

ERSD 2018

KỶ YẾU

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 07 - 12 - 2018

CƠ ĐIỆN



Nhà xuất bản giao thông vận tải

**HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2018)**

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban:	PGS.TS Lê Hải An	
Phó trưởng ban:	GS.TS Trần Thanh Hải	
	GS.TS Bùi Xuân Nam	
Ủy viên:	GS.TS Nhữ Văn Bách	PGS.TS Nguyễn Như Trung
	GS.TS Võ Trọng Hùng	TS Đào Duy Anh
	GS.TS Võ Chí Mỹ	TS Nguyễn Xuân Anh
	GS.TS Trần Văn Trị	ThS Phạm Văn Chinh
	PGS.TS Đoàn Văn Cảnh	ThS Phạm Chân Chính
	PGS.TS Đỗ Cảnh Dương	TS Trần Quốc Cường
	PGS.TS Phùng Mạnh Đắc	TS Nguyễn Đại Đồng
	PGS.TS Nguyễn Quang Minh	TS Trịnh Hải Sơn
	PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo	TS Lê Ái Thu
	PGS.TS Tạ Đức Thịnh	TS Phạm Quốc Tuấn

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban:	GS.TS Trần Thanh Hải	
Phó trưởng ban:	PGS.TS Nguyễn Quang Minh	
Ủy viên:	PGS.TS Vũ Đình Hiếu	TS Lê Quang Duyên
	PGS.TSKH Hà Minh Hòa	TS Bùi Văn Đức
	PGS.TS Lê Văn Hưng	TS Nguyễn Hoàng
	PGS.TS Nguyễn Quang Luật	TS Phùng Quốc Huy
	PGS.TS Phạm Xuân Núi	TS Nguyễn Thạc Khánh
	PGS.TS Khổng Cao Phong	TS Nguyễn Quốc Phi
	PGS.TS Nguyễn Hoàng Sơn	TS Vũ Minh Ngạn
	PGS.TS Lê Công Thành	TS Phí Trường Thành
	PGS.TS Ngô Xuân Thành	TS Dương Thành Trung
	TS Lê Hồng Anh	

LỜI NÓI ĐẦU

Được phép của Bộ Giáo dục và Đào tạo và sự ủng hộ rộng rãi của các tổ chức khoa học và công nghệ trên toàn quốc, Hội nghị Toàn quốc “Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững - ERSD 2018” được tổ chức tại Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG) với sự tham gia và phối hợp tổ chức của nhiều đơn vị quản lý, nghiên cứu khoa học, đào tạo và sản xuất có uy tín gồm Trường Đại học Mở - Địa chất, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, Hội Cơ học đá Việt Nam, Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam, Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam, Hội Khoa học Công nghệ Mở Việt Nam, Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam, Hội Công nghệ khoan - Khai thác Việt Nam, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam, Viện Địa chất thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, Viện Địa chất và Địa vật lý biển thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, Viện Khoa học Công nghệ Mở - VINACOMIN, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, và Viện Vật lý địa cầu thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam. Hội nghị nhằm tạo một diễn đàn để các nhà khoa học, chuyên gia và các nhà quản lý giới thiệu những kết quả nghiên cứu khoa học mới, trao đổi thông tin, thảo luận và đề xuất các ý tưởng, hướng nghiên cứu mới, nhằm nâng cao chất lượng công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ và phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, hướng tới hội nhập quốc tế và phát triển bền vững đối với Khoa học Trái đất và Tài nguyên thiên nhiên và nhiều lĩnh vực khoa học khác có liên quan như Cơ - Điện, Công nghệ Thông tin, Xây dựng,...

Trong quá trình tổ chức Hội nghị, Ban Tổ chức Hội nghị đã nhận được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học, nhà quản lý trong và ngoài nước, trong đó có hơn 300 báo cáo và tóm tắt báo cáo khoa học được gửi tới Ban biên tập. Trên cơ sở đó, Ban Biên tập đã tuyển chọn được 234 báo cáo có chất lượng, phản ánh những kết quả nghiên cứu khoa học công nghệ mới nhất thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau liên quan tới các chủ đề của Hội nghị. Các thông tin khoa học mới được trình bày tại Hội nghị được đăng trong Tuyển tập tóm tắt các báo cáo và Tuyển tập các báo cáo toàn văn của Hội nghị, trong đó toàn bộ thông tin khoa học về hội nghị được ghi trong đĩa CD. Riêng tuyển tập báo cáo toàn văn được in thành 16 tập, mỗi tập ứng với một chủ đề khoa học sau:

1. Địa chất và Tài nguyên địa chất
2. Địa chất công trình - Địa chất thủy văn
3. Công nghệ kỹ thuật mới trong xử lý môi trường
4. Quản lý Tài nguyên và Môi trường
5. Sinh thái môi trường và Phát triển bền vững
6. Những tiến bộ trong Khai thác mỏ
7. Những tiến bộ trong Tuyển khoáng
8. Những tiến bộ trong Xây dựng công trình ngầm
9. Những tiến bộ trong Vật liệu và Kết cấu xây dựng
10. Kỹ thuật Dầu khí tích hợp
11. Trắc địa cao cấp và Quan trắc địa động lực
12. Công nghệ viễn thám và dữ liệu không gian
13. Công nghệ thông tin và ứng dụng
14. Kỹ thuật Điện và Điện tử
15. Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa
16. Kỹ thuật Cơ khí và Động lực

Ban tổ chức xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, với tư cách là đơn vị đăng cai và chủ trì Hội nghị, cùng các đơn vị đồng tổ chức đã hợp tác và góp phần quan trọng vào sự thành công của Hội nghị này. Cảm ơn các nhà khoa học đã đóng góp các công trình khoa học cho Hội nghị và đặc biệt là các chuyên gia đã tham gia biên tập để nâng cao chất lượng của báo cáo khoa học.

