

SỬ DỤNG THUẬT TOÁN THÍCH NGHI TRỰC TIẾP ĐỂ ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ HỆ BIẾN TẦN – ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU
USING DIRECT ADAPTIVE ALGORITHM FOR CONTROLLING POSITION OF AC MOTOR – INVERTER SYSTEM

TS. TRẦN ANH DŨNG; KS. PHẠM THỊ HỒNG ANH
Khoa Điện- ĐTTB, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Bài báo này đề cập đến hệ biến tần – động cơ xoay chiều. Thiết kế bộ điều khiển thích nghi trực tiếp kết hợp thuật toán chỉnh định thông số và thuật toán thích nghi tín hiệu để điều khiển vị trí cho hệ thống. Tiến hành thực nghiệm mô hình mô phỏng hệ thống trên Matlab/ Simulink và đưa ra kết quả mô phỏng khi hệ thống chưa có điều khiển thích nghi và khi có bộ điều khiển thích nghi để đánh giá hiệu quả của nó.

Abstract

This paper deals with the AC motor – inverter system. The direct adaptive controller combining with parametric and signal tuning is designed. Simulation is carried out by means of Matlab/ Simulink and showing simulated results in case of there is no the direct adaptive controller and there is one in the system. Through these results, the validity of this controller is valued.

1. Đặt vấn đề và đối tượng điều khiển

Ngày nay, dùng biến tần điều khiển động cơ xoay chiều đã có thể giải quyết hầu hết các bài toán điều khiển mà trước kia chỉ có thể dùng động cơ một chiều. Ngoài ra, nó còn giải quyết được những bài toán mà hệ dùng động cơ một chiều không đáp ứng được. Bài báo này sẽ nghiên cứu về hệ biến tần – động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc. Bên cạnh đó, trong môi trường công nghiệp, bất kỳ đối tượng điều khiển nào cũng phải chịu tác động mạnh của nhiễu loạn (trong đó có nhiễu loạn tải) thay đổi một cách liên tục và ngẫu nhiên. Hơn thế nữa, bản thân các tham số của đối tượng cũng có thể thay đổi trong quá trình làm việc làm sai lệch mô hình của đối tượng. Trong những điều kiện như vậy, các phương pháp kinh điển điều khiển hệ biến tần - động cơ không đồng bộ, chẳng hạn như phương pháp điều khiển tách kênh theo luật PID, có thể không đảm bảo chất lượng đề ra. Khi đó cần phải bổ xung cho hệ kinh điển một bộ điều khiển mới giúp cho hệ có khả năng thích ứng với sự thay đổi của môi trường bên ngoài cũng như của bản thân đối tượng.

Mô hình toán của động cơ không đồng bộ rô to lồng sóc được biểu diễn trên hệ tọa độ từ thông rotor như sau [1]:

$$\begin{cases} \underline{U}_s = R_s \underline{i}_s + \frac{d\underline{\psi}_s}{dt} + j\omega_s \underline{\psi}_s & (1) \\ \underline{0} = R_r \underline{i}_r + \frac{d\underline{\psi}_r}{dt} + j\omega_s \underline{\psi}_r & (2) \\ \underline{\psi}_r = \underline{i}_s L_s + \underline{i}_r L_m & (3) \\ \underline{\psi}_s = \underline{i}_s L_m + \underline{i}_r L_r & (4) \end{cases}$$

Từ hai phương trình (3) và (4) ta tính giá trị của \underline{i}_r và $\underline{\psi}_r$ rồi thay vào các phương trình điện áp rotor và stator chiếu lên hai trục của hệ tọa độ dq, khi đó ta được hệ phương trình:

$$\begin{cases} \frac{di_{sd}}{dt} = -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right) i_{sd} + \omega_s i_{sq} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r} \psi'_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega \psi'_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} U_{sd} \\ \frac{di_{sq}}{dt} = -\omega_s i_{sd} - \left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\delta T_r}\right) i_{sq} - \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega \psi'_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r} \psi'_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} U_{sq} & (5) \\ \frac{d\psi'_{rd}}{dt} = \frac{1}{T_r} i_{sd} - \frac{1}{T_r} \psi'_{rd} + (\omega_s - \omega) \psi'_{rq} \\ \frac{d\psi'_{rq}}{dt} = \frac{1}{T_r} i_{sq} - (\omega_s - \omega) \psi'_{rd} - \frac{1}{T_r} \psi'_{rq} \end{cases}$$

