

XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ
CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG BẮM VỊ TRÍ NHIỀU ĐỘNG CƠ
DESIGN FUZZY LOGIC CONTROLLER
FOR POSITION DRIVE MULTI-MOTOR SYSTEM

Nguyễn Thị Linh, Đặng Tiến Trung*, Đỗ Thị Loan

Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 14/05/2021, Ngày chấp nhận đăng: 14/09/2021, Phản biện: Đào Thị Mai Phương

Tóm tắt:

Bài báo trình bày việc ứng dụng bộ điều khiển mờ cho các hệ truyền động bám xoay chiều điều khiển vị trí sử dụng biến tần. Trên cơ sở xây dựng sơ đồ cấu trúc, tổng hợp bộ điều khiển mờ, kiểm nghiệm bằng mô hình mô phỏng trên Simulink, xây dựng mô hình nghiên cứu thực nghiệm điều khiển giám sát qua mạng truyền thông công nghiệp cho thấy hệ thống ổn định, chất lượng hệ bám tốt hơn hẳn khi sử dụng bộ điều khiển PID.

Từ khóa: Nhiều động cơ, điều khiển mờ, mạng truyền thông công nghiệp.

Abstract:

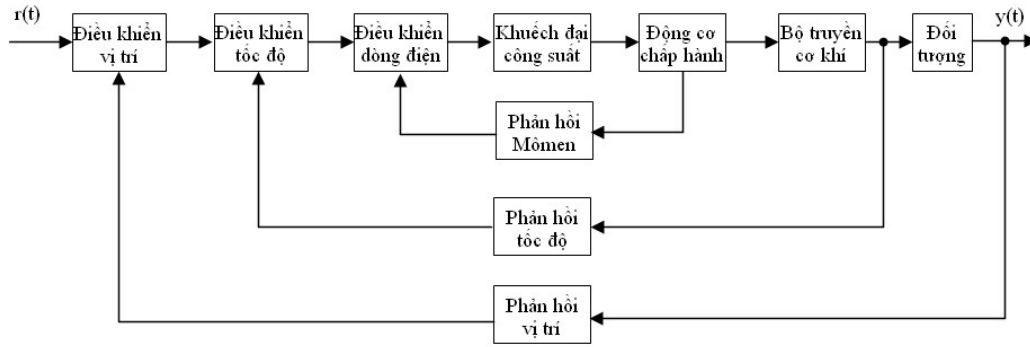
This paper presents the application of fuzzy controller for position control ac tracking transmission systems using inverters. On the basis of building the structure diagram, synthesizing fuzzy controller, testing by simulation model on Simulink, building an experimental research model of supervisory control via industrial communication network, showing that the system is stable. The quality of the tracking system is much better when using a PID controller.

Keywords: Multi-motor drive systems, fuzzy logic controller, communication networks.

1. MỞ ĐẦU

Hệ truyền động bám vị trí xoay chiều nhiều động cơ là hệ truyền động được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp như: máy cán thép, cắt giấy, kéo cáp điện, cắt tôn... Đây là hệ phi tuyến phức tạp, có nhiều tham số mà các bộ điều khiển thông thường khó có thể đáp ứng tốt tất cả các chỉ tiêu chất lượng. Các bộ điều khiển (BĐK) cho HTĐ này liên tục được nghiên cứu phát triển từ đơn giản như BĐK PID [1] đến phức tạp như mạng nơ ron [2], logic mờ [3-6]. Tuy nhiên các bộ điều khiển trên vẫn chỉ dừng lại ở phần mô phỏng mà chưa có những kết quả thực nghiệm cụ thể.

