
**XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ MÔ HÌNH HỆ THỐNG
ĐIỀU KHIỂN BƯỚC CHÂN VỊT TÀU THỦY**
DESIGN OF ALGORITHM AND MODEL OF CONTROLABLE PITCH
PROPELLER CONTROL SYSTEM ON SHIP

VƯƠNG ĐỨC PHÚC¹,
ĐẶNG XUÂN TÂM², NGUYỄN LÊ CÔNG², MAI XUÂN HẢI²,
NGUYỄN VIỆT THẮNG², PHẠM NGỌC THỂ²

¹Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

²Sinh viên ĐTT55 ĐH, Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

Tóm tắt

Nghiên cứu lý thuyết về hệ thống điều khiển bước chân vịt ở chế độ lặp thông thường và không phụ thuộc vào các yếu tố khác trong các chế độ làm việc đã được đề cập nhiều. Tuy nhiên, nghiên cứu hệ thống điều khiển bước chân vịt có nhiều thuật toán phức tạp liên quan đến phân chia tải trên cùng máy chính lại, thuật toán bảo vệ, thuật toán truyền thông với hệ thống khác là một bài toán khó và chưa có bất cứ nghiên cứu nào tại Việt Nam. Hiện tại các hệ thống này thường được trang bị trên các tàu công trình, tàu dịch vụ đòi hỏi tính cơ động cao. Nghiên cứu này đáp ứng yêu cầu bức thiết của các công ty quản lý tàu, sỹ quan vận hành cũng như phục vụ sửa chữa khi gặp sự cố. Giải quyết được bài toán mang lại hiệu quả kinh tế vô cùng lớn và chủ động trong công nghệ.

Từ khóa: Hệ thống chân vịt biển bước, điều khiển và giám sát, giao diện người - máy, chế độ điều khiển bước chân vịt.

Abstract

The theoretical study of the controlable pitch propeller control system (CPP) in conventional iterative mode and not dependent on other factors has been mentioned. However, studying the CPP has many complex algorithms related to loads shared on one main engine, protection algorithms, communication algorithms with other systems is a difficult problem and there isn't any study in Vietnam. Currently these systems are usually equipped on dredging ships, service ships requiring high mobility. This study meets the urgent needs of ship management companies, operation officers as well as maintenance services. Solving the problem plays an important part in great economic efficiency and proactive in technology.

Keywords: The controlable pitch propeller, control and monitoring, human-machine interface, the propeller pitch control modes

1. Đặt vấn đề

Trong thực tế để tạo ra lực đẩy, chiều tiến hay lùi của tàu người ta thường thực hiện theo: Dùng máy chính (Diesel) lai trực tiếp chân vịt, việc đảo chiều hay thay đổi tốc độ được thực hiện thông qua điều khiển Diesel; cách khác là thay đổi chiều thông qua hộp số [2,3]; còn đối với tàu công trình, dịch vụ... do tính cơ động cao nên người ta thường dùng chân vịt biển bước [4, 9] (chân vịt có bước thay đổi), còn diesel luôn quay ở tốc độ cố định. Chân vịt biển bước là chân vịt có các cánh có thể xoay quanh các trục thẳng đứng của nó nhờ cơ cấu truyền động thủy lực [7, 8]. Nhờ đó chân vịt biển bước giúp thay đổi tốc độ tàu mà không cần thay đổi vòng quay của trục chân vịt, thay đổi chiều chuyển động của tàu mà không cần thay đổi chiều quay của trục chân vịt. Chân vịt biển bước làm tăng tính cơ động và khả năng điều động, từ đó nâng cao hiệu suất sử dụng máy móc.

