



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC LẦN 7:  
**NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐÀO TẠO,  
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC  
VÀ CHUYỂN GIAO CÔNG NGHỆ**

CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH  
GẮN VỚI NHU CẦU PHÁT TRIỂN KINH TẾ XÃ HỘI CỦA ĐỊA PHƯƠNG



NHÀ XUẤT BẢN  
CÔNG THƯƠNG

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC LẦN 7  
CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH GẮN VỚI NHU CẦU PHÁT TRIỂN KINH TẾ XÃ HỘI CỦA ĐỊA PHƯƠNG



10	Nghiên cứu đề xuất các giải pháp kỹ thuật phòng chống cháy nội sinh cho các lò chợ cơ giới hóa thuộc Công ty Cổ phần than Hà Lâm - Vinacomin	Vũ Mạnh Hùng Hoàng Văn Nam Nguyễn Thị Thu Hương Bùi Quang Hưng Phạm Trung Kiên	81
11	Nghiên cứu, áp dụng các phương pháp cân bằng áp suất phòng ngừa nguy cơ cháy nội sinh tại các mỏ than hầm lò tại Việt Nam	Vũ Ngọc Hoàn Lê Trung Tuyển Hoàng Văn Nghị	89
12	Nghiên cứu ảnh hưởng độ rộng trụ bảo vệ phía trên đối với biến dạng và phá hủy đường lò phía dưới khi khai thác các vỉa bằng gần nhau	Vũ Đức Quyết Vũ Ngọc Thuận Nguyễn Duy Cảnh	97
13	Tổng quan về công nghệ phi nổ min giúp phá vỡ than, đất đá bằng khí áp suất cao	Nguyễn Ngọc Minh Đào Minh Tùng Trịnh Thanh Hiếu	105
<b>PHẦN 2: CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN - CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC</b>			
14	Ứng dụng Psim mô phỏng bộ biến đổi AC-AC xoay chiều ba pha	Nguyễn Thị Phúc Bùi Thị Thêm	113
15	Nghiên cứu modul USB 6363 và phần mềm Labview ứng dụng trong công nghệ lắp ráp và phân loại sản phẩm	Nguyễn Thị Trang Lê Quyết Thắng	122
16	Thiết kế mạch bảo vệ liên động rô điện trong khởi động từ phòng nổ	Đỗ Như Ý Nguyễn Trường Giang Nguyễn Tiến Sỹ Ngô Xuân Cường Bùi Trung Kiên	129
17	Xác định thông số nam châm vĩnh cửu trong động cơ LSPMSM tốc độ 3000 vòng/phút	Đỗ Như Ý Lê Anh Tuấn Ngô Xuân Cường Bùi Trung Kiên	135
18	Xây dựng mô hình điều khiển hướng trường (FOC) cho động cơ PMSM trong phần mềm Psim	Đỗ Chí Thành Bùi Thị Thêm	141
19	Mô hình hoá và mô phỏng nhiệt tấm LED công suất lớn để tối ưu công suất tản nhiệt	Nguyễn Tiến Sỹ Hà Thị Chúc	151
20	Ứng dụng phần mềm Motor - CAD trong mô phỏng phân bố nhiệt độ động cơ không đồng bộ roto lồng sóc 2 cực công suất 0,75kW	Ngô Văn Hà Dương Thị Lan Đỗ Thị Hoa	159
21	Ảnh hưởng của các bước phân bố ống trao đổi nhiệt đến khả năng tỏa nhiệt của bộ làm mát đầu bằng không khí trong hệ thống thủy lực máy xúc thủy lực mô lộ thiên	Giang Quốc Khánh Nguyễn Sĩ Sơn Bùi Công Viên Trần Thị Vân	168



## Xác định thông số nam châm vĩnh cửu trong động cơ LSPMSM tốc độ 3000 vòng/phút

Đỗ Như Ý<sup>1,\*</sup>, Lê Anh Tuấn<sup>2</sup>, Ngô Xuân Cường<sup>3</sup>, Bùi Trung Kiên<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>3</sup>Đại học Huế

<sup>4</sup>Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

\*E-mail: donhuy@hmg.edu.vn

**Tóm tắt:** Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp từ lưới (LSPMSM) ngày càng được sử dụng nhiều trong thực tế vì có hiệu suất cao. Tuy nhiên, khi tính toán thiết kế động cơ LSPMSM, phức tạp nhất là phần tính toán nam châm vĩnh cửu (NCVC), đặc biệt lại càng khó khăn đối với loại động cơ có tốc độ cao. Nội dung của bài báo sẽ xác định phương án bố trí và thông số của NCVC trong động cơ LSPMSM tốc độ 3.000 vòng/phút, thông số sau thiết kế sẽ được khảo sát đặc tính làm việc của động cơ trên phần mềm Ansys/Maxwell.

