

- Công thức Troost: $w = 0.25 + 2.5(C_B - 0.6)^2$ cho các tàu hàng; $w = 0.5 C_B$ cho các tàu chuyên tải.

- Công thức Caldwell: $w = C_B/3 + 0.01$ cho các tàu kéo, với: $0.47 \leq C_B \leq 0.56$

- Công thức Papehl: $w = 0.165 C_B \cdot (\Delta^{1/3}/D) - 0.1 (F_r - 0.2)$

- Công thức Telfer: $w = \frac{3}{1 - (C_P / C_{VP})^2} \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{E}{T} \cdot \left[1 - \frac{1.5D + (\varepsilon + r)}{B} \right]$; với ε là góc lệch

(rad), r là góc nghiêng (rad), E là chiều cao của đường tâm trục so với sống đáy tàu (m).

Đối với các tàu có hai chân vịt:

- Công thức Kruger cho các tàu hàng: $w = 0.81C_B - 0.34$;

- Công thức Heckscher cho các tàu hàng: $w = 0.7C_P - 0.3$;

- Công thức Caldwell cho các tàu kéo: $w = C_B/3 + 0.03$ với $0.47 \leq C_B \leq 0.56$

4. Kết luận

Trong phương pháp thiết kế chân vịt bằng lý thuyết đồng dạng, hiệu suất chân vịt được xác định bằng thử nghiệm mô hình mới chỉ đánh giá được mức độ tổn hao năng lượng khi chuyển hóa công suất nhận được từ động cơ chính đến chân vịt mà chưa tính đến sự tương tác giữa chân vịt và vỏ tàu khi chân vịt làm việc sau thân tàu. Sử dụng các hệ số thực nghiệm sẽ cho phép hiệu chỉnh kết quả thử nghiệm mô hình. Tuy nhiên độ chính xác của kết quả còn phụ thuộc vào việc lựa chọn các hệ số thực nghiệm có phù hợp với đặc điểm tuyến hình của vỏ tàu và chân vịt hay không. Việc xây dựng mối quan hệ giữa các yếu tố ảnh hưởng và hiệu suất chân vịt có ý nghĩa lớn không chỉ về mặt thiết kế mà cả trong khai thác tàu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Schneekluth and V. Bertram. *Ship Design for Efficiency and Economy*. Butterworth-Heinemann, 1998
- [2] F.H Todd. *Resistance and Propulsion (chapter VII of Principles of NAVAL ARCHITECTURE)*. The society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1992

Phản biện: TS. Nguyễn Trí Minh; PGS. TS. Trần Hồng Hà

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN RỬA SẠCH TỰ ĐỘNG BẰNG PLC CHO BẦU LỌC NƯỚC TRONG HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC DẪN CỦA TÀU BIỂN DESIGN AUTO CLEANING CONTROLLER PLC FOR WATER FILTER OF BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM ON THE SHIP

NCS. NGUYỄN ĐÌNH THẠCH
PGS.TS. TRẦN HỒNG HÀ
PGS.TS. NGUYỄN CẢNH SƠN
Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Tổ chức Hàng hải quốc tế IMO đã thông qua công ước quốc tế về kiểm soát, quản lý nước dẫn và cặn nước dẫn 2004, công sẽ ước có hiệu lực năm 2016. Theo quy định của công ước, tàu phải có kế hoạch trao đổi nước dẫn hoặc hệ thống xử lý nước dẫn để tránh việc nước dẫn trở thành phương tiện di chuyển các loài thủy sinh giữa các khu vực trên thế giới. Các bầu lọc được lắp đặt trong hệ thống để ngăn ngừa sinh vật và các cặn bẩn trong nước biển qua hệ thống xử lý vào các két nước dẫn tàu. Để quá trình hoạt động của hệ thống xử lý nước dẫn được liên tục và không phải dừng để vệ sinh bầu lọc, nhóm nghiên cứu đã tính toán và thiết kế bầu lọc làm sạch tự động cho hệ thống. Bầu lọc này tự động làm sạch theo chu kỳ thời gian và độ chênh áp ở đường vào và ra của bầu lọc, do vậy bầu lọc có thể hoạt động trong một thời gian dài mà không cần giám sát của người vận hành. Từ đó nâng cao được hiệu quả hoạt động và độ tin cậy của hệ thống.

