

NGHIÊN CỨU LỖI CỦA ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ ROTO LỒNG SÓC 3 PHA 1,5kW 4 CỰC TRONG TRƯỜNG HỢP SỰ CỐ THANH DẪN ROTO

Lưu Bình^{1,*}, Trần Thanh Tuyền^{1,2}, Nguyễn Thu Hương¹, Ngô Văn Hà¹

¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

²NCS. Trường Đại học Trung Nam, Hồ Nam, Trung Quốc

*Email: luubinhcnqn@gmail.com

TÓM TẮT

Trong bài báo này, các hư hỏng rôto trong động cơ không đồng bộ (KĐB) roto lồng sóc được nhóm tác giả nghiên cứu phân tích. Trong quá trình làm việc của động cơ điện thường xuất hiện các lỗi khác nhau dẫn đến sự cố động cơ từ đó dừng hoạt động ảnh hưởng đến độ tin cậy và quá trình vận hành làm việc của hệ thống. Các lỗi dẫn đến sự cố của động cơ như lỗi stato, lỗi roto, lỗi vòng bi. Trong số các lỗi này, lỗi roto do sự cố nứt roto làm hở mạch thanh dẫn roto là vấn đề hay gặp ở các động cơ có roto lồng sóc. Kết quả của bài báo được nhóm tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) và ứng dụng phần mềm Ansys Electronics nghiên cứu và phân tích trên mô hình thực nghiệm mô phỏng động cơ KĐB 1,5kW 4 cực khi xảy ra sự cố thanh dẫn roto lồng sóc.

Từ khóa: Động cơ không đồng bộ, phần tử hữu hạn, phần mềm Ansys Electronics, lỗi roto.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cho đến nay, động cơ điện xoay chiều KĐB [1] ba pha là loại truyền động công nghiệp phổ biến nhất và mặc dù các động cơ này tương đối đáng tin cậy nhưng trong quá trình làm việc chắc chắn sẽ bị hỏng và do đó cần phải được theo dõi tình trạng. Việc giám sát tình trạng của những động cơ điện thường là khó khăn do sự kết hợp phức tạp của các hiệu ứng cơ học và từ tính xảy ra bên trong động cơ. Động cơ điện xoay chiều KĐB được điều khiển bởi bộ biến tần thường gặp các xung điện áp do bật và tắt nhanh. Hơn nữa, động cơ điện luôn phải làm việc trong các môi trường ăn mòn và bụi bẩn cao. Những yêu cầu như vậy đã dẫn đến những cải tiến về vật liệu cách nhiệt và quy trình xử lý được sử dụng. Tuy nhiên, thiết kế và sản xuất roto lồng sóc đã nhận được rất ít sự phát triển. Do đó, lỗi thanh dẫn roto do hỏng hiện chiếm một tỷ lệ lớn trong tổng số lỗi động cơ điện KĐB roto lồng sóc [2]. Nói chung, mô hình hóa và mô phỏng hoạt động của động cơ điện KĐB roto lồng sóc sẽ cung cấp thông tin tiết kiệm và hữu ích cho việc dự đoán và xác định lỗi. Mô phỏng hoạt động của động cơ trên máy tính có thể đặc biệt hữu ích trong việc đạt được cái nhìn sâu sắc về quá trình làm việc của máy

móc. Mô hình hóa của động cơ KĐB roto lồng sóc với lỗi thanh dẫn roto đã có một quá trình nghiên cứu lâu dài trên thế giới [1-4]. Tất nhiên, trong những năm qua, các phương pháp phát hiện lỗi kém hấp dẫn khác đã được khám phá, chẳng hạn như đo sóng hài trong mô-men xoắn động cơ và từ thông dọc trục. Cho đến nay, việc đánh giá tình trạng lỗi thanh dẫn rôto thường được dựa trên phân tích dấu hiệu thay đổi của dòng điện stato. Trong bài báo này, phân tích phần tử hữu hạn được áp dụng để thực hiện phân tích hiệu quả làm việc của động cơ KĐB khi có lỗi rôto.

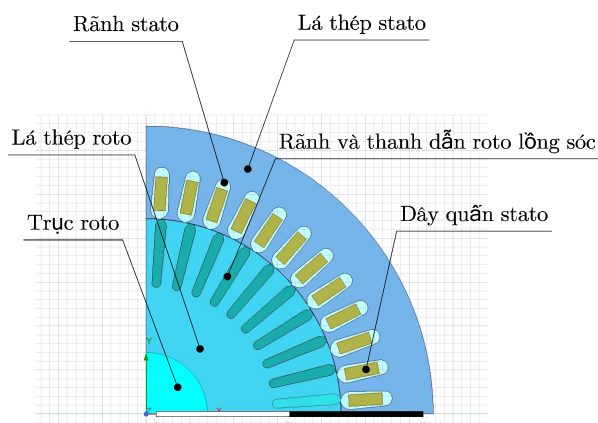
2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU

Roto lồng sóc của động cơ điện thường được chế tạo từ đồng hoặc hợp kim của đồng hoặc nhôm. Các vành ngắn mạch trên roto lồng sóc của động cơ có kích thước lớn hơn thường được chế tạo bằng hợp kim đồng hoặc nhôm, trong khi lồng roto của chúng thường chế tạo bằng cách đúc nhôm. Các thanh roto trong máy điện có nhiệm vụ tạo ra đủ mômen lớn khi máy khởi động từ trạng thái dừng.

