

ỨNG DỤNG LOGIC MỜ ĐIỀU KHIỂN HỆ PHI TUYẾN VÀ CÓ THAM SỐ BẤT ĐỊNH

Chu Đức Toàn*

Trường Đại học Điện Lực

TÓM TẮT

Tay máy rôbốt hay cánh tay rôbốt là một chiếc máy có những chức năng tương tự như cánh tay con người và được sử dụng để di chuyển các đồ vật trong không gian mà không cần sự tiếp xúc trực tiếp. Các đặc tính động học của nó được đặc trưng bởi tính phi tuyến phức tạp và những tham số bất định. Các bộ điều khiển công nghiệp truyền thống không thể xử lý những cơ sở động học có tính phi tuyến cao như vậy.

Một phương pháp điều khiển mới thông minh, phương pháp kỹ thuật dùng bộ điều khiển mờ để điều khiển đối tượng có tính phi tuyến và tham số bất định. Luật điều khiển được xác định sao cho đầu ra của hệ thống đi theo một quỹ đạo mẫu. Việc thiết kế bộ điều khiển và mô phỏng được thực hiện với phần mềm Matlab Simulink. Kết quả mô phỏng xác minh cho việc thiết kế bộ điều khiển đã được đề xuất với mô hình động học rôbốt 2 khâu cho độ chính xác cao đã được chỉ ra.

Từ khóa: Logic mờ, Bộ điều khiển PID, Hệ phi tuyến, rôbốt 2 khâu, Bộ điều khiển Narma-L2

MỞ ĐẦU

Việc thiết kế bộ điều khiển thông thường đòi hỏi một mô hình toán học chính xác của hệ thống động lực học, mà những mô hình này thường là không có sẵn do tham số biến đổi. Để khắc phục những vấn đề này, trong những năm gần đây nhiều nghiên cứu đã được thực hiện trong lĩnh vực điều khiển thông minh như là mạng nơron và logic mờ, bởi vì những bộ điều khiển này có khả năng điều khiển các hệ thống phi tuyến mà không cần tới các mô hình toán học của hệ thống.

Bộ điều khiển mạng nơron dựa trên bộ điều khiển PID được thực thi để điều khiển tay máy với tải thay đổi [2] và sự so sánh của nó với bộ điều khiển PID thông thường được đưa ra. Bộ điều khiển nơron Narma L2 được thiết kế và thực thi để điều khiển quỹ đạo của một hệ thống tay máy từ xa phi tuyến, trong đó quỹ đạo mẫu được tạo ra với thời gian thực [3]. Bộ điều khiển nơron Narma-L2 không chỉ giúp loại bỏ phần phi tuyến, mà đồng thời các đặc tính động học của hệ thống và do đó điều khiển hiệu quả quỹ đạo [3],[4]. Nhưng bộ điều khiển này chỉ được thực thi cho một tay máy với một bậc tự do. Ngoài ra với một liên kết duy nhất như [4], bộ điều khiển tron

Narma-L2 được thực thi bằng cách thêm một thành phần tuyến tính phản hồi vào bộ điều khiển chuẩn Narma-L2 để tránh âm ảm, trong việc điều khiển điểm tới và chuyển động đường liên tục.

Logic mờ là một cách tiếp cận phi toán học cho những bài toán điều khiển dựa trên kiến thức và kinh nghiệm của con người. Tính bền vững của nó được sử dụng rất hiệu quả trong việc điều khiển những hệ thống phi tuyến với các tham số bất định mà thậm chí không cần tới mô hình của hệ thống [5]. Điều khiển vị trí của một tay máy hai liên kết đạt được bằng cách sử dụng bộ điều khiển logic mờ, được mô hình hóa và được thiết kế trong FIDE (Môi trường phát triển tương tác mờ) [6]. Thiết kế một bộ điều khiển logic mờ bền vững được đề xuất trong [7], trong việc điều khiển động học của tay máy rôbốt với những bất định dựa sự phân tích tính ổn định của bộ điều khiển logic mờ. Một bộ điều khiển lai được trình bày trong [8], bằng cách kết hợp bộ điều khiển mờ với một bộ điều khiển PID thông thường để tăng cường hiệu suất và tính bền vững của bộ điều khiển. Một bộ điều khiển mờ học theo mô hình mẫu (FMRLC) ổn định được thực thi và phương pháp mặt phẳng pha được sử dụng để phân tích tính ổn định của nó trong [9]. Việc thiết kế của FMRLC