Vì vậy việc nghiên cứu để hiện thực hóa bộ điều khiển là cần thiết. Điều khiển mờ xuất phát từ những ý tưởng trực quan, rõ ràng, gần gũi với tư duy điều khiển của con người. Khi xây dựng bộ điều khiển mờ, người ta không cần phải quan tâm đến mô hình toán học của đối tượng điều khiển, cho dù đối tượng điều khiển có là phi tuyến hay tuyến tính. Thiết kế bộ điều khiển mờ cho phép hiện thực hoá và tận dụng được các kinh nghiệm vận hành của người điều khiển ngay từ các bước đầu tiên trong quá trình thiết kế, tránh xa khỏi các vấn đề phức tạp khi đi làm việc với các mô hình toán học của đối tượng điều khiển.



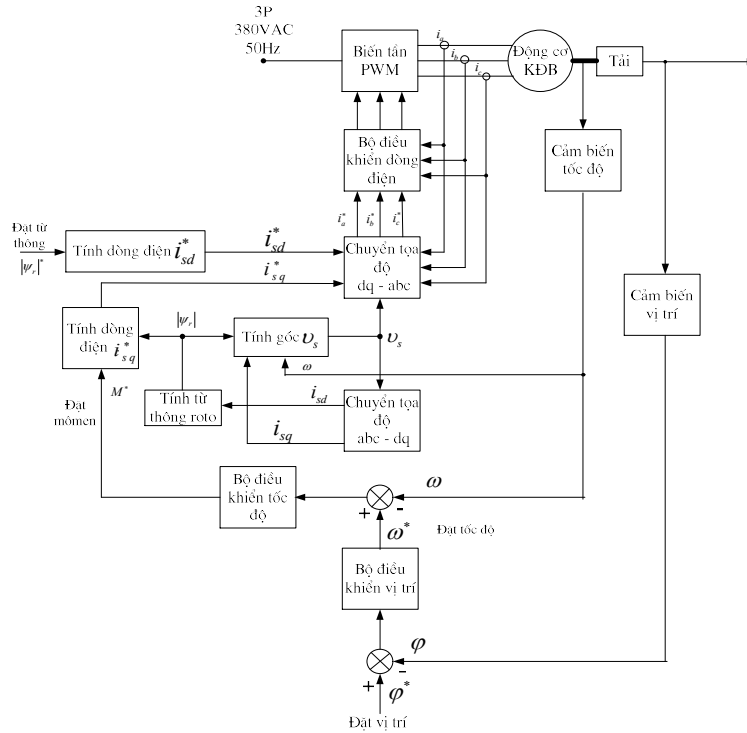
Hình 1. Sơ đồ tổng quát hệ thống truyền động bám vị trí

2. SƠ ĐỒ CẤU TRÚC HỆ TRUYỀN ĐỘNG BẮM VỊ TRÍ

Hệ thống truyền động bám là một hệ thống truyền động được điều khiển tự động nhằm mục đích để tín hiệu ra của hệ thống luôn bằng với một tín hiệu chủ đạo, hay còn gọi là tín hiệu đặt. Giá trị của tín hiệu đặt có thể thay đổi bất kỳ trong một phạm vi cho trước, gọi là dải điều chỉnh. Hệ thống bám được thiết kế dạng hệ thống kín. Hệ thống truyền động điện bám nói chung

có cấu trúc nhiều vòng điều khiển như sơ đồ hình 1.

Sau khi nghiên cứu mô hình tổng quát ta lựa chọn sơ đồ cấu trúc hệ bám vị trí sử dụng biến tần điều khiển vectơ ĐCKĐB roto lồng sóc như hình 2. Trong sơ đồ trên mạch vòng dòng điện và tốc độ sẽ được cài đặt trong biến tần, làm việc ở chế độ điều khiển vectơ không cảm biến tốc độ (Sensorless vector control), bộ điều khiển mờ được thiết kế thuộc mạch vòng vị trí.



Hình 2. Sơ đồ chức năng hệ truyền động bám vị trí

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ

Trước hết xác định các biến ngôn ngữ đầu vào và giải các giá trị tương ứng, bộ điều khiển mờ xây dựng theo kiểu Mamdani.

