

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN NHẪM THAY THẾ  
BỘ ĐIỀU KHIỂN CC2000 CỦA HÃNG MACGREGOR  
RESEARCH AND DESIGN THE CONTROLLER TO REPLACE CC2000  
CONTROLLER OF MACGREGOR

LÊ VĂN TÂM\*, ĐỖ KHẮC TIỆP, ĐẶNG ĐÌNH PHÚC

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

\*Email liên hệ: lamlv.ddt@vimaru.edu.vn

**Tóm tắt**

Bài báo đề cập tới vấn đề nghiên cứu, thiết kế, chế tạo bộ điều khiển, giám sát cho hệ thống cần cẩu trên tàu biển sử dụng bộ điều khiển khả trình PLC (Programmer Logic Controller) và màn hình cảm ứng HMI (Human Machine Interface). Thiết kế tủ điều khiển, lắp đặt, chạy thực nghiệm trên hệ thống thực để thực hiện điều chỉnh các thông số sao cho hệ thống hoạt động đúng chức năng và đảm bảo tính kỹ thuật, đánh giá một cách khách quan nhất để có thể tiến tới thay thế bộ điều khiển CC2000 cho cần cẩu của hãng MacGREGOR trên tàu thủy, nhằm tiết kiệm chi phí, giảm thiểu thời gian chờ cấp thiết bị khi bị sự cố, tiến tới làm chủ trang bị kỹ thuật và dịch vụ kỹ thuật tốt hơn tới người sử dụng, và tiến tới nội địa hóa trang thiết bị trong công nghiệp sửa chữa cũng như đóng tàu thủy.

**Từ khóa:** Bộ điều khiển, giám sát CC2000 hãng MacGREGOR, bộ điều khiển PLC và HMI.

**Abstract**

The article refers to the problem of research, design, and manufacturing of controllers and monitors for crane systems on ships using PLC (Programmer Logic Controller) and HMI (Human Machine Interface). Design control cabinets, install, and run experiments on real systems to adjust parameters so that the system functions properly ensure technicality, evaluate in the most objective way possible. Moving forward to replace the CC2000 controller of MacGREGOR cranes on ships, aiming to save costs, minimize waiting time for equipment supply, master techniques and provide better technical services to users, and move towards localization of equipment in the shipbuilding and repair industry

**Keywords:** Controller and Monitoring CC2000 of MacGREGOR manufacturer, PLC and HMI controller.

**1. Đặt vấn đề**

Hệ thống cần cẩu trên tàu biển có nhiệm vụ bốc dỡ hàng hoá, rút ngắn thời gian đầu bến của tàu, nâng cao năng suất, hiệu quả kinh tế đầu tư, đặc biệt tính năng an toàn, tin cậy, chính xác trong hệ thống cũng được chú trọng. Chính vì điều đó, đã có rất nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học về vấn đề này và một số công trình tiêu biểu được trình bày như dưới đây.

Trong nghiên cứu [1], S.C. Duong và các cộng sự đã nghiên cứu sự vận chuyển thiết bị mang tải đến vị trí mới thành công cần giảm thiểu sự dao động của mã hàng trên móc cẩu.

Công bố [2], Cheng Liu nghiên cứu chuyển động của cần trục khi bị dao động quá mức sẽ ảnh hưởng đến chất lượng, hiệu quả và an toàn. Ngoài ra còn ảnh hưởng đến năng suất làm hàng và tăng chi phí khi sửa chữa hệ thống

Trong tài liệu [3], H. Saeidi chỉ ra rằng các chế độ điều khiển vòng hở thường được áp dụng rộng rãi trong quá trình kiểm soát sự dao động của thiết bị làm hàng với chi phí thấp. Tuy nhiên trong công bố [4], [5] H.M. Omar lại cho thấy nhược điểm của chế độ điều khiển vòng hở bị ảnh hưởng nhiều của nhiễu loạn bên ngoài và trong chế độ điều khiển có phản hồi mang lại kết quả tốt hơn và ít bị ảnh hưởng của nhiễu loạn.

Và hiện nay, các hệ thống làm hàng trên đội tàu biển Việt Nam được nhập từ nhiều hãng nước ngoài khác nhau, rất đa dạng về chủng loại và các bộ điều khiển thường được chế tạo từ các vi điều khiển, linh kiện điện tử điển hình như: Bộ điều khiển CC2000 hãng MacGREGOR (Thụy Điển), bộ điều khiển hãng TTS (Đức).