* Tel. 0982 917093, Email toancd@epu.edu.vn

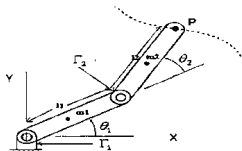
yêu cầu phát triển của hai bộ điều khiển mờ, điều này đã làm cho thủ tục điều chỉnh trở nên phức tạp hơn. Mặc dù nó cho chất lượng tốt hơn so với bộ điều khiển logic mờ chuẩn, bởi vì khi ta có tài tăng thì độ chính xác giảm do dao động của quỹ đạo mô hình mẫu. Trong bài báo này, một phương pháp điều khiển mới dựa trên kỹ thuật ổn định hóa cố định cho việc điều khiển tay máy 2 khớp nối được đề xuất. Phương pháp này kết hợp kỹ thuật điều khiển thông thường với bộ điều khiển thông minh để nâng cao hiệu suất của bộ điều khiển.

Để có sự đánh giá chính xác chúng tôi xây dựng phương pháp này được thực thi cho cả hai bộ điều khiển là mạng nơron và logic mờ cho tái thay đổi.

BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN

Mô hình động học rôbot 2 khâu:

Xét bài toán tay máy 2 khớp nối như cánh tay con người và được thể hiện như trên Hình 1. Mô hình động học của tay máy đại diện cho mối liên hệ giữa sự chuyển động của các khâu và mô men xoắn áp dụng tới các khớp nối. Trong bài báo này, các đặc tính động học của hệ thống được xây dựng bằng cách sử dụng phương pháp Euler Lagrange. Khối lượng của mỗi khâu được giả định là một khối điểm nằm ở trọng tâm khối lượng của mỗi khâu.



Hình 1. Mô hình rôbot 2 khâu

Giá trị các tham số:

- m_1, m_2 là khối lượng các khâu (1kg, 1kg)
- θ_1, θ_2 là Góc dịch chuyển của khâu 1 theo chiều ngang, góc dịch chuyển của khâu 2 so với khâu 1
- L_1, L_2 là Chiều dài của khâu (0.3m, 0.3m)
- g là Gia tốc trọng lực ($9.8m/s^2$)

- τ_1, τ_2 là Mô men áp dụng vào các khớp nối
Hàm Lagrange (Lagrange) L được định nghĩa để phát triển các phương trình chuyển động của tay máy (EOM). Cho động năng K_1 và thế năng P_1 cho khâu 1 có thể được biểu diễn bởi:

$$K_1 = \frac{1}{6} m_1 L_1^2 \dot{\theta}_1^2 \quad \& \quad P_1 = \frac{1}{2} m_1 g L \sin \theta_1 \quad (1)$$

Với L_1 là chiều dài của khâu 1 và θ_1 là góc của chuyển động. Động năng K_2 và thế năng P_2 cho khâu 2 có thể được biểu diễn bởi:

$$K_2 = \frac{1}{2} m_2 L_2^2 \dot{\theta}_2^2 + \frac{1}{6} m_2 L_2^2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 - 2\dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2) + \frac{1}{2} m_2 L_1 L_2 C_2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \quad (2)$$

$$P_2 = m_2 g L_1 S_1 + \frac{1}{2} m_2 g L_2 S_{12} \quad (3)$$

Do đó biến Lagrange: $L=K1+K2-P1-P2$ được tính cho hai liên kết như sau:

$$L = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} m_1 + m_2 \right) L_1^2 \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{6} m_2 L_2^2 (\dot{\theta}_1^2 + \dot{\theta}_2^2 + 2\dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2) + \quad (4)$$

$$+ \frac{1}{2} m_2 L_1 L_2 C_2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) - \left(\frac{1}{2} m_1 + m_2 \right) g L_1 S_1 - \frac{1}{2} m_2 g L_2 S_{12}$$

