



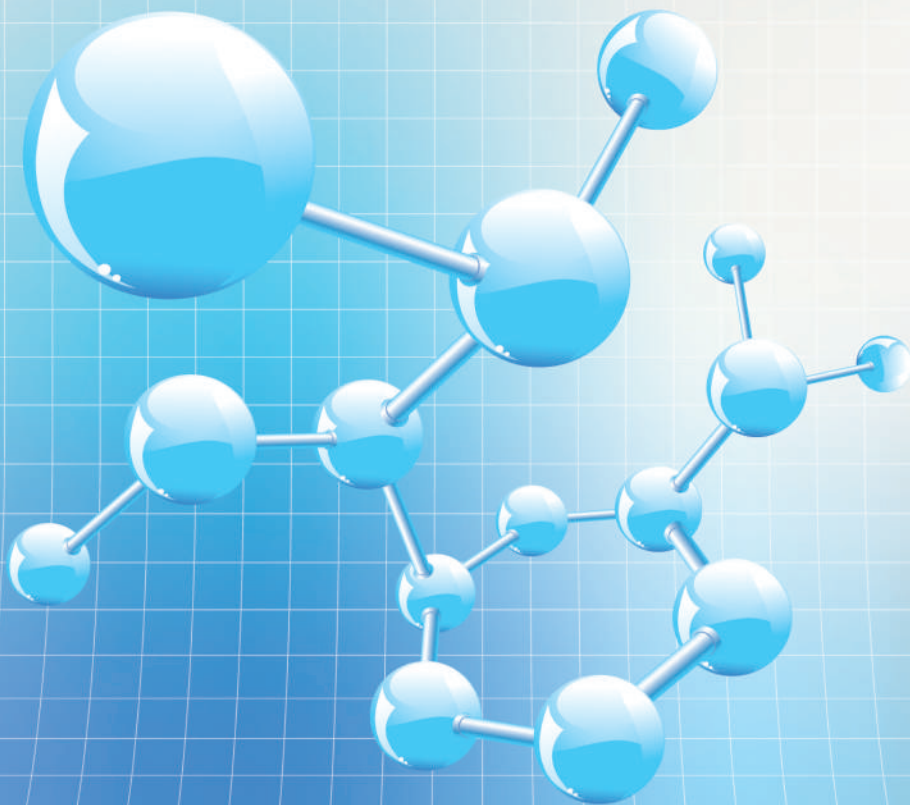
**Tạp chí**

# **NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

**ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

**SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY**

**P. ISSN 1859-4190  
E. ISSN 2815-553X**



**Số 1 (93)**

**2026**

**P. ISSN 1859-4190**  
**E. ISSN 2815-553X**

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

**TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên - Chủ tịch Hội đồng**

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

**Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman**

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Banh Tien Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

**Địa chỉ Tòa soạn:**

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/>Email: [tapchikhcn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhcn@saodo.edu.vn).

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

**LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA**

Nghiên cứu sử dụng các bộ lọc thụ động cho lưới điện PV nhằm giảm sóng hài	5	Tạ Thị Mai
Phân tích các đặc tính chính của máy điện từ kháng hai khối làm việc ở chế độ động cơ - máy phát	12	Phạm Công Tảo Phạm Thị Hoan
Mô phỏng tán xạ sóng điện từ 2D sử dụng lớp hấp thụ hoàn hảo	19	Mạc Thị Nguyên
Ứng dụng học sâu (Deep Learning) trong bài toán dự báo công suất tiêu thụ của phụ tải điện công nghiệp	25	Phạm Văn Tài
Phương pháp điều khiển giám sát hệ thống sự kiện rời rạc trên PLC	32	Nguyễn Thị Quyên Vũ Bảo Tạo

**LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC**

Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến hình dạng mối hàn khi hàn thép SS400 bằng công nghệ hàn MAG tự động	38	Nguyễn Hữu Chấn
Ảnh hưởng của tốc độ làm việc đến khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn	44	Nguyễn Đình Cường
Ứng dụng lý thuyết phiếm hàm mật độ trong tính toán tối ưu cấu trúc và đặc tính cơ - lý của vật liệu 2D	51	Trần Thế Quang Phạm Thị Thanh Giang Dương Thị Loan Vũ Khắc Hưng Vũ Văn Tản
Ảnh hưởng của loại dầu ATF và điều kiện vận hành đến quá trình phát nhiệt của biến mô thủy lực GM 258 mm	57	Nguyễn Lương Căn Lê Đức Thắng Đỗ Tiến Quyết
Mô phỏng quá trình thấm - tôi Carbonitriding và sự hình thành ứng suất dư trên bánh răng thép C20	63	Mạc Văn Giang Đào Văn Kiên Ngô Hữu Mạnh

**NGÀNH KINH TẾ**

- Lợi thế so sánh và tăng trưởng kinh tế vùng của Việt Nam giai đoạn 2025-2030 70 Nguyễn Minh Tuấn  
Phạm Thị Hồng Hoa
- Các nhân tố ảnh hưởng đến phát triển năng lực số của đội ngũ quản lý cấp trung tại các công ty, đơn vị thuộc Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) 77 Trần Xuân Chiến
- Phát triển kỹ năng số của lực lượng lao động Việt Nam trong thời đại số: thực trạng và hàm ý chính sách 84 Vũ Thị Lý  
Nguyễn Thị Quỳnh
- Tác động của chuyển đổi số tới hoạt động của các doanh nghiệp bán lẻ tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức 90 Vũ Thị Thanh Thủy
- Hoàn thiện công tác kế toán thuế trong điều kiện các chính sách thuế thay đổi theo hướng chuyển đổi số tại một số doanh nghiệp nhỏ và vừa trên địa bàn phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng 96 Nguyễn Thị Quỳnh  
Đinh Thị Kim Thiết  
Vũ Thị Lý  
Hoàng Thị Bích Ngọc  
Đoàn Thị Thu Hằng

**LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC**

- Đổi mới phương pháp giảng dạy các môn khoa học Mác - Lênin trong thời đại số 102 Nguyễn Thị Nhan
- Quan điểm của chủ nghĩa Mác - Lênin về con người và sự vận dụng của quan điểm đó ở Việt Nam hiện nay 108 Trần Thị Hồng Nhung  
Nguyễn Chí Dũng  
Nguyễn Vinh Diện  
Trần Thị Hiền
- Tư tưởng của Lênin về sử dụng các chuyên gia tư sản và sự vận dụng của Đảng ta trong xây dựng, phát triển đội ngũ trí thức Việt Nam hiện nay 113 Phạm Văn Dự  
Vũ Thị Quyên  
Nguyễn Thị Diễm  
Dương Thị Thanh
- Vai trò của triết học đối với sự hình thành tư duy phản biện cho sinh viên đại học hiện nay 118 Trần Thị Hồng Nhung  
Vũ Văn Đông  
Nguyễn Vinh Diện
- Tư tưởng Hồ Chí Minh về con người với việc phát huy vai trò của giảng viên đại học trước tác động của ChatGPT hiện nay 124 Trần Mai Ước  
Nguyễn Thị Kim Nguyên

**TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION**

Research on the use of passive filters for PV grids to reduce harmonics	5	Ta Thi Mai
Analysis of the main characteristics of the two - package switched reluctance machine operating in motor - generator mode	12	Pham Cong Tao Pham Thi Hoan
Simulation of 2D electromagnetic wave scattering using perfectly matched layer	19	Mac Thi Nguyen
Application of deep learning in the problem of forecasting power consumption of industrial electricity loads	25	Pham Van Tai
A supervisory control method for discrete event system on PLC	32	Nguyen Thi Quyen Vu Bao Tao

**TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING**

Study on factors affecting weld bead geometry in automatic MAG welding of SS400 steel	38	Nguyen Huu Chan
Effect of sliding speed on the self-repairing behavior of TiC nanoparticle additives in lubricating oil	44	Nguyen Dinh Cuong
Application of density functional theory in structural optimization and mechanical-physical property calculations of 2D materials	51	Tran The Quang Pham Thi Thanh Giang Duong Thi Loan Vu Khắc Hưng Vu Van Tan
Effect of ATF type and operating conditions on heat generation in the GM 258 mm torque converter	57	Nguyen Luong Can Le Duc Thang Do Tien Quyet
Simulation of the carbonitriding quenching process and residual stress formation in C20 steel gears	63	Mac Van Giang Dao Van Kien Ngo Huu Manh

**TITLE FOR ECONOMICS**

- Vietnam's comparative advantages and regional economic growth during the period 2025-2030 70 Nguyen Minh Tuan  
Pham Thi Hong Hoa
- Factors affecting the development of digital competence of middle management teams in companies and units under Vietnam national Coal - Mineral industries holding corporation limited (TKV) 77 Tran Xuan Chien
- Developing digital skills of Vietnam's workforce in the digital age: Current situation and policy implications 84 Vu Thi Ly  
Nguyen Thi Quynh
- The impact of digital transformation on retail businesses in Vietnam: Opportunities and challenges 90 Vu Thi Thanh Thuy
- Improving tax accounting practices under the digital transformation of tax policies in small and medium-sized enterprises in Chu Van An ward, Hai Phong city 96 Nguyen Thi Quynh  
Dinh Thi Kim Thiet  
Vu Thi Ly  
Hoang Thi Bich Ngoc  
Doan Thi Thu Hang

**TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE**

- Innovation in teaching methods Marxist-Leninist political theory in the digital age 102 Nguyen Thi Nhan
- The Marxist - Leninist view on humans and the application of that perspective in Vietnam today 108 Tran Thi Hong Nhung  
Nguyen Chi Dung  
Nguyen Vinh Dien  
Tran Thi Hien
- V.I. Lenin's thoughts on utilizing bourgeois experts and the Party's application of them in training, nurturing and attracting the current intellectual team 113 Pham Van Du  
Vu Thi Quyen  
Nguyen Thi Diem  
Duong Thi Thanh
- The role of philosophy in the formation of critical thinking for today's university students 118 Tran Thi Hong Nhung  
Vu Van Dong  
Nguyen Vinh Dien
- Ho Chi Minh's thought on people with promoting the role of university lecturers in the face of the impact of ChatGPT today 124 Tran Mai Uoc  
Nguyen Thi Kim Nguyen

# Phân tích các đặc tính chính của máy điện từ kháng hai khối làm việc ở chế độ động cơ - máy phát

## Analysis of the main characteristics of the two - package switched reluctance machine operating in motor - generator mode

Phạm Công Tào\*, Phạm Thị Hoan

\*Tác giả liên hệ: tao.phamcong@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 20/6/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/12/2025

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2026

### Tóm tắt

Máy điện từ kháng (Switched Reluctance Machine \_SRM) được biết đến từ thế kỷ XIX nhưng khi đó SRM không được phát triển và không được sử dụng nhiều vì việc điều khiển nó rất phức tạp, có sự không bằng phẳng của mô men, gây ra tiếng ồn khi làm việc. Nhờ sự phát triển nhanh chóng của công nghệ bán dẫn và vi điều khiển đã ảnh hưởng, quyết định đến sự phát triển của máy điện từ kháng và đã làm thay đổi trong quá trình sản xuất và sinh hoạt hàng ngày của con người. Bài báo này nghiên cứu sự tác động của các góc đóng cắt (góc chuyển mạch) làm thay đổi dòng điện, điện áp, hiệu suất và đặc tính nhiệt của động cơ, máy phát điện từ kháng. Nghiên cứu thực nghiệm trạng thái nhiệt của máy điện từ kháng hai khối, cũng như động cơ điện từ kháng làm việc dưới điều kiện tải thực tế và đánh giá ảnh hưởng của cách điều khiển và phương pháp làm mát đến trạng thái nhiệt của SRM.

