

Nghiên cứu thiết kế và tối ưu hóa hiệu suất động cơ servo ứng dụng trong băng chuyền

Nguyễn Đức Bắc^{1*}, Trần Tuấn Vũ², Nguyễn Thế Công²,
Nguyễn Đức Quang³, Phan Thị Cẩm Trang¹

¹Bộ môn Điện kỹ thuật – Trường Đại học Xây dựng Hà Nội;

²Trường Điện – Điện tử, Đại học Bách khoa Hà Nội;

³Khoa Kỹ thuật điện, Đại học Điện lực.

*Email: bacnd@huce.edu.vn

Nhận bài: 04/5/2022; Hoàn thiện: 29/7/2022; Chấp nhận đăng: 04/8/2022; Xuất bản: 28/10/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.82.2022.81-90>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu, tính toán, thiết kế và tối ưu hóa hiệu suất động cơ servo ứng dụng trong băng chuyền. Trước tiên, từ yêu cầu di chuyển của băng chuyền, các yêu cầu đặc tính của động cơ nghiên cứu được xác định sau các bước tính toán chi tiết. Sau đó, nghiên cứu sử dụng các thuật toán tối ưu để tìm giá trị điện áp và hệ số trượt nhằm tối ưu hóa hiệu suất tại các điểm làm việc của động cơ. Bài báo đã xem xét và thiết kế ba động cơ với cấu hình và mật độ dòng điện khác nhau, qua đó có thể đánh giá, so sánh về khối lượng, hiệu suất và độ tăng nhiệt. Kết quả thiết kế tối ưu động cơ servo có ý nghĩa quan trọng trong việc lựa chọn động cơ phù hợp nhất về chi phí, hiệu suất và thời gian đáp ứng cho một ứng dụng yêu cầu cụ thể.

Từ khóa: Động cơ servo; Hiệu suất; Thiết kế động cơ; Thuật toán tối ưu; Ứng dụng băng chuyền.

1. MỞ ĐẦU

Động cơ servo hoạt động trong một dải tốc độ rộng - mômen xoắn cao, động lực học nhanh, định vị với độ chính xác cao, thời gian tăng tốc ngắn, trọng lượng thấp và thiết kế nhỏ gọn. Vì vậy, việc giảm thiểu khối lượng ở bước thiết kế không chỉ giúp giảm chi phí sản xuất, mà còn giúp đạt được mômen quán tính nhỏ, trong khi vẫn đảm bảo yêu cầu nhiệt cũng như các đặc tính yêu cầu kỹ thuật khác của động cơ.

Thiết kế động cơ nói chung cũng như động cơ servo nói riêng thường dựa vào mô hình nguyên mẫu ảo để giảm thời gian và chi phí sản xuất mẫu thử và thử nghiệm, ví dụ những nguyên mẫu được tạo ra dựa vào mô hình hóa bằng phương pháp phần tử hữu hạn [1]. Tuy nhiên, để đạt được các yêu cầu kỹ thuật mong muốn, việc giải bài toán thiết kế tối ưu về hình dáng và kích thước là công việc khó khăn và phức tạp khi lựa chọn thông số tối ưu với các hàm ràng buộc [2, 3]. Tối ưu hóa sản phẩm góp phần giảm thiểu chi phí sản xuất cho các doanh nghiệp [4].

Phương pháp thiết kế tối ưu hóa động cơ được đề xuất trong [5, 6], thông qua phương pháp luận sử dụng các thuật toán tối ưu hóa. Khi tối ưu hóa động cơ điện, có nhiều lựa chọn về mục tiêu để tối ưu hóa [7-10], ví dụ như mômen xoắn hoặc hiệu suất cao, khối lượng hoặc chi phí thấp, tuy nhiên, những mục tiêu này lại mâu thuẫn với nhau.

Ngày nay, động cơ servo có mặt trong nhiều ứng dụng hệ thống truyền động như máy cắt kim loại, băng chuyền, robot, thiết bị mở cửa tự động, xe điện,... [4, 11-13]. Khi làm việc trên một phạm vi tốc độ mômen xoắn rộng, để đảm bảo năng lượng tiêu hao nhỏ, việc tính toán và điều chỉnh các thông số kiểm soát năng lượng để đạt được hiệu quả tốt nhất tại mỗi thời điểm vận hành là rất quan trọng. Trong thực tế, động cơ có thể hoạt động với tổn thất lớn trong trường hợp thiết lập thông số kiểm soát năng lượng chưa tối ưu.

