

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO THIẾT BỊ GIÁM SÁT MÁY BIẾN ÁP

## A STUDY ON DESIGN AND FABRICATION OF A MONITORING EQUIPMENT FOR TRANSFORMERS

Nguyễn Thanh Minh<sup>1</sup>, Nguyễn Hữu Đức<sup>2,\*</sup>

### TÓM TẮT

Máy biến áp là thiết bị quan trọng trong hệ thống cung cấp điện. Các sự cố máy biến áp là đặc biệt nghiêm trọng, gây nguy hiểm cho con người cũng như làm gián đoạn cung cấp điện cho một lượng lớn khách hàng. Do vậy cần có các công cụ liên quan đến việc giám sát, phát hiện và cảnh báo sớm các điều kiện bất thường trong vận hành máy biến áp, 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 thiết bị giám sát quản lý máy biến áp, qua đó giúp giảm sự cố bất thường và hỗ trợ bảo trì, bảo dưỡng theo điều kiện (CBM). Mục tiêu chính của thiết bị này là phát hiện sớm các bất thường gây sự cố, hư hỏng máy biến áp. Các thông số quan trọng của máy biến áp được giám sát thông qua thiết bị lắp đặt tại hiện trường. Chức năng chính được lập trình, thiết kế trên mạch điện tử và chương trình giám sát được viết trên phần mềm giúp người vận hành sử dụng thuận lợi. Thiết bị được thử nghiệm lắp đặt giám sát máy biến áp thực tế và cho các kết quả đáp ứng nhu cầu giám sát, quản lý, vận hành máy biến áp.

**Từ khóa:** Máy biến áp thông minh; giám sát; quản lý; chẩn đoán; sự cố; CBM.

### ABSTRACT

Transformer is an important device in the power supply system. Transformer failures are particularly severe, which can lead to endangering people as well as disrupting power supply to a large number of customers. Therefore, it is necessary to develop tools for monitoring, detecting and early warning of abnormal conditions in operation of transformers, so that the operators can handle them before the faults occur. This paper presents the results of research, design and fabrication of a monitoring equipment to transformer, thereby helping to reduce abnormal incidents and support maintenance and maintenance according to conditions (CBM). The main objective of this device is to detect early abnormalities that cause malfunction and damage to the transformer. The important parameters of the transformer are monitored through the field-installed equipment. Main functions are programmed and designed on electronic circuits. Monitoring programs are written on software to help operators use conveniently. The equipment was installed and tested at the actual transformer. Test results realize proposed functions of monitoring, management and operation of the transformer.

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

<sup>1</sup>Công ty TNHH Giải pháp lưới điện thông minh SES

<sup>2</sup>Trường Đại học Điện lực

\*Email: ducnh@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/5/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2021

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy biến áp (MBA) là thiết bị quan trọng trong hệ thống điện. Nếu MBA bị hư hỏng, chi phí có thể rất cao, vì vậy độ tin cậy của MBA là đặc biệt tối quan trọng. Trong trường hợp xảy ra sự cố đột ngột gây ra mất điện trong hệ thống, dẫn đến các khoản phạt về tài chính và các vấn đề kỹ thuật khác. Do vậy cần có các công cụ liên quan đến việc điều khiển và giám sát tình trạng của MBA, giúp người vận hành có thể can thiệp trước khi sự cố xảy ra [1-9].

Sự gia tăng của các nguồn năng lượng tái tạo được lắp đặt, vận hành bởi các nhà sản xuất năng lượng nhỏ, điều này làm thay đổi dòng điện trong mạng lưới phân phối phía người sử dụng cuối. Hiện có khoảng trên 100000 hệ thống điện mặt trời áp mái (công suất dưới 1MW) lắp đặt trên lưới điện. MBA trên các lưới điện phân phối có điện mặt trời áp mái sẽ thay đổi phương thức vận hành, có thể dẫn tới thường xuyên xảy ra điện áp thấp/cao do sự biến đổi công suất từ các nguồn điện mặt trời. Ngoài ra, sự phổ biến ngày càng tăng của các loại xe điện, việc sạc các loại xe này trong khu dân cư dẫn đến những thay đổi đáng kể trong mô hình tiêu thụ điện và có thể gây ra quá tải cho các MBA phân phối. Điều này dẫn tới số lượng các MBA phân phối cung cấp cho các phụ tải quan trọng ngày càng gia tăng.

