

RESEARCH AND DESIGN THE CONTROL SYSTEM FOR 2 DIESEL GENERATORS APPLIED IN THE FACTORY

Nguyen Quang Nha

University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	09/6/2023	With the development of industrialization and modernization, the role of the power supply system has become increasingly important. Researching and developing automatic transfer switch systems from the main power source to alternative backup sources to ensure stability is crucial. Nowadays, data centers, hospitals, and manufacturing plants require high levels of electrical safety and stability, with a zero tolerance for power outages. This paper presents the research results of designing a control system for two DIESEL generators applied in a factory. The control panel system has been constructed and practically tested, and its operating modes operate stably and accurately according to the specified algorithm flowchart. The system can amplify power to ensure compatibility with high-capacity systems, making it suitable for places with high requirements for electrical stability, especially in factory applications.
Revised:	13/7/2023	
Published:	13/7/2023	
KEYWORDS		
ATS (Automatic Transfer Switch)		
Generator		
UPS		
PLC		
HMI		

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN HAI MÁY PHÁT ĐIỆN DIESEL ỨNG DỤNG TRONG NHÀ MÁY

Nguyễn Quang Nhã

Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	09/6/2023	Cùng với sự phát triển công nghiệp hóa – hiện đại hóa, vai trò của hệ thống cung cấp điện ngày càng được chú trọng hơn. Việc nghiên cứu và phát triển hệ thống tự động chuyển đổi nguồn từ nguồn điện chính sang các nguồn dự phòng khác nhằm đảm bảo sự ổn định cho hệ thống là rất cần thiết. Hiện nay, các trung tâm dữ liệu, bệnh viện, nhà máy sản xuất đều đòi hỏi sự an toàn và ổn định điện với yêu cầu cao hoặc có thể là tuyệt đối không thể mất điện. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế hệ thống điều khiển hai máy phát điện DIESEL ứng dụng trong nhà máy. Hệ thống tủ điện điều khiển đã được xây dựng và thử nghiệm thực tế, các chế độ đã hoạt động ổn định và chính xác theo lưu đồ thuật toán đề ra. Hệ thống có thể khuếch đại công suất để đảm bảo với các hệ thống có công suất lớn, rất phù hợp cho những nơi có yêu cầu về độ ổn định điện cao đặc biệt là ứng dụng trong nhà máy.
Ngày hoàn thiện:	13/7/2023	
Ngày đăng:	13/7/2023	
TỪ KHÓA		
ATS (Công tắc chuyển đổi tự động)		
Generator		
UPS		
PLC		
HMI		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8101>

