

Thiết kế hệ thống điều khiển tự động cho trạm phát điện chính tàu thủy

■ PGS. TS. HOÀNG ĐỨC TUẤN; ThS. LÊ THỊ THANH TÂM
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Trạm phát điện chính tàu thủy là nơi tập trung năng lượng điện từ các tổ hợp máy phát điện và phân phối, cung cấp năng lượng điện đến các phụ tải điện trên tàu thủy. Quá trình phát điện, phân phối và cung cấp điện được diễn ra thường xuyên, do yêu cầu của các phụ tải thay đổi ngẫu nhiên trong các chế độ hoạt động của tàu. Vì vậy, vấn đề đảm bảo cung cấp năng lượng điện liên tục cho các phụ tải điện trong quá trình hoạt động của tàu là rất quan trọng. Do đó, trạm phát điện chính tàu thủy cần phải được trang bị hệ thống điều khiển tự động để đáp ứng yêu cầu cung cấp năng lượng điện liên tục cho các phụ tải điện, nâng cao chất lượng, tối ưu về năng lượng, hiệu quả kinh tế trong vận hành khai thác tàu thủy và đảm bảo an toàn cho hàng hóa, thiết bị và con người.

TỪ KHÓA: Trạm phát điện chính tàu thủy, tối ưu năng lượng, hệ thống điều khiển tự động.

ABSTRACT: Marine main electrical power station is the place where electrical energy is gathered from the generator and distribution complexes, supplying electrical energy to the electrical loads on the ship. The process of generating, distributing and supplying electricity takes place regularly, due to the requirements of randomly changing loads in the operating modes of the ship. So, it is very important to ensure the continuous supply of electrical energy to the electrical loads during the ship's operation. Therefore, the marine main electrical power station needs to be equipped with an automatic control system to meet the requirements of providing uninterrupted electrical energy for electrical loads, improving quality, optimizing energy and efficiency economic results in the operation and exploitation of ships and ensure the safety of goods, equipment and people.

KEYWORDS: Marine main electrical power station, optimizing energy, automatic control system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Điều khiển tự động và tự động hóa đã phát triển như một sự tất yếu cho trạm phát điện chính tàu thủy. Trước đây, trạm phát điện chính tàu thủy thực hiện việc vận hành, điều khiển bằng tay như khởi động, dừng, phân chia

tải các máy phát điện bằng cách quan sát trạng thái hiện tại của lưới điện tàu thủy, với các thiết bị đo công suất tác dụng, phản tác dụng, ampe kế, tần số kế, vôn kế... Việc điều khiển bằng tay có thể dẫn đến thực hiện không chính xác gây sai số lớn và có thể nhầm lẫn ảnh hưởng đến quá trình lựa chọn thời điểm hòa đồng bộ, sự phân chia tải không đều giữa các máy phát điện công tác song song dẫn đến sập lưới điện, mất điện toàn tàu, gián đoạn nguồn cung cấp điện năng, do đó sẽ gây ra hiểm họa khôn lường, đây cũng là nguyên nhân dẫn đến tai nạn hàng hải, đắm tàu [1,2,4].

Vào những năm đầu của thế kỷ 21, các hệ thống truyền động điện, hệ thống tự động trên các con tàu được phát triển mạnh mẽ, đặc biệt là các tàu hàng, tàu khách, tàu du lịch, tàu phá băng, tàu công trình, tàu dầu... với hệ thống năng lượng điện có cấu trúc phức tạp, các thiết bị bảo vệ và điều khiển hiện đại, đã đặt ra một yêu cầu mới đối với việc tự động hóa và điều khiển tự động trạm phát điện chính tàu thủy.

Việc điều khiển tự động trạm phát điện chính tàu thủy và tối ưu hệ thống năng lượng điện trở thành hết sức cần thiết cho hoạt động an toàn của con tàu. Hơn nữa, việc sử dụng năng lượng điện hiệu quả hơn, dẫn đến tiêu thụ nhiên liệu ít hơn, giảm chi phí vận hành và nâng cao hiệu quả kinh tế vận tải biển.