Đặc điểm của các bộ điều khiển cho hệ thống làm hàng trên tàu thủy thường được đặt tại vị trí buồng chứa trên trụ cầu, nơi có nồng độ hơi dầu, muối và đặc biệt có nhiệt độ môi trường thay đổi trong phạm vi lớn. Điều này dẫn đến các bộ điều khiển được xây dựng trên nền các vi xử lý lắp đặt tàu biển thường có tuổi thọ ngắn, độ tin cậy thấp dẫn đến

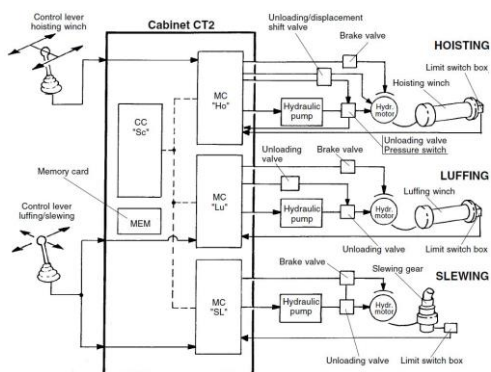
hiệu suất hoạt động thấp. Ngoài ra, các hệ thống thường được nhập khẩu từ nước ngoài nên khi gặp trục trặc, sự cố thì sẽ gặp khó khăn về dịch vụ kỹ thuật và đặc biệt là thời gian xử lý sự cố chậm ảnh hưởng đến hoạt động của tàu và khi đó chi phí về vấn đề kỹ thuật cài đặt, chỉnh định hệ thống mỗi khi thay thế có giá thành rất cao.

Xuất phát từ vấn đề đó việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo mới bộ điều khiển, giám sát hệ thống cần cầu nhằm thay thế bộ điều khiển CC2000 của hãng MacGREGOR trên tàu biển sẽ đảm bảo tính chủ động về thời gian, giá cả, và đồng thời làm chủ được vấn đề kỹ thuật khi có hỏng hóc xảy ra.

## 2. Cấu trúc, nguyên lý bộ điều khiển CC2000 hãng MacGREGOR

### 2.1. Cấu trúc hệ điều khiển cần cầu

Cấu trúc hệ thống điều khiển, giám sát CC2000 hãng MacGREGOR được mô tả như trên Hình 1, chúng bao gồm [6].



Hình 1. Cấu trúc hệ thống cần cầu hãng MacGREGOR

- Bộ điều khiển trung tâm Control Unit (CC2000) bao gồm: Vi điều khiển trung tâm, cho phép ghép nối với màn hình hiển thị O/P và 03 vi I/O cho 3 cơ cấu điều khiển.

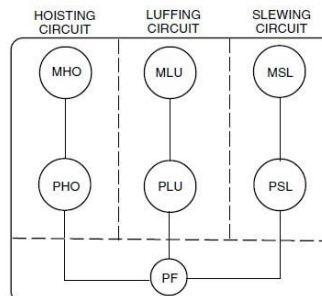
- Tủ điều khiển động lực: Thực hiện cấp nguồn cho động cơ lai bơm thủy lực tạo nguồn thủy lực cao áp để thực hiện điều khiển các cơ cấu của cần cầu.

- Hệ các van điều khiển: Để điều khiển các cơ cấu, hệ thống sử dụng các van Điện - thủy lực kiểu PWM, mỗi cơ cấu sử dụng 02 van PWM để điều khiển cơ cấu hoạt động theo 2 chiều lên, xuống, quay phải, quay trái,... Các van này được điều khiển từ bộ điều khiển trung tâm.

- Hệ thống liên động và hãm sấy dầu thủy lực.
- Hệ thống các cảm biến và các tín hiệu vào ra.

### 2.2. Nguyên lý hoạt động hệ điều khiển cần cầu

Hệ thống điều khiển cần cầu hãng MacGREGOR thuộc loại điều khiển điện - thủy lực, chúng gồm 3 cơ cấu có hệ thủy lực cấu trúc như Hình 2.