Email: nhanq@vnu.edu.vn

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

381

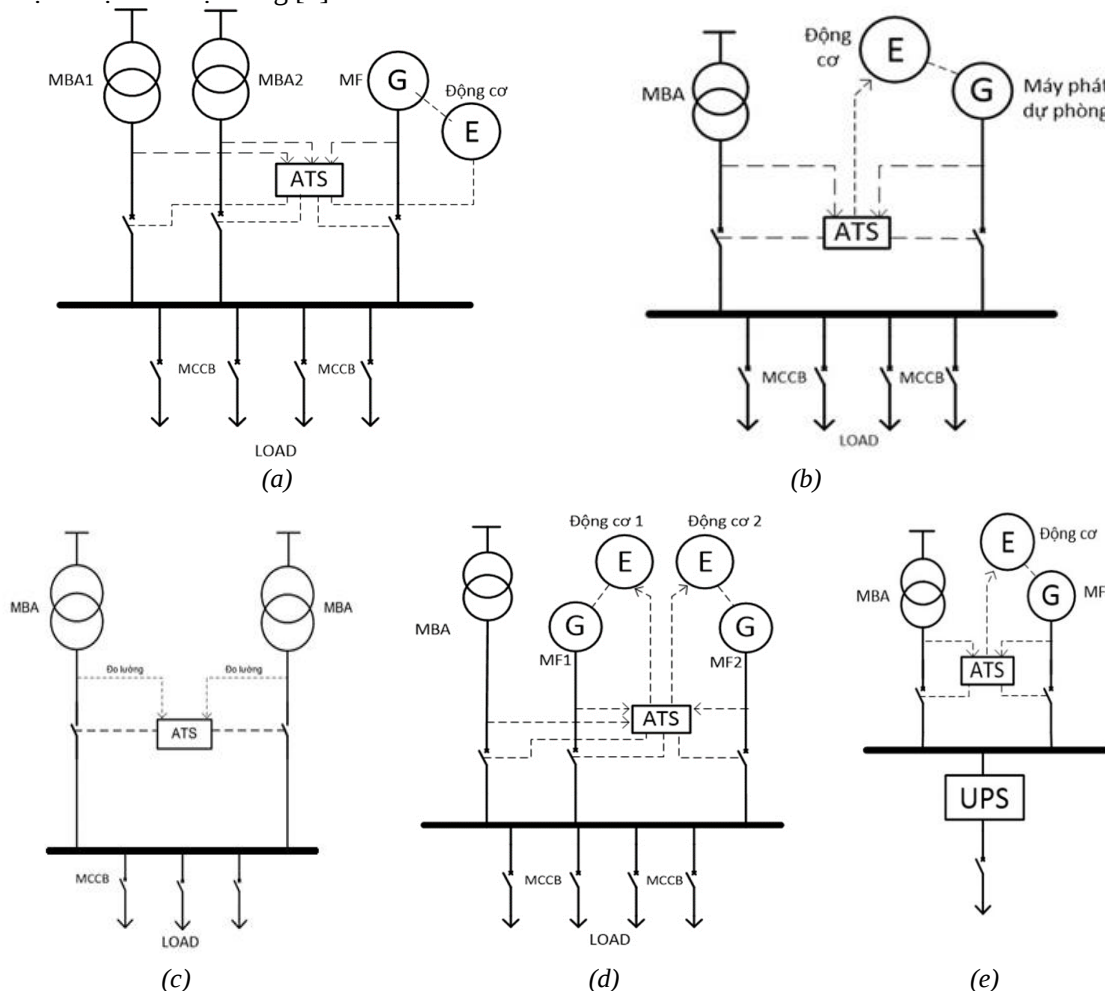
Email: jst@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Hiện nay, các nguyên nhân mất ổn định điện của hệ thống có thể kể đến như cắt điện do quá tải, sự cố truyền tải về đường dây, bảo trì đường dây truyền tải. Các nguyên nhân này đều dẫn đến một kết quả đó là mất điện khu vực cục bộ trong một khoảng thời gian tùy vào thời gian khắc phục của những doanh nghiệp cung cấp điện [1].

Từ vấn đề trên, các nghiên cứu về làm giảm thiểu sự cố [2], tăng sự ổn định của hệ thống cung cấp điện thường được tổ chức theo 5 kiểu cấu trúc sau: Cấu trúc ATS với lưới chính - lưới dự phòng (hình 1c) [4], lưới chính - máy phát (hình 1b) [3], lưới chính - lưới dự phòng - máy phát (hình 1a) [5], lưới chính - 2 máy phát dự phòng (hình 1d) [6], lưới chính - máy phát kết hợp UPS (hình 1e) [7].

Theo thời gian, tự động hóa trong hệ thống cung cấp điện trở lên rất quan trọng. Hệ thống này loại bỏ các rủi ro vận hành của con người, tăng tính linh hoạt trong điều khiển hệ thống, bảo trì bảo dưỡng, chuẩn đoán lỗi hệ thống. Việc nghiên cứu đánh giá chọn lựa hệ thống phù hợp với nhu cầu thực tế là giải pháp cho các chủ doanh nghiệp, trang trại công nghiệp về vấn đề đảm bảo ổn định điện cho hệ thống [8].



