

GIẢI PHÁP THIẾT KẾ THIẾT BỊ TÍCH HỢP ĐA CHỨC NĂNG PHỤC VỤ CÔNG TÁC VẬN HÀNH LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

MULTI-FUNCTIONS DEVICE FABRICATION/DESIGN FACILITATES
TO DISTRIBUTION GRID OPERATION

**Nguyễn Ngọc Trung, Phạm Mạnh Hải, Nguyễn Trường Giang, Vũ Thị Thu Nga,
Nguyễn Huy Hoàng, Đỗ Hữu Chế, Trần Anh Tùng**

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 03/04/2020, Ngày chấp nhận đăng: 14/07/2020, Phản biện: TS. Nguyễn Thế Vinh

Tóm tắt:

Các thiết bị đa năng đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trên lưới phân phối nhằm nâng cao hiệu quả giám sát, vận hành và bảo dưỡng cũng như quản lý. Dữ liệu được thu thập, phân tích từ các thiết bị đa năng này có thể được truyền thông hai chiều với trung tâm điều khiển. Tuy nhiên, việc ứng dụng các thiết bị đa năng này trên lưới phân phối tại Việt Nam còn rất hạn chế. Hơn nữa, một số chức năng, đặc biệt là chức năng dự báo phụ tải, chưa được tích hợp trên các thiết bị hiện có. Bài báo giới thiệu một giải pháp tích hợp nhiều tính năng trên một thiết bị có khả năng thu thập, phân tích dữ liệu và tính toán một số thông số vận hành lưới điện phân phối thông qua một phần mềm kết nối thông tin hai chiều.

Từ khóa:

Lưới điện phân phối, tích hợp đa chức năng, dự báo phụ tải, tổn thất điện năng, giám sát lưới điện.

Abstract:

Multi-function devices are widely and increasingly used in distribution grids to effectively enhance monitoring, operation and maintenance, and management tasks. Using these multi-function devices, data are collected and analyzed; and can be exchanged with control centers via two-way communication links. However, multi-function devices, using in Vietnam distribution grids, are very limited. For this reason, a multi-function device design is introduced. The designed multi-function device provides analysis capability of the acquired data, and calculation capability of operation parameters of distribution grids with a dedicated software enabling two-way communication. This device has been tested and evaluated the used effectiveness on the specific object.

Keywords:

Distributed grid, multi-function device, load forecasting, power loss, grid surveillance.

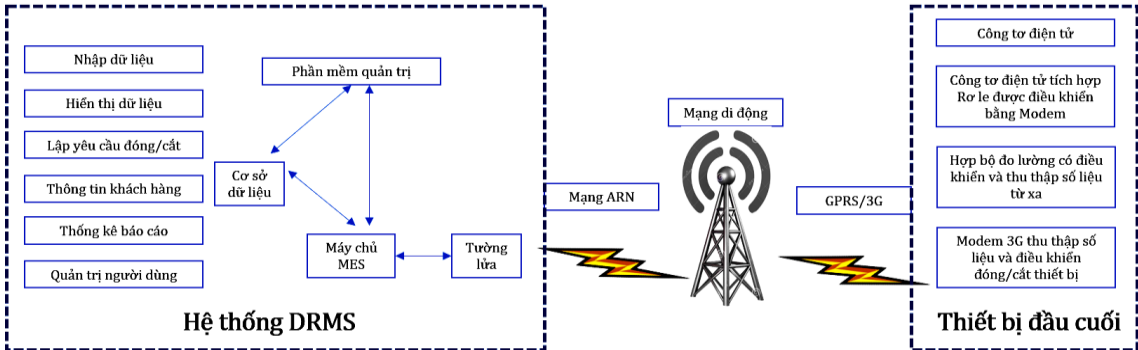
1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, việc giám sát, thu thập các thông số điện và sau đó là điều khiển đóng ngắt các thiết bị điện trong các trạm biến áp phân phối đã trở

nên phổ biến trong nghiên cứu ứng dụng. Để tránh phải đầu tư một hệ thống phần mềm và thiết bị đắt tiền từ các nước phát triển, tại Việt Nam, một số cơ sở sản xuất cũng như nghiên cứu đã nghiên cứu và áp

dụng thành công các thiết bị giám sát và điều khiển lưới điện phân phối. Một trong những mô hình giám sát và điều khiển

phụ tải từ xa đã được trung tâm sản xuất thiết bị đo điện tử.



Hình 1. Mô hình giám sát và điều khiển phụ tải từ xa của hệ thống DRMS phát triển bởi Tổng công ty Điện lực Miền Trung

Điện lực miền Trung (EVNCPC.EMEC) phát triển và giới thiệu (hình 1) [1]. Trong các cơ sở nghiên cứu, lĩnh vực này cũng đã được phát triển mạnh thể hiện qua các báo cáo luận văn thạc sĩ [2-4] hoặc là kết quả của đề tài nghiên cứu các cấp [5, 6].