Hình 2. Cấu trúc hệ thủy lực cần cầu MacGREGOR

Cấu trúc hệ thủy lực cần cầu gồm: Mạch thủy lực cơ cấu nâng hạ hàng, mạch thủy lực nâng hạ cần, mạch thủy lực quay mâm, mạch bổ sung và thu hồi dầu thủy lực, và có thể coi ba hệ thống thủy lực cho 3 cơ cấu chính được lắp đặt và làm việc “độc lập” nhau.

Hệ thống gồm 3 cơ cấu có thể coi hoạt động độc lập nhau và hoạt động của chúng có thể tương đương nhau về chức năng.

Nguyên lý hoạt động của cơ cấu nâng hạ hàng diễn ra như sau: Khởi động động cơ lai bơm thủy lực, khi đó dầu thủy lực sẽ được bơm thủy lực của cơ cấu nâng hạ hàng hút dầu từ két cấp lên hệ thống đường ống thủy lực mạch nâng hạ hàng và các cơ cấu hệ thống, tuần hoàn về két. Lúc này các mạch không chế giám sát áp lực, nhiệt độ dầu sẽ được đưa vào làm việc để đảm bảo hệ thống có thông số làm việc ổn định, và lúc đó sẽ không có tín hiệu cảnh báo nào được phát ra. Khi người vận hành điều khiển giả sử đưa tay đến vị trí nâng hàng, khi đó sẽ có tín hiệu điều khiển sẽ được đưa tới bộ xử lý trung tâm và sẽ xuất tín hiệu điều khiển van điện - thủy lực (van PWM) tương ứng với chiều nâng hàng, đồng thời có tín hiệu mở phanh thủy lực cho cơ cấu, dầu thủy lực sẽ được cấp đến động cơ thủy lực để quay trống tời theo chiều nâng hàng, tốc độ nâng hàng sẽ tỷ lệ thuận theo tín hiệu tay điều khiển. khi để tay về vị trí “ZERRO” thì tín hiệu điều khiển sẽ mất và cơ cấu sẽ được dừng lại. Quá trình trình điều khiển theo chiều hạ hàng sẽ diễn ra tương ứng theo chiều ngược lại.

Quá trình hoạt động cơ cấu nâng hạ cần, quay mâm cũng diễn ra tương tự cơ cấu nâng hạ hàng.

Trong quá trình điều khiển sẽ có một số tín hiệu liên động giữa 3 cơ cấu với nhau như: Quá tải nâng hạ hàng, chùng móc nâng hạ hàng, cần quá cao.

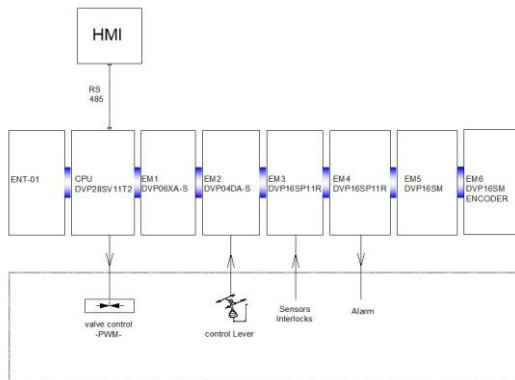
### 2.3. Nhận xét

Hệ thống điều khiển cần cầu với bộ điều khiển CC2000 của hãng MacGREGOR được xây dựng trên nền kiến trúc các bộ vi điều khiển, các linh kiện điện tử bán dẫn đã hoạt động tốt với hiệu suất cao. Tuy nhiên tuổi thọ các bộ điều khiển trên không cao nhất là lại hoạt động trong môi trường tàu thủy có điều kiện hoạt động khắc nghiệt và nhất là dải nhiệt độ làm việc rộng từ  $-50^{\circ}\text{C}$  đến  $+50^{\circ}\text{C}$  làm cho chúng làm việc không ổn định, dẫn đến quá trình khai thác vận hành khó khăn nhất là khi cần cài đặt lại các tham số lại phụ thuộc vào hãng sản xuất. Vì lý do nêu trên, bài báo sẽ đề xuất về việc nghiên cứu, xây dựng, chế tạo bộ điều khiển mới cho hệ thống cần cầu sử dụng các thiết bị khả trình - PLC và màn hình giao diện người máy - HMI sẵn có trên thị trường.