Mặc dù đã cố gắng biên tập để đảm bảo chất lượng của các báo cáo khoa học nhưng không thể tránh khỏi các lỗi kỹ thuật trong các báo cáo, rất mong nhận được sự cảm thông của tác giả báo cáo và bạn đọc. Ban tổ chức mong muốn tiếp tục nhận được sự hợp tác chặt chẽ và góp ý chân thành của các đơn vị và cá nhân đối với việc tổ chức và biên tập, xuất bản các kết quả khoa học của Hội nghị nhằm nâng cao chất lượng của các hội nghị tiếp theo và góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của các hoạt động nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ thuộc các lĩnh vực Khoa học Trái đất và Tài nguyên và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan

THAY MẶT BAN TỔ CHỨC

MỤC LỤC

TIỂU BAN

KỸ THUẬT CƠ KHÍ VÀ ĐỘNG LỰC

Tính toán mô phỏng dòng chảy hai pha rắn - lỏng trong bơm ly tâm <i>Bùi Minh Hoàng, Nguyễn Duy Chính</i>	1
Nghiên cứu cơ cấu bắt băng khi bị đứt dùng cho băng tải nghiêng làm việc trong các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh <i>Trần Việt Linh, Nguyễn Văn Xô, Nguyễn Thế Hoàng, Lê Thị Hồng Thắm</i>	7
Nâng cao hiệu quả quá trình chất than lên máng cào bằng tang máy khâu <i>Nguyễn Khắc Lĩnh, Phạm Văn Tiến, Đoàn Văn Giáp</i>	13
Numerical Analysis of Friction Factor in Perforated and Slotted Horizontal Filters used to dewater Opencast Mines <i>Phạm Đức Thiên, Trần Đức Huân</i>	18
Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của răng cắt máy khâu trong các mỏ than hầm lò Việt Nam <i>Phạm Văn Tiến, Đoàn Văn Giáp, Nguyễn Khắc Lĩnh</i>	24
Nghiên cứu mô hình hoá quá trình đưa không khí vào buồng bánh công tác, nhằm làm giảm lực hướng tâm tác động lên rôto máy bơm – tuabin thủy lực thuận nghịch hai chiều <i>Nguyễn Minh Tuấn, Nguyễn Văn Bày, Nguyễn Thị Nhớ</i>	29
Thiết lập phương trình động lực học của máng cào <i>Nguyễn Văn Xô</i>	34
Phân tích chuyển động của vật liệu trên mặt sàng trong quá trình máy sàng rung làm việc <i>Nguyễn Văn Xô, Phạm Đức Thiên</i>	39
Nghiên cứu động học, động lực học và tham số công nghệ để nâng cao khả năng làm việc của máy sàng rung thẳng <i>Nguyễn Văn Xô</i>	44

TIỂU BAN

KỸ THUẬT ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỬ

Hệ thống giám sát thể trạng người không dây Wireless Body Area Networks <i>Tống Ngọc Anh</i>	49
Đánh giá và đề xuất giải pháp giảm tổn thất điện năng lưới điện 6kV Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomin <i>Hồ Việt Bun, Nguyễn Thị Bích Hậu</i>	55
Đánh giá hiệu suất của hệ thống truyền tải năng lượng điện không dây trường gần bằng công cụ mô phỏng số <i>Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Tiến Sỹ, Hà Thị Chúc</i>	62
Thuật toán trung bình bình phương nhỏ nhất (LMS) trong các bộ chuyển đổi tương tự số(adc) thích nghi nhằm giảm sai số	

Cung Quang Khang	67
Điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha theo trị số điện trở ước lượng của mạch stator Nguyễn Thạc Khánh	73
Nghiên cứu, đề xuất yêu cầu đối với role bảo vệ cắt nhanh để đảm bảo nguồn máy phát phân tán làm việc ổn định khi xảy ra ngắn mạch ba pha trên lưới Phạm Trung Sơn, Nguyễn Đình Tiến	80
Một phương pháp dự đoán nhiễu điện từ (EMI-Electromagnetic Interference) cho các bộ nguồn chuyển mạch SMPS Nguyễn Tiến Sỹ, Nguyễn Trường Giang, Hà Thị Chúc	86
Tác động ảnh hưởng và biện pháp khắc phục các thành phần sóng hài bậc cao trên hệ thống cung cấp điện tại các xí nghiệp công nghiệp mỏ Phạm Trung Sơn, Nguyễn Đình Tiến	93
Khảo sát và đề xuất một số giải pháp hạn chế sóng hài của thiết bị điện tử công suất trong lưới điện 380V các dây chuyên sàng tuyển Lê Xuân Thành	98
Giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành trạm biến áp khai trường mỏ lộ thiên Đình Văn Thắng	105
Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng méo dòng điện đến hiệu quả làm việc của động cơ không đồng bộ ba pha Đỗ Như Ý	109

