

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU KHỞI ĐỘNG TRỰC TIẾP CÁC QUẠT GIÓ MỎ

TS. BÙI ĐỨC HÙNG - Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội
PGS.TS. NGUYỄN ANH NGHĨA - Trường Đại học Mỏ-Địa chất
ThS. LÊ ANH TUẤN - Tổng Công Điện lực-Vinacomin

T hông gió trong các mỏ than hầm lò đóng vai trò quan trọng nhằm duy trì chế độ vi khí hậu, làm loãng khí độc hại, khí metan, bụi mỏ, đảm bảo an toàn cho người lao động và cho thiết bị. Mỗi mỏ hầm lò đều có ít nhất một trạm quạt chính và các quạt cục bộ sử dụng động cơ không đồng bộ để vận hành. Theo thống kê, lượng điện tiêu thụ cho các phụ tải quạt gió chiếm khoảng 38 % tổng công suất tiêu thụ trong toàn mỏ. Vì vậy, tiết kiệm điện năng bằng cách nâng cao hiệu suất động cơ quạt hay sử dụng các động cơ có hiệu suất cao cần được nghiên cứu nhằm thực hiện tiết kiệm điện năng của ngành mỏ nói riêng và chiến lược của Quốc gia nói chung.

Ngày nay, các quạt gió mỏ vận hành bởi các động cơ không đồng bộ, có hạn chế là: hệ số công suất thấp, tốc độ vòng quay phụ thuộc vào tải không ổn định,... Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp (LSPMSM) là một dạng đặc biệt của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu, có nhiều ưu điểm đã được khẳng định như: Hệ số công suất cao (gần bằng 1), vận hành với tốc độ gần giống với động cơ đồng bộ, không phụ thuộc vào sự dao động của tải, không cần nguồn cấp inverter để ổn định tốc độ. Mặt khác, đây là dạng động cơ không tiếp xúc nên dễ vận hành và bảo dưỡng, bên cạnh đó LSPMSM có ưu điểm so với các động cơ đồng bộ ở khả năng tự khởi động khi được cấp nguồn. Do có ưu điểm vượt trội nên LSPMSM được kỳ vọng trong tương lai sẽ là giải pháp thay thế cho động cơ không đồng bộ đang được sử dụng rộng rãi hiện nay. Việc ứng dụng LSPMSM để vận hành các quạt gió mỏ sẽ nâng cao hiệu suất sử dụng năng lượng của toàn bộ hệ thống, là giải pháp tiết kiệm điện năng cho ngành mỏ.

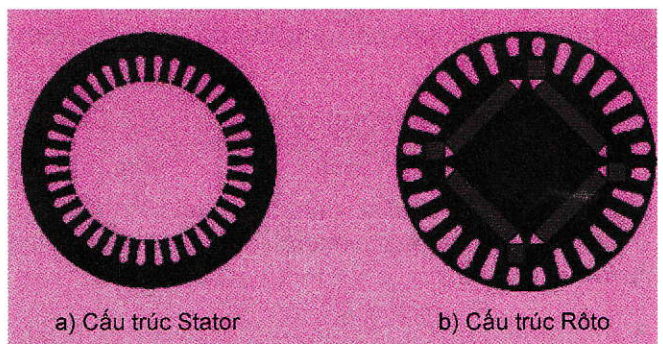
Tuy nhiên, bên cạnh các ưu điểm thì nhược điểm của LSPMSM là quá trình khởi động lại khá "khó khăn" và phụ thuộc nhiều vào tính chất của tải. Nguyên nhân là LSPMSM về cơ bản có cấu tạo rôtor lồng sóc với các khối nam châm vĩnh cửu

