

THÔNG BÁO KHOA HỌC

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PLC TRONG THIẾT KẾ
HỆ THỐNG CẢNH BÁO AN TOÀN CHO HỆ ĐỘNG LỰC TÀU CÁ**

**RESEARCH AND DESIGN OF WARNING SYSTEM
FOR FISHING VESSEL PROPULSION SYSTEM BASED ON PLC**

Đoàn Phước Thọ¹, Phùng Minh Lộc¹

Ngày nhận bài: 8/6/2018; Ngày phản biện thông qua: 25/6/2018; Ngày duyệt đăng: 29/6/2018

TÓM TẮT

Các hệ thống điều khiển tự động đóng một vai trò quan trọng trong khai thác tàu, nó đảm bảo cho tàu vận hành an toàn, hợp lý và tin cậy thông qua giám sát các thông số làm việc của máy móc thiết bị trên tàu. Cho đến nay, ở nước ta các hệ động lực trang bị trên tàu cá đa số còn đơn giản, không được trang bị các hệ thống điều khiển và cảnh báo, chưa đảm bảo an toàn sử dụng với các tàu đánh bắt xa bờ. Bài báo này trình bày thiết kế cho phép ứng dụng PLC, là thiết bị được sử dụng phổ biến trong các hệ thống điều khiển tự động công nghiệp, để xây dựng một hệ thống cảnh báo phù hợp có thể trang bị để cảnh báo an toàn cho hệ động lực trên tàu cá hiện nay. Sản phẩm chế tạo đã được kiểm nghiệm trên bệ thử và cho số liệu tin cậy so với thiết bị đo chuẩn.

Từ khóa: hệ động lực tàu cá, giám sát an toàn, hệ thống cảnh báo, PLC.

ABSTRACT

Automatic control systems keep an important role in the operation of ships, which ensure that ships operate safely, reasonably and reliably through monitoring of the working parameters of the machinery on board. Until now, in our country, the dynamics of fishing vessels are mostly simple, not equipped with control and warning systems, not safe for use with fishing vessels. This paper presents a design that allows the application of PLCs, which are commonly used devices to build automatic control systems in the industry today, to build a suitable warning system for the safety of propulsion system on the fishing vessels. Manufactured products have been tested on an engine test stand and provided reliable test data in comparison with standard gauge equipment.

Keywords: propulsion system, safety monitoring, warning system, PLC.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khai thác kỹ thuật hệ động lực đóng vai trò trọng yếu trong quá trình khai thác tàu. Việc lựa chọn chế độ khai thác sẽ quyết định đến tốc độ hành trình, đến độ tin cậy và tính kinh tế của hệ động lực tàu. Khai thác hiệu quả hệ động lực cần sử dụng hết công suất máy chính nhưng vẫn đảm bảo sự làm việc an toàn, độ tin cậy và tuổi thọ cho máy móc thiết bị. Để đáp ứng các yêu cầu trên cần phải loại trừ khả năng làm việc quá tải của hệ động lực bằng việc giám sát các thông số khai thác, các thông số này luôn phải nằm trong miền giá trị cho phép [2].

Hiện nay, đối với các tàu vận tải hiện đại, việc giám sát chế độ làm việc của hệ động lực

là tương đối dễ dàng, vì khi tàu xuất xưởng có đầy đủ các thông số kỹ thuật như: công suất và vòng quay lớn nhất, công suất và vòng quay định mức, vòng quay cộng hưởng, áp suất cháy cực đại, suất tiêu hao nhiên liệu định mức, nhiệt độ khí xả định mức ... Kèm theo đầy đủ thiết bị để giám sát các thông số công tác của hệ động lực như: công suất, mô men, tốc độ, tiêu hao nhiên liệu, áp suất, nhiệt độ... [3], [4].

Trước năm 1975, ở hệ thống điều khiển cổ điển, các phần tử điều khiển chủ yếu là các thiết bị chuyển mạch như: các relay trung gian, relay thời gian, công tắc tơ, bộ đếm... Các phần tử này sẽ được nối với nhau bằng dây dẫn cố định thông qua các hệ thống tiếp điểm kiểu song song hay nối tiếp. Trường hợp các hệ

¹ Khoa Kỹ thuật Giao thông, Trường Đại học Nha Trang

thống lớn, mạch điều khiển nhiều sẽ dẫn đến số lượng linh kiện lớn, dây dẫn nhiều, độ phức tạp cao hơn thì việc đấu dây trở nên rất khó khăn và dễ bị sai sót. Ngoài ra, khi muốn thực hiện các thay đổi chức năng của bộ điều khiển ta phải thay đổi lại cấu trúc cũng như sơ đồ đấu dây của bộ điều khiển đó [6].

