

STUDY ON BUILDING SCADA SYSTEM FOR ELECTRICAL SUBSTATION USING IoT VBOX

Duong Hoa An

TNU - University of Information and Communication Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 24/8/2023	The demand for power supply reliability of the distribution grid is increasing. Therefore, the idea of constructing a SCADA gateway in the substation is proposed to facilitate the construction and development of the Remote Station for SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) system more quickly, effectively, and efficiently. IoT (Internet of Things) technology is growing day by day. This technology helps connect devices to each other and to the Internet, enabling them to communicate and interact with each other more easily. This paper presents the application method of the Vbox IoT device to build a SCADA system for an electrical substation. An experimental model was built using the Wecon Vbox IoT device, IED (Intelligent Electronic Devices) devices, and a SCADA interface (software) for the Tien Du 110KV substation. This combined hardware and software model tests monitoring parameters and controls electrical equipment within the substation. The test results show that this system can monitor the operating parameters of the substation, remotely control (on, off) electrical equipment in the substation.
Revised: 28/9/2023	
Published: 28/9/2023	
KEYWORDS	
SCADA	
Electrical Substation	
HMI	
IED	
RTU	

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG SCADA CHO TRẠM BIẾN ÁP SỬ DỤNG IoT VBOX

Dương Hoà An

Trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 24/8/2023	Yêu cầu của khách hàng đối với khả năng cung cấp điện đầy đủ và liên tục (độ tin cậy cung cấp điện) của lưới điện phân phối ngày càng cao. Do đó cần xây dựng hệ thống SCADA (điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu) cho trạm biến áp thuận tiện và hiệu quả. Công nghệ IoT (Internet of Things) ngày càng phát triển. Điều này giúp kết nối các thiết bị với nhau và các thiết bị với Internet để chúng có thể giao tiếp và tương tác với nhau dễ dàng hơn. Bài báo này trình bày phương pháp ứng dụng thiết bị IoT Vbox để xây dựng hệ thống SCADA cho trạm biến áp. Để đánh giá hiệu quả của mô hình, bài báo đã xây dựng mô hình thực nghiệm sử dụng thiết bị IoT Wecon Vbox, và các thiết bị IED (Intelligent Electronic Devices), kết hợp giao diện SCADA (phần mềm) cho trạm biến áp 110KV Tiên Du. Thông qua hệ SCADA này (phần cứng và phần mềm) thử nghiệm giám sát các thông số và điều khiển các thiết bị điện trong trạm biến áp. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống đã giám sát được các thông số vận hành của trạm biến áp, điều khiển đóng cắt từ xa các thiết bị điện trong trạm biến áp.
Ngày hoàn thiện: 28/9/2023	
Ngày đăng: 28/9/2023	
TỪ KHÓA	
SCADA	
Trạm biến áp	
Giao diện người máy	
Thiết bị điện tử thông minh	
Tủ điều khiển xa	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8609>

Email: duonghoaanut@gmail.com

<http://jst.tnu.edu.vn>

50

Email: jst@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Ngày nay, mật độ trạm biến áp ngày càng nhiều hơn, lưới điện phức tạp hơn, yêu cầu chất lượng điện năng ngày càng cao. Do đó vận hành lưới điện sẽ phức tạp hơn. Bởi vậy, xây dựng hệ thống SCADA cho các trạm biến áp là cấp thiết [1] - [4]. Hệ SCADA cho trạm biến áp là hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu về dòng điện, điện áp, tần số, công suất tác dụng, công suất phản kháng để giám sát và điều khiển đóng cắt các thiết bị như dao cách ly, máy cắt, giám sát các trạng thái làm việc của các thiết bị điện [5] - [9].

Ngày nay, công nghệ IoT cùng với việc phát triển ngày càng nhanh, giúp kết nối dễ dàng các thiết bị với nhau [10]. Công nghệ IoT được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực như nhà thông minh, thành phố thông minh, trong công nghiệp, nông nghiệp, bán hàng, sức khỏe. Do đó, nghiên cứu ứng dụng hệ thống SCADA cho trạm biến áp đơn giản hoạt động hiệu quả và tin cậy ứng dụng các thiết bị IOT là cần thiết. Bài báo này nghiên cứu ứng dụng thiết bị IoT Vbox và các thiết bị IED để xây dựng 1 hệ SCADA cho trạm biến áp.