- Tín hiệu vào:

+ Sai lệch vị trí (E) được chọn (-1;1) rad

+ Đạo hàm vị trí (DE) được chọn (-200; 200) rad/s

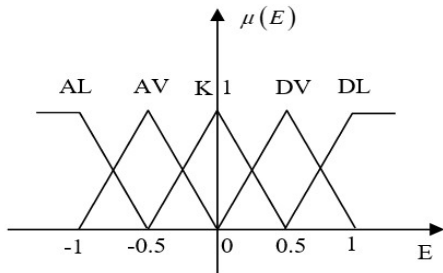
- Tín hiệu ra:

+ Là tốc độ động cơ (N) được chọn trong khoảng (-1400; 1400) vòng/phút

Giá trị ngôn ngữ của các biến là:

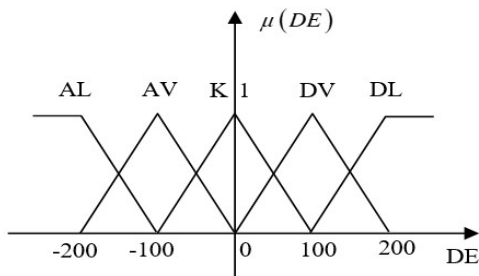
Sai lệch vị trí (âm lớn, âm vừa, không, dương vừa, dương lớn) ký hiệu:

E (AL, AV, K, DV, DL)



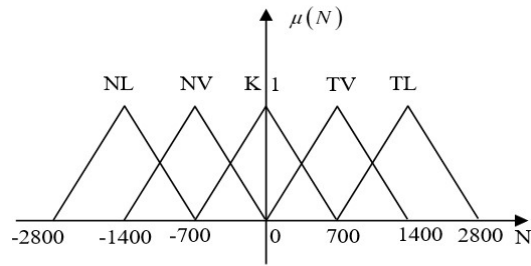
Đạo hàm sai lệch vị trí (tăng nhanh, tăng vừa, không đổi, giảm vừa, giảm nhanh) ký hiệu như sau:

DE (TN, TV, K, GV, GN)



Tốc độ cần N (ngược lớn, ngược vừa, không, thuận vừa, thuận lớn) ký hiệu lại như sau:

N (NL, NV, K, TV, TL)



Dạng của hàm liên thuộc được chọn là các hàm tam giác. Luật hợp thành mờ có dạng là các mệnh đề IF... THEN ... để mờ hóa các kinh nghiệm tư duy điều khiển của con người. Dạng của hàm liên thuộc được chọn là các hàm tam giác. Các hàm thuộc được tính chọn sao cho đối xứng qua trục tung vì hệ truyền động của chúng ta có vùng làm việc đối xứng nhau.

Chọn phương pháp suy luận mờ Max – Min. Công thức tính toán như sau, giả sử với luật điều khiển: IF E = AL và DE = K THEN N = NL. Thì với giá trị rõ đầu vào của sai lệch E = e₀ và Đạo hàm sai lệch DE = de₀. Độ thỏa mãn của biến ngôn ngữ E và DE là:

$$H_E = \mu_{AL}^E(e_0); H_{DE} = \mu_K^{DE}(de_0) \quad (1)$$

Mệnh đề điều kiện của luật là: E = AL và DE = K, ta sử dụng công thức Min để tìm độ thỏa mãn chung trong mệnh đề điều kiện.

$$H_1 = \text{Min}\{H_E; H_{DE}\} \quad (2)$$

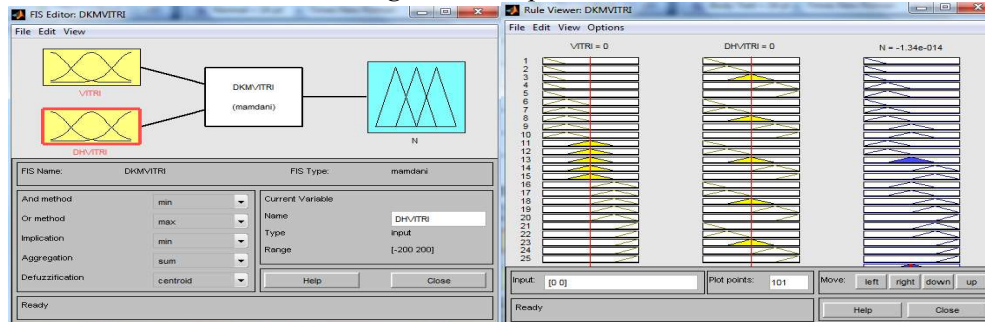
Mệnh đề kết luận của luật là: M = NL, ta sử dụng công thức Min để tìm kết quả của phép suy diễn mờ.

