

# NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHÍ NÉN THAY THẾ HỆ THỐNG ĐIỆN-ĐIỆN TỬ ĐỂ ĐIỀU KHIỂN TỪ XA BƯỚC CHÂN VỊT TÀU THỦY

## RESEARCH ON CALCULATION TO DESIGN THE PNEUMATIC SYSTEM TO REPLY ELECTRIC-ELECTROLIC SYSTEM FOR REMOTE CONTROL OF SHIP'S PROPELLER PITCH

PHẠM HỮU TÂN\*, VŨ ANH TUẤN

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

\*Email liên hệ: phamhuutan@vamaru.edu.vn

### Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu tính toán thiết kế hệ thống khí nén thay thế hệ thống điện - điện tử để điều khiển từ xa bước chân vịt tàu thủy. Hệ thống khí nén thay thế cho hệ thống điện - điện tử phải đảm bảo đầy đủ tính năng điều khiển, chỉ báo bước chân vịt như hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng điện - điện tử. Hệ thống khí nén thay thế đã khắc phục được những nhược điểm của các hệ thống điện - điện tử đang được áp dụng hiện nay trên tàu thủy. Nhược điểm của các hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng điện - điện tử là hoạt động kém chính xác trong các môi trường có nhiệt độ, độ ẩm cao, môi trường rung lắc mạnh trên tàu thủy. Hệ thống khí nén có ưu điểm là hoạt động an toàn, tin cậy, độ bền cao với giá thành lắp đặt hệ thống thấp. Hệ thống có thể hoạt động được trong mọi điều kiện môi trường, thời tiết, khí hậu khắc nghiệt trên tàu thủy.

**Từ khóa:** Chân vịt biến bước, điều khiển từ xa, Khí nén, bước chân vịt.

### Abstract

The paper goes to research on calculation to design the pneumatic system to reply electric-electrolic system for remote control of ship's propeller pitch. The pneumatic system that replaces the electric-electronic system must ensure full control feature and pitch propeller indicator as the remote control system of propeller pitch by using electric-electrolic system. The alternative pneumatic system has overcome the disadvantages of electric-electronic systems being applied on ships. The disadvantage of the remote control system of propeller pitch by using electric-electrolic system is that the operation is less accurate in environments with high temperature, humidity, strong vibration environment on ships. The pneumatic system has the advantages of being safe, reliable and durable, with low installation cost. The system can operate in all environmental conditions and bad weather on ship.

**Keywords:** Variable pitch propeller, remote control, pneumatic power, propeller pitch.

### 1. Đặt vấn đề

Tàu thủy trang bị chân vịt biến bước làm tăng tính cơ động của tàu thủy. Để thay đổi chiều chuyển động hay tốc độ chuyển động của tàu thủy thì chỉ cần thay đổi bước chân vịt theo chiều tiến hay lùi mà không cần thay đổi chiều quay hay tốc độ quay của máy chính. Chính vì vậy mà máy chính của tàu thủy ít phải làm việc ở chế độ khởi động, sẽ giảm được mài mòn các chi tiết, tăng tuổi thọ máy chính của tàu thủy. Thậm chí trong quá trình thay đổi tốc độ tàu thì máy chính vẫn được duy trì ở một tốc độ quay định mức nên có thể phát huy tốt công suất của máy chính.

Tàu thủy trang bị chân vịt biến bước đều được điều khiển từ xa bước chân vịt từ buồng lái và buồng máy của tàu. Điều này giúp thuyền viên chủ động hơn trong quá trình điều động tàu. Hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt trên tàu thủy hiện nay đều là hệ thống điều khiển bằng điện - điện tử. Hệ thống này có nhược điểm là làm việc kém ổn định trong môi trường nhiệt độ, độ ẩm cao và điều kiện sóng gió của tàu thủy. Điều này đang gây khó khăn cho người vận hành, khai thác trên tàu thủy. Hệ thống phức tạp đòi hỏi thuyền viên phải có trình độ về điện - điện tử.

Hiện nay các hệ thống khí nén đang được áp dụng nhiều để điều khiển từ xa máy chính, nhưng chưa áp dụng để điều khiển từ xa bước chân vịt tàu thủy. Hệ thống điều khiển từ xa tốc độ máy chính hoạt động theo nguyên lý tương tự hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt. Tay điều khiển tốc độ đặt trong buồng máy khi thay đổi sẽ làm cho áp suất khí nén tác động vào bộ điều tốc thay đổi, tín hiệu vào bộ điều tốc thay đổi, bộ điều tốc sẽ điều chỉnh tốc độ động cơ thay đổi. Với điều khiển từ xa bước chân vịt thì tay điều khiển bước chân vịt thay đổi sẽ có tín hiệu tới mở van điều khiển cấp dầu vào xilanh phụ, piston của xilanh phụ dịch chuyển mở van phân phối dầu vào xilanh dịch bước. Hệ thống thủy lực khí này cũng làm nhiệm vụ điều khiển bước chân vịt. Như vậy tín hiệu điều khiển từ xa bước chân vịt cũng chỉ là điều khiển mở van