(NCVC) dán trên bề mặt hoặc nằm trong lõi thép rôtor. Trong quá trình khởi động, động cơ sử dụng mômen không đồng bộ được sinh ra bởi lồng sóc để kéo rôtor, bên cạnh mômen kéo này, động cơ còn chịu thêm thành phần mômen cản sinh ra do sự có mặt của từ trường NCVC làm cho quá trình khởi động trở nên phức tạp hơn [3]. Trong thập kỷ gần đây, có rất nhiều nghiên cứu về LSPMSM, nhưng rất ít nghiên cứu phân tích khả năng khởi động của LSPMSM với các loại tải nói chung và với tải quạt gió nói riêng. Vì vậy, tìm giải pháp, hoàn thiện để sử dụng LSPMSM với tải là quạt gió mỏ là vấn đề cấp thiết (vấn đề khởi động của LSPMSM với tải quạt). Nội dung của bài báo tập trung nghiên cứu quá trình khởi động động cơ cho tải quạt gió bằng cách mô phỏng các đặc tính khởi động LSPMSM bằng phần mềm MATLAB/Simulink. Từ kết quả thu được, đánh giá khả năng ứng dụng LSPMSM cho các quạt gió mỏ.

1. Tính toán quá trình khởi động động cơ LSPMSM với tải quạt gió

1.1. Cấu hình và mô hình toán của động cơ LSPMSM

a. Cấu hình Rôtor động cơ LSPMSM



H.1. Dạng cấu trúc điển hình của động cơ LSPMSM cực chìm

Về cơ bản, stator LSPMSM có cấu tạo giống stator động cơ không đồng bộ, sự khác biệt nằm ở cấu tạo rôtor. Mỗi chủng loại LSMPMSM sẽ có cấu hình rôtor riêng, sự khác nhau là do cách đặt, kích thước và vật liệu các thanh NCVVC nằm trong lõi thép rôtor [6]. Có rất nhiều cấu hình của rôtor LSPMSM. Trong H.1 giới thiệu cấu tạo LSPMSM

$$\begin{cases} V_{ds} = r_s \cdot i_{ds} + p(L_{ds} \cdot i_{ds} + L_{md} \cdot i'_{dr}) - \omega_r(L_{qs} \cdot i_{qs} + L_{mq} \cdot i'_{qr}) \\ V_{qs} = r_s \cdot i_{qs} + p(L_{qs} \cdot i_{qs} + L_{mq} \cdot i'_{qr}) + \omega_r(L_{ds} \cdot i_{ds} + L_{md} \cdot i'_{dr} + \Psi'_m) \\ V_{dr} = r'_s \cdot i'_{dr} + p(L_{dr} \cdot i'_{dr} + L_{md} \cdot i'_{ds}) \\ V_{qr} = r'_s \cdot i'_{qr} + p(L_{qr} \cdot i'_{qr} + L_{mq} \cdot i'_{qs}) \end{cases} \quad (1)$$

Hệ phương trình cơ

$$\begin{cases} M_e = \frac{3}{2} \cdot \frac{p}{2} [(L_{md} \cdot i'_{dr} \cdot i'_{qs} - L_{md} \cdot i'_q \cdot i'_{ds}) + \Psi'_m + (L_{md} - L_{mq}) \cdot i_{ds} \cdot i_{qs}] \\ p \cdot \omega_r = \frac{p}{2J} \cdot (M_e - M_c - \omega_r \cdot F) \end{cases} \quad (2)$$

Cho đến ngày nay, các nghiên cứu vẫn sử dụng mô hình Honsinger đề xuất để tính toán cho LSPMSM [1], [4],...

1.2. Tải quạt gió

Quạt gió được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực với nhiều kiểu dạng khác nhau nhằm vận chuyển không khí từ nơi này đến nơi khác đáp ứng các yêu cầu trong sản xuất và sinh hoạt thường ngày, các quá trình nung nóng hay làm mát trong công nghiệp, nông nghiệp.... Có hai dạng quạt phổ biến là quạt hướng trục và quạt ly tâm, trong ngành mỏ Việt Nam hiện nay thì cả hai loại quạt đều được sử dụng rất phổ biến, công suất quạt có thể lên đến hàng chục, thậm chí hàng trăm kW.

