

HỆ TRUYỀN ĐỘNG BIẾN TẦN - ĐỘNG CƠ CẢM ỨNG BA PHA ĐIỀU KHIỂN TRỰC TIẾP MÔ MEN

Châu Tân Đức¹, Trần Xuân Minh^{2*}

¹Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế.

²Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Ngày nay, sự phát triển của kỹ thuật bán dẫn và điện tử công suất đã dẫn tới sự phát triển mạnh mẽ của các hệ thống truyền động xoay chiều. Hệ truyền động xoay chiều có nhiều ưu điểm nổi bật như: kích thước nhỏ gọn, bền bỉ, giá thành lắp đặt và bảo dưỡng thấp. Do đó trong thực tế nó đang được nhiều nhà nghiên cứu chú tâm phát triển. Một trong các phương pháp điều khiển đang thu hút được nhiều nhà nghiên cứu trong lĩnh vực này đó là phương pháp điều khiển trực tiếp mô men (DTC – Direct Torque Control). Với việc đạt được các đặc tính tuyệt vời, phương pháp này đã đem lại sự cạnh tranh tích cực cho các hệ truyền động xoay chiều. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu xây dựng hệ truyền động động cơ cảm ứng điều khiển bằng phương pháp DTC.

Từ khóa: Hệ truyền động, động cơ cảm ứng, điều khiển bộ biến đổi, điều khiển trực tiếp mô men. Matlab/Simulink.

ĐẶT VẤN ĐỀ

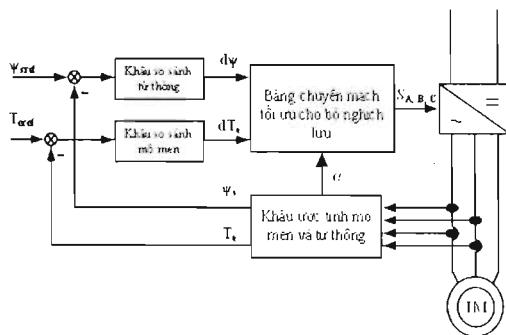
Đã từ lâu, các hệ truyền động một chiều đã được sử dụng nhiều trong các ứng dụng đòi hỏi chất lượng cao, bởi chúng có khả năng dễ dàng đạt được mô men yêu cầu và đáp ứng tốc độ một cách nhanh chóng với độ chính xác cao. Về bản chất, mô men động cơ một chiều có thể được tạo ra một cách trực tiếp, nhanh chóng và thay đổi đơn giản do nó tỉ lệ với dòng điện phần ứng. Tuy nhiên, các hệ truyền động một chiều cũng có một số nhược điểm: độ tin cậy của động cơ, chi phí bảo dưỡng, giá thành động cơ... Do đó, phương pháp điều khiển các hệ truyền động xoay chiều cũng không ngừng được phát triển bởi mong muốn cạnh tranh được các đặc tính tuyệt vời của hệ truyền động một chiều như đáp ứng nhanh mô men và độ chính xác tốc độ cao, đồng thời vẫn lợi dụng được các ưu điểm của động cơ xoay chiều.

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật bán dẫn, điện tử công suất, cũng như sự phát triển các phương pháp điều khiển vector đã phần nào giúp cho các hệ truyền động xoay chiều đạt được mong muốn trên. Một

trong các hệ truyền động điều khiển vector như thế chính là hệ truyền động động cơ cảm ứng điều khiển trực tiếp mô men (DTC). Phương pháp điều khiển trực tiếp mô men (DTC) đã được nghiên cứu và giới thiệu bởi Takahashi [I.Takahashi và T.Noguchi 1985] và Depenbrock [M. Depenbrock 1985].

Mô hình đơn giản của hệ truyền động động cơ cảm ứng DTC được biểu diễn trên hình 1 [4].

Với cấu trúc chỉ gồm các khâu so sánh trở, khâu ước tính mô men, từ thông và một bảng chuyển mạch tối ưu cho bộ nghịch lưu thì nó hoàn toàn đơn giản hơn nhiều so với các hệ truyền động điều khiển vector khác.