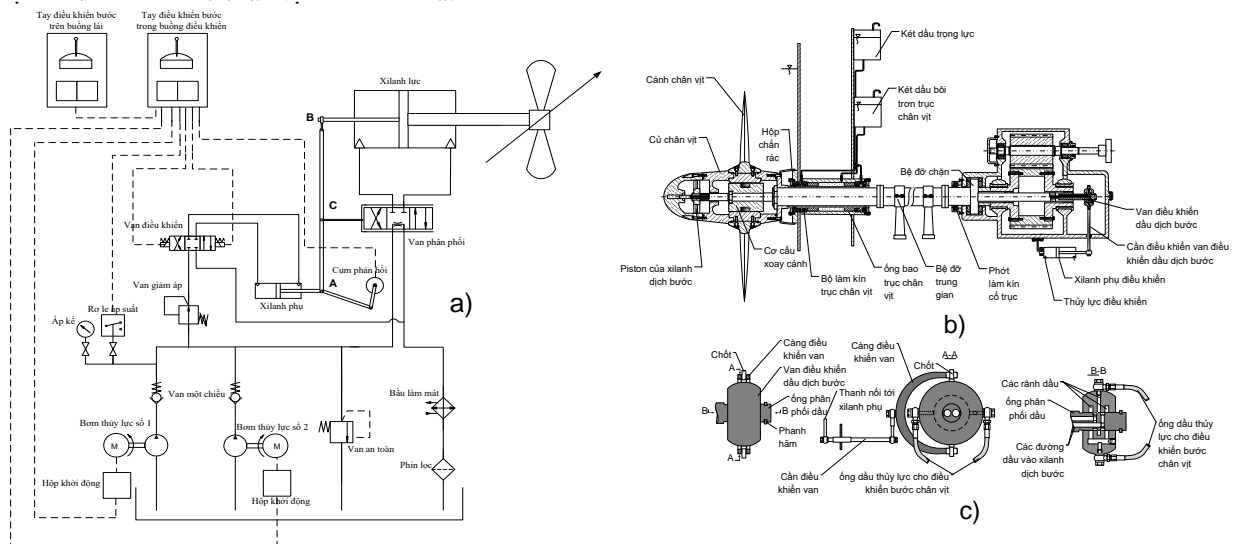
phân phối dầu vào xilanh dịch bước và cũng chỉ là thay đổi tín hiệu vào cho hệ thống thủy lực điều khiển bước chân vịt. Theo các tác giả được biết thì cũng chưa có công trình khoa học nào đề cập tới vấn đề này. Chính vì vậy mà việc nghiên cứu tính toán thiết kế một hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt tàu thủy bằng khí nén thay thế cho các hệ thống điều khiển bằng điện - điện tử là cần thiết. Các hệ thống này dùng cho điều khiển từ xa tốc độ máy chính đã chứng minh được tính ưu việt của nó như làm việc ổn định, tin cậy, an toàn với độ bền cao. Hệ thống làm việc được cả trong môi trường có nhiệt độ và độ ẩm rất cao, cả trong điều kiện rung lắc lớn của tàu thủy. Trước tiên bài báo đi giới thiệu qua nguyên lý điều khiển chân vịt biến bước tàu thủy.

**2. Nguyên lý điều khiển chân vịt biến bước tàu thủy**

Chân vịt biến bước tàu thủy là loại chân vịt có thể thay đổi được bước của nó như Hình 1b. Để thay đổi được bước chân vịt thì trong thân chân vịt có bố trí cơ cấu thay đổi bước chân vịt. Cơ cấu này được nối với piston của xilanh dịch bước bởi một trục nhỏ (trục dịch bước) đặt trong thân của trục chân vịt. Trong trục này có bố trí các đường dẫn dầu tới hai khoang của xilanh dịch bước bố trí ở phía đầu của thân chân vịt. Trục dịch bước nhô ra tại phía đầu tự do của trục bánh răng bị động đặt trong hộp giảm tốc máy chính. Tại đây bố trí van phân phối dầu thủy lực như Hình 1c. Bước chân vịt thay đổi được nhờ một hệ thống thủy lực điều khiển bước chân vịt như Hình 1a.

Nguyên lý điều khiển bước chân vịt như sau: Khi có tín hiệu điều khiển từ buồng lái hay trong buồng máy, tín hiệu sẽ đưa đến một trong hai phía của van điều khiển bằng điện (loại van phân phối 4/3). Giả thiết tín hiệu điều khiển tăng bước chân vịt theo chiều tiến, khi này cuộn hút bên trái có điện đẩy van điều khiển sang làm việc ở vị trí bên trái. Dầu điều khiển được cấp tới khoang bên trái của xilanh phụ, còn dầu ở khoang bên phải của xilanh phụ sẽ được hồi về thấp áp. Piston của xilanh phụ được đẩy sang phải, cần ACB sẽ xoay quanh điểm B sang phải đẩy van phân phối sang làm việc ở vị trí bên trái. Dầu thủy lực từ một trong hai bơm thủy lực có áp lực cao sẽ được cấp tới khoang bên phải của xilanh dịch bước, còn dầu ở khoang bên trái của xilanh dịch bước sẽ được hồi về thấp áp. Piston của xilanh dịch bước dịch sang trái và cần ACB xoay quanh điểm C. Khi bước chân vịt thay đổi đúng theo yêu cầu điều khiển thì cụm phân hồi đưa tín hiệu tới bộ điều khiển để xử lý và cuộn hút của van điều khiển mất điện, van trở về vị trí giữa, các đường dầu vào xilanh phụ được khóa lại. Khi này cần ACB lại xoay quanh điểm A đẩy van phân phối về làm việc ở vị trí giữa, khóa các đường dầu tới xilanh dịch bước, piston của xilanh dịch bước dừng lại ở vị trí mới và bước chân vịt mới được xác lập.

Quá trình điều khiển bước chân vịt theo chiều lùi được thực hiện tương tự như điều khiển bước chân vịt theo chiều tiến nhưng trình tự thực hiện thì ngược lại.