Do tính chất quan trọng như vậy, việc nghiên cứu thiết kế hệ thống điều khiển tự động trạm phát điện chính tàu thủy ứng dụng kỹ thuật số là rất cần thiết, quan trọng, nhằm nâng cao độ chính xác, tin cậy, đảm bảo cung cấp năng lượng điện một cách liên tục, ngăn ngừa các khả năng xảy ra mất điện toàn tàu, nâng cao hiệu quả kinh tế trong khai thác trạm phát điện chính tàu thủy và giải phóng con người trong quá trình khai thác, vận hành trạm phát điện chính tàu thủy và hạn chế tai nạn đắm tàu do nguyên nhân gián đoạn năng lượng điện gây nên, đảm bảo an toàn hàng hải cho hàng hóa, thiết bị, con người.

Bài báo đề cập đến việc thiết kế hệ thống điều khiển tự động trạm phát điện chính tàu thủy ứng dụng kỹ thuật số, nhằm điều khiển tự động các quá trình vận hành trạm phát điện chính tàu thủy. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong các phần sau.

2. MÔ HÌNH TOÁN CỦA CÁC THÀNH PHẦN TRONG TRẠM PHÁT ĐIỆN CHÍNH TÀU THỦY

2.1. Mô hình toán của máy phát điện đồng bộ và bộ tự động điều chỉnh điện áp



Mô hình toán học của máy phát điện đồng bộ và bộ tự động điều chỉnh điện áp [1,4,5] được viết trên hệ tọa độ d-q, ở đại lượng tương đối, mô tả như sau:

$$u_d = -R_a i_d + \frac{1}{\omega_b} \frac{d}{dt} y_d + \omega y_q \quad (1)$$

$$u_q = -R_a i_q + \frac{1}{\omega_b} \frac{d}{dt} y_q + \omega y_d \quad (2)$$

$$u_f = i_f + T_f \frac{d}{dt} y_f \quad (3)$$

$$y_d = i_f - X_d i_d \quad (4)$$

$$y_q = X_q i_q \quad (5)$$

$$y_f = i_f - M_{fad} X_d i_d \quad (6)$$

$$T_j \frac{dw}{dt} + y_d i_q + y_q i_d = m_m \quad (7)$$

$$u_f = (K_u u_q + K_i X_d i_d - DE) K_{kd} \quad (8)$$

$$DE = \left(\frac{K_{hc}}{T_{hc} S} + 1 \right) (U - U_n) \quad (9)$$

Trong đó: u, i, R, X, M, ψ , ω - Điện áp, dòng điện, điện trở, điện kháng, hằng số, từ thông, tốc độ góc với chỉ số phụ d, q đại diện cho trục dọc, ngang, f cho cuộn dây kích từ của máy phát điện; K - Hằng số; m_m - Mô-men cơ.

2.2. Mô hình toán của bộ điều tốc phức hợp

Phương trình toán học của bộ điều tốc phức hợp. Theo [1,5] ta có :

$$T_j \frac{dj}{dt} = m_p - M_e \quad (10)$$

$$T_s \frac{dj}{dt} + m_{p1} = m_n - K_p j \quad (11)$$

$$T_s \frac{dj}{dt} + m_{p2} = K P_n = K M_e \quad (12)$$

$$m_p = m_{p1} + m_{p2} \quad (13)$$

Trong đó: T, K, m - Hằng số thời gian, hệ số khuếch đại, độ dịch chuyển; j - Độ lệch tương đối của vận tốc quay so với vận tốc khi không tải; P_n - Công suất của tải; M_e - Mô-men điện từ.