TIỂU BAN KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

Ứng dụng Matlab để nghiên cứu và phân tích phổ tần số rung động cho máy khoan xoay cầu CBIII-250T trong công nghiệp khai thác mỏ Đặng Văn Chí, Lê Ngọc Dũng	115
Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phay CNC 3 trục cỡ nhỏ Đặng Văn Chí, Nguyễn Thế Lực	121
Tổng quan về sự phát triển và ảnh hưởng của kỹ thuật điều khiển tới hiệu quả nổ mìn Đào Hiếu	127
Decision support system for small hydropower systems Nguyen Duc Khoat, Ha Van Thuy	133
Chuyển đổi giữa góc tính toán và góc điều khiển của Robot Công nghiệp Nguyễn Đức Khoát, Phạm Minh Hải	137
Điều khiển phối hợp dựa trên tín hiệu DC bus cho hệ DC Microgrid Phạm Thị Thanh Loan	142
Mô phỏng điều khiển kích từ máy phát cho hệ truyền động điện máy xúc EKG bằng chỉnh lưu Thyristor Khổng Cao Phong, Lưu Hồng Quân	148
Nghiên cứu chế tạo nguyên mẫu thiết bị thử nổ phá hủy bằng xung điện	

Điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha theo trị số điện trở ước lượng của mạch stator

Nguyễn Thạc Khánh^{1,*}
Trường Đại học Mở - Địa Chất

TÓM TẮT

Động cơ không đồng bộ ba pha là một trong những động cơ phổ biến nhất trong công nghiệp. Các bộ điều khiển động cơ không đồng bộ hiệu năng cao hiện nay thường dựa trên mô hình điều khiển véc tơ với các thuật toán điều khiển tuân theo hệ phương trình trạng thái của động cơ. Các hệ phương trình mô tả động cơ luôn luôn xuất hiện thông số điện trở của dây quấn stator. Trong thực tế điện trở stator là một giá trị phi tuyến theo dòng điện, nhiệt độ do đó nó ảnh hưởng đến sai số của mô hình điều khiển. Trong bài báo này trình bày một phương pháp ước lượng giá trị điện trở stator nhằm nâng cao độ chính xác của thuật toán điều khiển véc tơ động cơ không đồng bộ ba pha. Với tham số đầu vào là giá trị đo dòng điện và điện áp stator, bộ ước lượng dựa trên mô hình toán của động cơ kết hợp mô hình tham chiếu MRAS (Model Reference Adaptive System) có khả năng ước lượng giá trị điện trở dây quấn stator trong dải rộng tốc độ bao gồm cả vùng từ trường yếu (tốc độ trên định mức).

Từ khóa: Động cơ không đồng bộ ba pha, điều khiển véc tơ, ước lượng điện trở stator

Các ký hiệu trong hệ đơn vị tương đối (per-unit [p.u.]

Các đại lượng

i - dòng điện
 m - mô men
 u - điện áp
 x - điện kháng
 ψ - từ thông
 ω - tốc độ góc

Các chỉ số trên

\hat{A} - giá trị ước lượng
 A^s - giá trị trong hệ tựa từ thông stator
 A^r - giá trị trong hệ tựa từ thông rotor

Các chỉ số dưới

M - từ thông chính, hồ cảm
 m - cơ học
 N - giá trị định mức
 r - rotor
 s - stator

Hệ quy chiếu trong điều khiển véc tơ

α - β - hệ trục tọa độ cố định
 x - y - hệ trục tọa độ quay tựa từ thông

1. Mở đầu

Hệ thống truyền động điện hiệu năng cao với động cơ không đồng bộ ba pha (ĐCKĐB) yêu cầu đáp ứng nhanh mô men định mức trong dải tốc độ thấp (dưới định mức) và đạt mô men tối đa trong dải tốc độ trên định mức. Các phương pháp điều khiển tựa từ thông (field-oriented control methods - FOC) đã xuất sắc đạt được những yêu cầu nói trên. Tuy nhiên, các thuật toán điều khiển FOC yêu cầu khai báo chi tiết các thông số của ĐCKĐB (Blaschke, 1972; Nabae et al., 1980; Ohnishi et al., 1985; Vas, 1990). Các thông số của ĐCKĐB cần thiết để thiết lập các vòng lặp điều khiển dòng điện và mô men, đặc biệt trong phương pháp điều khiển gián tiếp tựa từ thông (indirect field-oriented control - IFOC), điều đó làm tăng độ phức tạp đồng thời giảm độ chính xác cho bộ điều khiển.

Rất nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng các phương pháp FOC bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi thông số của ĐCKĐB bởi nhiệt độ, tần số và sự bão hòa lõi thép. Do đó cần thiết phải xác định các thông số của động cơ một cách liên tục (on-line) cho các mô hình điều khiển FOC (Toliyat et al., 2003).