2. Thiết kế hệ thống SCADA cho trạm biến áp

Để xây dựng hệ thống SCADA cho trạm biến áp cần phải đáp ứng được những yêu cầu cụ thể về điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu cho trạm biến áp.

2.1. Hệ thống SCADA trạm biến áp

2.1.1. Chức năng của hệ thống SCADA cho trạm biến áp

Hệ thống SCADA cho trạm biến áp hiện nay có chức năng chính là thu thập dữ liệu các thông số vận hành của các thiết bị điện, các thông tin có thể truy cập tại chỗ thông qua giao diện người máy – HMI (Human Machine Interface), hoặc truyền dữ liệu về trung tâm lưu trữ ở hệ thống máy tính chủ [11], [12]. Điều này giúp kỹ sư có thể điều hành và giám sát từ xa trạm biến áp một cách chính xác theo thời gian thực.

Thông qua hệ thống SCADA, người vận hành có thể điều khiển đóng cắt từ xa các thiết bị như máy cắt và dao cách ly, và thu thập trạng thái làm việc của các thiết bị này ngoài ra thu thập dữ liệu về điện áp và dòng điện xoay chiều, công suất, tần số, hệ số công suất, điện năng để giám sát.

Dữ liệu được thu thập tự động và xử lý, hiển thị trên màn hình, bảng, sơ đồ tất cả các tín hiệu theo thời gian thực của các phần tử trên hệ thống điện như: tần số, điện áp các điểm nút, thông số vận hành các thiết bị, trạng thái làm việc của tất cả các thiết bị đóng cắt... Ghi lại lịch sử dữ liệu, các dạng sự cố.

2.1.2. Thành phần chính của hệ thống SCADA cho trạm biến áp

Hệ thống SCADA trong trạm biến áp gồm nhiều thành phần [1], trong đó có các thành phần chính:

- Hệ thống máy tính chủ đặt tại trung tâm điều khiển.
- Giao diện người – máy HMI.
- Trạm thu thập dữ liệu trung gian.
- Hệ thống truyền thông.

2.1.3. Thiết bị đầu cuối tại các trạm biến áp

Thiết bị đầu cuối tại trạm biến áp có thể là thiết bị điều khiển từ xa RTU [1], [3], hoặc một hệ thống tự động hóa trạm hoặc có thể là một máy tính công nghiệp thu thập dữ liệu và điều khiển toàn bộ các thông số vận hành của trạm. Các thiết bị điều khiển đầu cuối RTU đặt tại các trạm biến áp và nhà máy điện trong hệ thống điện. Số lượng và dung lượng các RTU tùy thuộc vào quy mô của hệ thống điện, số lượng các thông tin cần lấy và yêu cầu lắp đặt.

RTU nhận thông tin từ các thiết bị điện tử thông minh IED như các đồng hồ đo lường, cảm biến, trạng thái làm việc của thiết bị điện [1]. Dữ liệu thu được được gửi đến trạm điều khiển