**Từ khóa:** Động cơ từ kháng; máy phát từ kháng; máy hai khối; thử nghiệm nhiệt.

### Abstract

The Switched Reluctance Machine (SRM) has been known since the 19<sup>th</sup> century, however at that time it was not further developed or widely applied due to the complexity of its control, the torque ripple, and the noise generated during operation. Thanks to the rapid advancement of semiconductor technology and microcontrollers, SRM technology has experienced significant progress, which has greatly influenced its development and contributed to changes in both industrial production and daily life. This paper investigates the impact of turn-on and turn-off angles (commutation angles) on the current, voltage, efficiency, and thermal characteristics of SRM motors and generators. Experimental studies are carried out on the thermal state of a two-stack SRM as well as SRM motors operating under actual load conditions, with an evaluation of the influence of control strategies and cooling methods on the thermal performance of SRM.

**Keywords:** Switched reluctance motor; switched reluctance generator; dual-stack machine, thermal testing.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy điện từ kháng (SRM) có một số ưu điểm nổi bật như: Rotor không có cuộn dây, không có nam châm vĩnh cửu cho nên cấu tạo chắc chắn, dễ chế tạo và ít hỏng hóc và SRM có thể hoạt động trong môi trường khắc nghiệt như bụi bẩn, nhiệt độ cao, rung động... SRM có thể đạt hiệu suất cao trong vùng tốc độ trung bình đến cao, đặc biệt phù hợp với ứng dụng tải thay đổi, dễ dàng điều khiển từ tốc độ thấp đến cao thông qua thay đổi góc đóng cắt và điện áp nguồn cấp. Có thể dễ dàng chuyển đổi giữa chế độ động cơ và máy phát.

Sự phát triển của công nghệ tính toán cho phép mô hình hóa các hệ thống điện cơ phức tạp kể cả đối với hệ thống điện cơ của máy điện từ kháng, với độ chính xác cao dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn (*Finite Element Method \_FEM*). Yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng tính toán các đặc tính điện từ là độ chính xác của tính toán từ trường. Trong các tài liệu [1-3] đưa ra các mô hình toán học hiện đại của máy điện từ kháng (*Switched Reluctance Machine\_SRM*), nhưng trong đó không đưa ra đánh giá nhiệt độ trong các bộ phận của máy điện từ kháng.

Trong nghiên cứu này nhiệm vụ công việc đặt ra là đánh giá hiệu quả của hệ thống làm mát SRM công suất 750 kW ở chế độ động cơ điện và máy phát điện và đã tiến hành một loạt thử nghiệm ở tốc độ quay

Người phản biện: 1. GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn  
2. TS. Nguyễn Trọng Các

khác nhau và các mức tải khác nhau, có chế độ tải tương hỗ (một khối làm việc ở chế độ động cơ, khối còn lại hoạt động ở chế độ máy phát).

Để đánh giá sự phân bố của các dòng nhiệt trong máy, đã lắp đặt 5 cảm biến nhiệt độ.

Nhiệt độ không khí trong khối động cơ; Nhiệt độ không khí của quạt bên trong; Nhiệt độ không khí trong khối máy phát; Nhiệt độ lõi thép của khối máy phát; Nhiệt độ cuộn dây của khối máy phát. Các phép đo nhiệt độ còn lại được thực hiện bằng camera nhiệt.

Nhiệm vụ tiếp theo của nghiên cứu này là đưa ra các kết quả thực nghiệm các chế độ nhiệt với các thông số của máy điện SRM-750 kW như là dòng điện, điện áp và mômen quay. Kết quả thực nghiệm được biểu thị bởi các dao động khẳng định rằng chế độ làm việc ổn định khi hai khối máy chịu tải lẫn nhau.

## 2. CÁC THÔNG SỐ VÀ HỆ THỐNG THỬ NGHIỆM MÁY ĐIỆN TỬ KHÁNG 750 KW

### 2.1. Thông số của máy điện tử kháng 750 kW

Các thông số cơ bản của SRM-750 kW được đưa ra trong Bảng 1 [1, 4, 6].

Bảng 1. Các thông số cơ bản của SRM-750 kW

Các thông số	Giá trị
Tần số quay định mức (vòng/phút)	1.500
Số pha	3
Số khối	2
Điện áp định mức (V)	400
Số răng stator	18
Số răng rotor	12
Số mạch nhánh song song	6
Số cực	18

### 2.2. Sơ đồ thực nghiệm máy điện tử kháng SRM-750 kW

#### a. Thử nghiệm hệ thống động cơ - máy phát điện tử kháng SRM-SRG

Các thử nghiệm đã được thực hiện với nhiều cấu hình hệ thống làm mát khác nhau cho SRM-750 kW cũng như với các góc điều khiển khác nhau. Đối với mỗi thử nghiệm, các đường cong nhiệt độ tăng của các phần tử tác động và các bộ phận kết cấu đã được xây dựng.



Hình 1. Sơ đồ khối động cơ từ kháng hai khối SRM -750

Trên Hình 1 là sơ đồ khối SRM-750.

Thông thường thiết bị tải được sử dụng là hệ truyền động điện điều chỉnh được, có khả năng hoạt động ở chế độ máy phát và hoàn trả năng lượng điện về lưới điện hoặc tiêu thụ cho một tải khác. Trong nghiên cứu này, sử dụng phương pháp tự tải giữa hai máy giống hệt nhau.

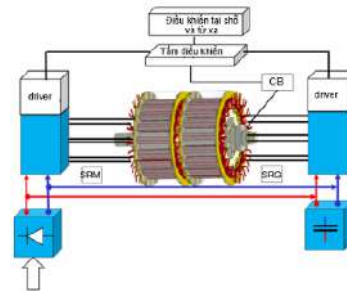
Sơ đồ cấu trúc của hệ thống SRM-SRG (Switched Reluctance Generator) trong quá trình thử nghiệm bằng phương pháp tương hỗ tải giữa hai máy giống nhau được thể hiện trong Hình 3.

Bộ biến đổi điện tử dùng để đóng ngắt cuộn dây của động cơ từ kháng (SRM) là một bộ biến đổi độc lập, được cấu hình theo sơ đồ cầu không đối xứng.