## 3. Nghiên cứu, thiết kế, xây dựng hệ điều khiển, giám sát hệ thống cần cầu

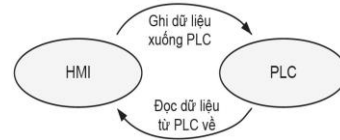
### 3.1. Cấu trúc hệ điều khiển, giám sát hệ thống cần cầu trên nền tảng PLC-HMI

Cấu trúc hệ thống điều khiển hệ cần cầu đề xuất sử dụng PLC-HMI như Hình 3 [7, 8].

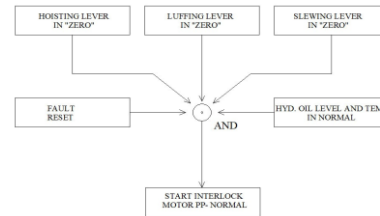


Hình 3. Cấu trúc hệ cần cầu đề xuất

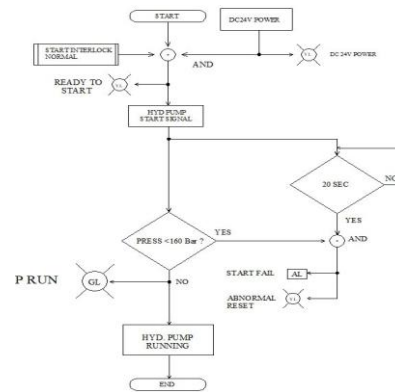
Cấu trúc gồm: Màn hình cảm ứng HMI được thiết kế để giám sát các thông số điều khiển, cho phép người vận hành tương tác với bộ điều khiển thông qua giao diện được xây dựng trên màn hình cảm ứng, cho phép giám sát tất cả các trạng thái điều khiển, các quá trình hoạt động của hệ thống, hiển thị, lưu trữ các cảnh báo, báo động của hệ thống. Ngoài ra còn cho phép người vận hành có thể cài đặt, thay đổi các tham số điều khiển quá trình sao cho phù hợp nhất với thực trạng hoạt động của thiết bị trong môi trường hoạt động khác nhau.



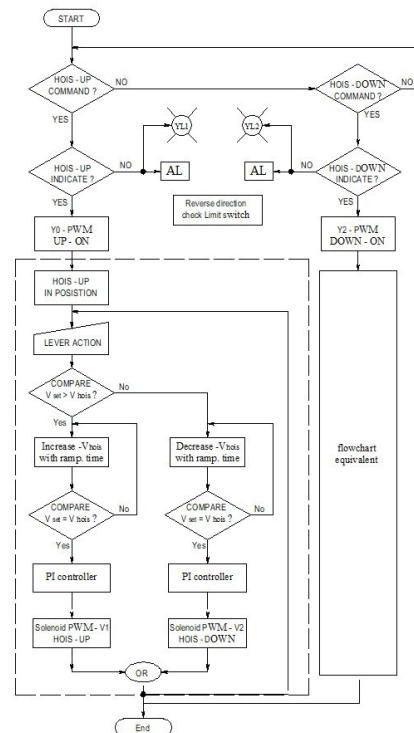
Hình 4. Thuật toán trao đổi dữ liệu giữa PLC với HMI



a. Thuật toán liên động khởi động động cơ điện



b. Thuật toán khởi động động cơ điện



c. Thuật toán điều khiển cho cơ cấu nâng hạ hàng

Hình 5. Thuật toán hệ điều khiển cần cầu

Bộ điều khiển khả trình - PLC được thiết kế, chế tạo để thay thế cho bộ điều khiển trung tâm và các vi thu thập tín hiệu vào ra trong hệ thống điều khiển cần cầu hãng MacGREGOR và trao đổi dữ liệu với màn hình giao diện người máy - HMI theo thuật toán trao đổi dữ liệu như Hình 4.

Bộ điều khiển CPU-PLC thực hiện các chức năng: Thu nhận các tín hiệu vào ra từ các cảm biến ngoại vi như áp suất, tốc độ, đồng thời xuất tín hiệu ra điều khiển quá trình hoạt động của hệ thống thông qua phần tử thực hiện là các van điện - thủy lực kiểu PWM, và truyền/nhận dữ liệu với màn hình HMI thông qua chuẩn truyền thông Modbus RS485 [7-9].

