

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG GIÁM SÁT ĐIỆN NĂNG TRONG NHÀ MÁY

A STUDY ON DESIGN AND FABRICATION OF A POWER MANAGEMENT SYSTEM FOR FACTORIES

Nguyễn Hữu Đức

## TÓM TẮT

Điện năng chiếm một tỷ trọng lớn trong việc sử dụng năng lượng thứ cấp tại các nhà máy hiện nay. Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả là một yêu cầu cấp thiết đặt ra đối với các đơn vị sử dụng năng lượng trọng điểm. Tuy nhiên việc giám sát hệ thống điện trong nhà máy hiện nay đa phần được thực hiện thủ công. Điều này dẫn tới khó khăn trong việc phân tích đánh giá việc sử dụng năng lượng tiết kiệm hiệu quả. Ngoài ra, việc không có hệ thống giám sát, cảnh báo tức thời các tình trạng bất thường trong vận hành hệ thống điện có nguy cơ gây ra các sự cố nghiêm trọng như cháy, nổ, mất điện và ngừng sản xuất. Thiệt hại về kinh tế và con người trong các sự cố này là rất lớn. Do vậy cần thiết ứng dụng hệ thống giám sát hệ thống điện theo thời gian thực giúp giám sát, phát hiện và cảnh báo sớm các điều kiện bất thường trong vận hành, qua đó giúp người vận hành có thể khắc phục trước khi sự cố xảy ra. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống giám sát điện năng ứng dụng cho các đơn vị sử dụng năng lượng lớn, qua đó giúp sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả, giảm sự cố bất thường và hỗ trợ bảo trì, bảo dưỡng theo điều kiện (CBM). Chức năng chính được lập trình, thiết kế trên mạch điện tử và chương trình giám sát được viết trên phần mềm tập trung giúp người vận hành sử dụng thuận lợi. Các kết quả thử nghiệm hệ thống để xuất cho các kết quả đáp ứng nhu cầu quản lý, vận hành của các đơn vị sử dụng năng lượng.

**Từ khóa:** Hệ thống giám sát điện năng; giám sát; quản lý; chuẩn đoán; sự cố; CBM.

## ABSTRACT

Electricity accounts for a large proportion in the use of secondary energy in factories today. Economical and efficient use of energy is an urgent requirement for key energy users. However, the monitoring of the power system in factories is currently mostly done manually. This makes it difficult to analyze and evaluate the efficient use of energy. In addition, the absence of a monitoring and immediate warning system in the operation of the power system may cause serious problems such as fire, explosion, power failure and production stoppage. The economic and human losses in these incidents are enormous and uncountable. Therefore, it is necessary to apply a real-time power system monitoring system to monitor, detect and give early warning of abnormal conditions in operation, thereby helping the operator to remedy the problem timely. This article presents the results of research, design and manufacture of the power monitoring system for large energy users, thereby helping to use energy economically and efficiently, reducing abnormal incidents. It also helps to maintenance according to condition (condition based maintenance - CBM). The main functions are programmed and designed on electronic circuit. The monitoring program is written on the centralized software to help the operator use it conveniently. The test results of the proposed system meet the management and operation needs of electric power systems in factories.

**Keywords:** Smart transformer; monitoring; management; diagnostic; fault; CBM.

Trường Đại học Điện lực

Email: ducnh@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/4/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2021

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm qua, Việt Nam là một trong những nền kinh tế phát triển năng động với tốc độ tăng trưởng GDP bình quân vào khoảng 7%/năm. Đi cùng với sự phát triển của kinh tế, xã hội thì nhu cầu về năng lượng nói chung và điện năng nói riêng ngày càng tăng cao, với mức độ tăng trưởng nhu cầu điện khoảng 12 - 15%/năm [1]. Để đáp ứng với mức tăng trưởng như vậy thì áp lực đầu tư xây dựng các nhà máy điện mới, đi cùng với đầu tư hệ thống truyền tải, phân phối mới. Việc đầu tư nâng cấp mới hệ thống điện quốc gia đòi hỏi nguồn lực về tài chính rất lớn. Trong quá trình sử dụng năng lượng cũng đã chỉ ra những tồn tại như sử dụng năng lượng chưa hợp lý, tối ưu. Nhiều nhà máy, công xưởng chưa có giải pháp sử dụng năng lượng tối ưu, kế hoạch sản xuất chưa hợp lý. Phương pháp quản lý năng lượng còn thô sơ, thiết bị giám sát tại chỗ phân tán, tổn nhân lực vận hành, dữ liệu chưa số hóa.

