



TAP 58 - SỐ ĐẶC BIỆT
5/2022

TAP CHÍ
**Khoa học &
CÔNG NGHỆ**
Journal of Science & Technology

P-ISSN 1859-3585
E-ISSN 2615-9619

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI - HANOI UNIVERSITY OF INDUSTRY

CHUYÊN ĐỀ ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

TÁI CẤU HÌNH

lưới điện phân phối sử dụng giải thuật di truyền
và giải thuật tối ưu lấy dần

XÂY DỰNG HỆ THỐNG

điều khiển cho robot tự hành di chuyển
trong nhà ứng dụng hệ điều hành ROS

TỔNG BIÊN TẬP
PGS. TS. Trần Đức Quý

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
PGS. TS. Phạm Văn Đông

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
Chủ tịch hội đồng

PGS. TS. Trần Đức Quý
Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TS. Đặng Quang Á
Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

PGS. TS. Phạm Văn Đông
Đại học Công nghiệp Hà Nội

PGS. TS. Vũ Mạnh Chiến
Đại học Québec, Canada

PGS. TS. Trịnh Trọng Chương
Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TS. Trần Thọ Đạt
Đại học Kinh tế Quốc dân

GS. TS. Chu Văn Đạt
Học viện Kỹ thuật Quân sự

GS. TS. Trần Văn Địch
Đại học Bách khoa Hà Nội

GS. TSKH. Bành Tiến Long
Đại học Bách khoa Hà Nội

VS. GS. TSKH. Trần Đình Long
Hội Điện lực Việt Nam

GS. TS. Đặng Thị Loan
Đại học Kinh tế Quốc dân

GS. TSKH. Hồ Đắc Lộc
Đại học Công nghệ TP. HCM

PGS. TS. Nguyễn Thị Hồng Nga
Đại học Công nghiệp Hà Nội

PGS. TS. Lê Hồng Quân
Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TSKH. Nguyễn Xuân Quỳnh
Viện IC Điện tử - Tin học - Tự động hóa

PGS. TS. Vũ Minh Tân
Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TS. Vũ Đức Thi
Viện Công nghệ thông tin - ĐHQGHN