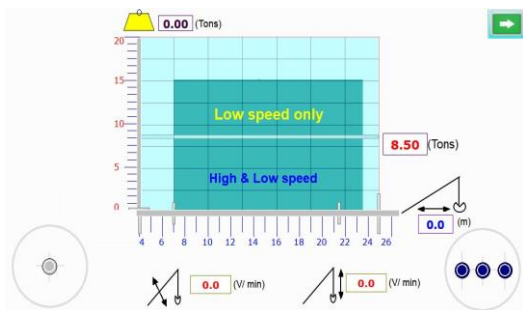
**3.2. Xây dựng thuật toán điều khiển, giám sát**

Thuật toán điều khiển hệ thống cần cầu theo nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển CC2000 hãng MacGREGOR được đưa ra như lưu đồ Hình 5.

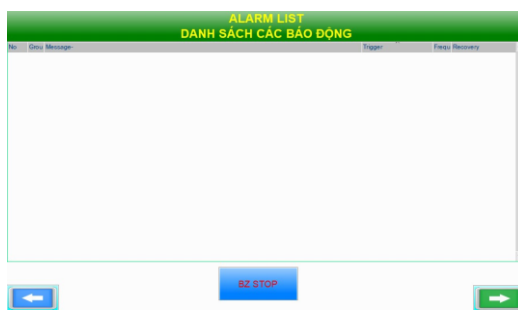
Việc xây dựng thuật toán điều khiển cho 02 cơ cấu còn lại của hệ thống cần cầu được xây dựng tương đương.

**3.3. Xây dựng giao diện điều khiển, giám sát hệ thống cần cầu trên màn hình HMI**

Dựa trên cấu trúc điều khiển, giám sát hệ thống cần cầu và quá trình tương tác điều khiển, giao diện màn hình điều khiển giám sát được xây dựng như Hình 6 [6], [8], [9].



a. Màn hình điều khiển chính

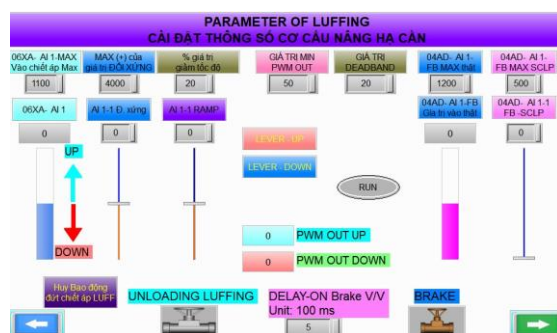


b. Màn hình hiển thị các thông số báo động

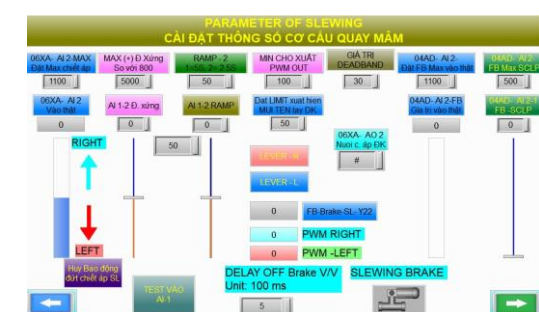
**Hình 6. Màn hình điều khiển và giám sát**



a. Màn hình cài đặt tham số cơ cấu nâng hạ hàng



b. Màn hình cài đặt tham số cơ cấu nâng hạ càn



c. Màn hình cài đặt tham số cơ cấu quay mâm



d. Mô hình chế tạo cho thực nghiệm

**Hình 7. Mô hình thực nghiệm hệ thống**

Giao diện giám sát được thiết kế với 3 trang màn hình chủ đạo: Trang màn hình chính với giao diện giám sát tương đương hãng MacGREGOR, trên màn hình hiển thị các thông số hệ thống điều khiển như: Vùng làm việc, tốc độ chuyển động của các cơ cấu, Giá trị hiển thị tải trọng móc hàng, trạng thái các tay điều khiển. Trang màn hình ALARM HISTORY sẽ lưu trữ tất cả các thông số báo động, bảo vệ xảy ra trong quá trình hoạt động và chỉ rõ bao gồm ngày, giờ, tên các báo động đã xảy ra, các báo động đã được reset và chưa được reset. Ngoài ra còn có các trang màn hình cài đặt các tham số điều khiển, cho phép thay đổi, cài đặt lại các tham số điều khiển (ví dụ như: Thời gian điều khiển trễ các van điện từ, ngưỡng báo động, bảo vệ cho các tham số).