**Hình 1. Hệ thống điều khiển bước chân vịt bằng điện - thủy lực [2]**

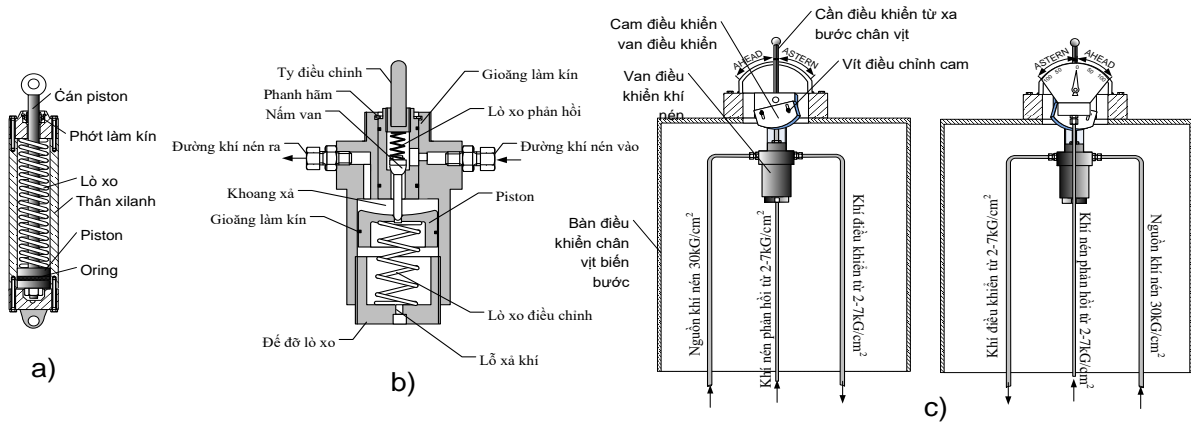
- a) Hệ thống điều khiển bước chân vịt bằng điện - thủy lực.
- b) Chân vịt biến bước tàu thủy.
- c) Van phân phối dầu vào xilanh dịch bước.

### 3. Thiết kế hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén

Các phần tử khí nén được sử dụng để thiết kế hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt đã được sử dụng rất nhiều trên tàu thủy trong các hệ thống điều khiển từ xa tốc độ máy chính. Qua kiểm nghiệm thực tế đối với hệ thống điều khiển từ xa tốc độ máy chính thì các phần tử này hoạt động rất ổn định, chính xác và tin cậy. Các phần tử này có thể hoạt động ổn định trong cả môi trường khắc nghiệt trên tàu thủy như môi trường có nhiệt độ và độ ẩm cao, thậm chí cả trong môi trường nước, môi trường rung lắc mạnh của tàu thủy.

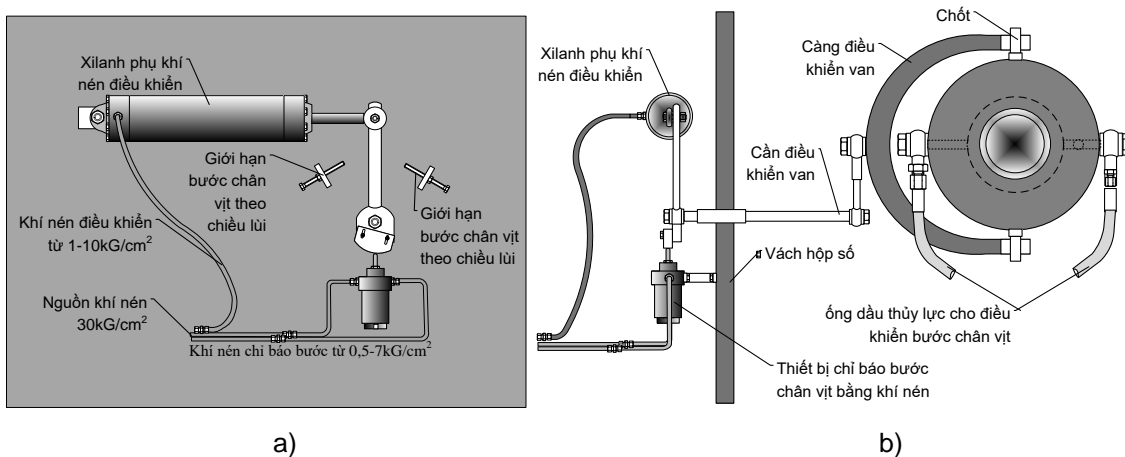
Để thiết kế hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén thay cho điều khiển từ xa bằng điện - điện tử như hình 1a thì hệ thống phải có những

thay đổi như sau: Thay xilanh phụ loại thủy lực tác động hai phía bằng xilanh khí nén tác động một phía như Hình 2a và bỏ hệ thống dầu thủy lực điều khiển. Như vậy hệ thống thủy lực điều khiển bước chân vịt chỉ còn giữ lại hệ thống thủy lực chính. Thay cụm phản hồi và chỉ báo bằng điện thành cụm chỉ báo bằng khí nén kiểu van điều chỉnh áp lực khí nén như Hình 2b. Cụm phản hồi bây giờ chỉ có chức năng chỉ báo bước chân vịt, còn chức năng phản hồi bây giờ do xilanh phụ khí nén đảm nhiệm. Cụm điều khiển từ xa bằng điện trong buồng máy hay trên buồng lái thay bằng cụm điều khiển từ xa bằng khí nén như Hình 2c. Cụm này bao gồm một van điều chỉnh áp suất khí nén như Hình 2b, một cần điều khiển mà bên dưới có bố trí cam thay đổi lực tỷ vào van điều khiển để thay đổi



Hình 2. Các phần tử cụm điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén

- a) Xilanh phụ khí nén tác động một phía [3];
- b) Van điều khiển khí nén [3];
- c) Cụm điều khiển từ xa bằng khí nén.



