



ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU TRÊN CƠ SỞ CÔNG NGHỆ MẠNG NƠON

TÓM TẮT

Trong bài báo này đã trình bày sử dụng bộ điều khiển nơon trong điều khiển tốc độ của một động cơ một chiều kích từ độc lập. Bộ điều khiển nơon điều khiển nguồn một chiều thông qua bộ chỉnh lưu công suất trung gian. Bộ điều khiển nơon gồm có hai mạng neuron: một mạng nơon nhận dạng (ANNI) và một mạng nơon điều khiển (ANNC). Mạng nơon ANNI dùng để nhận dạng mô hình hệ thống và được điều khiển thông qua giải thuật huấn luyện lan truyền ngược để điều chỉnh các tham số của ANNI. Mạng nơon ANNC dùng để điều khiển tốc độ động cơ có thể theo tín hiệu tham chiếu tùy ý và điều khiển thông qua giải thuật huấn luyện lan truyền ngược để điều chỉnh các tham số của ANNC. So với phương pháp điều khiển PID, thì những kết quả thử nghiệm cho thấy tính chính xác và tính hiệu quả của phương pháp được đề xuất.

Từ khóa: Mạng nơon, bộ chỉnh lưu, bộ điều khiển nơon.

ThS. Phan Thanh Hoàng Anh

Trường Đại học Bà Rịa – Vũng Tàu

xác và thiếu tính thích nghi nếu đối tượng điều khiển không ổn định và phi tuyến động.

Phương pháp điều khiển tốc độ động cơ trên cơ sở công nghệ mạng nơon như là công cụ cho những vấn đề điều khiển khó của hệ thống phi tuyến động. Trong nghiên cứu này, một chiến lược điều khiển được đề xuất cho những hệ thống phi tuyến. Phương pháp được đề xuất là sử dụng một bộ điều khiển nơon (Neural Controller) để điều khiển tốc độ của một động cơ DC kích từ độc lập. Bộ điều khiển nơon gồm có: Một mô hình tham chiếu dùng để định hướng điều khiển; Một mạng nơon nhận dạng dùng để nhận dạng đối tượng điều khiển thông qua giải thuật huấn luyện lan truyền ngược để tự điều chỉnh các thông số của mạng; Một mạng nơon điều khiển dùng để điều khiển tốc độ động cơ theo tín hiệu tham chiếu định hướng điều khiển.

Phương pháp điều khiển động cơ DC trên cơ sở mạng nơon đã giải quyết được những vấn đề khó khăn nêu trên. Vì vậy, phương pháp này được ứng dụng trong các lĩnh vực điều khiển tự động, cơ – điện tử, đặc biệt trong điều khiển Robot bởi vì nó điều khiển được tốc độ động cơ theo ý muốn của người điều khiển và tính thích nghi cao của nó đối với đối tượng điều khiển.

I. GIỚI THIỆU

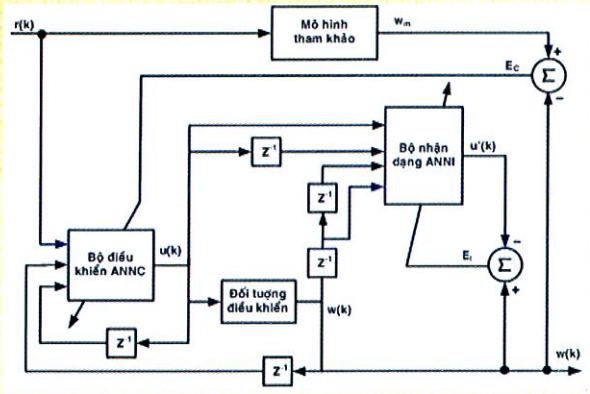
Trong quá trình sản xuất công nghiệp cũng như những thiết bị phục vụ cho đời sống của con người có rất nhiều động cơ điện được sử dụng trong các hệ thống sản xuất hoặc thiết bị điện gia dụng. Ngày nay quá trình công nghiệp hóa và tự động hóa phát triển mạnh mẽ, các hệ thống điều khiển thường sử dụng động cơ DC để điều khiển, vì động cơ DC dễ điều khiển tốc độ theo ý muốn của người điều khiển và có nhiều phương pháp điều khiển khác nhau.

