

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH THỬ NGHIỆM KIỂM TRA HỆ THỐNG PHANH KHẨN CẤP THANG MÁY GIA ĐÌNH

RESEARCH ON AN EXPERIMENTAL MODEL FOR TESTING EMERGENCY
BRAKE SYSTEMS IN HOME ELEVATORS

Nguyễn Thị Ngọc Huyền, Lê Đức Bảo

Khoa Cơ khí, Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

Email: huyen.nguyenthingoc@hust.edu.vn

TÓM TẮT

Phanh khẩn cấp là bộ phận an toàn quan trọng trong thang máy gia đình, giúp ngăn chặn các sự cố nghiêm trọng, nguy hiểm như rơi hoặc vượt tốc độ cabin. Bài báo này nghiên cứu xây dựng mô hình thử nghiệm kiểm tra phanh khẩn cấp với bộ hạn chế chế tốc độ 2m/s, xác định thời gian tác động phanh thông qua cảm biến đo gia tốc khi vượt quá tốc độ định mức. Thông qua mô hình, kết quả thử nghiệm bước đầu trong trường hợp rơi tự do các thông số như quãng đường phanh, vận tốc của cabin và thời gian bộ khống chế vượt tốc được thiết lập và kết nối máy tính để hiển thị kết quả đo làm cơ sở để kiểm tra, đánh giá mức độ an toàn sử dụng của phanh khẩn cấp.

Từ khóa: Phanh khẩn cấp; Bộ hạn chế tốc độ; Thang máy gia đình.

ABSTRACT

The emergency brake is a critical safety component in home elevators, helping to prevent serious and hazardous incidents such as free-fall or excessive cabin speed. This paper presents the development of an experimental model for testing emergency brakes equipped with a speed governor set at 2 m/s. The actuation time of the brake is determined by an acceleration sensor that detects when the cabin exceeds the rated speed. Using this model, preliminary test results in free-fall scenarios are obtained, including parameters such as braking distance, cabin velocity, and the response time of the overspeed governor. These parameters are collected and transmitted to a computer for real-time display, providing a basis for evaluating and verifying the operational safety of emergency brake systems in home elevators.

Keywords: Emergency brake; Overspeed governor; Home elevator.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Để đảm bảo an toàn cho người sử dụng, các tiêu chuẩn kỹ thuật đều quy định bắt buộc việc trang bị và kiểm soát hệ thống phanh khẩn cấp trong thang máy gia đình. Hệ thống phanh khẩn cấp được trang bị nhằm phòng ngừa các tình huống như cabin rơi tự do hoặc chạy quá tốc độ do đứt cáp, hỏng máy kéo hay sự cố mất điện [1, 2, 3]. Việc thiết kế, kiểm định, lắp đặt và bảo trì phanh khẩn cấp phải tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn kỹ thuật trong nước và quốc tế. Các tiêu chuẩn này đều quy định rõ ràng về: Nguyên lý làm việc của phanh khẩn cấp; Yêu cầu thử nghiệm có tải và không tải; Đặc tính vật liệu, ma sát và kiểm soát mòn; Phương pháp kiểm tra định kỳ, tần suất bảo dưỡng; Yêu cầu về hồ sơ bảo trì, thay thế chi tiết phanh sau thời gian sử dụng nhất định. Quy định chi tiết các yêu cầu kiểm tra, thử nghiệm bộ hãm an toàn: Thử nghiệm lực phanh, quãng đường phanh, khả năng hoạt động khi vượt tốc hoặc có sự cố; Kiểm tra mức độ mòn, biến dạng của má phanh, ray dẫn hướng sau mỗi lần thử nghiệm; Các phép thử về độ tin cậy, độ bền của bộ phanh khẩn cấp theo quy trình chuẩn, đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người sử dụng [4, 5, 6].

Trong thang máy gia đình, có ba loại phanh khẩn cấp phổ biến được sử dụng, tùy thuộc vào kiểu dẫn động của thang [7]: Phanh khẩn cấp kiểu kẹp ray; Phanh thủy lực ngắt dòng và Phanh điện từ. Việc lựa chọn và lắp đặt loại phanh khẩn cấp phù hợp cần tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật và an toàn đảm bảo bảo trì định kỳ để hệ thống phanh hoạt động hiệu quả và an toàn.