GS. TS. Nguyễn Thanh Thủy
Đại học Công nghệ - ĐHQGHN

GS. TS. Trần Văn Sung
Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

GS. TSKH. Đặng Ứng Vận
Đại học Hòa Bình

PGS. TS. Hồ Anh Văn
Viện Khoa học và Công nghệ Nhật Bản

BAN BIÊN TẬP

Phạm Văn Đông - Trưởng ban

Đặng Văn Bình

Dư Đình Viên

Đỗ Huyền Cư

KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ

- Ảnh hưởng của bộ điều hướng mặt trời đơn trục lên hệ thống quang điện hóa lưới 3 Ngô Xuân Cường
- Ảnh hưởng phương pháp nối đất và cấp điện quĩ điện áp trên và cấp của cấp vượt sóng 8 Ninh Văn Nam, Trần Văn Tập, Phạm Thành Chung, Đào Thị Lan Phương
- Ảnh hưởng sóng hài điện áp lên hệ truyền động điện động cơ mặt chiếu kích từ độc lập - chỉnh lưu cầu 3 pha 15 Ngô Xuân Cường, Đỗ Như Ý
- Bộ điều khiển PID mở tối ưu trên cơ sở thuật toán lai cho cánh tay rô-bốt phá băng 19 Trần Thủy Văn
- Bộ điều khiển tốc độ backstepping cho động cơ từ trở dựa trên mô hình phi tuyến mới có xét đến sự thay đổi tải 29 Phi Hoàng Nhã, Phạm Văn Hùng, Đào Quang Thủy, Lê Xuân Hải, Phạm Văn Minh, Nguyễn Thành Luân, Lê Đình Hiệt
- Cải tiến điều khiển lặp lại bộ chỉnh lưu PWM 35 Hoàng Thị Thu Giang, Phan Thành Chung, Nguyễn Đình Hải, Vũ Thị Cẩm Thủy
- Đánh giá độ tin cậy của các giải pháp cách điện cho động cơ điện áp thấp được điều khiển bởi biến tần PWM và hoạt động ở nhiệt độ cao 42 Nguyễn Mạnh Quân, Hoàng Mai Quyền, Hà Thị Hoài Thu
- Điều khiển bề mặt trượt đồng thích nghi sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo cho hệ thống robot công nghiệp 47 Bùi Thị Khánh Hòa, Lê Xuân Hải, Hoàng Duy, Đỗ Mạnh Dũng, Đinh Xuân Minh, Đinh Tuấn Anh, Lương Hoàng Phong
- Điều khiển bên vùng thích nghi trên cơ sở mô điều khiển cho tay máy robot 54 Phạm Trung Hiếu
- Điều khiển phi tập trung cho hệ cuộn lái 59 Tống Thị Lý
- Điều khiển chống trượt cho xe điện sử dụng bộ quan sát nhiễu bất định phi tuyến 66 Lê Đức Thành, Đặng Văn Trọng, Nguyễn Danh Huy, Nguyễn Tung Lâm
- Giải pháp nâng cao chất lượng điện áp trong lưới điện phân phối có kết nối các nguồn điện phân tán 72 Đào Thị Lan Phương, Nguyễn Lương Thành, Hà Thị Hoài Thu, Bùi Lập Hiến
- Mô hình SSD mobilenet V1 trong bài toán nhận dạng và phân loại biển báo giao thông 77 Phạm Thị Hồng Hạnh, Đinh Xuân Minh, Đỗ Bá Quang Huy, Phạm Việt Anh, Trần Long Quang Anh, Phùng Thị Văn, Lê Xuân Hải
- Nghiên cứu ảnh hưởng của kiểu dây quấn stato đến đặc tính khởi động của LSPMSM 5,5kW 3000 vòng/ph bằng phương pháp số 82 Bùi Đức Hùng, Đỗ Như Ý, Lê Anh Tuấn
- Nghiên cứu thiết kế, chế tạo bộ đánh lửa cải tiến cho xe ZL-131 87 Phạm Tuấn Thành, Vũ Quốc Bảo, Vũ Hữu Thích, Nguyễn Trung Đức
- Nghiên cứu thiết kế mạch điều chỉnh điện áp xoay chiều một pha trên hệ thống nhúng ARM Cortex 93 Quách Đức Cường, Trịnh Trọng Chương, Bùi Văn Huy
- Nghiên cứu và mô phỏng hoạt động với các quá trình tiêu thụ, thu thập năng lượng từ môi trường của mạng cảm biến không dây 97 Hà Văn Phương, Phạm Văn Nam, Nguyễn Hữu Hải
- Phân tích điểm làm việc vật liệu thép kỹ thuật điện trong thiết kế động cơ một chiều không chổi than (BLDC) rotor ngoài 103 Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Mạnh Dũng, Phùng Anh Tuấn, Nguyễn Vũ Thanh
- Tài cấu hình lưới điện phân phối sử dụng giải thuật di truyền và giải thuật tối ưu bầy đàn 109 Nguyễn Tung Linh, Trương Việt Anh, Trịnh Trọng Chương
- Tính toán năng lượng hấp thụ của chống sét van trên đường dây 110kV khi sét có sét đến các yếu tố ảnh hưởng 117 Nguyễn Đức Hạnh, Ninh Văn Nam, Nguyễn Lương Thành, Trần Văn Tập
- Thiết kế bộ ổn định góc mô van cánh bướm sử dụng bộ điều khiển PID để cấp nhiên liệu cho máy phát điện biogas 124 Hoàng Anh, Trịnh Văn Cường, Trần Hữu Quốc, Tống Đức Phong, Nguyễn Xuân Sang, Nguyễn Vũ Thanh
- Thiết kế đồng hồ đo lưu lượng nước điện tử sử dụng Lora 128 Phạm Văn Nam, Phạm Văn Minh, Quách Đức Cường, Phạm Văn Hùng, Nguyễn Thu Hà
- Thiết kế hệ thống ổn định áp suất nhiên liệu khí nhôo đầu vào cho máy phát điện dùng động cơ đốt trong 135 Hoàng Anh, Nguyễn Vũ Thanh, Tống Đức Phong, Nguyễn Xuân Sang, Trần Hữu Quốc, Trịnh Văn Cường
- Ứng dụng công nghệ Lora trong truyền dữ liệu cho các hệ thống điều khiển và giám sát từ xa 139 Phạm Văn Hùng, Nguyễn Bá Khá, Trần Đức Hiệp
- Ứng dụng mô hình quản tính ắc dựa trên phương trình quay bộ biến đổi nguồn áp trong điều khiển tần số và điện áp lưới điện nhỏ 144 Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Thị Việt Hồng, Nguyễn Đức Huy
- Cảm biến chiếu sáng vùng hồng ngoại gắn sử dụng cấu trúc siêu bề mặt nano kim loại-điện môi-kim loại 150 Hoàng Thu Trang, Phạm Xuân Thành, Nguyễn Văn Ân, Đỗ Văn Quân, Phạm Thanh Sơn
- Mô hình hóa kênh truyền quang không dây sử dụng vệ tinh khí xem xét các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu năng kênh truyền 154 Phan Thị Thu Hằng
- Nghiên cứu, chế tạo hệ thống phát hiện bọt khí và đếm giọt trong ống truyền dịch 159 Lê Mạnh Long, Nguyễn Đức Hải
- Thiết kế bộ khuếch đại y sinh tạp âm thấp cùng vòng lặp giảm gợn sóng và vòng lặp DC servo sử dụng điện áp 0,8V 160 Trần Xuân Phương, Đỗ Quốc Bảo, Trần Quang Việt, Phạm Xuân Thành, Hoàng Mạnh Kha
- Tổng hợp giải đề bức xạ: Một giải pháp lấy cảm hứng từ tối ưu lời 166 Tống Văn Luyện, Hoàng Mạnh Kha, Nguyễn Văn Cường
- Xây dựng hệ thống điều khiển cho robot tự hành di chuyển trong nhà ứng dụng hệ điều hành ROS 170 Trần Bá Hiến, Bùi Thị Thu Hà, Hà Thị Kim Duyên, Trương Thị Bích Liên, Ngô Mạnh Tiến
- Xây dựng mô hình thực hành nhà máy thông minh trên nền PLC siemens kết hợp phần mềm mô phỏng plant simulation 177 Hà Thị Kim Duyên, Phạm Văn Hiệp, Nguyễn Đức Long, Nguyễn Thị Thu Hà, Đặng Cẩm Thuộc, Ngô Mạnh Tiến
- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo nhận dạng cảm xúc người giao tiếp cho robot dạy người 183 Tăng Xuân Biên, Nguyễn Đức Nam Bình, Lê Thanh Nga, Hà Thị Kim Duyên, Trần Đình Thống, Ngô Mạnh Tiến