Từ khóa: Nước dẫn tàu, bầu lọc.

Abstract

International Maritime Organization IMO adopted the International Convention on the control and management of ballast water and sediments in 2004, the Convention entered into force in 2016. Under the provisions of the Convention, the ship must have a plan to exchange ballast or ballast water treatment systems to avoid becoming ballast water transportation of aquatic species between regions in the world. The filter is installed in the system to prevent organisms and the residue of past seawater treatment system in the ballast water tanks. For the operation of the ballast water treatment system is continuous and not stopping to clean filters, we have calculated and designed an automatic filter cleaning system. This automatic filter cleaning its self in cycle time and the pressure difference between inlet and outlet of the filter, so the filter can be operated in a long time without supervision by the operator. From that improve the performance and reliability of the system.

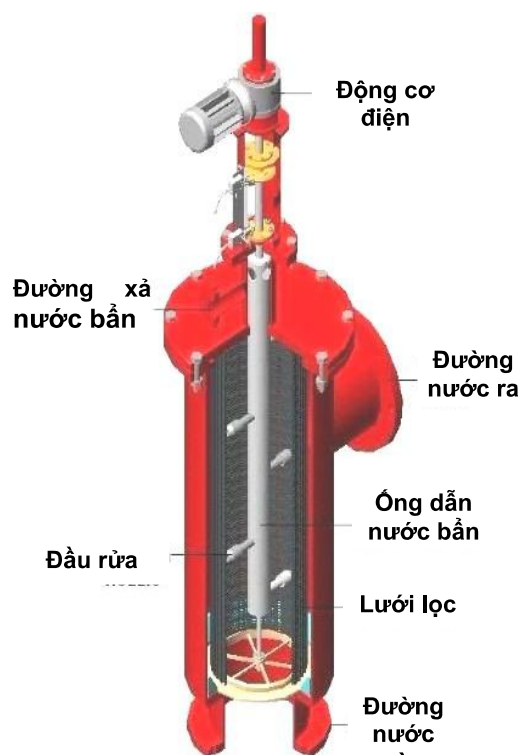
Key words: Ballast water, water filter.

1. Đặt vấn đề

Vấn đề ảnh hưởng của các sinh vật độc hại có trong nước dằn của tàu đã được IMO đề cập đến từ năm 1988. Để làm giảm thiểu và ngăn ngừa ô nhiễm môi trường biển do việc vận chuyển các mầm bệnh và thủy sinh vật có hại thông qua nước dằn, năm 2004, IMO đã thông qua Công ước quốc tế về kiểm soát, quản lý nước dằn và cặn nước dằn (BWM 2004), Công ước dự kiến sẽ có hiệu lực trong năm 2016. Theo quy định của Công ước BWM 2004, tàu phải trang bị kế hoạch trao đổi nước dằn hoặc hệ thống xử lý nước dằn để tránh việc nước dằn trở thành phương tiện di chuyển các loài thủy sinh giữa các khu vực trên thế giới. Tàu chỉ được phép xả nước dằn chưa qua xử lý tại các khu vực quy định. Tàu phải được kiểm tra và chứng nhận trong quá trình đóng mới và khai thác để bảo đảm việc tuân thủ các quy định về quản lý nước dằn. Tại nơi sửa chữa tàu phải có phương tiện tiếp nhận và xử lý cặn nước dằn. Cơ quan có thẩm quyền của cảng phải tiến hành công tác thanh tra các tàu đến cảng để xác nhận việc tuân thủ Công ước của các tàu này.