Hệ phương trình mô tả trạng thái tĩnh của điện áp và từ thông trong mô hình điều khiển tựa từ thông rotor (rotor field-oriented control methods - RFOC), được viết dưới dạng (Orlowska-Kowalska, 2003) (1) và (2).

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenthackhanh@humg.edu.vn

$$\begin{cases} u_{sx}^R = r_s i_{sx}^R - \omega_s^R \sigma (x_M + x_{\sigma s}) i_{sy}^R \\ u_{sy}^R = r_s i_{sy}^R + \omega_s^R (x_M + x_{\sigma s}) i_{sx}^R \end{cases} \quad (1)$$

$$\psi_r^R = x_M i_{sx}^R \quad (2)$$

Hệ phương trình mô tả trạng thái tĩnh của điện áp và từ thông trong mô hình điều khiển tựa từ thông stator (stator field-oriented control methods - SFOC) có dạng:

$$\begin{cases} u_{sx}^S = r_s i_{sx}^S \\ u_{sy}^S = r_s i_{sy}^S + \omega_s^S \psi_s^S \end{cases} \quad (3)$$

$$\psi_s^S = x_M i_{Ms}^S \quad (4)$$

trong đó: $i_{Ms}^S = |\mathbf{i}_{Ms}^S| = \left| (i_{rx}^S + j i_{ry}^S) + (i_{sx}^S + j i_{sy}^S) \frac{x_s}{x_M} \right|$ là dòng điện từ hóa stator (Orlowska-Kowalska, 2003).

Các chỉ số trên R và S trong các biểu thức (1)-(4) biểu diễn các giá trị trong hệ tham chiếu từ trường rotor và stator.

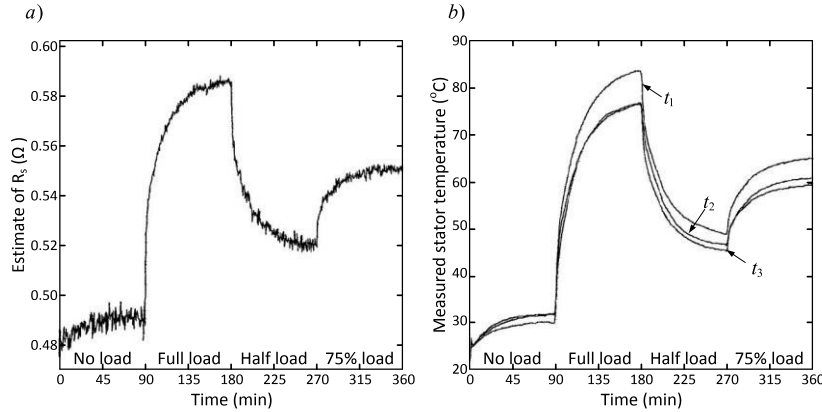
Từ các biểu thức trên cho thấy trong tất cả các phương pháp điều khiển véc tơ tựa từ thông đối với ĐCKĐB thì từ thông luôn phụ thuộc vào điện kháng từ hóa (hỗ cảm x_M) và dòng điện từ hóa, những đại lượng này phụ thuộc vào dòng điện và điện áp stator. Ngoài ra, điện trở stator (r_s) cũng xuất hiện trong tất cả các biểu thức điện áp (1) và (3), do đó nó trực tiếp ảnh hưởng đến các điện áp và dòng điện thành phần. Kết quả là điện trở stator sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến dòng điện từ hóa và từ thông tham chiếu.

Điện trở stator r_s là một hàm số của nhiệt độ, nó bị ảnh hưởng bởi cường độ dòng điện stator. Giá trị gần đúng của điện trở được tính theo công thức (5) (Bose et al., 1998):

$$r_s = r_{s0} + \alpha r_{s0} (t_s - 25^\circ C) \quad (5)$$

trong đó r_s là điện trở tại $t^\circ C$, r_{s0} là điện trở định mức ở $25^\circ C$, t_s là nhiệt độ thực của cuộn dây stator ($^\circ C$), và α là hệ số nhiệt (đối với dây đồng, $\alpha = 11.21 \times 10^{-3} / ^\circ C$).

Quan hệ giữa điện trở stator và nhiệt độ được chỉ ra trong hình 1 (Sang-Bin et al., 2003).



Hình 1. Ước lượng điện trở stator bằng cách bơm dòng điện một chiều khi tải thay đổi (a);

t_1, t_2, t_3 là nhiệt độ tại điểm đầu, giữa và cuối cuộn dây (b)

(Sang-Bin et al., 2003) © IEEE 2003

2. Ước lượng điện trở stator

Một nghiên cứu tổng quan về các phương pháp ước lượng thông số ĐCKĐB được trình bày chi tiết trong tài liệu (Toliyat et al., 2003). Các thông số ĐCKĐB có thể được xác định bằng phương pháp tĩnh (off-line) hoặc liên tục khi vận hành (on-line) phụ thuộc vào yêu cầu của thuật toán điều khiển véc tơ.

