

XÂY DỰNG THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN MẠNG NƠON DỰA THEO MÔ HÌNH MÔMEN TÍNH TOÁN CHO ROBOT TRONG KHÔNG GIAN LÀM VIỆC

BUILDING UP NEURAL NETWORK ALGORITHM BASED ON COMPUTED-TORQUE METHOD FOR ROBOT CONTROL IN CARTESIAN SPACE

Võ Quang Vinh

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến vấn đề ứng dụng một số giải pháp điều khiển mạng nơon dựa theo mô hình mômen tính toán cho Robot Almaga 16 trong không gian làm việc. Khi không biết chính xác các thông số động lực học của Robot Almaga 16, luật sử dụng mạng nơon dựa theo mô hình mômen tính toán đã giải quyết vấn đề này bằng việc ước lượng các thông số đó và sẽ tự tính toán các góc khớp phù hợp, có khả năng bù nhiễu dựa theo mô hình mẫu trong không gian làm việc. Kết quả mô phỏng trên phần mềm Matlab-Simulink cho thấy hệ điều khiển chuyển động Robot Almaga 16 đã đáp ứng được yêu cầu điều khiển: đảm bảo sai số của bàn tay theo trục x, y nhanh chóng đạt tới không và thời gian quá độ nhỏ.

Từ khóa: Phương pháp điều khiển mômen tính toán trong không gian làm việc, điều khiển mạng nơon.

ABSTRACT

This paper presents a problem Application solutions Neural Network Algorithm Based on Computed -Torque Method for Robot Control In Cartesian Space. To control the Robot, the problems with unknown kinematic and dynamic parameters is solved by implementing neural network based on computed torque method to estimate the parameters and compensation the disturbances from the sample model in cartesian space. The simulation results in the control requirements: steady-state errors of robot joint space x, y quickly converge to zero and transient time is short.

Keywords: Computed-torque control in Cartesian Space, neural network control.

Võ Quang Vinh

Trường Đại học Điện lực

Email: vinhvq@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 28/08/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 28/09/2017

Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2017

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tài liệu [1], việc xây dựng thuật toán điều khiển thích nghi Li-Slotine trong không gian làm việc cho thấy ưu điểm của phương pháp này là khi không biết chính xác các thông số động lực học của Robot, luật điều khiển thích

nghi theo Li-Slotine đã giải quyết vấn đề này bằng việc ước lượng các thông số đó, làm khối lượng tính toán giảm nhiều so với các phương pháp điều khiển khác [2] mà vẫn đảm bảo Robot vận hành linh hoạt đồng thời khử được các thành phần sai lệch góc khớp và vị trí của khâu tác động cuối làm cho hệ chuyển động Robot ổn định, chính xác với thời gian quá độ nhỏ. Nhưng nhược điểm lớn nhất của phương pháp điều khiển này là yêu cầu khối lượng tính toán on-line lớn và không bền vững khi có tác động nhiễu ngoại. Trong khi đó phương pháp điều khiển mạng nơon dựa theo mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc [5, 6] là phương pháp bù nhiễu dựa theo mô hình mẫu, mô hình mẫu ở đây là mô hình mômen tính toán, với một số tính chất tính toán tốt rất phù hợp để sử dụng với mạng nơon. Ưu điểm của phương pháp này đơn giản về mặt toán học, giảm khối lượng tính toán on-line mà vẫn đảm bảo tính thích nghi cao, khử nhiễu ngoại, đáp ứng sự hội tụ của sai lệch vị trí bàn tay Robot về không.