2. Cấu trúc của bầu lọc tự động rửa

Nước dằn tàu được bơm hút qua cửa vào của bầu lọc sau đó qua lưới lọc, các chất bẩn rắn trong nước có kích thước lớn hơn lỗ trên lưới lọc sẽ tích tụ trên bề mặt bên trong của lưới và tạo thành một lớp chất bẩn bám trên mặt lưới. Nước sạch ra khỏi bầu lọc ở phía bên của bầu lọc vào thiết bị xử lý nước dằn bằng tia cực tím. Cơ cấu rửa bầu lọc được thiết kế gồm một ống đặt ở giữa bầu lọc có gắn sáu ống hút được bố trí đều nhau dọc theo chiều dài của bầu lọc (hình 1). Phía trên bầu lọc có lắp van xả, van này được kết nối với ống trung tâm để xả nước bẩn ra ngoài bầu lọc khi mở van này. Do khi mở van xả, áp lực chênh nhau giữa nước bên trong bầu lọc (35-150 psig) và không khí (0psig) bên ngoài tạo ra lực hút lớn tại các đầu hút của các ống hút, lực hút làm cho nước chảy ngược qua lưới lọc với vận tốc cao và đẩy chất lỏng bám trên lưới qua đầu hút của ống, sau đó vào trung tâm và xả ra ngoài qua van xả. Trên bầu lọc có lắp một động cơ điện, động cơ này được sử dụng để truyền chuyển động cho các ống quét hút. Cơ cấu truyền động từ động cơ tới trục trung tâm bao gồm một trục vít và cơ cấu truyền động bánh răng, khi động cơ điện



Hình 1. Cấu tạo của bầu lọc tự động rửa

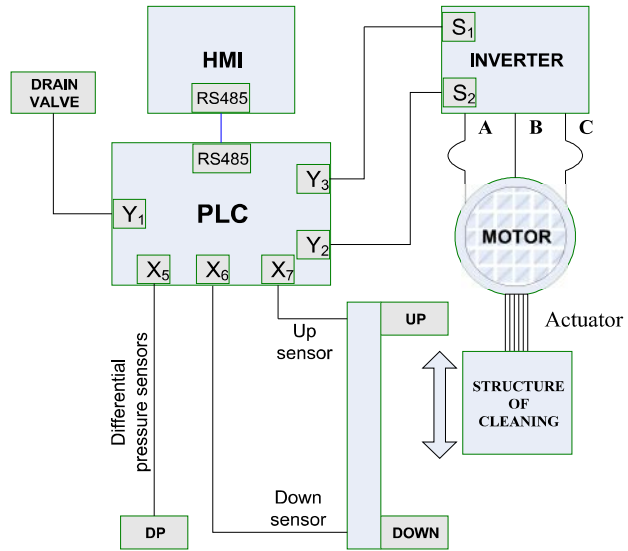
quay cơ cấu này tạo ra sự kết hợp giữa chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến cho phép các ống hút chuyển động xoắn ốc chậm dọc theo bên trong lưới lọc. Tốc độ quay của ống hút khoảng 24 vòng/phút và chu trình làm sạch được hoàn thành trong vòng 40 giây, trong thời gian đó các ống hút loại bỏ các lớp chất bẩn bám trên mỗi inch vuông của lưới lọc. Để điều khiển hướng quay và chu kỳ quét của các ống hút, nhóm nghiên cứu đã tính toán và lập trình chương trình điều khiển cho bầu lọc bằng phần mềm điều khiển cho PLC. Bộ điều khiển PLC sẽ điều khiển quá trình rửa bầu lọc tự động theo thời gian và độ chênh áp giữa đầu vào và đầu ra của bầu lọc. Bầu lọc không phải dừng cấp nước khi cơ cấu làm sạch tự động làm việc.