Hình 3. Cách bố trí xilanh phụ khí nén điều khiển bước chân vịt và bố trí cụm chỉ báo bước chân vịt bằng khí nén

- a) Cách bố trí cụm chỉ báo bước chân vịt bằng khí nén và các vít giới hạn bước chân vịt theo chiều tiến và lùi;
- b) Cách kết nối xilanh phụ khí nén với van phân phối dầu vào xilanh dịch bước.

áp suất cửa ra của van. Trên cụm điều khiển còn có đồng hồ chỉ báo bước chân vịt kiểu áp kế khí nén.

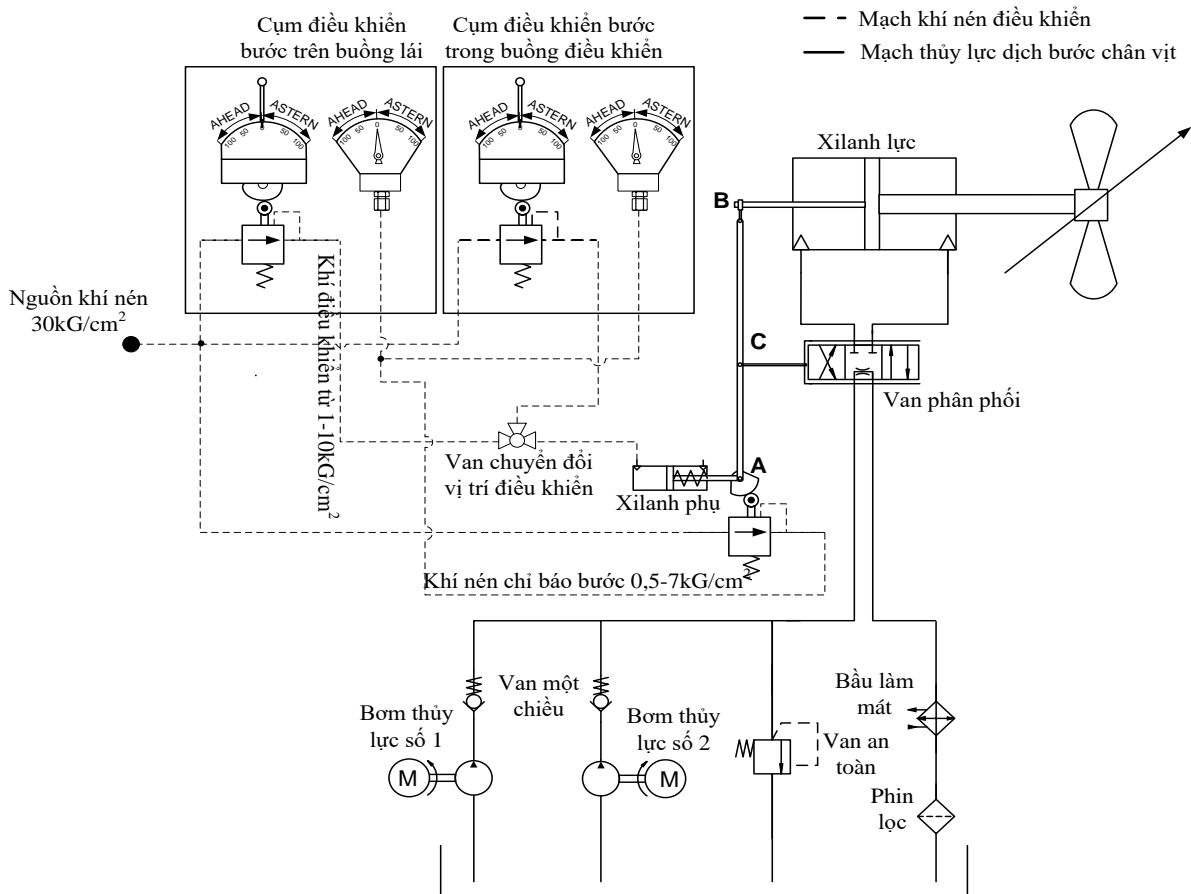
Sơ đồ hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén được thiết kế như trên Hình 4. Trong đó phần hệ thống thủy lực điều khiển bước chân vịt vẫn giữ nguyên, chỉ thay đổi phần điều khiển từ xa bằng khí nén thay cho điện - điện tử.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống như sau: Khi chưa điều khiển thì tay điều khiển ở buồng lái hoặc buồng máy được đặt ở vị trí “STOP”, mở nguồn khí nén cấp tới hệ thống điều khiển. Khởi động một trong hai bơm thủy lực số 1 hoặc số 2. Khi chưa có tín hiệu điều khiển thì van phân phối dầu vào xilanh dịch bước ở vị trí giữa, khóa dầu cấp tới xilanh dịch bước, còn dầu từ bơm thủy lực sẽ đi tắt qua van phân phối về thấp áp.