Hình 1. Mô hình hệ truyền động động cơ cảm ứng DTC

*Tel: 0913354975

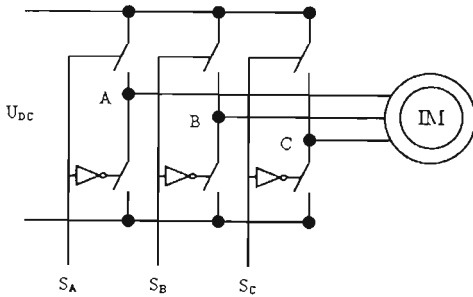
Trong một hệ truyền động động cơ cảm ứng DTC, từ thông stator và mô men điện từ có thể được điều khiển độc lập và trực tiếp bằng cách chọn trạng thái chuyển mạch tối ưu cho bộ nghịch lưu. Sự lựa chọn được tạo ra để hạn chế sai lệch từ thông và mô men trong các dải trễ có độ rộng tương ứng là $2\Delta\psi_s$ và $2\Delta T_e$, nhằm đạt được đáp ứng mô men nhanh, giảm tần số chuyển mạch bộ nghịch lưu, giảm tổn hao do các sóng hài bậc cao.

Nội dung cơ bản của bài báo này là giới thiệu kết quả xây dựng hệ truyền động động cơ cảm ứng điều khiển bằng phương pháp DTC, và khảo sát sự ảnh hưởng của độ rộng các dải trễ đến hệ thống.

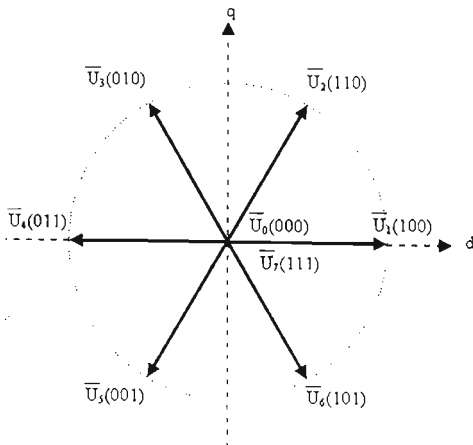
CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Trong nghịch lưu nguồn áp ba pha hai tầng như hình 2, xem S_k là trạng thái của các khóa nhánh k, ta có S_k có các giá trị sau:

- $S_k = 1$: khóa trên đóng, khóa dưới mở
- $S_k = 0$: khóa trên mở, khóa dưới đóng



Hình 2. Mô hình nghịch lưu nguồn áp ba pha hai tầng



Hình 3. Vector không gian điện áp đầu ra nghịch lưu

Lúc này vector điện áp stator tính theo công thức:

$$\bar{u}_s = \frac{2}{3} U_{dc} \left(S_A + e^{j\frac{2\pi}{3}} S_B + e^{j\frac{4\pi}{3}} S_C \right) \quad (1)$$

Với U_{dc} là điện áp một chiều trước nghịch lưu. Tùy theo, giá trị của S_k của các nhánh mà ta có được các sáu vector điện áp tích cực và hai vector điện áp zero như hình 3.

Điều khiển từ thông stator

Nhằm đơn giản hóa, ta bỏ qua điện áp rơi trên điện trở stator, lúc này:

$$\frac{d\bar{\psi}_s}{dt} = \bar{u}_s \quad (2)$$

Hay:

$$d\bar{\psi}_s = \bar{u}_s dt \quad (3)$$

Trong khoảng thời gian Δt , với vector điện áp stator là \bar{u}_s thì từ thông stator sẽ thay đổi:

$$\Delta\bar{\psi}_s = \bar{u}_s \Delta t \quad (4)$$

Ta có thể thấy rằng, điện áp ra bộ nghịch lưu cấp cho động cơ gây tác động trực tiếp đến từ thông stator. Vì thế bằng cách chọn trạng thái chuyển mạch thích hợp của bộ nghịch lưu ta sẽ có từng bước vector điện áp stator thích hợp, từ đó có thể thay đổi từ thông stator theo mong muốn.

Mặt khác, từ thông stator thực tế có thể được ước tính theo công thức sau:

$$\bar{\psi}_s = \int (\bar{u}_s - R_s \bar{i}_s) dt \quad (5)$$

Trong đó \bar{u}_s và \bar{i}_s tương ứng là điện áp và dòng điện stator đo được.

Điều khiển mô men điện từ

Nhìn chung, trong máy điện cảm ứng ba pha đối xứng, mô men điện từ tức thời tỉ lệ với tích vector có hướng của vector không gian từ thông stator và vector dòng điện stator:

$$T_e = \frac{3}{2} p \bar{\psi}_s \times \bar{i}_s \quad (6)$$

Trong đó p là số đôi cực từ, $\bar{\psi}_s$ là vector không gian từ thông stator và \bar{i}_s là vector không gian dòng điện stator.