3.Thiết kế chương trình điều khiển tự động rửa bầu lọc

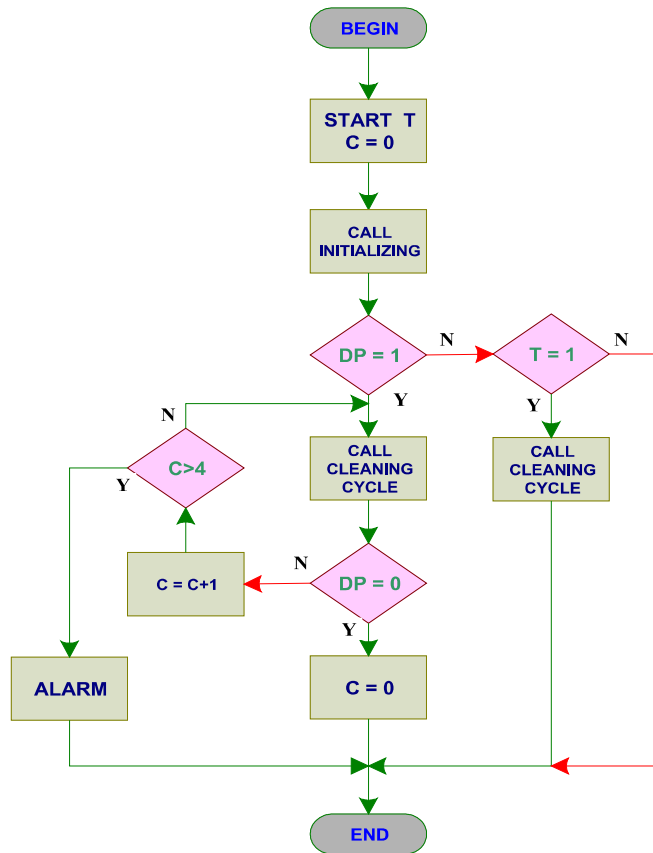
Sơ đồ điều khiển cơ cấu tự động làm sạch bầu lọc được miêu tả ở hình 2. Cấu hình bao gồm: 01 bộ điều khiển khả trình (PLC), 01 màn hình cảm ứng (HMI), 01 biến tần (INVERTER), 01 động cơ 3 pha (MOTOR), 01 cơ cấu làm sạch bầu lọc, 02 cảm biến hành trình (UP&DOWN) báo vị trí trên và dưới của cơ cấu làm sạch, 01 cảm biến (DP báo tình trạng lưới lọc bẩn. Cảm biến UP được đưa vào đầu vào X₇ của PLC, cảm biến DOWN được đưa vào đầu vào X₆ của PLC, cảm biến DP được đưa vào đầu vào X₅ của PLC. Hai đầu ra của PLC là Y₂ và Y₃ được đưa vào đầu vào S₁ và S₂ của biến tần để điều khiển Motor với nguyên tắc điều khiển như sau: Motor chuyển động lên khi (Y₂=1&Y₃=0), Motor chuyển động xuống khi (Y₂=0&Y₃=1), Motor dừng (Y₂=0&Y₃=0). Một đầu ra Y₁ để điều khiển đóng/mở van xả nước bẩn cho bầu lọc

3.1. Lưu đồ thuật toán chương trình tự động điều khiển cơ cấu làm sạch bầu lọc

Khi bắt đầu cấp nguồn điện, đầu tiên chương trình trong PLC sẽ thực hiện việc khởi tạo hệ thống (hình 3). Định nghĩa các đầu vào/ra số và tương tự, định nghĩa các Module liên kết và khởi tạo việc truyền thông với màn hình HMI. Sau khi hoàn thành việc khởi tạo hệ thống chương trình sẽ thực hiện các công việc như khởi tạo các biến dùng trong chương trình điều khiển và giám sát, khởi tạo biến đếm C, khởi động bộ định thời T với ngắt thời