Tuy nhiên, trong các nghiên cứu gần đây tại Việt Nam, các giải pháp đưa ra đều chỉ có chức năng giám sát thông số điện. Khi phát hiện sự cố bất thường, các thiết bị sẽ gửi tín hiệu điều khiển để đóng ngắt các thiết bị bảo vệ. Các thiết bị này thường được kết nối với trung tâm điều khiển, trung tâm dữ liệu qua mạng di động hoặc Wifi internet và cung cấp dữ liệu đến cho người dùng nhờ giao diện phần mềm tích hợp. Để mở rộng chức năng cho các thiết bị này giúp ích cho vận hành, bài báo này đề xuất giải pháp tích hợp đa chức năng cho hệ thống giám sát và cảnh báo sự cố bất thường. Cấu trúc của bài báo bao gồm:

- Mục 1: Giới thiệu chung;
- Mục 2: Đối tượng nghiên cứu. Mô tả về điểm lắp đặt thiết bị, thuật toán dự báo phụ tải và thuật toán tính trào lưu công suất;

- Mục 3: Giải pháp thiết bị tích hợp đa chức năng. Mô tả mạch nguyên lý của thiết bị và các giao diện phần mềm tích hợp;
- Mục 4: Kết quả chạy thử nghiệm. Giới thiệu các kết quả đạt được khi chạy thử nghiệm thiết bị;
- Mục 5: Kết luận.

2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH

2.1. Phụ tải tử phân phối nhà A+B+AB của Trường Đại học Điện lực

Thiết bị giám sát, đo đặc thông số sẽ được lắp đặt tại một số trạm biến áp phân phối 22/0,4 kV hoặc các tủ phân phối nhánh để thu thập thông số gửi về trung tâm dữ liệu. Càng nhiều nơi được lắp đặt thiết bị, thuật toán xử lý càng có khả năng thể hiện được các chức năng tính toán. Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả chỉ giới thiệu kết quả từ số liệu của tủ phân phối nhà A+B+AB (hình 2) tại Trường Đại học Điện lực để kiểm chứng các chức năng tích hợp của thiết bị. Hình 3 mô tả

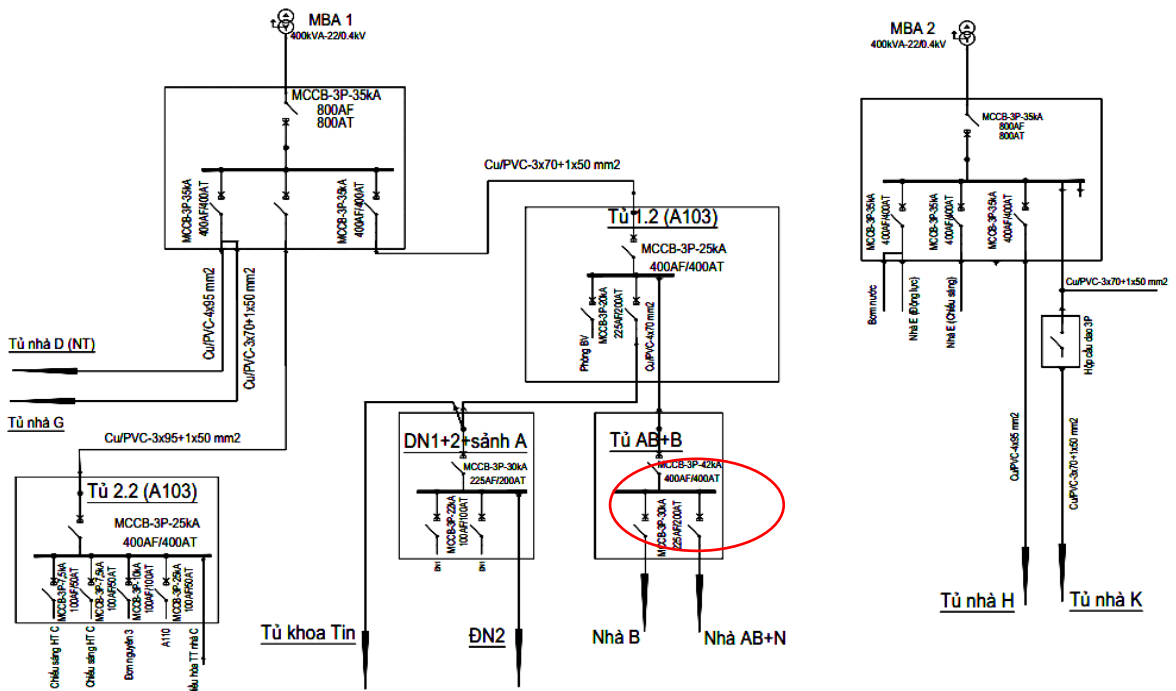
thực tế lắp đặt và thiết bị đo độc lập Kyoritsu KEW 2200 dùng để chứng thực sai số của thiết bị so với thiết bị đã được kiểm chuẩn.