Để điều khiển tốc độ của động cơ DC, thông thường sử dụng các phương pháp điều khiển cổ điển như: phương pháp điều khiển tích phân, phương pháp điều khiển PI, phương pháp điều khiển PD, phương pháp điều khiển PID (Proportional-Integral-Derivative), bởi vì các phương pháp này đơn giản và dễ điều khiển, nhưng nó chưa chính

II. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN NƠON

Các bước thiết kế của bộ điều khiển neuron như sau: Trước tiên một bộ nhận dạng bằng neuron dùng để nhận dạng các đặc tính của động cơ DC. Bộ nhận dạng này được sử dụng cho thiết kế bộ điều khiển. Động cơ DC sẽ điều khiển theo đầu ra của mô hình tham chiếu.





Hình 1: Cấu trúc của bộ điều khiển nơron

1. Mạng nơron nhận dạng (ANNI: Artificial Neural Network)

Các dữ liệu huấn luyện cho bộ nhận dạng ANNI là điện áp điều khiển $u(k)$ và tốc độ $w(k)$. Việc khởi động và phanh hãm trong cả hai trường hợp quay thuận và quay nghịch, thì tập dữ liệu thu được là: $[w(k-1), w(k-2), u(k), u(k-1)]$.

Bộ nhận dạng ANNI là một mạng nơron truyền thẳng hai lớp, với các đầu vào $w(k-1), w(k-2), u(k), u(k-1)$; có hai lớp ẩn; số nơron trong lớp ẩn 10 nơron và một đầu ra $u'(k)$. Việc huấn luyện là giải thuật lan truyền ngược được sử dụng, ở đây độ lệch sự nhận dạng là: $e_i = w(k) - u'(k)$ được sử dụng để điều chỉnh các tham số của bộ nhận dạng ANNI. Xung lượng cho việc huấn luyện lan truyền ngược được lựa chọn là $m_1 = 0,2$ và hệ số học $h_1 = 10^{-6}$. Hàm giá của bộ ANNI được xác định như sau:

$$EI(k) = \frac{1}{2} [w(k) - u'(k)]^2 = \frac{1}{2} e_i^2 \quad (1.1)$$

Quá trình học là để điều chỉnh các tham số trọng lượng của mạng, vì vậy phải cực tiểu hóa hàm giá EI. Giải thuật lan truyền ngược xác định được sự gia tăng của hệ số trọng lượng.

$$\Delta W_i = -\eta \frac{\partial EI}{\partial W_i} \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial EI}{\partial W_i} = \frac{\partial EI}{\partial u'(k)} \frac{\partial u'(k)}{\partial net} \frac{\partial net}{\partial W_i} \quad (1.3)$$

Trong đó: $net = \sum_j x_j W_j$, x_j đầu vào thứ J, W_j hệ số trọng lượng thứ J của bộ nhận dạng.

$$\frac{\partial u'(k)}{\partial net} = a'(net) \quad \frac{\partial net}{\partial W_i} = x_i(k)$$

$$\frac{\partial EI}{\partial u'(k)} = \frac{\partial}{\partial u'(k)} \frac{1}{2} [w(k) - u'(k)]^2 = -[w(k) - u'(k)] \frac{\partial w(k)}{\partial u'(k)}$$

$$\frac{\partial EI}{\partial W_i} = -a'(net) x_i(k) [w(k) - u'(k)] \frac{\partial w(k)}{\partial u'(k)} \quad (1.4)$$

Ta có độ gia tăng của hệ số trọng lượng:

$$\Delta W_i = \eta a'(net) x_i(k) [w(k) - u'(k)] \frac{\partial w(k)}{\partial u'(k)} \quad (1.5)$$

Vector trọng lượng tại bước $(k+1)$ được cải tiến công thức (1.6)

$$W_i(k+1) = W_i(k) + \Delta W_i + \mu [W_i(k) - W_i(k-1)] \quad (1.6)$$

Bộ ANNI được huấn luyện theo $u'(k) = N[w(k-1), w(k-2), u(k), u(k-1)]$.