Từ năm 1975, hệ thống PLC phát triển mạnh mẽ và được ứng dụng rộng khắp trong việc xây dựng các hệ thống điều khiển, với các chức năng mở rộng như: Số lượng ngõ vào, ngõ ra nhiều hơn và có khả năng điều khiển các ngõ vào, ngõ ra từ xa bằng kỹ thuật truyền thông, bộ lưu trữ dữ liệu nhiều hơn và tích hợp nhiều loại Module chuyên dùng hơn [5], [6].

So với hình thức điều khiển cổ điển, một hệ thống điều khiển bằng PLC có những tính năng vượt trội, như:

- Giảm đến 80% số lượng dây nối;
- Công suất tiêu thụ của PLC rất thấp;
- Khả năng tự chuẩn đoán do đó giúp cho việc sửa chữa được nhanh chóng và dễ dàng;
- Chức năng điều khiển thay đổi dễ dàng bằng thiết bị lập trình, khi không có các yêu cầu thay đổi các đầu vào ra thì không cần phải nâng cấp phần cứng;
- Giảm thiểu số lượng rơ le và bộ định thời so với hệ điều khiển cổ điển;
- Không hạn chế số lượng tiếp điểm sử dụng trong chương trình;
- Thời gian để một chu trình điều khiển hoàn thành chỉ mất vài ms, điều này làm tăng tốc độ và năng suất PLC;
- Chương trình điều khiển có thể được in ra giấy chỉ trong thời gian ngắn giúp thuận tiện cho vấn đề bảo trì và sửa chữa hệ thống;
- Chức năng lập trình dễ dàng, ngôn ngữ lập trình dễ hiểu, dễ học;
- Kích thước nhỏ gọn, dễ dàng bảo quản, sửa chữa.
- Dung lượng chương trình lớn để có thể chứa được nhiều chương trình phức tạp;
- Dễ dàng kết nối được với các thiết bị thông minh khác như: máy tính, kết nối mạng Internet, các Modul mở rộng.

Ngoài ra các PLC còn cho phép hoạt động trong môi trường khắc nghiệt, tất các các khối

đều được bảo vệ điện áp, chống nhiễu, các bộ đệm, các khối cách ly; độ tin cậy, tỉ lệ hư hỏng rất thấp; thay thế và hiệu chỉnh chương trình dễ dàng, dễ nâng cấp các thiết bị ngoại vi hay mở rộng số lượng đầu vào và đầu ra [1], [5], [6].

Ở nước ta hiện nay, hệ động lực tàu cá hầu như chỉ gồm: máy chính, hộp số và chân vịt định bước. Máy chính thường là máy cũ, thiếu thiết bị giám sát. Ngư dân không được trang bị đầy đủ về kiến thức vận hành máy tàu nên không kiểm soát được sự cố, điều này đặc biệt nguy hiểm khi tàu đang khai thác xa bờ. Vì vậy, nghiên cứu ứng dụng PLC để xây dựng các hệ thống điều khiển tự động trang bị của hệ động lực tàu cá có ý nghĩa đặc biệt trong việc nâng cao chất lượng làm việc, độ an toàn, tin cậy và tính kinh tế.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu:

- Cấu trúc chức năng của PLC và cách thức lập trình cho PLC để xây dựng ứng dụng điều khiển tự động phù hợp với điều kiện làm việc của hệ động lực tàu cá;
- Các thông số vận hành cho phép cảnh báo sự cố kỹ thuật cho hệ động lực tàu cá.

2. Phương pháp nghiên cứu:

Kết hợp giữa lý thuyết với thực nghiệm.

