

ỨNG DỤNG VI ĐIỀU KHIỂN VÀ CẢM BIẾN ZHKY901 XÂY DỰNG MÔ HÌNH GIÁM SÁT TRỰC TIẾP MÔMEN ĐỘNG CƠ ĐIỆN SỬ DỤNG TRONG CÁC TRUNG TÂM SỬA CHỮA, BẢO DƯỠNG NHỎ

APPLYING MICROCONTROLLER AND ZHKY901 SENSOR IN A MODEL OF SUPERVISING MOMENT ELECTRICAL MOTORS USING IN SMALL REPAIR AND MAINTENANCE CENTERS

Lê Anh Tuấn^{1,*}, Phạm Văn Minh¹, Bùi Văn Huy¹, Nguyễn Văn Đoài¹, Phạm Văn Nam¹, Vũ Thị Kim Nhì¹

TÓM TẮT

Các động cơ điện sau một thời gian vận hành thường gặp phải những hư hỏng cần phải sửa chữa và khắc phục. Các công việc này thường do bộ phận kỹ thuật làm nhiệm vụ bảo trì, bảo dưỡng hoặc phân xưởng sửa chữa của nhà máy. Sau quá trình sửa chữa động cơ thường được đo kiểm để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật trước khi đưa vào vận hành. Trong các thông số kiểm tra thì mômen là đại lượng tương đối khó xác định, lý do là để đo mômen cần phải phối hợp giữa hệ thống đo lường với động cơ, tải, cảm biến trên một hệ thống phức tạp. Hiện nay các hệ thống đo, kiểm tra thông số động cơ thường khá cồng kềnh, giá thành cao, khó thực hiện ghép nối động cơ đo kiểm. Các hệ thống này thường được trang bị cho các trung tâm đo kiểm của nhà máy sản xuất động cơ hoặc sử dụng trong các trung tâm đăng kiểm hay sử dụng trong phòng thí nghiệm của các trường đại học. Chúng không phù hợp khi sử dụng ở phân xưởng sửa chữa hoặc đơn vị bảo dưỡng, sửa chữa nhỏ. Vì vậy thực tế đặt ra là cần có một mô hình đo kiểm tra các thông số của động cơ có giá thành rẻ, thuận lợi cho việc kiểm thử các thông số trong đó có thông số mômen.

Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất thiết kế một mô hình ứng dụng vi điều khiển và cảm biến ZHKY901 để đo, kiểm tra thông số mômen của động cơ điện. Mô hình để xuất được thử nghiệm với động cơ Y3-80M1-4 B3 trong hai trường hợp còn mới và đã qua bảo dưỡng sửa chữa. Kết quả thực nghiệm chứng minh độ tin cậy và hiệu quả của mô hình đề xuất.

Từ khóa: Động cơ điện; động cơ không đồng bộ; mômen; cảm biến mômen; vi điều khiển.

ABSTRACT

After long time operation, electrical motors always need checked and repaired by technical staffs of plants or the workers of maintaining workshop. Technical parameters of the motors have been tested before returning to operate in plant. Among many of testing motor parameters, the torque value is quite difficultly measured, because it needs a complicated measurement system. Today, testing motor systems are more complicated, too cumbersome and expensive. These systems are usually applied in testing centers of motor manufacturers, national quality testing centers and universities' motor testing room. But, they are not suitable for using in a small maintaining factory workshop. Therefore, a small motor testing system with low cost and torque measurement, convenient using is necessary.

For this reason, this paper proposes and designs a motor testing system which applying microcontroller and ZHKY901 torque sensor for checking motor torque. Two Y3-80M1-4 B3 induction motors, one is new, the other is old are tested by this system. The results will show the reliability of the system.

Keywords: Electrical motors; asynchronous motors; moment; moment sensor; microcontroller.