Công thức Euler Lagrange đưa ra mô men của khớp nối hiện tại cho cả những khớp nối ngoài

$$\tau_1 = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_1} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_1} \quad (5)$$

$$\tau_2 = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_2} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_2} \quad (6)$$

EOM của rôbot 2 khâu nhận được từ việc giản ước phương trình (4) và (5) ta được:

$$\tau_1 = M_{11} \ddot{\theta}_1 + M_{12} \ddot{\theta}_2 + H_1 + G_1 \quad (7)$$

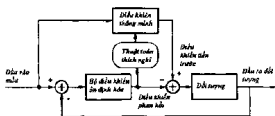
$$\tau_2 = M_{21} \ddot{\theta}_1 + M_{22} \ddot{\theta}_2 + H_2 + G_2$$

Trong đó M là Ma trận Quán tính, H là véc tơ lực gia tốc ly tâm và quán tính ly tâm, và G là vector lực trọng tải.

Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển

Để đạt tới một vị trí mong muốn, một tay máy được yêu cầu tăng tốc từ trạng thái nghỉ, chạy theo một con đường nhất định và cuối cùng là giảm tốc để dừng lại tại một vị trí quy định. Để hoàn thành nhiệm vụ này mô men điều khiển được áp dụng bởi một cơ cấu chấp hành ở khớp nối tay máy. Một bộ điều khiển độc lập cho mỗi liên kết được thiết kế để tính toán

mômen cung cấp bởi một cơ cấu chấp hành cho một khâu theo một quỹ đạo mong muốn. Bằng cách này, các bộ điều khiển được phép hoạt động độc lập và đồng thời thực hiện điều khiển của hai khâu của cái tay máy. Trong bài báo này, kỹ thuật điều khiển ổn định cố định được sử dụng để thiết kế bộ điều khiển mạng nơron và logic mờ để có được hiệu suất tối ưu. Hình 2 cho thấy sơ đồ điều khiển ổn định hóa cố định. Một bộ điều khiển PID thông thường được sử dụng như là bộ điều khiển phản hồi ổn định hóa. Tín hiệu đi vào đối tượng điều khiển là tổng của tín hiệu điều khiển phản hồi và tín hiệu điều khiển trước (feedforward) mà được tính toán bởi một bộ điều khiển thông minh có thể là mạng nơron hoặc logic mờ. Bộ điều khiển thông minh sử dụng một tín hiệu điều khiển phản hồi như là một tín hiệu sai lệch để học hỏi và thích ứng.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc điều khiển ổn định hóa cố định. Về cơ bản bộ điều khiển PID là loại thông tin phản hồi, khi mà sai lệch giữa tín hiệu đặt và đầu ra đối tượng được sử dụng để tạo ra một tác động điều khiển. Hàm truyền của bộ điều khiển PID song song được dùng được đưa ra bởi (8):

$$G(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d s \tag{8}$$

Trong bài báo này để xác định các hệ số PID, tiêu chuẩn RH được sử dụng. Phương trình đặc tính của hàm truyền hệ kín của cấu trúc điều khiển với tay máy liên kết đơn và bộ điều khiển PID được sử dụng để tìm các hệ số PID mà làm ổn định hệ thống. Hàm truyền vòng hở của một liên kết đơn được coi là xác định bởi (9) và hàm truyền của hệ kín với bộ điều khiển PID được xác định bởi (10).