2. Mạng nơron điều khiển (ANNC: Artificial Neural Network Control)

Tín hiệu tham chiếu:

$$r(k) = w_m(k+1) - w_m(k) - w_m(k-1) \quad (1.7)$$

Mục đích của bộ điều khiển ANNC là để điều khiển động cơ DC như là một phương pháp điều khiển mà độ sai lệch điều khiển phải nhỏ nhất, tức là $e_c(k) = w_m(k) - w(k)$ là nhỏ nhất được sử dụng để điều chỉnh các tham số của bộ nhận dạng ANNC.

Bộ điều khiển ANNC là một mạng neuron truyền thẳng hai lớp, với các đầu vào $r(k), u(k-1), w(k-1)$; có hai lớp ẩn; số nơron trong lớp ẩn 13 nơron và một đầu ra $u(k)$. Việc huấn luyện là giải thuật lan truyền ngược được sử dụng, ở đây độ lệch sự nhận dạng là: $e_c(k) = w_m(k) - w(k)$ được sử dụng để điều chỉnh các tham số của bộ điều khiển ANNC. Xung lượng cho việc huấn luyện lan truyền ngược được lựa chọn là $m_c = 0,08$ và hệ số học $h_c = 10^{-9}$. Hàm giá của bộ ANNC được xác định như sau:

$$EC(k) = \frac{1}{2} [w_m(k) - w(k)]^2 = \frac{1}{2} e_c^2 \quad (1.8)$$

Giải thuật lan truyền ngược xác định được độ gia tăng của hệ số trọng lượng.



$$\Delta W_i = -\eta \frac{\partial EC}{\partial W_i} \quad (1.9)$$

$$\frac{\partial EC}{\partial W_i} = \frac{\partial EC}{\partial u(k)} \frac{\partial u(k)}{\partial net} \frac{\partial net}{\partial W_i} \quad (1.10)$$

Trong đó: x_j đầu vào thứ J , W_j hệ số trọng lượng thứ J của bộ điều khiển.

$$net = \sum_J x_J W_J$$

$$\frac{\partial u(k)}{\partial net} = a'(net) \quad \frac{\partial net}{\partial W_i} = x_i(k)$$

$$\frac{\partial EC}{\partial u(k)} = \frac{\partial}{\partial u(k)} \frac{1}{2} [w_m(k) - w(k)]^2 = -[w_m(k) - w(k)] \frac{\partial w(k)}{\partial u(k)}$$

$$\frac{\partial EC}{\partial W_i} = -a'(net) x_i(k) [w_m(k) - w(k)] \frac{\partial w(k)}{\partial u(k)} \quad (1.11)$$

Ta có biểu thức (1.12) độ gia tăng của hệ số trọng lượng:

$$\Delta W_i = \eta a'(net) x_i(k) [w_m(k) - w(k)] \frac{\partial w(k)}{\partial u(k)} \quad (1.12)$$

Vector trọng lượng tại bước $(k+1)$ được cải tiến công thức (1.13)

$$W_i(k+1) = W_i(k) + \Delta W_i + \mu [W_i(k) - W_i(k-1)] \quad (1.13)$$

Tại thời điểm k tốc độ của động cơ là $w(k)$ được đo cùng với giá trị delay của nó là $w(k-1)$, và các giá trị tốc độ được đo có thể sử dụng cùng với tín hiệu tham khảo đã biết $r(k)$ dự đoán tốc độ tại thời điểm mẫu $(k+1)$ là:

$$w(k+1) = w(k) + w(k-1) + r(k) \quad (1.14)$$

Ở đây, luật điều khiển có thể thu được như sau. Điện áp điều khiển có thể đạt được từ $w(k+1)$, $w(k)$ và $w(k-1)$ bởi bộ điều khiển ANNC:

$$u(k) = N[r(k), w(k-1), w(k-1)] \quad (1.15)$$

3. Giải thuật điều khiển: Giải thuật điều khiển thể hiện qua các bước sau:

Bước 1: Hai thông số W_1 của bộ nơron nhận dạng và W_c của bộ nơron điều khiển được khởi chạy ngẫu nhiên với những giá trị nhỏ.

Bước 2: Tính đầu ra $u(k)$ của bộ điều khiển.

Bước 3: Tính vận tốc $w(k)$ của động cơ DC.

Bước 4: Tính đầu ra $u'(k)$ của bộ nhận dạng.