¹Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: tuanla1@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/4/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/5/2021

Ngày chấp nhận đăng: 27/12/2021

KÝ HIỆU			n	Vòng/phút	Tốc độ quay định mức
Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa	M	N.m	Mômen
I_{dm}	A	Dòng điện định mức	CHỮ VIẾT TẮT		
P_{dm}	W	Công suất định mức	KĐB	Động cơ không đồng bộ	
			VĐK	Vi điều khiển	

1. GIỚI THIỆU

Thông thường, động cơ điện sau quá trình sửa chữa, bảo dưỡng việc kiểm tra đánh giá các thông số động cơ điện thông thường chỉ dừng lại ở kiểm tra cách điện, điện trở pha, dòng điện định mức,... Hiện nay, gần như ở các hãng sản xuất, sửa chữa bảo dưỡng động cơ lớn hoặc tại các trung tâm kiểm định mới có các hệ thống đo lường tích hợp kiểm soát mômen nhằm đánh giá thông số động cơ trước khi xuất xưởng hoặc sau sửa chữa, bảo dưỡng. Tuy nhiên giá thành các hệ thống đo lường tích hợp này cao thường phải nhập từ nước ngoài. Ở các cơ sở sửa chữa, bảo dưỡng nhỏ thường sẽ bỏ qua kiểm tra thông số này của động cơ.

Có thể tổng hợp một số phương pháp để đo mômen như sau: đo trực tiếp trong đó cảm biến mômen được gắn lên trục động cơ và tải, được kết nối với bộ điều khiển để trao đổi tín hiệu thông qua các cáp nối. Các cảm biến đo mômen dạng này ứng dụng công nghệ strain gauge để chuyển đổi tín hiệu mômen sang tín hiệu điện một chiều đã được chuẩn hóa có thể đo lường được [3, 4, 10]. Ngoài ra, để đơn giản người ta có thể đo bằng phương pháp gián tiếp. Trong phép đo gián tiếp mômen được tính toán thông qua công suất của tải (thông thường là máy phát điện một chiều hoặc xoay chiều), nhưng hạn chế của phương pháp này là sai số lớn do phải nội suy giá trị. Phương pháp đo gián tiếp thường được ứng dụng ở các phòng thí nghiệm ở một số trường đại học.

Ở Việt Nam hiện nay, hệ thống đo lường mômen của động cơ chủ yếu được thực hiện ở các đơn vị như: Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng, các nhà máy sản xuất động cơ điện (Việt Hưng, Điện cơ Hà Nội, ...). Việc đo mômen là cần thiết, giúp người sửa chữa và vận hành đánh giá được hiệu quả của việc sửa chữa, bảo dưỡng để có những hiệu chỉnh thích hợp nhằm tối ưu công suất động cơ, nâng cao hiệu quả sản xuất [2]. Bên cạnh đó, đối với một số bài toán điều khiển, đo kiểm tra mômen giúp nâng cao chất lượng điều khiển. Vì vậy, trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất và xây dựng một mô hình ứng dụng vi điều khiển (ViDK) và cảm biến mômen để giám sát mômen động cơ điện phù hợp với điều kiện của Việt Nam hiện nay. Mô hình ứng dụng cảm biến ZHKY901 hiện đại, có thể ứng dụng trong các cơ sở sửa chữa bảo dưỡng nhỏ. Ngoài ra, mô hình này còn có thể tích hợp trong một số bài toán điều khiển giúp ích cho việc nâng cao chất lượng hoặc cải tiến phương pháp điều khiển.

2. NỘI DUNG

2.1. Đặt vấn đề

Động cơ điện, nhất là động cơ không đồng bộ ba pha lỏng sóc được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp do kết cấu đơn giản, làm việc chắc chắn, sử dụng và bảo quản thuận tiện, giá thành rẻ [1, 5]. Đối với động cơ điện, việc bảo dưỡng động cơ là cần thiết khi động cơ đã vận hành trong một thời gian dài, lúc này các bộ phận bên trong động cơ đã bị hao mòn đi đáng kể, hiệu suất đạt được không còn được như lúc đầu, tuổi thọ và độ bền của động