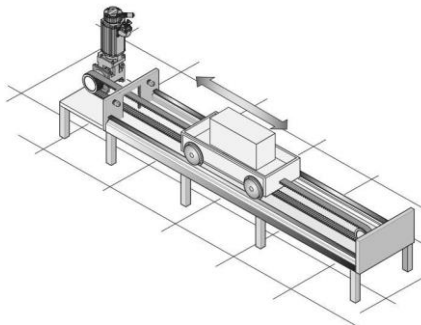
Bài báo gồm 4 phần chính được phân chia cụ thể như sau: Phần mở đầu trình bày góc nhìn tổng quan về vai trò, ý nghĩa và ứng dụng của động cơ servo cũng như phương pháp thiết kế tối ưu hóa động cơ. Nội dung phần 2 của bài báo trình bày chi tiết mô hình thiết kế động cơ servo

ứng dụng trong băng chuyền. Trong đó, đường đặc tính của động cơ sẽ được tính toán cụ thể, phù hợp với đặc thù di chuyển theo chu kỳ (cycle) của băng chuyền. Kết quả sau khi thiết kế tối ưu động cơ được báo cáo trong phần 3. Các kết luận cũng như nhận xét chi tiết được trình bày trong phần cuối của bài báo.

2. THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ SERVO

2.1. Ứng dụng động cơ servo cho băng chuyền

Băng chuyền là một trong những bộ phận quan trọng trong các dây chuyền công nghệ, được sử dụng phổ biến trong các nhà máy, xí nghiệp sản xuất giúp giảm thiểu sức lao động, nhân công, thời gian và nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm. Hệ thống băng chuyền (hình 1) đòi hỏi phải thay đổi tốc độ, mômen liên tục, chính xác theo chu trình làm việc và thời gian đáp ứng nhanh. Chính vì vậy, động cơ phải được thiết kế sao cho rút ngắn thời gian đáp ứng cũng như tăng khả năng chịu đựng của động cơ.

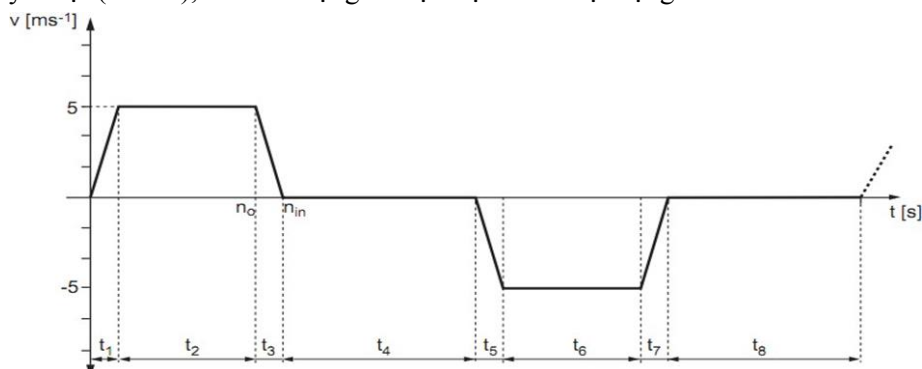


Hình 1. Hệ thống băng chuyền.

Bảng 1. Yêu cầu kỹ thuật của một băng chuyền.

Khối lượng của tải	$m_{Load} = 180 \text{ kg}$
Khối lượng của giá trượt	$m_{Trolley} = 100 \text{ kg}$
Vận tốc lớn nhất khi di chuyển	$v = 5 \text{ ms}^{-1}$
Gia tốc tăng tốc	$a = 10 \text{ ms}^{-2}$
Gia tốc giảm tốc	$a = -10 \text{ ms}^{-2}$
Gia tốc giảm tốc trong trường hợp khẩn cấp	$a = -16.8 \text{ ms}^{-2}$
Đường kính của bánh xe trượt	$D_L = 250 \text{ mm}$
Lực cản tới chuyển động	$F_F = 100 \text{ N/t}$
Hiệu suất	$\eta_L = 0.9$
Nhiệt độ xung quanh	$A_{temp} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
Yêu cầu độ chính xác vị trí	0.7 mm
Độ chính xác cơ học	0.3 mm
Loại động cơ	Động cơ servo
Loại bộ phận truyền động bánh răng	BSF

Nội dung đặt ra thiết kế động cơ servo cho hệ thống băng chuyền có các thông số (bảng 1) và đặc tính kỹ thuật (hình 2), sao cho động cơ đạt hiệu suất hoạt động tối đa ở các điểm làm việc.



Hình 2. Đồ thị thay đổi vận tốc của xe trượt.

Các khoảng thời gian trong một chu kỳ di chuyển của xe trượt tương ứng là: $t_1 = t_3 = t_5 = t_7 = 1.0$ s; $t_2 = t_6 = 3.0$ s và $t_4 = t_8 = 4.0$ s.