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA KIỂU DÂY QUẤN STATO ĐẾN ĐẶC TÍNH KHỞI ĐỘNG CỦA LSPMSM 5,5kW 3000v/ph BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

STUDYING EFFECTS OF STATOR WINDING TYPES ON LINE-START PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTORS'S STARTING CURVE

Bùi Đức Hùng¹, Đỗ Như Ý²,
Lê Anh Tuấn^{3*}

TÓM TẮT

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp có hiệu suất cao đáp ứng các tiêu chuẩn đối với động cơ điện chất lượng cao là giải pháp thế thay thế phần cho động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc trong tương lai. Nhưng nhược điểm lớn nhất của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp chính là đặc tính khởi động yếu. Vì mặt phân loại, động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp được xếp vào họ động cơ tự khởi động. Tuy nhiên, nếu thiết kế không tốt động cơ không thể khởi động được với tải định mức thậm chí không khởi động được với tải nhỏ. Bài báo nghiên cứu và đánh giá khả năng khởi động của động cơ 5,5kW, tốc độ 3000v/ph bằng phương pháp số với một số cấu hình dây quấn khác nhau. Từ kết quả thu được bài báo đề xuất một số giải pháp nâng cao chất lượng khởi động cho LSPMSM trong thiết kế.

Từ khóa: động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp; nam châm vĩnh cửu; động cơ đồng bộ kiểu dây quấn; đặc tính khởi động.

ABSTRACT

Line start permanent magnet synchronous motors with high efficiency are one of alternative solutions to partially replace induction motors in the future. However, start-up capability of LSPMSM's is still a key factor in design and operation of these motors. In classification, line start permanent magnet synchronous motors are line start motors. However, with bad design these motors may not start themselves with normal load even small load. In this paper, the line start capability of LSPMSM of 5,5kW, 3000rpm in various winding types is studied by numerical method. As a result, some recommendations enhancing LSPMSM's start-up characteristics for motor design are proposed.