Hình 2. Sơ đồ điều khiển cơ cấu tự động làm sạch bầu lọc

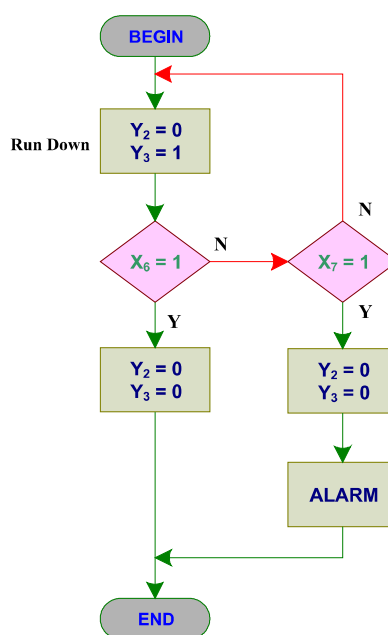


Hình 3. Lưu đồ thuật toán chương trình tự động điều khiển cơ cấu làm sạch bầu lọc

gian là hai giờ. Việc khởi động bộ định thời này nhằm mục đích kích hoạt chế độ tự động làm sạch bầu lọc cheo chu kỳ thời gian là hai giờ.

Sau khi khởi tạo hệ thống và các biến xong, công việc tiếp theo của tiến trình chính là gọi chương trình con khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc. Việc khởi tạo này nhằm mục đích đưa cơ cấu làm sạch bầu lọc xuống vị trí DOWN, sẵn sàng cho các chu kỳ làm sạch bầu lọc. Sau khi thực hiện xong chương trình khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc, tiến trình chính liên tục kiểm tra các điều kiện để thực hiện các chu kỳ làm sạch bầu lọc. Việc thực hiện các chu kỳ làm sạch tự động dựa vào hai điều kiện là lưới lọc bị bẩn (dựa vào cảm biến DP) hoặc thời gian làm việc của bầu lọc đã đủ 2 giờ (dựa vào biến T). Trong hai điều kiện trên thì cảm biến DP sẽ được ưu tiên kiểm tra trước. Hệ thống kiểm tra cảm biến DP bằng cách đọc và kiểm tra trạng thái đầu vào X_5 . Nếu lưới lọc chưa bị bẩn (biến DP = 0) mới tiếp tục kiểm tra xem thời gian làm việc của bầu lọc đã đủ hai giờ chưa bằng cách kiểm tra biến T. Nếu biến T = 0 có nghĩa là chưa đủ 2 giờ làm việc thì hệ thống sẽ thoát khỏi tiến trình chính mà không làm gì cả. Trong trường hợp biến T = 1 có nghĩa là chu kỳ làm sạch tự động theo thời gian đã tới. Khi đó hệ thống sẽ gọi một chu kỳ làm sạch bầu lọc trước khi thoát khỏi tiến trình chính.

Nếu lưới lọc bị bẩn (biến DP = 1), hệ thống sẽ gọi chương trình con thực hiện một chu kỳ làm sạch bầu lọc. Sau khi thực hiện xong một chu kỳ làm sạch bầu lọc, hệ thống lại tiếp tục kiểm tra biến DP. Nếu biến DP = 0 có nghĩa là lưới lọc đã sạch khi đó hệ thống sẽ gán biến đếm số chu kỳ làm sạch $C = 0$ và sau đó thoát khỏi tiến trình chính. Trong trường hợp lưới lọc vẫn bị bẩn (biến DP vẫn bằng 1), chương trình sẽ tăng biến đếm C lên một đơn vị sau đó kiểm tra điều kiện xem biến đếm C có lớn hơn 4 hay không. Nếu biến C chưa lớn hơn 4, hệ thống sẽ tiếp tục gọi chương trình con thực hiện một chu kỳ làm sạch bầu lọc tiếp theo. Cứ sau mỗi một chu kỳ làm sạch bầu lọc, hệ thống lại tiếp tục kiểm tra biến DP và thực hiện các công việc lặp lại như trên. Trong quá trình làm sạch nếu biến DP = 0 có nghĩa là lưới lọc đã sạch khi đó hệ thống sẽ gán biến đếm số chu kỳ làm sạch $C = 0$ và sau đó thoát khỏi tiến trình chính. Trong trường hợp biến DP = 1 và $C > 4$ có nghĩa là khi ấy sau 5 chu kỳ làm sạch bầu lọc mà lưới lọc vẫn bẩn, lúc này hệ thống sẽ đưa ra tín hiệu báo động bằng âm thanh và sáng đồng thời thông tin về báo động cụ thể cũng được đưa lên màn hình cảm ứng. Khi nhận được tín hiệu báo động người sử dụng sẽ dừng hệ thống, tháo bầu lọc ra để kiểm tra nguyên nhân và khắc phục sự cố này