2.2. Thuật toán dự báo phụ tải ngắn hạn

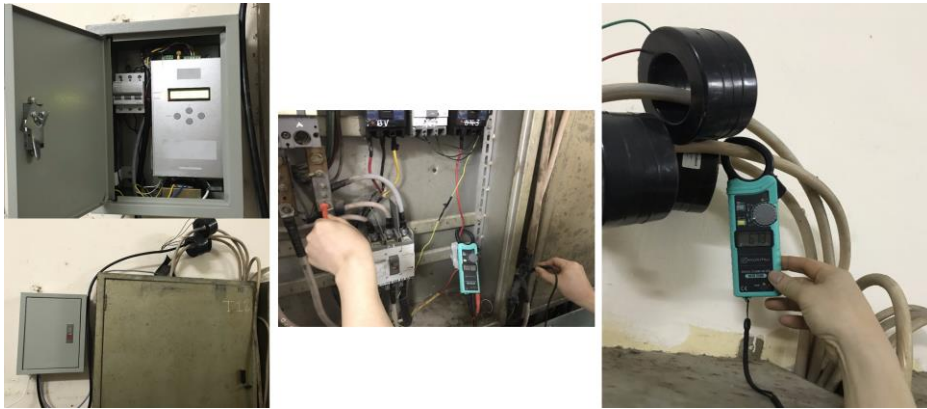
Thuật toán được tích hợp trong giải pháp đã được phát triển bắt đầu từ năm 2017 [7]. Mô hình dự báo tổng thể có thể khái quát như hình 4. Trong đó, thuật toán dự báo sẽ bao gồm 3 môđun chính: môđun dự báo đỉnh phụ tải, môđun dự báo đáy phụ tải và môđun dự báo hình dáng phụ tải.

Thuật toán tối ưu sử dụng mạng neuron nhân tạo được huấn luyện bằng thuật toán di truyền (GA), bầy đàn (PSO), hay kết hợp di truyền - bầy đàn (GA-PSO) (lưu ý thuật toán của mỗi phương pháp là khác nhau, ở đây, hình 5 chỉ thể hiện thuật toán kết hợp GA-PSO). Sau khi thực hiện

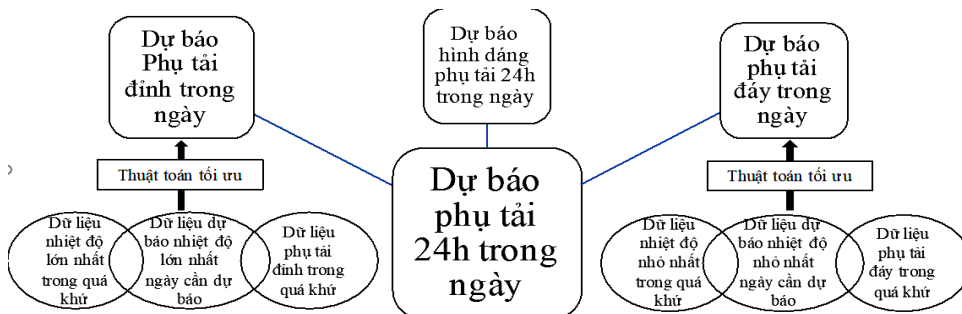
3 môđun trên, phụ tải được dự báo bằng cách khôi phục giá trị công suất từ đỉnh, đáy và giá trị chuẩn hóa tại từng thời điểm trong ngày dự báo. Thuật toán này cần dữ liệu ít nhất trong vòng 1 tháng trước ngày dự báo, bao gồm: dữ liệu I , U , $\cos\varphi$, nhiệt độ. Đặc biệt, dữ liệu nhiệt độ phụ thuộc nhiều vào thời tiết khi phải sử dụng dữ liệu từ các trang web dự báo thời tiết. Kết quả dự báo với đối tượng phụ tải lớn và trong những ngày làm việc bình thường trung bình là 1,17% và 0,68% tương ứng với dự báo đỉnh và đáy. Tuy nhiên, dự báo từng giờ trong ngày lại có sai số lớn hơn nhiều (lớn nhất là 5,02%). Thuật toán dự báo phụ tải ngắn hạn cho đối tượng thành phố Hà Nội như trong nghiên cứu [7] sẽ được áp dụng cho một trạm biến áp phân phối hoặc một tủ phân phối nhánh được mô tả trong mục 2.1.