Chính phủ đã phê duyệt Chương trình quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả giai đoạn 2019 - 2030 [2]. Chương trình đặt mục tiêu đạt mức tiết kiệm năng lượng từ 5,0 đến 7,0% tổng tiêu thụ năng lượng toàn quốc trong giai đoạn từ 2019 - 2025, giảm mức tổn thất điện năng xuống thấp hơn 6,5%. Các doanh nghiệp đang hướng đến áp dụng tiêu chuẩn ISO 50001 nhằm tiết kiệm chi phí, hướng tới hệ thống quản lý năng lượng theo các tiêu chuẩn tiên tiến, qua đó tăng được lợi thế cạnh tranh, nâng cao tính minh bạch.

Do vậy, nhu cầu ứng dụng hệ thống giám sát, đo lường, phân tích năng

lượng điện, an toàn, tiết kiệm là xu thế tất yếu đối với các đơn vị sử dụng điện.

Trên thế giới đã có một số giải pháp về giám sát và đo lường, phân tích năng lượng như hệ thống CMS-700 của ABB, Eco PMS của hãng Schneider, Eco Webserver của Mitsubishi,... Các hệ thống của những hãng lớn có rất nhiều ưu điểm, công nghệ cao, thông minh [3-26]. Tuy nhiên, các hệ thống đó vẫn còn một số hạn chế về tính linh hoạt trong thực tế vận hành các hệ thống điện ở những nước đang phát triển như phần mềm chưa tùy biến theo nhu cầu thực tế của doanh nghiệp, ngôn ngữ sử dụng là tiếng Anh dẫn đến khó khăn cho người vận hành. Ngoài ra, chi phí đầu tư rất lớn.

SƠ ĐỒ HỆ THỐNG SEMS-L



Hình 1. Sơ đồ khối giải pháp đề xuất

Với chủ trương thực hiện cách mạng 4.0 của Chính phủ cũng như tinh thần “Make in Vietnam”, tác giả đã triển khai nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống giám sát điện năng cho các đơn vị tiêu thụ điện. Tác giả đã làm chủ các công nghệ tiên tiến như công nghệ điện tử, công nghệ IoT, công nghệ thông tin.

Bài báo được bố cục như sau: Phần 1 giới thiệu về nhu cầu giám sát năng lượng. Phần 2 trình bày mô hình giải pháp đề xuất của tác giả. Phần 3 trình bày thiết kế chế tạo và thử nghiệm kiểm chứng được trình bày trong Phần 4. Phần 5 là một số kết luận và hướng nghiên cứu phát triển tiếp theo.

**2. MÔ HÌNH GIẢI PHÁP GIÁM SÁT ĐIỆN NĂNG**

Giải pháp đề xuất được mô tả như trên hình 1. Giải pháp gồm các thiết bị thu thập dữ liệu đặt tại hiện trường; các bộ xử lý dữ liệu và truyền dữ liệu; và phần mềm thực hiện trên nền tảng web-server.

Thiết bị tại hiện trường như đồng hồ đo điện năng (multi-meter), các cảm biến,... có nhiệm vụ thu thập các thông số điện của các tải điện như dòng điện, điện áp, cosphi, công suất, năng lượng, chất lượng điện năng; thông số đại lượng không điện như nhiệt độ đầu cáp thanh cái, nhiệt độ môi trường,...