Keywords: Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motor; Permanent Magnet; Synchronous Motor; winding types; motor's starting curve.

¹Trường Điện - Điện tử, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Mỏ - Đại chất

³Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: leanthaand985@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/3/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 28/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 25/5/2022

KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
E	V/m	Cường độ điện trường
H	A/m	Cường độ từ trường
J	A/m ²	Mật độ dòng điện
D	C/m ²	Mật độ điện thông
P	C/m ³	Mật độ điện tích

CHỮ VIẾT TẮT

LSPMSM	Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motor
NCVC	Nam châm vĩnh cửu
FEM	Phương pháp phần tử hữu hạn
KDB	Không đồng bộ

1. GIỚI THIỆU

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motors-LSPMSM) trong thời gian gần đây được quan tâm nghiên cứu nhằm ứng dụng thay thế từng phần cho động cơ không đồng bộ (KDB) do có ưu điểm về hiệu suất và hệ số công suất cao trong vận hành. Tuy có ưu điểm về hiệu suất trong vận hành nhưng khả năng khởi động LSPMSM vẫn là nhược điểm lớn của động cơ. Giải quyết vấn đề khởi động LSPMSM được xem là then chốt trong việc quyết định sự phổ biến của dạng động cơ này.

Một LSPMSM điển hình có cấu tạo stato giống động cơ không đồng bộ, rôto có lồng sóc, rôto động cơ loại này có gắn thêm các thanh nam châm vĩnh cửu (NCVC) trên bề mặt hoặc gắn chìm trong lõi thép. Về thông số vận hành thì đặc tính khởi động, hiệu suất và hệ số công suất của LSPMSM phụ thuộc nhiều vào cấu hình của động cơ như cấu hình răng rãnh stato, rôto, cấu hình nam châm vĩnh cửu [1, 2, 3]. Vì thế, nghiên cứu các cấu hình động cơ đến đặc tính vận hành, nhằm đảm bảo hài hòa giữa đặc tính khởi

đồng, hiệu suất và hệ số công suất đang có tính thời sự để khắc phục nhược điểm của LSPMSM.

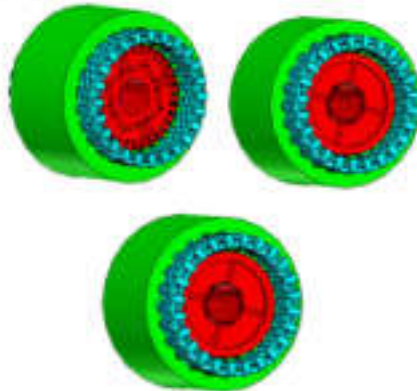
Hiện nay, động cơ KEB công suất 5,5kW (7,5Hp), tốc độ 3.000 vòng/phút là loại động cơ được sử dụng rất phổ biến trong các ứng dụng: quạt thông gió, máy nén khí, bơm,...[4]. Vì vậy, bài báo nghiên cứu đặc tính khởi động của LSPMSM 5,5kW, 3.000 vòng/phút để từ đó đánh giá khả năng ứng dụng LSPMSM thay thế cho động cơ không đồng bộ (KDB) có cùng công suất trong thời gian tới. Trong nội dung, bài báo tập trung nghiên cứu khả năng khởi động của LSPMSM 5,5kW với bốn kiểu dây quấn phổ biến. Bên cạnh đó để đảm bảo trong so sánh thì cấu trúc rãnh, sinh stato, rôto và cấu hình NCVC được giữ nguyên. Từ kết quả nghiên cứu, bài báo đề xuất cấu hình dây quấn thích hợp trong chế tạo LSPMSM 5,5kW, qua đó đánh giá khả năng ứng dụng động cơ trong thời gian tới.