Cơ chế phanh khẩn cấp của thang máy (đặc biệt là bộ hãm an toàn) chủ yếu dựa vào ma sát giữa má phanh và ray dẫn hướng để hấp thụ năng lượng và dừng cabin. Do đó, nghiên

cứu về ma sát và mài mòn của cặp vật liệu má phanh – ray dẫn hướng là vấn đề quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả và độ tin cậy của hệ thống phanh. Nhiều nghiên cứu đã được tiến hành nhằm hiểu rõ hơn và cải thiện hiệu năng ma sát, vật liệu dùng cho má phanh có tính chống mòn tốt như vật liệu gốm, sự phát nhiệt tại bề mặt phanh khẩn cấp. Do vậy, tiêu chuẩn yêu cầu sau mỗi thử nghiệm phanh, cần kiểm tra kỹ tình trạng má phanh và ray dẫn hướng: nếu có biến dạng, vết nứt hoặc mòn không cho phép trên bề mặt ma sát phải được ghi nhận và đánh giá [8, 9]. Các nghiên cứu cho thấy việc duy trì hệ số ma sát ổn định và kiểm soát mài mòn là yếu tố cốt lõi để đảm bảo phanh khẩn cấp luôn hoạt động hiệu quả. Điều này đòi hỏi lựa chọn vật liệu má phanh phù hợp, thiết kế hình học má phanh – ray tối ưu, cũng như phương pháp bôi trơn, xử lý bề mặt đảm bảo ma sát khi cần phanh, vừa hạn chế mòn trong quá trình sử dụng thông thường [10, 11, 12].

Bài báo này tập trung vào vấn đề mô hình hóa, bằng cách đề xuất cơ sở thiết kế mô hình kiểm tra phanh khẩn cấp cho thang máy gia đình, xây dựng mô hình thử nghiệm thực nghiệm để dễ dàng đo kiểm các thông số kiểm tra độ an toàn. Từ đó, có thể đánh giá hiệu năng phanh, đưa ra khuyến nghị và xu hướng đánh giá thông số ảnh hưởng đến ma sát bộ hãm (má phanh) trong quá trình sử dụng, khả năng mòn sau thời gian dài không kích hoạt nâng cao độ tin cậy, an toàn cho thang máy gia đình trong tương lai.

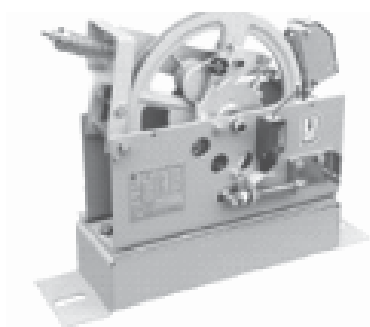
2. MÔ HÌNH THỬ NGHIỆM PHANH KHẨN CẤP [7, 13, 14, 15]

Mô hình thiết kế sử dụng bộ hãm an toàn tiên tiến để thử nghiệm, có ký hiệu DZ-QJ38C của hãng DAZEN, là cơ cấu phanh cơ khí gắn trên cabin, thường gồm các nệm phanh kẹp chặt

vào ray dẫn hướng khi được kích hoạt được thể hiện hình 1. Bộ hãm an toàn được kết nối với bộ hạn chế tốc độ (governor), khi tốc độ cabin vượt quá ngưỡng cho phép hoặc xảy ra đứt cáp, governor sẽ kích hoạt bộ hãm khiến các má phanh cọ xát và kẹp chặt ray, dừng cabin ngay lập tức. Bộ hãm an toàn là loại lũy tiến có thông số chính: Thang máy có tốc độ: $0,64 \text{ m/s} \leq v \leq 2,5 \text{ m/s}$; đường ray: $\leq 16\text{mm}$; tiêu chuẩn thực hiện: GB/T7588.1-2020, GB/T7588.2-2020; tải trọng tĩnh $\leq 3000\text{kg}$. Sử dụng bộ không chế tốc độ thang máy DZ-XS24A như hình 2 để thử nghiệm có thông số sau: có tốc độ 2m/s , thông số kỹ thuật ròng rọc, cáp: $\Phi 240, \Phi 8$, tải trọng nâng: $\geq 500\text{N}$ được lắp trên đỉnh mô hình thang máy.



