



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 bầy đàn

### XÂY DỰNG HỆ THỐNG

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

# MỤC LỤC

## 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 Bổng

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 Đức 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 NC 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 đến trực tiếp hệ thống quang điện hóa lưới 3 Ngô Xuân Cường
- Ảnh hưởng phương pháp nối đất và cấp điện qua điện áp trên và cấp của cấp vượt sóng 8 Ninh Văn Nam, Trần Văn Táp, Phạm Thành Chung, Đào Thị Lan Phương
- Ảnh hưởng sóng hài điện áp lên hệ truyền động điện động cơ một chiều 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 lại 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 Tùng 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 Nhung, 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 ZIL-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 Tùng Linh, Trương Việt Anh, Trịnh Trọng Chương
- Tính toán năng lượng hấp thụ của chống sét van trên đường dây 110kV khi xét có xét đến các yếu tố ảnh hưởng 117 Nguyễn Đức Hạnh, Ninh Văn Nam, Nguyễn Lương Thành, Trần Văn Táp
- 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 nghèo dầu vào cho máy phát điện đồng bộ công suất 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 ảo 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 chiết suất vùng hồng ngoại gần sử dụng cấu trúc siêu bề mặt nano kim loại-điện môi-kim loại 150 Hoàng Thu Trang, Phạm Xuân Thành, Nguyễn Văn An, 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 tập âm thấp cùng vòng lặp giảm gọn 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 hóa 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 Thạch, Ngô Mạnh Tiến
- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo nhận dạng cảm xúc người giao tiếp cho robot đang người 183 Tăng Xuân Biên, Nguyễn Đức Nam Bình, Lê Thanh Nga, Hà Thị Kim Duyên, Trần Đình Thông, Ngô Mạnh Tiến

# ẢNH HƯỞNG SÓNG HÀI ĐIỆN ÁP LÊN HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU KÍCH TỪ ĐỘC LẬP - CHỈNH LƯU CẦU 3 PHA

EFFECT OF VOLTAGE HARMONICS ON 3-PHASE BRIDGE RECTIFIER - SEPARATELY EXCITED DC MOTOR DRIVE

Ngô Xuân Cường<sup>1,\*</sup> Đỗ Như Ý<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Truyền động điện động cơ một chiều dựa trên bộ chỉnh lưu được sử dụng trong nhiều ứng dụng do tính hiệu quả về chi phí và cấu trúc liên kết đơn giản của chúng. Tuy nhiên, các hệ thống dựa trên chỉnh lưu này có thể bị ảnh hưởng bởi chất lượng điện và sóng hài trong mạng phân phối. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của sóng hài điện áp cung cấp đến hệ chỉnh lưu cầu 3 pha - động cơ điện một chiều kích từ độc lập. Các kết quả chỉ ra rằng với một lượng nhỏ sóng hài của điện áp lưới (5%) cũng tác động đáng kể đến hiệu quả của hệ thống nghiên cứu. Nó cũng chỉ ra rằng góc pha của sóng hài điện áp lưới đóng một vai trò quan trọng để cải thiện hoặc làm suy giảm chất lượng của hệ thống nghiên cứu. Hiệu suất của hệ thống nghiên cứu bị giảm khi có thành phần hài xuất hiện. Tổng méo hài dòng điện trong mọi trường hợp dao động quanh mức từ 30,8% đến 31,2%, trong đó thành phần hài bậc 5 và bậc 7 chiếm ưu thế. Qua đó cho thấy cần có các thiết bị hạn chế sóng hài xâm nhập vào hệ thống nghiên cứu, cũng như các hệ thống khác trên toàn lưới điện phân phối.

**Từ khóa:** Sóng hài, chất lượng điện áp, chỉnh lưu cầu, động cơ điện một chiều, hiệu suất.

## ABSTRACT

Rectifier-based DC motor drives are used in many applications due to their cost-effectiveness and simple topology. However, these rectifier-based systems can be affected by power quality and harmonics in the distribution network. This paper studies the influence of supply voltage harmonics on a 3-phase bridge rectifier system with a separately excited DC motor. According to the findings, even a small amount of harmonics of the main voltage (5%) has a significant impact on the efficiency of the study system. It is also shown that the phase angle of the main voltage harmonic plays an important role in improving or degrading the quality of the studied system. The performance of the research system is degraded when a harmonic component is present. Total current harmonic distortion in all cases ranges from 30.8% to 31.2%, in which 5th and 7th harmonic components dominate. Therefore, it is necessary to have devices to limit harmonics from entering the research system, as well as other systems throughout the distribution grid.