- Dựa trên khảo sát các thiết bị điều khiển tự động và giám sát an toàn được sử dụng trên các tàu thủy nhằm xác định công nghệ, phương thức giám sát và các thông số cảnh báo cần thiết;
- Các thông số cảnh báo sẽ được chọn lọc lại phù hợp với đối tượng nghiên cứu trên cơ sở tổng hợp nghiên cứu lý thuyết, kết quả thống kê các sự cố của hệ động lực tàu cá và số liệu thu thập từ thực nghiệm kiểm chứng mối quan hệ giữa thông số cảnh báo và sự cố của thiết bị động lực;
- Nghiên cứu lựa chọn PLC tương thích với điều kiện làm việc và các chức năng cần thiết của thiết bị cảnh báo sự cố cho hệ động lực tàu cá, có đối chiếu so sánh với các công nghệ đã trang bị trên tàu thủy;
- Tính đúng đắn của thiết kế, khả năng làm việc an toàn, sự tin cậy của các trang thiết bị điện tử như cảm biến và PLC sẽ được kiểm

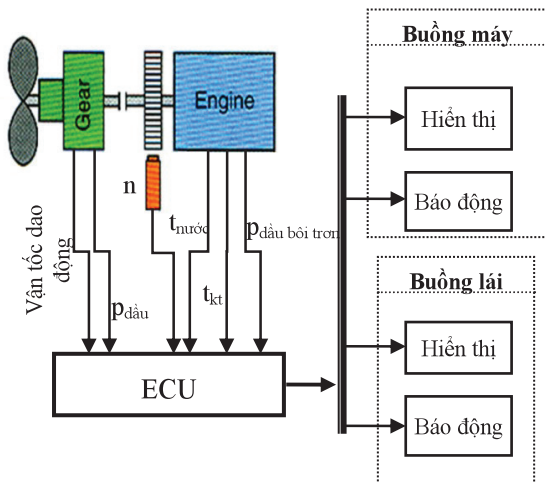
chúng trên bệ thử với động cơ Yanmar - 4CH, hệ truyền động và phanh thủy lực Dynamite có tại phòng thực hành Máy tàu, trường Đại học Nha Trang. Động cơ Yanmar là một trong những động cơ thủy được sử dụng nhiều trên các tàu cá, có các thông số kỹ thuật phù hợp cho nghiên cứu.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Sơ đồ cấu trúc hệ thống cảnh báo

Sơ đồ chức năng của hệ thống cảnh báo như Hình 1. Các thông số cảnh báo bao gồm:

Nhiệt độ nước làm mát: là yếu tố ảnh hưởng đến đến chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, tuổi thọ động cơ. Nếu nhiệt độ nước vượt quá giá trị cho phép sẽ làm gia tăng sự bốc hơi nước, giảm hiệu quả làm mát, gây biến dạng nhiệt, giảm độ nhớt của dầu bôi trơn làm phá vỡ trạng thái làm việc bình thường của các cặp ma sát dẫn đến những sự cố nghiêm trọng trong vận hành.



Hình 1. Sơ đồ chung hệ thống cảnh báo hệ động lực tàu cá

Tốc độ quay động cơ: là thông số quan trọng thể hiện mức độ phát công suất của động cơ và tải trọng quán tính khi gia tốc và trong trường hợp động cơ làm việc ở vùng vòng quay lớn. Ngoài ra, tốc độ quay còn là thông số đối chiếu cho các thông số nhiệt độ khí xả, áp suất dầu bôi trơn trong quá trình làm việc của động cơ.

Áp suất dầu bôi trơn: Các chi tiết chịu ma sát luôn được bôi trơn dưới áp suất do bơm dầu bôi trơn tạo ra. Nếu áp suất này không nằm trong dải giá trị nhất định, sẽ dẫn đến hiện

tượng bó kẹt séc măng, phá hủy xy lanh và các chi tiết thuộc cơ cấu truyền lực hoặc thậm chí là bó trục khuỷu.

Áp suất dầu hộp số: Dầu hộp số thực hiện vai trò chủ đạo trong hệ thống van và piston thủy lực điều khiển hoạt động của hộp số. Sự tụt áp dầu dẫn đến lực ép không đủ lớn, khiến các tấm ma sát bị trượt không truyền đủ mô men, gây khó chuyển số hoặc kẹt số. Ngoài ra, dầu còn làm nhiệm vụ bôi trơn, làm sạch và làm mát.