Trong đó:

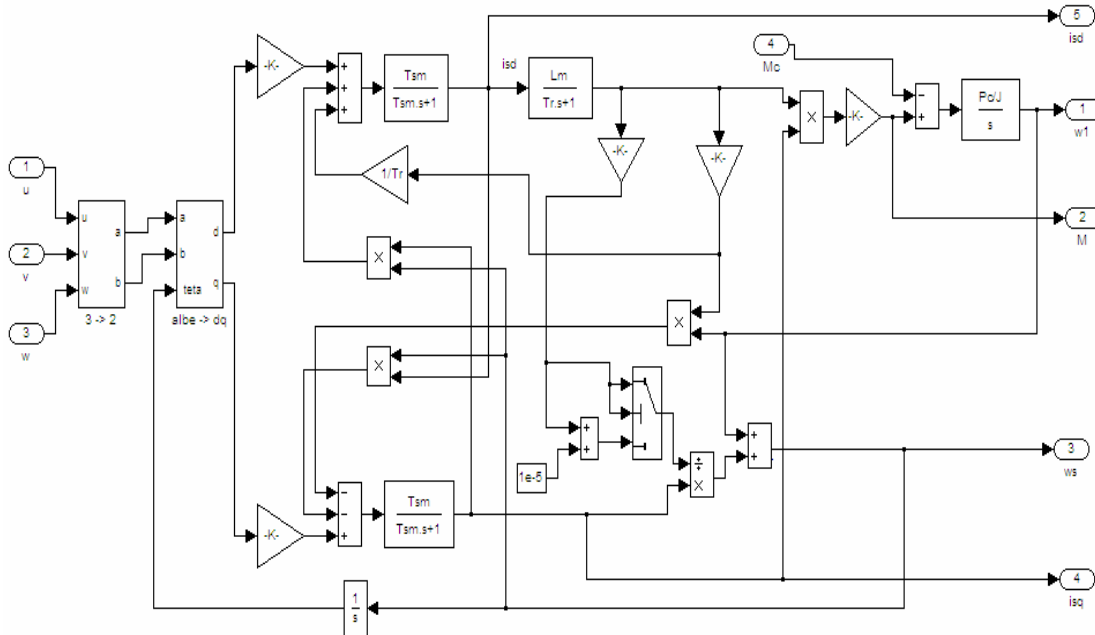
$$\begin{aligned}\psi'_{rd} &= \psi_{rd} / L_m \\ \psi'_{rq} &= \psi_{rq} / L_m\end{aligned}\quad (6)$$

$T_r = L_r / R_r$ - hằng số thời gian của mạch rotor; L_r - điện cảm rotor; $T_s = L_s / R_s$ - hằng số thời gian của mạch stator; L_s - điện cảm stator; σ là hệ số tiêu tán tổng và được tính theo công thức: $\sigma = 1 - L_m^2 / L_s L_r$; L_m - hõ cảm giữa rotor và stator.