Hệ thống bao gồm các Interface để thu thập dữ liệu từ các thiết bị cấp trường (Multite Meter, SGMV,...) thông qua Modbus RTU. Một Interface giao tiếp tối đa 10 đồng hồ đo. Sau đó dữ liệu được chuyển đổi đưa về Gateway (SEMS-G4.2L). Một Gateway thu thập dữ liệu tối đa 50 đồng hồ đo. Gateway kết nối Interface thông qua giao thức Modbus TCP/IP.

Các thiết bị trong hệ thống đều được thiết kế “Plug & Play” rất dễ tích hợp và lắp đặt cho các hệ thống cũ hoặc mới của khách hàng. Các đường truyền tín hiệu sử dụng mạng LAN cục bộ có sẵn ở các nhà máy công nghiệp.

Hệ thống linh hoạt với tùy chọn nhiều dòng đồng hồ của các hãng cung cấp khác nhau. Tất cả đều được đồng bộ dữ liệu trên hệ thống của SES. Ví dụ: Schenider, Mitsubishi, Selec, Mikro, Tense,...

Phần mềm được viết nhằm hiển thị, giám sát các thông số từ các sensor thu thập, có thể vẽ biểu đồ, xuất báo cáo tùy theo nhu cầu người vận hành.

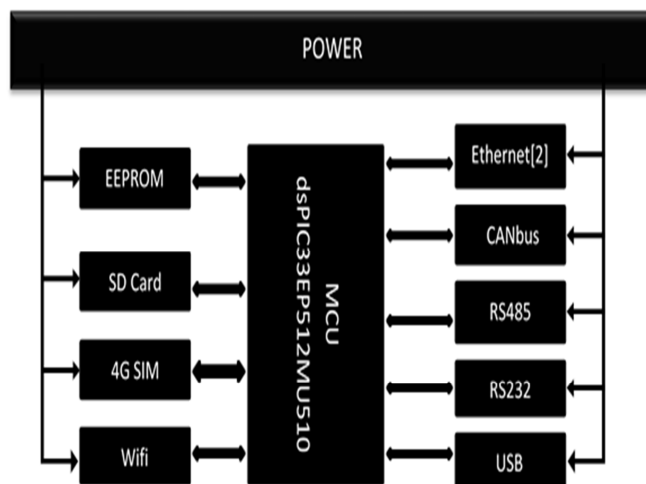
**3. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO, XÂY DỰNG GIẢI PHÁP**

Giải pháp đề xuất sẽ bao gồm các thiết bị Interface và Gateway lắp đặt gần các đồng hồ đo. Sau đó dữ liệu thu thập được sẽ truyền về server và được phần mềm phân tích, xử lý hiển thị trên giao diện với người sử dụng.

**3.1. Thiết bị Interface**

Interface được thiết kế với chức năng thu thập, chuyển đổi dữ liệu của các thiết bị trường về chuẩn của SES. Mỗi Interface có thể thu thập dữ liệu tối đa 10 đồng hồ thông qua mạng RS485. Dữ liệu này được chuyển về Gateway trung tâm thông qua mạng LAN.

Interface có thể cài đặt để kết nối với nhiều dòng đồng hồ khác nhau, địa chỉ mạng, số đồng hồ kết nối, thời gian timeout của đường truyền có thể cài đặt thông qua phần mềm cài đặt.



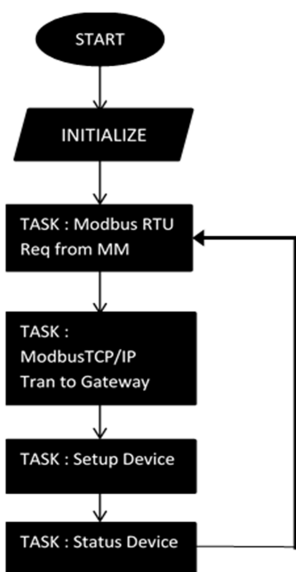
Hình 2. Sơ đồ khối mạch thiết kế Interface

Hình 2 mô tả sơ đồ khối thiết kế mạch thiết bị Interface. Thông số kỹ thuật chính của bộ Interface được trình bày trên bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của bộ Interface