2.1. Ước lượng điện trở stator bằng phương pháp đo tĩnh (off-line estimation)

Trong các phương pháp off-line, điện trở stator được đo bằng phương pháp đặc biệt trước khi động cơ làm việc. Quá trình đo này được thực hiện tự động bởi biến tần (thường được gọi là phương pháp self-turning). Phương pháp đo này dựa trên nguyên lý tự động phát một tín hiệu vào động cơ và xác định các thông số của ĐCKĐB (Khambadkone et al., 1991).

Nhược điểm của các phương pháp xác định thông số tĩnh là độ chính xác của các thông số cần xác định phụ thuộc nhiều vào tần số lấy mẫu, sai số lượng tử hóa, độ phân giải và chính xác của các cảm biến... (Borgard et al., 1995). Một nhược điểm nữa của các phương pháp này là do xác định ở trạng thái tĩnh nên biến tần sẽ phải làm việc ở trạng thái không tuyến tính (trạng thái xung) nên cần phải biết chính xác đặc tính sụt áp của bộ biến tần mới có thể tính được điện áp trên cuộn dây, điều này rất khó thực hiện (Buja et al., 1995).

2.2. Ước lượng liên tục điện trở stator (on-line estimation)

Trong các mô hình điều khiển véc tơ ĐCKĐB đã có rất nhiều phương pháp ước lượng thông số động cơ đã được nghiên cứu và ứng dụng. Về kỹ thuật, các phương pháp ước lượng on-line được chia làm ba nhóm chính như sau:

Nhóm thứ nhất dùng kỹ thuật phân tích phổ (Spectral Analysis Techniques): trong nhóm này biến tần sẽ bơm vào động cơ một tín hiệu điện áp đặc biệt sau đó nhận lại phản hồi là một hoặc một chuỗi xung. Bằng cách phân tích phổ tín hiệu nhận được (thường dùng FFT - fast Fourier transform) ta có thể tính toán các thông số động cơ (Toliat et al., 1993). Nhược điểm của phương pháp này là làm tăng độ phức tạp của thuật toán điều khiển.

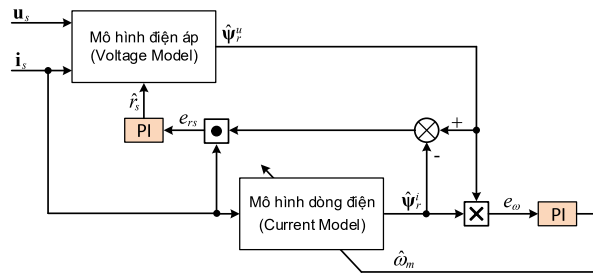
Nhóm thứ hai dùng kỹ thuật theo dõi (Observer-Based Techniques): Trong nhóm này nhiều kỹ thuật được sử dụng như bộ lọc Kalman (Kalman filter - KF), bộ quan sát Luenberger (Luenberger observer - LO) để ước lượng điện trở stator và trạng thái bộ điều khiển (Tae-Sung et al., 2005; Orłowska-Kowalska et al., 2010). Nhược điểm của các kỹ thuật này là khi ước lượng điện trở stator thì phải coi tất cả giá trị điện cảm trong mô hình động cơ là không đổi.

Nhóm thứ ba dùng kỹ thuật mô hình tham chiếu (Model Reference Adaptive System - MRAS - Based techniques): Kỹ thuật mô hình tham chiếu dựa trên cơ sở một đại lượng có thể được tính toán bằng hai cách. Cách tính thứ nhất dựa trên mô hình tham chiếu bên trong hệ thống điều khiển. Cách tính thứ hai dựa trên tín hiệu điện áp/dòng điện đo được trên cực động cơ. Sự khác nhau giữa hai cách tính cho ta một tín hiệu sai số, sai số này được đưa vào bộ điều khiển thích nghi (thông thường là bộ điều khiển tỷ lệ - tích phân - PI) để xác định biến cần ước lượng. Tùy theo các kỹ thuật MRAS, chúng ta sẽ có các mô hình ước lượng điện trở stator khác nhau (Marino et al., 2000; Orłowska-Kowalska et al., 2010). Nhược điểm của nhóm này là không xác định được thông số động cơ khi không tải và tốc độ bằng không.

2.3. Ước lượng điện trở stator dùng kỹ thuật MRAS

Trong các mô hình điều khiển véc tơ ĐCKĐB yêu cầu các tín hiệu phản hồi là các véc tơ từ thông và mô men điện từ, do đó một bộ ước lượng tối ưu sẽ bao gồm các chức năng ước lượng các biến trạng thái và thông số động cơ. Một trong những bộ ước lượng thỏa mãn được yêu cầu trên là mô hình ước lượng dựa trên kỹ thuật MRAS.

Kỹ thuật ước lượng đồng thời tốc độ rotor và điện trở stator được trình bày trong tài liệu (Vasic et al., 2003) sử dụng bộ ước lượng MRAS (Schauder, 1992). Sơ đồ khối bộ ước lượng được trình bày trong hình 2.