**Từ khoá:** Động cơ LSPMSM, ansys/Maxwell, nam châm vĩnh cửu

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, sử dụng tiết kiệm, hiệu quả năng lượng là một trong những yêu cầu hết sức quan trọng để phát triển bền vững đối phó với nguy cơ cạn kiệt các nguồn nhiên liệu hóa thạch và tác hại ô nhiễm môi trường<sup>[1]</sup>. Động cơ điện tiêu thụ điện năng lớn nhất chiếm khoảng 70% tổng điện năng lưới điện, trong đó động cơ không đồng bộ (IM) đang được sử dụng rộng rãi. Việc nâng cao hiệu suất động cơ IM lên mức hiệu suất cao theo tiêu chuẩn IEC60034-30 đang thực sự khó khăn<sup>[1]</sup>.

Để tiết kiệm năng lượng một giải pháp thay thế cho động cơ IM là sử dụng động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp từ lưới (LSPMSM). Động cơ LSPMSM không có tổn thất trên rotor<sup>[2]</sup>. Do vậy, động cơ LSPMSM có hiệu suất cao đạt IE3, có thể lên tới hiệu suất siêu cao IE4. Ngoài ra LSPMSM có ưu điểm là khả năng tự khởi động trực tiếp không cần có các bộ phận khởi động đi kèm.

Khi tính toán thiết kế động cơ LSPMSM thì phức tạp nhất là phần tính toán nam châm vĩnh cửu (NCVC) đặc biệt lại càng khó khăn đối với loại động cơ có tốc độ cao 3.000 vòng/phút. Việc tính toán NCVC không tốt đưa đến khó gia công chế tạo, hiệu suất của động cơ thấp, động cơ không khởi động được, thời gian khởi động lâu... ngoài NCVC có chiếm chi phí cao trong động cơ LSPMSM việc tính toán không tối ưu đưa đến khó thương mại hóa loại động cơ này trong thực tế<sup>[3]</sup>.

Nội dung của bài báo xác định thông số NCVC cho động cơ LSPMSM sử dụng điện áp 660/1140VAC, tốc độ 3.000 vòng/phút. Qua thông số NCVC đã xác định được khảo sát việc phân bố điện từ trường và đặc tính làm việc của động cơ LSPMSM.

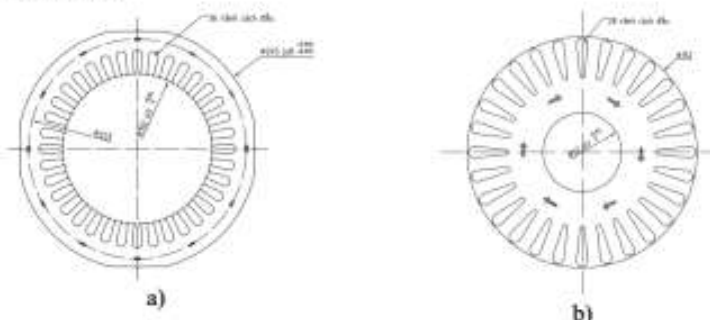
### 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

#### 2.1. Phương án bố trí NCVC trong động cơ LSPMSM 3000rpm

Động cơ LSPMSM là động cơ lai với dây quấn ba pha được phân bố trong các rãnh stator (tương tự động cơ IM), rotor của động cơ sử dụng lồng sóc và có gắn nam châm vĩnh cửu<sup>[2,4]</sup>. Do vậy cơ sở để tính toán thiết kế động cơ LSPMSM ban đầu được dựa trên kích



thước cơ bản của động cơ IM cùng thông số, sau đó sẽ được tính toán tối ưu lại thông số cho động cơ LSPMSM<sup>[3]</sup>. Thông số kích thước ban đầu của động cơ IM 15kW tốc độ 3000rpm được đưa ra trên hình 1.