**Keywords:** Harmonics, voltage quality, bridge rectifier, dc motor, efficiency.

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Đại học Huế

<sup>2</sup>Trường Đại học Mở - Đà Nẵng

\*Email: ngoxuancuong@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/3/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 25/5/2022

## KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
$U_j$	V	Giá trị hiệu dụng điện áp pha j
$U_1$	V	Giá trị hiệu dụng của hài cơ bản
$U_n$	V	Giá trị hiệu dụng của điện áp hài bậc n
f	Hz	Tần số của điện áp
$\varphi_n$	°	Góc pha của thành phần hài bậc n
$P_{\alpha}$	W	Công suất tác dụng
$Q_{\alpha}$	Var	Công suất phản kháng
THD <sub>u</sub>	%	Tổng méo hài điện áp
THD <sub>i</sub>	%	Tổng méo hài dòng điện
$I_1$	A	Giá trị hiệu dụng dòng của hài cơ bản
$I_n$	A	Giá trị hiệu dụng dòng của hài bậc cao
$R_u$	$\Omega$	Điện trở cuộn dây phần ứng
$L_u$	H	Điện cảm cuộn dây phần ứng
$E(t)$	V	Suất điện động phần ứng của động cơ
$u_u(t)$	V	Điện áp phần ứng
J	Kg/m <sup>2</sup>	Moment quán tính quy đổi về trục động cơ
$M_c$	M.m	Moment cản
$M(t)$	M.m	Moment điện từ động cơ
$M_{max}$	M.m	Giá trị moment lớn nhất
$M_{min}$	M.m	Giá trị moment nhỏ nhất
M	M.m	Giá trị trung bình moment
Rip <sub>u</sub>	%	Gợn sóng moment
$\eta$	%	Hiệu suất
$\omega$	rad/s	Giá trị trung bình tốc độ của động cơ điện
$\alpha$	°	Góc mở của thyristor



Phương trình cân bằng moment trên trục động cơ được mô tả bằng:

$$M(t) - M_c = J \frac{d\omega(t)}{dt} \quad (9)$$

trong đó,  $J$  - moment quán tính quy đổi về trục động cơ;  $M_c$  - moment cản;  $M(t)$  - moment điện từ động cơ.

Đối với hệ CL3p-ĐM thì giá trị trung bình điện áp một chiều tại đầu ra của bộ chỉnh lưu chính là nguồn cấp cho động cơ điện được mô tả bởi công thức [4]:

$$U_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_j \cos \alpha \quad (10)$$

trong đó,  $\alpha$  - góc mở của thyristor tính từ thời điểm chuyển mạch tự nhiên;  $U_j$  - giá trị hiệu dụng điện áp pha cấp cho bộ chỉnh lưu cầu ba pha.

Hiệu suất của hệ CL3p-ĐM được tính bằng cách chia công suất cơ đầu ra của động cơ cho đầu vào công suất điện xoay chiều đầu vào bộ chỉnh lưu 3 pha [8]:

$$\eta = \frac{M_{\omega}}{P_{in}} \times 100 \quad (11)$$

trong đó,  $\eta$  - hiệu suất, %;  $M$  - giá trị trung bình moment điện từ của động cơ điện,  $M_m$ ;  $\omega$  - giá trị trung bình tốc độ của động cơ điện, rad/s;  $P_{in}$  - công suất điện của nguồn 3 pha cung cấp hệ CL3p-ĐM, W.

