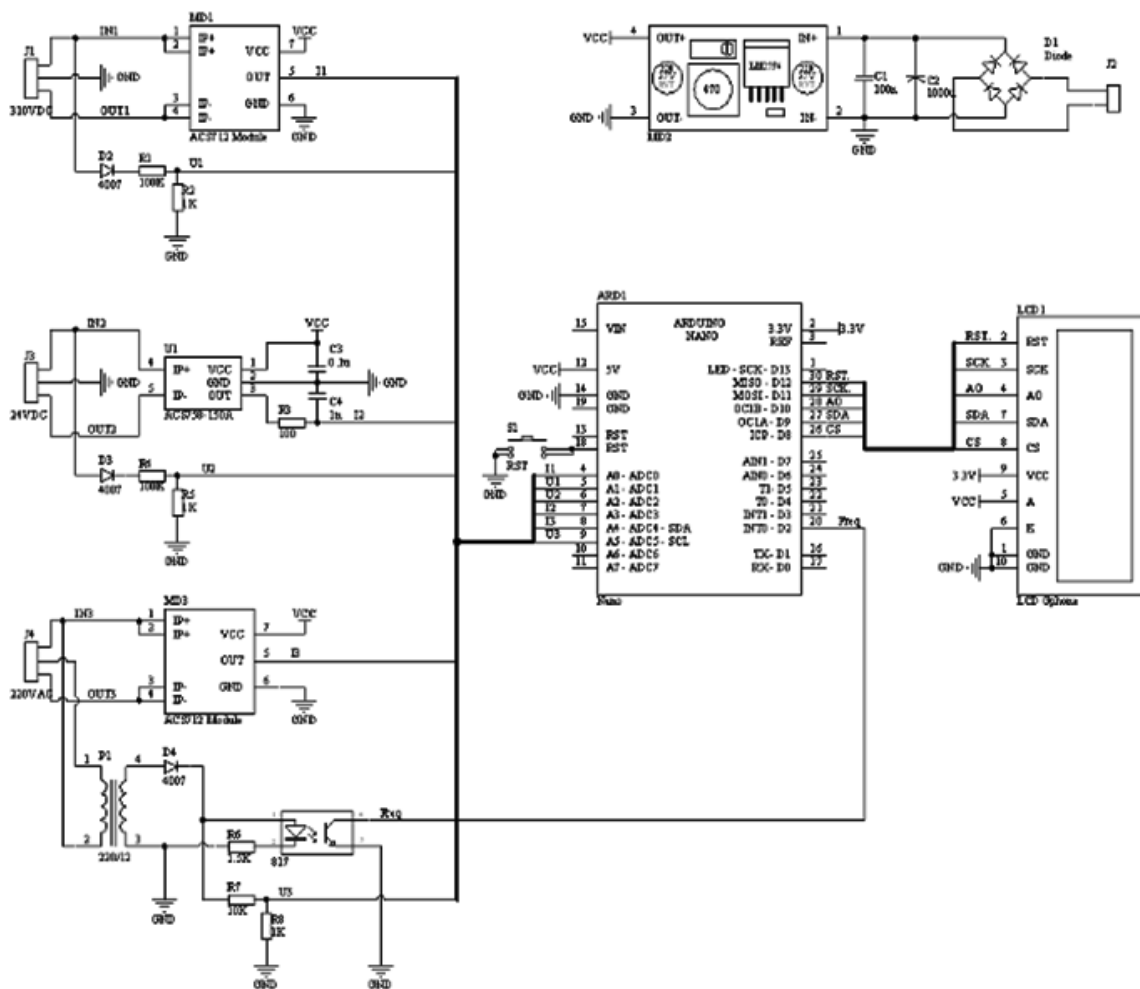
2.2. Thiết kế modul điều khiển và truyền thông hữu tuyến (PLC)