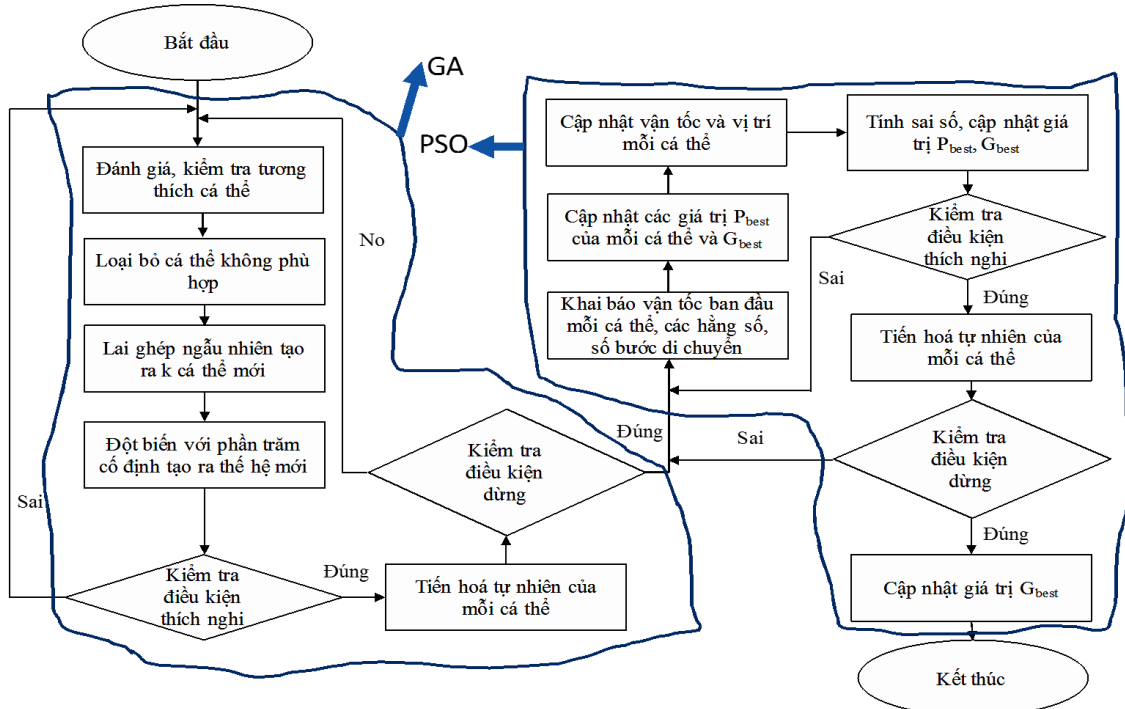
Hình 2. Vị trí lắp đặt thiết bị trên sơ đồ một sợi nguyên lý cấp điện của hệ thống điện phân phối Trường Đại học Điện Lực



Hình 3. Hình ảnh lắp đặt và đo kiểm chứng kết quả, bao gồm đo dòng điện và điện áp tại các pha



Hình 4. Mô hình giải thuật dự báo phụ tải 24h trong ngày [7]



Hình 5. Lưu đồ thuật toán tối ưu kết hợp GA-PSO

2.3. Thuật toán tính toán trào lưu công suất

Thuật toán được sử dụng là thuật toán dòng điện nút tương đương được tác giả Trần Thanh Sơn và Trần Anh Tùng [8] công bố vào năm 2015 áp dụng tính toán cho một nhánh trung áp của lưới điện tỉnh Phú Thọ. Thuật toán này sử dụng các ma trận dòng điện nút - dòng điện nhánh (DNDN) và dòng điện nhánh - điện áp nút (DNAN) đã được phát triển vào năm 2003 bởi Teng Jen-Hao [9]. Việc quyết định sử dụng thuật toán dòng điện nút tương đương xuất phát từ ưu điểm hội tụ nhanh của nó. Trong giải pháp tổng thể mà nhóm tác giả đưa ra, thời gian hội tụ nhanh là tiêu chí quan trọng để phối hợp với các môđun khác trong việc đảm bảo tính năng giám sát và cảnh báo của thiết bị đa chức năng. Tuy nhiên, đây là một chức năng mở trong phạm vi bài báo này do hạn chế về số lượng thiết bị được lắp đặt trên lưới điện phân phối. Chức năng này sẽ được kiểm chứng ở các nghiên cứu khác sau khi đã thực hiện thu thập dữ liệu tại từng trạm biến áp trên lưới điện phân phối trung áp 22 kV lựa chọn.

2.4. Xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) cho các môđun tính toán

Nghiên cứu này xây dựng CSDL trên kết cấu ngôn ngữ hỏi có cấu trúc SQL. CSDL được xây dựng để dùng chung cho tất cả các môđun tính toán. Mỗi môđun tính toán sẽ trích xuất các trường dữ liệu cần thiết để làm dữ liệu đầu vào cho từng thuật toán nhúng trong môđun. Với môđun tính trào lưu công suất, dữ liệu bao gồm 2 nhóm: dữ liệu cho các đường dây (số hiệu nhánh, số hiệu nút đầu và nút

cuối, chiều dài, điện trở đơn vị, điện kháng đơn vị, điện dẫn đơn vị, dung dẫn đơn vị) và dữ liệu cho các nút (số hiệu nút, điện áp nút (môđun và góc pha), loại nút, P và Q phụ tải thực tế, thời gian làm việc với công suất lớn nhất (T_{max})) [8]. Với môđun dự báo phụ tải ngắn hạn, dữ liệu cũng gồm 2 nhóm: dữ liệu quá khứ (nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất của từng ngày, công suất tác dụng từng giờ mỗi ngày, mã hóa kiểu ngày cho từng ngày (ngày làm việc, ngày cuối tuần, ngày lễ)) và dữ liệu ngày mai (nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất dự báo, mã hóa kiểu ngày của ngày cần dự báo) [10,11].