Hình 1. Các cấu trúc hệ thống ATS phổ biến (a): lưới chính - lưới dự phòng - máy phát, (b): lưới chính - máy phát, (c): lưới chính - lưới dự phòng, (d): lưới chính - 2 máy phát, (e): lưới chính - máy phát kết hợp UPS

Quá trình phân tích đánh giá chọn lựa cấu trúc và tính toán xây dựng cần rất nhiều kiến thức chuyên môn như tính toán thiết bị trong mạng điện xí nghiệp [9], thiết kế hệ thống điều khiển sử

dụng PLC – HMI [10], [11], mạng truyền thông công nghiệp... Ở Việt Nam hiện nay cũng có rất nhiều hệ thống ATS với đủ loại cấu trúc, tuy nhiên chưa có công trình nghiên cứu nào tổng hợp về các cấu trúc hệ thống ATS và tính toán xây dựng thiết kế một hệ thống mới được công bố. Do đó, bài báo này giới thiệu các kết quả nghiên cứu thiết kế hệ thống điều khiển hai máy phát điện DIESEL ứng dụng trong nhà máy nhằm mục đích tạo cơ sở dữ liệu tham khảo phục vụ các nghiên cứu.

2. Phương pháp thiết kế

2.1. Phân tích đánh giá các cấu trúc ATS

Như đã đề cập ở trên, ATS có nhiều cấu trúc khác nhau phù hợp với từng yêu cầu khác nhau. Mỗi cấu trúc có từng ưu, nhược điểm cụ thể. Sử dụng cấu trúc này thì có thể khắc phục lỗi tồn đọng của các cấu trúc kia, tuy nhiên lại sinh ra các lỗi không mong muốn.

Với cấu trúc sử dụng nguyên lý theo bộ UPS thì có ưu điểm chuyển đổi nguồn nhanh, tốc độ gần như bằng 0. Nhưng nhược điểm của nó là ở vấn đề dung lượng lưu trữ để cung cấp khi điện lưới bị mất một thời gian dài.

Với cấu trúc sử dụng một nguồn lưới chính và một nguồn lưới dự phòng, ưu điểm của hệ thống là có thể chuyển đổi điện nếu một trong hai lưới bị mất, đảm bảo tính kinh tế cao. Tuy nhiên, cấu trúc này chỉ được sử dụng ở một số khu vực có hai nguồn cấp riêng biệt và không thể cung cấp điện cho phụ tải nếu cả hai lưới cùng mất.

Cấu trúc ATS sử dụng nguồn lưới và máy phát dự phòng có thể sử dụng ở hầu hết các khu vực với tất cả các loại phụ tải, máy phát nhỏ gọn, có thể cung cấp điện trong suốt thời gian mất lưới, chất lượng điện áp tốt. Nhược điểm của cấu trúc đến từ chi phí vận hành cung cấp điện cao, trong một số trường hợp máy phát có thể không hoạt động do nhiều nguyên nhân như không đề được, bị hỏng hóc... Việc sử dụng thêm một máy phát điện khác có thể khắc phục được hiện tượng trên, có thể luân phiên hoạt động nhằm kéo dài tuổi thọ máy, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện.

2.2. Lựa chọn phương án thiết kế hệ thống ATS

Qua việc đánh giá, nhìn chung, cấu trúc ATS sử dụng hai máy phát có thể khắc phục được hầu hết các lỗi tồn đọng, cung cấp điện với độ tin cậy cao.

Trong bài báo này, tác giả sẽ đi nghiên cứu, thiết kế hệ thống ATS và điều khiển máy phát tự động với cấu trúc một lưới chính kết hợp hai máy phát dự phòng.

Về công suất cung cấp:

Hệ thống hoạt động với lưới điện 3 pha 4 dây. Phụ tải hầu hết là dạng tải thuần trở với tổng công suất hoạt động cùng lúc là 4 kW.

Về máy phát điện:

Đầu phát có công suất 5 kW, 3 pha 4 dây. Đầu phát được kích từ bằng mạch kết hợp giữa một máy phát đồng bộ và hệ thống chỉnh lưu. Hệ thống kích từ của máy phát được trang bị một bộ tự động điều chỉnh điện áp (Automatic Voltage Regulator – AVR). Động cơ kéo chạy bằng dầu diesel được khởi động bằng bộ đề một chiều với điện áp 12V. Có hệ thống sấy làm nóng trước khi đề. Điều khiển máy phát bằng 4 tín hiệu bật máy phát, sấy, đề khởi động, off.

Về hệ thống lưu trữ điện cung cấp cho hệ thống ATS:

Hệ thống lưu trữ có thể sử dụng nguồn acquy từ máy phát, được qua mạch tăng áp lên 220VDC cung cấp cho toàn mạch điều khiển.