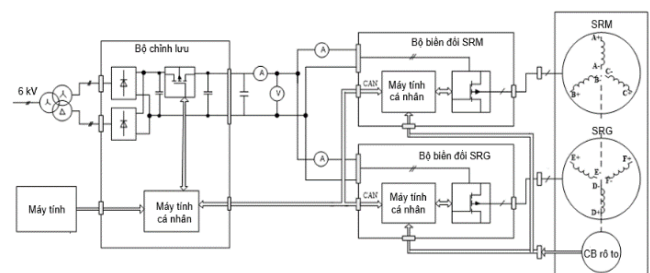
Hệ thống điều khiển tự động của SRM có vòng phản hồi vị trí rotor, được thực hiện thông qua cảm biến vị trí rotor (rotor position sensor\_DPR) và đĩa mã hóa gắn kèm. DPR theo dõi chính xác và rõ ràng chuyển động của rotor để thực hiện đóng ngắt pha đúng thời điểm.

Một trong hai khối của SRM tạo mô men quay cho hệ thống, trong khi khối còn lại hoạt động như một máy phát (SRG), phát điện cung cấp lại cho khối SRM thông qua liên kết một chiều. Mạng điện lưới ngoài sẽ bù cho tất cả các loại tổn thất trong hệ thống SRM-SRG.

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống SRM-SRG khi thử nghiệm với hai máy giống nhau theo phương pháp tương hỗ tải được đưa ra trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ chức năng của hệ thống SRM-SRG khi thử nghiệm theo phương pháp tương hỗ tải giữa hai máy giống nhau

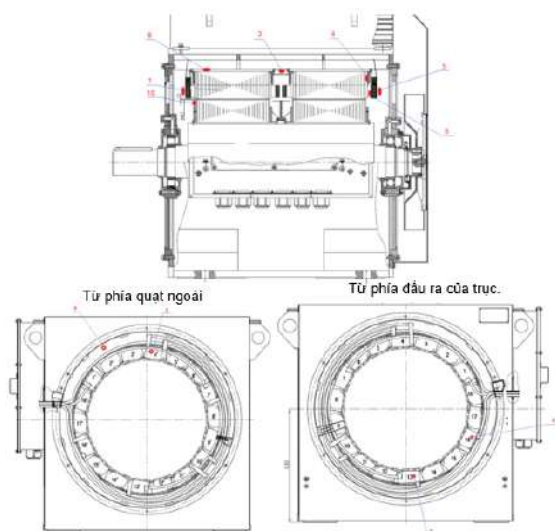


Hình 3. Sơ đồ điện tổng quát của hệ thống SRM- SRG

Trong đó:

Các pha A, B, C thuộc về động cơ;

Các pha D, E, F thuộc về máy phát.



Hình 4. Vị trí các cảm biến nhiệt độ SRM-750 và các điểm được đo bằng camera nhiệt

Để đánh giá sự phân bố nhiệt trong máy, đã lắp đặt 5 cảm biến nhiệt độ: Nhiệt độ không khí trong khối động cơ (T- KK SRM); Nhiệt độ không khí của quạt bên trong (T- KK Q); Nhiệt độ không khí trong khối máy phát (T- KK SRG); Nhiệt độ lõi thép của khối máy phát (T- LT SRG); Nhiệt độ cuộn dây của khối máy phát (T- CD SRG). Các phép đo nhiệt độ còn lại được thực hiện bằng camera nhiệt: Nhiệt độ cuộn dây số 1 của khối động cơ (T- CD1 SRM); Nhiệt độ cuộn dây số 2 của khối động cơ (T- CD2 SRM); Nhiệt độ trực phía làm việc của SRM/SRG (T-T SRM/SRG); Nhiệt độ lõi thép của khối động cơ (T- LT SRM); Nhiệt độ Rotor phía khối động cơ (T- rotor SRM).

### 3. PHÂN TÍCH CÁC ĐẶC TÍNH CHÍNH CỦA MÁY ĐIỆN TỪ KHÁNG HAI KHỐI HOẠT ĐỘNG Ở CHẾ ĐỘ MÁY PHÁT - ĐỘNG CƠ

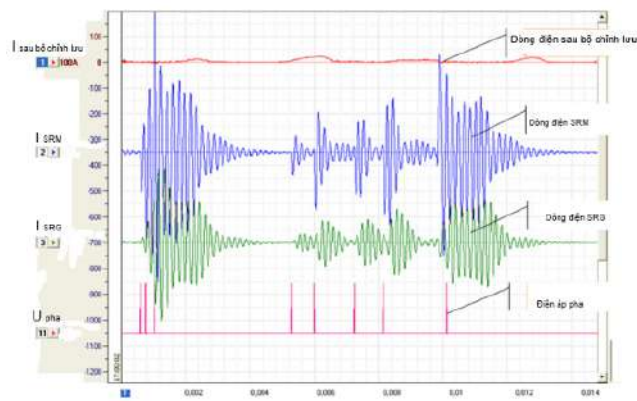
Ở giai đoạn thử nghiệm sơ bộ khi rotor đứng yên, đã phát hiện được các điều kiện gây ra dao động tần số cao trong dòng điện đầu vào của các bộ biến đổi. Biên độ của các dao động này vượt đáng kể giá trị dòng điện pha ổn định đã đặt trước.

Các dao động này được gây ra bởi các xung ngắn khi đóng pha.

Tần số dao động vào khoảng 5 kHz.

Dao động dòng điện đầu vào của các bộ biến đổi gần như ngược pha với nhau.

Nguyên nhân gây ra dao động dòng điện trong SRM là đặc tính từ thay đổi rất mạnh theo vị trí rotor: Khe hở không khí thay đổi liên tục dẫn đến độ từ dẫn (Reluctance) thay đổi theo góc rotor dẫn đến điện cảm L biến thiên mạnh, khi L biến thiên mạnh dẫn đến dao động dòng điện I. Khi đóng/cắt các van bán dẫn làm cho cuộn dây stato tích, phóng năng lượng cũng làm cho dòng điện biến đổi.