3. GIẢI PHÁP THIẾT BỊ TÍCH HỢP ĐA CHỨC NĂNG

3.1. Thiết kế mạch nguyên lý phần cứng

Phần cứng thiết bị là một hộp kín được tích hợp các chức năng sau đây:

- Thu thập dữ liệu từ các đầu đo gắn tại các trạm biến áp phân phối;
- Cảnh báo đến người quản lý vận hành khi phát hiện các thông số có giá trị ngoài khoảng quy định;
- Gửi thông tin thu thập về trung tâm dữ liệu;
- Nhận dữ liệu đã được xử lý từ các tính năng tích hợp: Dự báo phụ tải, tính toán trào lưu công suất, tính toán bù công suất phản kháng;
- Biểu diễn so sánh giá trị tính toán và giá trị thực tế thu thập.

Hình 6 mô tả sơ đồ khối nguyên lý của thiết bị. Trong đó:

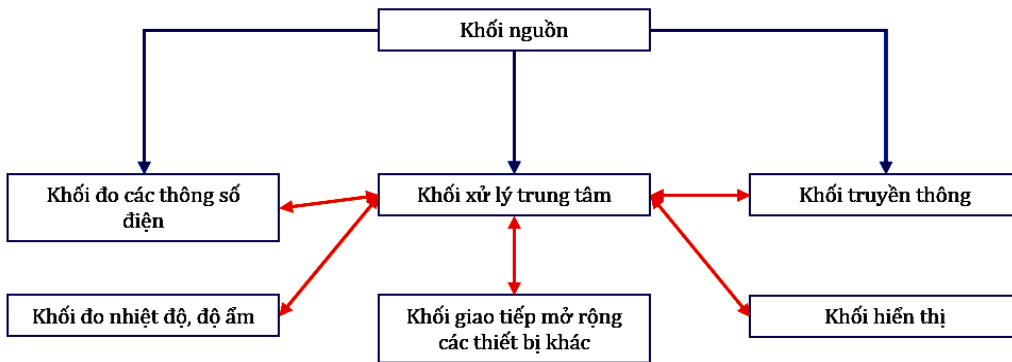
- Khối nguồn: cung cấp các mức điện áp

một chiều có thể điều chỉnh: +12 V, 5 V dùng cung cấp điện cho các khối khác trong mạch.

- Khối đo các thông số về điện: chuyển đổi dữ liệu điện áp, dòng điện thu thập thành dữ liệu số dạng chuẩn cung cấp cho vi điều khiển xử lý và hiển thị;
- Khối cảm biến nhiệt độ, độ ẩm môi trường: chuyển đổi dữ liệu từ các đầu cảm biến nhiệt độ, độ ẩm thành dữ liệu số dạng chuẩn cung cấp cho vi điều khiển và hiển thị;
- Khối xử lý trung tâm: tích hợp các vi điều khiển để xử lý các dữ liệu đã được chuyển đổi từ hai khối trên. Điều khiển

các thiết bị thông qua các môđun mở rộng để đóng ngắt các thiết bị ngoại vi. Kết nối với khối truyền thông để hiển thị và truyền dữ liệu về trung tâm dữ liệu giúp giám sát vận hành;

- Khối giao tiếp mở rộng các thiết bị khác: nhận tín hiệu điều khiển từ khối xử lý trung tâm để điều khiển đóng ngắt các thiết bị ngoại vi;
- Khối truyền thông: thực hiện truyền dữ liệu giữa khối xử lý trung tâm và trung tâm dữ liệu;
- Khối hiển thị (màn hình, bàn phím): hiển thị các thông số thu thập lên màn hình thiết bị giúp tương tác trực quan.



Hình 6. Sơ đồ khối nguyên lý thiết bị

3.2. Sản xuất thử nghiệm thiết bị

Dựa trên sơ đồ nguyên lý như phần trên đã thiết kế, nhóm tác giả đã thực hiện chế tạo sản xuất thử nghiệm thiết bị. Hình 7 thể hiện hình ảnh thực tế của mạch điện tử thiết bị với đầy đủ chức năng như mô tả trong hình 6. Mạch này sau đó được gắn

cứng trong hộp bảo vệ bằng tôn phủ cách điện để có thể lắp đặt trong không gian giới hạn của tủ điện hạ thế trong khoang hạ thế của các trạm biến áp phân phối.

Với các thông số cài đặt của từng phần tử trên bản mạch, thiết bị có các thông số vận hành cơ bản như bảng 1.