Interface		
POWER	[V DC][A]	24 ± 10% 3A
Cổng I/O	RS485 LAN USB-B WIFI	Modbus RTU Modbus TCP/IP
Nhiệt độ hoạt động	[C]	0-60
Cài đặt	DIN Rail [mm]	35
Kết nối	Pitch [mm]	3,81
Dữ liệu thu thập	MM	10
Trạng thái đèn LED	Power-Active	

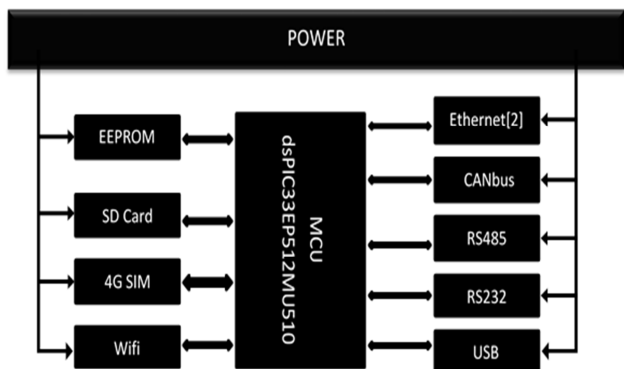
Lưu đồ thuật toán cài đặt cho bộ Interface được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Lưu đồ thuật toán thiết bị Interface

### 3.2. Thiết bị Gateway

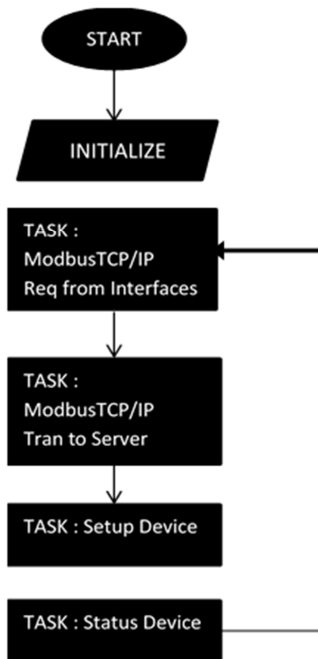
Gateway được thiết kế với chức năng là một bộ thu thập dữ liệu trung tâm, quản lý một nhóm thiết bị trường, cụ thể là dữ liệu của tối đa 50 đồng hồ. Các dữ liệu giám sát được Interface ở các khu vực khác nhau gửi về. Các dữ liệu được định dạng theo chuẩn của SES.



Hình 4. Sơ đồ khối mạch thiết kế Gateway

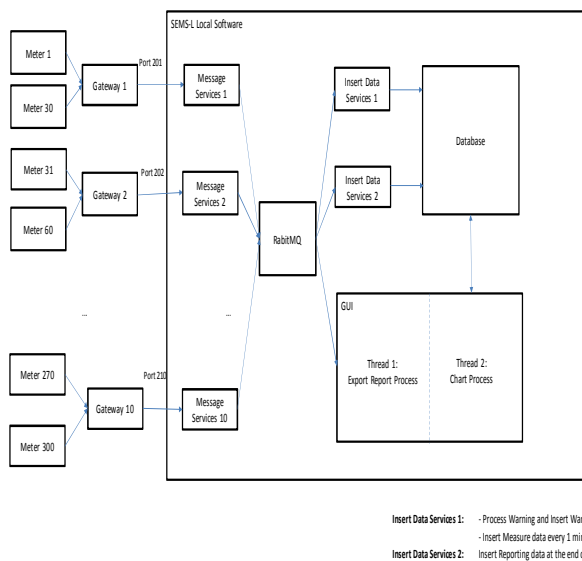
Các dữ liệu giám sát được thu thập và gửi liên tục lên hệ thống server. Với các khu vực, nhà máy đã có mạng LAN cục bộ thì hệ thống tích hợp ngay trên đường mạng vật lý này, với các nhà máy chưa có hạ tầng mạng hoặc việc xây lắp gặp nhiều khó khăn thì có thể sử dụng mạng không dây và 4G.