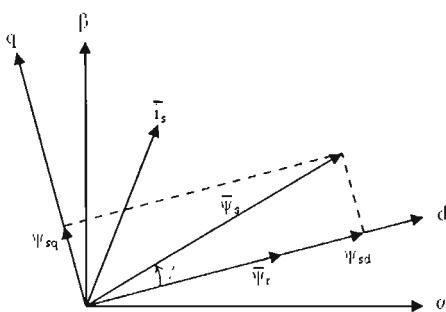
Qua một số biến đổi từ phương trình (5) ta có một dạng khác của mô men điện từ, [4]:

$$T_c = \frac{3}{2} p \frac{L_m}{L_s L_r - L_m^2} \bar{\psi}_r \times \bar{\psi}_s \quad (7)$$

Hay xét về độ lớn:

$$T_c = \frac{3}{2} p \frac{L_m}{L_s L_r - L_m^2} |\psi_r| |\psi_s| \sin \gamma \quad (8)$$

Từ phương trình (7) ta thấy mô men điện từ là một hàm theo sin của góc γ giữa hai từ thông như hình 4.



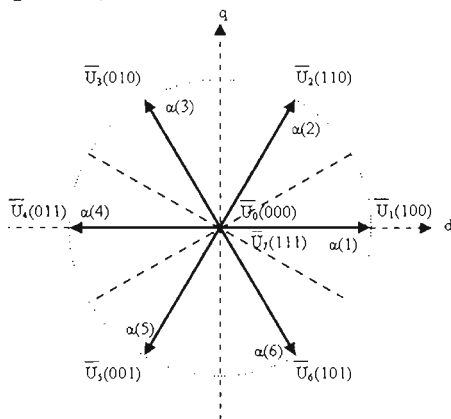
Hình 4. Vector không gian từ thông stator, từ thông rotor và dòng điện stator

Bảng chuyển mạch

Dựa vào giá trị đầu ra của hai khâu so sánh trề và vị trí của vector từ thông stator (được biểu thị bằng góc α) mà vector điện áp ra tối ưu của bộ nghịch lưu đặt vào động cơ được chọn theo bảng 1.

BẢNG CHUYỂN MẠCH VECTOR ĐIỆN ÁP BỘ NGHỊCH LƯU

Để xác định vị trí vector từ thông stator, người ta chia không gian tọa độ thành 6 phần bằng nhau (sáu sector) như hình 5.



Hình 5. Không gian phân chia sector

Vì hằng số thời gian rotor của động cơ cảm ứng là lớn nên từ thông rotor thay đổi rất chậm so với từ thông stator, có thể coi nó là hằng số. Nếu ta cũng giữ thêm được từ thông stator là hằng số thì mô men điện từ có thể thay đổi nhanh chóng bằng cách thay đổi góc γ theo hướng yêu cầu (được xác định bởi mô men đặt). Mà sự thay đổi góc γ có thể đạt được bằng cách đặt vector không gian điện áp sator thích hợp. Đây chính là bản chất của điều khiển trực tiếp mô men.

Bảng 1. Bảng chuyển mạch vector điện áp bộ nghịch lưu

$d\psi$	dT_c	$\alpha(1)$	$\alpha(2)$	$\alpha(3)$	$\alpha(4)$	$\alpha(5)$	$\alpha(6)$
1	0	\bar{u}_2	\bar{u}_3	\bar{u}_4	\bar{u}_5	\bar{u}_6	\bar{u}_1
1	0	\bar{u}_7	\bar{u}_0	\bar{u}_7	\bar{u}_0	\bar{u}_7	\bar{u}_0
-1	0	\bar{u}_6	\bar{u}_1	\bar{u}_2	\bar{u}_3	\bar{u}_4	\bar{u}_5
1	0	\bar{u}_3	\bar{u}_4	\bar{u}_5	\bar{u}_6	\bar{u}_1	\bar{u}_2
0	0	\bar{u}_0	\bar{u}_7	\bar{u}_0	\bar{u}_7	\bar{u}_0	\bar{u}_7
-1	0	\bar{u}_5	\bar{u}_6	\bar{u}_1	\bar{u}_2	\bar{u}_3	\bar{u}_4

Trong đó:

- $-30^\circ < \alpha(1) < 30^\circ$
- $30^\circ < \alpha(2) < 90^\circ$
- $90^\circ < \alpha(3) < 150^\circ$
- $150^\circ < \alpha(4) < 210^\circ$
- $210^\circ < \alpha(5) < 270^\circ$
- $270^\circ < \alpha(6) < 330^\circ$