Khi điều khiển bước chân vịt trong buồng máy van chuyển đổi vị trí điều khiển được chuyển sang vị trí điều khiển tại buồng lái. Nếu điều khiển bước chân vịt theo chiều tiến thì tay điều khiển bước chân vịt được đẩy sang chiều tiến “AHEAD”. Khi này cam điều khiển gắn ở phía dưới của tay điều khiển sẽ tỳ lên

ty của van điều khiển nhiều hơn, van điều khiển sẽ điều chỉnh tăng áp suất khí điều khiển cấp tới khoang bên trái của xilanh phụ, nén lò xo của khoang bên phải xilanh phụ lại. Piston của xilanh phụ dịch chuyển sang phải điều khiển van phân phối làm việc ở vị trí bên trái của van. Dầu thủy lực từ bơm sẽ được cấp tới khoang bên phải của xilanh dịch bước đẩy piston của xilanh dịch bước dịch chuyển sang trái để tăng bước chân vịt theo chiều tiến. Khi lực do áp suất khí nén tác động lên bên trái piston của xilanh phụ khí nén cân bằng với lực do sức căng lò xo tác động lên bên phải piston của xilanh phụ thì piston của xilanh phụ dừng lại. Van phân phối bị kéo về vị trí giữa, khóa đường dầu vào xilanh dịch bước. Khi này piston của xilanh dịch bước sẽ dừng lại xác lập một bước chân vịt mới theo chiều tiến. Khi piston của xilanh phụ dịch chuyển thì cam gắn tại vị trí điểm A cũng xoay làm lực tỳ lên ty của cụm chỉ báo cũng tăng lên, áp suất khí nén đưa tới đồng hồ chỉ báo bước cũng tăng lên thể hiện bước chân vịt tăng theo chiều tiến.

Đối với các hệ thống, thiết bị trên tàu thủy khi muốn hoán cải phải tuân thủ theo tiêu chuẩn của



Hình 4. Hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén

SOLAS 74 của IMO và của QCVN 64: 2015/BGTVT-Quy chuẩn Quốc gia về sản phẩm công nghiệp dùng cho tàu biển. Các hệ thống khí nén trước khi được lắp đặt lên tàu thủy phải được thử thỏa mãn độ an toàn của hệ thống, các tính năng điều khiển và các điều kiện môi trường trên tàu thủy. Khi kết quả thử nghiệm đáp ứng được các tính năng trên và có chứng nhận của đăng kiểm thì mới được phép lắp đặt lên tàu thủy. Để thiết kế được thành công hệ thống khí nén thay thế cho hệ thống điện - điện tử điều khiển từ xa bước chân vịt thì áp suất khí điều khiển tối thiểu  $p_{min}$ , áp suất khí nén điều khiển cực đại tối đa  $p_{max}$  và kích thước xilanh phụ trong hệ thống khí nén phải được tính toán thiết kế một cách hoàn chỉnh. Các thiết bị khác như van điều chỉnh áp lực khí nén và áp kế khí nén để chỉ báo bước chân vịt sẽ lựa chọn theo các thông số  $p_{min}$  và  $p_{max}$ .

**4. Thiết lập các công thức tính toán thiết kế hệ thống khí nén điều khiển từ xa bước chân vịt**

Hình 5 giới thiệu sơ đồ để tính toán thiết kế hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén. Hình 5a là sơ đồ tính toán mô men xoay cần điều khiển van phân phối dầu vào xilanh dịch bước. Hình 5b là sơ đồ tính toán thiết kế xilanh khí nén. Từ sơ đồ Hình 5a và theo tài liệu [4, 5, 6], mômen ma sát của cụm cần điều khiển và van cấp dầu vào xilanh dịch bước được xác định theo công thức sau:

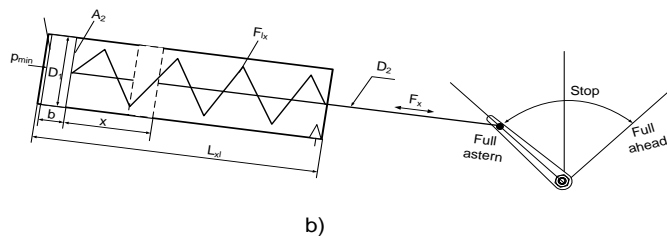
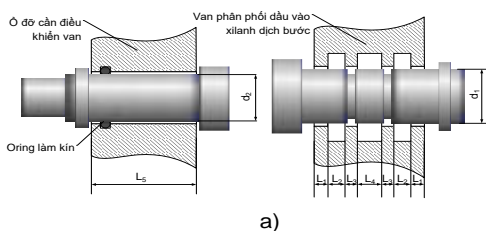
$$M_{ms} = 2.0,153.\pi.d_1.L_1^2 \cdot \frac{\mu.\omega.R_1^2}{h_1^2} + 2.0,153.\pi.d_1.L_3^2 \cdot \frac{\mu.\omega.R_1^2}{h_1^2} + \frac{\pi d_2^2.L_5}{2} \cdot \frac{\mu.\omega}{2.h_2} \cdot d_2$$

(1)

Hay:

$$M_{ms} = \pi.\mu.\omega \left[ 0,306(L_1^2+L_3^2) \frac{d_1.R_1^2}{h_1^2} + L_5 \cdot \frac{d_2^3}{4h_2} \right]$$

(2)



**Hình 5. Sơ đồ tính toán thiết kế hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt tàu thủy bằng khí nén**  
 a) Sơ đồ tính toán mômen xoay cần điều khiển van phân phối dầu vào xilanh dịch bước;  
 b) Sơ đồ tính toán thiết kế xilanh khí nén.