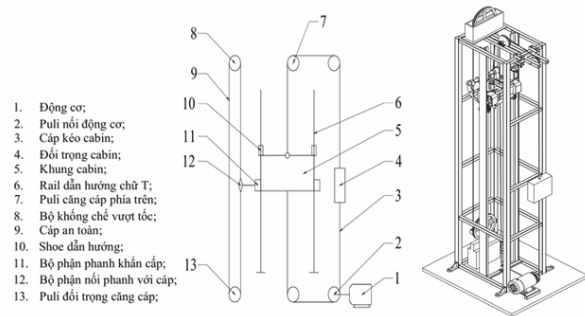
Hình 1. Bộ hãm an toàn trên ray



Hình 2. Bộ không chế tốc độ

2.1. Thiết kế cơ khí

Sơ đồ nguyên lý mô hình thiết kế đảm bảo có thể thử nghiệm trong phòng thí nghiệm được thiết kế như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý thiết kế hệ thống phanh khẩn cấp thang máy

Cụm cơ khí chính được thiết kế gồm:

- **Cụm truyền động:** Sử dụng động cơ điện được điều khiển vô cấp bằng biến tần để truyền chuyển động trực tiếp qua hệ pully - cáp.

- **Cụm truyền cáp:** Liên quan đến việc truyền chuyển động của cáp trong hệ thống, liên kết cụm truyền động với cabin hoặc bộ không chế tốc độ.

- **Bộ không chế tốc độ:** Được thiết kế dựa trên nguyên tắc ly tâm và có vai trò kiểm soát tốc độ cabin. Khi tốc độ cabin vượt quá giới hạn cho phép, bộ không chế tốc độ sẽ kích hoạt.

- **Cụm phanh khẩn cấp:** Là bộ hãm an toàn có chức năng dừng cabin và giữ trên ray dẫn hướng được lắp đặt trên khung cabin thang máy và được kích hoạt bởi bộ điều khiển quá tốc độ khi tốc độ chạy của cabin vượt quá quy định. Kiểu má phanh dạng nêm được chọn để tính toán, thiết kế. Dẫn hướng thang máy: Sử dụng loại ray là T78/B có vật liệu đế và vỏ bằng thép.

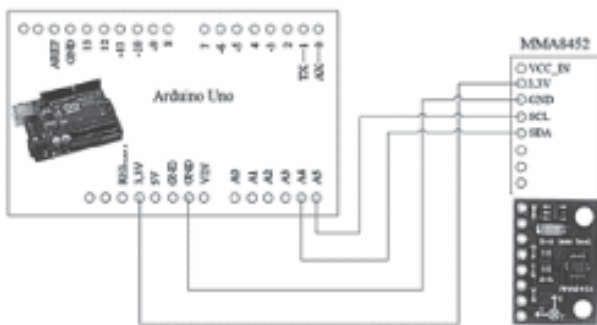
- **Thiết bị đối trọng căng cáp:** Phụ trợ cho bộ chống vượt tốc, tác dụng luôn kéo căng cáp của cơ cấu hãm khẩn cấp.

Theo tiêu chuẩn TCVN quy định bộ hãm khẩn cấp sẽ tự động khởi động khi vận tốc

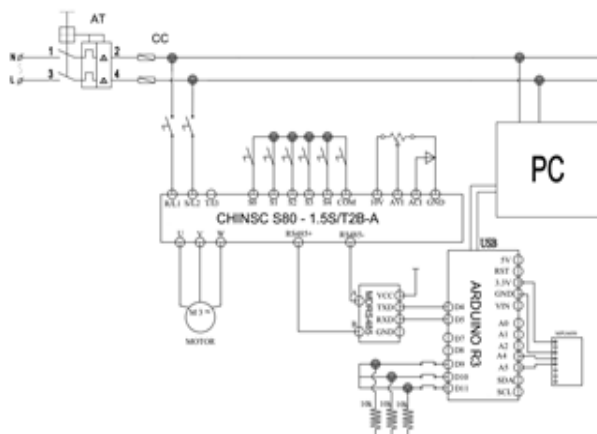
đi xuống của cabin vượt quá giá trị cho phép. Vận tốc này ít nhất phải bằng 115% vận tốc định mức của cabin, nhưng không vượt quá giá trị cho phép trong loại hãm khẩn cấp cụ thể được sử dụng.