2.2. Các bước tính toán

Với các yêu cầu kỹ thuật của băng chuyền và đồ thị thay đổi vận tốc xe trượt, các bước tính toán [14] để xây dựng đặc tính động cơ servo được tóm tắt dưới đây:

Bước 1: Xác định hệ số truyền động

Giá trị trung bình tốc độ tại thời điểm x:

$$n_x = \frac{n_0 + n_{in}}{2} \quad (1)$$

Hệ số truyền động:

$$i_{preliminary} = \frac{n_R - 10\%.n_R}{n_{0max}} \quad (2)$$

Trong đó:

$$n_{0max} = \frac{v_{max}}{D_L \cdot \pi} \quad (3)$$

Bước 2: Lựa chọn bộ truyền động

Mômen động lực trong đoạn t1:

$$M_{dyn1} = \frac{m.a.D}{2.\eta_L} \quad (4)$$

Mômen động lực trong đoạn t3:

$$M_{dyn3} = \frac{m.(-a).\eta_L.D}{2.\eta_L} \quad (5)$$

Mômen tĩnh trong quá trình tăng tốc:

$$M_{stat1} = \frac{F_F.D_L.m}{2.\eta_L} \quad (6)$$

Mômen tĩnh trong quá trình giảm tốc:

$$M_{stat3} = F_F \cdot \frac{D_L}{2} \cdot m \cdot \eta_L \quad (7)$$

Mômen cực đại trong quá trình tăng tốc:

$$M_{0max1} = M_{stat1} + M_{dyn1} \quad (8)$$

Mômen cực đại trong quá trình giảm tốc:

$$M_{0max3} = M_{stat3} + (-M_{dyn3}) \quad (9)$$

Bước 3: Tính toán mômen và tốc độ động cơ servo

Xác định giá trị trung bình tốc độ đầu ra:

$$n_{0m} = \frac{n_1.t_1 + \dots + n_n.t_n}{t_1 + \dots + t_n} \quad (10)$$

Chuyển đổi mômen tăng tốc khi hoạt động thành mômen cực đại của động cơ:

$$M_{in_max} = \frac{M_{0max}}{i.\eta_{gear}} \quad (11)$$

Mômen động cơ trong quá trình tăng tốc:

$$M_{motor} = \frac{2\pi.J_{motor}.n_{inmax}}{t_0} \quad (12)$$

Mômen cực đại trong quá trình tăng tốc:

$$M_{max} = M_{in_max} + M_{motor} \quad (13)$$

Mômen động cơ trong quá trình hoạt động liên tục:

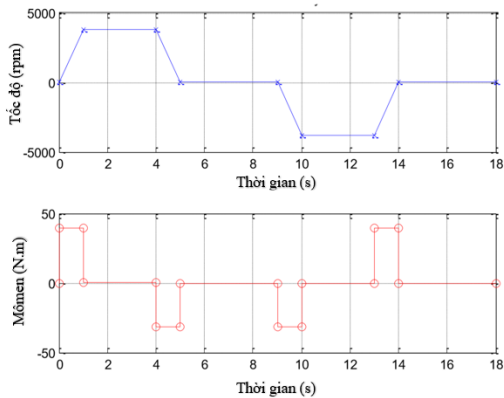
$$M_{star_motor} = M_{stat} \cdot \frac{1}{i.\eta_{gear}} \quad (14)$$

Tốc độ động cơ:
$$n = n_{0max} \cdot i \tag{15}$$

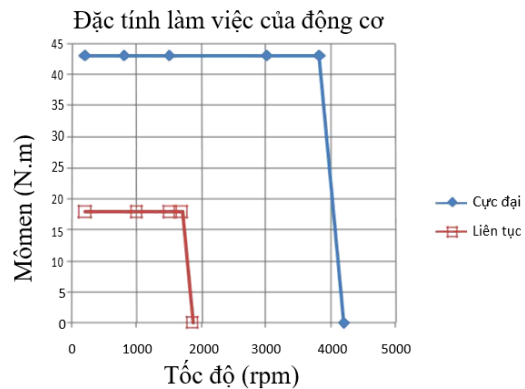
Sử dụng Matlab để xây dựng mô hình tính toán, kết quả với yêu cầu mômen của động cơ ở chế độ làm việc cực đại và liên tục, cụ thể như sau:

- Mômen động cơ chế độ làm việc cực đại: $M = 43.2 \text{ N.m}$
- Mômen động cơ chế độ làm việc liên tục: $M = 17.9 \text{ N.m}$

Sự thay đổi tốc độ và mômen của động cơ:



Hình 3. Sự thay đổi tốc độ và mômen của động cơ.



Hình 4. Đặc tính làm việc của động cơ servo.

Để đáp ứng yêu cầu thay đổi mômen và tốc độ của băng chuyền như hình 3, động cơ servo thiết kế có đặc tính làm việc như hình 4.

2.3. Thiết kế động cơ servo

Với kết quả thiết kế của bài toán băng chuyền ta tính được công suất cơ của động cơ là 20.34 kW, điện áp pha 220 V, tần số 150 Hz, nối Y, vật liệu sử dụng là thép M400 – 50 A. Trình tự các bước xây dựng mô hình tính toán:

- Bước 1. Tính toán kích thước chính và từ thông.
- Bước 2. Tính toán và thiết kế Stator
- Bước 3. Tính toán và thiết kế Rotor lồng sóc
- Bước 4. Ampe- vòng và dòng điện từ hóa
- Bước 5. Tính toán dòng ngắn mạch
- Bước 6. Tính toán đặc tính, hiệu suất

Kết quả thiết kế của động cơ với mật độ dòng điện 3.5 A/mm² được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Kích thước của động cơ với mật độ dòng điện 3.5 A/mm².

STT	Kích thước	Đơn vị	Giá trị
1	Công suất	kW	20.34
2	Đường kính ngoài Stator	mm	290
3	Đường kính trong Stator	mm	190
4	Khoảng cách bước cực	mm	149.23
5	Số rãnh của Stator	-	48
6	Khoảng cách giữa các rãnh Stator	mm	12.44

7	Độ rộng của rãnh	mm	10.6
8	Chiều cao của rãnh	mm	31.67
9	Số rãnh của Rotor	mm	60
10	Khoảng cách giữa các rãnh Rotor	mm	9.89
11	Chiều dài sắt toàn phần	mm	110.4
12	Độ dày lõi	mm	18.1
13	Chiều dài khe hở không khí	mm	0.53
14	Đường kính ngoài Rotor	mm	188.94
15	Đường kính trong Rotor	mm	129.7
16	Tần số nguồn cấp	Hz	150
17	Độ tăng nhiệt độ làm việc	deg-C	19.31
18	Điện áp	V	220
19	Số cực	-	4

3. TỐI ƯU HÓA HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ SERVO

Động cơ servo hoạt động ở dải tốc độ rộng nên việc tối ưu hóa hiệu suất tại các điểm làm việc rất quan trọng. Bên cạnh việc tối ưu hiệu suất thì động cơ vẫn phải đáp ứng được mômen xoắn và tốc độ yêu cầu. Chính vì vậy, đối với mỗi điểm hoạt động của động cơ servo trên đường đặc tính, cần phải điều chỉnh điện áp và hệ số trượt sao cho hiệu suất của động cơ cao đồng thời động cơ vẫn đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật mà bài toán công nghiệp đặt ra.

Việc tối ưu hóa hay tìm giá trị cực đại (hoặc cực tiểu) của một mục tiêu được thay bằng mô hình toán học của yêu cầu (mục tiêu) đó giúp giải quyết một cách logic hơn. Nó phải xác định chính xác bằng các công thức:

$$F(X) = (f_1(X), f_2(X), \dots, f_p(X)) \quad (16)$$

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in \mathbb{R}^n \quad (17)$$

$$x_i \in D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{iq}\}, \quad i = 1, \dots, n_d \quad (18)$$

Ràng buộc:

$$\begin{cases} g_j(X) \leq 0, & j = 1, \dots, l \\ h_k(X) = 0, & k = 1, \dots, m \end{cases} \quad (19)$$

Các hàm mục tiêu ($f_1(X), f_2(X), \dots$) là một hoặc nhiều tiêu chí xác định mục tiêu, có thể là để giảm thiểu chi phí (sản xuất, tiêu hao điện năng,...), giảm thiểu tác động môi trường (cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên, khí thải, hiệu ứng nhà kính,...) hoặc để tối đa hóa hiệu suất, mômen, công suất,...

Các biến hoặc các tham số thiết kế ($X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$) là các đại lượng đầu vào có ảnh hưởng đến hiệu suất, khối lượng, mômen của động cơ. Các thông số này sẽ được thay đổi trong quá trình lặp lại của thiết kế tối ưu.

Các ràng buộc ($g_j(X), h_k(X)$) liên quan đến đa lĩnh vực như cơ, nhiệt, điện từ, điều khiển, được thể hiện trong các thông số kỹ thuật của máy.

Tương tự, trong quá trình tối ưu hóa, người thiết kế có thể thêm nhiều ràng buộc không được thể hiện trong các thông số kỹ thuật nhưng ngầm hiểu để đảm bảo thiết kế tối ưu tính toán khả thi trong sản xuất. Ví dụ, một ràng buộc như là hệ số lấp đầy phải được thêm vào để đảm bảo rằng

dây quấn không được vượt quá rãnh stator, mật độ dòng điện lớn nhất để đảm bảo về nhiệt cho động cơ. Những ràng buộc được thêm vào đảm bảo tính phù hợp của mô hình đã chọn.

Các bước thiết kế tối ưu hóa hiệu suất:

Bước 1: Xây dựng hàm tính toán mô hình của động cơ dựa trên các biến cố định của mô hình thiết kế động cơ. Các biến đầu vào bao gồm điện áp và hệ số trượt.

$$Eff = f(Vs, g)$$

Trong đó:

- Hàm tính toán mô hình: Eff là hiệu suất của động cơ
- Các biến thiết kế: Vs : Điện áp dây
 g : Hệ số trượt

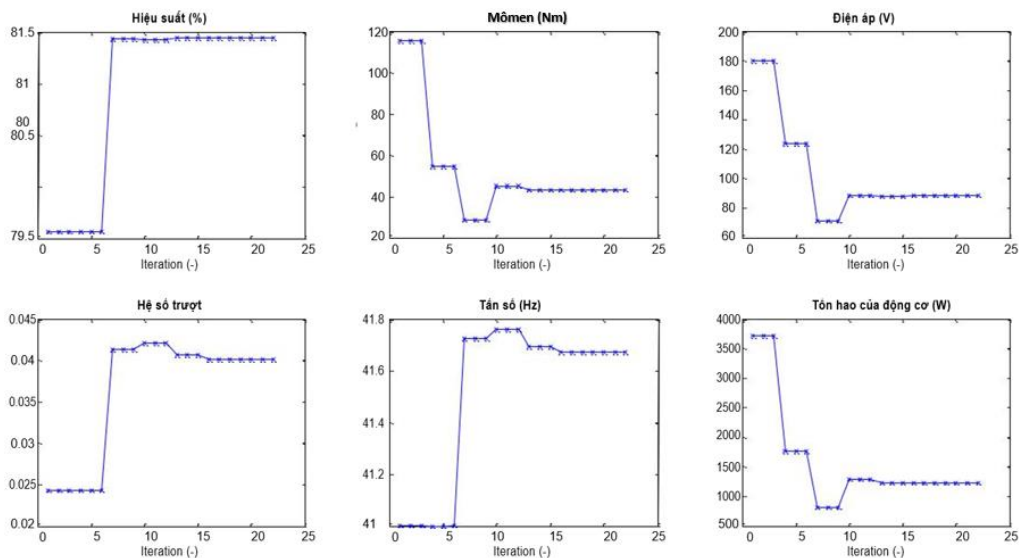
Bước 2: Xây dựng hàm ràng buộc bao gồm điều kiện đáp ứng mômen của bài toán bằng chuyển với từng điểm hoạt động.

Các hàm ràng buộc:

- Mômen động cơ chế độ làm việc cực đại: $M = 43.2 \text{ N.m}$
- Mômen động cơ chế độ làm việc liên tục: $M = 17.9 \text{ N.m}$
- Hệ số lấp đầy rãnh (sản xuất) $\leq 75\%$
- Điện áp dây cực đại $\leq 380 \text{ V}$

Bước 3: Áp dụng thuật toán $fmincon$ để tìm ra kết quả điện áp và hệ số trượt (tần số) tối ưu với từng điểm hoạt động.

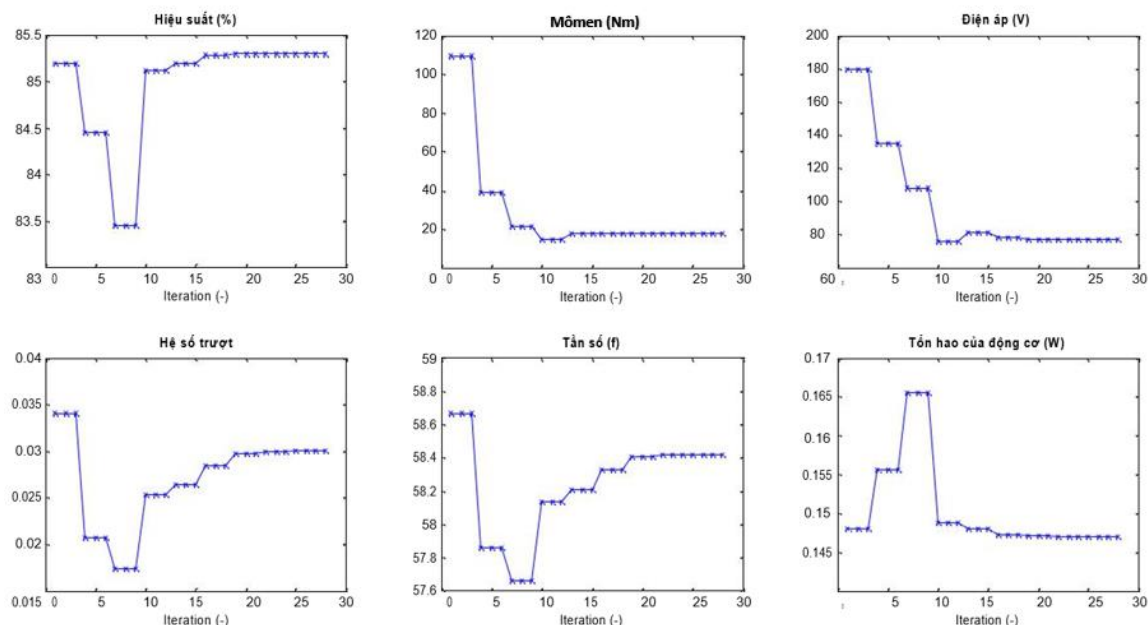
Xét điểm hoạt động 1200 vòng/phút ở đường đặc tính làm việc tối đa (mômen yêu cầu 43.2 N.m) cần 23 lần tính toán mô hình động cơ để tìm ra điểm tối ưu hóa hiệu suất.



Hình 5. Tối ưu hiệu suất điểm hoạt động 1200 vòng/phút, chế độ làm việc cực đại.

Từ đồ thị có thể thấy, điểm đầu tiên có hệ số trượt thấp nhưng mômen động cơ đạt được là 118 N.m, cao hơn rất nhiều so với mômen yêu cầu của động cơ, ngoài ra tổng tổn hao còn cao so với điểm cuối cùng của đồ thị.

Xét điểm hoạt động 1700 vòng/phút ở đường đặc tính làm việc liên tục (mômen yêu cầu 17.9 N.m) cần 28 lần tính toán mô hình động cơ để tìm ra điểm tối ưu hóa hiệu suất.



Hình 6. Tối ưu hiệu suất điểm hoạt động 1700 vòng/phút, chế độ làm việc liên tục.

Đối với điểm hoạt động 1700 vòng/phút, ta thấy, ở điểm đầu tiên hiệu suất khá cao (85.2%) gần bằng với hiệu suất tối ưu. Tuy nhiên, mômen ở điểm này xấp xỉ 110 N.m quá cao so với 17.9 N.m là mômen yêu cầu của đặc tính làm việc liên tục của động cơ.

Sau khi chạy mô hình tối ưu hóa ứng với trường hợp mật độ dòng điện 7.5 A/mm², ta được kết quả điện áp, hệ số trượt, tần số và hiệu suất tương ứng của động cơ trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả tối ưu động cơ với mật độ dòng điện 7.5 A/mm².

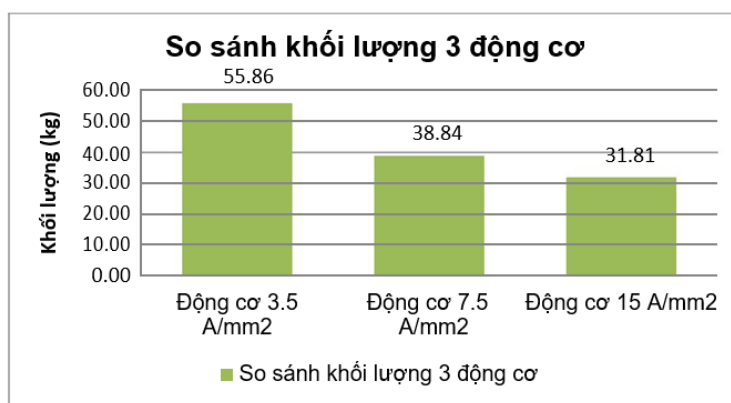
TT	Thông số	Đơn vị	Đặc tính tối đa					Đặc tính liên tục			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Điện áp pha	V	220	189.00	88.65	62.69	22.62	81.41	69.11	48.79	14.56
2	Hệ số trượt	-	0.01906	0.02038	0.04006	0.05725	0.19145	0.02851	0.03322	0.04695	0.19145
3	Tần số	Hz	129.81	102.08	41.67	28.29	8.25	62.45	51.72	34.98	8.25
4	Mômen yêu cầu	N.m	43.2	43.2	43.2	43.2	43.2	17.9	17.9	17.9	17.9
5	Mômen thực tế	N.m	43.2	43.2	43.2	43.2	43.2	17.9	17.9	17.9	17.9
6	Tốc độ định mức	rpm	3820	3000	1200	800	200	1820	1500	1000	200
7	Công suất đầu ra	W	17281.27	13571.68	5428.67	3619.11	904.78	3411.56	2811.72	1874.48	374.90
8	Dòng điện stator	A	37.78	37.32	37.42	37.49	37.55	24.02	24.05	24.11	24.17
9	Dòng điện rotor	A	28.50	26.14	23.41	23.06	22.79	15.56	15.29	14.95	14.67
10	Hiệu suất	%	90.30	89.30	81.44	75.41	44.65	85.92	84.05	78.94	44.65
11	Hệ số công suất	-	0.77	0.72	0.67	0.68	0.80	0.68	0.67	0.67	0.80
12	Tốc độ đồng bộ	rpm	3894.23	3062.41	1250.08	848.59	247.36	1873.40	1551.54	1049.26	247.36
13	Công suất đầu vào	W	19136.95	15197.89	6665.87	4799.25	2026.28	3970.73	3345.48	2374.62	839.59
14	Tổng tổn hao	W	1855.67	1626.21	1237.20	1180.13	1121.50	559.17	533.75	500.14	464.69
15	Độ tăng nhiệt độ làm việc	°C	31.67	28.42	22.51	21.75	21.14	10.00	9.63	9.16	8.76
16	Mật độ dòng stator	A/mm ²	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50

Kết quả kích thước 3 động cơ với mật độ dòng điện lần lượt là 3.5 A/mm², 7.5 A/mm² và 15 A/mm² được mô tả trong bảng 4.