Modul điều khiển và truyền thông hữu tuyến trên đường dây HVDC có cấu trúc khối truyền và nhận như Hình 4. Trong đó, phần tử chính thực hiện chức năng xử lý số dữ liệu sử dụng PIC 16F876A là dòng vi điều khiển thương mại rất sẵn trên thị trường. Các vi điều khiển tạo ra các gói dữ liệu gồm mười bit dữ liệu (giao thức UART: bit bắt đầu, bảy bit dữ liệu, bit chẵn lẻ, bit dừng) từ các tham số được gửi đi. Dữ liệu này sau đó được cung cấp cho bộ thu phát qua giao diện của loại RS232-TX/RX. Các gói này sau đó được phủ lên trên đường trục bus HVDC từ 0 Hz sử dụng ASK bởi bộ điều khiển (bộ phát) tại tần số sóng mang được lập trình bằng 50 kHz.

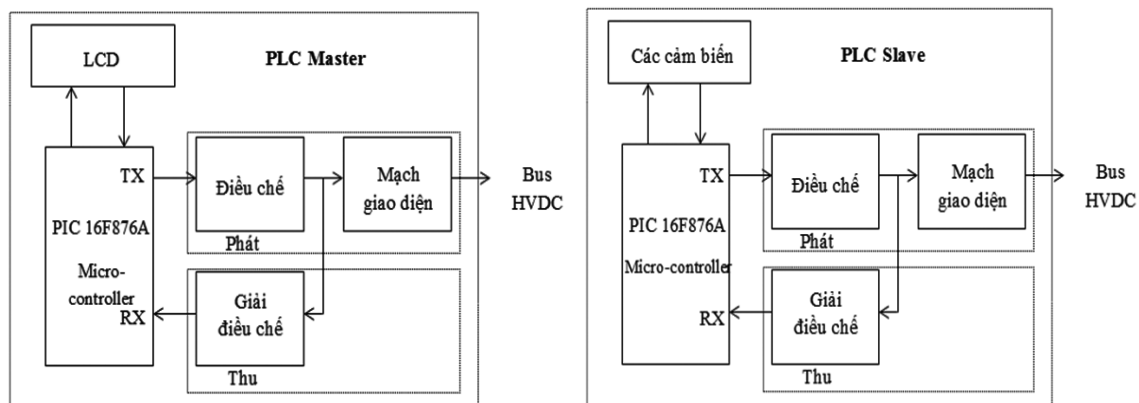
Tại đầu ra của bộ slave, bộ thu phát PLC phát hiện lại sóng mang và tách các gói dữ liệu. Những dữ liệu này sau đó được truyền đến vi điều khiển của bộ master và các xử lý cần thiết được thực hiện trên vi điều khiển. Quá trình xảy ra tương tự khi một bộ slave đáp ứng với bộ master. Tất cả các gói được truyền đi đều theo giao thức Modbus.

Việc thực thi slave và bộ master cho thấy các giá trị thực tế cho các thành phần. Những giá trị này đã được lựa chọn theo các thông số cố định ban đầu cho ứng dụng đưa ra làm ví dụ là hệ thống điện mặt trời công suất 3 KW (VDC = 300V, I = 10A). Hình 5 đưa ra sơ đồ nguyên lý modul truyền thông thiết kế dựa trên vi điều khiển PIC 16F876A.

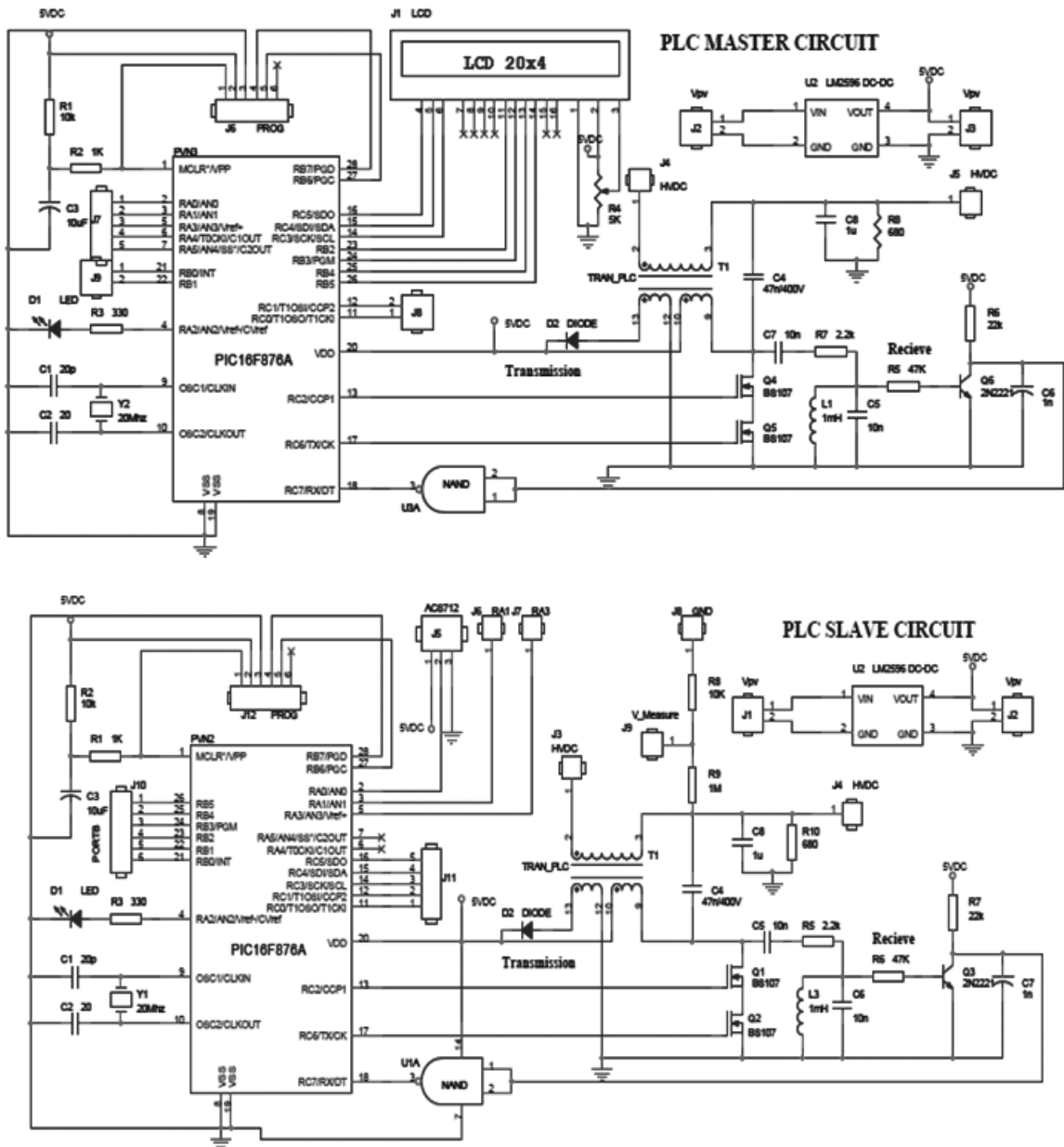
Các kết quả mô phỏng thu được bằng cách sử dụng Pspice đưa ra trên Hình 6, trong đó trình bày các mô hình chính xác của hai thành phần thụ động và hoạt động như Diode và MOSFET. Mô phỏng mô tả cách một luồng tín hiệu số được điều chế biên độ và truyền trên đường dây DC bằng cách sử dụng bộ phát và bộ thu ở trạng thái ổn định.



Hình 3. Thiết kế nguyên lý modul DAQ



Hình 4. Cấu trúc khối modul điều khiển và truyền thông PLC



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý modul điều khiển và truyền thông PLC

Hình 6.a minh họa dạng sóng của luồng dữ liệu gốc và dạng sóng tương ứng của tín hiệu điều chế biên độ trên bus HVDC. Trong mô phỏng, luồng dữ liệu ban đầu được thực hiện bằng cách sử dụng tín hiệu logic có thể lập trình '0' và '1' được biểu thị bằng 0V và 5V tương ứng. Vì mạch phát chỉ hoạt động khi truyền dữ liệu được yêu cầu, còn trong mô phỏng, bộ phát bị tắt khi tín hiệu đầu vào là 0V.

Hình 6.b cho thấy điện áp gọn sóng HVDC trong quá trình chuyển đổi để thay đổi điều chế biên độ. Thời gian chuyển tiếp từ mức logic '1' sang mức logic '0' là 10μs.

Hình 6.c, d thể hiện cho dạng sóng điện áp của cuộn cảm L2 và công của MOSFET được so

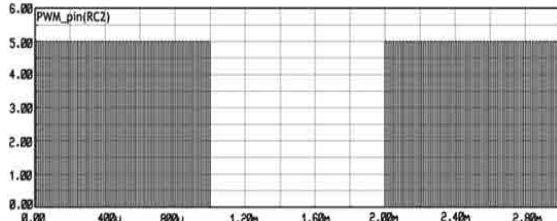
sánh với điều chế tín hiệu số ban đầu.

Điện áp được tái tạo bởi mạch cảm biến hiện tại như một hàm của dòng điện của tụ lọc được thể hiện trong Hình 6.e. Tín hiệu vào ra của khâu khuếch đại như Hình 6.f, g.

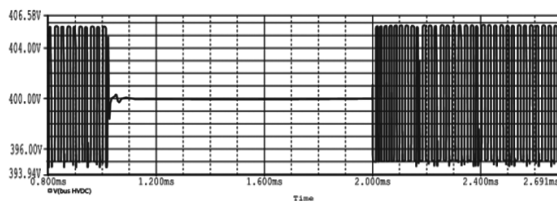
Đầu ra của mạch nhận là một loạt các xung hình chữ nhật, trong đó khoảng thời gian bằng với biên độ điều chế của tín hiệu sóng mang; nó chưa được giải điều chế kể từ khi bộ giải điều chế và giải mã tín hiệu được thực hiện bởi vi điều khiển. Tín hiệu được quan sát cho thấy rằng dòng dữ liệu ban đầu được điều chế thành công, được truyền qua đường dây 400VDC bằng cách sử dụng bộ truyền và truy xuất bằng bộ thu.

2.3. Thiết kế modul truyền thông không dây dùng Zigbee

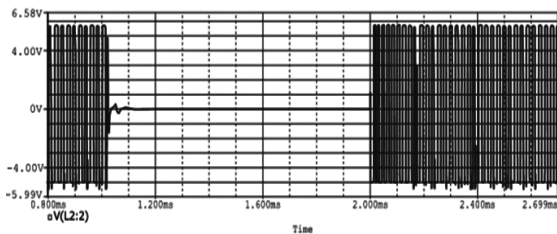
Sau khi xử lý dữ liệu trên Vi điều khiển như trình bày trong Hình 5, chế độ truyền không dây sẽ được ghép nối với modul truyền thông sử dụng kit Zigbee CC2530 phát triển trên nền chip SOOCC2530, giao tiếp RF 2.4 GHz. CC2530 là giải pháp “System-on-Chip” với hiệu suất cao, sử dụng năng lượng thấp thích hợp cho những ứng dụng về IEEE 802.15.4 kiểu điểm-điểm, hình sao hoặc hình cây.



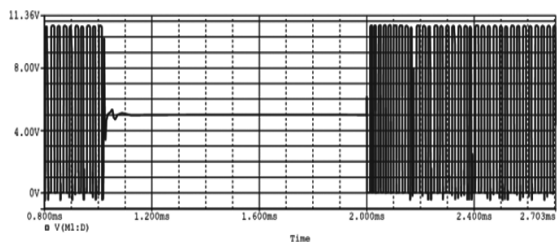
a. Tín hiệu điều chế với vi điều khiển PIC16F876A



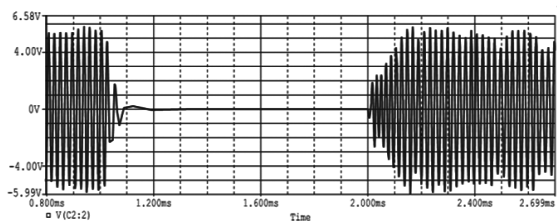
b. Tín hiệu truyền trên bus HVDC 400V



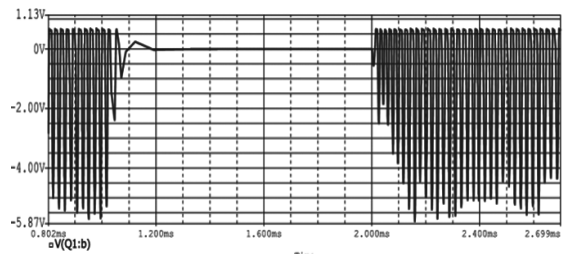
c. Tín hiệu tại điện cảm Lp2 của biến áp cũng như tại katot diode



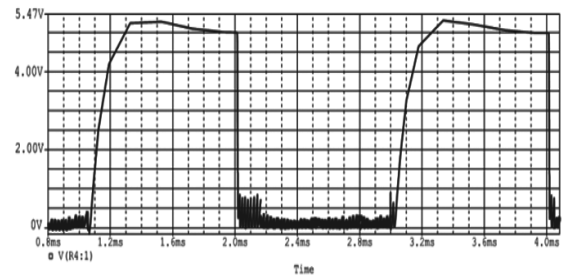
d. Tín hiệu trên khuếch đại trên MOSFET



e. Tín hiệu trên mạch lọc băng tần thấp R2, C3



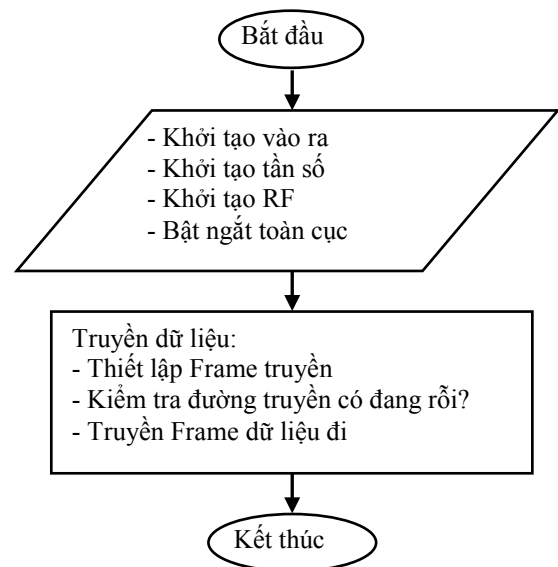
f. Tín hiệu đầu vào tại chân B transistor Q3



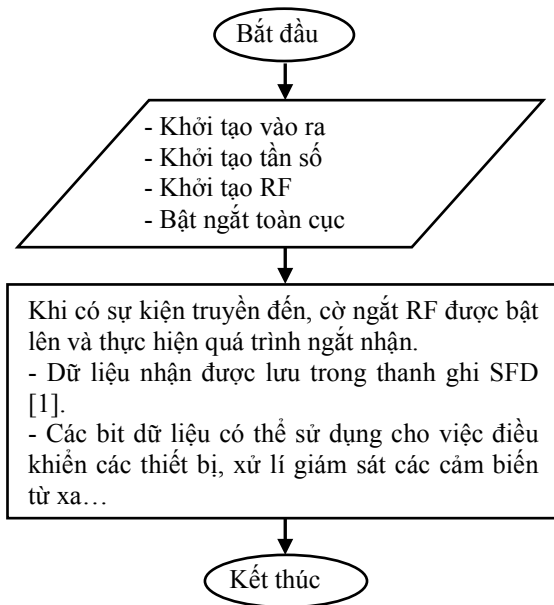
g. Tín hiệu khuếch đại tại cực C Transistor Q3

Hình 6. Kết quả mô phỏng bộ truyền thông PLC

CC2530 có bốn loại khác nhau và tương ứng 32/64/128/256-KB bộ nhớ Flash. Tích hợp bên trong bộ truyền nhận RF hiệu suất cao, với MCU 8051 chuẩn công nghiệp nâng cao, 8-KB RAM và hỗ trợ nhiều ngoại vi mạnh mẽ khác [18]. Phần mềm điều khiển và xử lý dữ liệu sử dụng phần mềm IAR embedded workbench để lập trình cho chip theo thuật toán Hình 7.



a. Thuật toán truyền dữ liệu

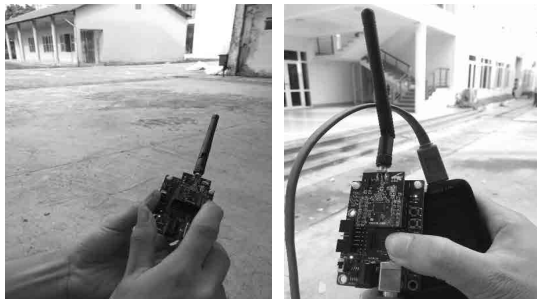


b. Thuật toán nhận dữ liệu

Hình 7. Thuật toán xử lý dữ liệu cho modul truyền thông Zigbee

Kết quả khảo sát thực nghiệm trên hệ thống điện mặt trời tại khoa Điện-Điện tử, Đại học SPKT Hưng Yên cho kết quả như sau:

- Trong môi trường không vật cản (Hình 8a): Trong môi trường không vật cản: Khả năng ZIGBEE truyền tốt tín hiệu test, độ trễ thấp, chính xác.
- Trong môi trường có vật cản (Hình 8b): Khoảng cách truyền tín hiệu giảm nhưng vẫn đáp ứng được độ trễ tín hiệu và độ chính xác.



a. Môi trường không có vật cản



b. Môi trường có vật cản

Hình 8. Thử nghiệm bộ truyền thông không dây Zigbee

3. Kết quả và thảo luận

Bài báo đã trình bày một số giải pháp chế tạo thử nghiệm bộ truyền thông định hướng ứng dụng cho các hệ thống điện tái tạo sử dụng các linh kiện thương mại có trên thị trường. Các kết quả khảo sát thực nghiệm tại hệ thống điện mặt trời tại khoa Điện-Điện tử trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên cho thấy: Thiết bị hoạt động khá tốt và ổn định. Tuy nhiên, đây mới chỉ là thử nghiệm bước đầu do bộ truyền thông thiết kế ở trên đang là các modul rời rạc. Đây cũng là cơ sở để trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu sẽ tiếp tục thiết kế thử nghiệm bộ truyền thông có các modul Slave tích hợp trong các bộ biến đổi DC/DC và DC/AC nhằm đạt được chất lượng tốt hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn đề tài cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo mã số B2018-SKH-06 đã giúp nhóm hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. http://vnreview.vn/tin-tuc-khoa-hoc-cong-nghe/-/view_content/content/1986423/nang-luong-tai-ao-dang-bung-no-nhanh-chong-tren-toan-cau.html
- [2]. Yoshihisa ISHIGAKI*, Yoshitaka KIMURA, Ikumi MATSUSU E, Hidekazu MIYOSHI and Kentarou YAMAGISHI, Optimal Energy Management System for Isolated Micro Grids. *SEI TECHNICAL REVIEW*, Số 78, APRIL 2014.
- [3]. Fawzi Al-Naima, Ramzy Ali, Ahmed Abid, Zabih Ghassemlooy, Zhiwei Gao, A New Power Line Communication Modem Design with Applications to Vast Solar Farm Management. *Innovative Systems Design and Engineering*, ISSN 2222-1727 (Paper) ISSN 2222-2871 (Online) Vol.4, No.14, 2013.

- [4]. Lu, X., Sun, K., Guerrero, J. M., Vasquez, J. C., & Huang, L., State-of-Charge Balance Using Adaptive Droop Control for Distributed Energy Storage Systems in DC MicroGrid Applications. *I E E E Transactions on Industrial Electronics*, 2014, **61(6)**, pp. 2804-2815. DOI: 10.1109/TIE.2013.2279374.
- [5]. Sun, K., Zhang, L., Xing, Y., & Guerrero, J. M., A Distributed Control Strategy Based on DC Bus Signaling for Modular Photovoltaic Generation Systems With Battery Energy Storage. *I E E E Transactions on Power Electronics*, 2011, **26(10)**, 3032-3045. 10.1109/TPEL.2011.2127488.
- [6]. E. Mainardi, S. Banzi, M. Bonfè, S. Beghelli, A low-cost Home Automation System based on Power-Line Communication Links. *22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC 2005*, Ferrara (Italy), September 11-14, 2005.
- [7]. J.Manikandan, V.Ramya, Design and Implementation of Smart Home Control System Based on Power Line Communication. *International Conference on Engineering Innovations and Solutions (ICEIS-2016)*.
- [8]. Alejandro Barreras Gutierrez, Audley Darmand, Victor Watt, Lucien Ngalamou, Design of an Analog Electronic Interface for a Power Line Based Telephony System, 1-4244-0113-5/06/\$20.00 c2006 IEEE.
- [9]. Asier Llano, Itziar Angulo, Pablo Angueira, Txetxu Arzuaga and David de la Vega, Analysis of the Channel Influence to Power Line Communications Based on ITU-T G.9904 (PRIME). *Energies* 2016, 9, 39; doi:10.3390/en9010039.
- [10]. Ajinder Singh, Dave Hermann, DC Power-Line Communication Reference Design, Copyright © 2013, Texas Instruments Incorporated.
- [11]. Syed Samser Ali, Amitabha Bhattacharya, Dipak Ranjan Poddar, Design of Bidirectional Coupling Circuit for Broadband Power-Line Communications. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 2012, 4, pp. 162-166.
- [12]. Ashish Garg, Angad Singh Gill, Designing Reliable Powerline Communications. Published in EDN, December 2010.
- [13]. Haibo He, Shijie Cheng, and J. Nguimbis, Home Network Power-Line Communication Signal Processing Based on Wavelet Packet Analysis. *EEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY*, Vol. 20, No. 3, July 2005.
- [14]. Riccardo Fiorelli, Mauro Colombo, ST7580 power line communication system-on-chip design guide. *AN4068 Application note*, Doc ID 022923 Rev 2.
- [15]. Xiaonan Lu, Kai Sun, Josep M. Guerrero, Juan C. Vasquez, Lipei Huang, State-of-Charge Balance Using Adaptive Droop Control for Distributed Energy Storage Systems in DC MicroGrid Applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 10.1109/TIE.2013.2279374, 2014.
- [16]. Abdul Mannan, D.K.Saxena, Mahroosh Banday, A Study on Power Line Communication. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 4, Issue 7, July 2014.
- [17]. Anand, Sandeep; G. Fernandes, Baylon; Guerrero, Josep M, Distributed Control to Ensure Proportional Load Sharing and Improve Voltage Regulation in Low-Voltage DC Microgrids. *IEEE Transactions on Power Electronics*, **28(4)**, pp. 1900 - 1913. DOI: 10.1109/TPEL.2012.2215055.
- [18]. Documents trong bộ Z-Stack cho CC2530 cung cấp bởi Texas Instruments.

RESEARCH AND DESIGN THE COMMUNICATIONS FOR THE RENEWABLE ELECTRIC POWER SYSTEM

Abstract:

Renewable electricity power systems (REPs) are increasingly playing an important role in securing energy security around the world. Some developed countries, such as Germany, Netherlands, United States, ... have developed REPs quite early and are increasing in proportion. Recently, the development of REPs has become the inevitable trend of the whole world, including Vietnam. Technology companies have also provided commercial REPs of varying types and prices. This difference is mainly due to technological problems, while the process of converting renewable energy is essentially the same. In particular, energy conversion efficiency is a very important parameter and determines the quality of the system. The design of communication units to control and monitor the transformation process will contribute to improving the efficiency and stability of the operation of renewable electricity systems.

Keywords: DC-DC, DC-AC, HDVC, PLC, Renewable Electricity Power System, Solar Power.