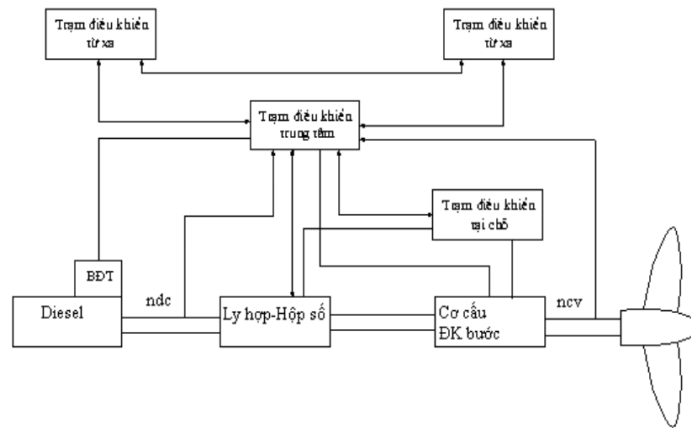
Hiện nay các hệ thống trên tàu đã có tuổi thọ cao và xuất hiện nhiều hỏng hóc cần sửa chữa, chi phí để khôi phục lại hoạt động của tàu vô cùng lớn. Chính vì thế nghiên cứu nhằm mục đích chế tạo ra sản phẩm có thể ứng dụng thực tế mà sự thay đổi phần cứng ít nhất. Làm được điều này sẽ giúp giảm giá thành rất nhiều so với hệ thống mua của nước ngoài, giảm chi phí thuê chuyên gia, mặt khác khi lắp đặt hệ thống xây dựng mới chủ tàu hoàn toàn có thể chủ động về mặt thiết bị và công nghệ từ đó nhanh chóng và thuận tiện trong quá trình vận hành.

Ngoài ra kết quả của việc nghiên cứu sẽ tạo ra một sản phẩm tương đối hoàn hảo cho việc giảng dạy. Các sinh viên khóa sau sẽ có một cái nhìn cụ thể về một hệ thống trên tàu thủy, góp phần nâng cao hiệu quả học tập và nghiên cứu.

Nhóm tác giả lựa chọn hệ thống điều khiển chân vịt mũi trên tàu Thái Bình Dương của Công ty Cổ phần Nạo vét và Xây dựng Đường thủy. Hệ thống trang bị trên tàu này rất điển hình với

nhiều chức năng hiện đại. Sau khi nghiên cứu xong nhóm tác giả sẽ đưa kết quả nghiên cứu tới các trung tâm đo lường có uy tín để kiểm nghiệm, kiểm tra tính đúng đắn.

2. Kết cấu tổng thể của hệ thống



Hình 1. Kết cấu chung hệ thống

Tàu nạo vét Thái Bình Dương được trang bị hai máy chính lái hai chân vịt biển bước. Kết cấu chung được thể hiện trên Hình 1. Mạch nguyên lý thủy lực được thể hiện trên Hình 2.

Nguyên lý: Dầu được bơm từ két thông qua van điều khiển tỉ lệ, theo đường *ahead* hoặc theo đường *astern* tới *servo piston* sẽ dịch chuyển mở bước chân vịt theo chiều tiến hoặc theo chiều lùi.

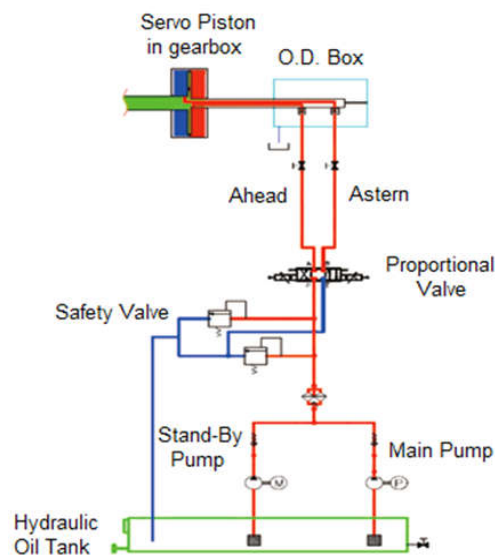
Hệ thống sử dụng máy chính có tổng công suất là 1.400kW dùng chung cho các nhiệm vụ

- Lái bơm bùn: Máy chính sẽ lái bơm để thực hiện nạo vét;
- Lái chân vịt chính: Dùng để cho tàu di chuyển.

