

MÔ HÌNH HÓA ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA CÓ XÉT ĐẾN SỰ THAY ĐỔI CỦA CÁC THAM SỐ ĐỘNG CƠ

MODELLING OF THE THREE-PHASE INDUCTION MOTOR WITH CHANGES IN MOTOR PARAMETERS

Phạm Hoàng Nam¹, Phạm Văn Tuấn², Nguyễn Thanh Long³

¹Viện Kỹ thuật và Công nghệ, Đại học Vinh, Nghệ An
namph@vinhuni.edu.vn

^{2,3}Khoa Điện, Đại Học Sư phạm kỹ thuật Vinh, Nghệ An
²tuanvp.bk@gmail.com, ³thanhlongskv@gmail.com

Tóm tắt: Động cơ điện không đồng bộ ba pha được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp. Bên cạnh đó, nghiên cứu về điều khiển véc tơ động cơ không đồng bộ cũng như ảnh hưởng của các tham số động cơ đến bộ điều khiển này là một phần quan trọng trong nghiên cứu về truyền động động cơ xoay chiều. Do đó, việc mô hình hóa động cơ có ý nghĩa trong lĩnh vực truyền động động cơ xoay chiều. Bài báo này mô tả một mô hình tổng quát của động cơ không đồng bộ ba pha và mô phỏng sử dụng Matlab/Simulink. Chi tiết xây dựng của các mô hình phụ khác nhau cho động cơ không đồng bộ đã được chỉ ra. Một động cơ có công suất 2HP được đưa ra để mô phỏng kiểm chứng mô hình đã xây dựng.

Từ khóa: Động cơ không đồng bộ, Matlab/Simulink, mô hình toán động cơ không đồng bộ.

Chỉ số phân loại: 2.1

Abstract: Three-phase induction motors have been widely used in industry. In addition, the study of induction motor vector control as well as the influence of induction motor parameters on induction motor controller is an important part of the research on AC motor drive. Therefore, modeling of induction motor is significant in the AC motor drive. This paper describes a generalized model of the three-phase induction motor and its computer simulation using Matlab/Simulink. Constructional details of various sub-models for the induction motor are given and their implementation in simulink is outlined. Direct-online starting of a 2 HP induction motor is studied using the simulation model.

Keywords: Induction motor, Matlab/Simulink, induction motor mathematical models.

Classification number: 2.1

1. Giới thiệu

Việc mô hình hóa và mô phỏng động cơ không đồng bộ ba pha đặc biệt quan trọng bởi trong quá trình làm việc của động cơ, các tham số như điện trở roto và stato luôn thay đổi, do đó ảnh hưởng đến các tham số khác của động cơ như: Dòng điện, điện áp, mô men điện từ và tốc độ của động cơ. Mặt khác việc mô hình hóa động cơ cũng rất cần thiết cho nghiên cứu điều khiển véc tơ động cơ không đồng bộ.

Một phương pháp mô hình hóa động cơ không đồng bộ ba pha đã được thực hiện [1]. Bài báo này giới thiệu một phương pháp mô hình hóa động cơ không đồng bộ ba pha. Phần 3 là các kết quả mô phỏng sử dụng phần mềm Matlab/ Simulink. Cuối cùng, phần 4 là kết luận và các hướng phát triển tiếp theo của nghiên cứu này.

2. Mô hình động lực tổng quát của động cơ không đồng bộ ba pha

Một mô hình động lực tổng quát của động cơ không đồng bộ bao gồm:

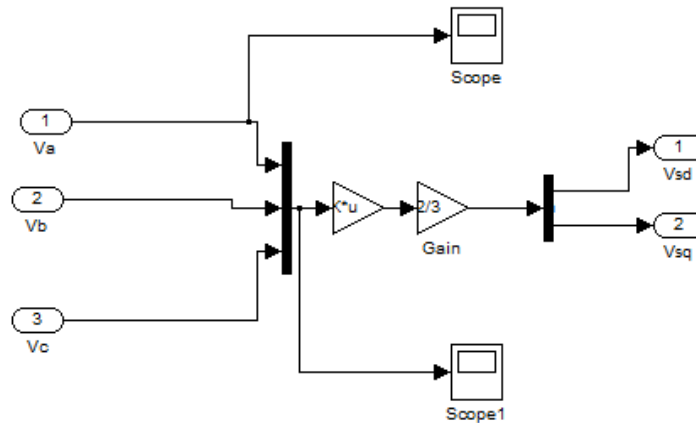
- Một mô hình chuyển đổi hệ trục tọa độ từ ba pha - hai trục dq gắn với stato (còn gọi là biến đổi Clark);
- Mô hình tính toán từ thông stato và roto trong hệ trục tọa độ d - q gắn với stato;
- Mô hình tính toán dòng điện stato và roto trên hệ trục d/q gắn với stato;
- Mô hình tính toán dòng điện abc;
- Một mô hình mô men để tính toán mô men điện từ;
- Một mô hình cơ để tính toán tốc độ roto.