$$\mu_{luat1} = \text{Min}\{H_1; \mu_{DL}^N(n)\} \quad (3)$$

Cứ tiến hành tìm như vậy cho tất cả 25 luật trong bộ điều khiển mờ như bảng 1. Thực hiện mô phỏng bộ điều khiển mờ trên phần mềm Matlab-Simulink như hình 3.

		E				
		AL	AV	K	DV	DL
DE	GN	NL	NL	NV	K	TV
	GV	NL	AV	NV	K	TV
	K	NL	NV	K	TV	TL
	TV	NV	K	TV	TV	TL
	TN	NV	K	TV	TL	TL

Bảng 1. Luật hợp thành mờ

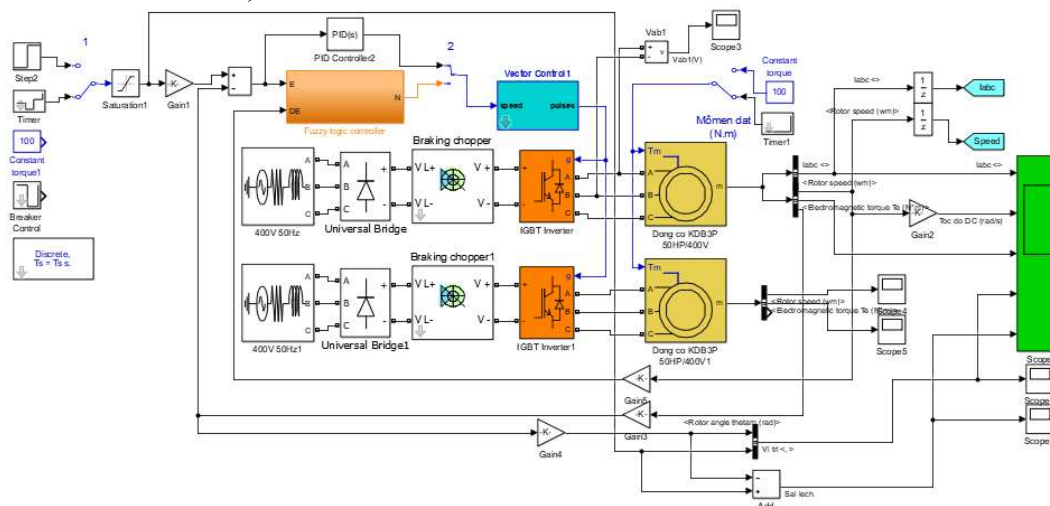


Hình 3. Xây dựng bộ điều khiển mờ trong Matlab

4. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BẢNG PHẦN MỀM MATLAB-SIMULINK

Căn cứ vào sơ đồ khối hệ truyền động hình 2, sử dụng Toolbox Simpower system trong Simulink tiến hành xây dựng mô hình mô phỏng trên Matlab-Simulink như hình 4. Trên sơ đồ mô phỏng gồm có các khối sau: Mô hình động cơ không đồng bộ ba pha trong hệ SI (Asynchronous Machine SI Units) có $U_{dm} = 690V$,