Lực để xoay cần điều khiển van phân phối  $F_x$  được xác định theo công thức sau:

$$F_x = \frac{M_{xoay}}{R} = \frac{M_{ms}}{R}$$

(3)

Từ Hình 5b và theo tài liệu [4, 5, 6] thì sức căng lò xo ban đầu ( $F_{0lx}$ ) khi lò xo đẩy piston của xilanh phụ sang trái ứng với bước chân vịt ở vị trí lùi tối đa được xác định theo công thức:

$$F_{0lx} = C_0.x_0$$

(4)

Lực lò xo ban đầu phải lớn hơn lực xoay cần điều khiển van phân phối dầu vào xilanh dịch bước. Như vậy để lò xo có thể đẩy dứt khoát piston của xilanh dịch bước ta có thể lấy  $F_{0lx} = 4 F_x$  [6].

Từ đó:

$$C_0 = 4 \frac{M_{ms}}{R.x_0}$$

(5)

Áp suất khí nén ban đầu  $p_{min}$  tạo ra lực cân bằng với lực lò xo ban đầu tức là  $F_{min} = F_{0lx}$ , từ đây ta có thể xác định được áp suất khí nén điều khiển ban đầu  $p_{min}$  là:

$$p_{min} = 16 \frac{M_{ms}}{R.\pi D_1^2}$$

(6)

Lực lò xo khi bị nén tối đa  $F_{lxmax}$  tương đương với vị trí piston của xilanh dịch bước bị đẩy sang phải tối đa. Vị trí này là vị trí mà bước chân vịt tiến tối đa ứng với khoảng dịch chuyển tối đa  $S_{max}$  của piston dịch bước chân vịt.

$$F_{lxmax} = C \cdot \left( x_0 + \frac{S_{max}.R}{R_1} \right)$$

(7)

Áp suất khí nén điều khiển cực đại cấp vào xilanh phụ khí nén  $p_{max}$  được xác định như sau:

$$p_{max} = \frac{4}{\pi D_1^2} C_0 \cdot \left( x_0 + \frac{S_{max}.R}{R_1} \right)$$

(8)

Chiều dài tổng của lò xo được xác định theo công thức sau [6]:

$$L_{lx} = \left( x_0 + \frac{S_{max} \cdot R}{R_1} \right) \left( 1 + \frac{d_{lx}}{t_{lx}} \right) \quad (9)$$

Trong đó:

$d_1$  - đường kính cổ trục van phân phối dầu vào xilanh dịch bước (m);

$d_2$  - đường kính trục cần điều khiển tại vị trí ổ đỡ (m);

$h_1$  - khe hở giữa trục và vỏ van phân phối dầu (m);

$h_2$  - khe hở giữa trục và vỏ ổ đỡ cần điều khiển (m);

$\mu$  - độ nhớt động lực học của dầu thủy lực (Pa.s,

N.s/m<sup>2</sup>);

$L_1, L_3$  - chiều dài cổ trục của van phân phối tại vị

trí tiếp xúc (m);

$L_5$  - là chiều dài bề mặt tiếp xúc của ổ đỡ trục cần điều khiển (m);

$\omega$  - tốc độ góc xoay trục điều khiển van phân phối (rad/s);

$M_{xoay}$  - Mômen xoay cần điều khiển van phân phối dầu vào xilanh dịch bước (Nm);

$R$  - Cánh tay đòn tính từ tâm trục điều khiển van phân phối đến vị trí kết nối với xilanh phụ khí nén;

$R_1$  - Cánh tay đòn tính từ tâm van phân phối đến tâm trục điều khiển van phân phối;

$S_{max}$  là hành trình cực đại của piston trong xilanh dịch bước chân vịt (m);

$d_{lx}$  - đường kính dây lò xo (m);

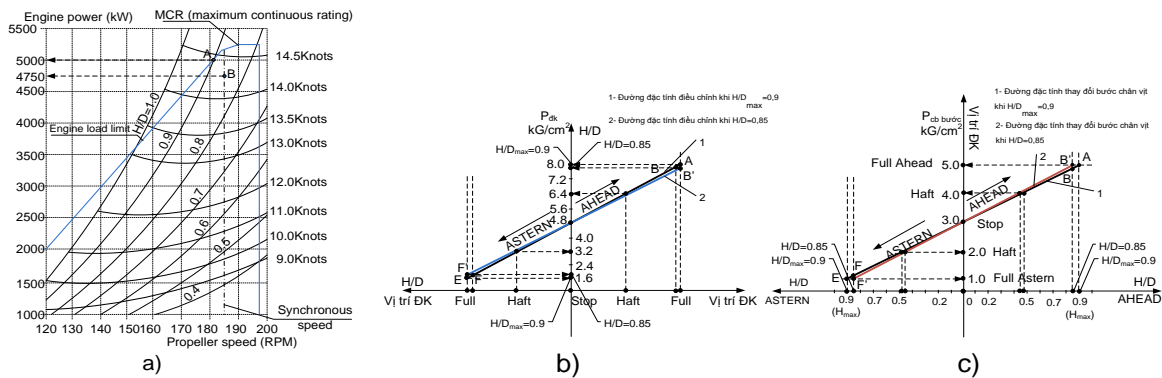
$t_{lx}$  - bước lò xo.