Các thông số về cấu hình mạng, số kết nối với Interface, cổng kết nối, địa chỉ server có thể cài đặt thông qua phần mềm setup.



Hình 5. Lưu đồ thuật toán thiết bị Gateway

#### SEMS-L Local Block Diagram



Hình 6. Sơ đồ khối kết nối thành phần trên phần mềm

Hình 4 mô tả sơ đồ khối thiết kế mạch Gateway. Lưu đồ thuật toán cài đặt cho bộ Gateway được thể hiện trên hình

5. Các đặc tính kỹ thuật chính của bộ Gateway được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Các đặc tính kỹ thuật chính của bộ Gateway

SEMS-L4.2G		
POWER	[V DC][A]	24±10% 3A
Cổng I/O	RS485 LANx2 USB-B 4G WIFI CANbus	Modbus RTU Modbus TCP/IP - MQTT - -
Nhiệt độ hoạt động	[C]	0-60
SD Card		16GB
Cài đặt	DIN Rail [mm]	35
Kết nối	Pitch [mm]	3.81
Dữ liệu thu thập	MM	50
4G		
Trạng thái đèn LED	Power-Active	

### 3.3. Phần mềm

Phần mềm được cài đặt tại server giúp thực hiện các chức năng sau:

- Giám sát được thông số dòng điện tức thời tại các tải điện có lắp đặt đồng hồ đo điện năng.
- Giám sát được thông số điện áp tức thời.
- Giám sát được thông số công suất tiêu thụ tức thời tại các tải điện có lắp đặt đồng hồ đo điện năng.
- Giám sát được điện năng tiêu thụ tích lũy của từng thành phần cũng như của toàn bộ nhà máy.
- Các thông số chất lượng điện năng như THD được thu thập, giám sát và phân tích trên phần mềm.
- Chu kỳ gửi dữ liệu có thể cài đặt được tới đơn vị phút.
- Cảnh báo vận hành, cảnh báo trạng thái được cài đặt tùy theo hiện trạng vận hành của từng thiết bị, dây chuyền sản xuất, giúp phát hiện sớm các nguy cơ tiềm ẩn sự cố.

Tất cả các chức năng trên được tích hợp trên một thiết bị nhỏ gọn, hệ thống Web sever tối ưu, có tính mở giúp cho việc vận hành, tích hợp hệ thống dễ dàng.

### 4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

Giải pháp được thử nghiệm tại Lab của Công ty TNHH Giải pháp lưới điện thông minh SES. Cấu hình thử nghiệm gồm:

Mô hình thử nghiệm với KIT Demo-1 gồm 6 điểm đo.

Cấu hình hệ thống:

+ 6 đồng hồ đo với các hãng khác nhau: SELEC MFM384, SELEC EM386, Mitsubishi ME96SS, Schneider PM2100, TENSE EM-07K, Mikro DPM-380.

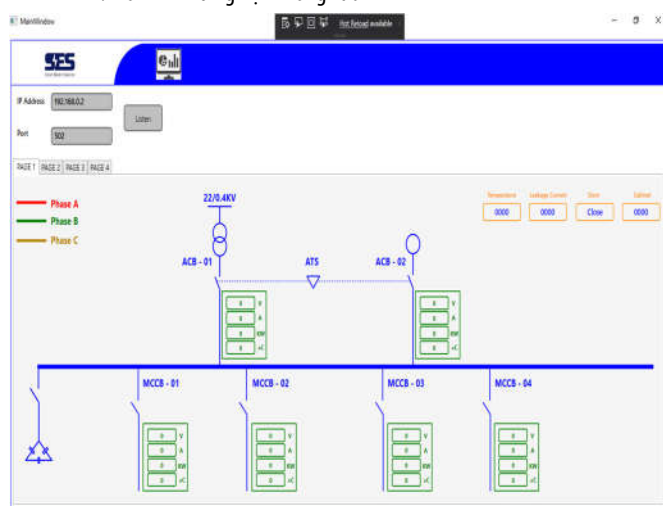
- + 2 Interface
- + 1 Gateway
- + PC Server:

Trong quá trình thử nghiệm thì hệ thống giám sát điện năng hoạt động ổn định và đáp ứng các yêu cầu bài toán đặt ra. Hình 7 mô tả hình ảnh lắp đặt thiết bị hiện trường tại trạm biến áp. Các chức năng chính của hệ thống sau khi thử nghiệm đạt được như sau:

- Đã thu thập và đưa về màn hình hiển thị giám sát được các thông số điện như dòng điện, điện áp, cosphi, công suất, ...
- Vẽ biểu đồ các thông số giám sát theo thời gian thực.
- Xuất các báo cáo về dữ liệu vận hành theo nhu cầu người sử dụng.
- Dữ liệu thu thập được đến từng phút và chu kỳ dữ liệu có thể thay đổi tùy theo tình trạng thực tế của thiết bị cũng như nhu cầu của đơn vị vận hành.
- Khi có tình trạng bất thường, hệ thống tự động hiện thị cảnh báo trên màn hình giám sát cũng như gửi tin nhắn hoặc/và email tới người vận hành.
- Dữ liệu thu thập được số hóa và xuất báo cáo tự động theo yêu cầu người vận hành.



Hình 7. Mô hình thử nghiệm trong Lab - SES



Hình 8. Giao diện phần mềm với người sử dụng

Màn hình giám sát của phần mềm được mô tả như trên hình 8. Người vận hành có thể sử dụng máy tính tại phòng điều khiển trung tâm hoặc các thiết bị thông minh có kết



nối mạng để theo dõi, giám sát tình trạng vận hành của MBA. Hình 9 mô tả dữ liệu nhiệt độ được giám sát cũng như biểu đồ năng lượng theo giờ. Như trên hình 9 thì các dữ liệu được thu thập theo chu kỳ 5 phút. Dữ liệu về điện áp và cosphi được giám sát bằng biểu đồ như trên hình 10. Khi có các vấn đề bất thường thì phần mềm tự động gửi cảnh báo cho người vận hành như mô tả trên hình 11.



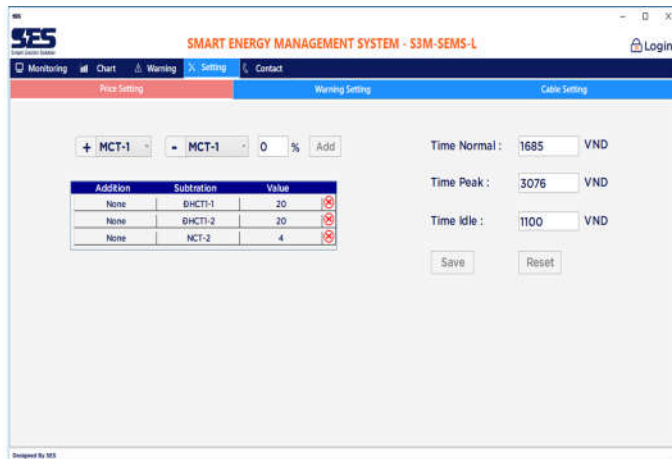
Hình 9. Biểu đồ năng lượng điện tiêu thụ theo giờ



Hình 10. Thông số dòng điện và cosphi được giám sát

Setting	Value	Detail	Update
1 Total Overload	80	$(Ia + Ib + Ic) / (Pdevice * 1.44) > Value\%$	23-12-2020 09:09
2 Branch Overload	80	$Ia / Icap    Ib / Icap    Ic / Icap > Value\%$	23-12-2020 09:09
3 Main Phase Difference	50.025	$(Ia + Ib + Ic) / (Pdevice * 1.44) > Value1\% \& (Imax - Imin) / Imin > Value2\%$	23-12-2020 09:09
4 Branch Phase Difference	70.05	$Ia / Icap    Ib / Icap    Ic / Icap > Value1\% \& (Imax - Imin) / Imin > Value2\%$	23-12-2020 09:09
5 Exposure Temperature	70	Ambient temp    Device temp > Value °C	23-12-2020 09:09
6 High Voltage	245	Ua    Ub    Uc > Value	23-12-2020 09:09
7 Low Voltage	215	Ua    Ub    Uc < Value	23-12-2020 09:09
8 Low Main Cosφ	70.085	$(Ia + Ib + Ic) / (Pdevice * 1.44) > Value1\% \& cosA    cosB    cosC < Value2\%$	23-12-2020 09:09
9 Low branch Cosφ	70.085	$Ia / Icap > Value1\% \& cosA < Value2\%    Ib / Icap > Value1\% \& cosB < Value2\%    Ic / Icap > Value1\% \& cosC < Value2\%$	23-12-2020 09:09