Công suất tính toán của tải quạt được tính theo [7]: $P = (Q \cdot \Delta p) / (1000 \cdot h)$ (3)

Trong đó: P - Công suất quạt (kW); Δp là độ chênh áp (Pa); η là hiệu suất (thông thường η < 0,85) công suất càng cao thì hiệu suất càng thấp; Q là lưu lượng (m³/s).

Đặc tính của quạt được thể hiện tại các H.2, H.3.

Theo [2], [3] thì công thức mômen cản tải quạt gió sẽ tỷ lệ với bình phương tốc độ quay và được tính toán:

$$M_c = M_c(0) + M_{dm} \cdot \left(\frac{\omega_r}{\omega_{dm}}\right)^2 \approx M_{dm} \cdot \left(\frac{\omega_r}{\omega_{dm}}\right)^2 \quad (4)$$

Ở đây: ω_{dm} - Tốc độ định mức của quạt (động cơ); ω_r - Tốc độ quay của quạt, vòng/phút; M_{dm} - Mômen định mức của quạt.

$$M = 9550 \cdot \frac{P_{dm}}{n_{dm}} \quad (5)$$

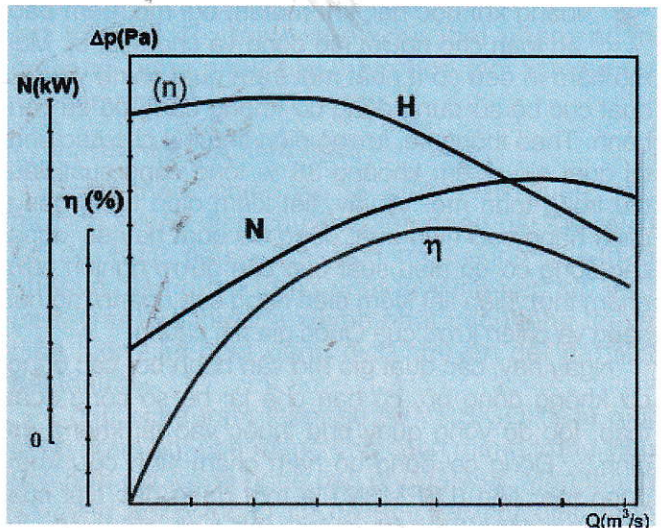
Trong đó: P_{dm} - Công suất định mức, kW; n_{dm} - tốc độ định mức của quạt, vòng/phút.

cực chìm điển hình của dòng động cơ này [6].

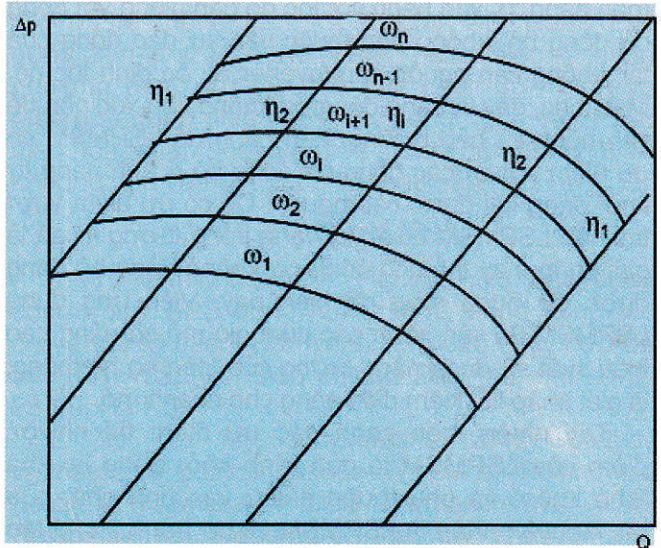
b. Mô hình toán động cơ LSPMSM

Honsinger [5] là người tiên phong đề xuất mô hình toán cho LSPMSM, mô hình toán của động cơ LSPMSM dựa trên phương pháp biến đổi trực tọa độ dq0 với các hệ phương trình vi phân.

