

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐÓNG MỞ BƯỚM GIÓ CHO QUẠT GIÓ BUỒNG MÁY TRÊN TÀU BIỂN

RESEARCH AND DESIGN ON ENGINE ROOM FANS DAMPERS AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR SHIPS

Đặng Thanh Tùng, Trần Văn Thắng*

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: tranvanthang@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Trên tàu biển, bên cạnh các hệ thống phục vụ cho hệ động lực, các hệ thống phụ khác cũng đóng vai trò quan trọng trong khai thác tàu. Đối với buồng máy, hệ thống thông gió là một trong những hạng mục quan trọng được kiểm tra bởi Cảng vụ (Port State Control – PSC) trong các đợt kiểm tra tuân thủ Công ước SOLAS. Thực tế khai thác cho thấy nhiều tàu biển, đặc biệt là tàu cũ, các lỗi bướm gió quạt gió buồng máy bị kẹt, hư hỏng hoặc không đáp ứng yêu cầu dừng khẩn cấp trong tình huống cháy nổ chiếm đa số. Nguyên nhân chủ yếu là do môi trường làm việc của tàu khắc nghiệt có độ ẩm cao và chứa muối làm cho tuổi thọ của trang thiết bị giảm nhanh theo thời gian, cùng với đó là do kết cấu của tàu, các vị trí lắp đặt quạt gió và bướm gió gây khó khăn trong công tác kiểm tra và bảo dưỡng, đặc biệt là các quạt gió sử dụng cơ cấu điều khiển bướm gió thủ công. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả giới thiệu giải pháp công nghệ tự động hóa điều khiển bướm gió quạt thông gió buồng máy, tích hợp bộ truyền động điện – khí nén, cảm biến hành trình, nhằm thay thế phương thức vận hành thủ công truyền thống. Hệ thống có khả năng đóng/mở đồng bộ nhiều bướm gió trong 12-15 giây, bảo đảm tính năng Emergency Shut-down theo quy định SOLAS II-2/Reg.29 và loại bỏ nguy cơ sai sót do con người. Mô hình thiết kế có thể ứng dụng trực tiếp trên các tàu hiện hữu mà không cần thay đổi kết cấu ống gió.

Từ khóa: Hệ thống thông gió buồng máy; Bướm gió; Tự động điều khiển; SOLAS; PSC; An toàn hàng hải.

ABSTRACT

On Vessels, in addition to the main propulsion service systems, auxiliary systems also play an important role in ensuring safe and efficient operation. In the engine room, the ventilation system is one of the critical items inspected by Port State Control (PSC) under the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). In operation, many vessels - particularly older ones - frequently encounter problems with malfunctioning ventilation dampers that fail to meet emergency shutdown requirements during fire incidents. The main causes arise from the harsh marine environment, where high humidity and salt content accelerate equipment deterioration, and from the ship's structural design, which limits accessibility for inspection and maintenance - especially in systems employing manual control mechanisms. This study introduces an automatic

control solution for engine-room ventilation dampers, integrating electro pneumatic actuators, position sensors to replace conventional manual operation. The system enables simultaneous opening and closing of multiple dampers within 12-15 seconds, ensuring compliance with the Emergency Shut-down function specified in SOLAS Chapter II-2, Regulation 29, while eliminating human-related operational errors. The method design can be retrofitted to existing ships without modifying the ventilation trunks structure.

Keywords: Engine-room ventilation system; Damper; Automatic control; SOLAS; PSC; Maritime safety.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên tàu biển, buồng máy được xem là khu vực trung tâm, là trái tim của con tàu, nơi tập trung các thiết bị chính phục vụ cho việc duy trì hoạt động của hệ động lực và các hệ thống phụ trợ. Trong đó, hệ thống thông gió buồng máy (Engine Room Ventilation System) đóng vai trò đặc biệt quan trọng, giúp cung cấp đầy đủ lưu lượng oxy cần thiết phục vụ cho các hoạt động của máy móc và thuyền viên trong buồng máy, đồng thời duy trì sự ổn định của nhiệt độ, áp suất và nồng độ oxy trong không gian kín, ngoài ra còn đảm bảo ngăn ngừa cháy nổ lan rộng sang các khu vực khác khi xảy ra hỏa hoạn ở buồng máy.