$$\frac{\theta}{r} = \frac{1}{Js^2 + Bs} \tag{9}$$

$$H(s) = \frac{s^2 K_d + s K_p + K_i}{Js^2 + B(+K_d)s^2 + K_i} \tag{10}$$

Trong đó $J = \frac{mL^2}{3}$ và B là hệ số ma sát trung

binh. Bây giờ để hệ thống được ổn định, ta thực hiện tiêu chuẩn ổn định Rao. Ở đây rõ ràng rằng cho tính ổn định thì:

$$\frac{K_i(B + K_d) - JK_i}{B + K_d} > 0 \text{ và } K_i > 0$$

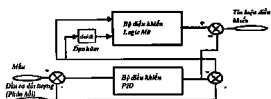
Bộ điều khiển logic mờ:

Hệ thống mờ có khả năng huấn luyện hiệu quả mà có thể được sử dụng để tạo nên hệ thống suy luận hiệu quả cho kế hoạch chuyển động hiệu quả và thời gian thực. Bộ điều khiển mờ cơ bản bao gồm bốn thành phần: khâu Fuzzy hóa, thiết bị can thiệp fuzzy, luật fuzzy cơ bản và khâu giải mờ. Để thiết kế một bộ điều khiển mờ bước đầu tiên là phải xác định số lượng đầu vào, đầu ra và tập mờ. Cho công việc này, hai đầu vào đã thực hiện là lỗi ở vị trí của liên kết và tỷ lệ sự thay đổi của lỗi. Chiều dài của lỗi là [-2.5 2.5], tốc độ thay đổi của lỗi là [-30 30] và của điều khiển là [-2 2]. Những đầu vào này được fuzzy hóa để đại diện cho những biến ngôn ngữ của chúng, mà 7 hàm hội viên Gaussian được sử dụng. Để bao gồm logic mờ, 49 luật IF THEN với tối thiểu thao tác được quy định thể hiện trong luật điều khiển mờ, về lên bản đồ đầu vào mờ đến đầu ra mờ. Đầu ra mờ này sau đó được giải mờ để có được giá trị nét của điều khiển đầu ra. Phương pháp trọng tâm được sử dụng trong khâu giải mờ. Luật điều khiển mờ:

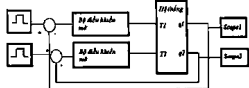
Điều kiện	SI	SM	SS	Z	PS	PM	PI
NL	PL	PL	PM	PM	PM	PS	PS
NM	PL	PM	PS	PS	PS	PS	PS
NS	PM	PM	PS	PS	Z	Z	PS
Z	PS	PS	Z	Z	Z	NS	NS
PS	NS	Z	Z	NS	NS	SM	SM
PM	NS	NS	NS	NS	MM	NM	NL
PL	SM	SM	SM	SM	NL	NI	NI

Hai bộ điều khiển với những luật tương tự và các hàm thành viên được thiết kế và thực thi với kỹ thuật ổn định hóa cố định để điều khiển hai liên kết cho hiệu suất tối ưu. Ưu điểm của việc sử dụng kỹ thuật này là điều khiển mờ có thể bắt đầu với hệ thống đã ổn

định, qua đó có được đáp ứng nhanh hơn. Sơ đồ điều khiển được thể hiện trong hình 3 và hình 4.