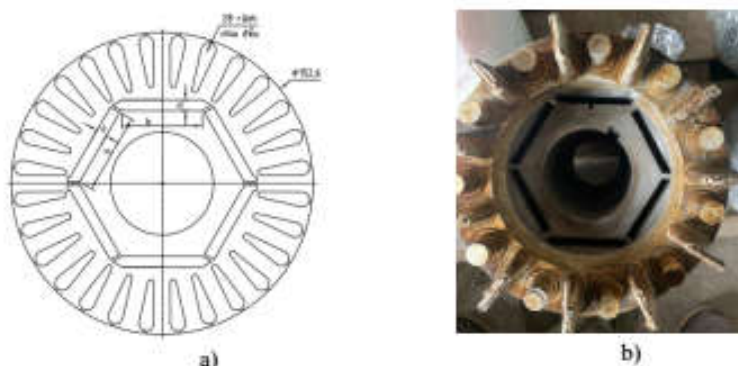


Hình 1. Kích thước động cơ IM 15kW tốc độ 3000rpm

a. Stator; b. Rotor.

Động cơ LSPMSM sẽ được tính toán thiết kế phần nam châm vĩnh cửu trên rotor của động cơ IM. Động cơ LSPMSM tốc độ 3000rpm tương ứng với loại động cơ 2p, việc bố trí NCVC trên rotor động cơ LSPMSM sẽ ảnh hưởng nhiều đến công nghệ chế tạo, hiệu quả làm việc và giá thành của động cơ<sup>[3,6]</sup>.

Nếu thiết kế NCVC liền khối, hai nửa chữ C đối xứng hai bên thì điện từ trường trong động cơ phân bố tốt hơn, động cơ sẽ có hiệu suất làm việc cao. Tuy nhiên, với phương án này thì chi phí chế tạo NCVC rất cao dẫn tới giá thành động cơ tăng, ngoài ra rất khó khăn chế tạo lắp ghép NCVC vào rotor của động cơ đối với động cơ có kích thước lớn. Nếu chia NCVC thành nhiều các phần nhỏ sẽ dẫn tới điện từ trường phân bố trong động cơ mất đối xứng, từ trường tản và từ trường rò lớn hiệu suất động cơ làm việc kém hơn đôi khi động cơ không thể khởi động được<sup>[6]</sup>. Phương án tối ưu đề xuất chia NCVC thành ba phần có hình dạng kê cầu phân chia như hình 2.

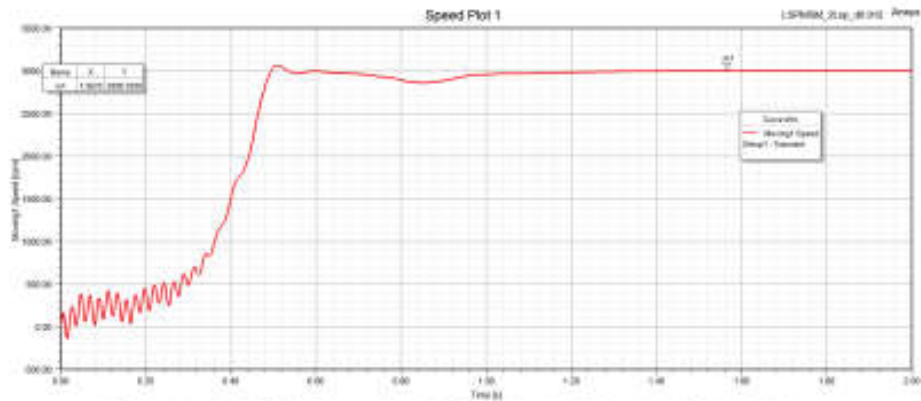


Hình 2. Phương án bố trí NCVC trong LSPMSM 15kW tốc độ 3000rpm

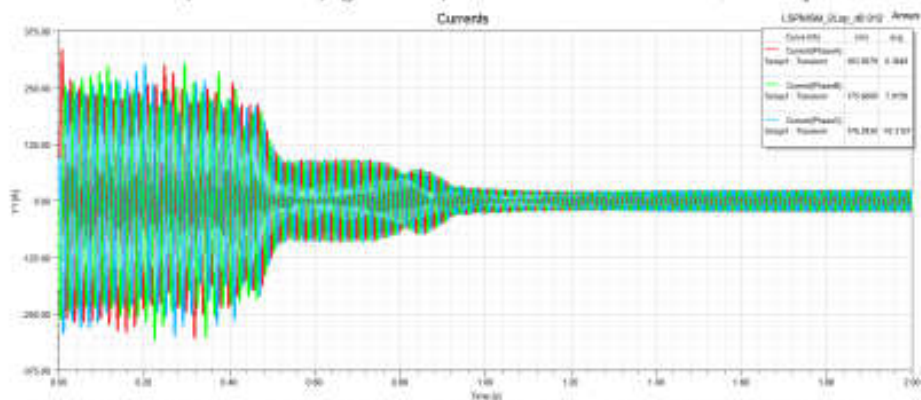
a. Phương án bố trí NCVC; b. Hình ảnh nghiên cứu thực tế

## 2.2. Xác định thông số NCVC

NCVC sử dụng trong động cơ LSPMSM là loại nam châm đất hiếm NdFeB có Mật độ từ dư ( $B_r$ ), cường độ từ trường lớn nhất ( $H_{cJ}$ ), Cường độ từ trường nhỏ nhất ( $H_{cB}$ ), Nhiệt độ làm việc lớn nhất của nam châm ( $T_w$ ) và tích năng lượng cực đại ( $BH_{max}$ ).