Thanh dẫn rôto bị hỏng được coi là một lỗi nghiêm trọng trong động cơ KĐB lồng sóc. Sự xuất hiện của bất kỳ hư hỏng nào trong thanh rôto

sẽ dẫn đến hư hỏng thứ cấp trong động cơ dẫn đến trục trặc nghiêm trọng của động cơ và do đó làm giảm hiệu suất làm việc của động cơ. Trong trường hợp này, động cơ cần được bảo dưỡng hoặc cần được thay thế bằng động cơ khỏe mạnh làm tăng chi phí vận hành.

Lỗi rôto [5] có thể được gây ra bởi các lỗi về điện như khuyết tật thanh dẫn hay nứt thanh dẫn rôto hoặc lỗi kết cấu cơ khí như độ lệch tâm của rôto. Lỗi đầu tiên về điện xảy ra do ứng suất nhiệt, điểm nóng hoặc ứng suất mỏi trong các hoạt động tức thời như khởi động, đặc biệt là ở các động cơ lớn. Một thanh dẫn bị nứt làm thay đổi đáng kể mô-men xoắn và trở nên nguy hiểm đối với sự an toàn và hoạt động ổn định của máy điện. Các thanh rôto bị hỏng thường có thể không gây ra sự cố ngay lập tức cho động cơ KĐB. Tuy nhiên, nếu cứ để như vậy, lỗi có thể phát triển thêm và các mảnh nứt hoặc gãy của thanh dẫn rôto có thể va vào phần đầu nối dây quấn nằm ngoài lõi thép của stato dẫn đến hư hỏng nghiêm trọng.



Hình 1. Mô hình 1/4 mặt cắt ngang rôto và stato của động cơ KĐB 1,5kW 4 cực

Giả sử tốc độ động cơ không đổi, tần số lỗi được đưa ra kiểm tra và xác định thanh rôto bị hỏng. Các thanh rôto bị gãy (đứt) có thể được xác định tần số lỗi bằng công thức tính toán sau [6]:

$$f_{brb} = f \left(k \left(\frac{1-s}{p} \right) \pm s \right) \quad (1)$$

Trong đó: f_{brb} - tần số lỗi khi thanh dẫn rôto bị hỏng (Hz); f - tần số lưới điện (Hz), s - hệ số trượt; p - số đôi cực của stato; k - là hệ số không đổi ($k = 1, 2, 3, \dots$)

Một thanh dẫn rôto bị hỏng gây ra một số hiệu ứng trong động cơ KĐB. Một hiệu ứng thường xảy ra là sự xuất hiện của cái gọi là các thành phần tần số phụ của dòng điện stato. Chúng được tìm thấy ở bên trái và bên phải của thành phần tần số cơ bản. Do đó, các gợn sóng tốc độ gây ra bởi các xung mô-men xoắn [6] tạo ra dải tần số bên phải và thành phần dải tần số bên trái được gây ra bởi sự không đồng bộ điện và từ trong lồng rôto của động cơ cảm ứng [7]. Tần số phụ này được cho bởi:

$$f_b = f(1 \pm 2ks) \quad (2)$$

Trong trường hợp rôto không đối xứng, từ trường quay ngược ở tần số trượt ($-sf$) sẽ xuất hiện. Từ trường quay ngược này sẽ tạo ra một suất điện động trong cuộn dây stato đứng yên ở tốc độ $(1-2s)f$, xuất hiện trong phổ của dòng điện stato ở phía bên trái của tần số cơ bản. Theo đó, nó thường được coi là thành phần biên trái của phổ dòng điện stato do các thanh rôto bị hỏng. Thành phần biên trái biểu thị sự biến thiên tuần hoàn của dòng điện. Nó cũng gây ra xung mô-men xoắn với tần số $2sf$, từ đó tạo ra dao động tốc độ ở cùng tần số. Do dao động tốc độ này trong rôto, một dải biên phải tại $(1+2s)f$, là một hàm của quán tính, sẽ được tạo ra trong cuộn dây của stato.