Bảng 4. Đối sánh thông số kỹ thuật của ba động cơ nghiên cứu.

STT	Kích thước	Đơn vị	3.5A/mm ²	7.5A/mm ²	15A/mm ²
1	Công suất	kW	20.34	20.34	20.34
2	Đường kính ngoài Stator	mm	290	280	270
3	Đường kính trong Stator	mm	190	190	190
4	Khoảng cách bước cực	mm	149.23	149.23	149.23
5	Số rãnh của Stator	-	48	48	48
6	Khoảng cách giữa các rãnh Stator	mm	12.44	12.44	12.44
7	Độ rộng của rãnh	mm	10.6	8.2	7.8
8	Chiều cao của rãnh	mm	31.67	17.2	16
9	Số rãnh của Rotor	mm	60	60	60
10	Khoảng cách giữa các rãnh Rotor	mm	9.89	9.89	9.89
11	Chiều dài sắt toàn phần	mm	110.4	110.40	110.40
12	Độ dày lõi	mm	18.1	18.13	18.13
13	Chiều dài khe hở không khí	mm	0.53	0.53	0.53
14	Đường kính ngoài Rotor	mm	188.94	188.94	188.94
15	Đường kính trong Rotor	mm	50	50	50
16	Độ tăng nhiệt độ làm việc	⁰ C	19.31	32.63	58.35
17	Điện áp	V	220	220	220
18	Số cực	-	4	4	4
19	Từ thông khe hở không khí	T	0.29	0.29	0.29

So sánh 3 động cơ với ba mật độ dòng khác nhau về hiệu suất, khối lượng, độ tăng nhiệt độ làm việc tại những điểm hoạt động cụ thể nhằm lựa chọn động cơ phù hợp với bài toán băng chuyền.

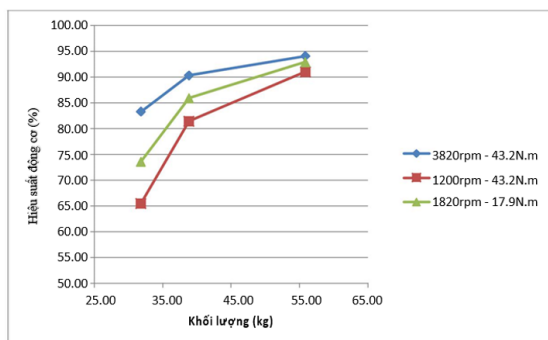


Hình 7. So sánh khối lượng 3 động cơ nghiên cứu.

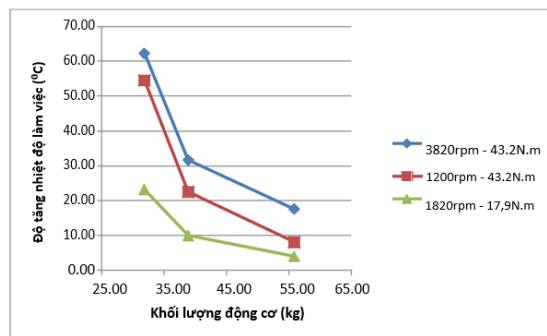
Kết quả so sánh hiệu suất và độ tăng nhiệt của 3 động cơ với 3 mật độ dòng lần lượt là 3.5 A/mm², 7.5 A/mm² và 15 A/mm² tại 3 điểm hoạt động khác nhau được mô tả trong hình 8 và hình 9.

Dựa trên kết quả tính toán trên, các tác giả nhận thấy, động cơ có mật độ dòng 3.5 A/mm² có ưu điểm về mặt hiệu suất và độ tăng nhiệt độ làm việc cũng như tổn hao; Tuy nhiên, động cơ này lại có kích thước lớn dẫn tới khối lượng tăng nên giá thành cũng tăng theo. Động cơ có mật độ

dòng 15 A/mm² do mật độ dòng lớn nên kích thước của động cơ giảm dẫn tới khối lượng của động cơ giảm, tuy nhiên, hiệu suất của động cơ thấp, tổn hao lớn, độ tăng nhiệt độ làm việc lớn. Do đó, động cơ có mật độ dòng 7.5 A/mm² sẽ được lựa chọn để thiết kế cho ứng dụng băng chuyền.



Hình 8. So sánh hiệu suất 3 động cơ nghiên cứu tại 3 điểm hoạt động khác nhau.