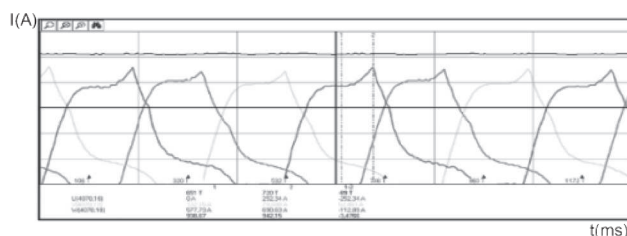
Hình 5. Dao động dòng điện của mạch một chiều sau chỉnh lưu của động cơ và máy phát

Để duy trì dòng điện không đổi trong pha khi rotor đứng yên, cần có các xung điện áp dương cực ngắn được đưa vào pha. Điều này gây ra các xung dòng điện tương ứng giữa đầu vào của bộ biến đổi và các tụ lọc trong mạch một chiều.

Sự tương tác giữa độ tự cảm của các thanh dẫn nối và hệ thống tụ điện phân bố không gian dẫn đến quá trình dao động phức tạp với hiện tượng phát sinh và tắt dần của dao động. Việc cải tiến thuật toán làm việc của bộ điều chỉnh dòng kiểu roler (bằng cách sử dụng các ngưỡng đặt và giới hạn tần số chuyển mạch). Dao động dòng điện của mạch một chiều sau chỉnh lưu, dòng điện động cơ và máy phát sau khi cải tiến được thể hiện ở Hình 5.

Trong giai đoạn đầu của công tác chạy thử - hiệu chỉnh, để đảm bảo vận hành tin cậy của hệ truyền động trong hệ thống động cơ - máy phát, việc lựa chọn các góc điều khiển ở tốc độ định mức được thực hiện nhằm đạt giá trị nhỏ nhất của tín hiệu đặt cho bộ điều chỉnh dòng điện.

Với các góc điều khiển được chọn thông qua thực nghiệm, đã tiến hành thử nghiệm với tổng công suất cơ là 600 kW, có thổi không khí môi trường vào các khoang bên trong của máy để làm mát.

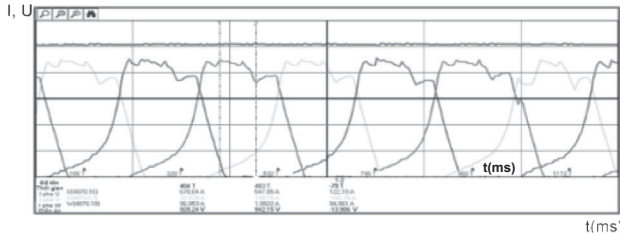


Hình 6. Dạng sóng dao động của khối động cơ khi làm việc ở công suất 300 kW,  $n = 750$  vòng/phút

Hình 6 cho thấy dao động của khối động cơ ở công suất 300 kW, với tốc độ quay 750 vòng/phút, làm việc ở chế độ một khóa với dòng điện hiệu dụng các pha là 260 A. Trong Hình 6 thấy rằng dòng điện tăng lên vào thời điểm ngắt một khóa của sơ đồ nửa cầu [5]. Dạng dòng điện ở đoạn này đặc trưng cho hiện tượng bão

hòa của thép và hậu quả là gây ra tổn thất thêm trong thép. Biên độ dòng điện pha khác nhau là do bộ điều chỉnh tốc độ bị ép ra khỏi vùng điều chỉnh bằng cách tăng tải.

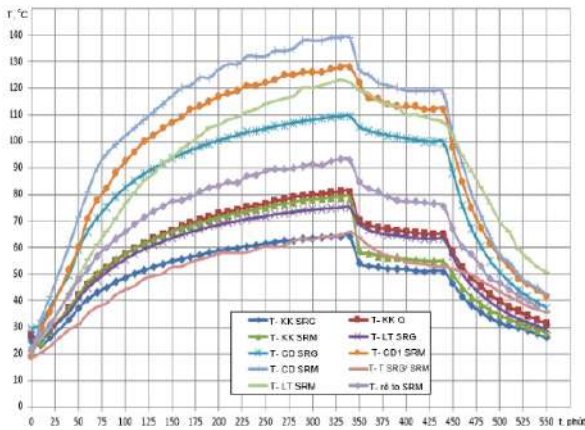
Khởi máy phát động trong chế độ giới hạn dòng, với dòng điện hiệu dụng các pha là 290 A, dao động được thể hiện trên Hình 7.



Hình 7. Biểu đồ dòng điện và điện áp của máy phát điện làm việc ở công suất 300 kW, n = 750 vòng/phút

Trên Hình 7 trình bày hoạt động của máy phát điện trong chế độ giới hạn dòng điện.

Tiến hành đo nhiệt tại các vị trí của máy điện tử kháng được thể hiện trên Hình 8.



Hình 8. Đồ thị gia nhiệt của động cơ SRM-750 khi hoạt động ở công suất 600 kW, n = 750 vòng/phút khi các góc điều khiển được chọn bằng phương pháp thực nghiệm

Đối với chế độ hoạt động này, đã tiến hành tính toán tổn hao trên dây đồng của tất cả các pha, tổng tổn hao trên dây đồng là 3.100 W. Tổn hao trên thép được tính theo mô hình mô tả trong [5, 6], với kết quả là 26.000 W. Hiệu suất (h) trong chế độ này đạt 93% (không trừ tổn hao trong bộ biến đổi khỏi tổng tổn hao).

Trạng thái nhiệt ổn định đạt được sau 300 phút hoạt động và nhiệt độ cao nhất được ghi nhận tại cuộn dây của bộ phận máy phát, nằm ở điểm thấp nhất về mặt vật lý, với giá trị là 111°C.

Sau khi phân tích các kết quả thử nghiệm nhiệt, đã quyết định nâng cấp hệ thống làm mát của động cơ. Các cải tiến bao gồm:

- + Giảm nhiệt tại các vòng ép của rotor bằng cách sử dụng vật liệu thép không gỉ.
- + Lắp đặt cánh gió có định hình bằng thép không gỉ lên rotor.

