

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐIỀU KHIỂN MỜ ĐỂ XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH VÒNG QUAY ĐỘNG CƠ DIESEL LAI MÁY PHÁT ĐIỆN TÀU THỦY

RESEARCH ON THE APPLICATION OF FUZZY CONTROL TECHNOLOGY TO BUILD A SPEED CONTROLLING SYSTEM OF MARINE DIESEL GENERATOR

ThS. **Phạm Anh Đức**

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: ducpa.mtb@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Trên tàu thủy, động cơ diesel được trang bị để lái chân vịt, lái máy phát điện, lái các thiết bị phục vụ. Các loại phụ tải này thường thay đổi thường xuyên làm cho vòng quay của động cơ không ổn định. Vì vậy, cần thiết phải có bộ điều chỉnh vòng quay để duy trì ổn định vòng quay của động cơ bằng cách điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp vào động cơ. Trong nghiên cứu này, tác giả nghiên cứu bộ điều khiển tự động vòng quay Fuzzy PID với nhiều ưu điểm so với bộ điều chỉnh PID truyền thống.

Từ khoá: Bộ điều khiển; Điều khiển PID; Điều khiển mờ.

ABSTRACT

Diesel engines have been widely used in ships to drive propeller, generator and some kind of service equipments. These loads are usually various therefore speed of engine is not stable. It is necessary to adjust the amount of fuel supplied to engine to maintain the stable speed. In this study, I research a self-tuning Fuzzy PID controller to take above mission with many advantages in comparing with classical PID controller.

Keywords: Control system; PID control; Fuzzy control.



1. MỞ ĐẦU

Trên tàu thủy, động cơ diesel được trang bị để lái chân vịt, lái máy phát điện, lái các thiết bị phục vụ như bơm, máy nén khí... Động cơ diesel khi hoạt động với các phụ tải loại này có các đặc điểm là phụ tải (với động cơ lái máy phát) hoặc điều kiện khai thác (với động cơ lái chân vịt) thường xuyên thay đổi. Do đó, năng lượng tiêu thụ (phụ tải của động cơ) thường xuyên thay đổi, dẫn đến vòng quay của động cơ bị dao động nếu giữ nguyên đặc tính cấp năng lượng (giữ nguyên tay ga của động cơ).

Vì vậy, yêu cầu đặt ra là phải điều chỉnh năng lượng cấp (điều chỉnh tay ga để thay đổi lượng nhiên liệu cấp) cho phù hợp với năng lượng tiêu thụ (phụ tải của động cơ). Để thực hiện điều này, các bộ tự động điều chỉnh vòng quay thường được sử dụng để điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp vào động cơ phù hợp với tải nhằm duy trì ổn định vòng quay của động cơ. Các bộ điều chỉnh vòng quay truyền thống được sử dụng thường là các bộ điều chỉnh PID. Các bộ điều chỉnh này có ưu điểm là độ chính xác và tin cậy cao, đòi hỏi ít công sức của người khai thác, tuy nhiên nó cũng có nhược điểm là thời gian điều chỉnh và độ quá điều chỉnh thường khá lớn [1].

Trong nghiên cứu này, tác giả hướng tới một bộ điều chỉnh mới nhằm khắc phục được các nhược điểm của bộ điều chỉnh PID truyền thống và cải tiến hoạt động của bộ tự động điều chỉnh vòng quay động cơ diesel lái máy phát điện tàu thủy. Bộ điều chỉnh vòng quay này kết hợp giữa bộ điều chỉnh PID truyền thống và bộ điều chỉnh Fuzzy.