3. NGHIÊN CỨU ĐỘNG CƠ TRÊN PHẦN MỀM ANSYS MAXWELL

3.1. Phương pháp phần tử hữu hạn

Các phương pháp số thích hợp hơn cho việc phân tích trường điện từ của máy điện. Các phương pháp số phổ biến sử dụng trong nghiên cứu máy điện là phương pháp sai phân hữu hạn (FDM), phương pháp phần tử biên (BEM) và phương pháp phần tử hữu hạn (FEM). Những phương pháp này có ưu điểm và nhược điểm của chúng; tuy nhiên, phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp hầu hết các ưu điểm của hai phương pháp kia mà không phát sinh những nhược điểm đáng kể. Phương pháp này đặc biệt phù hợp để phân tích các máy điện trong đó cần tính đến nhiều yếu tố, chẳng hạn như hình học phức tạp, vật liệu từ tính và điện, dòng điện cảm ứng, sự kết hợp của các hiệu ứng nhiệt và cơ học, v.v. Trong FEM, một thiết bị điện từ được chia thành

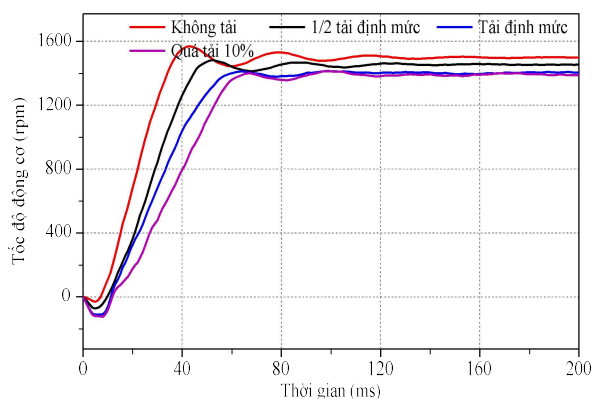
một số lượng lớn các phần tử nhỏ. Hành vi của từng phần tử riêng lẻ được mô tả bằng một phương trình. Theo đó, một bộ phương trình cực lớn thu được mô tả toàn bộ thiết bị. Tập hợp lớn các phương trình đồng thời này có thể được giải bằng lập trình máy tính để trích xuất hành vi của các phần tử riêng lẻ.

3.2. Nghiên cứu và phân tích làm việc của động cơ KĐB 1,5kW 4 cực

Trong phần thực nghiệm, nhóm tác giả sẽ xây dựng mô hình mô phỏng động cơ KĐB 1,5kW 4 cực với thông số như bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông số động cơ KĐB 1,5kW 4 cực

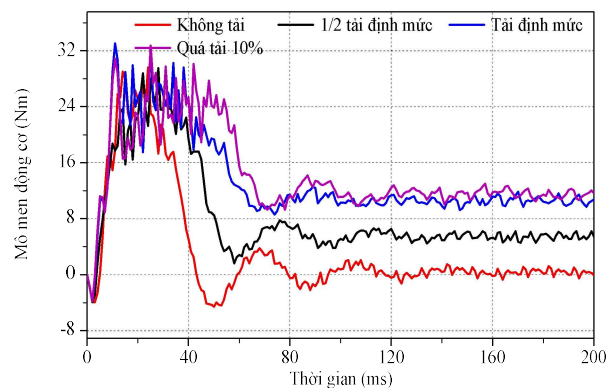
Thông số	Giá trị	Đơn vị
Công suất định mức	1,5	kW
Điện áp định mức	380	V
Tần số định mức	50	Hz
Mô men định mức	10,2	Nm
Số đôi cực	2	
Tốc độ định mức	1405	Vòng/phút
Hiệu suất	83,2	%
Hệ số công suất	0,88	
Khe hở không khí	0,1	mm
Số rãnh stato	48	Rãnh
Số rãnh roto	40	Rãnh
Chiều dài của lõi thép stato - roto	84	mm
Đường kính ngoài stato	131	mm
Đường kính trong roto	88,8	mm
Vật liệu chế tạo của lõi thép stato-roto	Steel1008	
Lớp quấn dây stato	Một lớp	



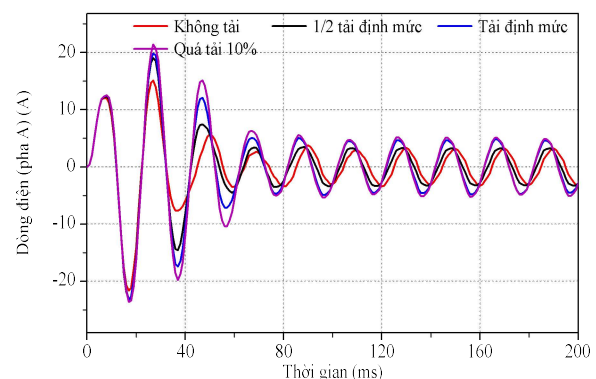
Hình 2. Kết quả mô phỏng tốc độ động cơ KĐB 1,5kW 4 cực với roto bình thường theo thời gian với 4 mức tải khác nhau

Gần đây, nghiên cứu về đặc tính điện từ của động cơ KĐB sử dụng FEM đã thu hút được sự quan tâm lớn. Phần mềm ANSYS Electronics là một trong những phần mềm mô phỏng trường điện từ thương mại dành cho các kỹ sư đang làm việc để thiết kế và phân tích các thiết bị cơ điện và điện từ 3-D và 2-D [8-9]. Trong nghiên cứu này, động cơ KĐB ba pha (1,5kW, 380VAC, 4 cực) được nghiên cứu và phân tích bằng phần mềm ANSYS Electronics.