Về chỉ thị hoạt động và lỗi sự cố:

Chỉ thị hoạt động và thông báo lỗi sự cố bằng đèn báo tín hiệu.

Về yêu cầu công nghệ:

Hệ thống có chế độ hoạt động thủ công và tự động, dừng khẩn cấp khi có sự cố. Có lựa chọn ưu tiên máy phát, cưỡng bức chọn nguồn điện cấp cho phụ tải. Đèn báo trạng thái hoạt động và thông báo lỗi.

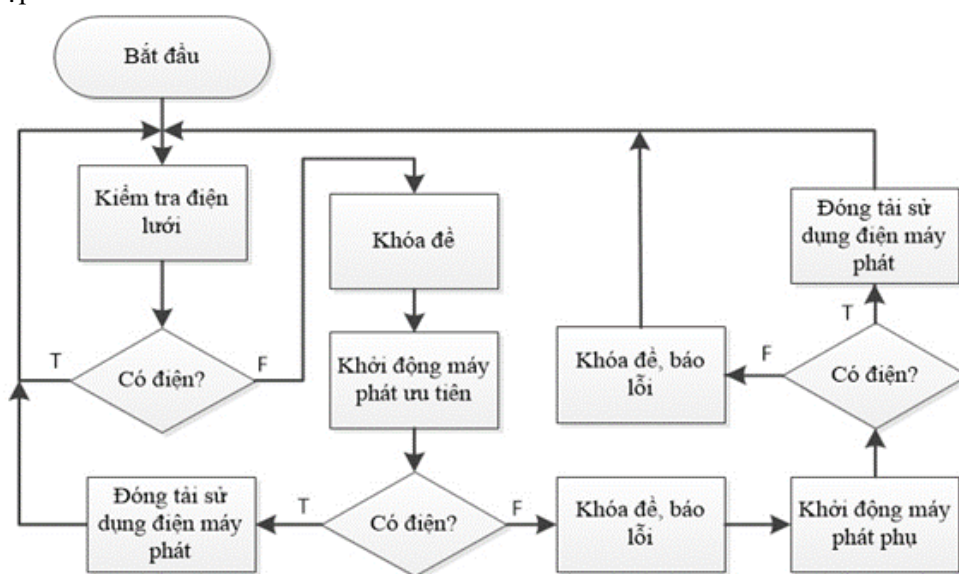
Hệ thống liên tục giám sát chất lượng điện áp. Khi có sự cố điện xảy ra trên lưới chính như mất lưới, mất pha, sụt áp dưới $0,9 U_{dm}$, quá áp trên $1,1 U_{dm}$, không đúng thứ tự pha, mất đối xứng quá mức cho phép phải phát tín hiệu khởi động máy phát sau 5 s nhằm kiểm tra xem lưới điện có lại điện (trong trường hợp mất) hoặc ổn định (trong trường hợp chất lượng điện kém).

3. Kết quả nghiên cứu

Từ cấu trúc hệ thống ATS lưới chính – 02 máy phát dự phòng đã được nêu ở mục 1 và các giả thuyết công nghệ được nêu ở mục 2, tác giả đã đưa ra được các thông số thiết bị phù hợp cho phần cứng và thiết kế phần mềm, giao diện điều khiển sau:

3.1. Thông số hệ thống

Nguyên lý hoạt động của hai máy phát điện: Dựa vào tình hình thực tế và các tài liệu tham khảo tác giả đã đưa ra lưu đồ nguyên lý hoạt động ở hình 2. Quá trình khởi động máy phát điện dựa trên điều kiện kiểm tra nguồn điện chính có đang thực sự ổn định (đủ điện áp, đủ 3 pha, đúng thứ tự pha, không mất trung tính). Khi điện lưới mất an toàn hệ thống sẽ ra lệnh khởi động máy phát ưu tiên trong trường hợp máy phát ưu tiên khởi động thành công, hệ thống sẽ đóng tải với nguồn cung cấp là máy phát ưu tiên. Trường hợp máy phát ưu tiên khởi động không thành công sẽ ngay lập tức khóa đề khởi động và phát ra tín hiệu cảnh báo. Cùng lúc đó khởi động máy phát phụ, quy trình khởi động lúc này như quá trình khởi động máy phát ưu tiên. Với lưu đồ thuật toán này hệ thống cung cấp điện được nâng cấp tin cậy lên 2 lần, đảm bảo sự ổn định điện cho hệ thống. Lưu đồ thuật toán này sẽ làm tiền đề cho các thuật toán trong các chương trình điều khiển của bộ lập trình PLC.