cơ cũng giảm dần, động cơ điện cũng như các thiết bị khác cần có sự nghỉ ngơi để bảo dưỡng làm mới lại máy móc, thiết bị. Bên cạnh đó, công tác bảo dưỡng thường xuyên còn giúp tăng tuổi thọ động cơ cũng như công suất đạt được luôn hiệu quả và tối đa, ngăn ngừa được những trục trặc và hư hỏng của động cơ. Sau quá trình sửa chữa, bảo dưỡng động cơ điện cần được đo kiểm tra các thông số như dòng điện, công suất tiêu thụ, điện trở pha, cách điện,... trước khi đi vào sử dụng trở lại. Trong các thông số đo kiểm tra động cơ thì đại lượng mômen rất khó kiểm soát, lý do là để đo mômen ta phải phối hợp giữa hệ thống đo lường với động cơ, tải, cảm biến trên một hệ thống được gắn cố định, nhất là khi chúng ta thực hiện đo kiểm tra mômen ở chế độ vận hành khi có tải thay đổi. Vì vậy, vấn đề cần thiết đặt ra là cần có một mô hình đo kiểm tra mômen đơn giản, dễ sử dụng và khả thi khi áp dụng trong các đơn vị bảo dưỡng sửa chữa nhỏ.

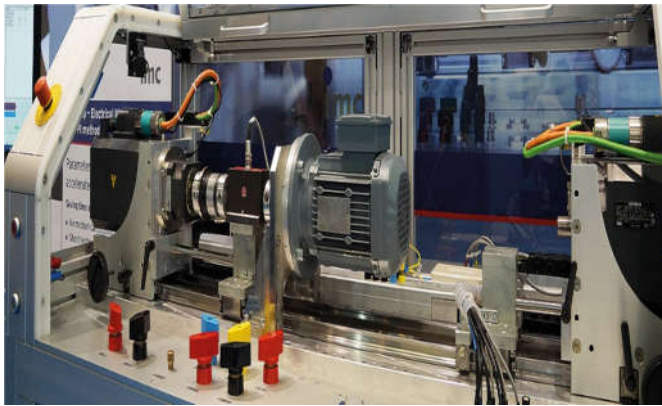


Hình 1. Động cơ không đồng bộ HEM [6]

Hiện nay, trên thế giới giám sát mômen đã được các hãng lớn tích hợp trong hệ thống đo lường, kiểm tra động cơ điện, tuy nhiên giá thành hệ thống sản phẩm cao, khó ứng dụng trong quy mô sửa chữa bảo dưỡng nhỏ. Hình 2 là một số hệ thống thử nghiệm động cơ có đo kiểm tra đại lượng mômen của một số hãng trên thế giới.



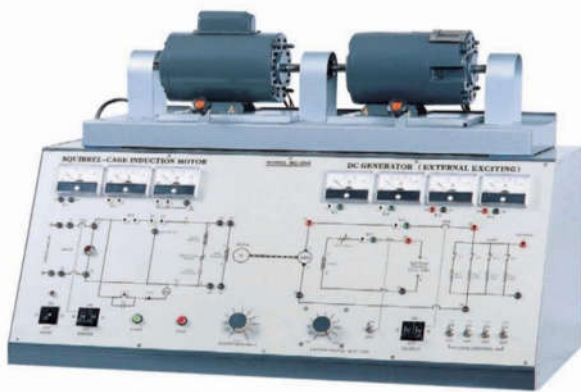
a)



b)

Hình 2. Hệ thống thử nghiệm động cơ của nước ngoài [7, 8]
 a) Hệ thống thử nghiệm động cơ đến 37kW Model: RDS-37-ISRAEL
 b) Hệ thống thử nghiệm động cơ của IMC-GERMANY

Bên cạnh đó, trong một số phòng thí nghiệm đo kiểm tra mômen thường được tính toán gián tiếp thông qua công suất máy phát điện và tốc độ quay của động cơ. Mô hình thí nghiệm động cơ như ở hình 3.



Hình 3. Hệ thống thử nghiệm động cơ ở một số phòng thí nghiệm

Ở mô hình thí nghiệm này, mômen sẽ được xác định qua công thức:

$$M = \frac{P_2}{\omega} \text{ (N.m)} \tag{1}$$

Trong đó,

+ ω (rad/s) là tốc độ quay của động cơ được đo trực tiếp thông qua cảm biến tốc độ.

+ P_2 (W) là công suất đầu trục động cơ, P_2 được tính toán gián tiếp thông qua công suất phát của máy phát (P_{MF}) và hiệu suất biến đổi của máy phát điện (η_{MF}).

$$P_2 = \frac{P_{MF}}{\eta_{MF}} \text{ (W)} \tag{2}$$

Như vậy, mômen động cơ điện thử nghiệm sẽ được tính toán gián tiếp thông qua công suất máy phát điện, hiệu suất máy phát và tốc độ quay. Độ chính xác của phương pháp phụ thuộc rất nhiều vào hiệu suất của máy phát, tuy nhiên thông số hiệu suất máy phát thay đổi ảnh hưởng bởi

thời gian vận hành [2] và phụ thuộc hệ số tải đặt vào máy phát [5].