Hình 3. Sơ đồ điều khiển logic mờ



Hình 4. Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển mờ Bộ điều khiển mạng nơron:

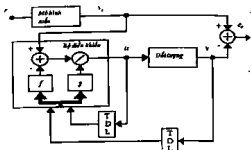
Các mạng nơ ron có khả năng xấp xỉ và dự đoán, một khi được đào tạo đầy đủ. Do đó bộ điều khiển này không đòi hỏi mô hình toán học chính xác của hệ thống cần được điều khiển. Cấu trúc Narma-L2 được sử dụng để điều khiển và dự đoán trong bài báo này. Bộ điều khiển này chỉ là sự sắp xếp lại mô hình đối tượng sao cho nó có thể loại bỏ đặc tính phi tuyến và đặc tính động học của hệ thống. Một hệ thống rời rạc phi tuyến bất kỳ có thể được mô tả bởi mô hình trung bình phi tuyến tự hồi chuyển (Narma) được đưa ra bởi (11):

$$y(k+d) = N[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-n+1)] \quad (11)$$

Trong đó $u(k)$ và $y(k)$ là đầu vào và đầu ra tương ứng của hệ thống, d mô tả sự trễ của hệ thống từ sự cố gắng điều khiển ' $u(k)$ ' và N là hàm phi tuyến. Đối với việc thiết kế bộ điều khiển Narma-L2, ta sử dụng một mô hình xấp xỉ Narma của đối tượng như được đưa ra bởi (12):

$$y(k+d) = f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-n+1)] + g[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-n+1)].u(k+1) \quad (12)$$

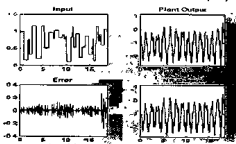
Ở đây f và g là các hàm mà triệt tiêu tính phi tuyến và đặc tính động học và làm cho hệ thống chạy theo quỹ đạo mẫu.



Hình 5. Cấu trúc điều khiển Narma-L2

Từ (12) ta xác định được sự cố gắng điều khiển mà cho đầu ra bằng với quỹ đạo mẫu và ta thu được cấu trúc điều khiển cho bởi (13). Hình 5 cho thấy sơ đồ điều khiển Narma-L2:

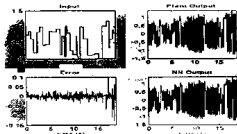
$$u(k+1) = \frac{y_r(k+d) - f(k, \dots, y(k-n+1), u(k), \dots, u(k-n+1))}{g(y(k), \dots, y(k-n+1), u(k), \dots, u(k-n+1))} \quad (13)$$



Hình 6. Huấn luyện mạng nơron cho theta1

Có hai bước liên quan đến việc thiết kế mạng nơron dựa trên bộ điều khiển Narma-L2: nhận dạng hệ thống và thiết kế bộ điều khiển. Trong giai đoạn nhận dạng hệ thống, một mô hình mạng nơron của đối tượng được huấn luyện với một tập hợp các dữ liệu vào ra thu được từ đối tượng. Trong suốt quá trình huấn luyện trọng lượng và hướng của mạng được điều chỉnh sao cho để xấp xỉ các hàm f và g . Tập hợp dữ liệu đầu vào đầu ra với 4000 mẫu nhận được từ mô phỏng mô hình đối tượng phi tuyến trong Simulink với thời gian trích mẫu là 0.005 (s). Dữ liệu này được chia thành hai phần, dữ liệu huấn luyện và dữ liệu kiểm tra. Các thông số của bộ điều khiển được chọn với: Số lượng các đầu vào: 2; Số lượng các đầu ra: 3; Kích thước của lớp ẩn: 5; Khoảng trích mẫu: 0.005. Bây giờ mạng nơron được huấn luyện ngoại tuyến trong chế độ với thuật toán lan truyền ngược Levenberg-Marquardt với 100 thời kỳ và

được thể hiện trong hình 6,7. Hàm hiệu suất được sử dụng để huấn luyện mạng là sai lệch bình phương trung bình. Sai lệch huấn luyện giảm với sự tiến tới của quá trình huấn luyện như là các mạng học.

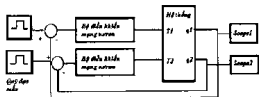


Hình 7. Huấn luyện mạng neuron cho theta2

Sơ đồ cuối cùng của bộ điều khiển mạng neuron phát triển bằng cách sử dụng kỹ thuật ổn định hóa cố định được thể hiện trong hình 8.