Hình 11. Màn hình giám sát thông số chính



Hình 12. Minh họa giao diện tính tiền điện sử dụng

Hình 12 minh họa giao diện tính tiền điện sử dụng.

Với kết quả thử nghiệm mô hình giải pháp đề xuất như trình bày ở trên thì hiệu quả chính mang lại đối với đơn vị vận hành hệ thống điện trong các đơn vị sử dụng năng lượng là:

- Thu thập dữ liệu từ các các đồng hồ multi meter qua đó thu thập và hiển thị dữ liệu về tiêu thụ điện năng, thông số vận hành một cách trực quan giúp người vận hành, chủ sở hữu có cái nhìn tổng quan về tình trạng của máy biến áp (hình ảnh biểu đồ dữ liệu theo thời gian).
- Giám sát các tải điện theo thời gian thực.
- Giảm chi phí nhân công, tăng tính an toàn cho người vận hành.
- Giúp người vận hành tối ưu lại hệ thống điện trong nhà máy nhằm giảm tổn thất, nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng.
- Giúp nhà máy, nhà xưởng đáp ứng tiêu chuẩn ISO 50001 và thực hiện công việc kiểm toán năng lượng dễ dàng và chính xác.
- Thu thập dữ liệu của các dây chuyển, xưởng sản xuất giúp người vận hành đưa ra được các kế hoạch sản xuất tối ưu.
- Cảnh báo sớm những bất thường, ngăn ngừa sự cố, giảm chi phí liên quan do việc mất điện từ sự cố của máy biến áp.
- Giảm chi phí vận hành, bảo trì, sửa chữa thiết bị.
- Đáp ứng xu hướng số hóa dữ liệu, thực hiện quản lý sản xuất theo xu hướng cách mạng 4.0.

### 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày nghiên cứu thiết kế chế tạo thử nghiệm hệ thống giám sát điện năng ứng dụng cho các nhà máy, nhà xưởng, tòa nhà và các đơn vị sử dụng năng lượng lớn. Hệ thống thu thập, giám sát và cảnh báo theo thời gian thực. Giải pháp gồm các thiết bị được lắp đặt tại các tải tiêu thụ điện, các bộ chuyển đổi và truyền dữ liệu và phần mềm phân tích xử lý dữ liệu tập trung. Hệ thống linh hoạt ở khả năng có thể tích hợp và mở rộng với các phần cứng khác

nhau. Phần mềm có thể tùy biến đáp ứng theo từng nhu cầu cụ thể của người sử dụng năng lượng. Giải pháp này đặc biệt cần thiết trong cuộc cách mạng số hóa của ngành năng lượng nói riêng cũng như xu hướng ứng dụng cách mạng 4.0 trong sản xuất của Việt Nam nói chung.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm là: (1) tích hợp hệ thống giám sát điện năng này vào hệ thống quản lý sản xuất của nhà máy; và (2) sử dụng những thuật toán hiện đại để phân tích, chẩn đoán các sự cố có thể xảy ra, giúp người vận hành có quyết định can thiệp kịp thời, chính xác. Hướng tới việc triển khai bảo trì, bảo dưỡng hệ thống điện trong nhà máy theo tiêu chuẩn tình trạng thiết bị (CBM).