2.2. Thiết kế điều khiển

Phần điều khiển của mô hình thử nghiệm được thiết kế tập trung vào việc điều khiển cụm dẫn động sử dụng vi điều khiển Arduino và các mô đun điện tử liên quan, có kết nối với hệ thống đo vận tốc và các công tắc an toàn. Hệ thống điều khiển trong mô hình được thiết kế gồm các thiết bị và linh kiện điện, điện tử, cảm biến đảm bảo khả năng thử nghiệm cho thang máy và an toàn. Sơ đồ mạch đo gia tốc được biểu diễn ở hình 4.



Hình 4. Sơ đồ mạch đo gia tốc



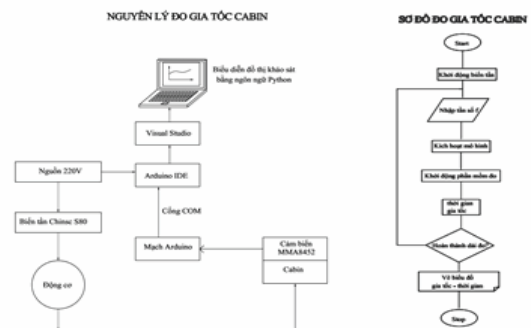
Hình 5. Sơ đồ mạch điều khiển của mô hình

Phần mềm Arduino IDE: là một phần mềm với một mã nguồn mở, được sử dụng chủ yếu để viết và biên dịch mã vào module Arduino, sử dụng ngôn ngữ lập trình C/C++ thuận tiện trong việc thiết kế chương trình lập cho các bo mạch Arduino. Sử dụng các phương thức giao tiếp để đọc và biểu diễn kết quả trên Arduino IDE, Visual Studio (Python), Excel. Sơ đồ nối mạch điều khiển thiết kế như hình 5.

2.3. Thuật toán đo giao diện kiểm tra

Hệ thống điều khiển và hệ thống đo được thiết kế để thu thập dữ liệu trong quá trình thử nghiệm. Hệ thống đo vận tốc cabin sử dụng cảm biến gia tốc MMA8452. Dữ liệu từ cảm biến được xử lý bởi vi điều khiển Arduino Uno R3. Dữ liệu được truyền không dây (qua mô đun HC-12) đến máy tính để xử lý và hiển thị. Phần mềm Visual Studio với ngôn ngữ Python được sử dụng cho việc này.

Thu thập và đánh giá kết quả: Hệ thống đo thu được các kết quả khảo sát vận tốc rơi của cabin. Các kết quả thử nghiệm mẫu cho thấy việc đo lường vận tốc lớn nhất, gia tốc lớn nhất và thời gian đạt vận tốc lớn nhất. Mục đích là khảo sát đặc tính ma sát của má phanh, sơ đồ nối dây từ cảm biến đến mạch Arduino Uno. Nguyên lý đo được thể hiện ở sơ đồ thuật toán như hình 7.