Hệ phương trình điện từ:



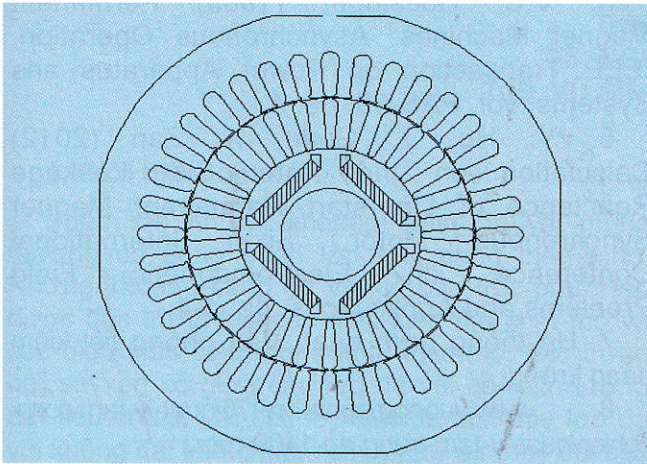
H.2. Đặc tính cơ bản với n=const [7]



H.3. Đặc tính tổng hợp [7]

2. Mô phỏng các đặc tính khởi động của LSPMSM với tải quạt

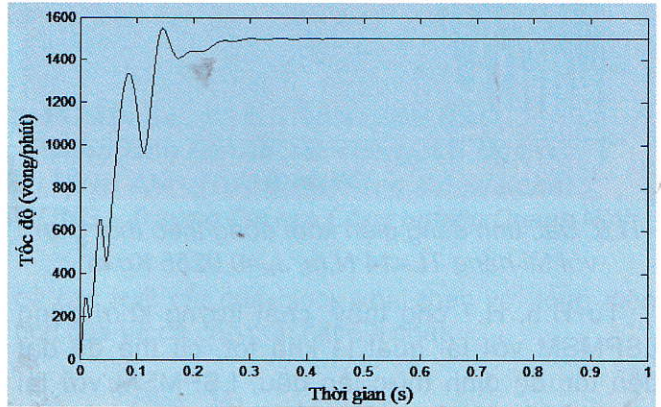
Sử dụng mẫu thí nghiệm LSPMSM công suất định mức 2,2 kW, 4 cực, 3 pha, tốc độ 1.500 vòng/phút, rôtor được cải tạo từ động cơ không đồng bộ 3K-112-S4 của Công ty Cổ phần Chế tạo Điện cơ Hà Nội, tải quạt gió là quạt ly tâm. Phần mềm MATLAB/Simulink được ứng dụng để mô phỏng các đặc tính khởi động của LSPMSM, qua đó đánh giá khả năng ứng dụng của LSPMS. Cấu tạo và các tham số tính toán LSPMSM thí nghiệm được cho ở H.5, Bảng 1; Thông số quạt gió cho tại Bảng 2.



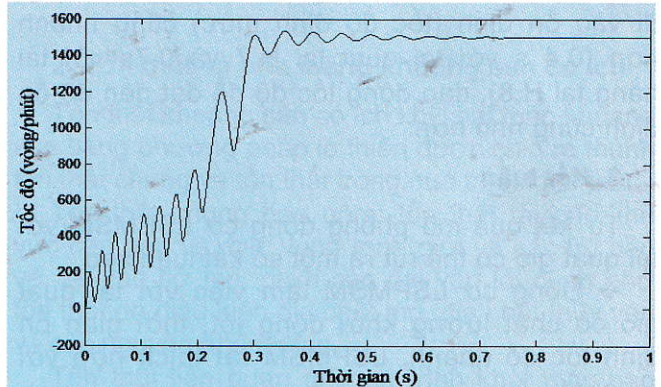
H.4 Tiết diện cắt ngang rôtor động cơ LSPMSM cải tạo