#### 4. Mô hình thực nghiệm hệ thống

Sau khi thiết kế bộ điều khiển mới, lập trình chương trình điều khiển cho PLC và thiết kế giao diện giám sát trên màn hình HMI [7], [8], thực hiện ghép nối, lắp đặt tủ điều khiển, tiến hành chạy thử, thực nghiệm với hệ thống cầu hăng MacGREGOR trên tàu thủy và thu được hình ảnh về quá trình thực tế như Hình 7.

Hình 7a, 7b, và 7c là các giao diện cài đặt, hiệu chỉnh các tham số cho các cơ cấu: Nâng hạ hàng, nâng hạ cần và quay mâm khi cài đặt và tinh chỉnh cho hoạt động thực tế của hệ thống.

Hình 7d là bộ điều khiển đã được chế tạo, lắp đặt và chạy thử nghiệm với hệ thống cần cầu của hãng MacGREGOR.

#### 5. Kết luận

Sau khi nghiên cứu, thiết kế, chế tạo mới bộ điều khiển, giám sát cho hệ cần cầu nhằm thay thế bộ điều khiển CC2000 hãng MacGREGOR trên tàu thủy sử dụng thiết bị khả trình PLC - màn hình HMI với việc thực nghiệm, chạy thử trên hệ thống thật đã cho kết quả như sau: Bộ điều khiển hoạt động tốt, ổn định và đúng chức năng, đảm bảo chất lượng kỹ thuật [5]. Bộ điều khiển cho phép giám sát quá trình điều khiển thông qua việc ghép nối mạng giữa PLC và màn hình HMI. Hệ thống đưa ra được các báo động, cảnh báo khi các tham số điều khiển vượt ra quá dải giá trị cho phép, màn hình HMI lưu trữ lại tại trang nhật ký báo động. Cho phép cài đặt thay đổi tham số điều khiển và ngưỡng tác động cho các tham số tải trọng, các giới hạn góc nghiêng cần.

Kết quả thực nghiệm trên cần cầu hăng MacGREGOR đã đáp ứng được về yêu cầu về kỹ thuật [6] và hạ giá thành sản phẩm.

Hướng đề xuất phương án tiếp theo của bài báo là sẽ chế tạo bộ điều khiển mới phù hợp với yêu cầu công nghệ mới trong cuộc sống xanh - Green Life nhằm tạo ra sản phẩm mới thân thiện môi trường.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số: **DT23-24.49**.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S.C. Duong, E. Uezato, H. Kinjo, T. Yamamoto (2012), *A hybrid evolutionary algorithm for recurrent neural network control of a three-dimensional tower crane*, J. Autom. Constr. Vol.23, pp.55-63.
- [2] Cheng Liu, H. Zhao, Y. Cui (2011), *Research on application of fuzzy adaptive PID controller in bridge crane control system*, in: 2011 Int. Conf. Control. Autom. Syst. Eng., IEEE, Beijing. China, pp.1-4.
- [3] H. Saeidi, M. Naraghi, A.A. Raie (2013), *A neural network self tuner based on input shapers behavior for anti sway system of gantry cranes*, J. Vib. Control. Vol.19, pp.1936-1949.
- [4] H.M. Omar (2003), *Control of gantry and tower cranes.* Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [5] H.M. Omar, A.H. Nayfeh (2005), *Anti-swing control of gantry and tower cranes using fuzzy and time delayed feedback with friction compensation*, J. Shock Vib. Vol.12, pp.73-89.
- [6] Tài liệu kỹ thuật Hệ thống Cần cầu hăng MacGREGOR.
- [7] Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh (2011), *Tự động hóa với SIMATIC S7-300*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [8] Đinh Anh Tuấn, Đào Minh Quân (2015), *Mạng truyền thông công nghiệp tàu thủy*, NXB Hàng hải, Hải Phòng.
- [9] Tài liệu kỹ thuật PLC, HMI - hãng Delta.

Ngày nhận bài:	05/03/2024
Ngày nhận bản sửa:	18/03/2024
Ngày duyệt đăng:	25/03/2024