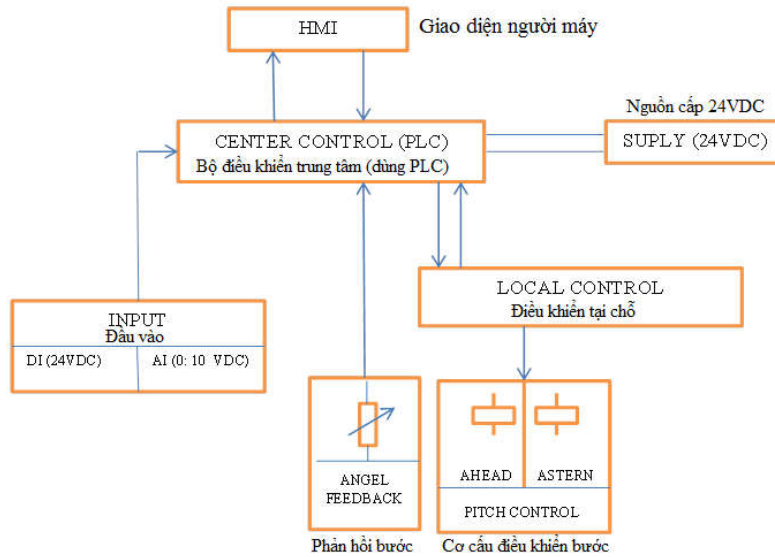
Hệ thống điều khiển từ xa bước chân vịt trên tàu Thái Bình Dương được thiết kế bởi công ty Noris Automation. Hệ thống có 4 trạm được liên kết mạng truyền thông SCADA kiểu phân tán bao gồm: Trạm trung tâm (CENTRAL UNIT), trạm buồng lái (BRIDGE PANEL), trạm buồng điều khiển máy (ECR PANEL) và trạm điều khiển tại chỗ (LOCAL CONTROL BOX). PLC được sử dụng là PLC Erweiterung có 4 modul mở rộng: modul vào, ra số (I/O digital), modul vào ra tương tự (I/O analog) và PLC Logo.

Tất cả các thông số giám sát và bảo vệ được trạm trung tâm thu thập các trạm còn lại chỉ đóng vai trò là trạm điều khiển. Trạm trung tâm giám sát các thông số của máy chính như: Vị trí của thanh răng nhiên liệu, tốc độ thực máy chính, tốc độ đặt của máy chính, trạng thái ly hợp chân vịt, bước chân vịt, trạng thái máy phát đồng trục,...

Hệ thống sử dụng hệ truyền động điện thủy lực, thay đổi bước chân vịt nhờ dòng thủy lực tác động vào piston và xilanh. Có thể điều khiển thay đổi bước chân vịt từ ba vị trí: Bàn điều khiển tại buồng lái, bàn điều khiển buồng máy và hộp điều khiển tại chỗ.



Hình 2. Sơ đồ mạch thủy lực thay đổi bước chân vịt



Hình 3. Cấu trúc tổng thể hệ thống điều khiển bước chân vịt

3. Các thuật toán điều khiển

3.1. Thuật toán điều khiển bơm thủy lực

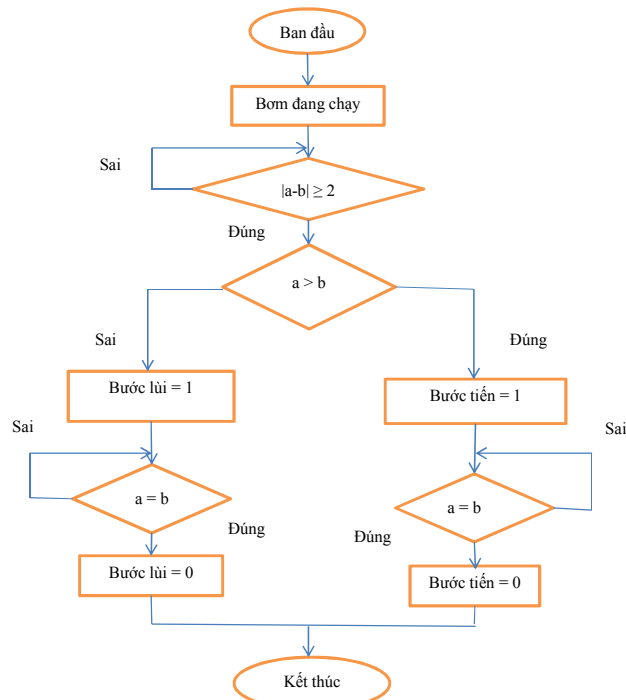
Bơm thủy lực nhằm tạo ra áp lực để dịch cánh chân vịt thông qua điều khiển các van. Hệ gồm 2 động cơ hoạt động theo hình thức dự phòng (standby) và hoạt động như sau:

- + Ấn nút khởi động (START) để khởi động bơm, khi chạy đèn báo màu xanh sáng liên tục;
- + Ấn nút dừng (STOP) để dừng bơm khi đó bơm dừng và đèn báo tắt;

Trong quá trình hoạt động nếu áp lực không đủ bơm còn lại sẽ tự động chạy.

3.2. Thuật toán lặp

Có nhiều thuật toán và phương pháp thực hiện quá trình điều khiển [1,6] để nâng cao chất lượng hệ điều khiển. Với tàu Thái Bình Dương đây là thuật toán điều khiển lặp [4]. Sau khi bơm thủy lực đã hoạt động bình thường với các thông số cho phép thực hiện điều khiển bước. Hệ thống sẽ tiến hành so sánh giá trị bước đặt từ tay điều khiển (bước đặt: a) và giá trị bước thực (b), nếu $|a-b| \geq 2$ hệ thống mới có thể thực hiện điều khiển bước (vùng không nhảy). Sau khi giá trị so sánh đã thỏa mãn nằm ngoài vùng không nhảy, giả sử $a > b$ bộ điều khiển sẽ cấp điện cho van điện từ dịch bước theo chiều tiến. Ngược lại $a < b$ van điện từ dịch bước theo chiều lùi sẽ được cấp điện. Các van điện từ dịch bước chân vịt được cấp điện cho đến khi giá trị bước thực của chân vịt bằng với giá trị bước đặt từ tay điều khiển ($a=b$). Như vậy bước chân vịt đã lặp lại tín hiệu từ tay điều khiển (Hình 4).



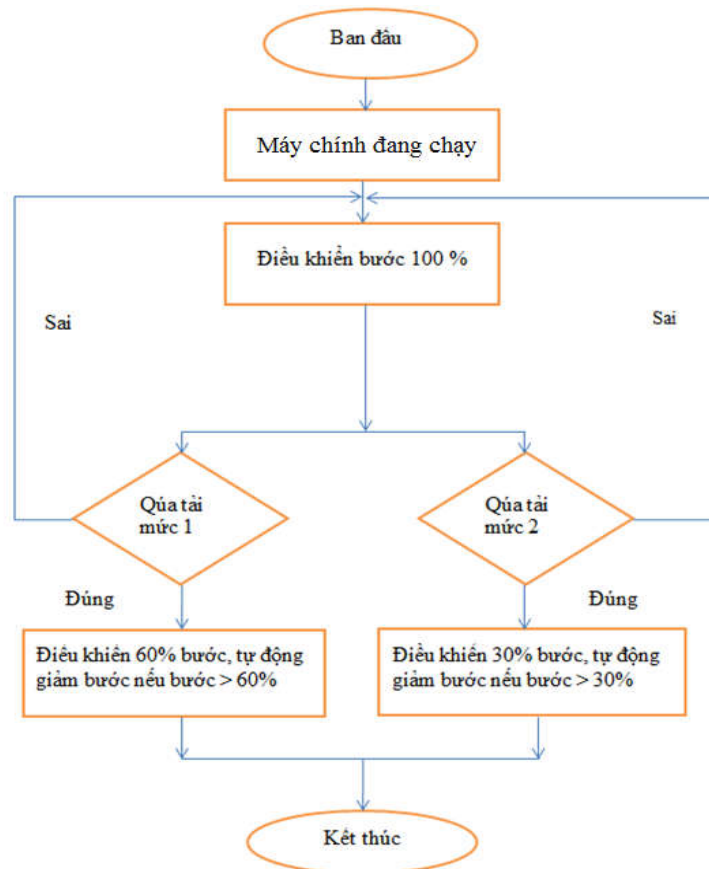
Hình 4. Thuật toán điều khiển lặp trong hệ thống

3.3. Thuật toán giám sát và bảo vệ cho hệ thống

Hệ thống thực hiện giám sát và bảo vệ gồm các tín hiệu:

- Mức dầu trong két thấp;
- Bơm dầu thủy lực quá tải;
- Áp lực dầu điều khiển không đủ;
- Tải máy chính cao,...