Hình 5. Đặc tính khởi động với tải định mức của LSPMSM 15kW, 3.000 rpm



Hình 6. Đặc tính dòng điện khởi động với tải định mức của LSPMSM 15kW, 3.000 rpm

Từ kết quả mô phỏng với phương án bố trí và thông số thiết kế của NCVC nhận thấy rằng, trên hình 4, phân bố điện từ trường trong mạch từ của động cơ LSPMSM cực đại trong mạch từ vào khoảng 1,9T, với từ trường này mạch từ của động cơ LSPMSM không bị bão hòa. Trên hình 5, cho thấy rằng động cơ LSPMSM hoàn toàn có thể tự khởi động được, thời gian khởi động của động cơ vào khoảng 1,5s sau đó làm việc với tốc độ ổn định 3000rpm. Trên hình 6 cho thấy rằng, dòng điện khởi động của động cơ bằng khoảng 4 lần dòng điện làm việc định mức, với dòng điện này khá tương đồng với dòng khởi động của động cơ không đồng bộ IM.

#### 4. KẾT LUẬN

NCVC là bộ phận quan trọng trong động cơ LSPMSM, việc tính toán NCVC không tốt sẽ khó gia công chế tạo, hiệu suất của động cơ thấp, động cơ không khởi động được, thời gian khởi động lâu,... ngoài NCVC có chi phí cao trong động cơ LSPMSM, việc tính toán không tối ưu sẽ khó thương mại hóa loại động cơ này trong thực tế. Phương án bố trí và tối ưu thông số của NCVC trong động cơ LSPMSM đưa ra trong nội dung bài báo có tính thực tiễn cao, hoàn toàn áp dụng vào trong việc thiết kế chế tạo động cơ LSPMSM. Ngoài ra, việc ứng dụng các phương pháp mô phỏng số hiện đại vào việc tính toán thiết kế động cơ LSPMSM sẽ giúp người thiết kế đánh giá được các thông số thiết kế, từ đó nâng cao được năng lực thiết kế và chế tạo máy điện, mặt khác còn có thể khảo sát các thông số cơ điện, các đặc tính điện từ trong lòng động cơ. Điều này sẽ giúp người thiết kế có thể đưa ra được các phương án thay



KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC LẦN 7

**NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐÀO TẠO, NGHIÊN CỨU KHOA HỌC VÀ  
CHUYÊN GIAO CÔNG NGHỆ CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP  
QUẢNG NINH, GẮN VỚI NHU CẦU PHÁT TRIỂN  
KINH TẾ - XÃ HỘI CỦA ĐỊA PHƯƠNG**

*Chịu trách nhiệm xuất bản*

Giám đốc - Tổng Biên tập

**Nguyễn Minh Huệ**

**Biên tập:** Tôn Nữ Thanh Bình  
Đông Thị Thu Thủy  
Lương Thị Ngọc Bích  
**Chế bản:** Nguyễn Khắc Hiếu  
Phạm Đức Thang  
**Thiết kế bìa:** Nguyễn Hữu Vương

**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG**

**Trụ sở:** 655 Phạm Văn Đồng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

**Điện thoại:** (024) 3934 1562 Fax: (024) 3938 7164

**Website:** <http://nhaxuatbanconghuong.com.vn>

**Email:** [nxbct@moit.gov.vn](mailto:nxbct@moit.gov.vn)

In 200 cuốn, khổ 20 x 28 cm tại Công ty CP Đầu tư và Hợp tác Quốc tế  
Địa chỉ: Số 32 Hoàng Quốc Việt, P. Nghĩa Đô, Q. Cầu Giấy, Hà Nội  
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 1342 – 2022/CXBIPH/02-56/CT  
Số quyết định xuất bản: 103/QĐ-NXBCT cấp ngày 29 tháng 4 năm 2022  
Mã số ISBN: 978-604-362-208-9  
In xong nộp lưu chiểu quý II năm 2022