Nhiều trạm biến áp phân phối đặt tại các khu dân cư, chợ và các nơi tập trung đông người tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn trong quá trình vận hành MBA.

Việc theo dõi, vận hành MBA được thực hiện theo phương pháp truyền thống, được thực hiện tại vị trí đặt MBA. Việc kiểm tra, đo đạc, lấy các thông số vận hành của trạm biến áp chủ yếu bằng phương pháp thủ công tốn nhiều nhân lực, thiếu an toàn, số liệu không đầy đủ và một số thông số thiếu chính xác. Hiện các trạm biến áp có trang bị các thiết bị cảnh báo tình trạng vận hành trạm như đo nhiệt độ dầu MBA, hiển thị mức dầu, rơ le hơi, bộ báo sự cố cấp ngầm... Tuy nhiên các thiết bị này hầu hết là các thiết bị đọc tại chỗ, lắp đặt rời rạc và không có khả năng lưu giữ số liệu cũng như truyền dữ liệu (phục vụ công tác quản lý vận hành).

Hệ thống đo lường, giám sát từ xa đã được áp dụng công tơ đo xa MDMS (Meter Data Management System) vẫn còn nhiều nhược điểm như hệ thống chỉ đo các thông số điện năng, không đo được các thông số tình trạng MBA

nhiệt độ thanh cái, nhiệt độ và áp suất lớp dầu,... Ngoài ra hệ thống MDMS lấy dữ liệu 30 phút một lần dẫn đến thông số không liên tục và đầy đủ, không đảm bảo nhiệm vụ giám sát. Hệ thống MDMS được thiết kế nhằm phục vụ mục đích thương mại là tính toán tiền điện cho khách hàng, không được thiết kế cho mục đích vận hành và quản lý MBA.



Hình 1. Sơ đồ khối giải pháp đề xuất

Trong quản lý vận hành chưa có hệ thống giám sát tình trạng vận hành các lộ đường dây xuất tuyến hạ thế (sau các MCCB nhánh trong tủ phân phối). Thực tế vận hành MBA thì phần lớn sự cố được phát hiện sau khi đã xảy ra mất điện, hoặc được người dân, khách hàng phản ánh. Điều này gây ra thiệt hại lớn về kinh tế và nguy hiểm cho con người.

Như vậy, từ các phân tích ở trên, một số nhận xét chính được đưa ra như sau:

(1) Sự phát triển nhanh chóng trong sản xuất điện phi tập trung dẫn đến sự dao động điện áp lớn hơn trong mạng lưới điện phân phối truyền thống và đôi khi là vượt quá giới hạn cho phép, có thể gây ra những sự cố cho MBA.

(2) Những sự cố xảy ra thường có nguyên nhân từ các bất thường tiềm ẩn trong quá trình vận hành MBA.

(3) Việc giám sát MBA theo thời gian thực là nhu cầu cấp thiết, giúp người vận hành, chủ sở hữu hệ thống theo dõi liên tục tình trạng của MBA. Giúp cải thiện độ tin cậy, giảm chi phí gây ra do mất điện, bảo trì, sửa chữa trong hệ thống điện.

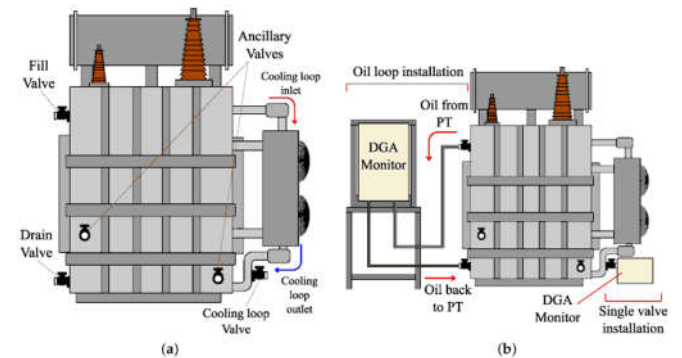
Do vậy, bài báo này sẽ nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị giám sát tình trạng vận hành của MBA, qua đó nâng cao khả năng quản lý lưới điện nói chung. Mục tiêu của thiết bị này là phát hiện sớm những bất thường gây hư hỏng MBA.