2.3. Mô hình toán của tải

$$u_d = r_n i_d + \frac{x_n}{\omega_l} \frac{di_d}{dt} - x_n i_q \quad (14)$$

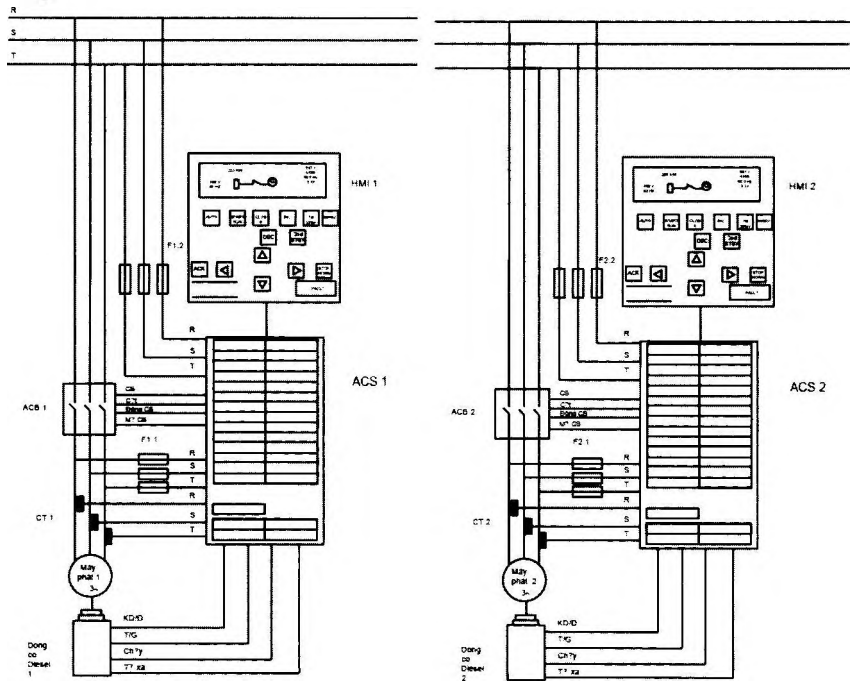
$$u_q = r_n i_q + \frac{x_n}{\omega_l} \frac{di_q}{dt} + x_n i_d \quad (15)$$

Trong đó: r_n, x_n - Điện trở, điện kháng của tải.

3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG CHO TRẠM PHÁT ĐIỆN CHÍNH TÀU THỦY ỨNG DỤNG KỸ THUẬT SỐ

3.1. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tự động cho trạm phát điện chính tàu thủy

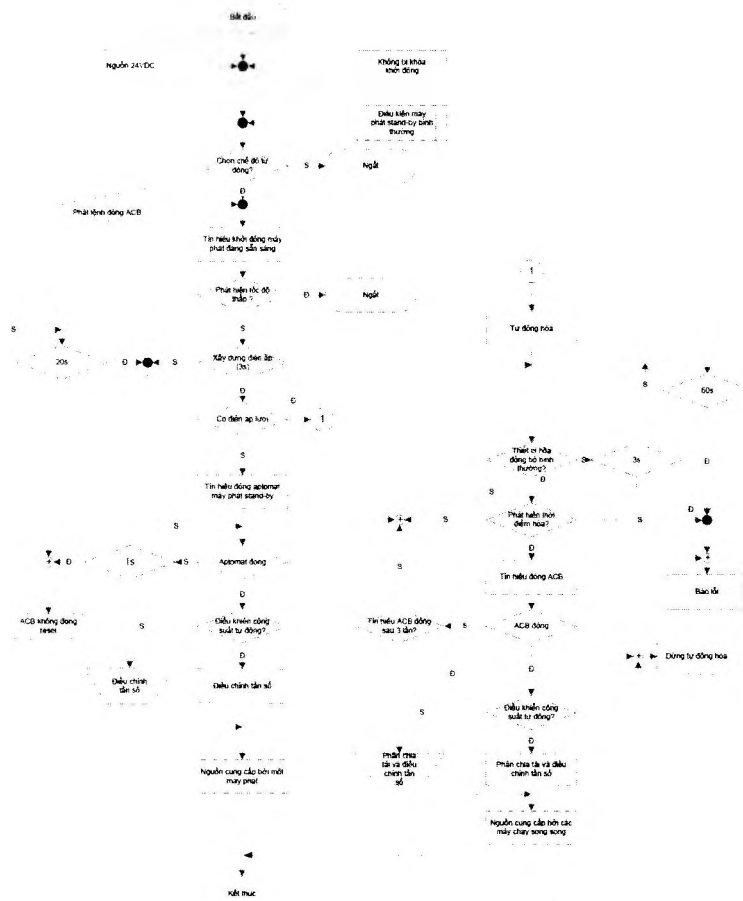
Hệ thống điều khiển tự động cho trạm phát điện chính tàu thủy được thiết kế dựa trên kỹ thuật số. Sơ đồ khối được trình bày như Hình 3.1.