Mô phỏng động cơ KĐB 1,5kW 4 cực ở các mức tải khác nhau cho tình trạng không có lỗi roto của động cơ KĐB như không tải, 1/2 tải, tải định mức và quá tải 10%. Kết quả mô phỏng động cơ ở trạng thái không lỗi với bốn mức tải được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo. Về vấn đề này, trước hết, thu được các dao động của dòng điện theo thời gian, tốc độ theo thời gian và mô-men xoắn theo thời gian ở bốn mức tải đối với động cơ không có lỗi đã xác định. Biểu đồ của những dữ liệu này được trình bày lần lượt trong hình 2 đến hình 4.



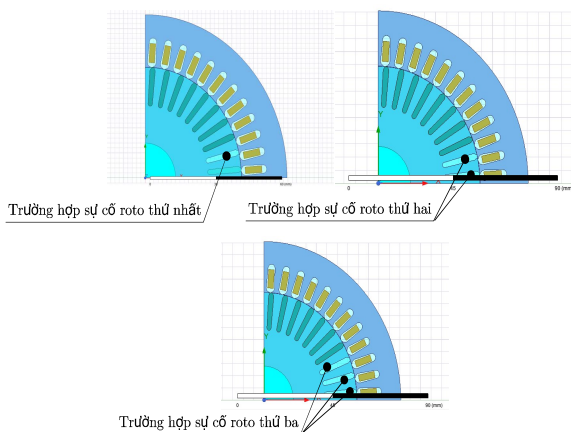
Hình 3. Kết quả mô phỏng mô men động cơ KĐB 1,5kW 4 cực với roto bình thường theo thời gian với 4 mức tải khác nhau



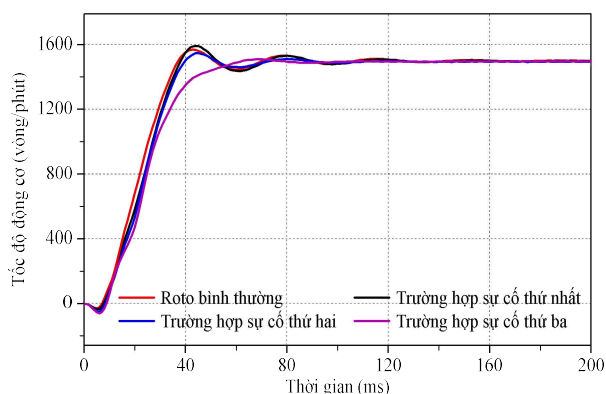
Hình 4. Kết quả mô phỏng dòng điện pha A của động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto bình thường theo thời gian với 4 mức tải khác nhau

Như rõ ràng trong hình 2, hình 3 và hình 4, không có nhiều khác biệt về thời gian khởi động của động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực khi hoạt động ở mức tải không tải và $\frac{1}{2}$ tải định mức. Trong những điều kiện này, kết quả chỉ ra rằng động cơ chuyển sang trạng thái ổn định với ít hơn 120 mili giây. Tuy nhiên, hiệu suất của động cơ sẽ khác khi hoạt động ở mức tải cao hơn (tải định mức, quá tải 10%). Thời gian để động cơ chuyển sang trạng thái ổn định nhanh hơn (thời gian khởi động là 100 mili giây).

Tiếp theo, nhóm tác giả trình bày ảnh hưởng của các thanh dẫn roto bị hỏng đến quá trình làm việc của động cơ KĐB. Các phân tích được thực hiện bằng phần mềm ANSYS Electronics 2021 R1 2D, cho động cơ bị lỗi với thanh dẫn bị hỏng dưới các mức tải khác nhau: không tải, $\frac{1}{2}$ tải định mức, tải định mức và quá tải 10%.

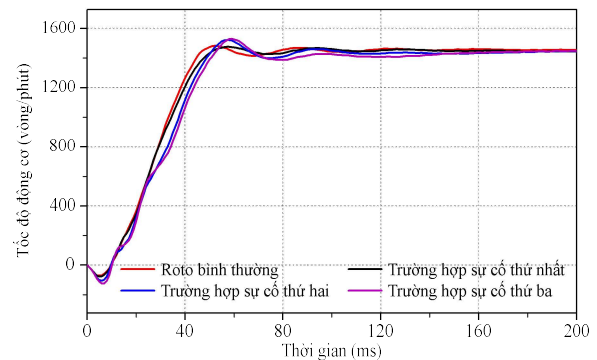


Hình 5. Các trường hợp sự cố thanh dẫn Roto của động cơ KĐB 1,5kW 4 cực

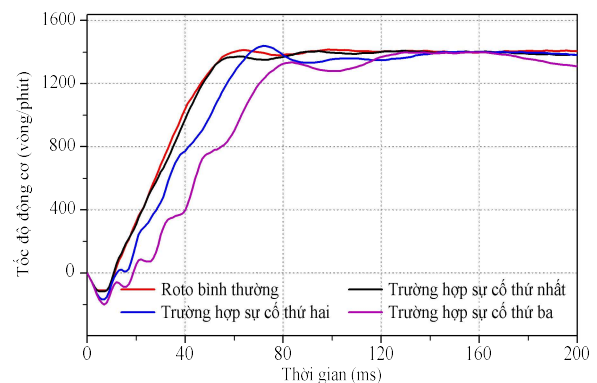


Hình 6. Kết quả mô phỏng tốc độ động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ không tải