Theo Công ước SOLAS 1974 (sửa đổi), Chương II-2 quy định rõ các yêu cầu liên quan đến hệ thống thông gió buồng máy nhằm đảm bảo khả năng ngăn cháy lan, duy trì điều kiện vận hành an toàn, và hỗ trợ thoát hiểm trong trường hợp khẩn cấp. Đối với các tàu chở hàng và tàu khách, hệ thống thông gió phải đáp ứng các yêu cầu chính sau [1]:

- Có khả năng dừng khẩn cấp từ xa (Emergency Stop Control), bố trí tại các vị trí dễ tiếp cận bên ngoài buồng máy.

- Các bướm gió/fire-dampers phải được thiết kế để đóng kín hoàn toàn khi có cháy, hạn

chế tối đa dòng khí cấp hoặc hút, nhằm cô lập buồng máy.

- Tất cả các thiết bị đóng/mở, tay điều khiển, cơ cấu hồi vị phải được bảo trì định kỳ và dễ tiếp cận.

- Hệ thống điều khiển từ xa phải có tín hiệu chỉ thị trạng thái (opened/closed) tại buồng điều khiển trung tâm.

SOLAS II-2/Reg. 9 và 29 cũng yêu cầu rằng toàn bộ hệ thống phải được thử nghiệm định kỳ, hoạt động ổn định trong tình huống cháy và không bị ảnh hưởng bởi môi trường nhiệt độ cao hoặc khói. Những yêu cầu trên cho thấy hệ thống thông gió không chỉ đơn thuần đảm nhiệm nhiệm vụ cung cấp và tuần hoàn không khí, mà còn đóng vai trò như một phần của hệ thống phòng cháy chữa cháy tích hợp trên tàu biển. Khi một con tàu cập một cảng biển bất kỳ, con tàu có thể được kiểm tra bởi các thanh tra viên của cảng sở tại (Port State Control Officer - PSCO) hay còn được gọi là kiểm tra PSC (Port State Control), một trong các hạng mục luôn luôn được các thanh tra viên PSC yêu cầu thử nghiệm khả năng hoạt động của quạt thông gió, bướm gió và cơ cấu điều khiển từ xa cho quạt thông gió. Nếu bướm gió bị kẹt, không đóng kín hoặc cơ cấu điều khiển từ xa không hoạt động, tàu có thể bị yêu cầu khắc phục ngay trước khi rời cảng hoặc thậm

chỉ bị lưu tại cảng, gây thiệt hại đáng kể về thời gian và chi phí cho chủ tàu.

Tuy nhiên, thực tế cho thấy nhiều tàu biển hiện nay, đặc biệt là các tàu đã khai thác lâu năm vẫn sử dụng cơ cấu điều khiển bướm gió thủ công (mechanical damper control), hoạt động bằng tay quay hoặc dây cáp cơ khí. Các hệ thống này thường xuyên phát sinh lỗi do các nguyên nhân sau:

- Môi trường làm việc khắc nghiệt, với nhiệt độ cao, độ ẩm và hơi muối lớn trong không khí, dẫn đến ăn mòn, kẹt trục, giảm độ kín và tuổi thọ của cơ cấu truyền động.
- Vị trí lắp đặt bướm gió thường nằm sâu trong các ống gió hoặc khu vực khó tiếp cận, gây khó khăn cho công tác kiểm tra, bảo dưỡng định kỳ.
- Phụ thuộc vào thao tác con người, khiến khả năng phản ứng khi có tình huống khẩn cấp không đảm bảo, dễ xảy ra sai sót thao tác hoặc không kịp thời kích hoạt dừng quạt.