**Bảng 1. Các thông số kết cấu hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén**

$d_1$ (m)	$d_2$ (m)	$R$ (m)	$R_1$ (m)	$L_1$ (m)	$L_3$ (m)	$L_5$ (m)	$x_0$ (m)	$h_1$ (m)	$h_2$ (m)	$S_{max}$ (m)
0,1	0,03	0,3	0,3	0,03	0,02	0,04	0,05	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^{-3}$	0,24

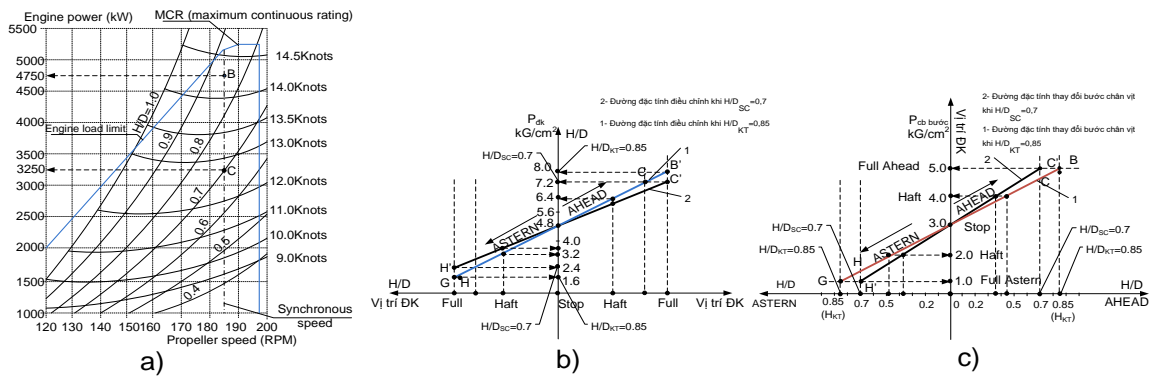
**Bảng 2. Các thông số tính toán thiết kế hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén**

$M_{ms}$ (Nm)	$C_0$ (N/m)	$p_{min}$ (N/m <sup>2</sup> )	$p_{max}$ (N/m <sup>2</sup> )	$L_{lx}$ (m)	$D_1$ (m)	$D_2$ (m)	$b$ (m)	$L_{xl}$ (m)	$L_{cán}$ (m)
135	36000	$1,6 \cdot 10^5$	$8,0 \cdot 10^5$	0,3	0,12	0,01	0,04	0,28	0,38



**Hình 6. Đặc tính động cơ lai chân vịt biển bước và các đặc tính điều khiển bước**

- a) Đặc tính động cơ lai chân vịt biển bước của tàu có công suất máy chính 5000 kW [1];
- b) Đặc tính điều khiển bước chân vịt bằng khí nén [2,3];
- c) Đặc tính chỉ báo bước chân vịt bằng khí nén [2,3].



**Hình 7. Đặc tính động cơ lai chân vịt biển bước và các đặc tính điều khiển bước khi cần giảm công suất khai thác của máy chính**

- a) Đặc tính động cơ lai chân vịt biển bước khi giảm công suất máy chính [1]
- b) Sơ đồ điều chỉnh lại đặc tính điều khiển bước chân vịt bằng khí nén [2,3];
- c) Sơ đồ điều chỉnh lại đặc tính chỉ báo bước chân vịt bằng khí nén [2,3].

#### 4. Kết quả tính toán

Xét cụ thể cho một nhóm tàu có công suất định mức của máy chính là 5.000kW, vòng quay định mức của chân vịt là 185v/p. Các thông số kết cấu của cụm điều khiển van phân phối dầu vào xilanh dịch bước được cho trong Bảng 1.

Đối với hệ thống khí nén điều khiển từ xa bước chân vịt thì việc tính toán thiết kế các thiết bị quan trọng nhất là tính toán thiết kế xilanh khí nén, áp suất khí điều khiển tối thiểu  $p_{min}$  và áp suất khí điều khiển tối đa  $p_{max}$ . Các thiết bị khác như van điều chỉnh áp lực, áp kế chỉ báo bước sẽ được chọn theo áp suất  $p_{min}$  và  $p_{max}$ . Các thiết bị sau khi đã được tính chọn sẽ order của các hãng cung cấp thiết bị có uy tín trên thế giới để cung cấp các thiết bị khí nén.

Trên cơ sở các công thức trên, tác giả đã sử dụng phần mềm Visual basic để tính toán các thông số thiết kế hệ thống khí nén điều khiển từ xa bước chân vịt. Kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 2.

#### 6. Hiệu chỉnh bước chân vịt tàu thủy

Ta xét cho nhóm tàu có công suất máy chính như tính toán ở trên. Từ Bảng 2 ta xác định được các thông số áp suất  $p_{min}$  và  $p_{max}$  tương ứng với bước chân vịt cực đại ( $H_{max}$ ) theo chiều tiến và lùi. Các đường đặc tính điều khiển và chỉ báo bước chân vịt là các đường (1) trên Hình 6b, c.

Tuy nhiên với bước chân vịt giãn hết cỡ ( $H_{max}$ ) theo cả hai chiều này thì máy chính sẽ bị quá tải công suất. Trong thực tế thì bước chân vịt ( $H < H_{max}$ ) để tránh cho máy chính làm việc bị quá tải. Từ đồ thị đặc tính công

tác của máy chính lai chân vịt Hình 6a, điểm công tác hợp lý trong khai thác của máy chính là điểm B trên đồ thị [1]. Điểm B có thông số công tác của động cơ là:  $N_{eKT} = 4.750kW$ , vòng quay chân vịt  $n_{cv} = 185v/p$ , tốc độ tàu đạt  $v_{tàu} = 14,25$  knots, với tỷ số  $H/D = 0,85$ .