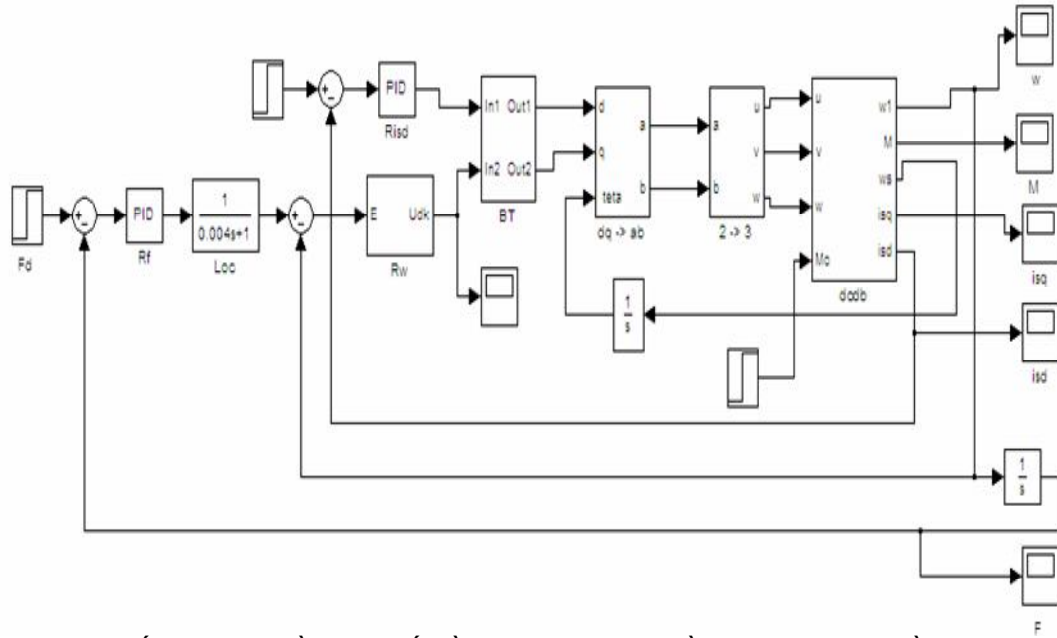
Mặt khác do trục d trùng với trục từ thông rotor nên thành phần $\psi'_{r\alpha} = 0$. Như vậy hệ phương trình động cơ không đồng bộ trên hệ trục tọa độ từ thông rotor như sau:

$$\begin{cases} \frac{di_{sd}}{dt} = -\left(\frac{1}{\delta T_s} + \frac{1-\delta}{\delta T_r}\right)i_{sd} + \omega_s i_{sq} + \frac{1-\delta}{\delta T_r} \psi'_{rd} + \frac{1-\delta}{\delta} \omega \psi'_{rq} + \frac{1}{\delta L_s} U_{sd} \\ \frac{di_{sq}}{dt} = -\omega_s i_{sd} - \left(\frac{1}{\delta T_s} + \frac{1-\delta}{\delta T_r}\right)i_{sq} - \frac{1-\delta}{\delta} \omega \psi'_{rd} + \frac{1-\delta}{\delta T_r} \psi'_{rq} + \frac{1}{\delta L_s} U_{sq} \\ \frac{d\psi'_{rd}}{dt} = \frac{1}{T_r} i_{sd} - \frac{1}{T_r} \psi'_{rd} \\ 0 = \frac{1}{T_r} i_{sq} - (\omega_s - \omega) \psi'_{rd} \\ m_M = \frac{3}{2} p_c \frac{L_m}{L_r} \psi_{rd} i_{sq} \end{cases}\quad (7)$$

Từ mô hình toán của đối tượng có thể xây dựng được mô hình mô phỏng động cơ không đồng bộ rô to lồng sóc (hình 1) cũng như hệ truyền động biến tần - động cơ điều khiển vị trí theo phương pháp tách kênh quen thuộc (hình 2) trên phần mềm Matlab-Simulink.



Hình 1. Mô hình động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc trên hệ tọa độ dq.



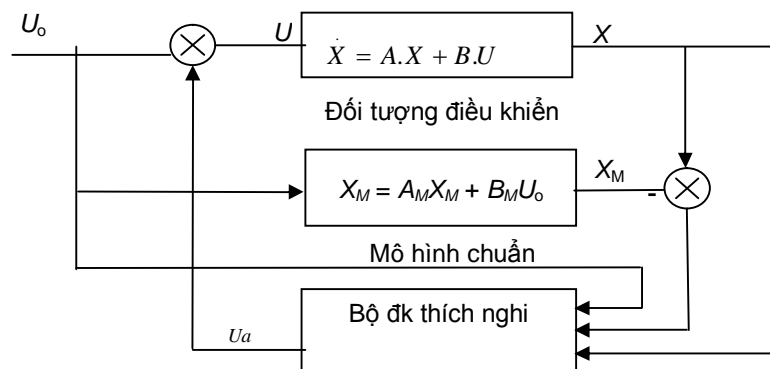
Hình 2. Cấu trúc hệ truyền động biến tần – động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc.