Hình 3.1: Sơ đồ khối chức năng của hệ thống điều khiển tự động cho trạm phát điện chính tàu thủy

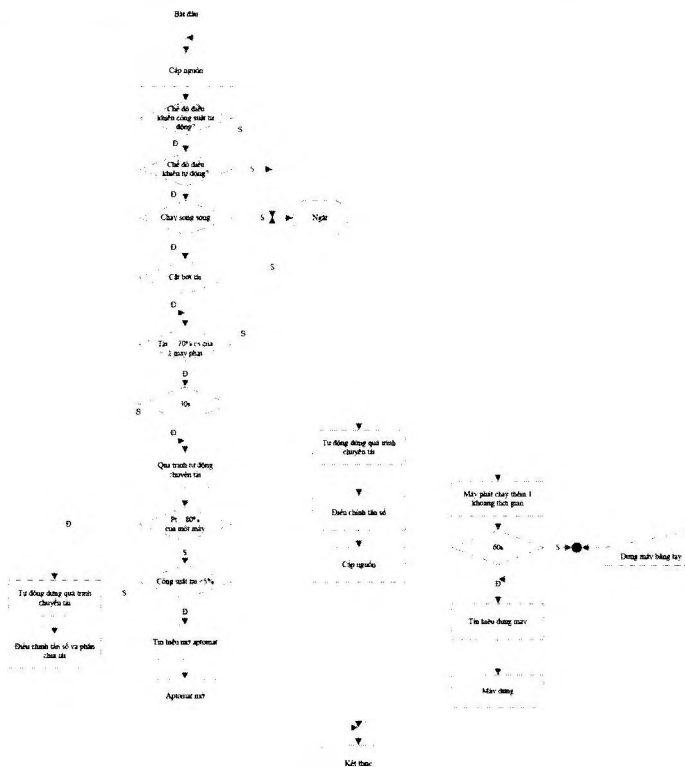
3.2. Xây dựng thuật toán điều khiển

3.2.1. Thuật toán tự động khởi động, tự động hòa đồng bộ các máy phát điện



Hình 3.2: Thuật toán tự động khởi động, tự động hòa đồng bộ các máy phát điện

3.2.3. Thuật toán tự động chuyển tải, tự động dừng máy phát điện khi non tải



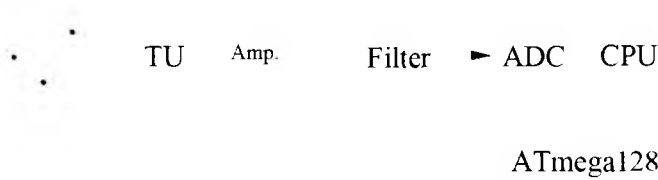
Hình 3.3: Thuật toán tự động chuyển tải, tự động dừng máy phát điện khi non tải