Dao động hệ động lực: Tất cả các máy và cụm các chi tiết máy khi chuyển động đều gây ra các dao động tại một dải tần số nào đó. Các tần số dao động này có thể xác định từ đặc tính hình học của các chi tiết máy. Khi máy móc có hiện tượng bất thường, chúng sẽ làm thay đổi biên độ và tần số của dao động. Nếu giám sát được dao động của hệ động lực thì có thể dự báo sự cố sẽ xảy ra, từ đó chủ động phòng ngừa và xây dựng lịch sửa chữa bảo dưỡng.

2. Lựa chọn các phần tử chính

Các phần tử được lựa chọn phải thỏa mãn các yêu cầu về độ bền và độ tin cậy theo tiêu chuẩn. Theo đó, các bộ phận của thiết bị chế tạo bằng vật liệu phù hợp có độ bền cao, có độ chính xác đảm bảo được kín khí trong lắp đặt, chống ô xy hóa trong môi trường độ ẩm lớn, có hơi muối và hơi dầu, phải đảm bảo làm việc tốt trong môi trường khắc nghiệt trên tàu, chịu được nhiệt độ cao và các chấn động do hiện tượng lắc của tàu trên sóng. Các cảm biến và mạch điều khiển phải có đặc tính kỹ thuật thích hợp với các thông số cần bảo vệ, dễ dàng lắp đặt, bảo dưỡng và nâng cấp. Chương trình cảnh báo phải có giao diện phù hợp để sử dụng và cho phép cài đặt lại ở các ngưỡng khác nhau phù hợp với các chủng loại máy chính tàu cá.

Để thỏa mãn các yêu cầu nêu trên, các phần tử của hệ thống cảnh báo được lựa chọn gồm: PLC Siemens S7 - 1200, cảm biến nhiệt độ Thermocouple (loại K), cảm biến áp suất dầu bôi trơn SEN - 96010B075A0 của hãng KO-BOLD (Germany), cảm biến áp suất dầu hộp số được sử dụng là RIB100-H-15-C-05-D-G của hãng RIELS (Italy), cảm biến đo dao động được sử dụng là cảm biến VKV021 của hãng IFM (Germany).



Hình 2. Các cảm biến đo nhiệt độ, áp suất và dao động sử dụng cho hệ động lực tàu cá

3. Thiết kế mạch điện

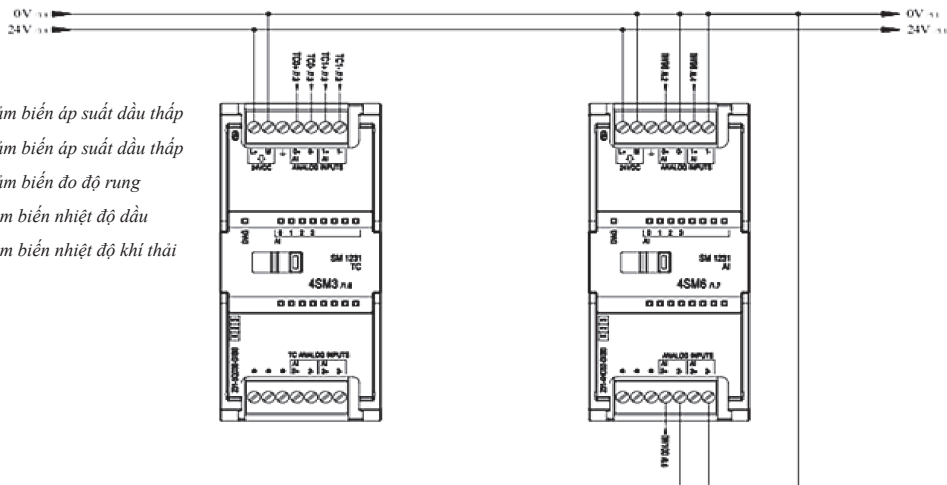
Việc sử dụng công nghệ PLC để xây dựng hệ thống cảnh báo cho phép đơn giản hóa việc

thiết kế mạch điện của hệ thống điều khiển trung tâm. Phần cứng của hệ thống cảnh báo gồm 3 khối chính: Module điều khiển trung tâm, module hiển thị HMI; Module SM1231 của hãng SIEMENS dùng để đọc tín hiệu từ cảm biến áp suất và cảm biến dao động có ngõ vào 4-20 mA và Module SM1231 TC dùng để đọc tín hiệu Analog từ các cặp nhiệt điện.