2.1. Mô hình chuyển đổi V_{abc} sang V_{dq} gắn với stato

Biến đổi điện áp ba pha sang 2 trục d - q gắn với stato được hoàn tất sử dụng theo phương trình dưới đây (biến đổi Clark thuận) [1],[2]:

$$\begin{bmatrix} V_{sd} \\ V_{sq} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos 0 & \cos(\frac{2\pi}{3}) & \cos(\frac{4\pi}{3}) \\ \sin 0 & \sin(\frac{2\pi}{3}) & \sin(\frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{sa} \\ V_{sb} \\ V_{sc} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ở đây V_{sa} , V_{sb} , và V_{sc} là điện áp ba pha stato, trong khi đó V_{sd} và V_{sq} là các thành phần dọc trục và ngang trục của véc tơ điện áp stato V_s .



Hình 1. Mô hình điện áp ba pha sang 2 trục d - q gắn với stato của một động cơ không đồng bộ thực hiện trong Simulink.

2.2. Mô hình tính toán từ thông trong hệ tọa độ d/q gắn với stato

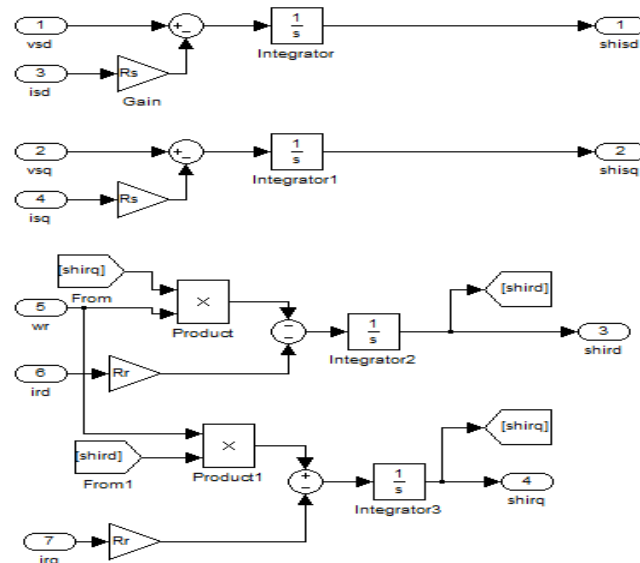
Từ thông stato và roto trong hệ tọa độ d/q gắn với stato được tính toán như sau:

Từ hệ phương trình điện áp [2]:

$$\begin{cases} \overline{V_s} = \frac{d\overline{\Psi_s}}{dt} + R_s \overline{i_s} \\ 0 = \frac{d\overline{\Psi_r}}{dt} + R_r \overline{i_r} + (\overline{\omega_r} \times \overline{\Psi_r}) \end{cases} \quad (2)$$

Biến đổi hệ phương trình (2), ta có:

$$\begin{cases} \Psi_{sd} = \int (V_{sd} - R_s i_{sd}) dt \\ \Psi_{sq} = \int (V_{sq} - R_s i_{sq}) dt \\ \Psi_{rd} = \int (-\omega_r \Psi_{rq} - R_r i_{rd}) dt \\ \Psi_{rq} = \int (\omega_r \Psi_{rd} - R_r i_{rq}) dt \end{cases} \quad (3)$$



Hình 2. Mô hình tính toán từ thông trong hệ d/q tĩnh thực hiện trong Simulink.

2.3. Mô hình tính toán dòng điện trong hệ tọa độ d/q gắn với stato

Kế thừa phương trình của mô hình tham chiếu [3]:

$$\begin{cases} \Psi_{rd} = \frac{L_r}{L_m} \left[\int (V_{sd} - R_s i_{sd}) dt - L'_s i_{sd} \right] \\ \Psi_{rq} = \frac{L_r}{L_m} \left[\int (V_{sq} - R_s i_{sq}) dt - L'_s i_{sq} \right] \end{cases} \quad (4)$$

Ta có thể viết (4) thành phương trình như sau:

$$\overline{\Psi}_r = \frac{L_r}{L_m} \left[\int (\overline{V}_s - R_s \overline{i}_s) dt - L'_s \overline{i}_s \right] \quad (5)$$

Trong đó:

$$L'_s = L_s - \frac{L_m^2}{L_r} = \sigma L_s : \text{Điện cảm quá độ}$$

của stato, với $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r}$.