Hình 2. Lưu đồ nguyên lý hoạt động của 02 máy phát điện DIESEL trong hệ thống

Thông số phần động lực:

Với hệ thống hoạt động với lưới điện 3 pha 4 dây có tổng công suất 4 kW, điện áp 380VAC, $\cos \mu = 0,8$. Từ đó, xác định được dòng điện định mức bằng công thức:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} * U_{dm} * \cos \mu} \quad (1)$$

Với công suất tối đa $P_{dm} = 4kW$, điện áp định mức $U_{dm} = 380V$, hệ số $\cos \mu = 0,8$ thay vào công thức, tính được:

$$I_{lvmax} = I_{dm} = \frac{4000}{\sqrt{3} * 380 * 0.8} = 7.6 (A) \quad (2)$$

Từ số liệu tính được, ta tiến hành chọn các thiết bị phần động lực như Aptomat, công tắc tơ, relay nhiệt, dây dẫn động lực theo bảng tiêu chuẩn IEC phù hợp.

Chọn thiết bị điều khiển:



(a)



(b)

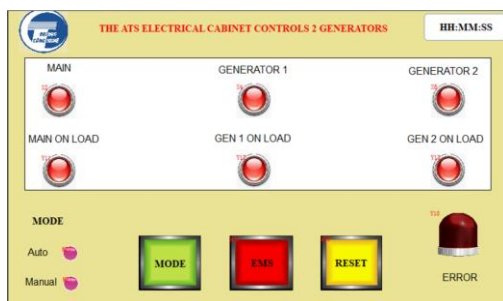
Hình 3. (a): PLC Mitsubishi FX1N-40MT, (b): HMI Wecon LEVI 2070D

PLC FX1N- 40 MT: Đây là một sản phẩm nổi bật của hãng Mitsubishi (hình 3a), với thông số nguồn cấp là điện áp 220V và có 24 ngõ vào cách ly/16 ngõ ra transistor. Sản phẩm có đầy đủ tính năng để có thể lập trình điều khiển tín hiệu hệ thống ATS lưới chính – 02 máy phát dự phòng. Một số tính năng có thể kể đến như truyền thông RS - 422 thực hiện nạp chương trình hoặc truyền thông với các thiết bị hiển thị khác, số lượng đầu vào, đầu ra phù hợp với hệ thống đảm bảo đủ tín hiệu điều khiển, chức năng mở rộng thêm các module cho các tính năng bảo vệ và nâng cấp sau này.

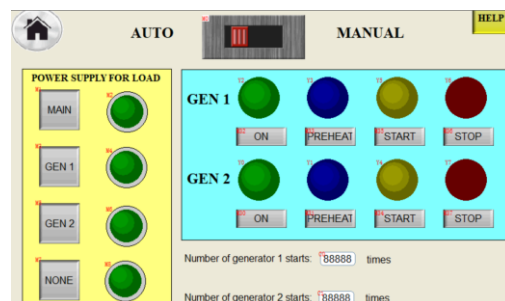
HMI Wecon Levi 2070D: Đóng vai trò hiển thị các thông tin, thông số cho người dùng dễ dàng thao tác cài đặt, theo dõi và điều khiển giám sát hệ thống (hình 3b).

Giao diện điều khiển giám sát thông qua HMI:

Hệ thống điều khiển hai máy phát điện DIESEL được thiết kế giao diện điều khiển trên màn hình HMI Wecon Levi 2070D bằng phần mềm LeviStudio của hãng Wecon. Giao diện màn hình được thiết kế với nhiều tính năng như hiển thị trạng thái hoạt động của các ngõ vào/ra của hệ thống, cài đặt được các tham số cần thiết như thời gian luân phiên giữa hai máy phát, thời gian trạng thái hoạt động của các thiết bị. HMI được kết nối giao tiếp truyền thông với PLC Mitsubishi FX1N-40MT thông qua cáp RS – 422. Trên hình 4 là giao diện thực tế được thiết kế bằng phần mềm LeviStudio.