2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN VÒNG QUAY FUZZY PID

Bộ điều khiển PID kinh điển được thiết kế dựa trên các phương pháp đã biết như phương pháp tổng hợp hệ thống Ziegler và Nichols, Offerein, Chien Hrones Reswick, thời gian tổng Kuhn, tối ưu modul, tối ưu đối xứng [2, 3]. Một bộ điều khiển PID với đầu vào sai lệch $e(t)$, đầu ra $u(t)$ có mô hình toán học như sau:

$$u(t) = K_P \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$$

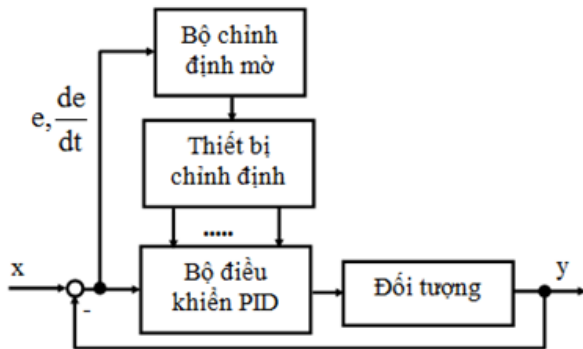
Các tham số K_P , K_I , K_D của bộ điều khiển PID được chỉnh định trên cơ sở phân tích tín hiệu chủ đạo và tín hiệu ra của hệ thống, chính xác hơn là sai lệch $e(t)$ và đạo hàm de/dt của sai lệch [2]. Các tham số cho bộ điều khiển PID được chỉnh định bằng các phương pháp như qua phiếm hàm mục tiêu, chỉnh định trực tiếp song phương án trên đều phải mò mẫm và không đáp ứng được khi đối tượng thay đổi thông số. Để đơn giản và dễ áp dụng, ta sử dụng phương pháp chỉnh định mờ của Zhao, Tomizuka và Isaka (Hình 1). Với giả thiết các tham số K_P , K_D bị chặn, tức là:

$$K_P \in [K_P^{\min}, K_P^{\max}] \text{ và } K_D \in [K_D^{\min}, K_D^{\max}]$$

$$K_P = \frac{K_P - K_P^{\min}}{K_P^{\max} - K_P^{\min}} \text{ và}$$

$$K_D = \frac{K_D - K_D^{\min}}{K_D^{\max} - K_D^{\min}} \text{ để có } 0 \leq K_P \leq 3; \\ 0 \leq K_D \leq 1.5$$

$$\text{Trong đó: } \alpha = \frac{T_I}{T_D} \Rightarrow K_I = \frac{K_P^2}{\alpha K_D}$$



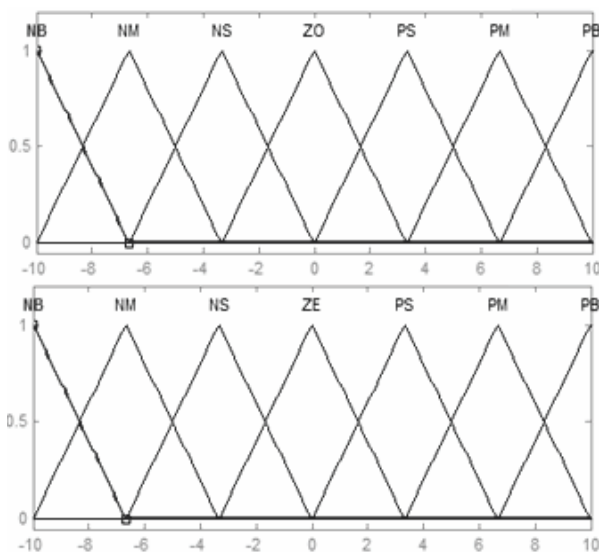
Hình 1. Phương pháp chỉnh định mờ tham số bộ điều tốc PID

*Định nghĩa các biến vào và ra:

Sai lệch = Tín hiệu đo trừ tín hiệu đặt,
 $e(t) = \text{Đo} - \text{Đặt}$.

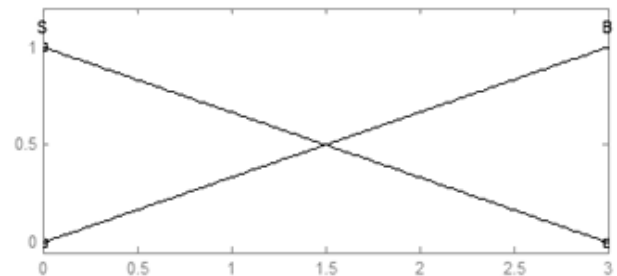
Tốc độ thay đổi tín hiệu: $de(t) = [e(t)(i + 1) - e(t)(i)]/T$, với T là chu kỳ lấy mẫu, i là lần lấy mẫu.