Bảng 2. Đặc tính kỹ thuật quạt ly tâm [8]

Các thông số	Đơn vị	Giá trị
Tốc độ quay	Vòng/phút	1500
Lưu lượng gió	m ³ /h	5.000
Đường kính cánh	mm	360
Áp suất	Pa	1.200
Công suất quạt	Hp	3



H.5. Đặc tính tốc độ khởi động theo thời gian với tải quạt, $J_R=0.0255 \text{ Kg.m}^2$

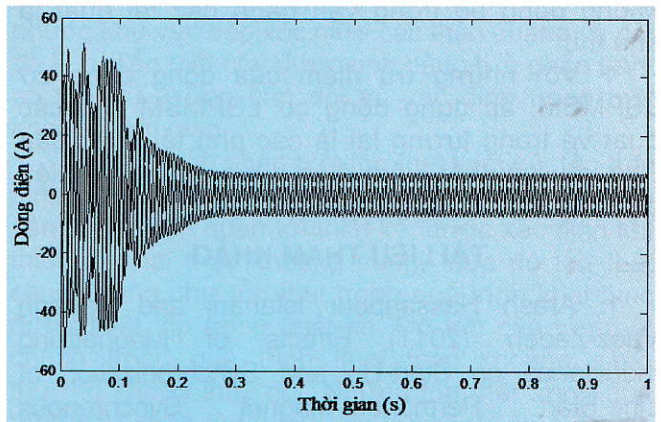


H.6. Đặc tính tốc độ khởi động theo thời gian với tải hằng $TL=14 \text{ N.m}$, $J_R=0.0255 \text{ Kg.m}^2$

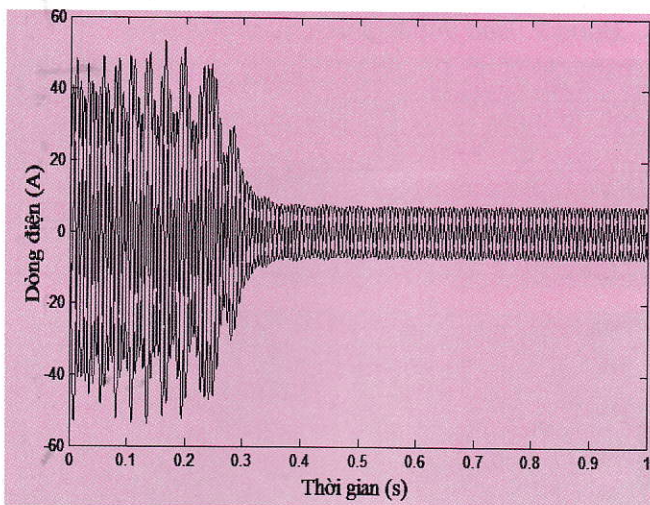
Bảng 1. Các đặc tính kỹ thuật của động cơ LSPMSM

Các thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Đường kính trong stator	D_{in}	Mm	104
Số rãnh stator		Rãnh	36
Số rãnh rôtor		Rãnh	28
Chiều dài khe hở không khí	δ	mm	0,5
Tần số nguồn	f	Hz	50
Điện trở dây quấn stator	r_s	Ω	3,6
Điện trở rôtor quy đổi	r'_r	Ω	2,11
Điện cảm tản stato	L_{ls}	mH	13
Điện cảm tản rôtor quy đổi	L'_{lr}	mH	13,23
Điện cảm từ hóa dọc trục	L_{md}	mH	28,4
Điện cảm từ hóa ngang trục	L_{mq}	mH	131
Từ thông NCVC	ψ'_m	Wb	0,568
Mật độ từ dư NCVC	Br	T	1,2

Thông qua mô phỏng động cơ LSPMSM bằng MATLAB/Simulink, các đường đặc tính mômen, tốc độ, dòng điện khởi động với tải quạt thu được thể hiện trên H.5, H.7 và được so sánh tương ứng với đặc tính tải hằng để đánh giá đặc tính khởi động LSPMSM.



H.7. Đặc tính dòng điện khởi động theo thời gian với tải quạt, $J_R=0.0255 \text{ Kg.m}^2$



H.8. Đặc tính dòng điện khởi động theo thời gian với tải hằng $T_L=14 \text{ N.m}$, $J_R=0.0255 \text{ Kg.m}^2$

Từ H.5, H.7 cho thấy, chất lượng khởi động LSPMSM với tải quạt là khá tốt, cụ thể để đạt đến tốc độ định mức lần đầu, LSPMSM với tải quạt có các khoảng giảm tốc ít hơn nhiều so với tải hằng (trong H.5 là 3 khoảng, tại H.6 là 9 khoảng), tốc độ khởi động LSPMSM với tải quạt đi vào ổn định (tốc độ định mức) cũng nhanh hơn (0,4 s với tải quạt tại H.7 và 0,7s với tải hằng tại H.8), dao động tốc độ để đạt đến độ ổn định cũng nhỏ hơn.

3. Kết luận

Từ kết quả mô phỏng động cơ LSPMSM với tải quạt gió có thể rút ra một số kết luận sau:

- ❖ Động cơ LSPMSM làm việc với tải quạt gió có chất lượng khởi động tốt, thời gian ổn định tốc độ nhanh, LSPMSM rất thích hợp với tải quạt;

- ❖ Từ các đặc tính khởi động cho thấy khả năng ứng dụng LSPMSM thay thế động cơ không đồng bộ trong vận hành các tải quạt là khả thi;

- ❖ Với những ưu điểm của dòng động cơ LSPMSM, áp dụng động cơ LSPMSM cho các quạt và trong tương lai là các phụ tải khác đáp ứng yêu cầu tiết kiệm điện năng, mang lại hiệu quả sản xuất cho ngành mỏ. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Arash Hassanpour Isfahani and Sadegh Vaez-Zadeh (2011) Effects of Magnetizing Inductance on Start-Up and Synchronization of Line-Start Permanent-Magnet Synchronous Motors. IEEE Transactions on magnetics, vol. 47, no. 4.

2. Bùi Đức Hùng (1998) Nghiên cứu quá trình khởi động động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường đại học Bách khoa Hà Nội.

3. Nguyễn Hồng Thanh, Nguyễn Phúc Hải (2001) Máy điện trong thiết bị tự động. Nhà xuất bản Giáo dục.

4. S.F. Rabbi and M.A. Rahman (2012) Analysis of Starting and Synchronization Process for Line Start IPM Motors. International Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 311-314.

5. V.B. Honsinger (1980) Permanent Magnet Machines: Asynchronous Operation. IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-99, no. 4.

6. Y. Hu, Z. Guan, X. Zan (2012) Calculation on the Rotor Slot Leakage Reactance of Line-start Permanent Magnet Synchronous Motor. Sixth International Conference on Electromagnetic Field Problems and Applications, pp. 1-4.

7. Hệ thống bơm quạt, Văn phòng tiết kiệm năng lượng.

8. www.vuonggiaphat.vn/176/quạt-ly-tam-cong-nghiep/quạt-ly-tam-trung-ap-1400-rpm.

Người biên tập: Đào Đức Tạo

Từ khóa: động cơ đồng bộ; nam châm vĩnh cửu; khởi động trực tiếp; quạt gió mỏ; đặc tính khởi động của động cơ

Ngày nhận bài: 25 tháng 11 năm 2015

Ngày duyệt đăng bài: 09 tháng 7 năm 2016

SUMMARY

Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motors have a lot of good qualities in the launch process, reach to the rated speed of rotation fast, suitable for use in mine fans. With the advantages to these motors, using them for the mining machines would meet the energy saving requirements, providing production efficiency to the mines. To prove that, the article focused on the launch processing of this motor for the ventilators by simulating the it's during the launch characteristics by MATLAB/Simulink.