Bài báo được bố cục như sau: Phần 1 đặt vấn đề sự cần thiết về thiết bị giám sát, quản lý, vận hành MBA. Phần 2 trình bày mô hình giải pháp đề xuất. Phần 3 trình bày việc thiết kế, chế tạo thiết bị. Phần 4 là một số kết quả thử nghiệm và đánh giá. Kết luận được đưa ra trong Phần 5.

**2. MÔ HÌNH GIẢI PHÁP GIÁM SÁT MBA**

Giải pháp đề xuất được mô tả như trên hình 1. Giải pháp gồm thiết bị thu thập dữ liệu đặt tại hiện trường và phần mềm thực hiện trên nền tảng web-server. Thiết bị tại hiện trường có nhiệm vụ thu thập các thông số vận hành chính của MBA gồm thông số 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, nhiệt độ dầu MBA, áp suất dầu; và các thông số trạng thái như trạng thái role gas, đóng mở cửa tủ, hòm tổn thất,...



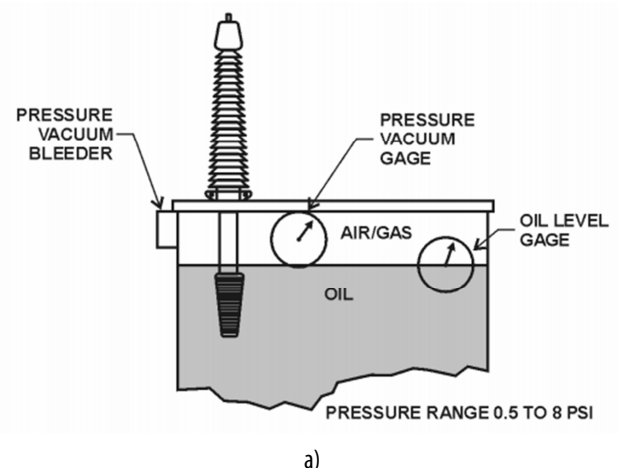
Hình 2. Bố trí thiết bị trên MBA

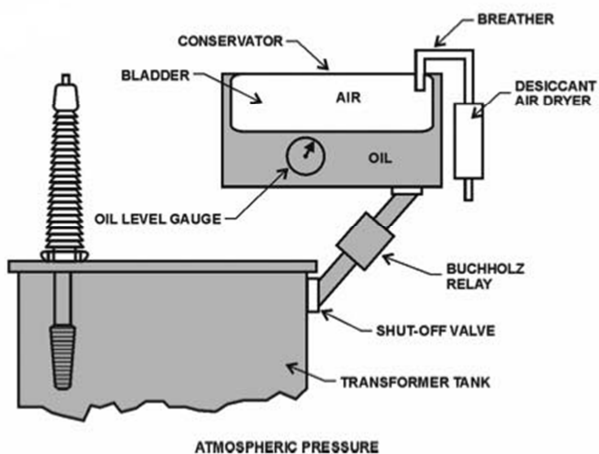
**2.1. Thiết bị tại hiện trường**

Hình 2 mô tả cấu tạo MBA. Chất lượng điện năng có ảnh hưởng đến tình trạng của MBA. Điện áp cao trên định mức có thể làm tăng nhiệt độ của lõi từ, gây phóng điện giữa các vòng dây. Dòng điện quá cao, sóng hài làm tăng nhiệt độ cuộn dây trong MBA. Việc giám sát các thông số điện giúp người vận hành, chủ sở hữu, nhà sản xuất nắm bắt được những thông số trong hệ thống điện ảnh hưởng đến tình trạng của MBA.

Nhiệt độ là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tình trạng của MBA. Nhiệt độ cao là nguyên nhân gây già hóa vật liệu cách điện trong MBA như dầu, vỏ cáp, lớp cách điện giữa các cuộn dây. Vì vậy việc giám sát nhiệt độ là rất cần thiết.

Việc sinh khí hòa tan trong dầu của MBA có nguyên nhân từ các hiện tượng phóng điện bên trong MBA, chẳng hạn như phóng điện tại các nắp phân áp, phóng điện giữa các vòng dây, phóng điện giữa các điểm tiếp xúc kém bên trong MBA... Việc giám sát, phân tích thành phần khí hòa tan trong dầu MBA giúp phát hiện sớm những hiện tượng phóng điện bên trong MBA, từ đó giúp người vận hành can thiệp, xử lý trước khi sự cố nghiêm trọng xảy ra. Hình 3 mô tả thiết bị giám sát áp suất khí lắp trên MBA.





b)

Hình 3. Bố trí thiết bị giám sát áp suất khí MBA

Trạng thái rơ le gas cho ta biết mức độ khí trong MBA. Nếu khí tích tụ quá nhiều có thể do MBA đang có sự cố liên quan đến phóng điện bên trong. Mức dầu quá thấp có thể nguyên nhân do rò rỉ, hoặc nhiệt độ cao làm giãn nở các ống tản nhiệt dầu của MBA. Áp suất trong MBA quá cao có thể do dầu giãn nở hoặc cũng có thể liên quan đến sự cố phóng điện bên trong MBA.

**2.2. Phần mềm web-server**

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

- Giám sát được thông số vận hành đến các nhánh phía sau MCCB tại tủ phân phối.
- Giám sát được thông số nhiệt độ dầu, nhiệt độ tiếp xúc tại đầu cực hạ thế trên mặt MBA.
- Giám sát được thông số nhiệt độ tiếp xúc tại cực của thanh cái tổng (ATM).
- Giám sát cảm biến trạng thái hiện có tại MBA và tủ phân phối (cảm biến đóng mở cửa, mức dầu, rơ le ga, bộ báo sự cố đầu cấp...).
- Phát hiện được sự cố chạm chập ra vỏ tủ phân phối.
- Chu kỳ gửi dữ liệu có thể cài đặt được tới đơn vị phút (hệ thống công tơ đo xa cố định chu kỳ gửi dữ liệu là 30 phút nên không bảo đảm trong việc phát hiện sớm sự cố).
- Cảnh báo vận hành, cảnh báo trạng thái được cài đặt tùy theo hiện trạng vận hành của từng trạm biến áp giúp bảo đảm việc 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.

**2.3. Hiệu quả của giải pháp**

• Giảm nguy cơ sự cố MBA, lưới điện hạ thế của các trạm biến áp phân phối, đặc biệt các trạm biến áp nằm trong khu vực dân cư đông đúc (do có thể phát hiện các nguy cơ tiềm ẩn trong MBA mà các thiết bị bảo vệ MBA nhiều trường hợp ko tác động được như hiện tượng ngắn mạch

vòng dây trong 1 pha, tiếp xúc kém trong MBA, suy giảm cách điện gây phóng điện nội bộ trong...). Nhờ đó cũng giúp tiết giảm chi phí khắc phục sự cố do chi phí xử lý phòng ngừa thường khá nhỏ so với khi sự cố đã xảy ra.

• Giảm tổn thất điện năng: Do tổn thất kỹ thuật của trạm biến áp và lưới phân phối chủ yếu là do MBA và lưới điện vận hành đầy tải, quá tải, lệch pha hoặc tiếp xúc tại các đầu cực. Do vậy với việc đưa hệ thống giám sát có thể giúp giảm tổn thất kỹ thuật vận hành cho trạm biến áp, ước tính có thể giảm 0,2% đến 2% (tùy tình hình vận hành thực tế như MBA và số lộ hạ thế lệch pha, quá tải bao nhiêu % và trong bao lâu...).

• Hiện đại hóa lưới điện, tiến tới lưới điện thông minh; Đo lường, giám sát và quản lý online và từ xa; Hiện đại hóa công tác quản lý và vận hành.

• Tăng hiệu quả quản lý: Nâng cao chỉ số độ tin cậy cung cấp điện (Saidi, Saifi, Maifi); Giảm thiểu nguy cơ mất điện; Giảm thiểu thời gian mất điện.

• Số liệu vận hành: real-time, đầy đủ, chính xác và đồng bộ; Người vận hành được cảnh báo kịp thời và đầy đủ.

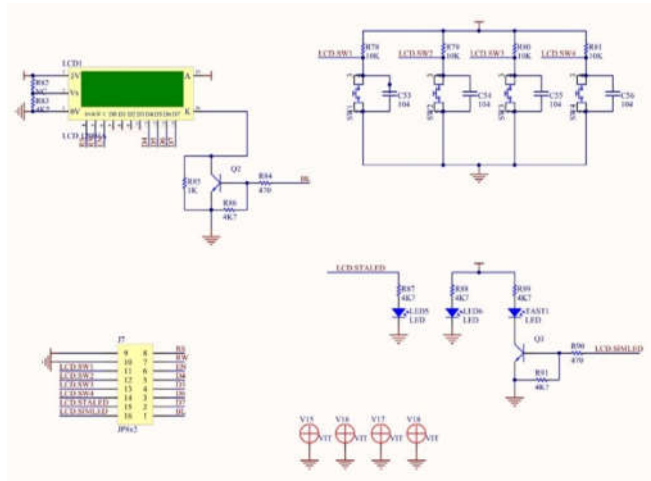
• Giảm nhân công và chi phí vận hành: Giảm nhân lực trong công tác đo đạc, kiểm tra vận hành lưới điện; Giảm chi phí bảo trì, bảo dưỡng.

• Giảm rủi ro mất an toàn điện cho người vận hành: Không phải tiếp xúc với điện trực tiếp; Hạn chế kiểm tra khi lưới điện đang vận hành.

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

Giải pháp đề xuất sẽ bao gồm 01 thiết bị phần cứng lắp đặt tại hiện trường và phần mềm được viết trên nền webserver.

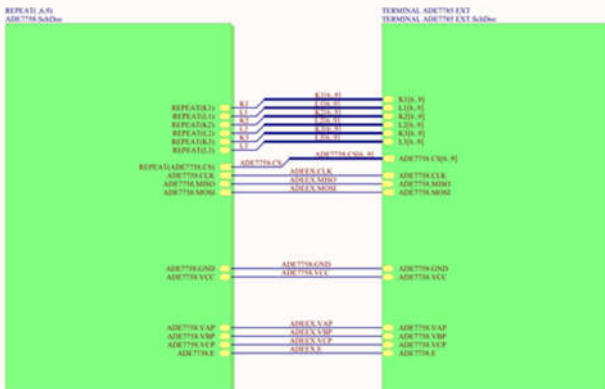
Thiết bị phần cứng bao gồm các bộ phận chính sau: (1) Mạch LCD; (2) Mạch ADE; (3) Mạch TOP; và (4) Mạch PSU.



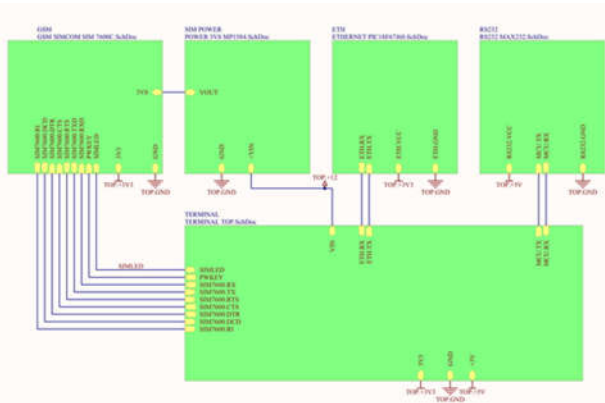
Hình 4. Mạch thiết kế phần LCD của thiết bị

Hình 4 mô tả thiết kế mạch LCD. Hình 5 mô tả mạch ADE. Hình 6 mô tả thiết kế mạch TOP và hình 7 là thiết kế mạch PSU. Mạch điện tử đo các thông số U, I, P, Q, f, cosφ, năng lượng tiêu thụ... và gửi dữ liệu đo về RTU thông qua RS485 được thiết lập tại trạm. Các yếu tố đo lường khác là

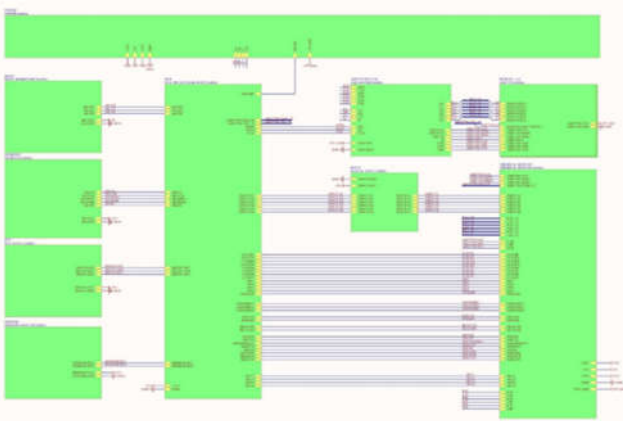
cảm biến nhiệt; cảm biến nhiệt độ, độ ẩm và khói. Cảm biến thu thập các thông số vận hành của MBA và lưới điện hạ áp, sau đó chuyển đến thiết bị lắp đặt tại tủ phân phối. Thiết bị này được thiết kế để bao gồm bộ xử lý trung tâm logic, các cổng vào ra kỹ thuật số, tương tự, và các mô-đun giao tiếp. Các mức điện áp đầu ra +5V, 3,3V, 2,5V cấp cho bộ xử lý trung tâm, các mạch đầu vào, đầu ra, giao tiếp. Nguồn 5V/3A sử dụng IC nguồn chuyển mạch điện tử LM2576HV với điện áp đầu vào 12-60 VDC [3].



Hình 5. Mạch thiết kế ADE



Hình 6. Mạch thiết kế TOP



Hình 7. Mạch thiết kế PSU

**4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM**

Giải pháp được lắp đặt thử nghiệm tại trạm biến áp nhà máy SEOJIN, khu công nghiệp Song Khê, Bắc Giang. Công suất MBA là 5000kVA. Trong quá trình thử nghiệm giải

pháp giám sát MBA này thì hệ thống hoạt động ổn định và đáp ứng các yêu cầu bài toán đặt ra. Hình 8 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,...
- Đã giám sát được các thông số về nhiệt độ dầu MBA
- Đã giám sát được thông số về nhiệt độ đầu cáp.
- Thu thập và hiển thị giám sát được các thông số trạng thái của role gas, đóng mở cửa trạm, hòm tổn thất, mức dầu cao/thấp.
- 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.

Màn hình giám sát của phần mềm được mô tả như trên hình 9. 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 10 mô tả dữ liệu nhiệt độ được giám sát cũng như biểu đồ năng lượng theo giờ. Như trên hình 10 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 11. Khi có các vấn đề bất thường thì phần mềm tự động gửi cảnh báo cho người vận hành như mô tả trên hình 12.



Hình 8. Hình ảnh lắp đặt thiết bị tại trạm biến áp





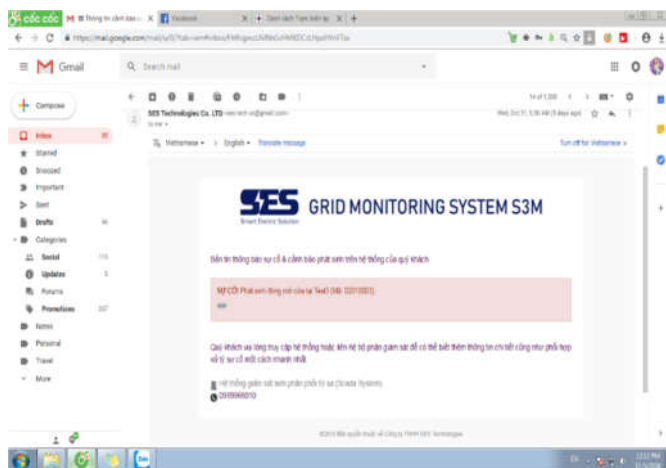
Hình 9. Giao diện phần mềm với người sử dụng



Hình 10. Thông số nhiệt độ và năng lượng được giám sát



Hình 11. Thông số dòng điện và cosphi được giám sát



Hình 12. Minh họa việc gửi cảnh báo qua email

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 quản lý vận hành MBA là:

- Thu thập dữ liệu từ các cảm biến nhiệt độ được lắp đặt trên MBA, thông số kỹ thuật điện, hiển thị dữ liệu một cách trực quan giúp người vận hành, chủ sở hữu có cái nhìn tổng quan về tình trạng của MBA (hình ảnh biểu đồ dữ liệu theo thời gian).
- Giám sát liên tục MBA theo thời gian thực.
- Giảm chi phí nhân công, tăng tính an toàn cho người vận hành.
- Thu thập dữ liệu của MBA giúp nhà sản xuất MBA cải thiện, nâng cao chất lượng cho các sản phẩm tiếp theo.
- Cảnh báo sớm những bất thường, ngăn ngừa sự cố, giảm chi phí liên quan do việc mất điện từ sự cố của MBA.
- Giảm chi phí vận hành, bảo trì, sửa chữa MBA.
- Đáp ứng xu hướng giám sát qua hệ thống SCADA của trạm biến áp đến các trung tâm điều khiển khu vực.

**5. KẾT LUẬN**

Nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu thiết kế chế tạo thử nghiệm thiết bị giám sát, quản lý MBA theo thời gian thực. Giải pháp gồm một thiết bị được chế tạo để lắp tại trạm biến áp giúp thu thập các dữ liệu cần giám sát. Sau đó thiết bị gửi dữ liệu về phần mềm để phân tích, giám sát và cảnh báo các tình trạng bất thường của MBA. Thiết bị gọn nhẹ, dễ dàng lắp đặt (không yêu cầu cắt điện) và phần mềm với giao diện thân thiện giúp người vận hành dễ dàng sử dụng. Giải pháp này đặc biệt cần thiết trong cuộc cách mạng số hóa của ngành điện nói riêng cũng như xu hướng xây dựng lưới điện thông minh tại Việt Nam nói chung.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm là: (1) tích hợp thiết bị này vào MBA từ giai đoạn thiết kế MBA để tiến tới khái niệm MBA thông minh; 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 MBA theo tiêu chuẩn tình trạng thiết bị (CBM).

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Công ty TNHH Giải pháp lưới điện thông minh (SES).

---

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. James Momoh, 2012. *Smart Grid- Fundamental of Design and Analysis*. IEEE Press.
- [2]. *Smart Energy Grid*. Energy & Power Magazine, Volume 9 Issue 19, March 16, 2012. Available online: <http://www.ep-bd.com>
- [3]. *The Smart Grid: An Introduction*. Prepared for the U.S. Department of Energy by Litos Strategic Communication.
- [4]. European Technology Platform Smart Grid, 2007. *Strategic research agenda for Europe's electricity networks for the future*. European Commission, Directorate General for Research, Directorate Energy.
- [5]. A. Q. Huang, 2016. *Medium-voltage solid-state transformer: Technology for a smarter and resilient grid*. IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 10, no. 3, pp. 29-42.
- [6]. M. Liserre, G. Buticchi, M. Andresen, G. D. Carne, L. F. Costa, Z. X. Zou, 2016. *The smart transformer: Impact on the electric grid and technology challenges*. IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 10, no. 2, pp. 46-58.
- [7]. C. Kumar, Z. Zou, M. Liserre, 2016. *Smart transformer-based hybrid grid loads support in partial disconnection of mv/hv power system*. 2016 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), pp. 1-8.
- [8]. Chandan Kumar, Marco Liserre, 2015. *Operation and control of smart transformer for improving performance of medium voltage power distribution system*. 2015 IEEE 6th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), pp. 1-6.
- [9]. Bunn M., Das B. P, Baguley C., 2018. *Smart Supervisory System for Distribution Transformers*. Conf. AUPEC 2018, DOI: 10.1109/AUPEC.2018.8757994.

---

## AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Thanh Minh<sup>1</sup>, Nguyen Huu Duc<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>SES Smart Grid Electric Solution Company Limited

<sup>2</sup>Electric Power University