(a)

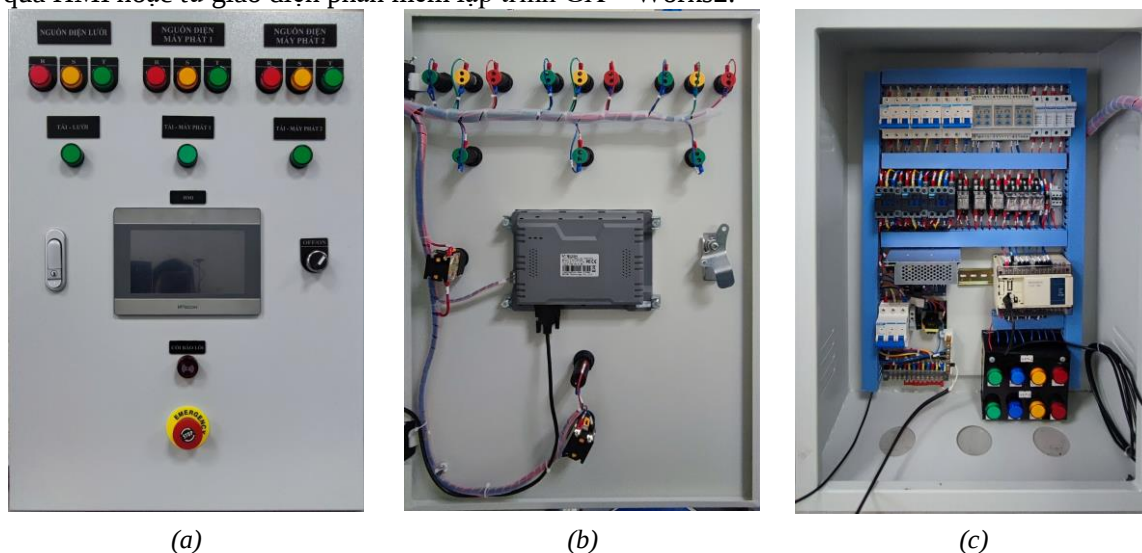


(b)

Hình 4. Hình ảnh thiết kế giao diện điều khiển trên phần mềm LeviStudio, (a): Màn hình chính HMI, (b): Màn hình điều khiển giám sát hệ thống 02 máy phát điện DIESEL

Tủ điện điều khiển giám sát cho hệ thống:

Với hình 5 là hình ảnh thực tế của tủ điện điều khiển hệ thống chuyển đổi nguồn giữa nguồn lưới chính và 02 nguồn dự phòng – máy phát điện DIESEL. Tủ điện được xây dựng từng bước từ tính toán – thiết kế mô phỏng – thi công lắp đặt và chạy thực nghiệm. Các thông số được cài đặt qua HMI hoặc từ giao diện phần mềm lập trình GX – Works2.



Hình 5. Hình ảnh thực tế của hệ thống tủ điện, (a): Hình ảnh mặt trước tủ điện, (b): Hình ảnh mặt sau cánh tủ điện, (c): Hình ảnh bên trong tủ điện

3.2. Thuật toán điều khiển

Hệ thống được thiết kế hoạt động ở 2 chế độ hoạt động, chế độ hoạt động bằng tay và tự động.

- Chế độ bằng tay: chế độ này được thiết kế cho người sử dụng có thể lựa chọn nguồn cho phụ tải và khởi động máy phát điện khi có lệnh điều khiển.

- Chế độ tự động: ở chế độ này chương trình được lập trình thành nhiều chương trình tự động nhỏ hơn khác theo lưu đồ thuật toán ở hình 6.