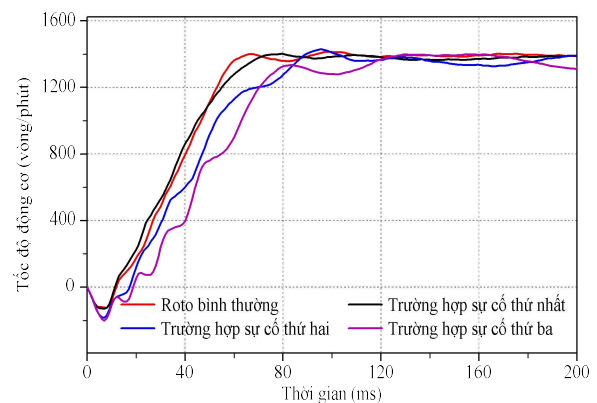
Mô hình Maxwell 2D của động cơ có thanh dẫn roto bị hỏng được mô tả trong hình 5. Để xác định ảnh hưởng của thanh bị hỏng đối với thời gian khởi động của động cơ, dữ liệu tương tự thu được đối với động cơ KĐB 1,5kW 4 cực có roto bình thường đã được trình bày ở phần trên.



Hình 7. Kết quả mô phỏng tốc độ động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ $\frac{1}{2}$ tải định mức

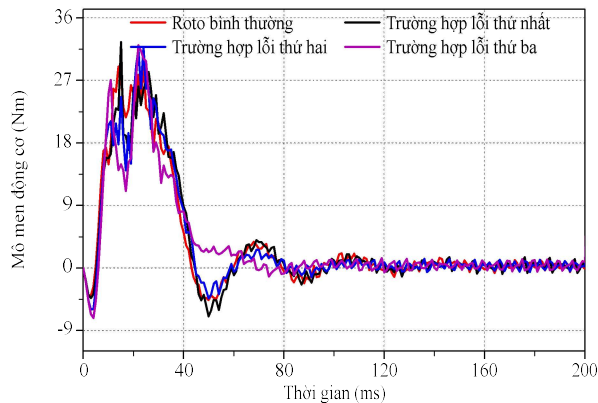


Hình 8. Kết quả mô phỏng tốc độ động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ tải định mức

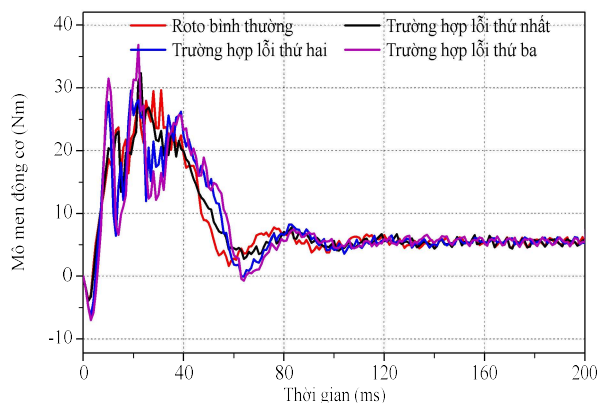


Hình 9. Kết quả mô phỏng tốc độ động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ quá tải 10%

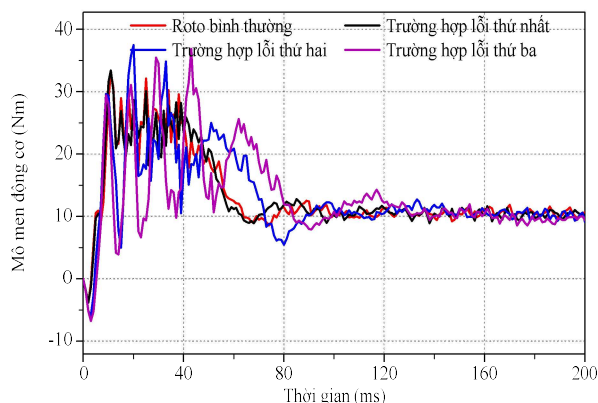
Trong các hình 6, 7, 8 và 9 cho thấy tốc độ của động cơ khi làm việc ở chế độ không tải với các sự cố khác nhau.



Hình 10. Kết quả mô phỏng mô men động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ không tải



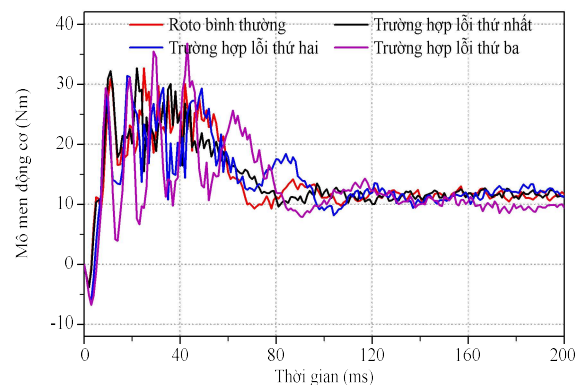
Hình 11. Kết quả mô phỏng mô men động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ 1/2 tải định mức