Hình 2. Sơ đồ khối bộ ước lượng tốc độ rotor và điện trở stator dùng mô hình MRAS

Bộ ước lượng dùng mô hình MRAS kinh điển trong hình 2 dùng hai khối mô tả mô hình điện áp và mô hình dòng điện của từ thông rotor. Thuật toán tính tốc độ được trình bày trong biểu thức (6) và (7) (Schauder, 1992).

$$\hat{\omega}_m = K_{p\omega} \left(1 + \frac{1}{pT_{I\omega}} \right) e_\omega \quad (6)$$

trong đó: p là toán tử Laplace và

$$e_\omega = \hat{\psi}_r^j \times \hat{\psi}_r^u = \hat{\psi}_{r\alpha}^j \hat{\psi}_{r\beta}^u - \hat{\psi}_{r\beta}^j \hat{\psi}_{r\alpha}^u \quad (7)$$

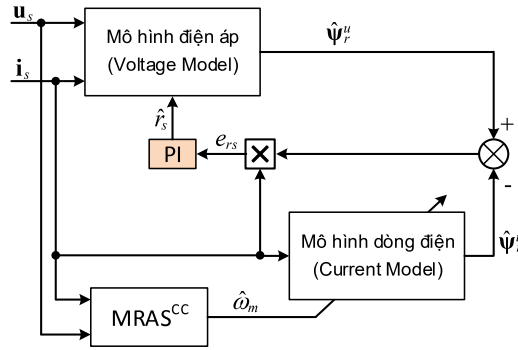
Thuật toán để tính điện trở stator có thể viết dạng biểu thức (8):

$$r_s = K_{pr} \left(1 + \frac{1}{pT_{Irs}} \right) e_{rs} \quad (8)$$

Trong đó:

$$e_{rs} = i_{s\alpha} (\hat{\psi}_{r\alpha}^u - \hat{\psi}_{r\alpha}^i) - i_{s\beta} (\hat{\psi}_{r\beta}^u - \hat{\psi}_{r\beta}^i) \quad (9)$$

Mô hình MRAS trong hình 2 có nhược điểm là chỉ chính xác trong dải tốc độ thấp. Để cải thiện độ chính xác của bộ ước lượng trong dải rộng tốc độ, bộ ước lượng tốc độ dùng PI trong hình 2 được thay thế bằng bộ ước lượng MRAS^{CC} như trong hình 3 (Orlowska-Kowalska et al., 2010).



Hình 3. Sơ đồ khối bộ ước lượng tốc độ rotor và điện trở stator dùng mô hình MRAS^{CC}

Bộ ước lượng dựa trên nguyên lý so sánh dòng điện đo được với dòng điện ước lượng thông qua mô hình dòng điện (current model). Mô hình toán của dòng điện stator được kết hợp bởi mô hình dòng điện - từ thông (Kubota et al., 1993):

$$\frac{d}{dt} \hat{\mathbf{i}}_s = -\frac{r_r x_M^2 + x_r^2 r_s}{\sigma T_N x_s x_r^2} \hat{\mathbf{i}}_s + \frac{1}{\sigma T_N x_s} \mathbf{u}_s + \frac{x_M r_r}{\sigma T_N x_s x_r^2} \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i - j\omega_m \frac{x_M}{\sigma T_N x_s x_r} \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i \quad (10)$$

Véc tơ từ thông rotor $\boldsymbol{\psi}_r^i$ được tính toán theo biểu thức:

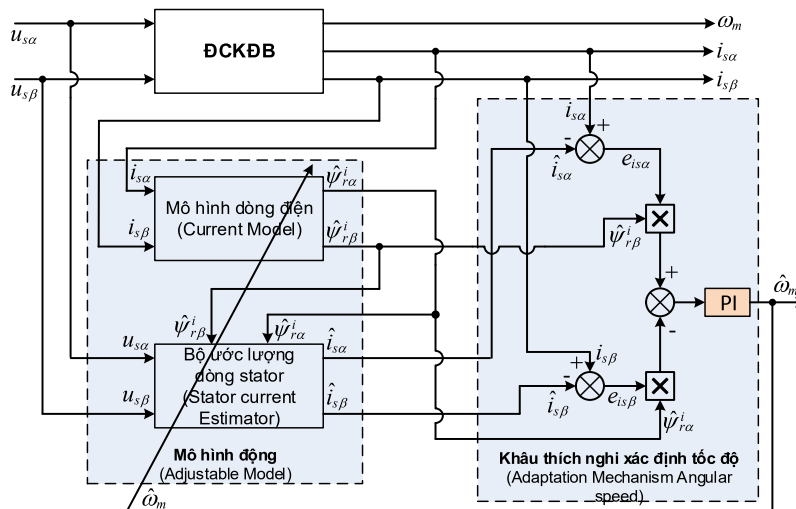
$$\frac{d}{dt} \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i = \left[\frac{r_r}{x_r} (x_M \hat{\mathbf{i}}_s - \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i) + j\omega_m \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i \right] \frac{1}{T_N} \quad (11)$$

Tốc độ rotor được tính theo biểu thức:

$$\omega_m = K_P (e_{is\alpha} \hat{\psi}_{r\beta}^i - e_{is\beta} \hat{\psi}_{r\alpha}^i) + K_I \int (e_{is\alpha} \hat{\psi}_{r\beta}^i - e_{is\beta} \hat{\psi}_{r\alpha}^i) dt \quad (12)$$

Trong đó, $e_{is\alpha,\beta} = i_{s\alpha,\beta} - \hat{i}_{s\alpha,\beta}$ là sai số giữa dòng điện đo với dòng điện ước lượng.