Báo cáo PSC 2023 của ABS cũng tổng hợp rằng trong vùng Tokyo MoU, các mã lỗi “Ventilation (Fire safety)”, “Fire-dampers (Fire safety)” và “Remote means of control, machinery spaces (Fire safety)” đều nằm trong nhóm 10 khiếm khuyết gây lưu giữ nhiều nhất, mỗi mã xuất hiện trên hơn một trăm lần kiểm tra. Đồng thời, các mã 07115 – Fire-dampers và 03108 – Ventilators, air pipes, casings được ghi nhận là những mã lỗi phổ biến trên đội tàu ABS, mỗi mã xuất hiện trên ít nhất 25 tàu trong năm 2023 [2].

Theo Báo cáo thường niên Tokyo MoU 2024, mục “Fire-dampers (Fire safety)” ghi nhận 126 khiếm khuyết gây lưu giữ năm 2023 và 93 khiếm khuyết năm 2024, đứng thứ 9 trong nhóm 10 lỗi bị lưu giữ nhiều nhất; đồng thời mục “Ventilators, air pipes, casings” đứng đầu bảng với 179 và 173 lỗi tương ứng trong các năm 2023-2024 [3]. Điều này cho thấy nhu cầu cấp thiết trong việc nâng cấp và tự động hóa hệ thống điều khiển bướm gió để đáp ứng yêu cầu an toàn và tuân thủ quy định quốc tế.

Bảng 1. Bảng so sánh các khiếm khuyết phổ biến trên tàu [3].

STT	Các khiếm khuyết phổ biến	2022	2023	2024
1.	Hệ thống thông gió, các cửa kín nước	44	179	173
2.	Hệ thống chữa cháy cố định	34	154	172
3.	Hệ thống quản lý an toàn ISM	142	236	172
4.	Xuồng cứu sinh	56	166	136
5.	Bảo trì tàu và thiết bị	88	177	134
6.	Bơm cứu hỏa và đường ống	67	108	110
7.	Kết cấu phòng cháy	3	59	100
8.	Phân ly dầu nước	38	104	98
9.	Bướm gió / Fire-dampers	76	126	93
10.	Nắp đậy hầm hàng, bạt che, v.v.	36	97	92

Bên cạnh đó, xu thế số hóa và tự động hóa trong quản lý tàu (Ship Automation and Safety Management) đang được khuyến khích mạnh mẽ nhằm nâng cao độ tin cậy, giảm thiểu can thiệp thủ công và hỗ trợ giám sát tập trung từ buồng điều khiển trung tâm. Việc áp dụng bộ truyền động điện – khí nén kết hợp bộ điều khiển logic khả trình (PLC) cho các thiết bị phụ trợ, trong đó có bướm gió quạt thông gió, là giải pháp hiệu quả, mang lại nhiều lợi ích như:

- Tự động hóa quá trình đóng/mở đồng bộ nhiều bướm gió;
- Cho phép điều khiển từ xa và giám sát trạng thái theo thời gian thực;
- Rút ngắn thời gian phản ứng trong tình huống khẩn cấp;
- Giảm phụ thuộc vào yếu tố con người và chi phí bảo trì.

Trước những yêu cầu thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm thiết kế và chế tạo hệ thống tự động điều khiển bướm gió quạt thông gió buồng máy trên tàu biển, có khả năng đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật của SOLAS và quy trình kiểm tra PSC. Mục tiêu của đề tài là xây dựng một mô hình điều khiển tự động có thể ứng dụng trực tiếp trên các tàu hiện hữu, không làm thay đổi kết cấu ống gió, đồng thời nâng cao độ an toàn và độ sẵn sàng của hệ thống trong vận hành thực tế.