Hình 4. Lưu đồ thuật toán chương trình khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc

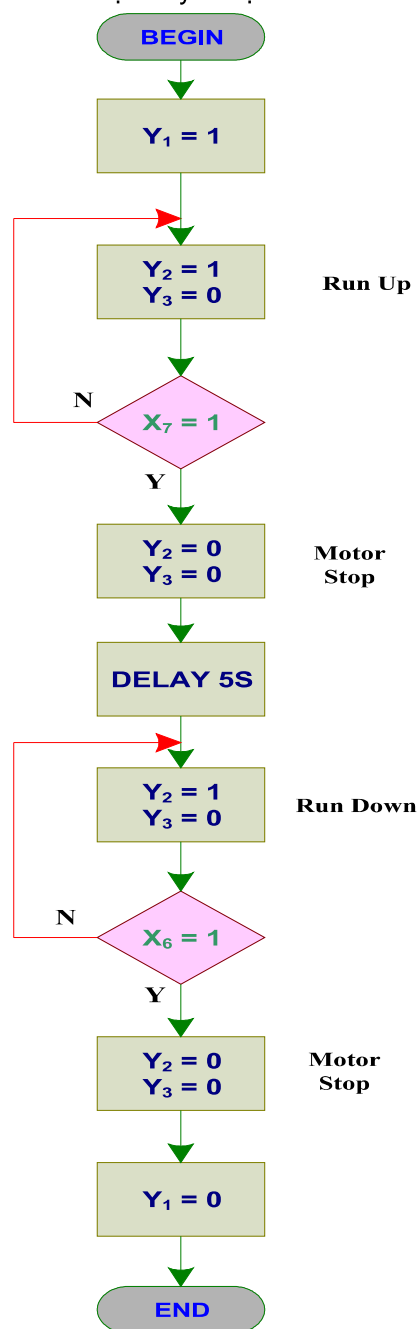
3.2. Lưu đồ thuật toán chương trình khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc

Chương trình khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc (hình 4) sẽ được thực hiện một lần khi cấp nguồn cho hệ thống hoặc khi người sử dụng ấn vào nút Reset bầu lọc trên Panel điều khiển. Nhiệm vụ và chức năng của chương trình khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc là nhằm mục đích đưa cơ cấu làm sạch bầu lọc xuống vị trí DOWN, sẵn sàng cho các chu kỳ làm sạch bầu lọc. Chức năng thứ hai của chương trình này là phát hiện ra việc đấu sai dây cho động cơ 3 pha khi người sử dụng lắp đặt, đấu nối hệ thống. Trong quá trình lắp đặt, đấu nối hệ thống, nếu việc đấu nối thứ tự 3 dây A, B, C cho động cơ bị sai sẽ dẫn tới chiều chuyển động của cơ cấu làm sạch bầu lọc không đúng. Lệnh cho cơ cấu làm sạch bầu lọc chuyển động lên thì nó lại chuyển động xuống và ngược lại. Điều này sẽ làm cho cơ cấu làm sạch bầu lọc làm việc không hiệu quả, hơn nữa có thể dẫn tới việc làm hỏng kết cấu cơ khí của cơ cấu làm sạch bầu lọc.