Trong đó: BT – biến tần; dccb – động cơ dị bộ; F_d – tín hiệu đặt vị trí; R_f – bộ điều khiển vị trí; R_w – bộ điều khiển tốc độ; R_{isd} – bộ điều khiển dòng i_{sd}

2. Thuật toán điều khiển thích nghi trực tiếp

Lý thuyết về điều khiển thích nghi ra đời liên quan đến sự cần thiết giải quyết những bài toán điều khiển mà trong đó phương pháp điều khiển kinh điển tỏ ra không hữu hiệu hoặc là không điều khiển được. Nó không đòi hỏi các thông tin đầy đủ chính xác về đối tượng cũng như về các điều kiện làm việc của đối tượng đó mà các thông tin này sẽ được thu thập và xử lý ngay trong quá trình làm việc của hệ thống.

Để đối tượng điều khiển đạt được các chỉ tiêu chất lượng đề ra, trong bài báo tiến hành tổng hợp hệ thống điều khiển thích nghi trực tiếp với mô hình chuẩn kết hợp thuật toán thích nghi tín hiệu và thuật toán thích nghi thông số [2].



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc của hệ điều khiển thích nghi trực tiếp.

a. Thuật toán thích nghi thông số

Tín hiệu điều khiển thích nghi được xác định:

$$U_a = K_A X + k_B U_0 \quad (8)$$

K_A - vectơ hàng chứa các thông số điều chỉnh; k_B - thông số điều chỉnh. Các thông số này luôn thay đổi trong quá trình làm việc để thích ứng với điều kiện mới của đối tượng.

$$\dot{K}_A = -\gamma_A \cdot B_M^T \cdot P \cdot E \cdot X^T - \lambda_A \cdot K_A \quad (9)$$

$$\dot{k}_B = -\gamma_B \cdot B_M^T \cdot P \cdot E \cdot U_o - \lambda_B \cdot k_B \quad (10)$$

Trong đó: $\gamma_A, \lambda_A, \gamma_B, \lambda_B$ - các hệ số khuếch đại (tất cả đều là dương); P - ma trận vuông, đối xứng xác định dương thỏa mãn phương trình Lyapunov có dạng:

$$A_M^T \cdot P + P \cdot A_M = -G$$

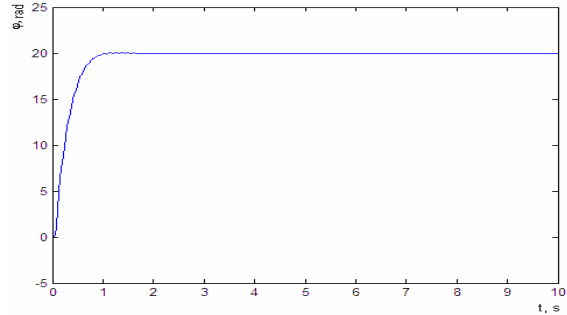
G - ma trận đối xứng xác định dương bất kỳ; A_M, B_M - các ma trận hệ số của mô hình chuẩn bậc $n \times n$ và $n \times m$; E - sai số điều khiển, là sai lệch giữa đối tượng và mô hình chuẩn.

Đối với đối tượng đang xem xét thì $n = 3, m = 1$.

b. Thuật toán thích nghi tín hiệu

$$U_a = -h \cdot \text{sign}(B_M^T \cdot P \cdot E)$$

Trong đó: h - hệ số khuếch đại dương; B_M^T - Ma trận chuyển vị của B_M ; P - Ma trận vuông, đối xứng và xác định dương; sign - hàm tín hiệu.