Để đánh giá khả năng khởi động của LSPMSM, bài báo ứng dụng phần mềm Ansys/Maxwell2D để mô phỏng ba cấu hình dây quấn của LSPMSM 5,5kW 3 pha. Ở chế độ vận hành xác lập, phần mềm trên cũng được bài báo sử dụng để đánh giá hiệu suất của động cơ LSPMSM.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Một số cấu hình rôto LSMPMSM ứng dụng trong thực tế

Đến thời điểm hiện tại, về cơ bản stato động cơ LSPMSM có cấu tạo giống động cơ không đồng bộ, tuy nhiên trong lõi thép rôto có đặt các thanh NCVC. Một số cấu hình rôto điển hình của LSPMSM phổ biến hiện nay như hình 1.



Hình 1. Một số cấu tạo rôto LSPMSM với NCVC gắn chìm [1]

2.2. Mô phỏng các bài toán trường điện từ máy điện với FEM

Có nhiều phương pháp số được ứng dụng trong tính toán các bài toán liên quan đến trường điện từ của máy điện. Các phương pháp phổ biến nhất hiện nay là phương pháp sai phân hữu hạn (FDM-Finite Difference Method),

phương pháp phần tử biên (BEM-Boundary Element Method), phương pháp phần tử hữu hạn (FEM-Finite Element Method), phương pháp rời rạc (Discrete Element Method). Các phương pháp này đều cho phép giải gần đúng các bài toán liên quan đến phương trình vi phân riêng, ví dụ như bốn phương trình Maxwell mô tả các định luật trường điện từ [5].

Định luật Faraday về cảm ứng điện từ:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (1)$$

Trong đó, E là cường độ điện trường, B là mật độ từ trường.

Định luật Ampere về dòng điện chạy trong dây dẫn:

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (2)$$

Trong đó, H là cường độ từ trường, D là mật độ điện thông, J là mật độ dòng điện.

Định luật Gauss cho từ trường:

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (3)$$

Định luật Gauss cho điện trường:

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (4)$$

Trong các phương pháp số, phương pháp FDM và FEM được sử dụng rất phổ biến hơn khi phân tích kết cấu trường điện từ. Hai phương pháp này đều ứng dụng để giải các bài toán liên quan đến các hiện tượng vật lý về cơ, nhiệt, từ và điện. Nói chung, hai phương pháp này dựa trên sự rời rạc hóa không gian của một kết cấu thành các bề mặt vuông hoặc tam giác nhỏ trong không gian hai chiều hay thành các thể tích khối từ điện, lục diện trong không gian ba chiều. Trong đó, đỉnh các khối được gọi là các nút thể hiện giá trị các biến của hệ. Độ chính xác của các phương pháp vi thể sẽ liên quan trực tiếp đến độ mịn của các mắt lưới.

Tuy nhiên trên thực tế, FEM đã được khẳng định có độ chính xác cao khi ứng dụng giải các bài toán liên quan đến trường điện từ trong mô phỏng máy điện [2, 6]. Vì vậy, trong nghiên cứu bài báo sử dụng phần mềm ứng dụng FEM để mô phỏng khảo sát các đặc tính khởi động với các cấu hình dây quấn khác nhau của LSPMSM 5,5kW, 3000 vòng/phút. Phần mềm trên cũng được bài báo sử dụng để đánh giá hiệu suất làm việc của động cơ LSPMSM ở chế độ vận hành xác lập.

2.3. Cấu hình dây quấn stato

Dây quấn phản ứng là phần mạch điện, là phần không thể tách rời của các máy điện nói chung và máy điện quay nói riêng [7, 8]. Trong máy điện quay, dây quấn là một bộ phận kết cấu mà ở đó thực hiện việc biến đổi năng lượng điện - cơ. Trong máy điện KEB, dây quấn có nhiệm vụ tạo ra từ trường ở khe hở không khí lúc không tải. Khi cấp nguồn cho động cơ KEB ba pha sẽ có dòng điện ba pha chạy trong dây quấn. Từ trường tổng do dòng điện ba pha này sinh ra là từ trường quay. Từ trường quay móc vòng với dây quấn stato và rôto, là từ trường chính tham gia với quá

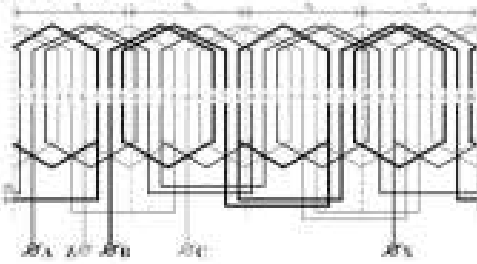
trình biến đổi năng lượng. Dây quấn stato động cơ KEBB ba pha có kết cấu như hình 2.



