

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT  
KHOA CƠ - ĐIỆN

**HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VỀ  
CƠ KHÍ - ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA**

*National Conference on Mechanical, Electrical, Automation Engineering  
(MEAE2023)*



**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI**

- [17] X. C. Ngo, T. H. Nguyen, and N. Y. Do, (2022). A Comprehensive Assessment of a Rooftop Grid-Connected Photovoltaic System: A Case Study for Central Vietnam, *International Energy Journal*, vol. 22, no. 1,
- [18] K. Branker, M. Pathak, and J. M. Pearce, (2011). A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity, *Renewable sustainable energy reviews*, vol. 15, no. 9, pp. 4470-4482.
- [19] Vietcombank. (12/08/2021). *Interest rates for individual accounts*. Available: <https://portal.vietcombank.com.vn/en-US/ir/Pages/interest-rate.aspx?devicechannel=vcb>
- [20] J. Hernández-Moro and J. M. Martínez-Duart, (2013). Analytical model for solar PV and CSP electricity costs: Present LCOE values and their future evolution, *Renewable Sustainable Energy Reviews*, vol. 20, pp. 119-132.
- [21] A. C. Duman and Ö. Güler, (2020). Economic analysis of grid-connected residential rooftop PV systems in Turkey, *Renewable Energy*, vol. 148, pp. 697-711.
- [22] S. Yoomak, T. Patcharoen, and A. Ngaopitakkul, (2019). Performance and economic evaluation of solar rooftop systems in different regions of Thailand, *Sustainability*, vol. 11, no. 23, p. 6647.
- [23] EVN. (4/6/2022). *Biểu giá bán lẻ điện*. Available: <https://www.evn.com.vn/c3/evn-va-khach-hang/Bieu-gia-ban-le-dien-9-79.aspx>
- [24] M. Z. Saleheen, A. A. Salema, S. M. M. Islam, C. R. Sarimuthu, and M. Z. Hasan, (2021). A target-oriented performance assessment and model development of a grid-connected solar PV (GCPV) system for a commercial building in Malaysia, *Renewable Energy*, vol. 171, pp. 371-382. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.108>

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SUY GIẢM TỪ ĐẾN ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC Ở CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU KHỞI ĐỘNG TRỰC TIẾP 2P, 15KW

Đỗ Như Ý<sup>1</sup>, Trịnh Biên Thùy<sup>2</sup>, Bùi Đức Hùng<sup>3</sup>, Lê Anh Tuấn<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup> Khoa Cơ – Điện, Trường Đại học Mở - Địa chất, Việt Nam, [donhuy@humg.edu.vn](mailto:donhuy@humg.edu.vn);

<sup>2</sup> Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Mở - Địa chất, Việt Nam, [trinhtuyvhn@gmail.com](mailto:trinhtuyvhn@gmail.com);

<sup>3</sup> Khoa Điện, trường Điện-Điện tử, Đại học Bách khoa Hà Nội, [hung.buiduc@hust.edu.vn](mailto:hung.buiduc@hust.edu.vn);

<sup>4</sup> Khoa Điện, trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, [leanhtuan0985@gmail.com](mailto:leanhtuan0985@gmail.com);

### TÓM TẮT

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp với hiệu suất và hệ số công suất cao là một giải pháp thay thế từng phần cho động cơ không đồng bộ lồng sóc. Về cấu tạo, động cơ có sử dụng nam châm vĩnh cửu, các thanh nam châm này được gắn trên bề mặt hoặc gắn chìm trong lõi thép rôto. Hiện nay, động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp được sản xuất thương mại và chứng minh được ưu điểm về hiệu suất, hệ số công suất cao, mật độ năng lượng lớn nhưng động cơ có sử dụng nam châm vĩnh cửu. Tuy nhiên, do sử dụng nam châm vĩnh cửu, nên trong quá trình sử dụng từ dư của nam châm có thể bị suy giảm do thời gian, do khử từ. Suy giảm từ này sẽ dẫn đến đặc tính của động cơ thay đổi. Vì vậy, bài báo tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của suy giảm từ nam châm vĩnh cửu đến đặc tính làm việc của động cơ trên. Đối tượng áp dụng nghiên cứu là động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu 3 pha, 2p, 15 kW. Từ kết quả, bài báo rút ra một số nhận xét về ảnh hưởng suy giảm từ này nhằm phát hiện, cảnh báo và khắc phục.

**Từ khóa:** Động cơ, động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp, nam châm vĩnh cửu, suy giảm từ, đặc tính làm việc.

## 1. Giới thiệu chung

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu đã được chứng minh có những ưu điểm vượt trội trong quá trình vận hành xác lập, ví dụ như có hiệu suất biến đổi điện cơ lớn, hệ số công suất gần bằng 1, mật độ mômen lớn [1], [2]. Do sự phát triển nhanh chóng của công nghệ nam châm vĩnh cửu đất hiếm với mật độ từ trường cao, tích số năng lượng lớn, như chủng loại nam châm Neodimium... nên trong hai thập kỷ gần đây đã thúc đẩy việc ứng dụng các chủng loại nam châm này trong lĩnh vực máy điện để cho ra các động cơ có hiệu suất năng lượng cao. Trong các loại động cơ sử dụng nam châm vĩnh cửu, LSPMSM nổi lên như là một giải pháp thay thế từng phần cho SCIM trong các lĩnh vực công, nông nghiệp. Động cơ LSPMSM bản chất là sự cải tiến từ động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu và động cơ không đồng bộ. Nói cách khác nó là sự lai tạp giữa động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ bằng cách đặt các thanh nam châm vĩnh cửu vào rôto của SCIM. Do vậy, LSPMSM ngoài sở hữu ưu điểm của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu, nó còn có ưu điểm của SCIM là khả năng tự khởi động trực tiếp.

Đối với LSPMSM mặc dù được khẳng định là động cơ hiệu suất, hệ số công suất cao, nhưng nếu thiết kế không tốt thì các thông số vận hành sẽ không đảm bảo, thậm chí có thể còn không đạt được các tiêu chuẩn của SCIM [3], [4]. Trong quá trình vận hành, nếu lựa chọn NCVC không tốt như chất lượng NCVC không đảm bảo về chủng loại, về nạp từ và đặc biệt là quá trình khử từ trong khi vận hành sẽ ảnh hưởng đến từ trường của NCVC, cụ thể là suy giảm từ [6]. Hiện có rất ít bài báo nghiên cứu về ảnh hưởng của sự suy giảm từ này, vì vậy trong nghiên cứu bài báo sẽ tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của suy giảm từ đối với quá trình vận hành của LSPMSM. Vấn đề dẫn đến khử từ đã được nghiên cứu ở một số bài báo khác, tuy nhiên vấn đề khử từ của LSPMSM này sẽ được đề cập đến ở các nghiên cứu tiếp theo.

Trong nội dung nghiên cứu, bài báo khảo sát đối tượng thực nghiệm là LSPMSM 3 pha, 2p, công suất 15kW. LSPMSM này đều được hiệu chỉnh từ

động cơ không đồng bộ của Công ty Cổ phần Chế tạo động cơ Hà Nội (HEM). Trong nghiên cứu, các kết cấu răng, rãnh, mạch từ, dây quấn, lồng stato và rôto giữ nguyên, các thanh NCVC NdFeN40, mật độ từ dư Br của NVC sẽ xét trong một số trường hợp khi suy giảm từ. Từ kết quả đạt được, bài báo sẽ đánh giá và rút ra một số kết luận trong thiết kế cũng như vận hành để đảm bảo hiệu suất, hệ số công suất của động cơ.

## 2. Mô phỏng động cơ bằng phương pháp số

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

Định luật Faraday về cảm ứng điện từ:

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

Định luật Ampere về dòng điện chạy trong dây dẫn:

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

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 cả khi phân tích kết cấu điện từ của máy điện. Các phương pháp này thực hiện các bài toán liên quan đến các hiện tượng vật lý cơ, nhiệt, từ và điện. Nói chung, hai phương pháp này dựa trên sự rời rạc