Vi vậy, vấn đề cần thiết đặt ra là cần có một mô hình đo kiểm tra mômen đơn giản, dễ sử dụng, giá thành rẻ nhưng đảm bảo độ chính xác khi áp dụng trong các đơn vị bảo dưỡng sửa chữa nhỏ.

2.2. Mô hình giám sát đại lượng mômen động cơ điện

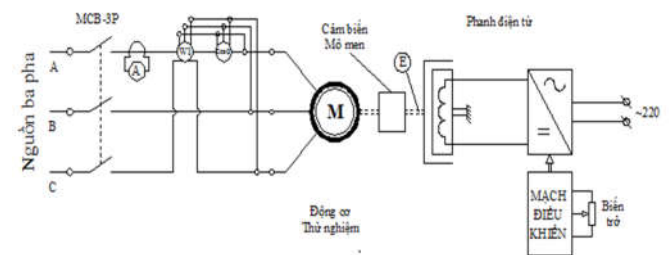
2.2.1. Yêu cầu mô hình

Từ nghiên cứu đánh giá cơ sở lý thuyết đo lường mômen kết hợp đánh giá các phương pháp đo mômen thực tế ở Việt Nam và trên thế giới, nhóm tác giả đề xuất mô hình giám sát mômen động cơ điện với một số yêu cầu như sau:

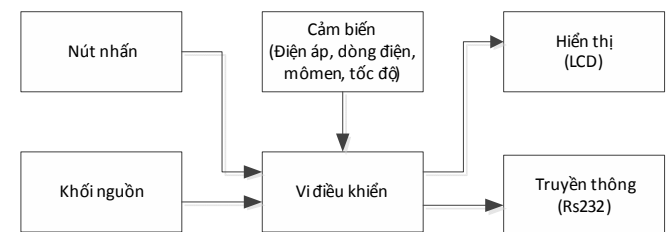
- Kết quả đo chính xác so với phương pháp đo đơn giản thường áp dụng ở phòng thí nghiệm.
- Có thể thay đổi tải linh hoạt trong dải rộng.
- Có khả năng tự động hóa cao do các thiết bị đo, cảm biến đo sẵn có và hiện đại.
- Nhỏ gọn, dễ dàng lắp đặt và vận hành.
- Đơn giản trong sửa chữa hoặc thay thế thiết bị.

2.2.2. Mô hình đo kiểm tra mômen động cơ điện để xuất

Từ yêu cầu đặt ra trên, nhóm tác giả đề xuất mô hình đo kiểm tra mômen động cơ điện với nguyên lý như hình 4.



Hình 4. Mô hình đo kiểm tra mômen để xuất



Hình 5. Sơ đồ khối mạch thu thập và xử lý tín hiệu

Với mô hình để xuất động cơ sẽ được nối với tải là phanh điện từ thông qua cảm biến mômen. Phanh điện từ đóng vai trò là tải đặt mômen cản lên đầu trục của động cơ. Giá trị mômen cản sẽ được điều chỉnh thông qua mạch điều khiển điện áp đặt vào phanh điện từ. Mômen đầu trục do động cơ điện sinh ra được đo lường trực tiếp thông qua cảm biến mômen nối giữa trục động cơ và máy phát. Tốc độ động cơ được xác định thông qua cảm biến tốc độ gắn đồng trục với trục động cơ. Bên cạnh đó, để thu thập, xử lý, hiển thị, lưu giữ và truyền dữ liệu mômen từ mô hình,

nhóm tác giả thực hiện ứng dụng vi điều khiển. Sơ đồ khối mạch thu thập và xử lý tín hiệu ứng dụng vi điều khiển như hình 5.