Hình 2. Dây quấn stato động cơ KEBB 3 pha

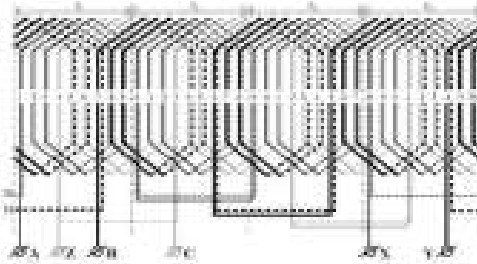
Đối với máy điện KEBB ba pha, trong thực tế, có rất nhiều kiểu dây quấn máy điện xoay chiều, ở đây chỉ đề cập đến một số kiểu dây quấn

- Dây quấn 1 lớp: Trong mỗi rãnh chỉ đặt một cạnh của một bó dây, và mỗi bó dây có hai cạnh tác dụng nên đối với dây quấn một lớp số bó dây $S = 2Z/2$, trong đó Z là số rãnh stato. Hình 3 là sơ đồ dây quấn 1 lớp của động cơ ba pha có $Z = 36, 2p = 4$.



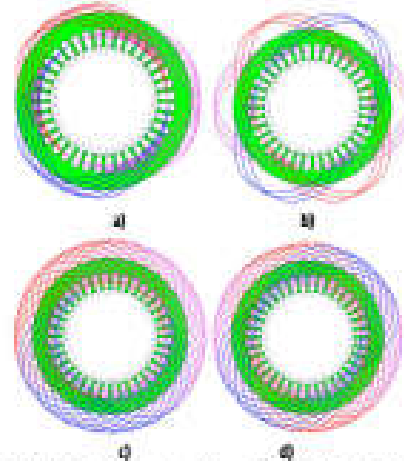
Hình 3. Dây quấn 1 lớp, $Z = 36, 2p = 4, m = 3, a = 1$

- Dây quấn 2 lớp: Trong mỗi rãnh đặt hai cạnh tác dụng, và mỗi bó dây có hai cạnh tác dụng, như vậy số bó dây bằng số rãnh $S = Z$, trong đó Z là số rãnh stato. Khi quấn dây, cạnh thứ nhất của mỗi bó dây được đặt ở lớp trên của một rãnh, còn cạnh thứ hai được đặt ở lớp dưới của một rãnh khác với khoảng cách y giữa hai cạnh bó dây hay bước dây bằng hoặc gần bằng bước cực từ τ . Hình 4 là sơ đồ dây quấn 2 lớp của động cơ ba pha có $Z = 36, 2p = 4$.



Hình 4. Dây quấn 2 lớp, $Z = 36, 2p = 4, m = 3, a = 1$

Thông thường, LSPMSM là sự cải tiến từ động cơ không đồng bộ. Trong đó cấu hình rãnh, rãnh, dây quấn stato giữ nguyên, rôto được hiệu chỉnh bằng cách đặt thêm các thanh NCV. Với động cơ KEBB 5,5kW, 36 rãnh, 3.000 vòng/phút thông thường stato có một số kiểu dây quấn như hình 5.



Hình 5. Một số kiểu dây quấn stato động cơ KEBB 5,5kW, $Z = 36$ với 4 cặp cực

a) Dây quấn đồng khuôn 1 lớp tập trung; b) Dây quấn đồng khuôn 1 lớp phân tán; c) Dây quấn đồng khuôn 2 lớp tập trung; d) Dây quấn đồng khuôn 2 lớp phân tán.

Các kiểu dây quấn khác nhau sẽ dẫn đến các đặc tính làm việc khác nhau. Tại các phần sau bài báo sẽ nghiên cứu các dạng dây quấn khác nhau ảnh hưởng đến đặc tính khởi động của động cơ LSPMSM 5,5kW, 3.000 vòng/phút.

2.4. Ứng dụng Ansys/Maxwell 2D mô phỏng LSPMSM 5,5kW 3.000 vòng/phút

2.4.1. Cấu hình LSPMSM mô phỏng

LSPMSM 5,5kW, tốc độ 3.000 vòng/phút thử nghiệm được sử dụng trong mô phỏng có thông số như bảng 1.