Hình 9. So sánh độ tăng nhiệt 3 động cơ nghiên cứu tại 3 điểm hoạt động khác nhau.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một nghiên cứu, thiết kế và tối ưu hiệu suất động cơ servo ứng dụng trong băng chuyền. Các bước tính toán để xác định đặc tính của động cơ nhằm đáp ứng yêu cầu di chuyển của băng chuyền đã được trình bày chi tiết. Sau đó, các tác giả sử dụng thuật toán tối ưu hóa hiệu suất cực đại của động cơ tại tất cả làm việc với ba cấu hình khác nhau của động cơ được xem xét và tính toán. Kết quả tính toán chi tiết ứng với 3 động cơ servo có mật độ dòng điện lần lượt là 3.5 A/mm², 7.5 A/mm² và 15 A/mm² được trình bày chi tiết trong phần 3 của bài báo. Dựa vào kết quả tính toán, nhóm nghiên cứu nhận thấy, động cơ servo mật độ dòng điện 3.5 A/mm² có ưu điểm về hiệu suất và độ tăng nhiệt độ nhưng nhược điểm về khối lớn, giá thành cao. Động cơ servo mật độ dòng điện 15 A/mm² có ưu điểm về kích thước, chi phí chế tạo, tuy nhiên, nhược điểm về hiệu suất thấp, tổn hao và độ tăng nhiệt độ lớn. Do đó, động cơ servo mật độ dòng điện 7.5 A/mm² là thiết kế tối ưu về kỹ thuật và kinh tế trong ứng dụng băng chuyền nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Fitouri, M., BenSalem, Y., & Abdelkrim, M. N., "Analysis and co-simulation of permanent magnet synchronous motor with short-circuit fault by finite element method", 2016 13th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), (2016).
- [2]. M. Centner, "Basics and application of motor design optimization in an industrial environment", 21th International Conference on, Electrical Machines (ICEM), in Berlin, Germany, pp. 1008-1012, (2014).
- [3]. S. Stipetic, W. Miebach, D. Zarko, "Optimization in design of electric machines: Methodology and workflow", Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics and Advanced Electromechanical Motion Systems (ACEMP-OPTIMELECTROMOTION), Side, Turkey, pp 441-448, (2015).
- [4]. Damir Zarko, Drago Ban, Davor Gooricki, "Improvement of a servomotor design including optimization and cost analysis", 12th International conference on Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC), in Portoroz, Slovenia, pp. 302-307, (2006).
- [5]. Mehmet Çunkaşa, Ramazan Akkayab, "Design optimization of induction motor by genetic algorithm and comparison with existing motor", Mathematical and Computational Applications, Vol. 11, No. 3, pp. 193-203, (2006).
- [6]. Li, S., & Yang, M. "Particle swarm optimization combined with finite element method for design of ultrasonic motors", Sensors and Actuators A: Physical, 148(1), pp. 285–289, (2008).

- [7]. Akundi, S. V. K., Simpson, T. W., & Reed, P. M, “Multi-objective design optimization for product platform and product family design using genetic algorithms”, 31st Design Automation Conference, Vol 2, (2005).
- [8]. Wu, S., Yu, B., Jiao, Z., Shang, Y., & Luk, P, “Preliminary design and multi-objective optimization of electro - hydrostatic actuator”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, 231(7), pp. 1258-1268, (2016).
- [9]. A. Messac, A. Ismail-Yahaya, “The normalized normal constraint method for generating the Pareto frontier”, Struct. Multidiscipl. Optim, Vol 25, pp. 86-98, (2003).
- [10]. R.T. Marler, “Survey of multi-objective optimization methods for engineering”, Struct. Multidiscip. Optim., Vol 26, pp. 369-395, (2004).
- [11]. Andersson S, “Optimization Servo Motor for Industrial Robot Application”, Lund University, Sweden, (2000).
- [12]. Vu Tran Tuan, Sangkla Kreuawan, Pakasit Somsiri, Kanokvate Tungpimolrut, Phuong Nguyen Huy, “Switched reluctance motor and induction machine for e-scooter based on driving cycles design comparisons”, IEEJ Transactions electrical and Electronic Engineering, Vol 15, pp. 931-938, (2020).
- [13]. Nguyen Duc Bac, Tran Tuan Vu, Nguyen The Cong, “Multi-target optimal design of servo motors by ϵ -constraint algorithm”, Journal of Science & Technology, Hanoi University of Industry, Vol 56, Issue 6, pp. 26-30, (2020). (In Vietnamese).
- [14]. SEW Euro Drive, “Servo Technology – Drive Engineering and Practical Implementation”, Edition 2006, pp. 115-120, (2006).

ABSTRACT

Design servomotor for conveyor system

This paper presents a research for calculation, design and performance optimization of servo motor applied in conveyor belt. Firstly, base on the movement requirements of the conveyor, the characteristic requirements of the research engine are determined after detailed calculation steps. Then, the study uses optimization algorithms to find voltage and slip coefficients to optimize the performance at the working points of the motor. This work has reviewed and designed three motors with different configurations and current densities, through which the mass, efficiency and temperature rise can be evaluated and compared. The paper reviewed and designed three motors with different configurations and current densities. The mass, efficiency and temperature rise of these configurations can be evaluated and compared. The optimal design result of servo motor plays a role important in selecting the most suitable motor in terms of cost, performance and response time for a particular demanding application.

Keywords: Servo motor; Performance; Motor design; Optimization; Conveyor belt application.