Bước 5: Tính hàm giá $EI(k)$ và $EC(k)$.

Bước 6: Tính $\partial EI / W_i$ và $\partial EC / W_i$ dựa vào công thức (1.6) và (1.11)

Bước 7: Cập nhật các thông số W_1 cho bộ nơron nhận dạng và W_c cho bộ nơron điều khiển dựa vào công thức (1.6) và (1.13).

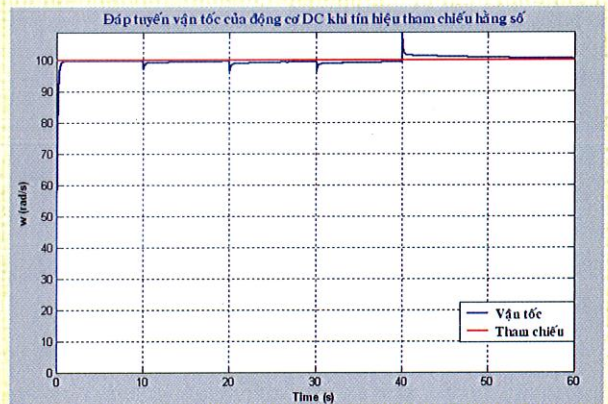
Bước 8: Lập lại từ bước 2 đến bước 7 cho tới khi bộ điều khiển huấn luyện đạt giá trị nhỏ nhất.

III. CÁC KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TRONG THỜI GIAN THỰC

Bộ điều khiển nơron được thử nghiệm trên mô hình động cơ DC - máy phát điện DC và được chạy trên phần mềm Matlab. Các thông số của mô hình sử dụng: Động cơ DC - Máy phát DC có $V_{động cơ} = 24 V_{DC}$, $n_{động cơ} = 1000$ v/ph; $V_{máy phát} = 24 V_{DC}$, $n_{máy phát} = 1000$ v/ph; Tải là ba bóng đèn thuần trở có tổng công suất là: $P_L = 60W$ (P_L thay đổi được ba nấc: 20W, 40W và 60W). Xét các trường hợp sau:

1. Tín hiệu tham chiếu là hằng số và tải thay đổi

Khi tín hiệu tham chiếu có giá trị $w_m = 100$ (rad/s), thì tốc độ của động cơ theo tín hiệu tham chiếu luôn ổn tốc và có vận tốc góc $w = 100$ (rad/s), dù cho tải thay đổi. Kết quả mô phỏng ở như hình 2.



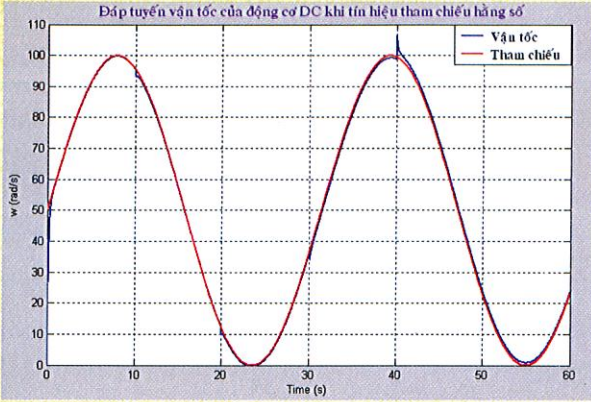
Hình 2: Đáp tuyến tốc độ của động cơ DC khi tín hiệu tham chiếu là hằng số.

2. Tín hiệu tham chiếu là hình sin và tải thay đổi

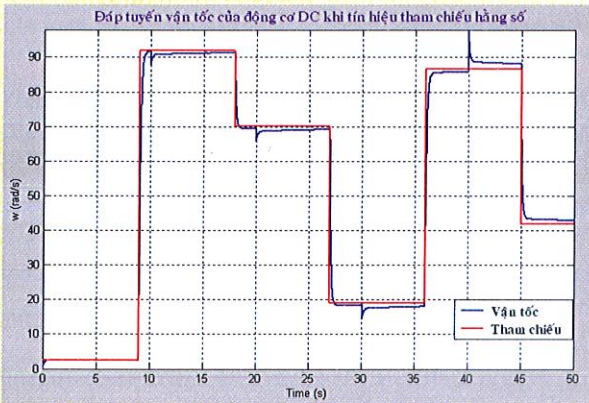
Đáp tuyến tốc độ của động cơ theo sát tín hiệu tham chiếu là hình sin, dù cho tải thay đổi. Kết quả mô phỏng được trình bày ở Hình 3.