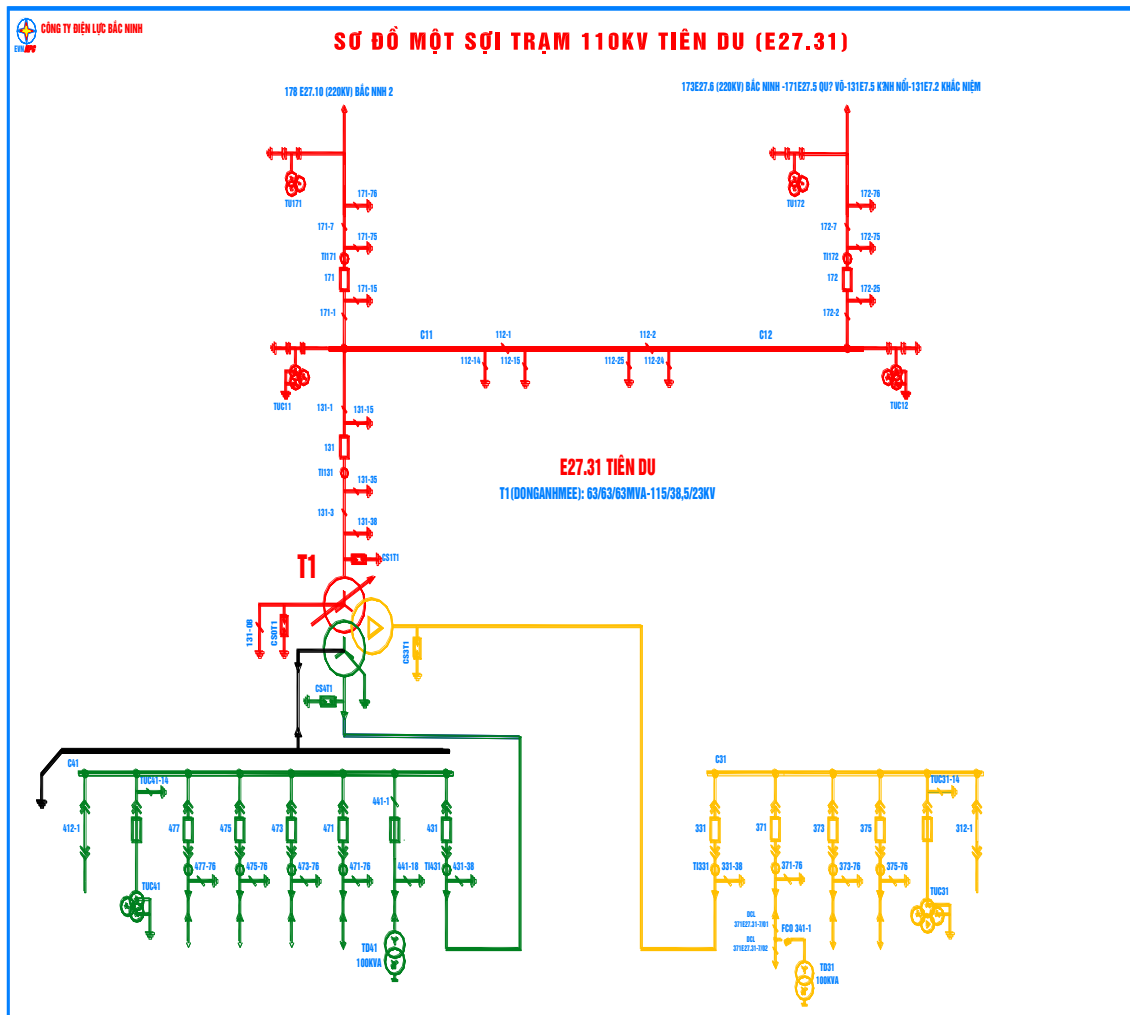
giám sát trung tâm để xử lý và thông báo cho người vận hành biết tình trạng và trạng thái hoạt động của thiết bị. Mặt khác RTU nhận lệnh từ trạm điều khiển giám sát để điều khiển thiết bị theo yêu cầu.

2.2. Nghiên cứu ứng dụng hệ thống SCADA cho trạm biến áp 110KV Tiên Du

Để nghiên cứu xây dựng mô hình hệ SCADA cho trạm biến áp trong bài báo này sử dụng mô hình thông số trạm biến áp 110KV Tiên Du Bắc Ninh.

2.2.1. Giới thiệu trạm biến áp 110KV Tiên Du

Trạm 110kV Tiên Du thuộc Công ty điện lực Bắc Ninh có 02 máy biến áp có công suất 63MVA (trong đó 1 MBA được đưa vào sử dụng) với sơ đồ như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ lưới điện trạm 110KV Tiên Du

+ Phía 110 kV: Sơ đồ hệ thống 01 thanh cái có máy cắt phân đoạn bố trí kiểu sơ đồ cầu đầy đủ (chữ H), gồm 02 ngăn lộ đường dây đến; 02 ngăn MBA và 01 ngăn liên lạc; hiện nay, lắp đặt: 02 ngăn lộ đường dây, 01 ngăn MBA 110 kV và ngăn liên lạc, có dự phòng để phát triển lắp đặt ngăn lộ MBA T2.

+ Phía 35 kV: Thiết kế theo sơ đồ 1 hệ thống thanh cái có máy cắt phân đoạn: Gồm 01 tủ máy cắt tổng; 01 tủ đo lường; 01 tủ dao cắm và 03 tủ máy cắt xuất tuyến.

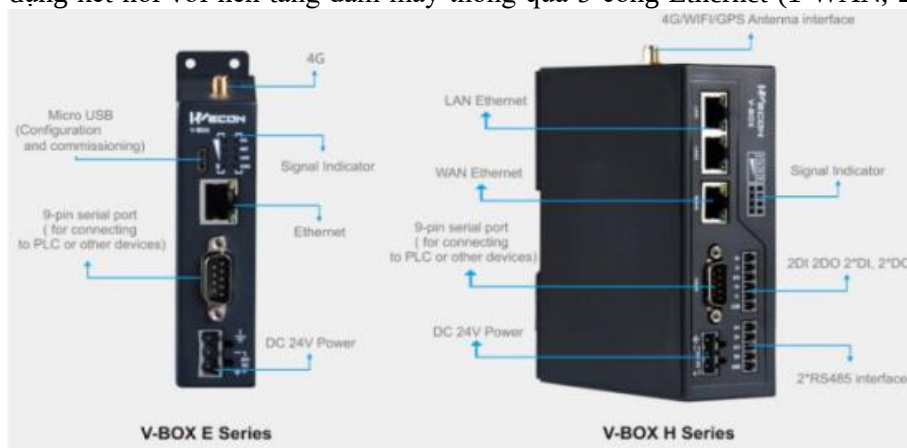
+ Phía 22 kV: Thiết kế theo sơ đồ 1 hệ thống thanh cái có máy cắt phân đoạn. Đã lắp đặt phân đoạn 1: Gồm 01 tủ máy cắt tổng, 01 tủ đo lường, 01 tủ tự dừng, 01 tủ dao cắt và 04 tủ máy cắt xuất tuyến;

+ Hệ thống điều khiển, bảo vệ, đo lường:

2.2.2. Hệ Web SCADA với IoT Vbox

Thiết bị IoT Wecon V-box H-WF hình 2 được ứng dụng để xây dựng hệ thống SCADA cho trạm biến áp. Thiết bị này được sử dụng để truyền dữ liệu thông qua giao tiếp truyền thông (RS232/RS485/ Ethernet) với các thiết bị IED.

Thiết bị này có thể giao tiếp gần như tất cả các dòng PLC và bộ điều khiển của thương hiệu lớn. Sử dụng kết nối với nền tảng đám mây thông qua 3 cổng Ethernet (1 WAN, 2 LAN)/Wifi.



Hình 2. Sơ đồ chân thiết bị Wecon Vbox H

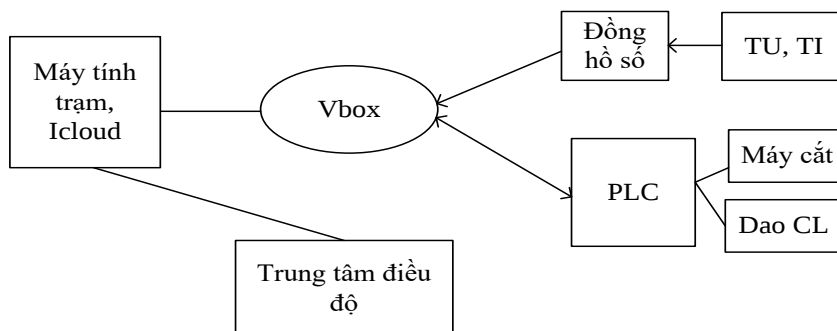
Từ đó người sử dụng có thể giám sát, điều khiển các thiết bị từ xa thông qua hỗ trợ truy cập Android/IOS, hoặc trình duyệt máy tính bàn.

Cấu hình V-Box: Wecon IoT V-BOX H-WF OS: Linux; CPU: Cortex A7 528 MHz; Flash : 128Mb. Memory: Ram DDRIII 128Mb.

Cổng kết nối:

- 1 Cổng Micro USB host/Device: USB OTG Switch.
- 1 Cổng nối tiếp COM1: RS232, RS485/RS422 (2 in 1).
- 2 Cổng Digital: đầu vào cách ly / đầu ra rơ le.
- 3 cổng Ethernet: 2 WAN + 1 LAN (chế độ chuyển đổi).

2.2.3. Sơ đồ khối chức năng hệ thống SCADA sử dụng IoT Vbox



Hình 3. Sơ đồ khối chức năng hệ thống SCADA cho trạm biến áp sử dụng IOT Vbox

Theo mô hình nguyên lý như hình 3, thiết bị IoT Wecon V-box H-WF sẽ được kết nối với PLC và các thiết bị đo lường. Các thiết bị đo lường như đồng hồ số đo thông số dòng điện, điện áp, công suất thông qua máy biến dòng điện và máy biến điện áp đo lường. Dữ liệu từ các đồng hồ số này được gửi đến IoT Wecon V-box thông qua kết nối RS485/RS422, từ đó đến máy tính trạm và máy chủ.

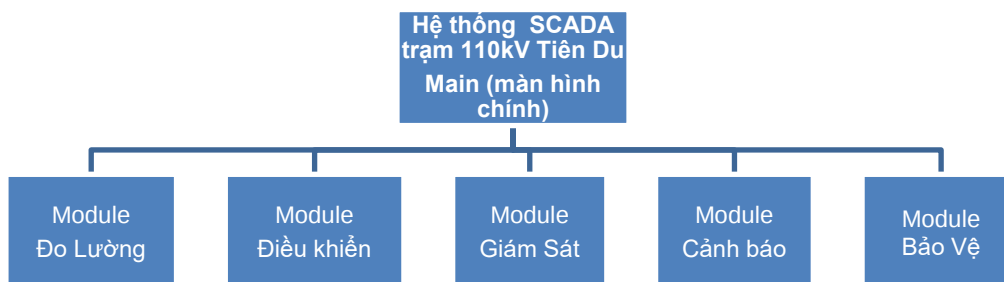
Trạng thái của các thiết bị như máy cắt và dao cách ly, tiếp địa sẽ gửi đến đầu vào PLC từ đó gửi đến Vbox. Qua đó gửi lên máy tính thông qua kết nối WAN.

Các tín hiệu điều khiển từ xa như đóng, cắt thiết bị sẽ được gửi từ màn hình HMI, màn hình máy tính tới Vbox thông qua mạng Internet, PLC nhận tín hiệu từ Vbox sẽ điều khiển thông qua các role đi đóng cắt thiết bị.

Tín hiệu đo lường và giám sát từ máy tính ở trạm sẽ được truyền tới các trung tâm điều độ thông qua mạng Internet. Tương tự tín hiệu điều khiển từ trung tâm điều độ sẽ gửi tới máy tính trạm thông qua mạng Internet.

2.2.4. Xây dựng giao diện hệ thống SCADA sử dụng nền tảng V- NET

Với thiết bị IoT Vbox nhà sản xuất đã cung cấp cho người dùng môi trường lập trình thông qua nền tảng V-NET. Trong bài báo này đã tiến hành xây dựng giao diện giám sát và điều khiển trạm biến áp 110 KV Tiên Du với các thành phần chính như lưu đồ hình 4.