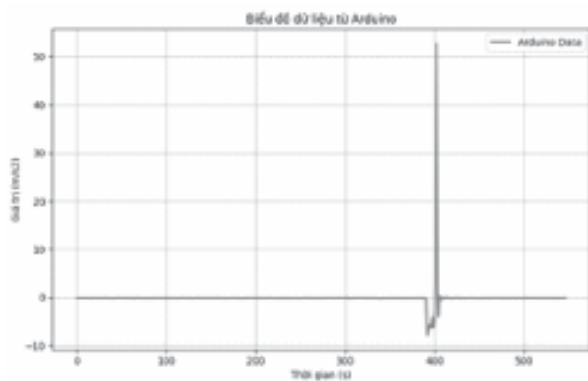


Hình 7. Sơ đồ nguyên lý đo gia tốc và thuật toán của cabin

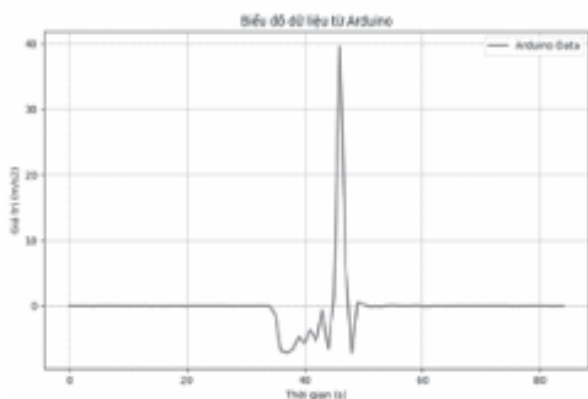
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình đã được thiết kế, chế tạo phù hợp phòng thí nghiệm với thông số kỹ thuật cơ bản: Kích thước mô hình: 845×1000×3000 mm; Hành trình cabin: 2000 mm; Khối lượng cabin: 10 kg; Khối lượng đối trọng: 15kg; Thiết bị điều khiển động cơ: Biến tần CHINSC S80; Thiết bị đo: Cảm biến MMA6050, máy tính laptop, mô hình đảm bảo đủ độ cứng vững để tiến hành các thực nghiệm kiểm tra thông số tiêu chuẩn.

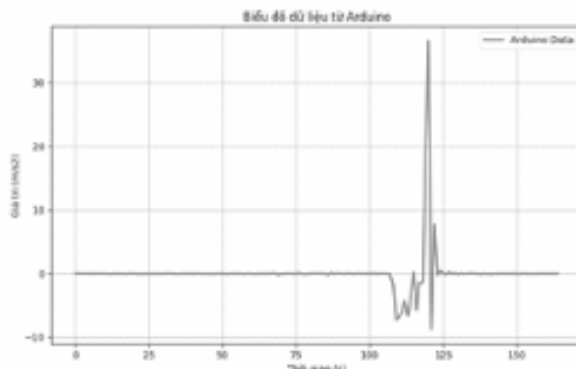
Thực nghiệm được tiến hành đo tại các tốc độ 1,8 m/s; 2 m/s; 3 m/s; 4 m/s, kết quả được hiển thị trên các hình 8, 9, 10, 11 tương ứng. Bảng gia tốc, quãng đường dừng ứng với vận tốc cần kiểm nghiệm như kết quả bảng 1.



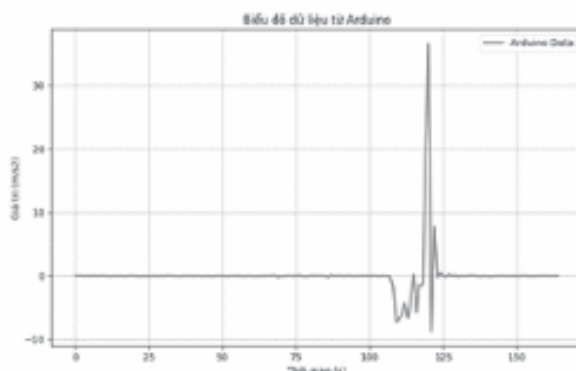
Hình 8. Đo tại vận tốc đặt $v = 1,8\text{m/s}$



Hình 9. Đo tại vận tốc đặt $v = 2\text{m/s}$



Hình 10. Đo tại vận tốc đặt $v = 3\text{m/s}$



Hình 11. Đo tại vận tốc đặt $v = 4\text{m/s}$

Bảng 1. Bảng kết quả đo.

Tốc độ (m/s)	Tốc độ kích hoạt phanh (m/s)	Gia tốc tại thời điểm cabin dừng (m/s^2)	Quãng đường từ khi kích hoạt phanh đến lúc cabin dừng (m)
1,8	1,83	6,0	0,28
2	1,73	5,8	0,26
3	1,93	6,4	0,29
4	1,97	6,3	0,31

Từ đồ thị trên cho thấy, tại vận tốc 4 m/s (hình 11), quãng đường từ lúc phanh kích hoạt đến lúc cabin dừng là 0,31 m, theo số liệu đo được gia tốc lúc dừng là 6,3 m/s^2 và vận tốc kích hoạt của phanh là 1.97 m/s. Tương tự, với vận tốc 2 m/s (hình 9), quãng đường từ lúc phanh kích hoạt đến lúc cabin dừng là