**LỜI CẢM ƠN:** Nghiên cứu này được thực hiện với sự giúp đỡ của Công ty TNHH Giải pháp lưới điện thông minh SES.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <http://gizenergy.org.vn/vn/knowledge-resources/power-sector-vietnam>
- [2]. *Decision 280/QĐ-TTg dated March 13, 2019 on the Approval of the National Energy Efficiency Programme (VNEEP) for the period of 2019-2030.*
- [3]. Market Matthias, 2013. *Power Management Systems*. Lecture Notes on Ship Automation, Hochschule Wismar, Germany.
- [4]. Marshal S., Dyonisius, 2014. *Perancangan Power Management System*. Pada Kapal Penumpang, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5]. First SCADA systems (last accessed 07/04/2012), Available: <http://www.abb.com>
- [6]. EDP Inov City (last accessed 07/04/2012), Available: <http://www.inovcity.pt/en/Pages/media-center.aspx>
- [7]. Austin, Texas, U.S.A. (last accessed 08/04/2012), Available: <http://www.austinenergy.com/about%20us/company%20profile/smartGrid/index.htm>
- [8]. Google Powermeter (last accessed 08/04/2012), Available: <http://www.google.com/powermeter/about/>
- [9]. ABB EMS (last accessed 08/04/2012), Available: <http://www.bd.abb.com/cawp/seitp202/2ba694bdd4f082dec12576cc00584c40.aspx>
- [10]. New Jerseys business case (last accessed 07/04/2012), Available: <https://www.njtc.org>
- [11]. EEM Dispatch (last accessed 07/04/2012), Available: <http://spo.eem.pt/index.php?option=content&task=view&id=336&Itemid=213>
- [12]. EMS Systems (last accessed 07/04/2012), Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_management\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_management_system)
- [13]. EMS Solutions (last accessed 05/04/2012), Available: <http://www.noveda.com/solutions/energy-management/energyflowmonitor?gclid=C0zKidW-j68CFcY0fAodAQ8tzg>
- [14]. Siemens EMS (last accessed 05/04/2012), Available: <http://www.energy.siemens.com/hq/en/energy-topics/smartgrid/?stc=wwecc120054>
- [15]. Cisco quits EMS Market (last accessed 05/04/2012), Available: <http://www.forbes.com/sites/williampentland/2011/08/14/cisco-exitsenergy-management-software-market/>
- [16]. EMS History (last accessed 04/04/2012), Available: [www.bacnet.org/Bibliography/STB-1988.pdf](http://www.bacnet.org/Bibliography/STB-1988.pdf)
- [17]. ABB EMS (last accessed 08/04/2012), Available: <http://www.abb.com/industries/db0003db004333/c12573e7003305cbc125702600386176.aspx>
- [18]. Siemens EMS Solutions (last accessed 08/04/2012), Available: <http://www.power.siemens.com>
- [19]. IEC Grid Standards (last accessed 09/04/2012), Available: <http://www.iec.ch/smartgrid/standards/>
- [20]. Smart Grids (last accessed 09/04/2012), Available: <http://www.electronics.ca/presscenter/articles/1651/1/GloballInvestment-in-Smart-Grids-to-Double-by-2015/Page1.html>
- [21]. GE Digital Library (last accessed 09/04/2012), Available: <http://www.gedigitalenergy.com/Communications/>
- [22]. ISO Standard 50001 (last accessed 09/04/2012), Available: <http://www.neuralenergy.info/2011/08/iso-50001.html>
- [23]. Historical Data (last accessed 09/04/2012), Available: <http://www.aspectenterprise.com/>
- [24]. NERC/FERC CIP (last accessed 09/04/2012), Available: [http://www.netforensics.com/compliance/ferc\\_erc\\_cip\\_compliance/](http://www.netforensics.com/compliance/ferc_erc_cip_compliance/)
- [25]. EMS Software (last accessed 09/04/2012), Available: <http://www.ptius.com/pti/software/odms/>
- [26]. EU Vision on Smart Grids (last accessed 09/04/2012), Available: [http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf)

#### AUTHOR INFORMATION

**Nguyen Huu Duc**

Electric Power University