Từ (2) ta có được:

$$\frac{d\overline{\Psi}_s}{dt} = \overline{V}_s - R_s \overline{i}_s \quad (6)$$

Thay (6) vào (5):

$$\overline{\Psi}_r = \frac{L_r}{L_m} \left[\overline{\Psi}_s - L'_s \overline{i}_s \right] \quad (7)$$

Từ (7) ta suy ra được hệ phương trình cho mô hình dòng điện stato:

$$\begin{cases} i_{sd} = \left(\Psi_{sd} - \frac{L_m}{L_r} \Psi_{rd} \right) \cdot \frac{1}{L'_s} \\ i_{sq} = \left(\Psi_{sq} - \frac{L_m}{L_r} \Psi_{rq} \right) \cdot \frac{1}{L'_s} \end{cases} \quad (8)$$

Tương tự, từ [2] đã có hệ:

$$\begin{cases} \overline{\Psi}_s = L_s \overline{i}_s + L_m \overline{i}_r \\ \overline{\Psi}_r = L_r \overline{i}_r + L_m \overline{i}_s \end{cases} \quad (9)$$

Biến đổi hệ phương trình (9) ta được:

$$\begin{cases} i_{rd} = \left(\Psi_{rd} - \frac{L_m}{L_s} \Psi_{sd} \right) \frac{1}{L'_r} \\ i_{rq} = \left(\Psi_{rq} - \frac{L_m}{L_s} \Psi_{sq} \right) \frac{1}{L'_r} \end{cases} \quad (10)$$

Trong đó:

$$L'_r = L_r - \frac{L_m^2}{L_s} = \sigma L_r : \text{Điện cảm quá độ}$$

của roto.

Kết hợp hệ phương trình (8) và (10) ta được hệ phương trình mô tả mô hình dòng điện động cơ không đồng bộ trong hệ tọa độ d/q gắn với stato như sau:

$$\begin{cases} i_{sd} = \left(\Psi_{sd} - \frac{L_m}{L_r} \Psi_{rd} \right) \cdot \frac{1}{L'_s} \\ i_{sq} = \left(\Psi_{sq} - \frac{L_m}{L_r} \Psi_{rq} \right) \cdot \frac{1}{L'_s} \\ i_{rd} = \left(\Psi_{rd} - \frac{L_m}{L_s} \Psi_{sd} \right) \frac{1}{L'_r} \\ i_{rq} = \left(\Psi_{rq} - \frac{L_m}{L_s} \Psi_{sq} \right) \frac{1}{L'_r} \end{cases} \quad (11)$$

2.4. Mô hình tính toán dòng điện abc

Sử dụng biến đổi Clark ngược [2] ta có:

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} \quad (12)$$

2.5. Mô hình mô men

Kế thừa hương trình tính mô men điện từ của động cơ từ [2]:

$$T_e = \frac{3p}{2} L_m (i_{rd} i_{sq} - i_{rq} i_{sd}) \quad (13)$$

p: Số đôi cực.

2.6. Mô hình cơ [2]

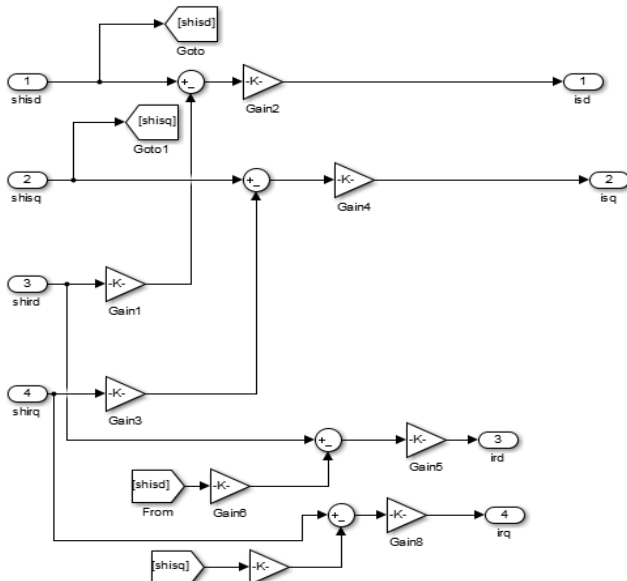
Từ phương trình:

$$J \frac{d\omega}{dt} = T_e - T_L \quad (14)$$

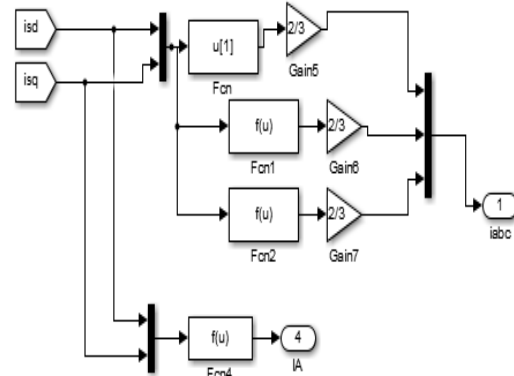
$$\Rightarrow \omega_r = \int \frac{T_e - T_L}{J} dt \quad (15)$$

3. Kết quả mô phỏng

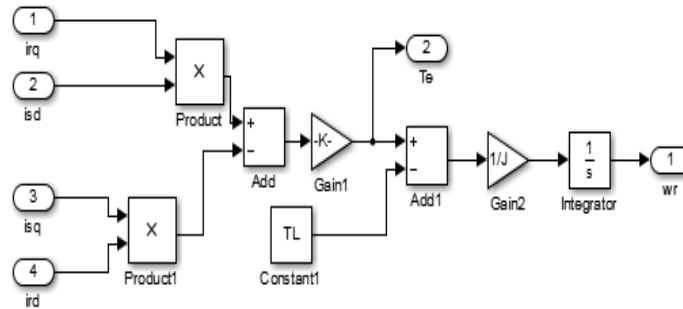
Phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng để mô phỏng mô hình động cơ không đồng bộ ba pha. Các thông số động cơ được sử dụng cho quá trình mô phỏng như trên bảng 1.



Hình 3. Mô hình tính toán dòng điện trong hệ d/q tĩnh thực hiện trong Simulink



Hình 4. Mô hình tính toán dòng điện trong hệ tọa độ abc thực hiện trong Simulink.



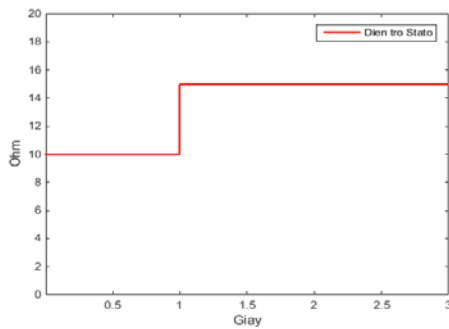
Hình 5. Mô hình tính toán dòng điện trong hệ d/q tĩnh thực hiện trong Simulink.

Bảng 1. Thông số của động cơ mô phỏng.

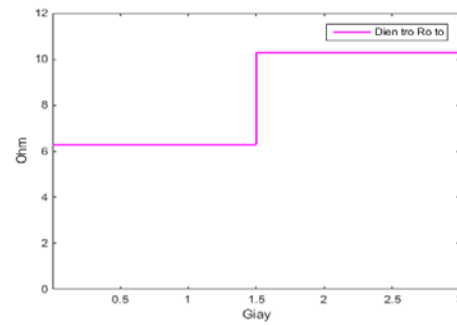
TT	Thông số	Giá trị
1	Công suất định mức (P_n)	2hp
2	Điện áp định mức (E_n)	220V
3	Dòng điện định mức (I_n)	4A
4	Tần số định mức (f)	50Hz
5	Điện trở stato (R_s)	10Ω
6	Điện trở rô to (R_r)	6,3Ω
7	Điện cảm stato (L_s)	0,46H
8	Điện cảm rô to (L_r)	0,46H
9	Hỗ cảm (L_m)	0,42H
10	Mô men quán tính (J)	0,03kgm ²
11	Số cực (p)	4
13	Mô men tải (M_L)	4.5Nm

Sau một số phép thử với các giá trị khác nhau của khoảng thời gian lấy mẫu, giá trị cuối cùng được chọn là 0,00001 giây. Khi kết thúc quá trình mô phỏng ta thu được kết quả như sau: Giả thiết trong quá trình làm việc điện trở stato thay đổi từ 10Ω÷14Ω; điện trở