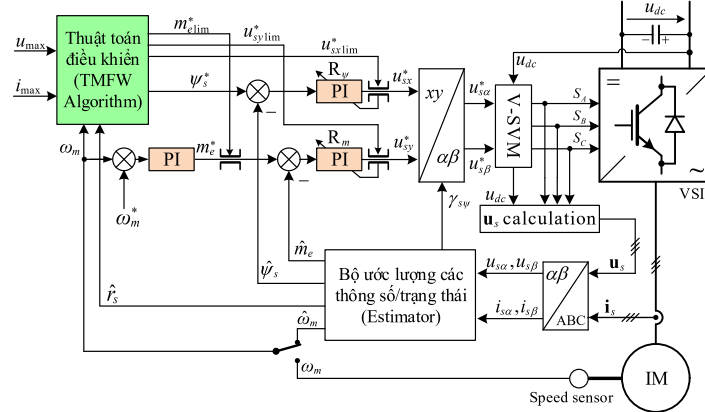
Sơ đồ khối của bộ ước lượng MRAS^{CC} được trình bày trong hình 4 (Orlowska-Kowalska et al., 2010).



Hình 4. Sơ đồ khối bộ ước lượng MRAS^{CC}

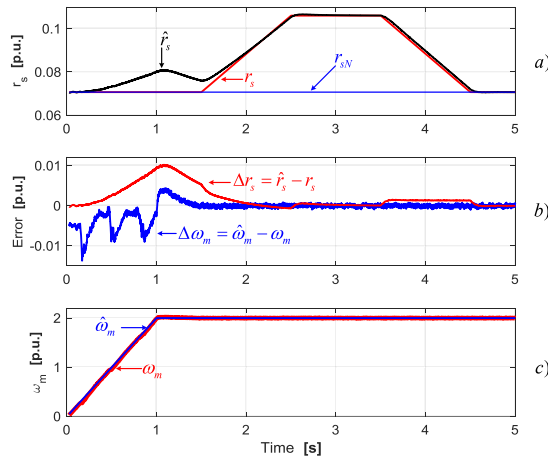
2.4. Kết quả mô phỏng ước lượng điện trở stator

Thuật toán ước lượng dựa trên sơ đồ khối hình 3 kết hợp mô hình điều khiển trực tiếp mô men (DTC) trong dải rộng tốc độ và mô men (Khanh et al., 2014) đối với ĐCKĐB được trình bày trong sơ đồ khối hình 5.



Hình 5. Sơ đồ khối điều khiển động cơ theo trị số điện trở stator ước lượng

Kết quả mô phỏng với ĐCKĐB (có các thông số được cho phụ lục) ở điện áp định mức và giả thiết điện trở stator thay đổi 150% ($r_{s\max} = 1.5r_{sN}$) và tốc độ động cơ thay đổi từ 0 đến 2 [p.u.] được trình bày trong hình 6. Từ kết quả mô phỏng ta thấy, mô hình MRAS^{CC} có khả năng ước lượng chính xác tốc độ trong dải rộng bao gồm cả vùng từ trường yếu (khi tốc độ lớn hơn định mức). Đường màu xanh trong hình 6.b cho thấy sai số ước lượng tốc độ lớn nhất không quá 0,015 [p.u.]. Đối với điện trở stator, kết quả mô phỏng cho thấy trong quá trình khởi động, do tốc độ có độ biến thiên lớn ($|d\omega/dt| > 0$) làm cho sai số tốc độ tăng dần đến kết quả ước lượng điện trở có sai số lớn; khi tốc độ ổn định ($|d\omega/dt| \approx 0$) thì sai số ước lượng điện trở xấp xỉ bằng không.



Hình 6. Kết quả mô phỏng ước lượng điện trở stator và tốc độ động cơ

3. Kết luận

Bài báo trình bày một phương pháp ước lượng điện trở stator của ĐCKĐB phù hợp với các phương pháp điều khiển véc tơ hiện đại. Bằng cách đo các thông số điện áp và dòng điện trên cực động cơ, mô hình MRAS^{CC} cho phép ước lượng chính xác điện trở stator khi tốc độ ít thay đổi. Mặt khác bộ ước lượng đã lựa chọn cho phép xác định chính xác tốc độ động cơ vì vậy bộ ước lượng này có thể ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống truyền động điện với ĐCKĐB không dùng cảm biến tốc độ (sensorless vector control).

Tài liệu tham khảo

F. Blaschke (1972). "The principle of field orientation as applied to the new TRANSVECTOR closed loop control system for rotating field machines." Siemens Review **39**(5): 217-220.