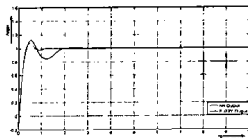
Hình 8. Sơ đồ điều khiển mạng neuron



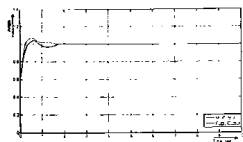
Hình 9. Sơ đồ khối của một hệ thống điều khiển mạng neuron

MÔ PHÒNG VÀ KẾT QUẢ

Mô phỏng bằng Matlab Simulink có sử dụng s-function, ta có kết quả so sánh cho tín hiệu đầu vào bước nhảy đơn vị và được thể hiện trong hình 10 và 11.

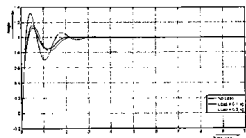


Hình 10. Hiệu suất theo dõi mô hình mẫu của khâu 1

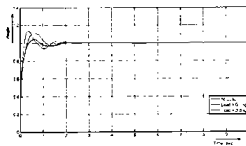


Hình 11. Hiệu suất theo dõi mô hình mẫu của khâu 2

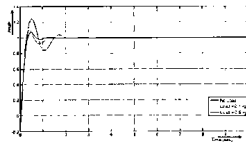
Hình 12, 13 và hình 14, 15 cho thấy hiệu suất của các bộ điều khiển đề xuất cho mô hình bị nhiễu với tải trọng thay đổi thêm vào khâu 2. Bộ điều khiển mạng neuron và logic mờ có khả năng điều khiển hệ thống nhưng ta quan sát thấy rằng thời gian đặt và độ quá điều chỉnh tăng khi tăng tải.



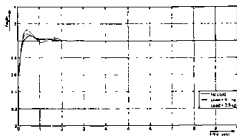
Hình 12. Đáp ứng điều khiển mạng neuron với tải thay đổi cho khâu 1



Hình 13. Đáp ứng điều khiển mạng neuron với tải thay đổi cho khâu 2



Hình 14. Đáp ứng điều khiển mờ với tải thay đổi cho khâu 1



Hình 15. Đáp ứng điều khiển mờ với tải thay đổi cho khâu 2

Các thông số kỹ thuật trong miền thời gian trong theo dõi mẫu cho hệ thống các bộ điều khiển đề xuất được đưa ra trong bảng 1 và bảng 2 tương ứng.

Bảng 1. So sánh hiệu suất theo dõi cho khâu 1

Thông số thời gian	BĐK nơron	Logic mờ
Thời gian đặt (s)	1.7	1.2
Quá điều chỉnh (%)	12.5	7.5
Sai lệch tĩnh	0	0

Bảng 2. So sánh hiệu suất theo dõi cho khâu 2

Thông số thời gian	BĐK nơron	Logic mờ
Thời gian đặt (s)	1.8	1.1
Quá điều chỉnh (%)	4.5	6.5
Sai lệch tĩnh	0	0

KẾT LUẬN

Các bộ điều khiển mạng nơron và logic mờ được thiết kế và thực thi một cách thành công cho điều khiển mô hình tay máy với tải thay đổi bằng cách sử dụng kỹ thuật ổn định hóa cố định. Dựa trên các kết quả mô phỏng, ta thấy rằng, thời gian đặt giảm đến 70% và đỉnh quá điều chỉnh giảm được 60% với bộ điều khiển mờ cho khâu 1. Đối với khâu 2, thời gian đặt giảm 61% nhưng đỉnh quá điều chỉnh tăng 44% với bộ điều khiển mờ so với bộ điều khiển mạng nơron. Ta kết luận rằng bộ điều khiển mờ đưa ra được đáp ứng tốt hơn so với bộ điều khiển mạng nơron.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Chu Đức Toàn, *Ứng dụng mạng nơron truyền thẳng nhiều lớp nhân dạng tốc độ động cơ điện một chiều có tải thay đổi*, Luận văn thạc sĩ 2007.
- Phạm Hữu Đức Đức, Nguyễn Công Hiền, "Nghiên cứu ứng dụng mạng nơron mờ trong điều khiển thích nghi rô bốt hai khâu," Tuyển tập các báo cáo Khoa học tại Hội nghị toàn quốc lần thứ VI về Tự động hoá, 107-112, 2005.