+ Thay đổi cấu trúc bộ làm mát và cung cấp luồng khí thổi vào các khoang trong cùng của máy, đồng thời thổi khí nóng từ phần giữa máy ra môi trường bên ngoài.

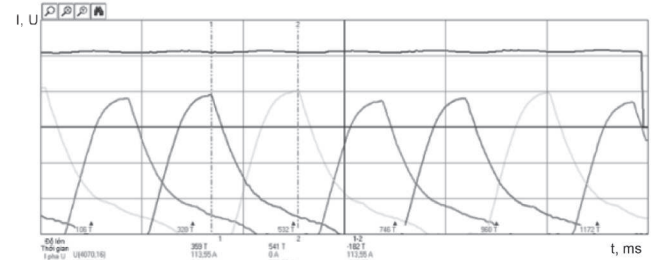
Các thử nghiệm tiếp theo được thực hiện với các góc điều khiển được tính toán theo [11], nhằm nâng cao hiệu suất (giảm tổn hao) và giảm dao động điện áp trên mạch một chiều sau chỉnh lưu. Về mặt vật lý, máy phát điện được bố trí ở phía cảm biến vị trí rotor, còn động cơ được bố trí ở đầu làm việc của trục.



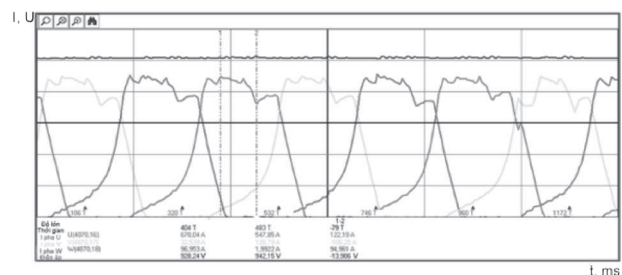
Hình 9. Hình dạng bên ngoài của SRM-750 với bộ làm mát dạng ống

Ban đầu, trong hệ thống làm mát của SRM-750 với kiểu tự thông gió kín, có bố trí bộ làm mát dạng ống ở phần trên của động cơ (Hình 9), được thông gió bằng không khí bên ngoài nhờ cánh quạt của quạt ngoài gắn trên trục ở phía đối diện với đầu làm việc của trục.

Thử nghiệm với các góc điều khiển đã chọn cho công suất 600 kW cho thấy dòng điện hiệu dụng của các pha trong bộ động cơ là 375 A, còn trong bộ phát điện là 340 A. Việc điều khiển trong chế độ này được thực hiện theo chế độ một khóa (một van bán dẫn hoạt động) cho cả bộ động cơ và bộ phát điện, như thể hiện trên Hình 10 và Hình 11.



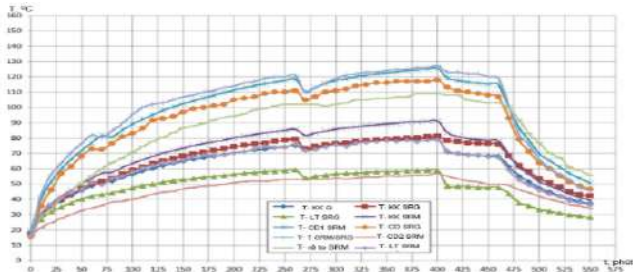
Hình 10. Biểu đồ dao động dòng điện và điện áp khi máy hoạt động ở chế độ động cơ với công suất 300 kW, n = 750 vòng/phút



Hình 11. Biểu đồ dao động dòng điện và điện áp khi máy hoạt động ở chế độ máy phát điện ở công suất 300 kW, n = 750 vòng/phút

Trong chế độ điều khiển này, tổng tổn hao trên dây đồng là 5.200 W. Tổn hao trên thép được tính toán theo mô hình và đạt giá trị 18.000 W. Hiệu suất ( $\eta$ ) trong chế độ hoạt động này là 93,4% (tổn hao trong bộ biến đổi không được trừ khỏi tổng tổn hao).

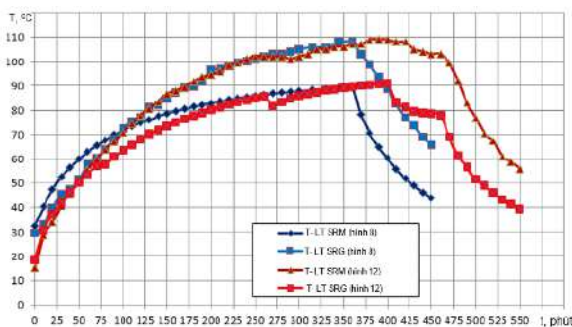
Đồ thị gia nhiệt tương ứng với chế độ điều khiển này được trình bày ở Hình 12.



Hình 12. Đồ thị gia nhiệt của SRM-750 khi làm việc ở công suất 600 kW,  $n = 750$  vòng/phút, với các góc điều khiển được tính theo phương pháp mô tả trong [4]

Trong Hình 12, tại phút thứ 60 và 260, sự sụt giảm nhiệt độ là do hệ thống bảo vệ khẩn cấp của bộ điều khiển ĐK-750 kích hoạt. Lần dừng đầu tiên là do sự tăng đột ngột của điện áp trong mạng cấp nguồn, còn lần dừng thứ hai là do mất dữ liệu khi truyền qua mạng CAN. Tại phút thứ 400, năm nắp kiểm tra của tấm chắn ổ trục ở phía đầu làm việc của trục đã được mở ra, từ đó dẫn đến việc nhiệt độ của các phần tử hoạt động trong SRM-750 giảm trung bình khoảng  $10^{\circ}\text{C}$ . Chế độ nhiệt ổn định với các thay đổi trong kết cấu hệ thống làm mát của SRM-750 đạt được vào phút thứ 375 trong quá trình làm việc và nhiệt độ cao nhất được ghi nhận tại cuộn dây của khối động cơ, vị trí vật lý nằm ở điểm thấp nhất, đạt mức  $127^{\circ}\text{C}$  (đo bằng camera nhiệt).