Với:

$$\alpha = \angle \bar{\psi}_s = \tan^{-1} \left(\frac{\psi_{sq}}{\psi_{sd}} \right) \quad (9)$$

KẾT QUẢ MÔ PHÒNG

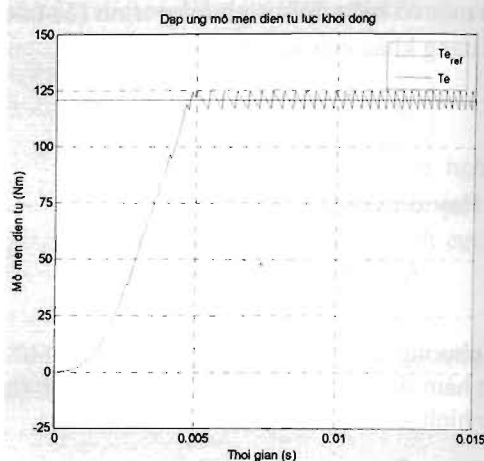
Sử dụng phần mềm Matlab\Simulink và PLECS thực hiện mô phỏng điều khiển DTC điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc với các thông số như bảng 2.

Để kiểm tra sự làm việc của hệ thống ta xem xét động cơ lúc khởi động để đạt giá trị tốc độ

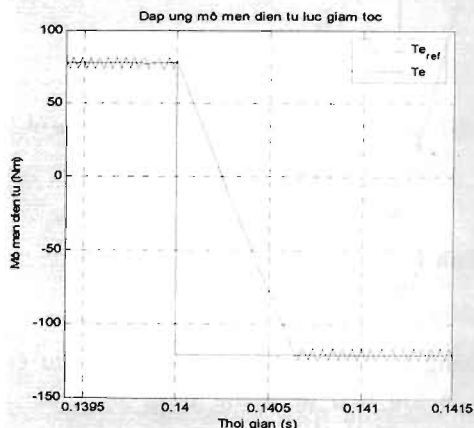
đặt $w_{ref} = 180(\text{rad/s})$ và lúc giảm tốc độ đặt xuống $w_{ref} = 100(\text{rad/s})$ tại thời điểm $t = 0.14\text{s}$ (hình 6). Ta có thể thấy đáp ứng tuyệt vời đối với bước nhảy mô men điện từ lúc khởi động động cơ (hình 7), mô men điện từ đạt giá trị đặt chỉ sau 5ms mà không bị hiện tượng vọt lố.

Bảng 2. Thông số cơ

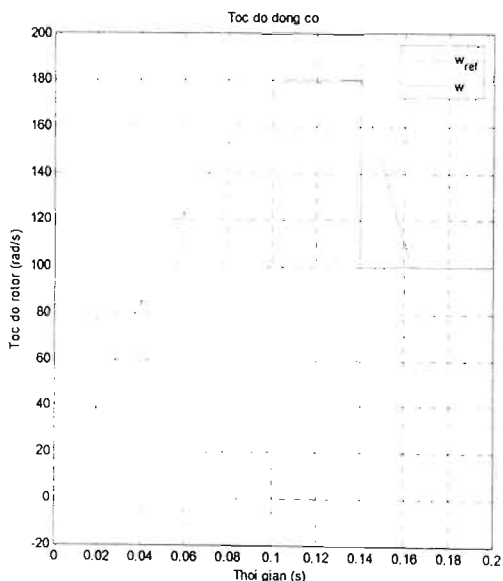
P	14,72	kW
U	220	V
f	60	Hz
p	2	
R_s	0,1062	Ω
L_s	0,00057	H
R_r	0,0764	Ω
L_r	0,00057	H
L_m	0,0155	H
J	0,05	kg.m^2



Hình 7. Đáp ứng mô men điện từ lúc khởi động



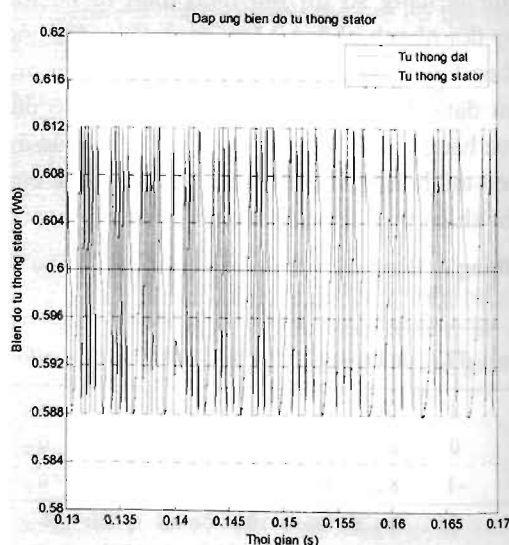
Hình 8. Đáp ứng mô men điện từ lúc giảm tốc