- M. T. Hagan and H. B. Demuth, "Neural Networks for Control", American Control Conference, San Diego, California, vol. 3, (1999) June, pp. 1642-1656.
- L. F. Araghi and M. H. Koorayme, "Neural Network Controller for Two links Robotic Manipulator Control with Different Load", Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong, vol. 2, (2009) March.
- K. Srakaew, J. Kananaï and R. Chanchaeroen, "Trajectory Control Of A Nonlinear Dynamical System Using Narma L2 Neurocontroller", Journal of Computer and Information Technology, vol 1, no. 1, (2011).
- S. Wahyudi, S. Mokri and A. A. Shafie, "Real Time Implementation of NARMA L2 Feedback Linearization and Smoothed NARMA L2 Controls of a Single Link Manipulator", IEEE International Conference on Computer and Communication Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia, (2008) May, pp. 691-697.
- T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy Identification of Systems and its Application to Modelling and Control," IEEE Transactions. on System, Man and Cybernetics, vol 15, no. 1, (1985) January-February, pp. 116-132.
- S. Banerjee and P. Y. Woo, "Fuzzy Logic Control of Robot Manipulator", Second IEEE Conference on Control Applications, Vancouver, B. C., September (1993), pp. 87-88.
- S. Y. Yi and M. J. Chung, "A Robust Fuzzy Logic Controller for Robot Manipulators with Uncertainties", IEEE Transactions. on System, Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics, vol. 27, no. 4, (1997) August, pp. 706-713.
- S. G. Anavatti, S. A. Salman and J. Y. Choi, "Fuzzy + PID Controller for Robot Manipulator", IEEE International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Interact Commerce (CIMCA-I AWTIC), (2006).
- M. Sheppard and M. Tarbouchi, "Design and Implementation of a Stable Fuzzy Model Reference Learning Controller Applied to a Rigid-Link Manipulator", IEEE International Conference on industrial Technology (ICIT), (2004), pp. 1886-1891.
- K. H. Ang, G. Chong and Y. Li, "PID Control System Analysis, Design, and Technology", IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 13, no. 4, (2005) July, pp. 559-576.
- M. T. Hagan and M. B. Menhaj, "Training Feedforward Networks with the Marquardt

Algorithm", IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 5, no. 6, (1994), pp. 989-993.

14. C. C. Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller- Part I", IEEE

Transactions on System, Man, and Cybernetics, vol. 20, no. 2, (1990) March April, pp. 404-418.

SUMMARY

APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR CONTROLLING NONLINEAR AND UNCERTAIN PARAMETERS SYSTEM

Chu Duc Toan*

Electric Power University

Robotic manipulator or a robotic arm is a machine that has functions similar to human upper arm and is used for moving the objects spatially without direct contact. Its dynamics is characterized by complex nonlinearities and parametric uncertainties. Conventional industrial controllers are not capable of dealing with such highly nonlinear dynamic behavior.

A new smart method of control which is a technical method using fuzzy logic is used to control objects with nonlinearities and uncertain parameters. The control law is determined such that the system output follows the reference trajectory. Controller design and simulation is done in Matlab & Simulink. Simulation results validate the proposed controllers design in which the dynamic characteristics of two links manipulators in high precision has been pointed out.

Keywords: *Fuzzy Logic Controllers, PID Controllers, Nonlinear Systems, Two Links Manipulator, NARMA-L2 Controller.*

* Tel: 0982 917093, Email: toancd@epu.edu.vn