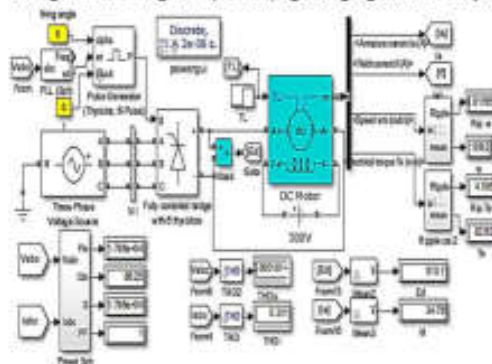
Gọn sóng moment của động cơ điện trong một chu kỳ được tính toán [9]:

$$Rip_M = \frac{M_{max} - M_{min}}{M} \cdot 100 \quad (12)$$

Trong đó,  $M_{max}$  - giá trị moment lớn nhất;  $M_{min}$  - giá trị moment nhỏ nhất;  $M$  - Giá trị trung bình moment điện từ của động cơ điện,  $M_m$ ;  $Rip_M$  - Gọn sóng moment, %.

### 2.3. Mô hình nghiên cứu

Mô hình nghiên cứu được hiển thị trong hình 1. Hệ CL3p-ĐM được mô phỏng bằng phần mềm MATLAB/Simulink phiên bản 2015a. Nghiên cứu sử dụng khối cấu chỉnh lưu ba pha điều khiển được với 6 van thyristor với bộ điều khiển thông qua góc mở van. Thêm vào đó khối động cơ điện một chiều kích từ độc lập với các thông số như bảng 1 được sử dụng trong nghiên cứu này.



Hình 1. Mô hình nghiên cứu hệ CL3p-ĐM

Bảng 1. Bảng thông số hệ CL3p-ĐM

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Công suất định mức	15	kW
Điện áp phản ứng định mức	500	V
Tốc độ định mức	183,3	Rad/s
Điện áp kích từ của động cơ	300	V
Điện áp dây lưới	380	V
Tần số	50	Hz

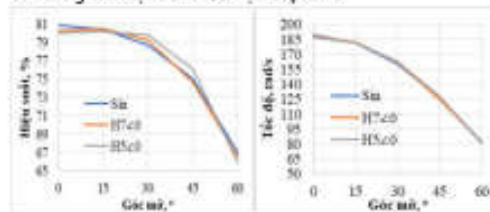
Nghiên cứu xem xét các giả thuyết ban đầu sau đây để nghiên cứu ảnh hưởng của sóng hài lên chất lượng của hệ CL3p-ĐM:

- Tình huống tham chiếu ban đầu là điện áp của lưới ba pha đối xứng có hình sin chuẩn, động cơ điện một chiều hoạt động ổn định ở một moment định mức và góc mở van của bộ chỉnh lưu 3 pha thay đổi từ  $0^\circ$  đến  $60^\circ$ .

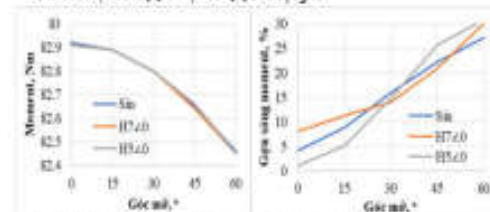
- Điện áp không sin được tạo ra bằng cách thêm các thành phần hài, với các hài bậc 5, bậc 7, tổng méo hài điện áp đặt vào hệ LC3p-ĐM là 5%, các thành phần góc pha hài cũng được thay đổi để xem xét.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Trường hợp phân tích đầu tiên xác định ảnh hưởng của sóng hài bậc 5 và 7 với góc lệch pha bằng  $0^\circ$  và THD bằng 5% so với điện áp 3 pha lý tưởng được trình bày trong hình 2, 3, 4. Trong trường hợp này, nghiên cứu tiến hành thay đổi giá trị góc mở van, tương ứng với thay đổi giá trị điện áp đặt lên phản ứng của động cơ điện một chiều. Hình 2 chỉ ra rằng với sự tăng lên của góc mở van, hiệu suất và tốc độ của động cơ giảm đi rõ rệt, tuy nhiên ảnh hưởng của các hài lên chúng là không rõ ràng. Ở vùng góc mở thấp, sóng hài làm giảm hiệu suất của hệ CL3p-ĐM.