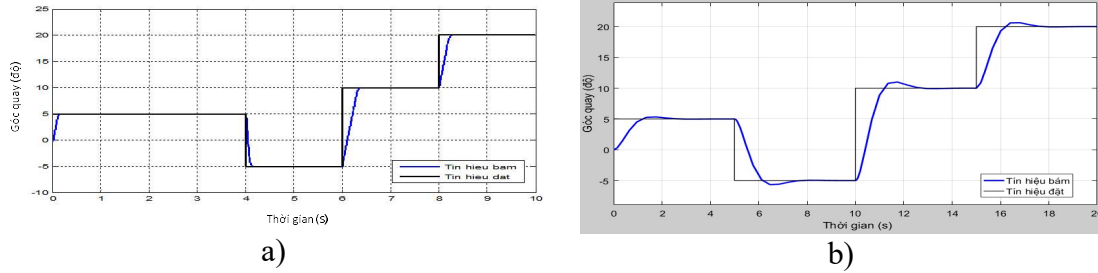
$I_{dm}=15.3A$, $n_{dm} =1400$ vòng/phút, khối nguồn ba pha, biến tần (gồm Universal Bridge, Braking chopper, IGBT Inverter, Vector Control), khối điều khiển mờ, khối quan sát Scope và các khối chức năng khác. Ở đây biến tần nguồn áp có điều chế độ rộng xung, tích hợp bên trong bộ điều khiển dòng điện và bộ điều khiển tốc độ theo phương pháp điều khiển vector không gian.



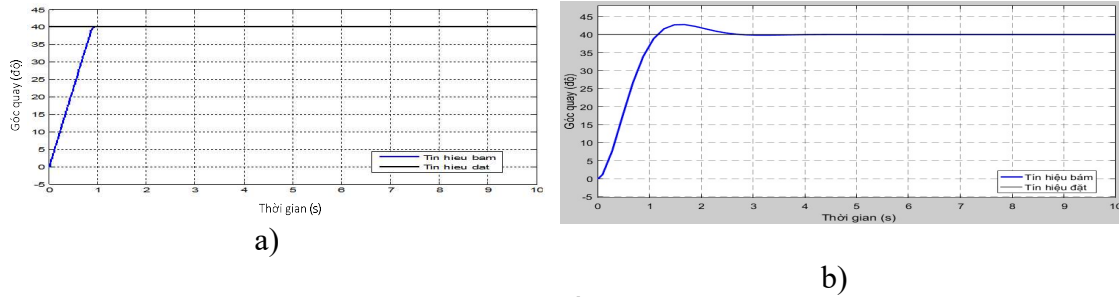
Hình 4. Mô hình mô phỏng hệ bám hai động cơ sử dụng bộ điều khiển mờ

Kết quả mô phỏng được so sánh giữa bộ điều khiển mờ và bộ điều khiển PID truyền thống:

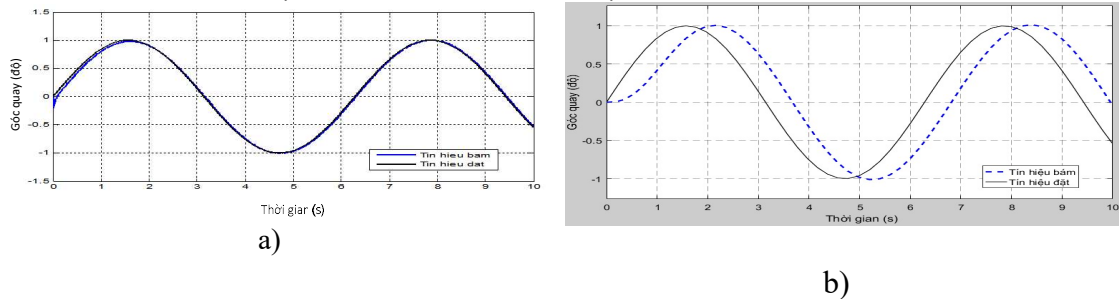
Khi cho tín hiệu đầu vào thay đổi từ: $5^0 \rightarrow 5^0 \rightarrow 10^0 \rightarrow 20^0$



Hình 5. Tín hiệu bám khi đầu vào thay đổi từ $5^0 \rightarrow 5^0 \rightarrow 10^0 \rightarrow 20^0$ với bộ điều khiển mờ hình a và bộ điều khiển PID hình b.