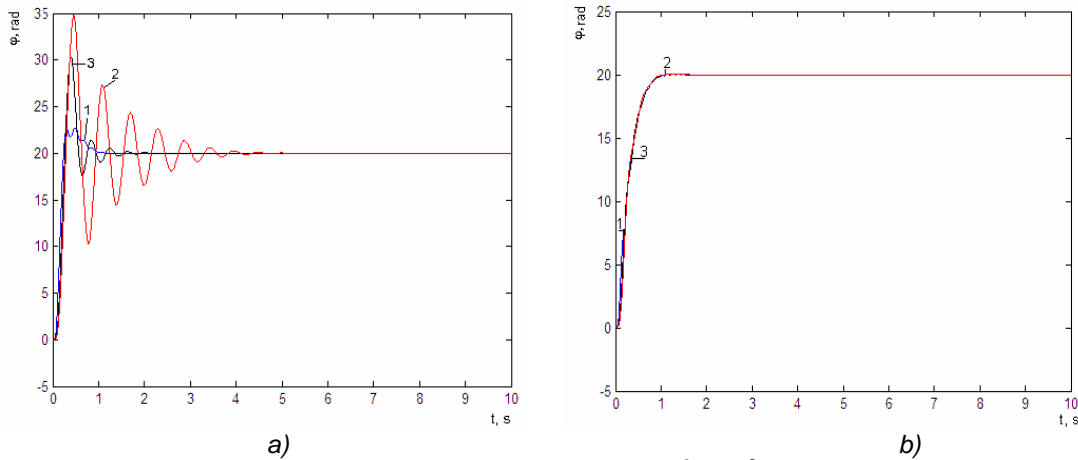
Hình 4. Đáp ứng vị trí của đối tượng

3. Kết quả mô phỏng

Để đánh giá hiệu quả của bộ điều khiển thích nghi đã xây dựng trong điều khiển vị trí hệ biến tần - động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc, ta tiến hành thực nghiệm trên mô hình mô phỏng hệ thống được xây dựng trên phần mềm Matlab-Simulink. Một số kết quả mô phỏng được đưa ra ở các hình 4, 5.

Để thấy rõ được hiệu quả của bộ điều khiển thích nghi, ta so sánh kết quả mô phỏng hệ thống khi chưa có bộ điều khiển thích nghi và khi sử dụng bộ điều khiển thích nghi trong hệ điều khiển vị trí.

Trên hình 5a là đáp ứng vị trí của hệ thống khi chưa có bộ điều khiển thích nghi với sự thay đổi mômen quán tính; trên hình 5b là đáp ứng vị trí khi sử dụng bộ điều khiển thích nghi với sự thay đổi mômen quán tính, trong đó đường 1 ứng với $J = J_0$, đường 2 ứng với $J = 3J_0$, đường 3 ứng với $J = 5J_0$ (J_0 - mô men quán tính trung bình của tải qui về trục động cơ).



Hình 5. So sánh giữa hệ chưa có và có bộ điều khiển thích nghi.

Kết quả so sánh trên chỉ ra rằng hệ biến tần – động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc sử dụng bộ điều khiển thích nghi để điều khiển vị trí đã thực hiện tốt các mục tiêu điều khiển đề ra khi có sự thay đổi mạnh tham số của đối tượng và tải.

4. Kết luận

Kết quả so sánh trên chỉ ra rằng hệ biến tần – động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc sử dụng bộ điều khiển thích nghi để điều khiển vị trí đã thực hiện tốt các mục tiêu điều khiển đề ra khi có sự thay đổi mạnh tham số của đối tượng và tải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Phùng Quang, *Điều khiển tự động truyền động điện xoay chiều ba pha*, NXB Giáo dục, 1998.
- [2]. Путов В. В., *Адаптивное управление динамическими объектами: бесперебойные системы с эталонными моделями*, СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ» - 2001.

Người phân biệt: TS. Hoàng Xuân Bình