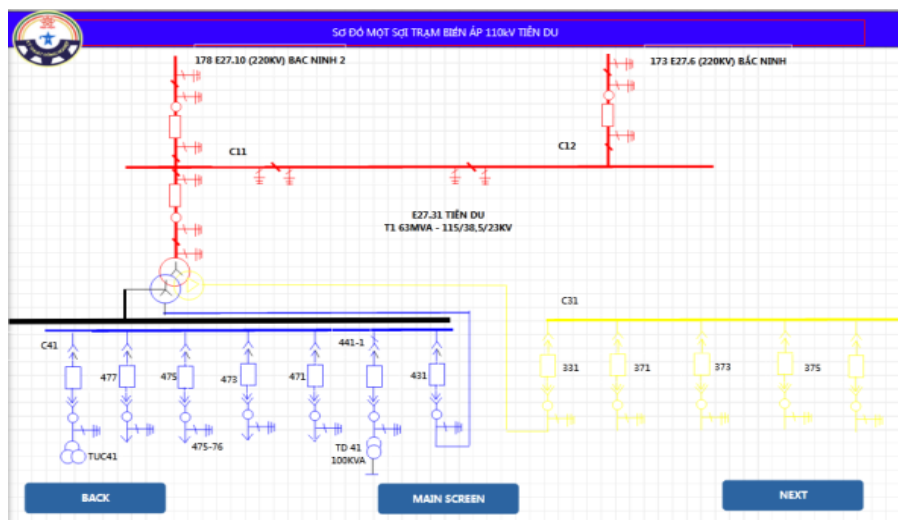


Hình 4. Sơ đồ hệ thống SCADA cho trạm 110 kV Tiên Du

Giao diện hệ thống SCADA cho trạm 110 kV Tiên Du được trình bày như hình 5,6,7 và hình 8. Bao gồm 1 Module main và các module đo lường, điều khiển, giám sát.



Hình 5. Sơ đồ giao diện hệ thống SCADA cho trạm 110 kV Tiên Du



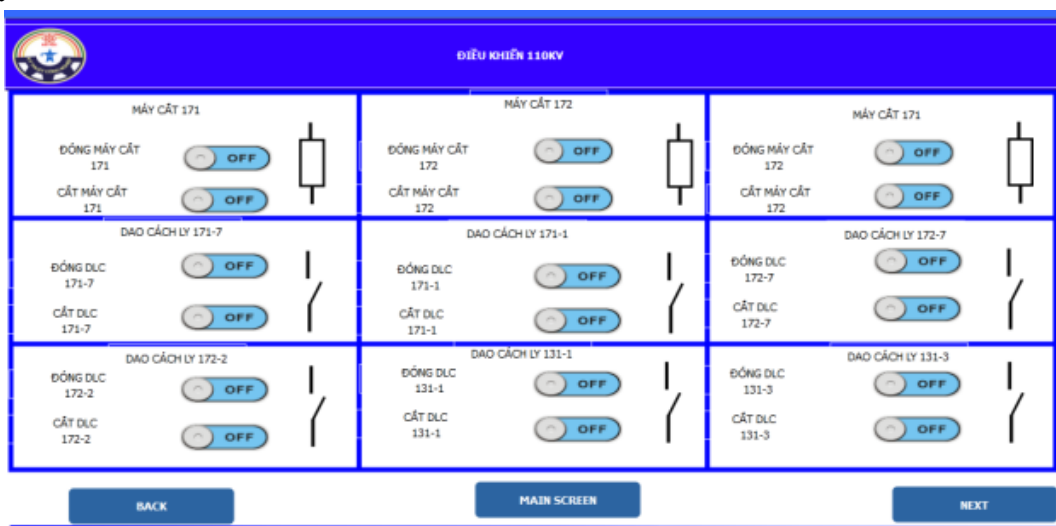
Hình 6. Module sơ đồ một sợi SCADA cho trạm 110 kV Tiên Du

- Module sơ đồ trạm biến áp.
- Module hệ thống đo lường phía 110 kV.
- Module hệ thống đo lường phía 35 kV.
- Module hệ thống đo lường phía 22 kV.
- Module điều khiển phía 22,35,110 kV.
- Module cảnh báo.