2. TÍNH TOÁN CƠ CẤU ĐÓNG, MỞ BƯỚM GIÓ

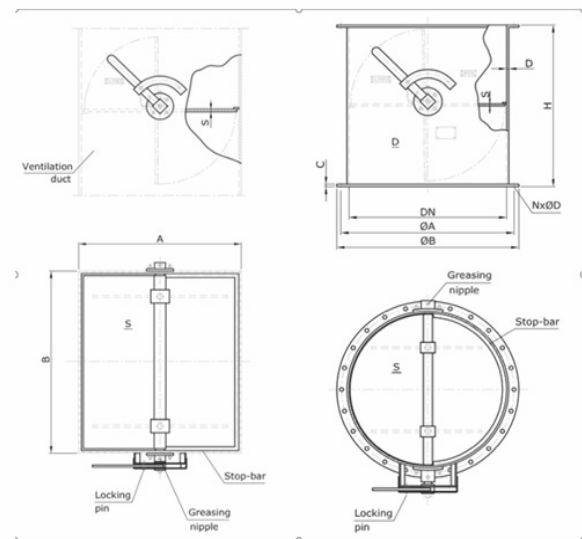
2.1. Giả thiết trong thiết kế

Để tính toán lựa chọn bộ truyền động và hệ thống điều khiển tự động cho bướm gió quạt thông gió buồng máy, nghiên cứu sử dụng các

giả thiết và tham số thiết kế sau:

- Quạt có 1 bướm gió (damper) chính cần điều khiển tự động;
- Áp suất tĩnh cực đại trong ống gió khi quạt hoạt động: Δp (Pa);
- Bướm gió dạng tròn hoặc chữ nhật, trục quay bố trí ở giữa bản lá;
- Góc quay yêu cầu đóng/mở bướm gió: $0 - 90^\circ$;
- Thời gian đóng/mở yêu cầu:

$$t_{\text{đóng/mở}} \leq 15 - 20\text{s};$$
- Hệ số an toàn mô-men: $k_{\text{an}} = 1.5 - 2.0$.



Hình 1. Mô hình bướm gió dùng tính toán [4]

2.2. Tính toán mô-men cần thiết để đóng/mở bướm gió

Mục tiêu của bài toán là xác định mô-men cần thiết, từ đó lựa chọn bộ truyền động điện – khí nén (actuator), kích thước trục, cơ cấu liên kết và hệ thống khí nén phù hợp.

Mô-men cần thiết để quay bướm gió gồm ba thành phần:

$$T_{\text{yêu cầu}} = T_{\text{kd}} + T_{\text{ms}} + T_{\text{dự trữ}} \quad (1)$$

Trong đó:

1. Mô-men do tải khí động (T_{kd}) [5],[6], Nm:

Do chênh áp và lực khí động tác dụng lên bề mặt bướm gió:

$$\begin{aligned} F_{\text{khí}} &= \Delta p \cdot A_{\text{proj}} \\ T_{\text{kd}} &= F_{\text{khí}} \cdot r \end{aligned} \quad (2)$$

- Δp : Áp suất tĩnh lớn nhất trong ống, Pa;
- A_{proj} : Diện tích chiếu của bướm gió theo phương dòng khí, m²;
- r : Cánh tay đòn từ trục đến điểm đặt lực tương đương, m.

Với bướm gió tròn, có thể lấy gần đúng:

$$A_{\text{proj}} \approx \frac{\pi D^2}{4}; r \approx \frac{D}{4 - 3D} \quad (3)$$

(Một số kết cấu có thể lấy $r \approx 0,25 - 0,3D$).

2. Mô-men ma sát (T_{ms}), Nm:

Ma sát ổ trục, bạc lót, cơ cấu truyền động:

$$T_{\text{ms}} = \mu \cdot N \cdot r_{\text{ổ}} \quad (4)$$

Trong đó: μ - Hệ số ma sát; N - Lực pháp tuyến tác dụng lên ổ trục, N; $r_{\text{ổ}}$ - Bán kính hiệu dụng của ổ trục, m.

Trong thực tế, thường khó xác định chính xác từng tham số, nên có thể quy đổi bằng một tỷ lệ phần trăm của T_{kd} :

$$T_{\text{ms}} \approx (0,2 - 0,3) \cdot T_{\text{kd}} \quad (5)$$

3. Mô-men dự trữ ($T_{\text{dự trữ}}$):

Nhằm bù trừ ăn mòn, cơ cấu bị kẹt do điều kiện thời tiết hoặc thiếu bảo dưỡng, sai số lắp đặt:

$$T_{\text{dự trữ}} = (k_{\text{an}} - 1) \cdot (T_{\text{kd}} + T_{\text{ms}}) \quad (6)$$

Từ (1), (5), (6), ta có:

$$T_{\text{yêu cầu}} = k_{\text{an}} \cdot (T_{\text{kd}} + T_{\text{ms}}) \quad (7)$$

Với, k_{an} thường chọn 1,5 – 2,0 [7].