Thuật toán giám sát và bảo vệ tuân theo các thuật toán được trình bày tại [5]. Ngoài chức năng của hệ thống giám sát và bảo vệ như thông thường thì hệ thống thiết kế còn có chức năng tự động thay đổi bước tùy theo công suất máy chính nhằm đảm bảo công suất cho máy chính luôn trong giới hạn cho phép (Hình 5).

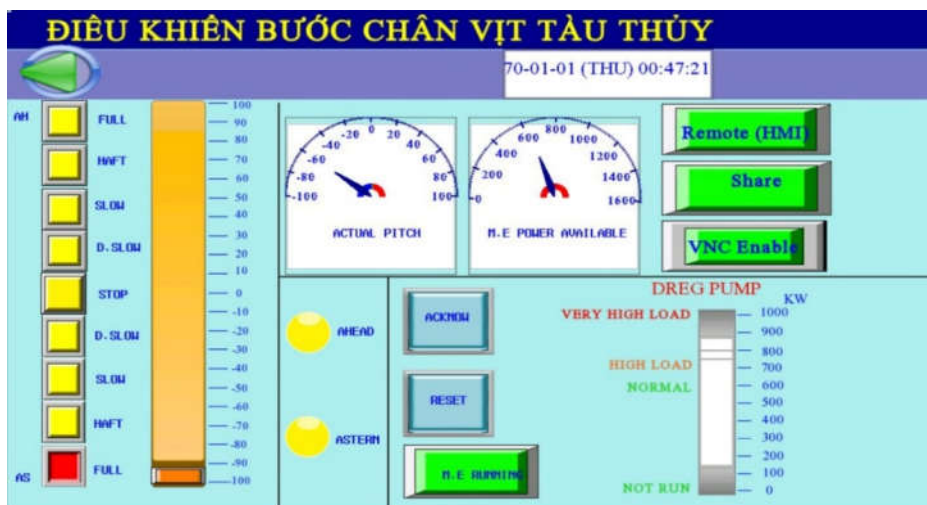


Hình 5. Thuật toán khi máy chính có tải lớn

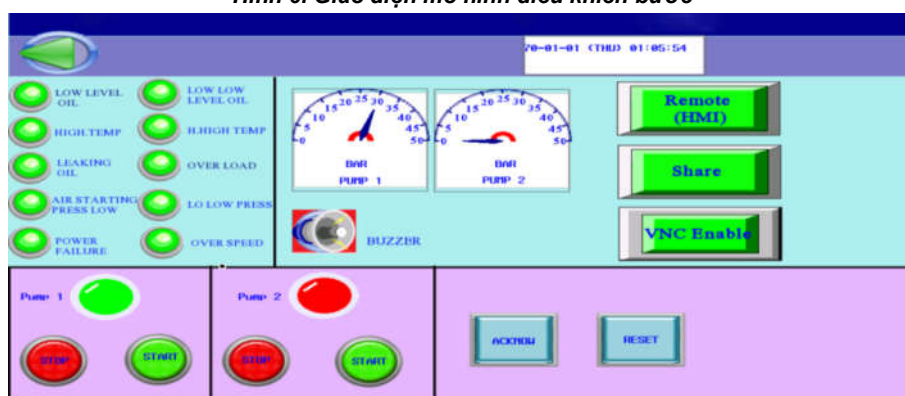
3.4. Xây dựng mô hình điều khiển

Dựa trên các thuật toán đã phân tích nhóm tác giả đã xây dựng mô hình điều khiển bước chân vịt với phần cứng là: Bộ điều khiển trung tâm sử dụng PLC S7-1200 của SIEMENS được cấp nguồn 24VDC. Màn hình giao diện người máy HMI kết nối trực tiếp với bộ điều khiển trung tâm qua cổng truyền thông ETHERNET.