- D. E. Borgard, G. Olsson and R. D. Lorenz (1995). "Accuracy issues for parameter estimation of field oriented induction machine drives." IEEE Transactions on Industry Applications **31**(4): 795-801.
- B. K. Bose and N. R. Patel (1998). "Quasi-fuzzy estimation of stator resistance of induction motor." IEEE Transactions on Power Electronics **13**(3): 401-409.
- G. S. Buja, R. Menis and M. I. Valla (1995). *MRAS identification of the induction motor parameters in PWM inverter drives at standstill*. Proceedings of the 1995 IEEE IECON: 21st International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation Orlando, FL, USA.
- A. M. Khambadkone and J. Holtz (1991). "Vector-controlled induction motor drive with a self-commissioning scheme." IEEE Transactions on Industrial Electronics **38**(5): 322-327.
- N. T. Khanh, K. N. Linh and K. C. Anh (2014). *DTC Drives for traction applications using a torque-maximized field weakening algorithm*. Proceeding of the 3rd International conference on Advances in Mining and Tunelling, Vungtau City.
- K. Kubota, K. Matsuse and T. Nakano (1993). "DSP-based speed adaptive flux observer of induction motor." IEEE Transactions on Industry Applications **29**(2): 344-348.
- R. Marino, S. Peresada and P. Tomei (2000). "On-line stator and rotor resistance estimation for induction motors." IEEE Transactions on Control Systems Technology **8**(3): 570-579.
- A. Nabae, K. Otsuka, H. Uchino and R. Kurosawa (1980). "An Approach to Flux Control of Induction Motors Operated with Variable-Frequency Power Supply." IEEE Transactions on Industry Applications **IA-16**(3): 342-350.
- K. Ohnishi, H. Suzuki, K. Miyachi and M. Terashima (1985). "Decoupling Control of Secondary Flux and Secondary Current in Induction Motor Drive with Controlled Voltage Source and Its Comparison with Volts/Hertz Control." IEEE Transactions on Industry Applications **IA-21**(1): 241-247.
- T. Orłowska-Kowalska (2003). *Speed sensorless induction motor drives*, Wroclaw University of Technology Press, Wroclaw.
- T. Orłowska-Kowalska and M. Dybkowski (2010). "Stator-Current-Based MRAS Estimator for a Wide Range Speed-Sensorless Induction-Motor Drive." IEEE Transactions on Industrial Electronics **57**(4): 1296-1308.
- L. Sang-Bin and T. G. Habetler (2003). "An online stator winding resistance estimation technique for temperature monitoring of line-connected induction machines." IEEE Transactions on Industry Applications **39**(3): 685-694.
- C. Schauder (1992). "Adaptive speed identification for vector control of induction motors without rotational transducers." IEEE Transactions on Industry Applications **28**(5): 1054-1061.
- K. Tae-Sung, S. Myoung-Ho and H. Dong-Seok (2005). "Speed sensorless stator flux-oriented control of induction motor in the field weakening region using Luenberger observer." IEEE Transactions on Power Electronics **20**(4): 864-869.
- H. A. Toliyat and A. A. G. Hosseiny (1993). *Parameter estimation algorithm using spectral analysis for vector controlled induction motor drives*. Conference Proceedings of the 1993 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE'93, Budapest.
- H. A. Toliyat, E. Levi and M. Raina (2003). "A review of RFO induction motor parameter estimation techniques." IEEE Transactions on Energy Conversion **18**(2): 271-283.
- P. Vas (1990). *Vector control of AC machines*, Clarendon Press.
- V. Vasic, S. N. Vukosavic and E. Levi (2003). "A stator resistance estimation scheme for speed sensorless rotor flux oriented induction motor drives." IEEE Transactions on Energy Conversion **18**(4): 476-483.

ABSTRACT

Vector-controlled induction motor drive with online estimation of stator resistance

Nguyen Thac Khanh¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

High performance IM drives require fast torque response below base speed and maximum torque capability with fast torque response above the base speed. The field-oriented control methods (FOC) are most successful in this matter. However, the FOC-based IM drives require the knowledge of the machine parameters used in the control algorithms. The need for motor parameters to tune the current and torque loops, especially for indirect field-oriented control (IFOC). The close-loop vector controlled IM drive

structures require feedback signals generated by estimators as flux vector and electromagnetic torque, etc. Therefore, the optimal estimator should combine both functions: estimation of the state variable and motor parameters. One of the estimators which satisfy these conditions is MRAS based scheme.

Phụ lục

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ

Thông số	Giá trị định mức	Giá trị tương đối [p.u.]
Điện áp định mức	$U_N = 400V$	
Công suất định mức	$P_N = 3kW$	
Tốc độ định mức	$n_N = 1400 \text{ v/ph}$	$\omega_{mN} = 0.9333$
Điện trở rotor	$R_r = 6.372\Omega$	$r_{rN} = 0.6372$
Điện trở stator	$R_s = 7.073\Omega$	$r_{sN} = 0.7073$
Điện cảm tản rotor	$L_{\sigma r} = 0.0312H$	$x_{\sigma rN} = 0.098$
Điện cảm tản stator	$L_{\sigma s} = 0.0312H$	$x_{\sigma sN} = 0.098$
Điện cảm rotor	$L_r = 0.6290H$	$x_{rN} = 1.976$
Điện cảm stator	$L_s = 0.6290H$	$x_{sN} = 1.976$
Hỗ cảm	$L_M = 0.5978H$	$x_{MN} = 1.878$
Hệ số tản từ (Total leakage factor)	$\sigma = 0.0967$	$\sigma = 0.0967$