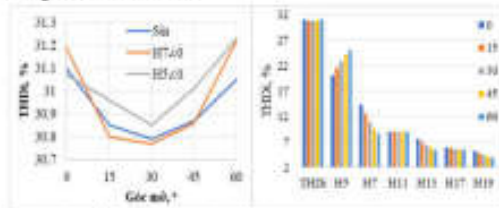
Hình 2. Hiệu suất (a) và vận tốc (b) của động cơ



Hình 3. Moment và gọn sóng moment của động cơ

Hình 3 thể hiện moment và gọn sóng moment của động cơ. Rõ ràng rằng, khi góc mở van tăng lên moment của động cơ giảm xuống, còn gọn sóng moment của động cơ tăng lên rõ rệt. Trong phạm vi góc mở nhỏ hơn  $15^\circ$ , khi

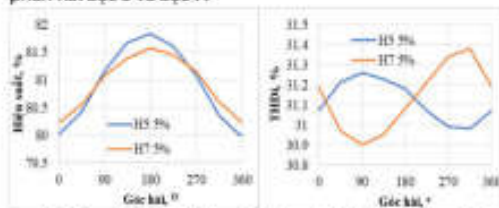
điện áp nguồn xuất hiện thành phần hài bậc 7, gợn sóng moment tăng lên, còn khi có thành phần hài bậc 5 thì gợn sóng moment nhỏ đi.



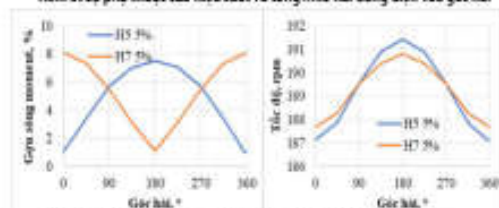
Hình 4. Tổng méo hài dòng điện và độ méo hài riêng lẻ

Hình 4 thể hiện tổng méo hài dòng điện và độ méo hài riêng lẻ của hệ CL3p-DM. Dòng điện của hệ có chứa các thành phần hài bậc  $6k \pm 1$  và thành phần hài bậc 5 và bậc 7 chiếm ưu thế. Với sự xuất hiện thành phần hài bậc 5 trong nguồn điện, tổng méo hài dòng điện có xu hướng tăng lên đáng kể. Khi có tổng méo hài tăng lên, thành phần cũng như độ lớn của hài thành phần tăng lên không đáng kể.

Khi xét đến góc lệch của thành phần hài điện áp lưới lên hệ CL3p-DM làm việc ở chế độ định mức, xét các trường hợp lưới điện có độ méo hài tổng THDu 5% với các thành phần hài bậc 5 và bậc 7.



Hình 5. Sự phụ thuộc của hiệu suất và tổng méo hài dòng điện vào góc hài



Hình 6. Sự phụ thuộc của gợn sóng moment và tốc độ vào góc hài

Trên hình 5, 6 thể hiện sự phụ thuộc của hiệu suất, tổng méo hài dòng điện, gợn sóng moment và tốc độ vào góc hài khi điện áp của nguồn có chứa thành phần hài bậc 5, bậc 7 với tổng méo hài là 5%. Hiệu suất của hệ CP3p-DM đạt cực đại với góc hài bằng  $180^\circ$  và đạt lớn nhất khi có thành phần hài bậc 5. Tổng méo hài dòng điện với nguồn có thành phần hài bậc 5, đạt cực đại khi góc hài bằng  $90^\circ$  và tổng méo hài dòng điện với nguồn có thành phần hài bậc 7 đạt cực đại khi góc hài bằng  $315^\circ$ . Gợn sóng moment đạt cực đại khi góc hài bằng  $180^\circ$  và  $0^\circ$ , tương ứng hài bậc 5 và hài bậc 7 có trong điện áp lưới. Tốc độ đạt thấp nhất khi góc hài bằng  $0^\circ$  và lớn nhất khi góc hài bằng  $180^\circ$  ứng với cả hai trường hợp hài bậc 5 và bậc 7.

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này trình bày ảnh hưởng của sóng hài điện áp cung cấp đến hệ CL3p-DM. Một mô hình mô phỏng trên phần mềm Matlab đã được thực hiện để phân tích sóng hài dòng điện, hiệu suất, tốc độ, gợn sóng moment của hệ thống nghiên cứu trong lưới điện có chứa các thành phần hài bậc 5 và bậc 7.