Bảng 1. Thông số vận hành cơ bản của thiết bị tích hợp đa chức năng

STT	Thông số	Chi tiết
1	Các đại lượng đo tức thời	Dòng điện, điện áp 3 pha, độ ẩm, nhiệt độ, công suất tác dụng, cosφ từng pha, điện năng tiêu thụ

STT	Thông số	Chi tiết
2	Giới hạn kỹ thuật	<ul style="list-style-type: none"> - Dải điện áp đầu vào: 100-415 V (3 pha) - Dòng cực đại: 50 A - Dòng tiêu chuẩn: 5 A - Tần số đầu vào: 50-60 Hz - Nhiệt độ vận hành: -20°C đến 55°C
3	Sai số	<ul style="list-style-type: none"> - Phép đo dòng - Phép đo áp - Nhiệt độ - Cos Π
4	Lưu trữ	- Lưu trữ theo lịch và thời gian thực với chu kì 30 phút lưu dữ liệu 1 lần (có thể cài đặt thay đổi)
5	Truyền thông	- Truyền thông từ xa qua chuẩn RS485 khoảng cách tối đa 1200 m
6	Điều khiển và cảnh báo	<ul style="list-style-type: none"> - Cảnh báo độ ẩm, nhiệt độ - Cảnh báo mất điện - Đóng/cắt từ xa các thiết bị quạt, còi báo động - Đóng/cắt từ xa atomat.
7	Hiển thị	<ul style="list-style-type: none"> - Hiển thị trên màn hình LCD tại thiết bị - Hiển thị các thông số trên giao diện web



Hình 7. Mạch điện tử của thiết bị tích hợp đa chức năng

3.3. Giao diện phần mềm tương tác

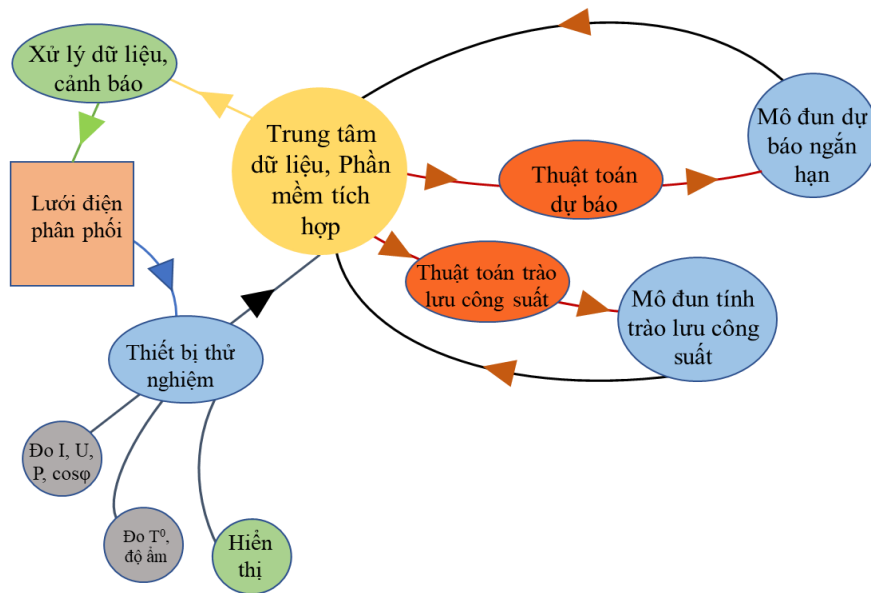
Như đã giới thiệu trong phần trước, giải pháp quản lý giám sát lưới điện phân phối này bao gồm hai phần chính: phần sản phẩm phần cứng và phần sản phẩm phần mềm tương tác. Hình 8 biểu diễn sơ đồ tổng thể của sản phẩm. Trong đó, phần cứng thiết bị có khả năng lắp đặt cố định

trong các trạm biến áp phân phối hoặc tại các tủ điện phân phối nhánh để thu thập dữ liệu gửi về trung tâm dữ liệu thông qua phần mềm tích hợp được lập trình và viết giao diện bằng Matlab. Ba môđun tách biệt của phần mềm tích hợp bao gồm tính toán trào lưu công suất (LF) (xem hình 10), dự báo phụ tải ngắn hạn (STLF)

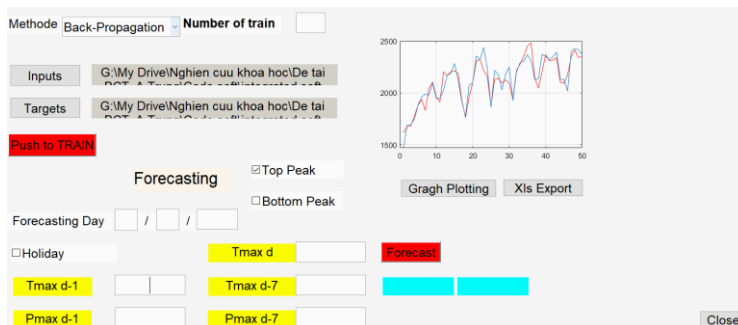
(xem hình 9) và giám sát thông số điểm đo (xem hình 11). Môđun giám sát thông số điểm đo hiển thị các thông số cơ bản như công suất (P , Q , S), cường độ dòng điện hay nhiệt độ, độ ẩm; trong khi hai môđun còn lại truy cập dữ liệu từ trung tâm dữ liệu để thực thi các thuật toán tính toán. Môđun LF là phiên bản cải tiến của phần mềm từ nghiên cứu của tác giả Trần Anh Tùng và cộng sự [8], trong khi môđun STLF là phiên bản rút gọn của phần mềm từ nghiên cứu của tác giả Phạm Mạnh Hải và cộng sự [10]. Kết quả tính toán được cung cấp trở lại trung tâm dữ liệu làm dữ liệu đầu vào cho bộ xử lý