Khi vào chương trình khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc việc đầu tiên chương trình sẽ xuất hai tín hiệu cho hai đầu ra của PLC là $Y_2 = 0$ và $Y_3 = 1$. Hai tín hiệu này sẽ lệnh cho biến tần điều khiển động cơ đẩy cơ cấu làm sạch bầu lọc chuyển động hướng xuống dưới. Trong quá trình cơ cấu làm sạch chuyển động, chương trình liên tục kiểm tra xem cơ cấu làm sạch bầu lọc đã xuống tới vị trí DOWN hay chưa bằng cách kiểm tra cảm biến hành trình Down sensor thông qua việc đọc trạng thái đầu vào X_6 . Nếu $X_6 = 1$ có nghĩa là cơ cấu làm sạch bầu lọc đã chuyển động đến vị trí DOWN. Khi ấy chương trình sẽ dừng động cơ bằng cách xuất hai tín hiệu cho hai đầu ra của PLC là $Y_2 = 0$ và $Y_3 = 0$ sau đó thoát khỏi chương trình. Trong trường hợp cơ cấu làm sạch bầu lọc chưa tiệm cận đến vị trí DOWN chương trình cũng sẽ kiểm tra xem cơ cấu làm sạch bầu lọc có tiệm cận đến vị trí UP hay không. Việc kiểm tra này nhằm xác định việc đấu nối dây cho động cơ có bị sai hay không, nếu $X_7 = 0$ có nghĩa là cơ cấu làm sạch bầu lọc vẫn đang chuyển động, lúc này hệ thống sẽ tiếp tục xuất hai tín hiệu cho hai đầu ra của PLC là $Y_2 = 0$ và $Y_3 = 1$ để đẩy cơ cấu làm sạch bầu lọc đi xuống. Trong quá trình kiểm tra nếu $X_7 = 1$ có nghĩa là cơ cấu làm sạch bầu lọc đã tiệm cận lên vị trí trên, việc này đồng nghĩa với việc Motor đã chạy ngược chiều hay việc đấu nối thứ tự 3 dây A, B, C cho Motor đã bị sai. Khi đó chương trình sẽ xuất hai tín hiệu cho hai đầu ra của PLC là $Y_2 = 0$ và $Y_3 = 0$ để dừng động cơ đồng thời đưa ra tín hiệu báo động bằng âm thanh và sáng, thông tin về báo động cụ thể cũng được đưa lên màn hình cảm ứng. Khi nhận được tín hiệu báo động người sử dụng sẽ dừng hệ thống, ngắt điện, đảo 2 trong 3 dây A, B, C trước khi cho bầu lọc vào làm việc lại.

3.3. Lưu đồ thuật toán chương trình thực hiện một chu kỳ làm sạch bầu lọc

Trước khi vào chương trình thực hiện một chu kỳ làm sạch bầu lọc thì vị trí của cơ cấu làm sạch bầu lọc luôn luôn ở vị trí DOWN. Điều này có được do việc thực hiện chương trình khởi tạo trạng thái ban đầu cho bầu lọc. Khi bắt đầu vào chương trình thực hiện một chu kỳ làm sạch bầu lọc (hình 5), đầu tiên chương trình sẽ xuất tín hiệu đầu ra của PLC là $Y_1 = 1$ để mở van xả nước bẩn (DRAIN VALVE) của bầu lọc cho phép nước bẩn trong quá trình làm sạch bầu lọc được đưa ra theo đường xả thải. Tiếp theo chương trình sẽ xuất hai tín hiệu cho hai đầu ra của PLC là $Y_2 = 1$ và $Y_3 = 0$. Hai tín hiệu này sẽ điều khiển động cơ đẩy cơ cấu làm sạch bầu lọc chuyển động lên trên. Trong quá trình cơ cấu làm sạch chuyển động, chương trình liên tục kiểm tra xem cơ cấu làm sạch bầu lọc đã lên tới vị trí UP hay chưa bằng cách kiểm tra cảm biến hành trình Up sensor thông qua việc đọc trạng thái đầu vào X_7 . Nếu $X_7 = 0$ có nghĩa là cơ cấu làm sạch bầu lọc vẫn chưa chuyển động lên tới vị trí UP, khi đó chương trình vẫn duy trì trạng thái $Y_2 = 1$ và $Y_3 = 0$ để đẩy cơ cấu làm sạch bầu lọc đi lên. Ngược lại nếu $X_7 = 1$ tức là cơ cấu làm sạch bầu lọc đã đi hết hành trình lên phía trên, lúc đó chương trình sẽ dừng động cơ