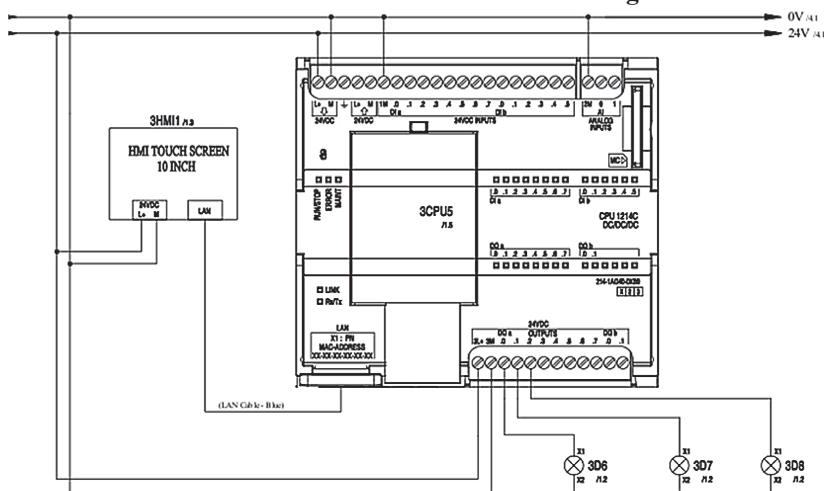
Các module này đã được chuẩn hóa nên việc kết nối và sử dụng không còn phức tạp như trường hợp sử dụng các linh kiện điện tử.

Vì vậy, việc thiết kế mạch điện cho hệ thống cũng không quá phức tạp. Các kết nối chủ yếu là đầu nối dây tín hiệu về từ các cảm biến; đầu nối dây đầu ra về đèn còi; đầu nối dây tín hiệu giữa các module với nhau. Hình 3 thể hiện các kết nối cơ bản của mạch điện thiết bị.

- IW96: Tín hiệu cảm biến áp suất dầu thấp
- IW96: Tín hiệu cảm biến áp suất dầu thấp
- IW96: Tín hiệu cảm biến đo độ rung
- TC0: Tín hiệu cảm biến nhiệt độ dầu
- TC1: Tín hiệu cảm biến nhiệt độ khí thải



Hình 3a. Bản vẽ kết nối module Analog



Hình 3b. Bản vẽ kết nối PLC và HMI

4. Xây dựng chương trình điều khiển và hiển thị

Xây dựng chương trình cho hệ thống điều khiển gồm 2 phần:

Xây dựng giao diện người - máy: cho phép người sử dụng tương tác trực tiếp với hệ thống điều khiển thông qua màn hình LCD, tạo khả năng làm việc mềm dẻo của hệ thống. Thông qua màn hình LCD người sử dụng có thể thay đổi hoặc hiệu chỉnh các thông số, các giá trị cài đặt phù hợp với các hệ động lực sử dụng trên các tàu khác nhau.

Chương trình PLC cho phần cứng: có nhiệm vụ thu thập các thông số vận hành từ các cảm biến, tính toán chuyển đổi và so sánh với các giá trị cài đặt, chuyển thông tin ra màn hình hiển thị và báo động khi giá trị vượt ngưỡng cho phép.

Chương trình được viết bằng phần mềm chuyên dụng và được nạp vào module điều khiển trung tâm. Hình 4 là giao diện chính của chương trình và giải thuật làm việc cho phần cứng.

Màn hình giao diện chính bao gồm:

Hiển thị giá trị của các cảm biến của hệ thống:

- Nhiệt độ nước (Water_Temp)
- Nhiệt độ khí xả (Em_Temp)
- Áp suất dầu bôi trơn (Oil Machine Pres-



Hình 4. Màn hình giao diện của chương trình điều khiển

sure)

- Áp suất dầu của hộp số (Oil Gear Pressure)

- Dao động (Vibration)

Các nút nhấn để đi đến các màn hình khác:

- LOGIN: đến màn hình đăng nhập/Đăng xuất

- SUPPORT: đến màn hình hỗ trợ kỹ thuật

- TREND VIEW: đến màn hình giám sát bằng đồ thị

- ALARM: đến màn hình hiển thị lỗi và cảnh báo

- SETTING: đến màn hình cài đặt

- CALIB: đến màn hình hiệu chỉnh các cảm biến

Với chương trình thu thập và xử lý dữ liệu, trình tự thiết kế được thực hiện theo các bước sau:

1. Trên cơ sở giản đồ thời gian hay lưu đồ thuật toán, dựa theo bài toán công nghệ đã phân tích sẽ tiến hành phân chia địa chỉ vào/ra, thiết lập những vùng nhớ dữ liệu để phục vụ cho quá trình xử lý dữ liệu. Liệt kê ra các bộ đếm, bộ định thời cần thiết để sử dụng trong chương trình, các bit, byte... trong vùng những nhớ đặc biệt. Liệt kê các chương trình xử lý ngắt, chương trình con...;

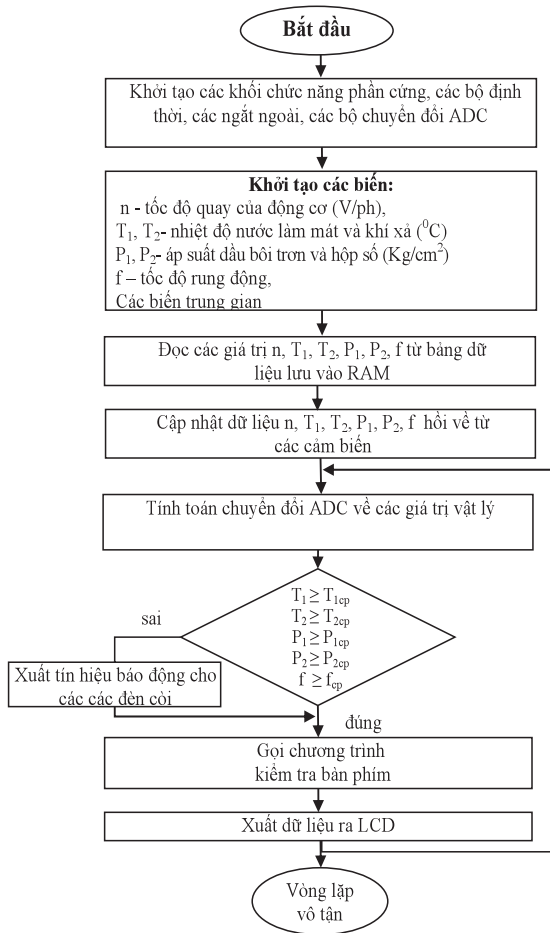
2. Tiến hành biên dịch từ giản đồ thời gian hay lưu đồ thuật toán sang ngôn ngữ của PLC;

3. Sử dụng phần mềm PLCsim cho S7-1200 hoặc giả lập các tín hiệu đầu vào để chạy thử chương trình ở chế độ offline. Trên cơ sở đó sẽ xem xét và đánh giá mức độ tối ưu của chương trình. Chương trình cần phải được viết ngắn gọn, dễ hiểu (nhất là các chương trình xử lý ngắt) và tin cậy, và đặc biệt là cần phải có các chương trình xử lý sự cố phát sinh.

Giải thuật chính của chương trình thể hiện trên Hình 5.

5. Kết quả thử nghiệm

Nội dung thử nghiệm bao gồm: kiểm tra sự làm việc ổn định của hệ thống, kiểm tra đối chiếu sai số của các thông số cảnh báo với thiết bị kiểm chuẩn, kiểm tra tín hiệu báo động khi thông số vượt ngưỡng vận hành an toàn. Bảng 1 đến 5 trình bày kết quả kiểm tra trên bộ thử nghiệm.