3. TÍNH TOÁN LỰA CHỌN BỘ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN – KHÍ NÉN

3.1. Giả thiết trong thiết kế

Từ mô-men yêu cầu, việc lựa chọn cơ cấu thực hiện (Actuator) được tiến hành theo các tiêu chí sau:

- Mô-men định danh (Rated Torque)

T_{act} , Nm:

$$T_{\text{act}} \geq T_{\text{yêu cầu}} \quad (8)$$

Để đảm bảo hệ thống có thể hoạt động tin cậy trong môi trường tàu biển, $T_{\text{act}} = (1,1 \div 1,2) T_{\text{yêu cầu}}$.

- Thời gian đóng, mở ($0 \div 90^\circ$):

$$t_{\text{đóng/mở}} \leq 15 - 20\text{s}.$$

- Kiểu làm việc fail-safe.

Actuator lựa chọn là loại piston – xy lanh tác động đơn, kiểu khí nén có lò xo hoàn nguyên (spring-return): khi mất khí nén hoặc mất điện → tự động hoàn nguyên về vị trí “CLOSE” (fire mode).

- Nguồn cấp cho hệ thống



Nguồn tín hiệu điều khiển: 24 VDC hoặc 230 VAC.

Nguồn khí nén: $p = 6 \div 8$ bar, được lấy từ hệ thống gió nén phục vụ của tàu, vị trí lấy gió nén từ trạm điều khiển cứu hỏa tàu.

3.2. Tính toán cho hệ thống truyền động điện – khí nén

Lực yêu cầu đối với Piston – xy lanh F(N) được tính như sau:

(a) Hành trình đẩy ra (cấp khí để đóng/mở damper):

$$F_{out,eff} = p_{eff} A - F_{spring}(x) - F_{fr} \quad (9)$$

(b) Hành trình hồi về (do lò xo):

$$F_{return,eff} = F_{spring}(x) - F_{fr} \quad (10)$$

Trong đó:

• $A = \frac{\pi d^2}{4}$ là diện tích piston (m²).

• p_{eff} là áp suất hữu ích trong buồng xy lanh (Pa), có thể lấy chọn $p_{eff} = k_p \cdot p$ với $k_p \approx 0.85$ (tính đến tổn thất van/đường ống).

• $F_{spring}(x)$ là lực lò xo tại vị trí hành trình x (N), được tính theo công thức dưới đây:

$$F_{spring}(x) = F_0 + k_s x. \quad (11)$$

Trong đó: F_0 – Độ cứng lò xo ban đầu;
 k_s – Hệ số cứng của lò xo.

• F_{fr} là lực ma sát (N).

(c) Mô men tác dụng lên trục bướm gió:

Giả sử xy lanh tác dụng lên tay đòn trục damper (crank arm) có chiều dài r, mô-men hữu hiệu:

$$T_{eff} = F_{out,eff} r \eta \sin \varphi. \quad (12)$$

• r: Tay đòn (m).
• η : Hiệu suất cơ cấu liên kết (0.85 – 0.95).
• φ : Góc giữa phương lực và tay đòn (worst case chọn $\sin \varphi_{min}$).