2.2.3. Lựa chọn thiết bị trong mô hình giám sát mômen

a) Cảm biến mômen ZHKY901

Nhóm tác giả lựa chọn cảm biến mômen ZHKY901 do cảm biến sẵn có trên thị trường, có độ chính xác cao (sai số 0,5%). Bên cạnh đó, tín hiệu mômen từ cảm biến đã được chuẩn hóa về tín hiệu điện áp một chiều, dễ tích hợp trong hệ thống thu thập và xử lý tín hiệu. Các thông số của cảm biến như bảng 1.



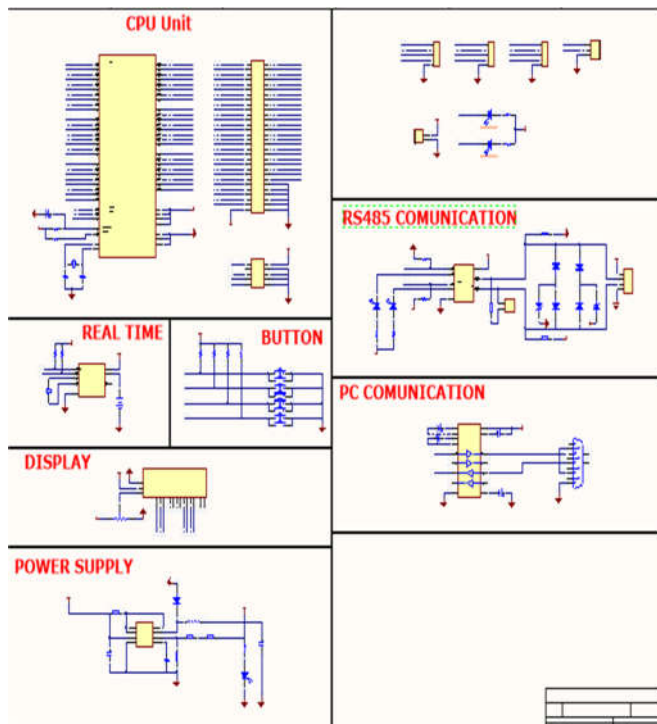
Hình 6. Cảm biến mômen ZHKY901 [9]

Bảng 1. Thông số cảm biến mômen ZHKY901

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Điện áp cấp	24	VDC
Phạm vi đo	0 ÷ 25	N.m
Tốc độ quay tối đa	8.000	vòng/phút
Đầu ra	0 ÷ 5	VDC
Tích hợp encoder	Tích hợp	
Độ chính xác	0,5	%

b) Vi điều khiển và mạch giám sát mômen động cơ điện

Nhóm tác giả lựa chọn VĐK Atmega64 trong thiết kế mạch đo kiểm soát mômen động cơ điện. Atmega64 sẵn có trên thị trường, có tốc độ xử lý cao lên đến 16MHz, bộ nhớ Ram 4kByte, bộ nhớ chương trình 64k Byte, 8 kênh ADC 10 bit,... Vì vậy, Atmega64 phù hợp với chức năng đo mômen khi phối hợp với cảm biến ZHKY901. Sơ đồ mạch nguyên lý và mạch đo ứng dụng Atmega64 như hình 7 và 8.



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý mạch đo kiểm soát mômen ứng dụng VĐK Atmega64



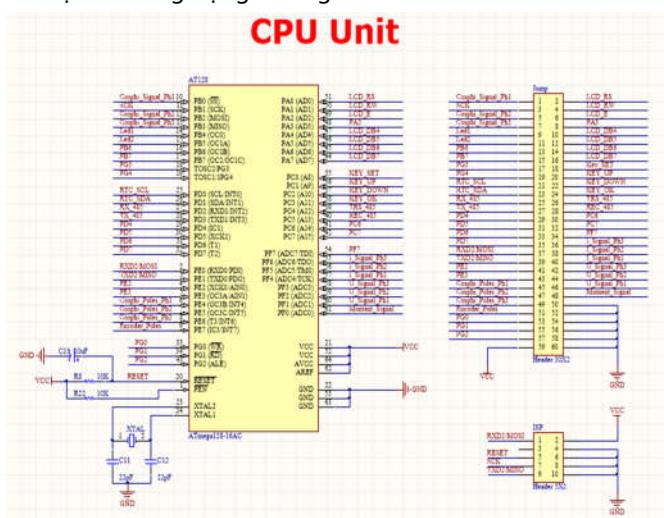
Hình 8. Mạch đo kiểm soát mômen ứng dụng vi điều khiển Atmega64

