

NGHIÊN CỨU BỘ ĐIỀU KHIỂN PID MỜ CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG SERVO

A STUDY OF FUZZY PID CONTROLLER FOR SERVO TRANSMISSION

Trương Văn Thuận¹, Đỗ Viết Long¹, Phạm Trọng Hòa²

¹Trường Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu về xây dựng bộ điều khiển PID mờ cho hệ truyền động servo. Động lực học của cơ hệ từ động cơ servo, trục vít và tải cơ khí được tổng hợp và mô hình hóa trong Matlab/Simulink. Từ đó, một bộ điều khiển PID mờ được xây dựng để điều khiển vị trí của tải. Đáp ứng của hệ thống được so sánh giữa phương pháp điều khiển truyền thống và thông minh. Kết quả thu được qua mô phỏng số cho thấy phương pháp PID mờ có hiệu quả tốt trong điều khiển vị trí của hệ thống servo cơ điện.

Từ khóa: Điều khiển PID mờ; Mô phỏng số; Động lực học.

ABSTRACT

This paper presents some research results of tuning a Fuzzy PID controller for servo transmission system. Dynamics of system including servo motor, screw joint and working plate is developed and numerically modeled in Matlab/Simulink. Then, a Fuzzy PID controller is tuning for position control. The system responses are compared between traditional and intelligent control algorithms. The results indicate that PID fuzzy is a good solution for electro-mechanical servo systems.

Keywords: Fuzzy PID controller; Numerical Simulation; Dynamics.

1. GIỚI THIỆU

Điều khiển chính xác cho hệ thống servo luôn là một nhiệm vụ quan trọng trong công nghiệp hiện đại. Trong công nghiệp, trên 90% bộ điều khiển sử dụng trên nền tảng PID và các biến thể của thuật toán này. Phát triển các thuật toán điều khiển chính xác cao vẫn luôn là chủ đề thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp. Tiêu biểu trong số những nghiên cứu gần đây trong lĩnh vực này có thể kể tới như [1], [2]...

Trong nghiên cứu này, các tác giả thực hiện việc xây dựng bộ điều khiển PID mờ cho hệ truyền động servo cơ điện nhằm tận dụng được ưu điểm của cả hai phương pháp điều khiển truyền thống và thông minh. Động lực học của một hệ truyền động cơ điện từ động cơ servo, qua bộ truyền cơ khí tới tải được tổng hợp và mô hình hóa để mô phỏng trong Matlab/Simulink. Bộ điều khiển PID mờ được xây dựng trên nền tảng bộ điều khiển PID truyền thống. Đáp ứng của hệ thống sẽ được so sánh với các bộ điều khiển này.

2. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG SERVO

Hệ thống dẫn động cơ điện servo thường được khảo sát bởi phương trình vi phân bậc 2 như công thức (1) được mô tả dưới đây:

$$J\ddot{\theta} + C\dot{\theta} = T \quad (1)$$

Với T là mô men yêu cầu dẫn động; J là mô men quán tính tương đương; C là hệ số giảm chấn gây ra bởi ma sát và các đặc tính động lực khác. Trong lý thuyết điều khiển kinh điển, phương trình này được mô tả trong không gian Laplace:

$$Js^2\theta(s) + Cs\theta(s) = T(s) \quad (2)$$

$$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{Js^2 + Cs} \quad (3)$$

Và trong lý thuyết điều khiển hiện đại, phương trình được mô tả dưới dạng các ma trận không gian trạng thái:

$$X = \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \theta \end{bmatrix} \text{ and } \dot{X} = \begin{bmatrix} \ddot{\theta} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\dot{X} = AX + BU \quad (5)$$

$$Y = CX + DU$$

với $\dot{X}$ là ma trận biến trạng thái hệ thống, U là tín hiệu vào, Y là tín hiệu ra; A , B , C , và D là các ma trận trạng thái.

Cả hai cách biểu diễn hàm trạng thái và hàm truyền đều có thể biến đổi sang dạng còn lại thông qua tính toán toán học và thực hiện nhanh bằng lập trình. Đáp ứng của hệ thống đối với tín hiệu tác động được khảo sát trên nền tảng lý thuyết dao động. Một hệ số khuếch đại K được thêm vào phương trình (3) dẫn tới:

$$\frac{\theta(s)}{R(s)} = \frac{K}{Js^2 + Cs + K} \quad (6)$$

$$\frac{\theta(s)}{R(s)} = \frac{K/J}{\left[s + \frac{C}{2J} + \sqrt{\left(\frac{C}{2J}\right)^2 - \frac{K}{J}}\right] \left[s + \frac{C}{2J} - \sqrt{\left(\frac{C}{2J}\right)^2 - \frac{K}{J}}\right]} \quad (7)$$

Cuối cùng, dạng chuẩn của hệ thống được mô tả theo miền tần số ở phương trình (8).

$$\frac{\theta(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (8)$$

Với:

$$\frac{K}{J} = \omega_n^2; \quad \frac{C}{J} = 2\zeta\omega_n = 2\sigma; \quad \zeta = \frac{C}{C_c} \text{ and } C_c = 2\sqrt{JK} \quad (9)$$

Trong nghiên cứu này, hàm truyền cơ khí của cơ hệ có hàm truyền theo công thức (10):

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{13.4589502s^2 + 0.04845222s} \quad (10)$$

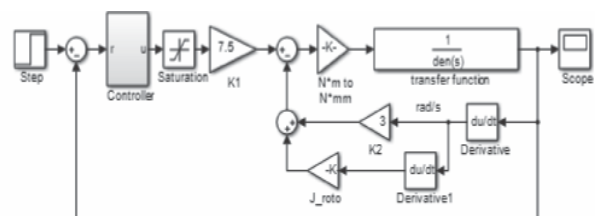
Với phương trình của động cơ servo điện:

$$T_M = K_1 e - K_2 \frac{d\theta}{dt} \quad (11)$$

Với K_1 , K_2 và e lần lượt là các hệ số khuếch đại điều khiển, hệ số phản từ và điện áp điều khiển.

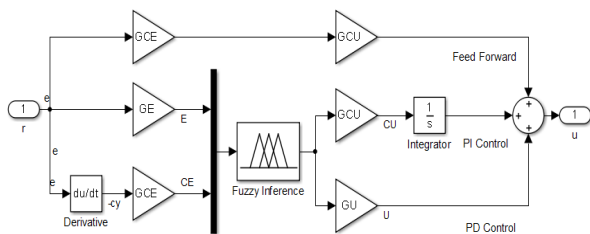
3. XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG VÀ MÔ PHỎNG

Hình 1, mô tả sơ đồ điều khiển của hệ trong Matlab/Simulink.



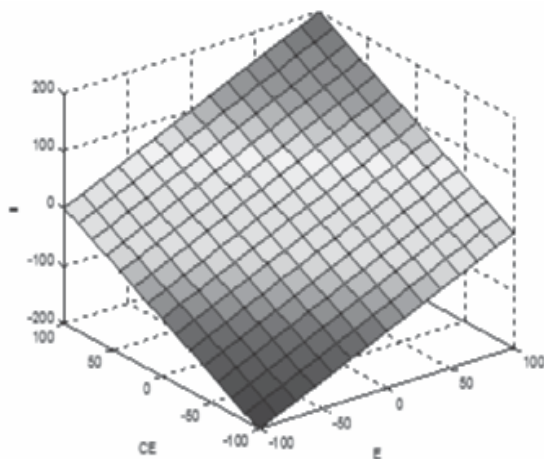
Hình 1. Sơ đồ điều khiển hệ truyền động trong Matlab/Simulink

Trong khi bộ điều khiển PID khá đơn giản và dễ sử dụng thì bộ điều khiển mờ lại rất hữu dụng cho các hệ thống phi tuyến cao. Tuy nhiên, thiết lập bộ điều khiển mờ nhanh không dễ dàng. Việc sử dụng bộ điều khiển lai giữa PID và mờ có nhiều cách để tận dụng ưu thế của cả hai loại hình điều khiển. Bộ điều khiển ban đầu là PID, các hệ số của bộ PID được xây dựng thông qua mặt tham chiếu mờ của trở thành bộ PID mờ. Trong môi trường Matlab/Simulink, các tác giả đã tham khảo các công bố [3] tới [12] xây dựng bộ điều khiển PID mờ thể hiện như Hình 2:

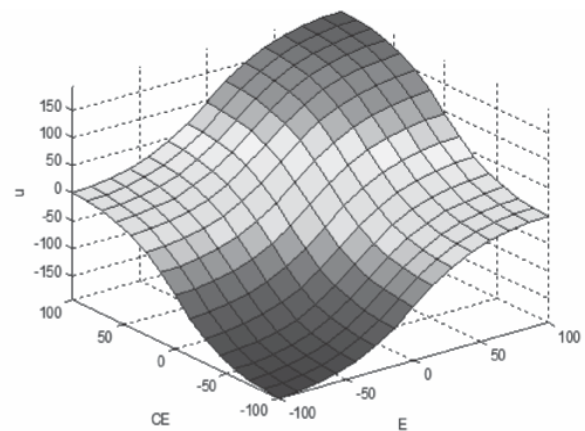


Hình 2. Cấu trúc bộ điều khiển PID mờ

Với việc xây dựng hệ thống tham chiếu mờ tuyến tính và phi tuyến lần lượt được mô tả trong Hình 3 và Hình 4:

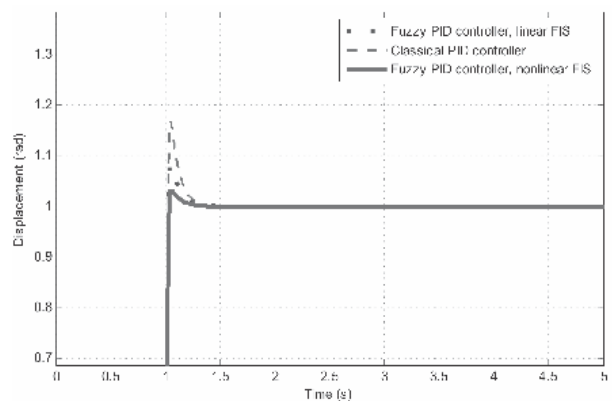


Hình 3. Hệ thống tham chiếu mờ tuyến tính



Hình 4. Hệ thống tham chiếu mờ phi tuyến

Đáp ứng của hệ thống với lần lượt 3 bộ điều khiển PID truyền thống, PID mờ với mặt tham chiếu tuyến tính và PID mờ với mặt tham chiếu phi tuyến được thể hiện qua Hình 5.



Hình 5. Đáp ứng của hệ thống với 3 bộ điều khiển

Từ Hình 5 có thể thấy, đáp ứng của hệ thống đã được cải thiện rất nhiều nhờ bộ điều khiển PID mờ khi so với bộ PID truyền thống. Điều đó có thể thấy PID mờ có tiềm năng là giải pháp hữu hiệu nâng cao độ chính xác điều khiển cho hệ truyền động servo.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện xây dựng một bộ điều khiển PID mờ cho hệ truyền động servo

kinh điển. Đặc tính động lực của hệ thống được tổng hợp và bộ điều khiển được xây dựng trên cơ sở đáp ứng dẫn động cho một hệ truyền động thực. Việc kết hợp lý thuyết mờ vào bộ điều khiển PID đã nâng cao hiệu quả điều khiển vị trí. Kết quả nghiên cứu sẽ là tiền đề để tối ưu các thuật toán điều khiển cho điều khiển hiện đại.❖

Ngày nhận bài: 05/3/2022

Ngày phản biện: 15/3/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Xuan-Bo Tran, "Nonlinear Control of a Pneumatic Actuator Based on a Dynamic Friction Model", *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering* 67 (9), 2021.
- [2]. XB Tran, NC Nguyen, DT Pham, "Sliding mode control for a pneumatic servo system with friction compensation", *International Conference on Engineering Research and Applications*, 648-656, 2019.
- [3]. Qi, Y. and Meng, Q. J., "The Application of Fuzzy PID Control in Pitch Wind Turbin", *International Conference on Future Energy, Environment, and Materials*, *Energy Procedia* 16, pp. 1635-1641, 2012.
- [4]. Wu, Y., Jiang, H. and Zou, M., "The Research on Fuzzy PID Control of the Permanent Magnet Linear Synchronous Motor", *International Conference on Applied Physics and Industrial engineering*, *Physics Procedia* 24, pp. 1311-1318, 2012.
- [5]. Xie, D., Zhu, J. Q. and Wang, F., "Fuzzy PID Control To Feed Servo System of CNC Machine Tool", *International Workshop on Information and Electronics Engineering*, *Procedia* 29, pp. 2853-2858, 2012.
- [6]. Mohan, B. M. and Sinha, A., "Analytical structure and stability analysis of a fuzzy PID controller", *Applied Soft Computing* 8, pp. 249-758, 2008.
- [7]. Natsheh, E. and Buragga, K. A., "Comparison between Conventional and Fuzzy Logic PID Controllers for Controlling DC Motors", *International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 7, Issue 5, pp. 128-134, 2010.
- [8]. Shakya, R., Rajanwal, K., Patel, S. and Dinkar, S., "Design and Simulation of PD, PID and Fuzzy Logic Controller for Industrial Application", *International Journal of Information and Computation Technology*, Vol.4, Num.4, pp. 363-368, 2014.
- [9]. Eker, I. and Torun, Y., "Fuzzy logic control to be conventional method", *Energy Conversion and Management* 47, pp. 277-394, 2006.
- [10]. Carvajal, J., Chen, G. R. and Ogmen, H., "Fuzzy PID controller: Design, performance evaluation, and stability analysis", *Information Sciences* 123, pp.249-270, 2000.
- [11]. Shi, W. V., "A Novel Design of Fuzzy PID Controllers for Dual-Sensor Cardiac Pacemaker Systems", *Open Journal of Applied Biosensor* 2, pp.29-38, 2013.
- [12]. Xu, J. X., Hang, C. C. and Liu, C., "Parallel structure and tuning of a fuzzy PID controller", *Automatica* 36, pp.673-684, 1999.