Để đáp ứng được điều kiện khai thác, trong thiết kế:

$$T_{eff,min} \geq T_{req} \quad (13)$$

Vậy, lực yêu cầu ở điều kiện khai thác trong điều kiện bất lợi:

$$F_{out,eff,min} \geq \frac{T_{req}}{r \eta \sin \varphi_{min}} \quad (14)$$

(d) Lựa chọn đường kính piston theo chuẩn ISO:

Từ bất đẳng thức lực:

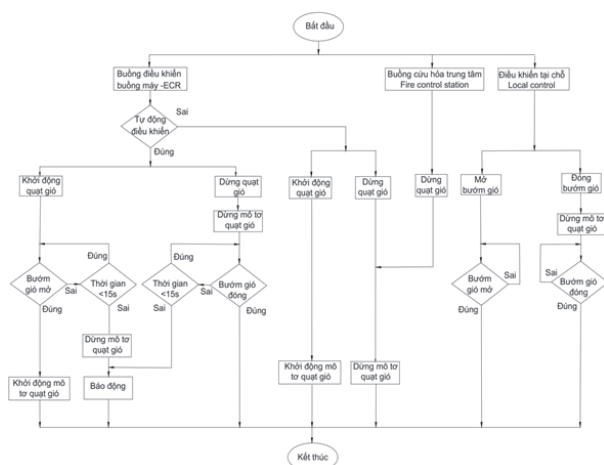
$$\begin{aligned} p_{eff} A - F_{spring,max} - F_{fr} &\geq F_{req} \\ \Rightarrow A &\geq \frac{F_{req} + F_{spring,max} + F_{fr}}{p_{eff}} \\ \Rightarrow d &\geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \end{aligned} \quad (15)$$

Từ kết quả tính toán được từ công thức (15), ta có thể tìm được đường kính xy lanh theo chuẩn ISO 6431 (ví dụ 32–40–50–63–80–100–125...) [9].

4. XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐÓNG MỞ BƯỚM GIÓ QUẠT THÔNG GIÓ BUỒNG MÁY

Trên cơ sở các yêu cầu kỹ thuật đã phân tích trong Chương 2, và đáp ứng các tiêu chuẩn của SOLAS. Hệ thống tự động đóng/mở bướm gió được thiết kế theo các nguyên tắc sau:

- Đảm bảo chức năng Emergency Shut-down theo SOLAS;
- Hoạt động tin cậy trong môi trường buồng máy (nhiệt độ cao, độ ẩm, ăn mòn);
- Có khả năng giám sát trạng thái thời gian thực;
- Đảm bảo fail-safe: mất nguồn → đóng bướm gió;
- Phù hợp với cải hoán tàu hiện hữu (retrofit).



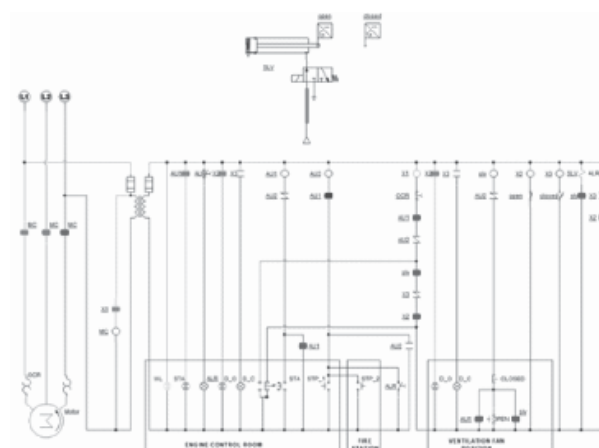
Hình 2. Thuật toán điều khiển bướm gió quạt gió buồng máy.

Trong thuật toán điều khiển ở Hình 2, quạt gió được khởi động và dừng tại buồng điều khiển máy, tại buồng cứu hỏa có trang bị cơ cấu dừng quạt gió khẩn cấp phục vụ trong trường hợp cháy nổ ở buồng máy.

Hệ thống được trang bị thêm cơ cấu điều khiển đóng mở bướm gió tại vị trí lắp đặt quạt gió, đây là cơ cấu phục vụ cho công tác kiểm tra định kỳ bướm gió đóng mở.