+ Chế độ tự động khởi động máy phát khi có sự cố về điện lưới chính

+ Chế độ tự động ngắt nguồn dự phòng, tắt máy phát điện và chuyển qua sử dụng nguồn lưới chính

+ Chế độ tự động khởi động luân phiên máy phát khi máy phát theo thời gian cài đặt của người dùng

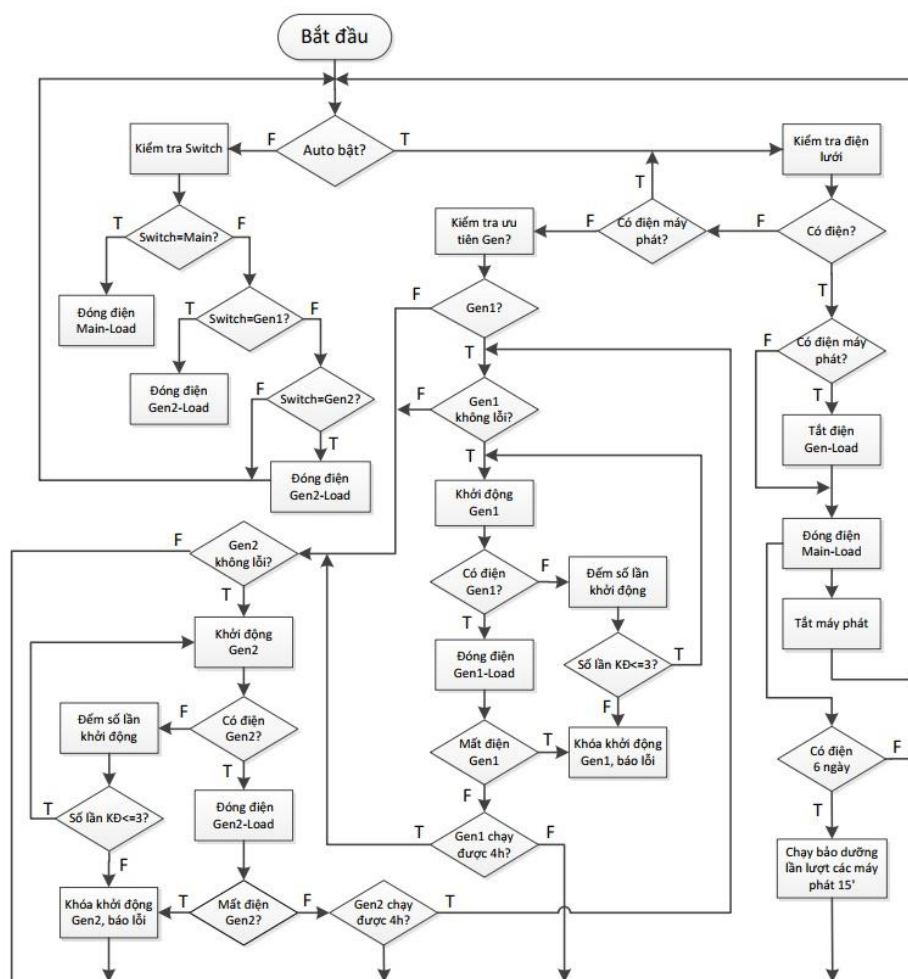
+ Chế độ tự động khởi động máy phát điện chạy chế độ làm ấm khi không có sự cố về điện theo thời gian được cài đặt sẵn. Ví dụ: nếu điện lưới chính không mất điện hay có sự cố về điện trong thời gian cài đặt là 7 ngày thì sẽ tự động khởi động 02 máy phát chạy bảo dưỡng trong thời gian 5-10 phút nhằm mục đích cho máy phát hoạt động liên tục và trơn chu.

Hệ thống tủ điện được thiết kế nhiều tầng lớp bảo vệ khi gặp sự cố về điều khiển như:

- Có nút dừng khẩn cấp được sử dụng khi hệ thống có sự cố. Chức năng ngắt nguồn ra khỏi phụ tải và ra lệnh điều khiển stop 2 máy phát.

- Có các cầu chì bên trong mạch điều khiển nhằm bảo vệ hệ thống khi có sự cố ngắn mạch quá tải.

- Có còi báo khi xảy ra hiện tượng lỗi đề máy phát điện, nhằm cảnh báo cho người sử dụng kiểm tra và khắc phục sự cố.