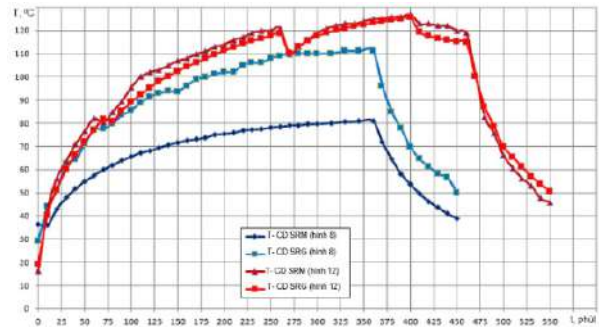
Phân tích các đồ thị trong Hình 14 cho thấy rằng, thép của động cơ (Thép-SRM (Hình 8)) có mức gia nhiệt thấp hơn  $15\div 18^{\circ}\text{C}$  so với thép của máy phát (Thép-SRG (Hình 8)). Sự khác biệt này có thể được giải thích bởi vị trí vật lý của khối động cơ nằm gần các lỗ hút không khí lạnh, nên không khí làm mát ban đầu đi vào khoang động cơ của máy và làm mát mạnh hơn so với khoang của máy phát.



Hình 13. So sánh nhiệt độ của thép trong SRM-750 tại các góc điều khiển khác nhau

Tuy nhiên, khi so sánh các đồ thị nhiệt độ của thép trong động cơ (Thép-SRM (Hình 12)) và thép trong máy phát (Thép-SRG (Hình 12)), thì quan sát thấy điều

ngược lại: Thép của động cơ nóng lên mạnh hơn và có dạng đường cong nhiệt tương tự như thép của máy phát trong (Thép- SRG (Hình 8)). Hiện tượng này có thể do thay đổi trong cấu trúc hệ thống làm mát hoặc do thay đổi góc điều khiển, tuy nhiên chưa thể khẳng định chắc chắn. Cần tiến hành thêm các thí nghiệm với hệ thống làm mát động cơ không thay đổi trong các thử nghiệm tiếp theo để làm rõ nguyên nhân.



Hình 14. So sánh nhiệt độ các cuộn dây của SRM -750 tại các góc điều khiển khác nhau

Từ Hình 14 cho thấy chênh lệch nhiệt độ giữa cuộn dây động cơ (Cuộn SRM (Hình 8)) và cuộn dây máy phát (cuộn SRG (Hình 8)) vào khoảng  $20^{\circ}\text{C}$ . Dòng điện hiệu dụng của máy phát cao hơn dòng của động cơ 30A, tuy nhiên điều này không đủ để tạo ra sự chênh lệch nhiệt độ lớn như vậy. Điều này cho thấy hệ thống làm mát của khối động cơ hoạt động hiệu quả hơn, tương tự như đã phân tích trong phần so sánh nhiệt độ thép.

Khi so sánh nhiệt độ các cuộn dây của động cơ (Cuộn SRM (Hình 12)) và máy phát (Cuộn SRG (Hình 12)), không có sự chênh lệch nhiệt độ đáng kể. Điều này chứng minh rằng những thay đổi được thực hiện trong cấu trúc hệ thống làm mát của máy đã cho phép phân bố hiệu quả dòng nhiệt trong các khoang bên trong của thiết bị.

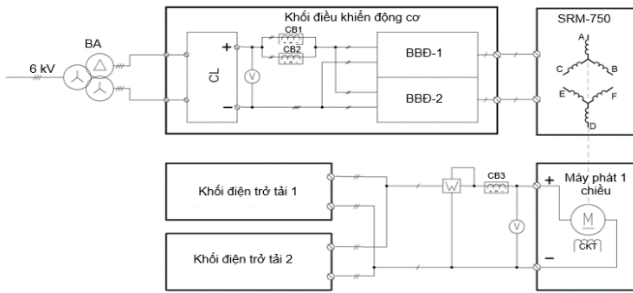
Sự khác biệt lớn về nhiệt độ giữa cuộn dây động cơ và máy phát khi sử dụng các góc điều khiển khác nhau là do dòng điện hiệu dụng lớn. Cụ thể, sự chênh lệch dòng điện hiệu dụng của khối động cơ giữa các chế độ điều khiển khác nhau là 115A, còn đối với cụm máy phát là 50A.



Hình 15. Bộ thử nghiệm với máy phát điện một chiều

Dựa trên các thông số điều khiển đã lựa chọn của hệ thống SRM-SRG, ở giai đoạn cuối của quá trình thử nghiệm nghiệm thu SRM-750, tải định mức đã đạt được trên bộ thử với một máy phát điện một chiều làm máy tải. Bộ thử nghiệm với máy phát điện và sơ

đồ của nó được trình bày tương ứng trong Hình 15 và Hình 16.

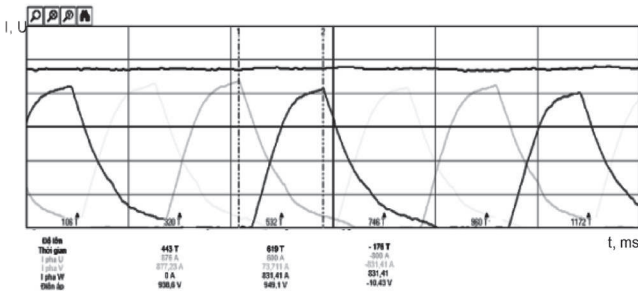


Hình 16. Sơ đồ bộ thử nghiệm với máy phát điện một chiều

Trên sơ đồ: BA- máy biến áp; CL-chỉnh lưu; CB1, CB2, CB3- các cảm biến 1, 2, 3; BBD1, BBD2- các bộ biến đổi 1 và 2; SRM-750-khối động cơ 750 kW; CKT-cuộn kích từ máy phát điện 1 chiều.