Bảng 1. Thông số LSPMSM thử nghiệm

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Công suất	P	5,5	W
Điện áp định mức T/Δ	U_{Δ}	490/380	V
Tốc độ	n_{Δ}	3.000	Vòng/phút
Đường kính trong stato	D_{Δ}	200	mm
Số rãnh stato		36	
Số rãnh rôto		28	
Chiều dài khe hở không khí	δ	0,4	mm
Tần số nguồn	f	50	Hz
Chất loại NCV	NdFeB		
Kích thước NCV định xứ		28x5x15	mm
Mômen tải định mức	M_{Δ}	17,5	N.m

3. KẾT LUẬN

Từ kết quả phân tích sau khi mô phỏng LSPMSM 5,5kW, 3.000 vòng/phút thử nghiệm với bốn kiểu dây quấn stato khác nhau, có thể rút ra một số kết luận để nâng cao chất lượng khởi động và hiệu suất vận hành cho LSPMSM như sau:

- Về đặc tính khởi động: Kiểu dây quấn phân tán cho chất lượng tốt hơn so với kiểu dây quấn tập trung, thời gian đi vào tốc độ đồng bộ nhanh hơn. Bên cạnh đó kiểu dây quấn 2 lớp cũng cho thời gian khởi động nhanh hơn kiểu dây quấn 1 lớp. Như vậy, đối với LSPMSM nhược điểm là đặc tính khởi động kém thì nên dùng dây quấn kiểu 2 lớp để nâng cao chất lượng khởi động cho động cơ.

- Về hiệu suất: Kiểu dây quấn 1 lớp phân tán và 2 lớp phân tán đều cho hiệu suất làm việc xác lập như nhau (~88%). Hiệu suất của LSPMSM với kiểu dây quấn phân tán cho hiệu suất làm việc tốt hơn kiểu dây quấn tập trung (~80%). Kiểu dây quấn tập trung thậm chí còn có hiệu suất làm việc ở chế độ xác lập thấp hơn động cơ KEB có cùng công suất.

Tóm lại, trong thực tế chế tạo LSPMSM, để nâng cao đặc tính khởi động và hiệu suất làm việc thì nên lựa chọn kiểu dây quấn 2 lớp phân tán là tối ưu. Ngoài ra, với hiệu suất làm việc của LSPMSM trong trường hợp này tăng đáng kể so với hiệu suất của động cơ KEB tương ứng thì khả năng ứng dụng LSPMSM trong thực tế là khả quan.

AUTHORS INFORMATION

Bai Duc Hung¹, Do Nhu Y², Lu Anh Tuan³

¹School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology

²Faculty of Electro - Mechanics, Hanoi University of Mining and Geology

³Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Nekoubin, 2011. Design a Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor and Analysis Effect of the Rotor Structure on the Efficiency. World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol.5, No.9, pp. 1179-1183.
- [2]. V. Elizanova, 2016. Optimal Design of Line Start Permanent Magnet Synchronous Motors of High Efficiency. Doctoral Thesis, Université Lille-de-France.
- [3]. U. Demir, M.C. Aköner, 2017. Using Taguchi method in defining critical rotor pole data of Lspmsm considering the power factor and efficiency. Tehnicki Vjesnik 2.
- [4]. Yuan Hang Hu, An Ning Yu, Lian Ming Wang, 2012. A Novel Loading Method for Electric Motors Using AC Synchronous Generators. 2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, ICCSEE 2012. 1. 10.1109/ICCSEE.2012.120.
- [5]. CompleteMaxwell3D_V15, 2010.
- [6]. W. Zhao, M. Tian, X. Wang, Y. Sun, 2008. Analysis of the Synchronization Process and the Synchronization Capability for a Novel 6/8-Pole Changing LSPMSM. IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 56, NO. 2, pp. 1-6.
- [7]. Vu Gia Hanh, Tran Khanh Ha, Phan Tu Thu, Nguyen Van Sau, 2004. Máy điện 1, 2. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
- [8]. Bai Duc Hung, Trieu Viet Linh, 2009. Máy điện 1, 2. Vietnam Education Publishing House.