dữ liệu của phần mềm tích hợp. Dựa vào các thuật toán xử lý dữ liệu, bộ xử lý dữ liệu sẽ cung cấp thông tin cảnh báo cho người/đơn vị vận hành về tình trạng bất thường (nếu có) của lưới điện tại điểm đấu nối chung (PCC). Một số khả năng bất thường có thể được cảnh báo dựa trên sự phối hợp của ba môđun này như sau:

- Cảnh báo mất tín hiệu đo lường điện;
- Cảnh báo tín hiệu đo lường sai do kết quả bất thường tại môđun LF;
- Cảnh báo tín hiệu đo lường sai do kết quả bất thường tại môđun STLF.



Hình 8. Sơ đồ giải pháp tổng thể cho thiết bị giám sát cảnh báo



Hình 9. Giao diện môđun dự báo phụ tải ngắn hạn



Hình 10. Giao diện module độc lập tính toán trào lưu công suất

METTER


Connecting:

DATA NEW
LINK OUT DATA: c:/hoang test/outdata.txt
LINK IN DATA: c:/hoang test/indata.txt

TRAM 1

	L1	L2	L3		
U	224.13	219.7	217.14	kWh	5079.84
I	137.6	148.8	184.8	kVARh	1505.52
COS	0.97	0.93	0.93	kVAh	5443.84
P	30.08	30.64	37.68	P-TOTAL	98.4
Q	7.28	11.6	14.08	Q-TOTAL	32.96
S	31.52	33.36	41.04	S-TOTAL	105.92
				Hz	50.31
				Temp	30.1
				Hum	70

Hình 11. Giao diện module giám sát thông số điểm đo



ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ CẤP BỘ
NĂM 2019



NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG THU THẬP, PHÂN TÍCH DỮ LIỆU VÀ TÍNH TOÁN TỒN THẤT LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

Chủ nhiệm đề tài: Nguyễn Ngọc Trung
Đơn vị thực hiện: Trường Đại học Điện lực

STLF

LoadFlow

Monitoring

Hình 12. Giao diện phần mềm

Ngoài ra, dữ liệu của module STLF cũng được dùng để làm cơ sở cho công tác vận hành nhằm chuẩn bị tốt nhất cho các tình huống non hoặc quá tải của lưới điện trong vòng 24h. Giao diện phần mềm tích hợp được thể hiện như hình 12.

4. KẾT QUẢ CHẠY THỬ VÀ KIỂM CHỨNG

4.1. Kiểm chứng chức năng thu thập dữ liệu

Sau khi được lắp đặt tại tủ điện A+B+AB của Trường Đại học Điện lực, thiết bị

hoạt động tốt. Các thông số được thu thập, hiển thị và lưu trên cơ sở dữ liệu theo bước thời gian 1 s. Độ trễ hiển thị được cài đặt trên thiết bị là 10 s thể hiện đúng theo bước thời gian thực tế lưu trên cơ sở dữ liệu. Hiển thị nhiệt độ và độ ẩm không có sự sai khác so với đồng hồ đo độc lập do sai số đo của các đầu đo cảm biến và thiết bị đo độc lập không quá nhỏ dẫn đến chênh lệch giữa hai chỉ số. Hiển thị thông số điện tương đồng với thông số của kim đo điện Kyorisu mặc dù vẫn có sai số nhỏ. Sai số này là do sai số của các TI được lắp ngay tại cáp đầu vào tủ phân phối và sai số đo của chính kim đo điện Kyorisu.

4.2 Kiểm chứng chức năng dự báo phụ tải

Chức năng dự báo phụ tải (công suất tác dụng) được kiểm chứng thông qua sai số dự báo khi áp dụng số liệu nhiệt độ thực tế đo được bởi thiết bị và số liệu thời tiết lấy từ trang web thời tiết weather.com. Kết quả dự báo được áp dụng cho một ngày làm việc bình thường trong tuần (ngày 14/5/2020). Sai số dự báo được thể hiện trong bảng 2. Nhận thấy, sai số này khá lớn so với sai số nhận được trong nghiên cứu với phụ tải thành phố Hà Nội. Nguyên nhân sai số ở đây là do dự báo nhiệt độ của Hà Nội trong ngày 14/5/2020 bị sai khác so với nhiệt độ thực tế đo được đến 3°C. Trong thuật toán dự báo của nhóm tác giả, một trong những thông số đầu vào góp phần lớn vào sự chính xác của dự báo là dự báo nhiệt độ trong ngày cần dự báo. Chính vì vậy, đây là nhược điểm cần được khắc phục trong những nghiên cứu nối tiếp.

Bảng 2. Kết quả kiểm chứng chức năng dự báo phụ tải

	Sai số trung bình công suất đỉnh (%)	Sai số trung bình công suất đáy (%)	Sai số trung bình công suất 24h trong ngày (%)
Tính toán với nhiệt độ thực tế đo bởi thiết bị	3,22	1,45	2,56
Tính toán với nhiệt độ có sẵn trong weather.com	3,87	4,59	4,66

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã mô tả chi tiết về giải pháp tích hợp đa chức năng bao gồm thiết bị đo và bộ phần mềm xử lý dữ liệu nhằm giám sát và cảnh báo bất thường cho phụ tải nhà A của Trường Đại học Điện lực. Chức năng thu thập dữ liệu hoạt động ổn định với sai số nằm trong giới hạn cho phép. Chức năng tính toán trào lưu công suất hội tụ tốt với dữ liệu đầy đủ cho trước, tuy nhiên, phạm vi bài báo không đề cập đến vì cần phải có thông số của nhiều nút phụ tải khác. Với mô đun này, thông số tính toán chỉ có ý nghĩa trong bước xử lý dữ liệu và cảnh báo. Chức năng tính dự báo phụ tải ngắn hạn cho sai số trung bình nằm trong khoảng từ 2-5% so với phụ tải đo được bởi kim đo điện Kyorisu. Các mô đun hiện thời đang được vận hành độc lập. Chức năng vận hành liên thông các mô đun sẽ được nghiên cứu và cải thiện trong những nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] EVNCP.EMEC, "Nghiên cứu hoàn thiện hệ thống giám sát và điều khiển phụ tải từ xa", *Tập đoàn Điện lực Việt Nam*, 2019. [Online].
Available: <https://www.evn.com.vn/d6/news/Nghien-cuu-hoan-thien-he-thong-giam-sat-va-dieu-khien-phu-tai-tu-xa--6-8-23348.aspx>
- [2] D.T. Sa, "Nghiên cứu, chế tạo hệ thống giám sát điều khiển cho trạm điện phân phối", Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên, 2017.
- [3] Đ.N. Hùng, "Sử dụng phần mềm DMS để nâng cao hiệu quả xử lý sự cố lưới điện phân phối Bình Định", Trường Đại học Đà Nẵng, 2012.
- [4] P.T. Tùng, "Xây dựng hệ thống giám sát, điều khiển bằng máy tính trạm biến áp dựa trên RTU", Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2008.
- [5] N.H. Quỳnh, "Nghiên cứu xây dựng hệ thống giám sát điều khiển lưới điện phân phối trực quan", *Tập đoàn Điện lực Việt Nam*, 2019. [Online].
Available: <https://www.epu.edu.vn/chi-tiet-tin/ngkiem-thu-thanh-cong-de-tai-cap-evn-nghien-cuu-xay-dung-he-thong-giam-sat-dieu-khien-luoi-dien-phan-phoi-truc-quan-do-truong-dai-hoc-dien-luc-chu-tri--12510.html>
- [6] L.X. Sanh and T.V. Kiên, "Nghiên cứu thiết kế hệ thống giám sát - điều khiển từ xa cho lưới phân phối điện hạ áp", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, vol. 1, no. 60, pp. 19–24, 2018.
- [7] M.-H. Pham, T.A.-T. Vu, and V.-D. Pham, "Mô hình dự báo phụ tải ngắn hạn dựa trên mạng nơron nhân tạo kết hợp thuật toán di truyền", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ năng lượng*, vol. 13, pp. 21–34, 2017.
- [8] T.T. Sơn and T.A. Tùng, "Tính toán tổn thất điện năng cho lưới điện phân phối bằng thuật toán dòng điện nút tương đương", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, vol. 1, no. 11, pp. 57–61, 2015.
- [9] J.-H. Teng, "A direct approach for distribution system load flow solutions", *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 18, no. 3, pp. 882–887, 2003, doi: 10.1109/TPWRD.2003.813818.
- [10] M.-H. Pham *et al.*, "An Effective Approach to ANN-Based Short-Term Load Forecasting Model Using Hybrid Algorithm GA-PSO," in *2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, 2018, pp. 1–5, doi: 10.1109/EEEIC.2018.8493908.
- [11] M.-H. Pham *et al.*, "Study on selecting the optimal algorithm and the effective methodology to ANN-based short-term load forecasting model for the southern power company in Vietnam," *Energies*, vol. 12, no. 12, 2019, doi: 10.3390/en12122283.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Ngọc Trung tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2003 và 2006; nhận bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điện năm 2014 tại Đại học Palermo, Cộng hòa Italia.

Lĩnh vực nghiên cứu: lưới điện thông minh - SmartGrid, giám sát điều khiển, bảo vệ và tự động hóa trong hệ thống điện, ổn định hệ thống điện.