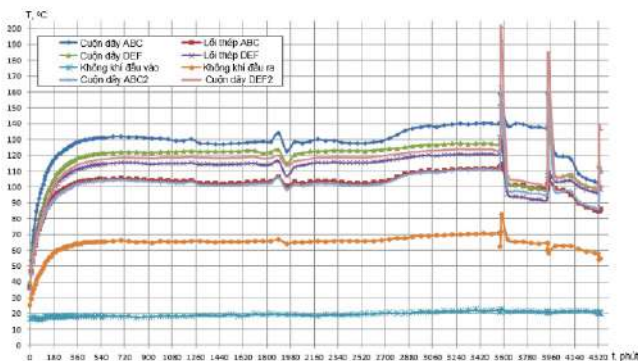
Trong Hình 17 trình bày các dao động ký (oscillogram) của pha ABC tại các thông số:

Tốc độ đặt  $n = 836$  vòng/phút; góc mở ban đầu  $\alpha_{\text{đóng}} = 27,6^\circ$ ; góc dẫn trong chế độ làm việc  $\alpha_{\text{IV}} = 103,5^\circ$ ; góc cắt  $\alpha_{\text{cắt}} = 45,8^\circ$ ;  $n = 749$  vòng/phút;  $I_{\text{pha}} = 416$  A.



Hình 17. Dao động của dòng điện và điện áp ở chế độ làm việc của một khối SRM-750 tại công suất và tần số định mức

Việc loại bỏ bộ trao đổi nhiệt và tiếp tục hoàn thiện hệ thống tuần hoàn không khí bên trong máy đã cho phép đạt được chế độ làm việc ổn định với mức nhiệt độ nằm trong giới hạn cho phép khi vận hành ở tải định mức.



Hình 18. Đồ thị quá trình gia nhiệt của SRM-750 trong chế độ làm việc định mức

Các biểu đồ nhiệt độ trong động cơ trong suốt quá trình gia nhiệt kéo dài 72 giờ được trình bày trong Hình 18. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng các lần dừng hệ truyền động đã được tổ chức có chủ đích vào các thời điểm 60 và 66 giờ làm việc nhằm kiểm tra sự tăng nhiệt tạm thời do ngưng tuần hoàn không khí bên trong.

Sự khác biệt đáng kể về nhiệt độ cực đại trong các giai đoạn này đòi hỏi phải tiến hành thêm các nghiên cứu để xác định nguyên nhân và đưa ra giải pháp khắc phục.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra kết quả nghiên cứu thực nghiệm trạng thái nhiệt của máy điện tử kháng 750 kW. Khi tiến hành thực nghiệm kết quả đo được dòng điện và điện áp của động cơ và máy điện tử kháng 750 kW ở công suất và tốc độ quay khác nhau.

Các dao động trình bày cho thấy rằng chế độ làm việc ổn định khi hai khối máy chịu tải lẫn nhau có thể đạt được ngay cả khi có sự khác biệt đáng kể về dạng dòng điện pha giữa phần động cơ và phần máy phát.

Việc lựa chọn góc đóng, góc ngắn mạch và góc ngắt pha theo trình tự lặp trước tiên cho phần động cơ, sau đó cho phần máy phát đã cho phép đạt được dạng dòng điện gần với tối ưu, trước tiên ở tải một phần và sau đó là tải toàn phần.

Nghiên cứu thực nghiệm đã cho phép đánh giá ảnh hưởng của chế độ cấp nguồn xung đến trạng thái nhiệt của SRM-750. So với chế độ PWM khi cấp nguồn từ biến tần, tổn hao và nhiệt độ tăng đều giảm, đồng thời hiệu suất tăng thêm 2÷3%.

Kết quả thí nghiệm xác nhận rằng hệ thống SRM hai khối là hệ thống có độ tin cậy cao và hiệu quả năng lượng lớn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Công Tào, Nguyễn Phương Ty, Phạm Thị Hoan (2017), *Mô hình hệ thống máy phát SRG-điện, Tạp chí nghiên cứu khoa học Đại học Sao Đỏ*. Số 4(59). Trang 13-20.
- [2]. Темирев А.П (2011), *Математическое моделирование, проектирование и экспериментальное определение параметров вентиляно-индукторных электроприводов: монография*, А.П. Темирев, Новочеркасск: ЛИК. 794 с.
- [3]. Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Trọng Thắng (2016), *Nguyên lý hoạt động của máy điện*, NXB Xây dựng, 298 trang.

- [4]. Нгуен Куанг Кхоа (2017), *Энергоэффективный вентильно-индукторный электропривод большой мощности с двигателем двухпакетной конструкции*, Дисс. на соискание ученой степени кандидата техн. наук. – 332 с.
- [5]. Птах Г.К., Рожков Д.В., Яковенко А.Е. и др (2010), Гребной вентильный индукторный реактивный двигатель для морского буксира мощностью 2 МВт. Результаты предварительных испытаний // Изв. вузов. Электромеханика. № 5. С. 35 - 38.
- [6]. Фам Конг Тао (2019), *Автономный зарядно - разрядный электротехнический комплекс с мониторингом состояния аккумуляторных батарей*, Дис... канд. тех. наук , Новочеркасск, -199 с.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Pham Cong Tao\***, Pham Thi Hoan

\*Corresponding author: tao.phamcong@gmail.com

Sao Do University.

# THẺ LỆ GỬI BÀI

## TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (\*.doc \*.docx và \*.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (\*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
  - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
  - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
  - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ [http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format\\_paper](http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper)  
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

### THÔNG TIN LIÊN HỆ:

**Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ**

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: [tapchikhcn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhcn@saodo.edu.vn)

**Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 1 (93) 2026**



**BỘ CÔNG THƯƠNG**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

**Địa chỉ:**

- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** <http://saodo.edu.vn> **Email:** [info@saodo.edu.vn](mailto:info@saodo.edu.vn)

**P. ISSN 1859-4190**  
**E. ISSN 2815-553X**

**Số 1 (93)**  
**2026**

**Địa chỉ Tòa soạn:**

Trường Đại học Sao Đỏ

Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/> Email: [tapchikhcn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhcn@saodo.edu.vn).

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.  
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.