Module sơ đồ trạm biến áp bao gồm sơ đồ nguyên lý của trạm biến áp 110KV, máy biến áp và các thiết bị (máy cắt và dao cách ly, tiếp địa):

Module đo lường: Trong modul này hiển thị các kết quả dòng điện I_A , I_B , I_C ; điện áp U_A , U_B , U_C , U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} , P , Q , $\cos\phi$... Phía 110 kV, 35 kV, 22 kV.

Module điều khiển: Thể hiện trạng thái đóng cắt của các thiết bị như dao cách ly, máy cắt, trạng thái tiếp địa. Đồng thời người vận hành có thể thực hiện thao tác đóng cắt từ xa thông qua máy tính.



Hình 7. Module điều khiển phía 110 kV

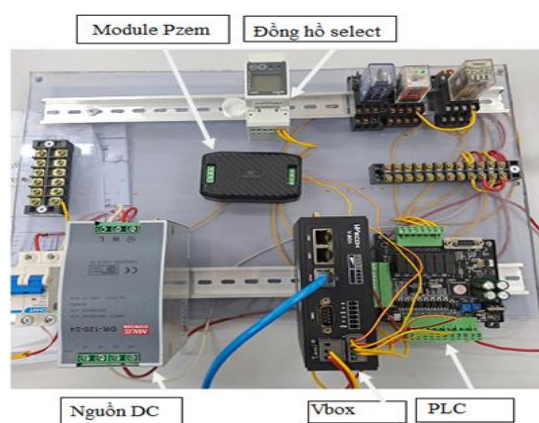


Hình 8. Module giám sát điện áp

3. Kết quả đạt được

Với phần mềm viết trên nền tảng V-NET đã trình bày ở trên, trong mô hình thực nghiệm đã sử dụng các thiết bị như hình 9 bao gồm:

- Modul truyền thông Wecon V-box H-WF.
- Board PLC Mitsubishi FX3U-14MR-6AD-2DA.
- Role trung gian.
- Đồng hồ Select EM2M-1P-C-100A-CE để đo các thông số dòng điện, điện áp, tần số, công suất và điện năng.
- Mạch đo điện DC đa năng 200A giao tiếp RS485 Modbus PZEM-017 đo các thông số DC.



Hình 9. Mô hình mạch thử nghiệm hệ thống SCADA

Các dữ liệu đo được từ đồng hồ Select EM2M và modul PZEM-017 sẽ được gửi đến Wecon V-box H-WF từ đó gửi đến máy tính. Các dữ liệu trạng thái đóng cắt của máy cắt, dao cách ly được gửi đến role, từ role gửi đến PLC, từ PLC gửi đến Vbox, thông qua đó gửi đến máy tính.

Tín hiệu điều khiển đóng cắt dao cách ly, máy cắt từ thao tác trên màn hình máy tính được gửi đến Vbox thông qua mạng Internet. Tín hiệu từ Vbox sẽ được gửi đến PLC thông qua chuẩn RS485. PLC sẽ gửi tín hiệu đến role trung gian để đóng cắt thiết bị.

Qua quá trình chạy thực nghiệm cho kết quả như trên bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm mô hình

STT	Thông số giám sát được	STT	Thông số giám sát được
1	Điện áp	5	Công suất phản kháng
2	Dòng điện	6	Trạng thái đóng cắt của máy cắt
3	Tần số	7	Trạng thái đóng cắt của dao cách ly
4	Công suất tác dụng	8	Các thông số DC cho nguồn ắc qui
STT	Thiết bị điều khiển được		
1	Máy cắt		
2	Dao cách ly		

Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống SCADA sử dụng IoT Vbox đã thực hiện giám sát đo lường được:

- Giám sát các thông số dòng điện, điện áp, tần số, công suất.

- Điều khiển đóng cắt các thiết bị như dao cách ly, máy cắt từ xa thông qua máy tính.
- Giám sát được tình trạng đóng cắt của máy cắt, dao cách ly, tiếp địa.
- Giám sát được các thông số DC như điện áp DC, dòng điện DC, công suất nạp.