Số lượng biến ngôn ngữ: NB - Âm nhiều; NM - Âm vừa; NS - Âm ít; ZE - Không âm; PS - Dương ít; PM - Dương vừa; PB - Dương nhiều.



Hình 2. Tập mờ và hàm thuộc cho sai số $e(t)$ và $de(t)$

Sử dụng các kí hiệu tương ứng sau: S - Nhỏ; M - Nhỏ vừa; M - Trung bình; - lớn. Biến K_p , K_D có hai giá trị mờ S và B và có hàm thuộc như sau:

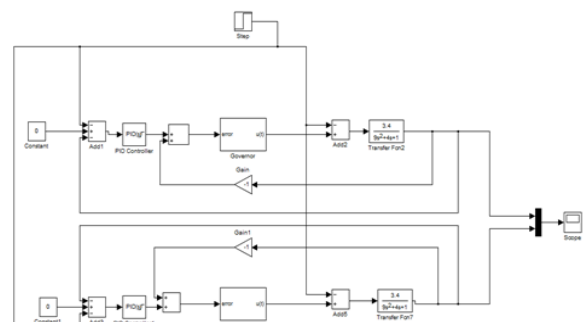


Hình 3. Tập mờ và hàm thuộc cho K_p và K_D

3. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH VÒNG QUAY FUZZY PID BẰNG PHẦN MỀM MATLAB

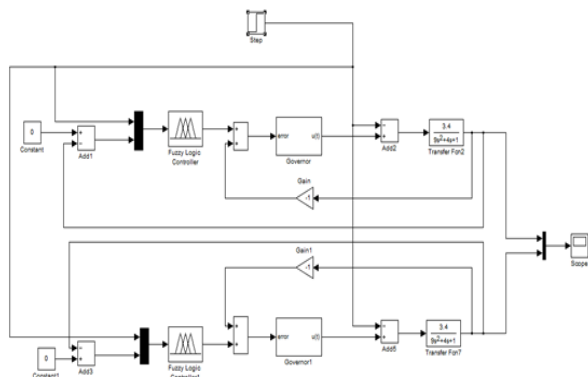
Để mô phỏng bộ điều khiển PID mờ đồng thời so sánh kết quả với bộ điều khiển PID truyền thống, chương trình mô phỏng gồm hai bộ phận chính.

Phần thứ nhất là bộ điều khiển PID truyền thống với các phần tử tỉ lệ, tích phân và vi phân. Bộ điều khiển có hai tín hiệu vào là tín hiệu giá trị đặt và tín hiệu phản hồi tại đầu ra đối tượng điều chỉnh. Các hệ số của bộ điều khiển này được xác định thủ công hoặc có thể sử dụng công cụ PID tuning trong Simulink.



Hình 4. Mô hình hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ Diesel lai máy phát điện sử dụng bộ điều khiển PID

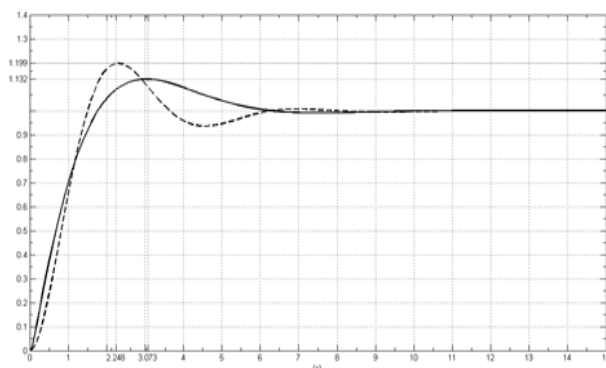
Phần thứ hai là bộ điều khiển PID với các hệ số: K_p , K_d được chỉnh định tự động bằng các bộ điều khiển mờ nằm trong khối “FCLs”. Hệ số K_i được gián tiếp chỉnh định thông qua thông số α .