Các tín hiệu đầu vào của bộ điều khiển PLC được lấy từ các cảm biến và các chiết áp phản hồi. Hộp điều khiển tại chỗ bao gồm các nút ấn điều khiển, các đèn, còi báo động và bảo vệ các thông số của hệ thống. Hai van điện từ để điều khiển thay đổi bước. Giao diện được thể hiện trên hình 6 và 7 [5].



Hình 6. Giao diện mô hình điều khiển bước



Hình 7. Giao diện mô hình điều khiển bơm thủy lực và giám sát các thông số



Hình 8. Hệ thống hoàn chỉnh khi xây dựng

4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu các thuật toán điều khiển bước chân vịt trên tàu Thái Bình Dương và xây dựng được hệ thống thực hiện điều khiển và giám sát có sử dụng màn hình HMI, điện thoại [5] cho hệ thống điều khiển chân vịt biến bước cụ thể có nhiều chức năng như hệ thống trong thực tế;

Giao diện hệ thống có tính tùy biến cao, hiển thị được các thông số chính như: Giá trị bước đặt, giá trị bước thực, chỉ báo áp lực của bơm thủy lực, công suất máy chính, cho phép điều khiển tới thiết bị di động. Hiển thị được các báo động và bảo vệ của hệ thống: Mức dầu thủy lực, nhiệt độ dầu thủy lực, quá tải bơm thủy lực,... qua đó người vận hành có thể biết được cụ thể trạng thái làm việc của hệ thống;

Chế tạo được một cơ cấu thực hiện mô phỏng chân thực quá trình hoạt động của cánh Chân vịt biến bước giống thực tế, tăng tính trực quan cho mô hình chế tạo;

Ngoài ra còn ứng dụng được phần mềm VNC Viewer để điều khiển từ xa hệ thống trên màn hình điện thoại, giúp cho việc vận hành trở nên dễ dàng và nhẹ nhàng đi rất nhiều, từ đây nâng cao năng suất làm việc cũng như đảm bảo sức khỏe cho người vận hành;

Hệ thống mà nhóm tác giả chế tạo đã được Trung tâm kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Hải Phòng xác nhận các thông số kỹ thuật và chức năng điều khiển, hệ thống cũng được Công ty cổ phần Nạo vét và Xây dựng Đường thủy (là công ty quản lý tàu Thái Bình Dương) đặt hàng để nghiên cứu và ứng dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Công Ngô, “*Lý thuyết điều khiển tự động*”, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [2] Lưu Đình Hiếu, “*Truyền động điện tàu thủy*”, NXB Xây dựng, 2004.
- [3] Hoàng Đức Tuấn, Đinh Anh Tuấn, Nguyễn Tất Dũng, “*Hệ thống tự động tàu thủy tập 1*”, NXB Hàng hải, 2015.
- [4] Vương Đức Phúc, Nguyễn Tất Dũng, “*Hệ thống điện tự động máy phụ và an toàn tàu thủy*”, NXB Hàng hải, 2015.
- [5]. Đào Minh Quân, Vương Đức Phúc, “*Nghiên cứu hệ thống điều khiển bước chân vịt trong các chế độ hoạt động của tàu Thái Bình Dương*”, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2017-2018.
- [6] Franklin, G.F., Powell, J.D., Workman, M.L., “*Digital control of dynamical systems*”, Addison Wesley, Reading, 1980.
- [7] Bakker, J.C., “*Dynamic behavior and nonlinear aspects of the controllable pitch propeller*”, Master’s thesis, Technische Universiteit Delft, 2005.
- [8] Huijbers, J.H., “*Nonlinear Propeller Pitch Control*”, Master’s thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 2008.
- [9] F.P.M. Dullens, “*Modeling and Control of a Controllable Pitch Propeller*”, Master’s thesis, Eindhoven, 11/2009.

Ngày nhận bài:	28/6/2018
Ngày nhận bản sửa:	16/8/2018
Ngày duyệt đăng:	21/8/2018