Hình 6. Tốc độ động cơ

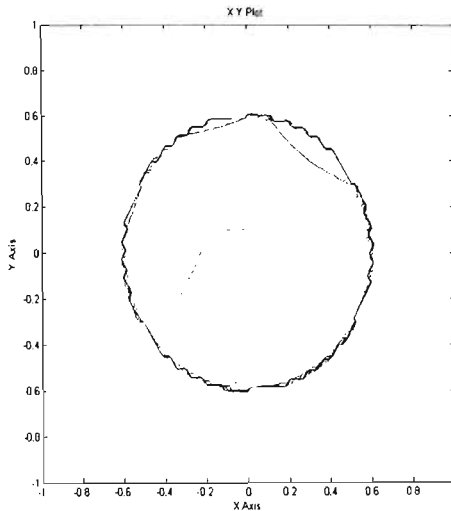
Và từ hình 9 ta có trong quá trình mô phỏng thì từ thông stator đã được giữ rất tốt xung quanh giá trị từ thông đặt $\psi_{ref} = 0.6\text{Wb}$ với dải trễ bằng $\pm 0,012\text{Wb}$.

Tương tự là đáp ứng mô men lúc giảm tốc (hình 8), mô men điện từ đạt giá trị đặt chỉ sau 0.65ms.



Hình 9. Đáp ứng biên độ từ thông stator

Vì thế quỹ tích từ thông này có dạng gần hình tròn như ở hình 10. Ta thấy có độ nhấp nhô ở cả mô men điện từ và từ thông stator là vì hệ thống đã có sử dụng các khâu so sánh trễ. Tuy nhiên ta cũng có thể thấy rằng sự thay đổi mô men điện từ của động cơ đã không ảnh hưởng đến từ thông. Vì vậy hệ thống này đã đảm bảo được điều khiển chính xác và độc lập giữa mômen điện từ và từ thông.



Hình 10. Quỹ tích từ thông stator

SUMMARY

DIRECT TORQUE CONTROL VARIABLE-FREQUENCY DRIVE - THREE PHASE INDUCTION MOTOR

Chau Tan Duc¹, Tran Xuan Minh^{2*}

¹Hue Industrial College,

²Thai Nguyen University of Technology - TNU

Nowadays, the development of solid-state technique and power electronics has rapidly led to the growth of AC drives. AC drives has many salient advantages such as small size, robust, low cost and maintenance. Therefore, it is focused to develop by a lot of researchers. One of the control methods has attracted many researchers in this field is the Direct Torque Control (DTC). With the achievement of great features, this method has brought positive competition to the AC drives. This paper introduces the result of research for building the drive of induction motor controlled by DTC.

Key words: Drive, induction motor, converter control, Direct Torque Control, Matlab/Simulink.

KẾT LUẬN

Qua nội dung đã nêu trên, ta có khi sử dụng phương pháp điều khiển DTC, thì mô men điện từ và từ thông stator của động cơ cảm ứng được điều khiển trực tiếp một cách nhanh chóng, chính xác và hoàn toàn độc lập với nhau. Trong bài báo một mô hình mô phỏng đã được xây dựng để kiểm chứng cho phương pháp này. Từ đó nó đã thật sự đem lại ưu thế cho sự cạnh tranh của hệ truyền động xoay chiều so với một chiều trong các ứng dụng đòi hỏi chất lượng cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ABB (2002), ABB Technical Guide No.1: *Direct Torque Control*
- [2]. Bimal K.Bose (2002), *Modern Power Electronics and AC Drives*, Prentice Hall, New York.
- [3]. Plexim GmbH, PLECS - *Piece-wise Linear Electrical Circuit Simulation for Simulink*, User Manual, ver 1.2.
- [4]. P.Vas (1998), *Sensorless Vector and Direct Torque Control*, Oxford University Press.
- [5]. The Mathworks, Simulink-Dynamic System Simulation for Matlab, Help file in Matlab7.01 R14. H.F.Abdul Wahab and H.Sanusi, (2008), "Simulink Model of Direct Torque Control of Induction Machine", *American Journal of Applied Sciences*, 5, (8), 1083-1090.