Hình 5. Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển chính

Bảng 1. Kết quả đo nhiệt độ khí xả

Chế độ đo	Giá trị hiển thị của thiết bị chế tạo (°C)	Giá trị đọc của thiết bị kiểm chứng (°C)	Độ lệch tương đối δ (%)
1	121,7	121,5	0,16
2	182,2	181,9	0,16
3	206,1	205,9	0,10
4	236,8	237,1	0,12
5	251,7	251,9	0,12

Bảng 2. Kết quả đo nhiệt độ nước làm mát

Chế độ đo	Giá trị hiển thị của thiết bị chế tạo (°C)	Giá trị đọc của thiết bị kiểm chứng (°C)	Độ lệch tương đối δ (%)
1	39,5	39,7	0,50
2	45,1	44,9	0,40
3	55,7	55,4	0,50
4	63,6	63,7	0,20
5	67,7	68,1	0,60

Bảng 3. Kết quả đo vận tốc dao động

Chế độ đo	Giá trị hiển thị của thiết bị chế tạo (mm/s)	Giá trị đọc của thiết bị kiểm chứng (mm/s)	Độ lệch tương đối δ (%)
1	23,9	24,2	1,2
2	13,0	13,4	3,0
3	9,0	9,2	2,2
4	5,9	6,1	3,3
5	3,2	3,3	3,0

Bảng 4. Kết quả đo áp suất dầu bôi trơn động cơ

Chế độ đo	Giá trị hiển thị của thiết bị chế tạo (bar)	Giá trị đọc của thiết bị kiểm chứng (bar)	Độ lệch tương đối δ (%)
1	0,38	0,40	5,00
2	0,56	0,54	4,00
3	0,66	0,67	1,50
4	0,98	1,00	2,00
5	1,35	1,36	0,70

Bảng 5. Kết quả đo áp suất dầu hộp số

Chế độ đo	Giá trị hiển thị của thiết bị chế tạo (bar)	Giá trị đọc của thiết bị kiểm chứng (bar)	Độ lệch tương đối δ (%)
1	1,36	1,39	2,10
2	1,60	1,61	1,60
3	2,10	2,11	0,90
4	2,52	2,50	1,03
5	2,85	2,84	0,50

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc ứng dụng PLC để xây dựng các hệ thống cảnh báo an toàn cho hệ động lực tàu cá là khả thi. PLC được thiết kế làm việc trong môi trường khắc nghiệt hoàn toàn đáp ứng các điều kiện làm việc trên tàu. Các thử nghiệm ban đầu trên bộ thử cho thấy, sử dụng PLC thu thập đầy đủ, ổn định các tín hiệu vận hành của hệ động lực. Cấu trúc phần cứng của PLC là phù hợp với thông số vận hành của hệ động lực, sai số giữa thiết bị kiểm chứng và hệ thống cảnh báo trong vùng cho phép.

Thiết kế trên có thể được áp dụng để chế tạo các hệ thống cảnh báo an toàn cho hệ động lực tàu cá trong quá trình làm việc. Với những tính năng phù hợp như: có các thông số cảnh báo đơn giản; lắp đặt dễ dàng; có giá thành không quá cao phân nào đáp ứng được yêu cầu về vận

hành; giải thuật và giao diện chương trình có tính mềm dẻo cao, có thể dễ dàng thay đổi cài đặt các giá trị cảnh báo phù hợp với các chủng loại hệ động lực tàu cá.

Sử dụng PLC cho phép mở ra một hướng hiệu quả trong xây dựng các hệ thống điều khiển điện tử trong các hệ thống điều khiển tự động ứng dụng trên tàu vốn được chế tạo và cung cấp bởi các công ty độc quyền trên thế giới. Sử dụng PLC cũng cho phép việc tiếp cận mềm dẻo hơn, cho phép người thiết kế chủ động với công nghệ, dễ dàng thay đổi phương án và chương trình điều khiển với các yêu cầu đa dạng của máy móc thiết bị trên tàu. Tuy nhiên, để có thể mở rộng ứng dụng của các hệ thống điều khiển bằng PLC cần có thêm thời gian thử nghiệm trên biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Đình Lập trình PLC S7 1200, 2015. Đại học Công nghiệp Hà Nội.
2. Lương Công Nhớ, KS Đặng Văn Tuấn, 2004. Khai thác hệ động lực tàu thủy. Trường đại học Hàng hải.
3. Đặng Văn Uy. Hệ thống tự động hệ động lực tàu thủy, 2004. Trường đại học Hàng hải.
4. Asgeir J. Sørensen, Marine Control Systems, 2013. Norwegian University of Science and Technology.
5. Siemens SIMATIC S7-1200 Programmable controller. System Manual
6. <https://plcmitsubishi.vn/nhung-uu-diem-va-ung-dung-cua-plc-trong-cong-nghiep/>