Hình 6. Lưu đồ thuật toán điều khiển PLC của hệ thống

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã đưa ra phân tích đánh giá, tính toán thiết kế chế tạo và thực nghiệm hệ thống điều khiển hai máy phát điện DIESEL ứng dụng trong nhà máy. Tủ điện được thiết kế với kích thước 500x700 mm, các thiết bị được tính toán lựa chọn phù hợp với công suất đặt ra và có khả năng khuếch đại công suất theo nhu cầu. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động với đầy đủ tính năng đề ra. Do đó sản phẩm của nghiên cứu này có thể được đưa vào ứng dụng trực tiếp trong thực tế.

Ứng dụng này cho thấy nhiều tiềm năng trong thực tế như: đảm bảo ổn định điện trong các nhà máy, xí nghiệp, trang trại, bệnh viện,... Làm giảm rủi ro thiệt hại về kinh tế, tăng tính linh hoạt trong vận hành bảo trì, bảo dưỡng hệ thống cung cấp điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/REFERENCES

- [1] A. U. Adoghe and I. A. Odigwe, "Automatic Transfer and Controller System for Standby Power Generator," *Adv. Mater. Res.*, vol. 62–64, pp. 187–193, Feb. 2009, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.62-64.187.
- [2] J. O. Olowoleni, A. U. Adoghe, A. Ademola, A. O. Omadaye, A. F. Agbetuyi, H. E. Orovwode, and C. O. Awosope, "Construction and Operation of an Electronic Automatic Transfer Switch (Ats)," *Glob. J. Energy Technol. Res. Updat.*, vol. 2, no. 1, pp. 01–05, Mar. 2015, doi: 10.15377/2409-5818.2014.02. 01.1.

-
- [3] M. Q. Azeem, Habib-ur-Rehman, S. Ahmed, and A. Khattak, "Design and analysis of switching in automatic transfer switch for load transfer," in *2016 International Conference on Open Source Systems & Technologies (ICOSST)*, Lahore, Pakistan: IEEE, Dec. 2016, pp. 129–134, doi: 10.1109/ICOSST.2016.7838589.
 - [4] W. Audia, Mairizwan, R. Anshari, and Yulkifli, "Automatic Transfer Switch Solar Cell Inverter System Based on Android Application," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2309, no. 1, Jul. 2022, Art. no. 012026, doi: 10.1088/1742-6596/2309/1/012026.
 - [5] J. S. Saputro, H. Maghfiroh, F. Adriyanto, M. R. Darmawan, M. H. Ibrahim, and S. Pramono, "Energy Monitoring and Control of Automatic Transfer Switch between Grid and Solar Panel for Home System," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 59–73, Jan. 2023, doi: 10.31763/ijrcs.v3i1.843.
 - [6] S. Basoene, D. C. Idoniboyeobu, and S. L. Braide, "Design and Implementation of a Three Phase Automatic Transfer Switch Using Relays as Phase Failure Protection," *International Journal of Innovative Scientific & Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 55-71, Apr. - Jun. 2022.
 - [7] A. Tafrikhatin, J. Sumarah, A. T. Wulandari, U. Pambudi, and I. G. Allam, "Simple Automatic Transfer Switch System Using Timer Delay Relay," *Journal of Electrical Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 303–309, Dec. 2022, doi: 10.37339/e-komtek.v6i2.1076.
 - [8] J. G. Noel, "Design of an 10 kVA-45 A automatic static transfer switch module," in *7th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2014)*, Manchester, UK: Institution of Engineering and Technology, 2014, pp. 0437–0437, doi: 10.1049/cp.2014.0468.
 - [9] A. Jadhav and M. Patil, "PLC Based Industrial Automation System," in *International Conference on Recent Trends in Engineering and Management Science (RTEM 2014)*, Nagpur, 2014, pp.19-23.
 - [10] R. Pawar and N. R. Bhasme, "Application of PLC's for Automation of Processes in Industries," *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 6, no. 6, (Part - 3), pp. 53-59, June 2016.
 - [11] Y. N. Burali, "PLC Based Industrial Crane Automation & Monitoring," *International Journal of Engineering and Science*, vol. 1, no. 3, pp. 01-04, Sept. 2012.