c) Phần mềm cho vi điều khiển

Với việc lựa chọn sử dụng vi điều khiển Atmega64 cho bộ mạch đo lường và xử lý tín hiệu, nhóm tác giả cũng lựa chọn phần mềm CodeVisionAVR version 3.12 để lập trình cho VĐK. Phần mềm CodeVisionAVR là phần mềm lập trình phổ biến cho AVR, nhiều ứng dụng hiện nay sử dụng phần mềm này. CodeVisionAVR sử dụng ngôn ngữ lập trình C, có nhiều công cụ hỗ trợ người sử dụng trong quá trình lập trình như CodeWizardAVR, Debugger,... giao diện dễ sử dụng.

2.3. Thực nghiệm và đánh giá kết quả

Dựa trên sơ đồ nguyên lý đề xuất, các thiết bị lựa chọn nhóm tác giả thiết kế, chế tạo và phối ghép hoàn thiện mô hình giám sát mômen động cơ điện. Mô hình giám sát mômen động cơ điện hoàn chỉnh như hình 9.





Hình 9. Mô hình kiểm soát mômen ứng dụng vi điều khiển Atmega64 và ZHKY901

2.3.1. Kiểm nghiệm thực tế

Để đánh giá mô hình, nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm với hai động cơ KDB 3 pha công suất nhỏ, mã hiệu Y3-80M1-4 B3 của hãng PARMA. Một động cơ còn mới chưa sử dụng, một động cơ hiện đã qua sửa chữa (*quấn lại dây do bị cháy trong quá trình vận hành*). Thông số của động cơ được hãng kiểm thử trước khi đi vào vận hành được ghi trên nhãn động cơ, các thông số như bảng 2.

Bảng 2. Thông số động cơ KDB Y3-80M1-4 B3

Thông số	Giá trị định mức	Đơn vị
Công suất	550	W
Điện áp cấp Y/Δ	380/220	VAC
Dòng điện định mức	2,71/1,57	A

Tốc độ định mức	1390	vòng/phút
Hệ số công suất	0,75	
Tần số làm việc	50	Hz

Nhóm nghiên cứu tiến hành thử nghiệm hai động cơ với mô hình, kết quả thử nghiệm như ở bảng 3. Trong thử nghiệm, lựa chọn động cơ đấu Y, điện áp cấp đặt vào được điều chỉnh đúng giá trị định mức là 380VAC. Tuy nhiên, tần số làm việc nguồn cấp không thể điều chỉnh được vì phụ thuộc vào lưới điện vì vậy trong khi thử nghiệm sẽ có sự sai khác với tần số làm việc định mức của động cơ. Sự sai khác này trong giới hạn cho phép và không ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm.

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm hai động cơ Y3-80M1-4 B3

Thông số	Giá trị định mức ghi trên nhãn động cơ	Động cơ mới		Động cơ cũ sau khi được sửa chữa	
		Giá trị đo được	Sai số so với giá trị ghi trên nhãn	Giá trị đo được	Sai số so với giá trị ghi trên nhãn
Điện áp cấp Y (V)	380	380		380	
Dòng điện định mức (A)	1,57	1,63	3,6%	1,69	7,6 %
Tốc độ định mức (Vòng/phút)	1390	1415	1,8%	1410	1,4 %
Hệ số công suất cosφ	0,75	0,72	4 %	0,70	6,7 %
Tần số làm việc (Hz)	50	50,1		49,95	
Mômen định mức (N.m)	3,78	3,68	2,6%	3,53	6,6 %

2.3.2. Đánh giá kết quả

Đối với động cơ mới, từ kết quả thử nghiệm cho thấy các thông số dòng điện, tốc độ, hệ số công suất và giá trị mômen định mức đo được so với các thông số ghi trên nhãn động cơ không sai lệch nhiều. Sai số lớn nhất ứng với giá trị hệ số công suất ứng (4%). Sai số này nguyên nhân là do sai số của cảm biến dòng, cảm biến áp, sai số của các linh kiện điện tử, sai lệch khi ghép nối các chi tiết cơ khí ảnh hưởng đến kết quả đo. Đánh giá chung, mô hình nhóm tác giả đề xuất, thiết kế chế tạo hoạt động ổn định với sai số có thể chấp nhận được.