Hình 6. Tín hiệu bám với đầu vào là hàm bậc thang với bộ điều khiển mờ hình a và bộ điều khiển PID hình b



Hình 7. Tín hiệu bám với đầu vào là hàm sin với bộ điều khiển mờ hình a và bộ điều khiển PID hình b

Nhận xét: Kết quả mô phỏng cho thấy tính tác động nhanh, sai lệch bám của hệ truyền động được đảm bảo tốt. So với bộ điều khiển PID, bộ điều khiển mờ giúp tín hiệu bám êm đều không có độ quá điều chỉnh, thời gian quá độ ngắn, sai lệch nhỏ.

5. THỰC NGHIỆM TRÊN HỆ TRUYỀN THÔNG CÔNG NGHIỆP

Xây dựng mô hình hệ thống truyền động bám vị trí ứng dụng điều khiển mờ như hình 8 gồm các thành phần chính sau:

- Bộ điều khiển mờ: Được khai báo bằng phần mềm Fuzzy control trong Simatic Step 7

- Thiết bị công suất: Sử dụng bộ biến tần Micromaster G91, mã hiệu 6SE7021-4EP60-Z của hãng Siemens.

- Động cơ chấp hành và hộp số: Động cơ chấp hành sử dụng động cơ không đồng bộ roto lồng sóc của hãng Siemens có $U_{dm}=690V$, $I_{dm}=15.3A$, $\cos \varphi=0,8$, $n=1400$ vòng/phút. Hộp số cơ khí có tỉ số truyền là 100:1.

- Tải: Là phanh điện từ, có chức năng vừa là tải vừa là phanh.

- Cảm biến vị trí: Sử dụng encoder của hãng Hengstler mã AC58.41DPT, có độ phân giải 6000 xung/vòng được gắn đồng trục với động cơ.

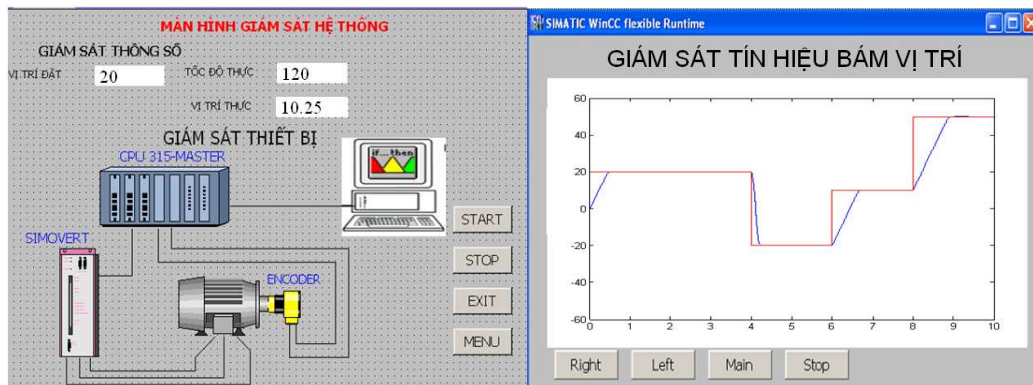
- Máy tính: Có chức năng thu thập dữ liệu, giám sát và điều khiển toàn bộ quá trình làm việc của hệ thống thông qua phần mềm Fuzzy control, WinCC.

Chương trình Fuzzy control là phần mềm hỗ trợ việc tạo lập bộ điều khiển mờ

cho PLC Simatic. Trước tiên ta phải cài Simatic Step 7 thành công trên PC. Sau đó tiến hành cài đặt Fuzzy control. Để Fuzzy control và Simatic S7 300 liên kết được với nhau ta còn cần đến phần mềm Simatic Net. Sau khi đã được cài đặt, phần chính của Fuzzy control sẽ được tích hợp trong Step7, các công cụ hỗ trợ khác được đưa vào thư viện của phần mềm Step7. Bộ điều khiển mờ được kết nối với PLC bằng phần mềm Simatic Net thông qua card CP 5611 A2.