3.3. Xây dựng các mạch chức năng, trung tâm điều khiển ứng dụng kỹ thuật số

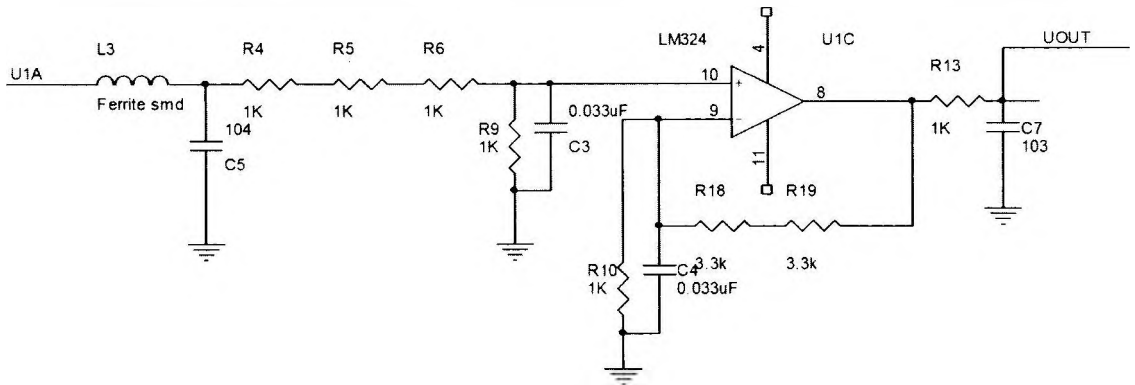
Dựa trên sơ đồ tổng thể hệ thống và thuật toán điều khiển tự động đã xây dựng, ta sẽ xây dựng các mạch chức năng, trung tâm xử lý tín hiệu và chương trình điều khiển cho vi điều khiển.

R S T

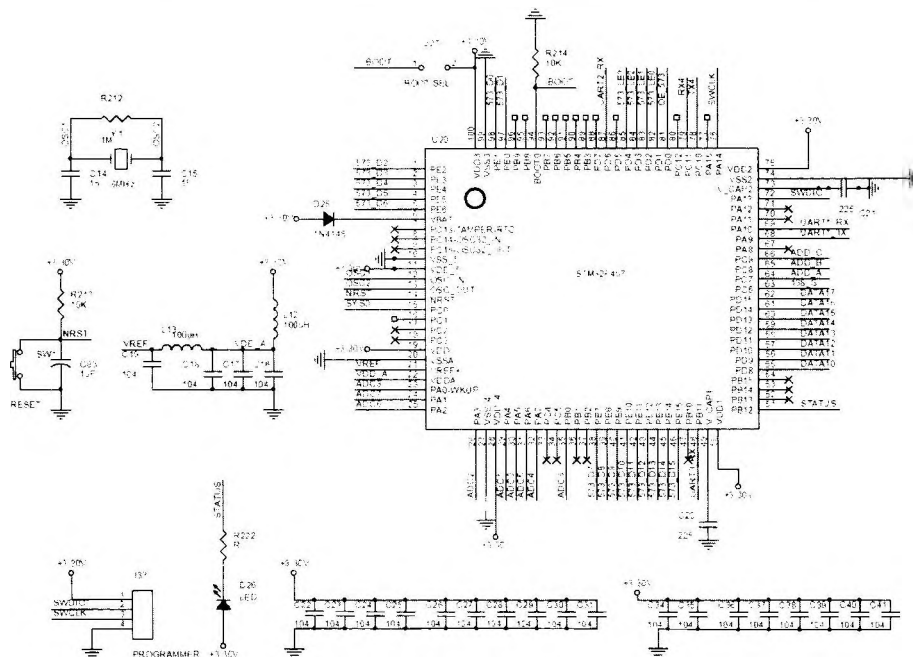


Hình 3.4: Cấu trúc phần đo lường điện áp máy phát điện

Để xác định điện áp đầu ra của máy phát điện, sử dụng máy biến điện áp TU để hạ áp từ điện áp dây 450 V xuống 1 V, rồi thông qua bộ khuếch đại Amp. đưa vào vi điều khiển Atmega128 để tính toán ra điện áp máy phát điện.

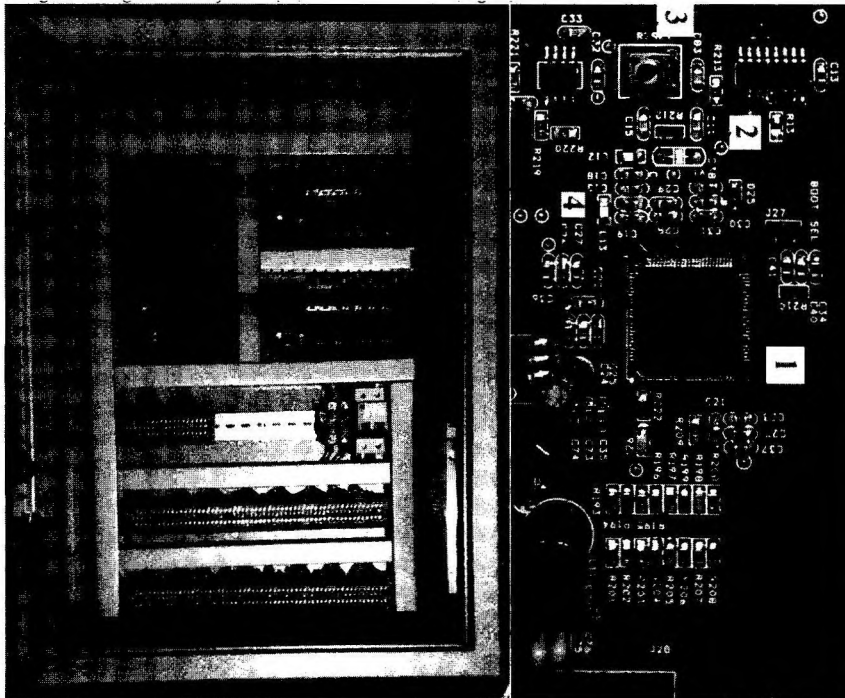


Hình 3.5: Mạch đo điện áp máy phát điện tàu thủy ứng dụng kỹ thuật số



Hình 3.6: Trung tâm xử lý, điều khiển tự động cho trạm phát điện chính tàu thủy ứng dụng kỹ thuật số

Hệ thống điều khiển tự động trạm phát điện chính tàu thủy đã được xây dựng theo cấu trúc đề xuất, trong đó trung tâm xử lý dữ liệu, điều khiển sử dụng bộ vi điều khiển ARM STM32F407.



Hình 3.7: Hệ thống điều khiển tự động số cho trạm phát điện chính tàu thủy

Sau khi xây dựng hệ thống điều khiển tự động số cho trạm phát điện chính tàu thủy và thử nghiệm chức năng hoạt động theo thuật toán hệ thống, kết quả cho thấy hệ thống hoạt động đúng chức năng và thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật đặt ra.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống điều khiển tự động cho trạm phát điện chính tàu thủy được thiết kế, sử dụng bộ điều khiển số đã nâng cao độ chính xác của các phép đo, so sánh, đơn giản hóa trong xây dựng cấu trúc, mềm hóa trong thuật điều khiển và đáp ứng tốt các yêu cầu kỹ thuật của hệ thống điều khiển tự động cho trạm phát điện chính tàu thủy. Kết quả nghiên cứu là tiền đề cho việc chế tạo, triển khai lắp đặt, thử nghiệm thực tế hệ thống điều khiển tự động số cho trạm phát điện chính tàu thủy, nhằm thay thế các sản phẩm ngoại nhập, chủ động trong khai thác và làm chủ công nghệ phục vụ cho ngành công nghiệp đóng tàu của Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

[1]. GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn, TS. Nguyễn Tiến Ban (2008), *Trạm phát và lưới điện tàu thủy*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Nikolay Djagarov, Zhivko Grozdev, Vencislav Varbev, Gabriel Predoi, Julia Djagarova, Milen Bonev, Hristo Milushev (2018), *Investigation of Dynamic Mode Operation of Ship's Electrical Power Systems by Simulation*, IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering.

[3]. Damir Radan (2008), *Integrated Control of Marine Electrical Power Systems*, Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology, Norway.

[4]. Mukund R. Patel (2012), *Shipboard Electrical Power Systems*, CRC Press.

[5]. Баранов А. П. (2005), *Судовые автоматизированные электроэнергетические системы*, Судостроение, Санкт - Петербург.

Ngày nhận bài: 29/11/2021

Ngày chấp nhận đăng: 10/12/2021

Người phản biện: PGS. TS. Trần Anh Dũng

PGS. TS. Vương Đức Phúc