Các kết quả chỉ ra rằng khi điện lưới xuất hiện các hài bậc cao, hiệu suất của hệ thống nghiên cứu bị giảm. Khi điện áp nguồn xuất hiện thành phần hài bậc 7, gợn sóng moment tăng lên, còn khi có thành phần hài bậc 5 thì gợn sóng moment nhỏ đi. Tổng méo hài dòng điện trong mọi trường hợp dao động quanh mức từ 30,8% đến 31,2%, và dòng điện có chứa các thành phần hài bậc  $6k \pm 1$ , trong đó thành phần hài bậc 5 và bậc 7 chiếm ưu thế. Góc pha hài ảnh hưởng lớn đến chất lượng hệ thống nghiên cứu, hiệu suất của hệ thống nghiên cứu đạt cực đại với góc hài bằng  $180^\circ$  và đạt lớn nhất khi có thành phần hài bậc 5. Gợn sóng moment đạt cực đại khi góc hài bằng  $180^\circ$  và  $0^\circ$ , tương ứng hài bậc 5 và hài bậc 7 có trong điện áp lưới.

Các kết quả trên chỉ sóng hài có ảnh hưởng xấu đến chất lượng làm việc của hệ chỉnh lưu - động cơ điện một chiều, qua đó chỉ rõ cần có các thiết bị hạn chế sóng hài xâm nhập vào hệ thống nghiên cứu, cũng như các hệ thống khác trên toàn lưới điện phân phối.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Brandis A., Pelin D., Klaić Z., Štjivac D., 2022. Identification of Even-Order Harmonics Injected by Semiconverter into the AC Grid. *Energies*, 15(5), 1614.
- [2]. Chen D., Xiao L., Yan W., Li Y., Guo Y., 2021. A harmonics detection method based on triangle orthogonal principle for shunt active power filter. *Energy Rep.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.egy.2021.06.016>, in press.
- [3]. Aldurraibi A., Yaghoobi J., Zare F., 2021. Impacts of grid voltage harmonics amplitude and phase angle values on power converters in distribution networks. *IEEE Access*, 9, 92017-92029.
- [4]. Le V. D., Nguyen T. C., Tran V. T., 2015. *Điện tử công suất (lý thuyết - Thiết kế - Ứng dụng) Tập 1*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
- [5]. Mulakken N., Anwar M., 2008. Power quality measurements of a DC motor drive. In *Proceedings of the 4th IASTED International Conference Power and Energy Systems (AsiaPES 2008)* (p. 98).
- [6]. Ahmed M., Aziz T., 2021. An approach of incorporating harmonic mitigation units in an industrial distribution network with renewable penetration. *Energy Reports*, 7, 6273-6291.
- [7]. Vu G. H., Tran K. H., Phan T. T., Nguyễn V. S., 2005. *Máy điện - Tập 1*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
- [8]. Verstraten T., Mathijssen G., Furnemont R., Vanderborght B., Lefeber D., 2015. Modeling and design of geared DC motors for energy efficiency: Comparison between theory and experiments. *Mechatronics*, 30, 198-213.
- [9]. Zhang W., Han L., Wang S., 2019. Minimizing torque ripple of SRM by applying DB-DTC. *IET Electric Power Applications*, 13(11), 1883-1890.

#### AUTHOR INFORMATION

Ngo Xuan Cuong<sup>1</sup>, Do Nhu Y<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Engineering and Technology, Hue University

<sup>2</sup>Hanoi University of Mining and Geology



### 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 KE8 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 KE8 tương ứng thì khả năng ứng dụng LSPMSM trong thực tế là khả quan.

### AUTHORS INFORMATION

Bai Duc Hung<sup>1</sup>, Do Nhu Y<sup>2</sup>, La Anh Tuan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology

<sup>2</sup>Faculty of Electro - Mechanics, Hanoi University of Mining and Geology

<sup>3</sup>Faculty 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. Elitzanova, 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 Hong 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]. CompleteMaxwellD0\_Y15, 2010.
- [6]. W. Zhao, M. Tian, X. Wang, Y. Sun, 2020. 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.