Sử dụng phần mềm WinCC để thiết kế giao diện màn hình điều khiển, kiểm tra và giám sát như hình 8.

Kết quả thực nghiệm: Khi thay đổi tín hiệu đầu vào từ $200 \rightarrow -200 \rightarrow 100 \rightarrow 500$ ta có tín hiệu thực tế của động cơ thể hiện trên đồ thị hình 8.



Hình 8. Màn hình giao diện và đồ thị tín hiệu thực tế

Nhận xét:

Từ đồ thị cho thấy hệ truyền động bám vị trí xoay chiều ứng dụng bộ điều khiển mờ cho đáp ứng tốt, đảm bảo bám chính xác tín hiệu đặt. Hệ thống làm việc ổn định, sai lệch tĩnh bằng 0; thời gian quá độ $< 1s$; độ quá điều chỉnh bằng 0, không có dao động.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả tổng hợp BDK mờ bám vị trí cho hệ nhiều động cơ xoay chiều. Phần trình bày được bắt đầu từ

việc xây dựng mô hình cơ hệ, tìm luật điều khiển, xây dựng mô hình mô phỏng, kiểm nghiệm bằng phần mềm Matlab-Simulink. Thực nghiệm trên phần mềm Fuzzy control, Step7, WinCC.

Qua kiểm tra cho thấy BDK bám vị trí đã nâng cao được chất lượng của hệ thống truyền động nhiều động cơ thông qua các tiêu chí đánh giá, đó là: tính bền vững với nhiễu, đảm bảo khả năng đồng tốc của các động cơ, đảm bảo tính chính xác về vị trí

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. B. Allaoua , A. Laoufi and B. Gasbaoui, *Multi-Drive Paper System Control Based on Multi-Input Multi-Output PID Controller*, Leonardo Journal of Sciences, 2010.
- [2]. Li Jinmei, Liu Xingqiao, *Application of an Adaptive Controller with a Single Neuron in Control of Multi-motor Synchronous System*, IEEE, 2008.
- [3]. Fawzan Salem, E.H.E. Bayoumi, *Robust fuzzy-PID control of three-motor drive system using simulated annealing optimization*, Journal of Electrical Engineering, 2011.
- [4]. Yaojie Mi, Guohai Liu, *A New Fuzzy Adaptive Combined-Inversion Control of Two-Motor Drive System*, 2013 International Conference on Electrical Machines and Systems, Oct. 26-29, 2013, Busan, Korea
- [5]. Vedrana Jerkovi, Toni VargaA, *Survey of Fuzzy Algorithms Used in Multi-Motor Systems Control*, Electronics 2020, 9, 1788.
- [6]. Wu, Y.; Cheng, Y.; Wang, Y. *Research on a Multi-Motor Coordinated Control Strategy Based on Fuzzy Ring Network Control*. IEEE Access 2020, 8, 39375–39388. [CrossRef]

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Thị Linh nhận bằng tốt nghiệp đại học chuyên ngành kỹ sư điện – thiết bị điện, điện tử; bảo vệ luận án Thạc sĩ năm 2010 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Tác giả hiện là giảng viên Khoa Kỹ thuật điện- Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ứng dụng các giải pháp điều khiển hiện đại trong hệ máy điện.



Tác giả Đặng Tiến Trung tốt nghiệp đại học chuyên ngành điện - tự động hóa tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2004; nhận bằng Tiến sĩ năm 2019 tại Học viện Kỹ thuật quân sự. Tác giả hiện là giảng viên Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ứng dụng các giải pháp điều khiển hiện đại trong hệ thống điện.



Tác giả Đỗ Thị Loan tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Thiết bị mạng và Hệ thống điện, nhận bằng tại Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên năm 2009. Tác giả hiện là giảng viên Khoa Kỹ thuật điện – Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: Nghiên cứu các giải pháp vận hành tối ưu thiết bị điện nhằm nâng cao ổn định trong Hệ thống điện.