Hình 5. Lưu đồ thuật toán chương trình thực hiện một chu kỳ làm sạch bầu lọc

bằng cách xuất ra hai tín hiệu là $Y_2 = 0$ và $Y_3 = 0$. Sau khi dừng động cơ chương trình sẽ thực hiện trễ một khoảng thời gian là 5s.

Sau khoảng thời gian trễ 5s, chương trình sẽ xuất hai tín hiệu cho hai đầu ra của PLC là $Y_2=0$ và $Y_3 = 1$. Hai tín hiệu này sẽ điều khiển động cơ đẩy cơ cấu làm sạch bầu lọc chuyển động xuống dưới. Trong quá trình cơ cấu làm sạch chuyển động, chương trình liên tục kiểm tra xem cơ cấu làm sạch bầu lọc đã xuống tới vị trí DOWN hay chưa bằng cách kiểm tra cảm biến hành trình Down sensor thông qua việc đọc trạng thái đầu vào X_6 . Nếu $X_6 = 0$ có nghĩa là cơ cấu làm sạch bầu lọc vẫn chưa chuyển động xuống tới vị trí DOWN, khi đó chương trình vẫn duy trì trạng thái $Y_2=0$ và $Y_3 = 1$ để đẩy cơ cấu làm sạch bầu lọc đi xuống. Ngược lại nếu $X_6 = 1$ tức là cơ cấu làm sạch bầu lọc đã đi hết hành trình xuống phía dưới, lúc đó chương trình sẽ dừng động cơ bằng cách xuất ra hai tín hiệu là $Y_2 = 0$ và $Y_3 = 0$ và đóng van xả nước bẩn bằng cách xuất ra tín hiệu $Y_1=0$ trước khi thoát khỏi chương trình.

Bầu lọc được thiết kế có đặc tính sau:

- Áp suất làm việc nhỏ nhất: 0.3 Mpa
- Áp suất làm việc lớn nhất: 1.0 Mpa
- Lưu lượng lọc yêu cầu: 50 m³/h
- Độ mịn của lưới lọc: 350 mesh
- Chất lỏng: Nước biển, (khối lượng riêng, độ nhớt:)
- Nhiệt độ làm việc cực đại: 65⁰C



Bảng điện điều khiển PLC

Hình 1. Hệ thống điều khiển bầu lọc rửa tự động được thiết kế lắp trong hệ thống xử lý nước dằn tàu

4. Kết luận

Bài báo đã tính toán và thiết kế được hệ thống điều khiển tự động rửa bằng PLC cho bầu lọc nước sử dụng trong hệ thống xử lý nước dằn tàu. Bầu lọc hoạt động tự động chu kỳ theo thời gian và độ chênh áp. Hệ thống điều khiển PLC rửa tự động bầu lọc làm giảm bớt được nhân công lao động, không gián đoạn sự làm việc của hệ thống và nâng cao hiệu suất làm việc toàn bộ của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] The International Convention of International Maritime Organization IMO, 2004
- [2] Yoshitake, Strainer.
- [3] Moss hydro, specifically designed for Ballast Water Treatment.
- [4] Marcus N. Allhands, Ph.D., P.E. Amiad self cleaning strainers for water filtration.

Người phản biện: TS. Trương Văn Đạo; TS. Nguyễn Tuấn Anh