3. Tín hiệu tham chiếu là xung vuông và tải thay đổi

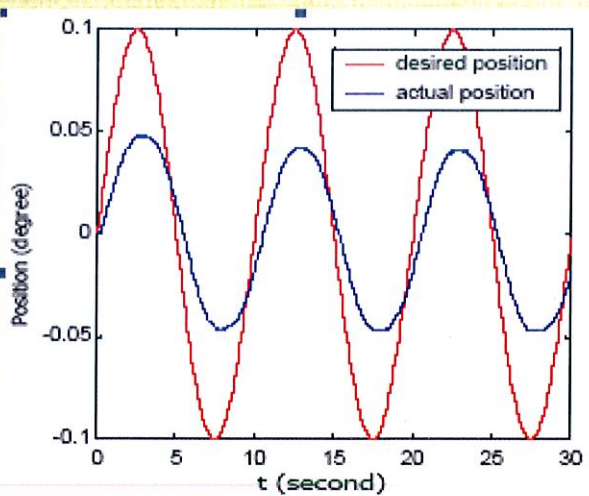




Hình 3: Đáp tuyến tốc độ của động cơ DC khi tín hiệu tham chiếu là hình sin.



Hình 4: Đáp tuyến tốc độ động cơ DC khi tín hiệu tham chiếu là xung vuông



Hình 5: Đáp tuyến tốc độ động cơ DC khi sử dụng phương pháp điều khiển PID

Đáp tuyến tốc độ của động cơ theo sát tín hiệu tham chiếu là xung vuông, dù cho tải thay đổi. Kết quả mô phỏng được trình bày ở Hình 4.

So với phương pháp điều khiển PID có kết quả ở Hình 5 [3], thì bộ điều khiển cho hiệu quả tốt hơn và tính chính xác cao.

IV. KẾT LUẬN

Bài báo này đã thiết kế một bộ điều khiển nơron dùng để điều khiển tốc độ của một động cơ DC kích từ độc lập theo tín hiệu tham chiếu định hướng điều khiển trên mô hình động cơ DC – máy phát DC – tải thuần trở trong thời gian thực. Các kết quả mô phỏng của bộ điều khiển nơron cho thấy tính hiệu quả và tính chính xác cao, và cũng thể hiện được tính thích nghi cao qua các trường hợp thử nghiệm trên mô hình thực khi tín hiệu tham chiếu là xung vuông hay hình sin cả trong trường hợp ma sát động cơ lớn. So với phương pháp điều khiển cổ điển như phương pháp PID, thì bộ điều khiển nơron có tính chính xác và hiệu quả cao hơn. Từ những kết quả đạt được của bộ điều khiển nơron với tính thích nghi cao, cộng với tín hiệu tham chiếu định hướng điều khiển là xung vuông thay đổi tùy ý, thì đề tài sẽ được ứng dụng trong trong các lĩnh vực điều khiển tự động, hoặc điều khiển cánh tay Robot.

P.T.H.A

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Cao Cường, Hồ Đắc Lộc, Trần Thu Hà. Adaptive control of nonlinear dynamics system based on RBF network. ICMIT 2003 Korea, December 4-6, 2003.
- [2] A. Rubaai and R. Kotaru: Online identification and control of a DC motor using learning adaptation of neural networks. IEEE Trans. Industry Application, Vol. 36, pp. 935-942, 2000.
- [3] Chao-Chee Ku and Kwang Y. Lee, Diagonal recurrent neural networks for dynamic system control, IEEE Trans. on Neural networks. 1995. 6(1): 144-156.
- [4] Choi Y. K, Lee S. K, Kay Y.C, Design and Implementation of an Adaptive Neural Network Compensator for Control Systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol48, no 2, April 2001.
- [5] Diaoy Y and K.M Passino. Adaptive neural – Fuzzy control for Interpolated nonlinear system. IEEE Trans. FuZ. Syst. (10) pp 583 – 595.2002.