2. ỨNG DỤNG MỘT SỐ GIẢI PHÁP ĐIỀU KHIỂN ROBOT SỬ DỤNG MẠNG NƠON DỰA THEO MÔ HÌNH MÔMEN TÍNH TOÁN

Khi không biết chính xác các thông số động lực học của Robot [2, 3, 5, 6] luật điều khiển sử dụng mạng nơon dựa theo mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc đã giải quyết vấn đề này bằng việc ước lượng các thông số đó và bù nhiễu dựa theo mô hình mẫu. Thông thường người ta hay sử dụng mạng nhiều lớp truyền thẳng làm mô hình mẫu, làm các bộ điều khiển cho đối tượng là phi tuyến. Khi hệ thống đã được nhận dạng với độ chính xác nhất định, quá trình điều khiển được bắt đầu để cho đầu ra của hệ thống bám theo đầu ra của mô hình ổn định. Đối tượng nghiên cứu là Robot Almaga 16 có 03 khớp quay [2]. Phương trình động lực học tổng quát được xây dựng, mô tả bởi:

$$\tau = D(q)\ddot{q} + h(q, \dot{q}) + \tau_f(\dot{q}) \quad (1)$$

Trong đó: τ - mômen đặt lên khớp i khi thực hiện chuyển động quay, D - ma trận quán tính ($m \times n$), h - vectơ tương hỗ và ly tâm ($1 \times n$), $\tau_f(q) = K_1 \text{sgn}(\dot{q}) + K_2 \dot{q}$ - vectơ ma sát

động, ma sát tĩnh, q - biến khớp, \dot{q} - đạo hàm bậc nhất của biến khớp.

Chuyển đổi từ không gian khớp q sang không gian làm việc X , được đặt như sau:

$$\dot{X} = J(q)\dot{q}, \ddot{X} = J(q)\ddot{q} + \dot{J}\dot{q} \quad (2)$$

Trong đó:

X - vị trí của khâu tác động cuối cùng của cánh tay robot được đo bằng cảm biến;

$J(q)$ - ma trận Jacobian, $n \times n$.

Thế (2) vào (1), xác định được:

$$\tau = D(q) \cdot J^{-1}(q)(\ddot{X} - \dot{J}\dot{q}) + h(q, \dot{q}) + \tau_f(\dot{q}) \quad (3)$$

Mà:

$$\tau = J^{-1}F \quad (4)$$

Từ (2),(3),(4) phương trình động lực học của Robot có dạng sau:

$$F = D^*(X)\ddot{X} + h^*(X, \dot{X}) + F_f^*(\dot{X}) \quad (5)$$

Trong đó:

$$D^* = J^{-1}(q)D(q)J^{-1}(q), h^* = J^{-1}h(q, \dot{q}) - D^*(X)JJ^{-1}\dot{X}, F_f^* = J^{-1}\tau_f(\dot{q})$$

Dựa theo bộ điều khiển mômen tính toán [2,4], trong không gian làm việc:

$$F = \hat{D}^*u + \hat{h}^* \quad (6)$$

Trong đó:

\hat{D}^* - giá trị ước lượng của ma trận quán tính D ;

\hat{h}^* - giá trị ước lượng của vectơ tương hỗ và ly tâm và vectơ trọng trường $h(q, \dot{q})$;

u - tín hiệu điều khiển.

Tín hiệu điều khiển u , [4] được xác định như sau:

$$u = \ddot{X}_d + K_D(\dot{X}_d - \dot{X}) + K_P(X_d - X) \quad (7)$$

Trong đó:

K_P, K_D - hệ số điều chỉnh của bộ điều khiển;

X_d - vị trí đặt.

Thế (7) vào (6) xác định như sau:

$$F = \hat{D}^*(\ddot{X}_d + K_D(\dot{X}_d - \dot{X}) + K_P(X_d - X)) + \hat{h}^* \\ = D^*\ddot{X}_d + \hat{D}^*K_D\dot{E} + \hat{D}^*K_P E + \hat{h}^* = D^*(\ddot{X}_d + K_D\dot{E} + K_P E) + \hat{h}^* \quad (8)$$

Trong đó:

E - sai lệch vị trí, xác định:

$$\dot{E} = (\dot{X}_d - \dot{X}); E = (X_d - X)$$

Thay (8) vào (5) xác định được phương trình động lực học kín:

$$D^*(X)\ddot{X} + h^*(X, \dot{X}) + F_f^*(\dot{X}) = D^*(\ddot{X}_d + K_D\dot{E} + K_P E) + \hat{h}^* \quad (9)$$

Và các sai lệch giữa giá trị thật và giá trị ước lượng như sau:

$$\Delta D^* = D^* - \hat{D}^*, \Delta h^* = h^* - \hat{h}^*$$

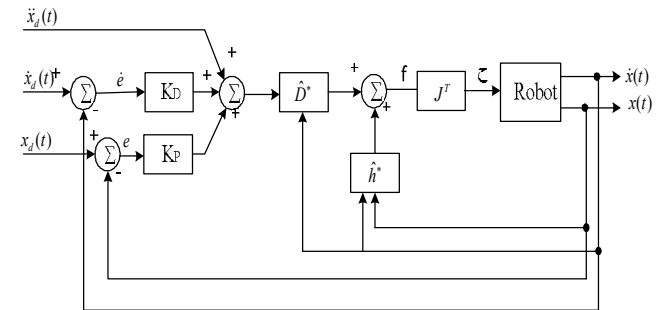
Phương trình động lực học kín của robot (9) trở thành:

$$v = \ddot{E} + K_D\dot{E} + K_P E = (\Delta D^*\ddot{X} + \Delta h^* + F_f^*)\hat{D}^{*-1} \quad (10)$$

Trong trường hợp lý tưởng phương trình (10) trở thành tuyến tính trong không gian làm việc nếu $\Delta D^* = 0, \Delta h^* = 0, F_f^* = 0$ thì:

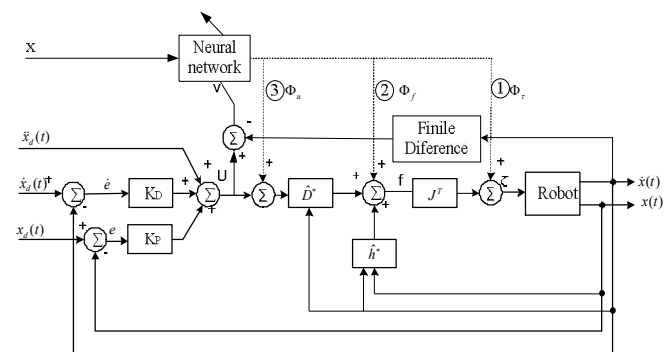
$$v = \ddot{E} + K_D\dot{E} + K_P E = 0 \quad (11)$$

Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển theo mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc, hình 1.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển theo mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc

Để xác định được hệ thức sai lệch (11) là điều rất khó khăn hoặc không xác định được trong phương pháp điều khiển mômen tính toán vì cần phải biết đầy đủ và chính xác các thông số cũng như đặc tính động lực học của robot. Tuy nhiên các thông số động học của robot thay đổi trong quá trình làm việc, nên để khử các thành phần phi tuyến cũng như phân ly đặc tính động lực học của các thanh nối robot thì cần phải ước lượng chính xác các thông số của robot trong quá trình làm việc. Hơn nữa khả năng chống nhiễu của phương pháp này còn hạn chế. Tuy nhiên nó lại cung cấp cho một khả năng toán học để sử dụng mạng nơron dựa theo mô hình này để tạo ra một mô hình mới với những đặc tính điều khiển vượt trội trong không gian làm việc. Từ mô hình mômen tính toán [5, 6], đưa ra được cấu trúc của hệ thống điều khiển sử dụng mạng nơron kiểu bù nhiễu dựa theo mô hình hình 1 trong không gian làm việc [5, 6].



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển nơron theo mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc

Bộ điều khiển dùng mạng nơron dựa trên mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc là phương

pháp điều khiển trực tiếp các vị trí của khâu tác động cuối từ tín hiệu ra của mạng nơ-ron, bộ điều khiển này sẽ huấn luyện cho tín hiệu sai lệch u trong (10) về không, khi đó các vị trí của khâu tác động cuối của Robot sẽ bám chính xác theo quỹ đạo đặt. Từ hình 2 cho thấy, dựa theo sơ đồ cấu trúc hệ điều khiển mô men tính toán, thiết kế thêm mạng nơ-ron, đầu vào là các tín hiệu vị trí, đầu ra là giá trị bù vào đầu ra của bộ điều khiển Φ_v tín hiệu sai lệch để huấn luyện mạng nơ-ron ở đây là u . Bài báo trình bày 03 phương trình điều khiển mới như sau:

Phương trình điều khiển mới 1:

$$F = J^T \left[\hat{D}^* u + \hat{h}^* \right] + \Phi_\tau \tag{12}$$

Từ (5) và (12) xác định được phương trình động lực học kín của robot:

$$v = \ddot{E} + K_D \dot{E} + K_P E = \hat{D}^{*-1} \left(\Delta D^* \ddot{X} + \Delta h^* + F_f^* - J^T \Phi_\tau \right) \tag{13}$$

Trong đó: ΔD - sai số giữa các giá trị ước lượng ma trận quán tính \hat{D} với các giá trị thực D , ΔH - sai số giữa các giá trị ước lượng vectơ tương hỗ và ly tâm \hat{h} với các giá trị thực h .

Mạng nơ-ron được sử dụng có nhiệm vụ phát ra tín hiệu Φ_τ đạt giá trị sao cho sai lệch u tiến tới 0, khi đó giá trị lý tưởng của Φ_τ là:

$$\Phi_\tau = J^T \left(\Delta D^* \ddot{X} + \Delta h^* + F_f^* \right) \tag{14}$$

Phương trình điều khiển mới 2:

$$F = J^T \left[\hat{D}^* u + \hat{h}^* + F_f^* + \Phi_f \right] \tag{15}$$

Từ (5) và (15) xác định được phương trình động lực học kín của robot:

$$v = \ddot{E} + K_D \dot{E} + K_P E = \hat{D}^{*-1} \left(\Delta D^* \ddot{X} + \Delta h^* + F_f^* - \Phi_f \right) \tag{16}$$

Mạng nơ-ron được sử dụng có nhiệm vụ phát ra tín hiệu Φ_f đạt giá trị sao cho sai lệch u tiến tới 0, khi đó giá trị lý tưởng của Φ_f là:

$$\Phi_f = \hat{D}^{*-1} \left(\Delta D^* \ddot{X} + \Delta h^* + F_f^* \right) \tag{17}$$

Từ (17) cho thấy giá trị bù vào đầu ra của bộ điều khiển không còn ma trận J_r như (14).

Phương trình điều khiển mới 3:

$$F = J^T \left[\hat{D}^* \left(u + \Phi_u \right) + \hat{h}^* \right] \tag{18}$$

Từ (5) và (18) xác định được phương trình động lực học kín của robot:

$$v = \ddot{E} + K_D \dot{E} + K_P E = \hat{D}^{*-1} \left(\Delta D^* \ddot{X} + \Delta h^* + F_f^* \right) - \Phi_u \tag{19}$$

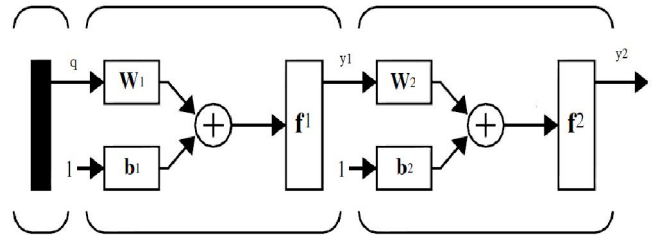
Mạng nơ-ron được sử dụng có nhiệm vụ phát ra tín hiệu Φ_u đạt giá trị sao cho sai lệch u tiến tới 0, khi đó giá trị lý tưởng của Φ_u là:

$$\Phi_u = \hat{D}^{*-1} \left(\Delta D^* \ddot{X} + \Delta h^* + F_f^* \right) \tag{20}$$

Nhận xét: Từ hình 2 cho thấy, đầu vào là các tín hiệu vị trí, đầu ra là giá trị bù vào đầu ra của bộ điều khiển Φ_u , Φ_f , Φ_τ tín hiệu sai lệch để huấn luyện mạng nơ-ron ở đây là v .

Thiết kế mạng nơ-ron

Bài báo lựa chọn cấu hình mạng nơ-ron truyền thẳng có hai lớp là lớp đầu vào và lớp đầu ra như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc mạng nơ-ron hai lớp được sử dụng

Trong đó: $W = \begin{bmatrix} \omega_{1,1} & \omega_{1,2} & \dots & \omega_{1,R} \\ \omega_{2,1} & \omega_{2,2} & \dots & \omega_{2,R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \omega_{5,1} & \omega_{5,2} & \dots & \omega_{5,R} \end{bmatrix}$, $b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_k \end{bmatrix}$

Triển khai cụ thể cho Robot Almaga 16 với 03 bậc tự do là mạng nơ-ron có 9 đầu vào cho là các giá trị rời rạc hóa của vị trí các khớp.

$$X = \begin{bmatrix} q_1(t); q_1(t-1); q_1(t-2); q_2(t); q_2(t-1); \\ q_2(t-2); q_3(t); q_3(t-1); q_3(t-2) \end{bmatrix}$$

Lớp thứ nhất có ma trận trọng lượng là ω_{ij}^1 là ma trận có kích cỡ 9x6, ma trận ngưỡng b_j^1 có kích cỡ 1x6, đầu ra là ma trận Y có kích cỡ 1x6. Vậy hàm lớp đầu vào mạng nơ-ron được chọn là hàm Sigmoidal, [5]:

$$f^1(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \tag{21}$$

Lớp thứ hai có ma trận trọng lượng là ω_{ij}^2 là ma trận có kích cỡ 6 x 3, ma trận ngưỡng b^2 có kích cỡ 1 x 3, đầu ra là ma trận Φ_k có kích cỡ 1 x 3. Vậy hàm lớp ra là hàm tuyến tính, [5]:

$$f^2(x) = x \tag{22}$$

Từ đó thiết lập được công thức tính đầu ra Φ_k theo đầu vào và các ma trận thành phần theo:

$$\Phi_k = \left[\sum_{j=1}^{n_1} \omega_{jk}^2 \left(\frac{1}{1 + e^{-\left(\sum_{i=1}^{n_1} X_i \omega_{ij}^1 + b_j^1 \right)}} \right) \right] + b_k^2 \tag{23}$$

Trong đó: n_H - ẩn số mạng nơ-ron lớp ẩn; n_I - số đầu vào mạng nơ-ron; Φ_k - phần tử thuộc cột thứ k của ma trận Φ_k ; w_{ij}^1 - phần tử thuộc hàng i cột j của ma trận w^1 ; w_{ik}^2 - phần tử thuộc hàng i cột k của ma trận w^2 ; X_i - phần tử thuộc cột thứ i của ma trận X ; b_j^1 - phần tử thuộc cột thứ j của ma trận b^1 ; b_k^2 - phần tử thuộc cột thứ k của ma trận b^2 .

Nếu n là tổng đầu vào mạng nơ ron thì tổng trọng lượng:

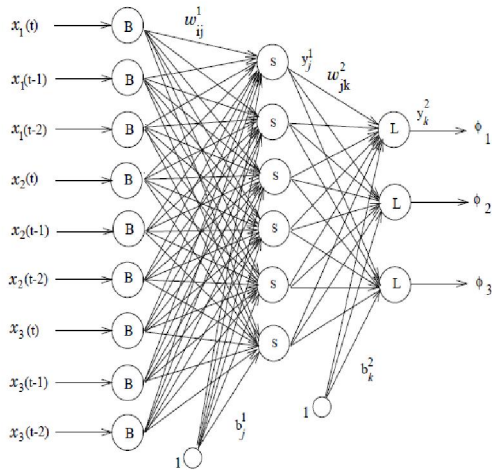
$$\omega_T = (n_1 + 1)n_H + (n_H + 1)n \tag{24}$$

Tổng n_1 đầu vào mạng nơ ron: $n = n_1 - n_H$

Trong mạng nơ ron như đã chọn bởi: $n_H = 6; n_1 = 9; n = 3$

Suy ra: $\omega_T = 81$.

Cấu hình mạng nơ ron lựa chọn cụ thể như hình 4.



Hình 4. Cấu trúc mạng nơ ron

Thuật toán huấn luyện mạng được bài báo lựa chọn là theo luật toán lan truyền ngược để cập nhật các trọng số theo hướng giảm độ dốc sao cho giảm thiểu sai số của mô hình v . Sai số được đo bằng phương pháp trung bình bình phương sai lệch. Hàm thông số của mạng được xác định theo biểu thức như sau theo [4, 5, 6]:

$$J = \frac{1}{2} v^T v \tag{25}$$

Thực hiện tính đạo hàm của J theo các trọng số của mạng xác định được [4, 5]:

$$\frac{\partial J}{\partial \omega} = \frac{\partial v^T}{\partial \omega} v = -\frac{\partial \Phi^T}{\partial \omega} v \tag{26}$$

Từ (26) thiết lập được mối quan hệ giữa đạo hàm của J theo các trọng lượng với đạo hàm của đầu ra Φ_T với các trọng lượng. Theo thuật toán lan truyền ngược sử dụng để cập nhật các giá trị trọng lượng mới, luật học được cải tiến bằng cách bổ sung thêm một thành luật gọi là hằng số động lượng [5, 6]:

$$\omega(t) = \omega(t-1) + \Delta\omega(t) \tag{27}$$

$$\Delta\omega(t) = \eta \frac{\partial \Phi^T}{\partial \omega} v + \alpha \Delta\omega(t-1) \tag{28}$$

Trong đó: η - tốc độ học tập, ta chọn $\eta = 0,9$ thích hợp với kiểu bù nhiễu;

α - hệ số động lượng, được chọn $\alpha = 0,01$.

Từ (28) với các phần tử của các ma trận $\omega^1, \omega^2, b^1, b^2$ có công thức cập nhật từng trọng số của các ma trận của từng lớp và từng ngưỡng của mạng nơ ron, như sau:

$$\Delta\omega_{ij}^1(t) = \eta y_j (1 - y_j) X_i \left[\sum_{k=1}^n v_k \omega_{jk}^2 \right] + \alpha \omega_{ij}^1(t-1) \tag{29}$$

$$\Delta\omega_{jk}^2(t) = \eta v_k y_j + \alpha \omega_{jk}^2(t-1) \tag{30}$$

$$\Delta b_j^1(t) = \eta y_j (1 - y_j) X_i \left[\sum_{k=1}^n v_k \omega_{jk}^2 \right] + \alpha b_j^1(t-1) \tag{31}$$

$$\Delta b_k^2(t) = \eta v_k + \alpha b_k^2(t-1) \tag{32}$$

Công thức tính đầu ra sau lớp vào của mạng nơ ron:

$$y_j^1 = \frac{1}{1 + e^{-(\sum_{i=1}^{n_1} x_i \omega_{ij}^1 + b_j^1)}} \tag{33}$$

Công thức tính đầu ra sau lớp ra của mạng nơ ron:

$$y_k^2 = \sum_{j=1}^{n_H} y_j^1 \omega_{jk}^2 + b_k^2 \tag{34}$$

3. ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG MẠNG NƠ RON DỰA THEO MÔ HÌNH MÔMEN TÍNH TOÁN CHO ROBOT ALMEGA 16

Mô hình động học của Robot Almega16 với 3 bậc tự do được tính toán theo [2]. Để kiểm chứng ứng dụng bài báo chọn phương trình điều khiển 3 cho Robot sử dụng mạng nơ ron dựa theo mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc thực hiện mô phỏng với các số thống số sau: $m_1 = 0,67[m]; m_2 = 0,52[m]; m_3 = 0,62[m]; l_1 = 0,95[m]; l_2 = 0,65[m]; l_3 = 0,72[m]$.

Tham số bộ điều khiển và các giá trị đặt, bảng 1.

Bảng 1. Tham số của bộ điều khiển

Ký hiệu	Tên tham số	Giá trị tham số các trục khớp
x_d, y_d	Giá trị đặt	$x_d = 0,3[m], y_d = 0,5[m]$
K_p	Hệ số tỷ lệ	$K_{p_1} = 1600, K_{p_2} = 1600, K_{p_3} = 1600$
K_D	Hệ số vi phân	$K_{D_1} = 500; K_{D_2} = 500; K_{D_3} = 500$

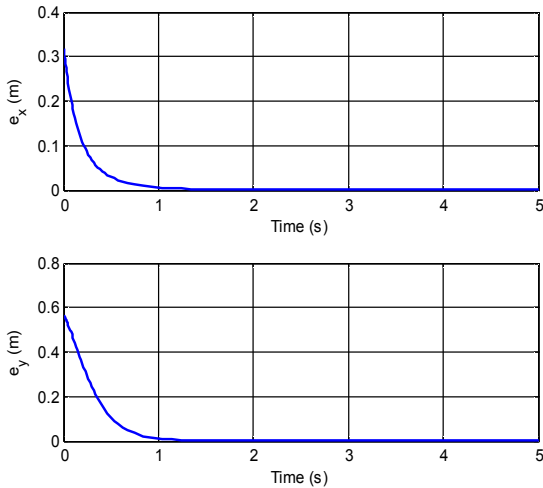
3.1. Trường hợp chưa biết rõ các thông số động lực học của hệ thống và không có nhiễu tác động

Việc xác định được chính xác thông số động lực học của hệ thống Robot Almega 16 là rất khó khăn dẫn đến các thông số động lực học đưa vào bộ điều khiển là không chính xác. Để kiểm chứng thuật toán điều khiển bài báo đã giả thiết Robot Almega16 có khối lượng và chiều dài các thanh nối không xác định được chính xác các thông số này, nên các thông số động lực học đưa vào bộ điều khiển là các giá trị ước lượng: $\hat{m}_1, \hat{m}_2, \hat{m}_3, \hat{l}_1, \hat{l}_2, \hat{l}_3$, giả sử các thông số điều khiển vẫn giữ nguyên như bảng 1, các thông số động lực học thay đổi như sau:

$$\hat{m}_1 = 0,55[m]; \hat{m}_2 = 0,42[m]; \hat{m}_3 = 0,52[m];$$

$$\hat{l}_1 = 0,85 [m]; \hat{l}_2 = 0,55[m]; \hat{l}_3 = 0,75[m]$$

Kết quả mô phỏng như hình 5.

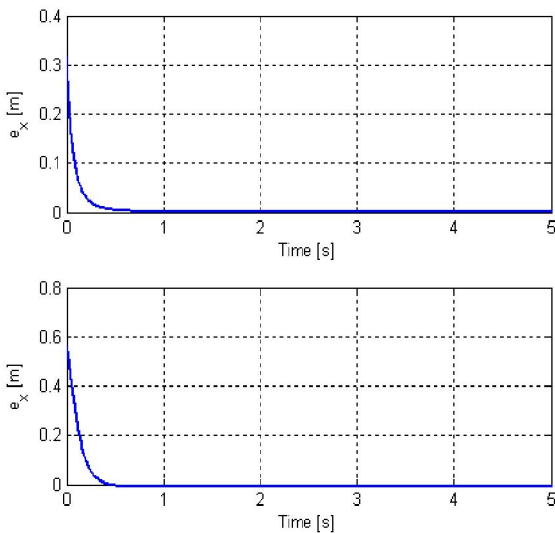


Hình 5. Biểu diễn sai lệch vị trí x, y cho trường hợp không biết rõ các tham số động lực học và không có nhiễu tác động

Nhận xét: Từ kết quả mô phỏng hình 5 cho thấy, sai lệch e của bàn tay máy theo các trục x, y là tiến về 0 chỉ sau 1,2s, hệ ổn định và không có sai lệch tĩnh, không có dao động, kết quả mô phỏng này là lý tưởng đối với một hệ điều khiển trong thực tế. Các hệ số K_p , K_D là các hệ số hiệu chỉnh để hiệu chỉnh hệ thống có được kết quả mong muốn.

3.2. Trường hợp không biết rõ các thông số động lực học của hệ thống và có nhiễu tác động

Kết quả mô phỏng như hình 6.



Hình 6. Biểu diễn sai lệch vị trí x, y cho trường hợp không biết rõ các tham số động lực học và có nhiễu tác động

Nhận xét: Các thông số động lực học thay đổi có thể là do nhiễu tác động trong quá trình làm việc, có thể là do tay máy Robot tương tác với những môi trường khác nhau, gặp những vật có khối lượng khác nhau nhưng các thông số động lực học đưa vào bộ điều khiển là cố định và không thay đổi trong suốt quá trình Robot làm việc dẫn đến tồn tại sai lệch tĩnh. Nếu trong trường hợp thay đổi đó các tham số của bộ điều khiển được lựa chọn phù hợp thì sai lệch tĩnh cũng tiến về 0. Như vậy để có thể loại bỏ được sự

ảnh hưởng này thì có hai cách đó là cập nhật online các thông số động lực học, hoặc là hiệu chỉnh online các tham số của bộ điều khiển. Vì vậy việc cập nhật online các thông số động lực học là cần thiết.

4. KẾT LUẬN

Điều khiển Robot trong không gian làm việc ngày càng được phát triển, chúng ta chỉ cần quan tâm tới giá trị mong muốn của bàn tay Robot, khi đó bộ điều khiển sẽ tự tính toán các góc khớp phù hợp để Robot có thể thực hiện được chuyển động bám sát quỹ đạo mong muốn. Như vậy sẽ dễ dàng cho người sử dụng không phải tính toán đưa ra giá trị đặt cho từng góc khớp để có được giá trị mong muốn của bàn tay máy. Điều này đặc biệt có ý nghĩa đối với những Robot có nhiều bậc tự do. Qua lý thuyết và kết quả mô phỏng cho thấy, hệ thống điều khiển Robot Almega 16 sử dụng mạng nơron dựa theo mô hình mômen tính toán trong không gian làm việc theo một trong ba bộ điều khiển (12) và (15), (18) và được kiểm chứng trên mô hình mô phỏng của hệ thống điều khiển bằng Matlab-Simulink, kiểm nghiệm thành công các vấn đề lý thuyết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Võ Thu Hà, 2015. *Ứng dụng thuật toán điều khiển thích nghi Li-Slotine cho hệ chuyển động tay máy Almega16*. Hội nghị khoa học công nghệ lần thứ XX trường Đại học Giao thông Vận tải.

[2]. Ha VTh, 2012. *Một số giải pháp điều khiển nhằm nâng cao chất lượng chuyển động của tay máy công nghiệp*. Luận án tiến sỹ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

[3]. Đào Văn Hiệp, 2004. *Kỹ thuật Robot*. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

[4]. Lai LK, Hien NN, 2007. *Hệ mờ và nơron*. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

[5]. Seul J., 1996. *Neural network controllers for robot manipulators*. University of California.

[6]. Howard D, Mark B, Martin H., 2008. *Neural Network Toolbox™ 6*. The MathWorks, Inc.