Việc hiệu chỉnh đặc tính điều khiển từ xa bước chân vịt được thực hiện như sau: Trước tiên bước chân vịt theo chiều tiến và lùi phải được cố định bởi các vít giới hạn bước chân vịt như Hình 3a. Khởi động bơm thủy lực điều khiển bước chân vịt và chuyển van chuyển đổi sang điều khiển tại buồng lái hoặc buồng máy. Sau đó căn cứ vào sơ đồ đặc tính điều khiển Hình 6b, tay điều khiển được đẩy về vị trí “FULL ASTERN”. Nới các vít hãm cam điều khiển dưới tay điều khiển, hiệu chỉnh phía bên phải của cam cho tỷ vào van điều khiển khí nén sao cho piston của xilanh phụ được đẩy về vị trí lùi hết của bước chân vịt, tức là cần nối với cán piston của xilanh phụ khí nén tỷ vào đầu vít giới hạn bước theo chiều lùi. Tiếp tục đẩy tay điều khiển từ xa bước chân vịt về vị trí hết tiến “FULL AHEAD”, hiệu chỉnh phía bên trái của cam cho tỷ vào van điều khiển sao cho piston của xilanh phụ khí nén được đẩy về vị trí hết tiến của bước chân vịt, tức là cần nối với cán piston của xilanh phụ khí nén tỷ vào đầu vít giới hạn bước theo chiều tiến. Sau đó đưa tay điều khiển từ xa về vị trí “stop” là vị trí bước chân vịt bằng “0”. Đường đặc tính điều khiển trong trường hợp này sẽ làm việc theo đường (2) trên Hình 6b.

Chỉnh định chỉ báo bước chân vịt được thực hiện như sau: Van chuyển đổi vị trí điều khiển được chuyển được đẩy sang vị trí “FULL ASTERN”. Nới các vít

hãm cam điều khiển dưới tay điều khiển, hiệu chỉnh phía bên trái của cam cho tỷ van điều khiển khí nén sao cho kim chỉ báo bước chỉ về vị trí “FULL ASTERN” thì dừng lại. Tay điều khiển tiếp tục được đẩy sang vị trí “FULL AHEAD”, hiệu chỉnh phía bên phải của cam cho tỷ vào van điều khiển sao cho kim chỉ báo bước chân vịt dịch chuyển đến vị trí “FULL AHEAD” thì dừng lại. Sau tay điều khiển được đưa về vị trí “stop” và kim chỉ báo bước chân vịt chỉ “0” là được. Khóa chặt tất cả các vít hãm của cam điều khiển và cam chỉ báo bước chân vịt. Đặc tính chỉ báo bước chân vịt bây giờ làm việc theo đường (2) trên đồ thị Hình 6c.

Khi máy chính bị suy giảm công suất, bước chân vịt trong trường hợp này cần phải được điều chỉnh giảm để máy chính hoạt động an toàn. Quá trình hiệu chỉnh bước chân vịt cũng được tiến hành theo các bước trên. Quá trình hiệu chỉnh bước chân vịt được thể hiện như trên Hình 7.

## 7. Kết luận

Hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt tàu thủy bằng khí nén đã được tính toán thiết kế một cách hoàn chỉnh và đã tính toán cho một nhóm tàu cụ thể. Các thiết bị sử dụng trong hệ thống đã được kiểm nghiệm thông qua các hệ thống điều khiển từ xa tốc độ máy chính nên đã chứng tỏ được khả năng hoạt động ổn định và tin cậy của hệ thống. Hệ thống đã khắc phục được những nhược điểm của hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng điện - điện tử là có thể làm việc được trong môi trường có nhiệt độ và độ ẩm cao, môi trường có rung động mạnh và các môi trường hoạt động khắc nghiệt khác của tàu thủy.

Hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt bằng khí nén có kết cấu đơn giản, gọn nhẹ với độ bền cao. Hệ thống bảo dưỡng đơn giản vì các phần tử trong hệ thống đều là các phần tử khí nén có vật liệu chế tạo với độ bền cao. Điều này đã được kiểm nghiệm thông qua các hệ thống điều khiển từ xa tốc độ máy chính.

Nếu hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt tàu thủy bằng khí nén được chế tạo và được thử nghiệm đầy đủ các thông số kỹ thuật của hệ thống và tính năng về môi trường, khi được đăng kiểm chấp nhận thì hệ thống có thể được áp dụng lên tàu thủy thì sẽ tăng cường nội địa hóa được các trạng thiết bị cho ngành đóng tàu.

Bài báo là sản phẩm công bố kết quả nghiên cứu của đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Trường năm học 2019-2020: “Nghiên cứu tính toán thiết kế hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt tàu thủy bằng khí nén”.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lương Công Nhó, Đặng Văn Tuấn. “*Khai thác hệ động lực tàu thủy*”, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội 1995.
- [2] TS. Phạm Hữu Tân “*Máy phụ tàu thủy tập 2*”, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội 2012.
- [3] TS. Phạm Hữu Tân “*Máy phụ tàu thủy tập 1*”, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội 2012.
- [4] Vương Thành Tiên “*Cơ kỹ thuật*”. NXB Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, TP. Hồ Chí Minh 2013.
- [5] PGS.TS. Trần Doãn Ý “*Ma sát - Mài mòn - Bôi trơn*”, NXB Xây dựng, Hà Nội 2005.
- [6] TCVN 2020-77÷TCVN 2030-77.

Ngày nhận bài:	19/02/2020
Ngày nhận bản sửa:	27/02/2020
Ngày duyệt đăng:	10/03/2020