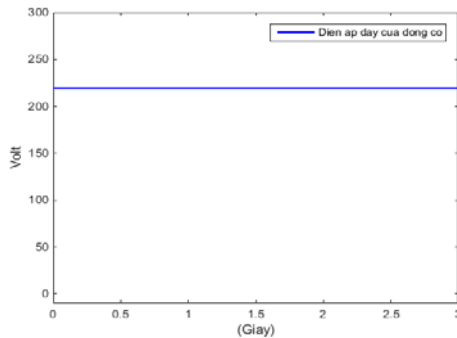
roto thay đổi từ 6,3Ω÷10,3Ω (hình 6, 7, 8, 9). Ta nhận thấy rằng: Cả dòng điện, mô men điện từ và tốc độ động cơ đều thay đổi tại thời điểm điện trở stato và roto biến thiên.



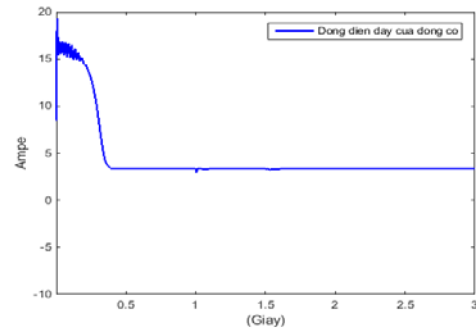
Hình 6. Điện trở stato động cơ.



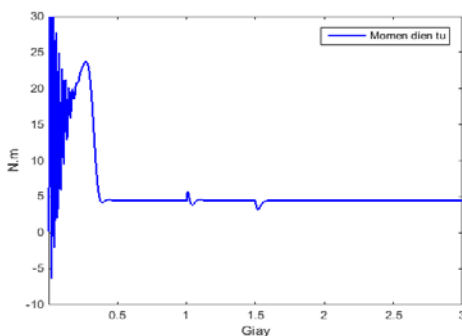
Hình 7. Điện trở rô to động cơ.



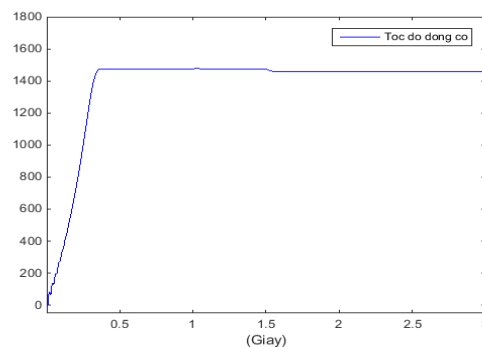
Hình 8. Biên độ của điện áp nguồn.



Hình 9. Biên độ của dòng điện stato.



Hình 10. Mô men điện từ.



Hình 11. Tốc độ của động cơ.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày một phương pháp mô hình hóa động cơ không đồng bộ ba pha với nguồn cấp ba pha điện áp hình sin. Các nghiên cứu tiếp của nhóm tác giả sẽ là sử dụng mô hình động cơ không đồng bộ ba pha kết hợp với các phương pháp ước lượng tham số của động cơ nhằm đánh giá ảnh hưởng của sự thay đổi các tham số động cơ trong quá trình làm việc đến các phương pháp điều khiển véc tơ động cơ không đồng bộ.

Tài liệu tham khảo

- [1] K. L. Shi, T. F. Chan, Y. K. Wong and S. L. Ho (1999), *Modelling and simulation of the three-*

phase induction motor using simulink, Int. J. Elect. Enging. Educ, Vol. 36, pp. 163–172, Manchester U.P, Printed in Great Britain.

- [2] ThS. Trần Công Bình (2004), *Điều khiển số hệ thống điện cơ điều khiển máy điện/ động cơ điện*, Thành phố Hồ Chí Minh.
- [3] Phạm Văn Tuấn, Nguyễn Thanh Sơn, Phạm Hùng Phi (2014), *Ước lượng tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha sử dụng mạng nơ ron nhân tạo*, Tạp chí Tự động hóa ngày nay, chuyên san số 9- Tháng 4/ 2014, trang 62÷65.

Ngày nhận bài: 10/7/2018

Ngày chuyển phản biện: 13/7/2018

Ngày hoàn thành sửa bài: 3/8/2018

Ngày chấp nhận đăng: 10/8/2018