Tại vị trí điều khiển ở buồng điều khiển

buồng máy (ECR), hệ thống được trang bị thêm khóa chuyển đổi vị trí điều khiển “Auto – Manu”. Khi khóa ở chế độ “Auto”, hệ thống tự động đóng mở bướm gió của quạt gió khi khai thác. Trong trường hợp hệ thống gặp lỗi như: Áp suất gió điều khiển thấp, cảm biến vị trí bị lỗi hay trong quá trình đóng mở, bướm gió bị kẹt không ở vị trí đóng hoặc mở hết hành trình. Lúc này, hệ thống sẽ dừng và đưa báo động cho người khai thác. Trong trường hợp vì một nguyên nhân, người khai thác không thể khắc phục ngay, trong khi đó vẫn cần phải chạy hệ thống, khóa điều khiển được chuyển về vị trí “Manu”, lúc này hệ thống sẽ ngắt chức năng chỉ báo, bảo vệ và hoạt động bình thường.



Hình 3. Mạch tự động điều khiển bướm gió quạt gió buồng máy.

Hình 3 thể hiện mạch điều khiển bướm gió quạt gió buồng máy. Hệ thống có hai chế độ điều khiển, 1 – Auto và 2 – Manu. Ở chế độ điều khiển “Auto”, hệ thống sử dụng một xylanh gió làm cơ cấu thực hiện nhiệm vụ đóng mở bướm gió, và được điều khiển bởi van điện từ “SLV”. Nguồn gió cấp cho hệ thống được lấy từ buồng cứu hỏa trung tâm (Fire control Station). Tại vị trí quạt gió được trang bị chức năng kiểm tra đóng, mở bướm gió bao gồm nút bấm kèm đèn chỉ báo cho vị trí bướm gió đóng và mở. Đặc biệt, hệ thống ưu tiên theo hướng

đóng bướm gió khi mất nguồn điều khiển để tăng khả năng an toàn cho tàu. Trong quá trình đóng/mở bướm gió, sau 15 giây nếu cảm biến vị trí đóng mở không phản hồi xác nhận bướm gió đã được đóng/mở. Hệ thống sẽ gửi báo động và dừng. Ở chế độ điều khiển “Manu”, hệ thống bỏ qua cảm biến vị trí đóng/mở bướm gió.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất và xây dựng thành công mô hình hệ thống tự động đóng/mở bướm gió quạt thông gió buồng máy nhằm khắc phục các tồn tại phổ biến trên tàu biển, giúp thuyền viên dễ dàng đánh giá tình trạng kỹ thuật của bướm gió, từ đó đưa ra kế hoạch bảo dưỡng, sửa chữa phù hợp kể cả đối với các quạt thông gió được lắp đặt ở các khu vực khó tiếp cận trên tàu. Trên cơ sở yêu cầu vận hành và tiêu chí tuân thủ SOLAS, giải pháp được thiết kế theo hướng tích hợp bộ truyền động khí nén kiểu piston (tác động đơn có lò xo hồi), kết hợp cảm biến hành để điều khiển hoạt động của bướm gió và giám sát trạng thái theo thời gian thực.

Các kết quả đạt được là cơ sở để tiến hành giai đoạn tiếp theo gồm thử nghiệm, triển khai thí điểm trên tàu, đánh giá độ kín của bướm gió sau đóng, độ tin cậy trong môi trường nhiệt-ẩm-muối, và hoàn thiện quy trình bảo dưỡng định kỳ cho hệ thống.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số DT25-26.21.❖

Ngày nhận bài: **07/4/2026**

Ngày phản biện: **10/4/2026**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. IMO. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, as amended.
- [2]. ABS Port State Control Annual Report 2023.
- [3]. Tokyo MOU Annual Report 2024.
- [4]. https://aeron.no/wp-content/uploads/2023/04/PC_18-Fire-dampers-and-shut-off-dampers.pdf
- [5]. Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M, Fundamentals and Applications, McGraw-Hill Education, 4th Edition, 2018, ISBN: 978-0073380322.
- [6]. Idelchik, I. E, Handbook of Hydraulic Resistance CRC Press , 3rd Edition, 2007, SBN: 78-849399084.
- [7]. Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D, McGraw-Hill Education, 7th Edition, 2015, ISBN: 978-0073398242.
- [8]. Festo, Operating conditions and standards in pneumatics.
- [9]. International Standard ISO 6431, Second edition 1992-05-15.
- [10]. MV Ocean Royal manual instruction book.