Hình 5. Mô hình hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ Diesel lai máy phát điện sử dụng bộ điều khiển mờ

4. KẾT QUẢ

*Kết quả mô phỏng trong chế độ không tải

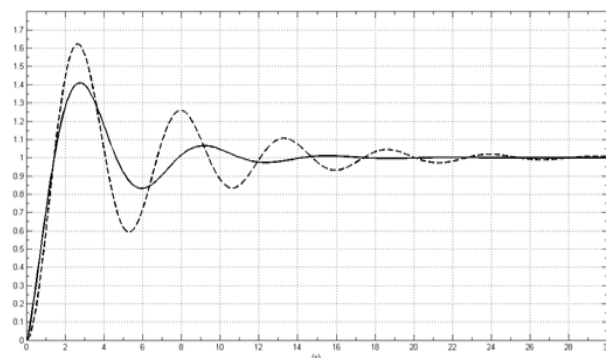


Hình 5. Tín hiệu ra của các bộ điều khiển theo thời gian

Từ kết quả thu được trên đồ thị, ta thấy trong thời gian đầu, đặc tính của bộ điều khiển PID mờ dốc hơn so với đặc tính của bộ điều khiển PID nên tốc độ của động cơ được trang bị bộ điều khiển PID mờ tăng nhanh tới giá trị đặt hơn tốc độ của động cơ được trang bị bộ điều khiển PID. Tại lân cận giá trị đặt thì quá trình lại diễn ra ngược lại, tốc độ của động cơ với

bộ điều khiển PID mờ tăng chậm hơn để làm giảm độ quá điều chỉnh (Độ quá điều chỉnh của bộ điều tốc PID là 19.8%. Độ quá điều chỉnh của bộ điều tốc PID mờ là 13.2%). Đặc điểm này của bộ điều tốc PID mờ giúp cho động cơ nhanh chóng xác lập được trạng thái cân bằng với giá trị đặt mới. Về mặt thời gian điều chỉnh thì cả hai bộ điều khiển có thời gian điều khiển là tương đương nhau.

*Kết quả mô phỏng khi xuất hiện nhiễu trong hệ thống



Hình 6. Tín hiệu ra của các bộ điều khiển khi có nhiễu

Từ đồ thị, ta thấy khi xuất hiện nhiễu trong hệ thống thì tính thích nghi của bộ điều khiển PID mờ tốt hơn rất nhiều so với bộ điều khiển PID. Cụ thể độ quá điều chỉnh lớn nhất của các bộ điều khiển lần lượt là: 40% và 61%. Thời gian điều chỉnh của bộ điều khiển PID mờ (Sau 10.5s) cũng ngắn hơn so với bộ điều khiển PID (Sau khoảng 14.5s).

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã giới thiệu được các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ diesel, các bộ điều chỉnh tốc độ. Tác giả đã xây dựng được phương pháp chỉnh định các hằng số của bộ điều khiển PID bằng lý thuyết điều khiển mờ, để từ đó xây dựng bộ điều khiển PID mờ phục vụ cho việc điều chỉnh tốc độ động cơ Diesel lai máy phát điện tàu thủy, thiết kế mô hình và mô

phỏng hoạt động của hệ thống bằng các công cụ Fuzzy logic và Simulink tool box trong phần mềm Matlab với kết quả thu được là:

- Độ quá điều chỉnh, thời gian điều chỉnh của bộ điều khiển PID mờ nhỏ hơn so với bộ điều khiển PID;

- Khi xuất hiện nhiễu trong hệ thống thì bộ điều khiển PID mờ duy trì độ sai lệch tốc độ động cơ so với giá trị đặt tốt hơn so với bộ điều khiển PID.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT24-25.26.❖

Ngày nhận bài: **06/3/2025**

Ngày phản biện: **24/3/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. PGS,TS. Lê Văn Học (2008), “*Tự động điều chỉnh và điều khiển động cơ Diesel tàu thủy*”. NXB. Hải Phòng.
- [2]. Phạm Công Ngô (2006), “*Lý thuyết điều khiển tự động*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Karl Johan Astrom, Tore Hagglund (1995), “*PID controller: Theory, design and tuning – Second edition*”. United States of America.