4. Kết luận

Nghiên cứu này ứng dụng thiết bị IoT Vbox và các thiết bị điện tử thông minh (IED) thiết kế mô hình hệ thống SCADA cho trạm biến áp bao gồm phần cứng và phần mềm. Qua mô hình thực nghiệm và phần mềm giám sát viết trên V-NET Web SCADA với IoT Vbox giám sát được một số thông số cơ bản của trạm biến áp. Hệ thống cũng cho phép điều khiển các thiết bị điện của trạm biến áp từ xa. Tuy nhiên do hạn chế về kinh phí và thời gian thử nghiệm nên mô hình thực nghiệm vẫn còn một số hạn chế như chưa thử nghiệm giám sát nhiệt độ máy biến áp. Số điểm giám sát thông số dòng điện, điện áp vẫn còn ít. Trong thời gian tới, nhóm sẽ nghiên cứu áp dụng IoT Vbox xây dựng hệ thống SCADA cho các nhà máy thủy điện vừa và nhỏ qua đó ứng dụng vào thực tế.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông – Đại học Thái Nguyên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] A. Basuki, T. I. Priadi, A. P. Sari, and H. Trirohadi, "SCADA Gateway, Smart Solution For Combining Conventional Substation and Substation Automation System," *The International Conference on Advanced Power System Automation and Protection*, IEEE 2011, pp. 1268-1272.
- [2] Vlad-Cristian, "Optimized SCADA Systems for Electrical Substations", *The 8th International symposium on advanced topics in electrical engineering*, May 23-25, IEEE 2013, pp.1-4.
- [3] N. Kardam, M. A. Ansari, and Farheen, "Communication and Load Balancing Using SCADA Model Based Integrated Substation," *International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability*, IEEE 2013, pp. 1256-1261.
- [4] S. Mnukwa and A. K. Saha, "SCADA and Substation Automation Systems for the Port of Durban Power Supply Upgrade," *International SAUPEC/RobMech/PRASA Conference*, IEEE 2020, pp. 1-5.
- [5] N. Yellamandamma, T. S. Kumar, A. Aggarwal, and K. V. H. Rao, "Low Cost Solution for Automation and Control of MV Substation using MODBUS-SCADA," *Third International Conference on Power Systems*, Kharagpur, INDIA December 27-29, IEEE 2009, pp. 1-6.
- [6] T. V. Arun, L. Lathesh, and A. R. Suhas, "Substation Automation System," *International Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 7, pp. 215-218, 2016.
- [7] X. Cheng, W. Lee, and X. Pan "Electrical Substation Automation System Modernization through the Adoption of IEC 61850," *IAS 51st Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference*, IEEE, 2015, pp. 1-7.
- [8] Q. Xu, J. Liu, and L. Zhang, "A lightweight framework for data acquisition and quality monitoring in power system," *Proceeding of the 11th World Congress on Intelligent Control and Automation*, IEEE, 2014, pp. 2956-2960.
- [9] Y. Zhang, H. Zhang, L. Wang, and G. Hou, "Consistency analysis of SCADA data from field power systems," *In 10th International Conference on Advances in Power System Control, Operation & Management*, IET 2015, pp. 1-4.
- [10] A. K. Gupta and R. Johari, "IOT based electrical device surveillance and control system," *4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, IEEE, 2019, pp. 1-5.
- [11] Y. Ebata, H. Hayashi, Y. Hasegawa, S. Komatsu, and K. Suzuki, "Development of the Intranet-based SCADA (supervisory control and data acquisition system) for power system," *Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings*, IEEE 2000, vol. 3, pp. 1656-1661.
- [12] S. L. Nilsson, D. F. Koenig, E. A. Udren, B. J. Allgren, and K. P. Lau, "Pros and Cons of Integrating Protection and Control in Transmission Substation," *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, vol. 104, no. 5, pp. 1207-1224, May 1985.