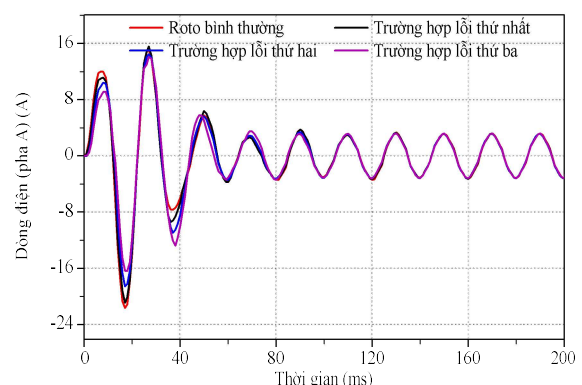
Hình 12. Kết quả mô phỏng mô men động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ tải định mức

Đối với các sự cố này thì khi tải càng tăng thì đặc tính thu được càng không ổn định, thời gian khởi động cũng tăng theo. Như hình 9 cho thấy trường hợp sự cố thứ hai thời gian khởi động của động cơ là 200 mili giây nhưng sự cố thứ ba thì thời gian khởi động kéo dài hơn 200 mili giây.

Trong hình 10, 11, 12 và 13 cho thấy kết quả mô phỏng của mô men động cơ KĐB với các trường hợp sự cố roto ở các chế độ khác nhau. Với hình 10 có thể biên độ dao động của mô men khi lỗi nhiều thanh dẫn roto sẽ tăng lên, điều này đúng với lý thuyết của động cơ KĐB. Đối với các hình 11, 12, 13 có thể thấy khi tải tăng thì có thể thấy biên độ mô men khởi động cũng tăng đồng thời thời gian khởi động cũng tăng lên.

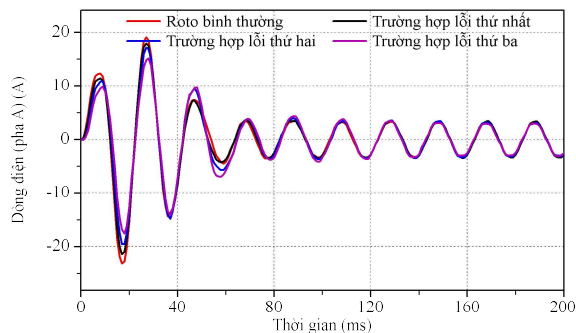


Hình 13. Kết quả mô phỏng mô men động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ quá tải 10%

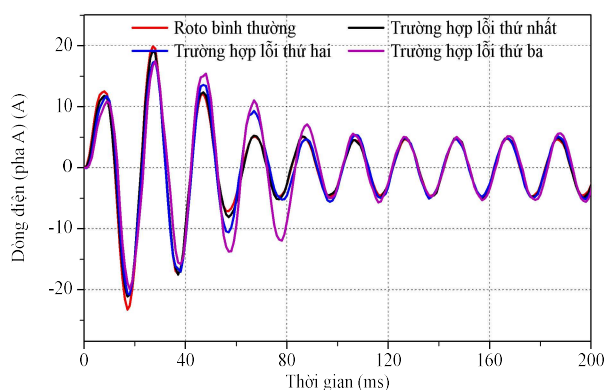


Hình 14. Kết quả mô phỏng dòng điện pha A của động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ không tải

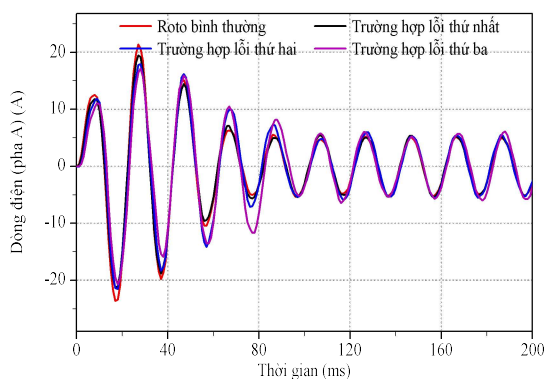
Các hình 14, 15, 16 và 17 cho thấy đặc tính của dòng điện khi khởi động trong các trường hợp xảy ra sự cố. Kết quả cho thấy dòng điện trong các chế độ đều có dao động tương tự nhau. Nhưng có thể thấy dòng điện vẫn có dạng hình sin, khi roto xảy ra lỗi nhiều thanh dẫn thì có thể thấy dòng điện khởi động dao động với biên độ giảm nhưng sóng của dòng điện khi chạy ổn định không có dạng ổn định như trường hợp roto bình thường.



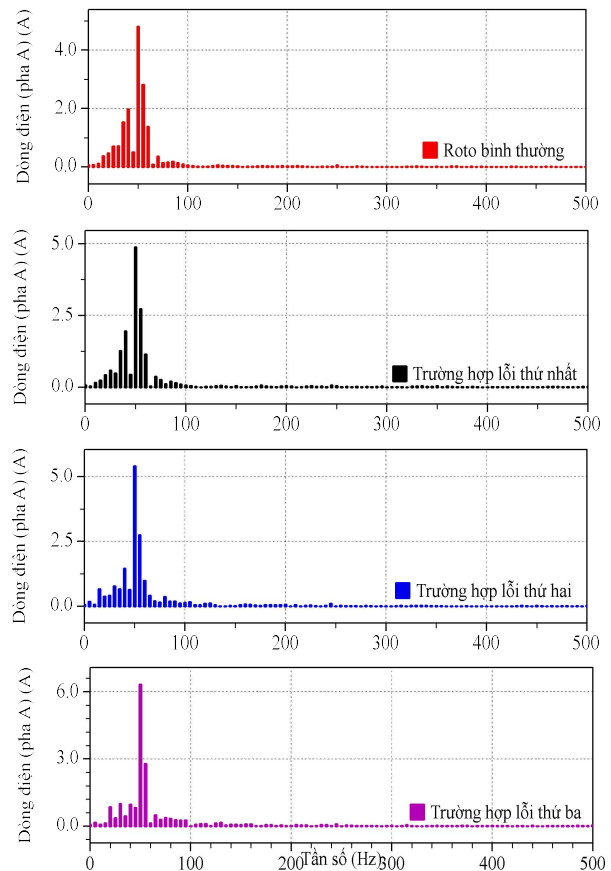
Hình 15. Kết quả mô phỏng dòng điện pha A của động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ $\frac{1}{2}$ tải định mức



Hình 16. Kết quả mô phỏng dòng điện pha A của động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ tải định mức



Hình 17. Kết quả mô phỏng dòng điện pha A của động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau ở chế độ quá tải 10%



Hình 18. Kết quả phân tích FFT của dòng điện pha A của động cơ KĐB 1,5 kW 4 cực với roto có thanh dẫn bị sự cố với bốn trường hợp khác nhau

Kết quả phân tích FFT của dòng điện pha A trong hình 18 cho ta thấy biên độ tần số cơ bản sẽ tăng khi số lượng thanh dẫn của roto bị sự cố tăng lên. Ngoài ra có thể thấy các biên độ tần số ở dải bên phải của tần số cơ bản cũng tăng lên nhiều so với trường hợp roto bình thường.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc sử dụng phương pháp FEM được trình bày trong bài báo là một phần của nghiên cứu các bài toán điện cơ của động cơ KĐB roto lồng sóc. Mô phỏng máy tính dựa trên các mô hình toán học được đưa là phương pháp hiệu quả và chi phí thấp giúp nghiên cứu ảnh hưởng của các lỗi động cơ khác nhau đến quá trình làm việc. Phương pháp đã trình bày cho phép đánh giá ảnh hưởng gây thanh dẫn roto đến các thông số của động cơ KĐB trong trường hợp số lượng và vị trí

các thanh rôto bị đứt ở các trường hợp khác nhau với các chế độ tải khác nhau. Các thành phần sóng hài của dòng điện được dự đoán bằng phương pháp lý thuyết phù hợp với kết quả mô phỏng. Tuy nhiên giữa mô phỏng và thực tế thử

nghiệm vẫn có một khoảng cách nhất định nên kết quả nghiên cứu vẫn còn nhiều hạn chế. Việc nghiên cứu khắc phục những hạn chế này sẽ giúp nhóm tác giả nghiên cứu sâu hơn về động cơ KĐB.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Nguyễn Văn Sáu (1998). *Máy điện I, II*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
2. A. H. Bonnett and G. C. Soukup (1986). *Rotor Failures in Squirrel Cage Induction Motors*. in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. IA-22, no. 6, pp. 1165-1173, Nov. 1986.
3. G. B. Kliman, R. A. Koegl, J. Stein, R. D. Endicott and M. W. Madden (1988). Noninvasive detection of broken rotor bars in operating induction motors. in *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 3, no. 4, pp. 873-879, Dec. 1988. DOI: 10.1109/60.9364.
4. Rahimian, Mina M., Seung Choi, and Karen Butler-Purpy (2011). A novel analytical method for prediction of the broken bar fault signature amplitude in induction machine cage rotor and synchronous machine damper winding. In *2011 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition*, pp. 1641-1648. IEEE, 2011. DOI: 10.1109/ECCE.2011.6063979
5. S. Hamdani, O. Touhami, R. I. M. Fadel (2011). Neural Network Technique for Induction Motor Rotor Faults Classification – Dynamic Eccentricity and Broken Bar Faults. *IEEE International Symposium on Diagnostics for Electric Machines Power Electronics & Drives (SDEMPED)*, Bologna, Italy, pp. 626-631, 5-8 Sep. 2011. DOI: 10.1109/DEMPED.2011.6063689
6. S. Nandi, H. A. Toliyat and X. Li (2005). Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Motors – A Review. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 20, pp. 719-729, 2005. DOI: 10.1109/TEC.2005.847955
7. A. Bellini, F. Filippetti, G. Franceschini, C. Tassoni, and G. B. Kliman (2001). Quantitative evaluation of induction motor broken bars by means of electrical signature analysis. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 37, pp. 1248-1255, 2001. DOI: 10.1109/28.952499
8. T.A. Stolarski, Y. Nakasone, S. Yoshimoto (2018). Engineering Analysis with ANSYS Software. *Butterworth-Heinemann*, 2018.
9. Ansoft™ Inc. (2021). ANSYS Electromagnetics Suite 2021 R1 Help. *ANSYS, Inc. Southpointe 2600 ANSYS Drive Canonsburg, PA 15317*.

Thông tin của tác giả:

ThS. Lưu Bình

Trung tâm đào tạo nghề, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).973.393.268 Email: luubinhcnqn@gmail.com

ThS. Trần Thanh Tuyền

Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

NCS. Tại Trường Đại học Trung Nam, Hồ Nam 410083, Trung Quốc

Điện thoại: +(84).977.386.134 Email: tuyentt@qui.edu.vn

Thông tin của tác giả: (tiếp theo)

ThS. Nguyễn Thu Hương

Trung tâm đào tạo nghề, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).904.744.244 Email: thuhuong.qui@gmail.com

ThS. Ngô Văn Hà

Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).383.674.899 Email: ngovanha72@gmail.com

RESEARCH FAULT OF A SQUIRREL CAGE ANSYNCHRONOUS MOTOR 1,5KW, 4 POLES IN THE CASE OF ROTOR-BARS FAILURE

Information about authors:

Luu Binh, M.Eng., Vocational Training Center, Quang Ninh University of Industry. Email: luubinhcnqn@gmail.com

Tran Thanh Tuyen, M.Eng., Faculty of Electricity, Quang Ninh University of Industry; PhD Student at Central South University, Changsha, Hunan 410083, China.

Nguyen Thu Huong, M.Eng., Vocational Training Center, Quang Ninh University of Industry.

Ngo Van Ha, M.Eng., Faculty of Electricity, Quang Ninh University of Industry

ABSTRACT:

In the paper, the research team analyses the rotor failures in squirrel cage rotor asynchronous motors. During the working process of the electric motor, various errors often occur, leading to the motor's failure, thereby stopping the operation and affecting the reliability and operation of the system. Faults that lead to motor failure, such as stator failure, rotor failure, and bearing failure. Among these faults, rotor failure due to rotor cracking that opens the rotor busbar is a common problem in motors with squirrel cage rotors. In the content of this paper, the authors use the finite element method and Ansys Electronics software application to study and analyse the performance of the 4-pole 1,5 kW asynchronous motor when the rotor fault occurs.

Keywords: Asynchronous Motor, Finite Element Method, Ansys Electronics software, Rotor failure.

REFERENCES

1. Vu Gia Hanh, Tran Khanh Ha, Nguyen Van Sau (1998). *May dien I, II*. in Vietnamese. Publishing scientific and technical, Ha Noi.
2. A. H. Bonnett and G. C. Soukup (1986). *Rotor Failures in Squirrel Cage Induction Motors*. in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. IA-22, no. 6, pp. 1165-1173, Nov. 1986.
3. G. B. Kliman, R. A. Koegl, J. Stein, R. D. Endicott and M. W. Madden (1988). *Noninvasive detection of broken rotor bars in operating induction motors*. in IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 3, no. 4, pp. 873-879, Dec. 1988. DOI: 10.1109/60.9364.
4. Rahimian, Mina M., Seung Choi, and Karen Butler-Purpy (2011). *A novel analytical method for prediction of the broken bar fault signature amplitude in induction machine cage rotor and synchronous machine damper winding*. In 2011 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition,

- pp. 1641-1648. IEEE, 2011.DOI: 10.1109/ECCE.2011.6063979
5. S. Hamdani, O. Touhami, R. I. M. Fadel (2011). *Neural Network Technique for Induction Motor Rotor Faults Classification – Dynamic Eccentricity and Broken Bar Faults*. IEEE International Symposium on Diagnostics for Electric Machines Power Electronics & Drives (SDEMPED), Bologna, Italy, pp. 626-631, 5-8 Sep. 2011.DOI: 10.1109/DEMPED.2011.6063689
 6. S. Nandi, H. A. Toliyat and X. Li (2005). *Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Motors – A Review*.IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 20, pp. 719-729, 2005. DOI: 10.1109/TEC.2005.847955
 7. A. Bellini, F. Filippetti, G. Franceschini, C. Tassoni, and G. B. Kliman (2001), "*Quantitative evaluation of induction motor broken bars by means of electrical signature analysis*," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 37, pp. 1248-1255, 2001. DOI: 10.1109/28.952499
 8. T.A. Stolarski, Y. Nakasone, S. Yoshimoto (2006). *Engineering Analysis with ANSYS Software*.Butterworth-Heinemann, 2018.
 9. *AnsoftTM Inc. (2021). ANSYS Electromagnetics Suite 2021 R1 Help*.ANSYS, Inc. Southpointe 2600 ANSYS Drive Canonsburg, PA 15317.

Ngày nhận bài: 05/9/2023;

Ngày gửi phản biện: 07/9/2023;

Ngày nhận phản biện: 19/9/2023;

Ngày chấp nhận đăng: 22/9/2023.