0,26 m, gia tốc lúc dừng là 5,8 m/s² và vận tốc kích hoạt của phanh là 1,73 m/s. Kết quả thực nghiệm trên cho thấy bộ hãm khẩn cấp (bộ hãm an toàn) đã được kích hoạt khi vận tốc rơi lớn nhất của cabin đạt xấp xỉ $v \approx 1,8-2$ m/s, sai số nằm trong khoảng cho phép, điều này phù hợp với thông số thiết kế đã đặt ra.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu mô hình thử nghiệm bước đầu cho phép kiểm nghiệm gia tốc, đánh giá được vận tốc kích hoạt của hệ thống phanh khẩn cấp thông qua gia tốc khi rơi của cabin thang máy và quãng đường cabin còn di chuyển. Đây là cơ sở để đánh giá tính hiệu quả của cơ cấu hạn chế tốc độ, cơ cấu hãm phanh khẩn cấp, kể đến tính chất ma sát của vật liệu làm má phanh và khuyến cáo cho người sử dụng có kế hoạch bảo trì, kiểm tra hệ thống phanh khẩn cấp hợp lý, nâng cao hiệu năng, an toàn khi hoạt động của thang máy. ❖

Ngày nhận bài: **02/05/2025**

Ngày phản biện: **26/05/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Danh Sơn, “Thang máy”. NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2018.
- [2]. Shuangchang Feng, Jie Chen and Yanchun Liang, “Introduction of an Elevator Guide Shoe with Position and Lateral Force Monitoring Function”. IOP Publishing, ICMIA-2022, doi:10.1088/1742-6596/2264/1/012004, 2022.
- [3]. Al-Kodmany, Kheir, “Smart elevator systems”. Journal of Mechanical Materials and Mechanics Research 6.1 (2023).
- [4]. ASME A17.1-2013/CSA B44-13, “Safety Code for Elevators and Escalators Includes Requirements for Elevators, Escalators, Dumbwaiters, Moving Walks, Material Lifts, and Dumbwaiters With Automatic Transfer Devices”.
- [5]. “Yêu cầu an toàn về cấu tạo và lắp đặt thang máy”, TCVN 6396-28:2013 – Bộ Khoa học và Công nghệ, 2013.
- [6]. Tiêu chuẩn quốc gia của Việt Nam (TCVN) về thang máy: TCVN 6396-50:2017 / EN 81-50:2014, “Quy tắc an toàn về cấu tạo và lắp đặt thang máy – Kiểm tra, tính toán và thử nghiệm các bộ phận thang máy – Phần 50: Kiểm tra, tính toán và thử nghiệm các bộ phận thang máy”.
- [7]. Janovský, Lubomír, “Elevator mechanical design”. Elevator World Inc, 1999.
- [8]. Facai Ren, “Wear analysis of elevator brake shoe”. IOP Publishing, MATMA-2022, Journal of Physics: Conference Series, DOI 10.1088/1742-6596/2403/1/012023, 2022.
- [9]. Qifeng Peng, Zhongxing Li, Hong Yuan, Guojian Huang, Shanqing Li, Xueli Sun, “A Model-Based Unloaded Test Method for Analysis of Braking Capacity of Elevator Brake”. Advances in Materials Science and Engineering, <https://doi.org/10.1155/2018/8047490>, 2018.
- [10]. Zhaolin Ren, “The Performance Analysis of Elevator Brake”. IOP Publishing, AMEE-2022, Journal of Physics: Conference Series, doi:10.1088/1742-6596/2463/1/012047, 2023.
- [11]. X Ma, G Pan, P Zhang, Q Xu, X Shi, Z Xiao, Y Han, “Experimental evaluation of braking pad materials used for high-speed elevator”. Wear, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.203872>, 2021.
- [12]. Yu, Chunyu, et al., “Research progress on friction and wear properties of powder metallurgy brake pad”. Advances in Mechanical Engineering 14.12 (2022): 16878132221126854.
- [13]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, “Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí”. NXB. Giáo dục, 2014.
- [14]. Ninh Đức Tồn, Nguyễn Thị Xuân Bảy, “Dung sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường”. NXB. Giáo dục, 2006.
- [15]. Catalogue dazentech.com/elevator-overspeed-governor.