Đối với động cơ đã qua bảo dưỡng sửa chữa, các thông số đo được có sự sai lệch nhiều so với giá trị xuất xưởng ghi trên nhãn. Sai lệch lớn nhất ứng với dòng điện đo định mức, lúc này sai lệch tăng lên khoảng 7,6%. Độ sai lệch này nguyên nhân là do quá trình sửa chữa không đảm bảo, chất lượng dây quấn và cách quấn dây không tốt làm tổn hao dây quấn tăng, việc bảo dưỡng chưa quan tâm đến thay thế vòng bi sau quá trình vận hành lâu dài làm tổn hao ma sát tăng. Các tổn hao này dẫn đến tổng tổn hao không tải tăng làm cho dòng không tải tăng và dòng làm việc của động cơ tăng theo. Bên cạnh đó, tổng tổn hao thay đổi cũng ảnh hưởng đến mômen đầu trục, ở trường hợp này

mômen bị suy giảm. Như vậy mô hình giám sát mômen của nhóm tác giả đề xuất với các thông số đo được phản ánh sát với thực tế khi sửa chữa động cơ điện.

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày đề xuất ứng dụng VĐK và cảm biến ZHKY901 trong mô hình giám sát mômen động cơ điện, độ tin cậy của mô hình đã được kiểm chứng khi đo thử nghiệm với hai động cơ không đồng bộ. Qua kết quả đạt được có thể kết luận đối với người sử dụng, mô hình giám sát mômen động cơ điện dễ dàng lắp đặt, sửa chữa bảo dưỡng. Bên cạnh đó, mô hình có giá thành rẻ do sử dụng các thiết bị linh kiện sẵn có trên thị trường. Với các ưu điểm trên mô hình rất khả thi khi ứng dụng tại các cơ sở sửa chữa bảo dưỡng nhỏ. Ngoài ra, với mô hình còn cho phép người sử dụng có thể đo được mômen trực tiếp ngay cả khi hệ thống đang vận hành. Cụ thể là, người sử dụng có thể điều chỉnh công suất tải và thông qua giá trị mômen đo được kiểm soát hệ số tải đặt vào động cơ để đánh giá các thông số động cơ khi vận hành. Xa hơn nữa điều chỉnh và kiểm soát mômen tải rất quan trọng đối với các bài toán liên quan đến điều khiển tốc độ, mômen khi có tải biến đổi và vấn đề này sẽ được nhóm tác giả đề cập tới trong cái bài báo sau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bui Duc Hung, Trieu Viet Linh, 2011. *May dien 1, 2*. Vietnam Education Publishing House.
- [2]. Nguyen Duc Sy, 2015. *Cong nghe che tao thiet bi dien*. Vietnam Education Publishing House.
- [3]. Hoang Van Sy, Le Van Giang, 2015. *Methods to measure the torque on diesel propulsion shaft*. Transport Journal.
- [4]. D.R. Myers, A.P. Pisano, 2009. *Torque measurements of an automotive halfshaft utilizing a MEMS resonant strain gauge*. Transducers 2009 - 2009 International Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference, pp. 1726-1729.
- [5]. Vu Gia Hanh, Tran Khanh Hà, Phan Tu Thu, Nguyen Van Sau, 2011. *May dien 1, 2*. Science and Technics Publishing House.
- [6]. <http://hem.vn/>
- [7]. <https://thietbithunghiem.vn/thu-nghiem-dien-dien-tu/thu-nghiem-dong-cp/thong-thu-nghiem-hieu-suat-dong-co-den-37kw/>

- [8]. <https://www.imc-tm.com/products/test-stands/test-stands-for-electric-motors/>
- [9]. http://www.lanmec.com/enPhoto_list.asp?ClassId=34&Topid=0
- [10]. G. Heins, M. Thiele, T. Brown, 2011. *Accurate Torque Ripple Measurement for PMSM*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 60, Issue. 12, pp. 3868 – 3874.

AUTHORS INFORMATION

Le Anh Tuan, Pham Van Minh, Bui Van Huy, Nguyen Van Doai, Pham Van Nam, Vu Thi Kim Nhi

Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry