

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM GIA CƯỜNG XÁC ĐỊNH ĐỘ TIN CẬY CHO DẪN ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN PHANH CÔNG TÁC TRÊN XE KAMAZ-5320

STUDY ON ACCELERATION TESTING TO DETERMINE THE RELIABILITY OF PRINCIPLE AIR-COMPRESSED BRAKE SYSTEM ON KAMAZ-5320 TRUCK

Vũ Ngọc Tuấn

Viện Cơ khí Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp thực nghiệm gia cường và ứng dụng xác định độ tin cậy cho dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320 với giả thiết hệ thống là không có khả năng sửa chữa, phục hồi. Kết quả nghiên cứu xác định độ tin cậy của hệ thống ở thời điểm bất kỳ và xác định phần tử trọng yếu trong hệ thống (phần tử có xác suất hỏng cao nhất mà sự hư hỏng của nó sẽ gây ra hư hỏng của hệ thống).

Từ khóa: *Thực nghiệm gia cường; Độ tin cậy; Phanh công tác; Xác suất hỏng.*

ABSTRACT

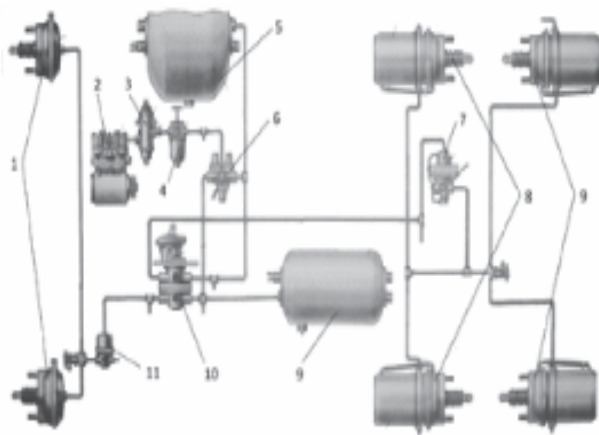
The article presents a test method for enhancing reliability assessment applied to the brake control system of the Kamaz-5320 vehicle under the assumption of non-repairable system. The study results determine the system reliability at any given time and identify critical components within the system (components with the highest probability of failure, whose malfunction would result in system failure).

Keywords: *Acceleration test; Reliability; Brake control system; Probability of failure.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong ngành công nghiệp ô tô, việc đảm bảo độ tin cậy của các hệ thống lái và phanh là vô cùng quan trọng để đảm bảo an toàn và hiệu suất của xe. Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về độ tin cậy trong thiết kế và sản xuất nói chung, phương pháp thực nghiệm gia cường đã trở thành một công cụ hữu ích để xác

định và cải thiện khả năng hoạt động liên tục của các sản phẩm. Bài báo tập trung vào việc áp dụng phương pháp thực nghiệm gia cường để xác định độ tin cậy cho dẫn động điều khiển hệ thống phanh công tác trên xe Kamaz-5320. Điều kiện khảo sát là ô tô khai thác ở miền Bắc Việt Nam. Sơ đồ kết cấu hệ thống khảo sát cho trên Hình 1.



Hình 1. Kết cấu mạch điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320:

1. Bầu phanh cầu trước; 2. Máy nén khí;
3. Van ổn định áp suất; 4. Bộ chống đông;
- 5, 9. Bình khí nén; 6. Van bảo vệ 3 ngã;
7. Bộ điều hoà lực phanh; 8. Bầu phanh cầu giữa;
9. Bầu phanh cầu sau; 10. Tổng van phanh;
11. Van điều hoà áp suất.

2. XÂY DỰNG THỰC NGHIỆM

2.1. Xác định các yếu tố gây hỏng chính

Sử dụng phương pháp FTA [1], xác định được các hư hỏng chính của hệ thống xuất hiện là do các chi tiết trong hệ thống bị ô-xy hoá, mỏi, mòn, lão hoá. Các nguyên nhân này chủ yếu do các yếu tố tác động: độ ẩm, nhiệt độ, tần suất hoạt động gây nên.

2.2. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

2.2.1. Xác định điều kiện làm việc bình thường

Theo [2], trung bình, xe Kamaz-5320 hoạt động ở tốc độ 40km/h với tần suất đạp phanh 300 lần mỗi 100km. Như vậy, tần suất đạp phanh trung bình ở điều kiện bình thường là khoảng 2 lần/phút.

2.2.2. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

Theo [3] và điều kiện thực tế, lựa chọn tối thiểu 03 chế độ thực nghiệm, 20 mẫu/01 chế độ. 03 chế độ thực nghiệm theo 03 mức tải được mô tả như Bảng 1 bên dưới.

Bảng 1. Thông số chu trình tín hiệu điều khiển phanh:

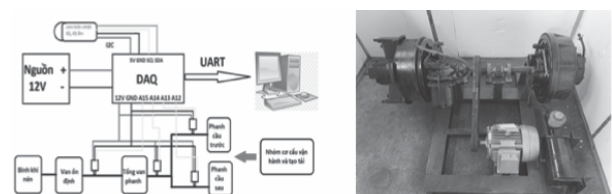
Mức tải	Tần suất làm việc (số lần/phút)	Thời gian (giây)			
		Đóng phanh	Giữ phanh	Nhả phanh	Nghỉ
1	4	2	1	0,2	11,8
2	5	2	1	0,2	8,8
3	6	2	1	0,2	6,8

2.3. Điều kiện xác định hệ thống

Khi đạp phanh hết hành trình, áp suất khí nén tại các bầu phanh đều thấp hơn 0,6 MPa. Van ổn định áp suất hỏng khi áp suất đầu ra của van thấp hơn 0,6 MPa, đồng thời áp suất đầu vào của van bằng với áp suất máy nén khí và đạt giá trị không nhỏ hơn 0,6 MPa.

2.4. Xây dựng buồng thực nghiệm

2.4.1. Hệ thống và thiết bị thực nghiệm



Hình 2. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm

Hệ thống thực nghiệm được mô tả ở Hình 2, gồm 05 thành phần: Sơ đồ hệ thống phanh, thiết bị vận hành và tạo tải. Buồng thực nghiệm gia cường được xây dựng như ở Hình 2. 

2.4.2. Quy trình thực nghiệm

Thực hiện lần lượt : Thiết lập điều kiện tải gồm nhiệt độ, độ ẩm, tần suất đạp phanh; Chạy hệ thống, thực hiện phanh tới khi mạch phanh hỏng; Dừng hệ thống, bảo dưỡng, sửa chữa; Khi hệ thống chưa đủ 20 lần hỏng, về bước 2. Ngược lại, đặt mức tải và về bước 1.

3. THU THẬP VÀ XỬ LÝ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

3.1. Xác định phân bố dữ liệu thực nghiệm

Trong thực nghiệm này, tất cả 20 mẫu thực nghiệm đã được thử ở ba chế độ tải cho tới khi xuất hiện hư hỏng.

Bảng 2. Ví dụ dữ liệu thực nghiệm ở các chế độ tải

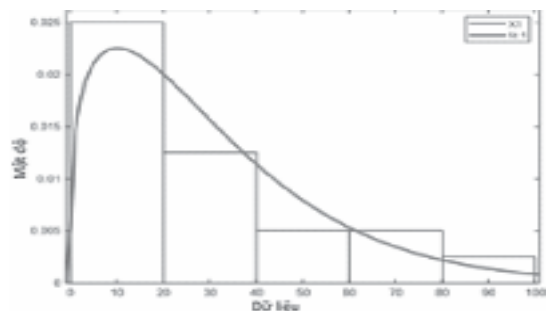
STT	Thời gian đến hỏng (giờ)		
	Chế độ tải (1)	Chế độ tải (2)	Chế độ tải (3)
1	5,0	4,8	4,6
2	14,3	4,9	5,7
...	...	...	...
20	73,9	4,9	7,6

Bảng 3. Giá trị Log Likelihood cho các kiểu phân bố xác suất theo dữ liệu thực nghiệm

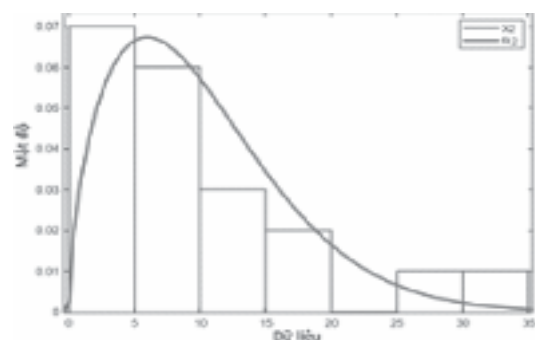
Phân bố Chế độ tải	Chuẩn				Weibull
	Chuẩn	Mũ	Logarit	Logarit	
(1)	-92,37	-88,15	-87,86	-87,22	
(2)	-91,74	-87,26	-87,69	-85,13	
(3)	-93,14	-89,25	-87,32	-86,45	

Dữ liệu về thời gian đến hỏng (Time to failure – TTF) thu được từ thực nghiệm được trình bày trong Bảng 2. Sử dụng hàm scipy.stats.fit [4] trong thư viện SciPy v1.10 của Python xác định các thông số cơ bản của mỗi

phân bố sao cho phân bố đó mô tả gần nhất với bộ dữ liệu đã cho. Đồng thời, tính giá trị hệ số tương quan logarit cho từng kiểu phân bố (Bảng 3). Có thể thấy, đối với dữ liệu thu được ở cả ba chế độ tải, phân bố phù hợp nhất (với giá trị log Log Likelihood [5] lớn nhất) đều là phân bố Weibull. Ước lượng tham số tỉ lệ T và tham số hình dạng b với khoảng tin cậy 95% cho các phân bố Weibull ở từng chế độ tải. Quan sát định tính về sự phù hợp của dữ liệu thống kê và phân bố phù hợp được cho trên Hình 3 và hình 4.



Hình 3. Phân bố Weibull ước lượng (đường fit 1) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (1)



Hình 4. Phân bố Weibull ước lượng (đường fit 2) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (2)

3.2. Xác định quan hệ tuổi thọ – yếu tố tác động

Đặt TTF_i là thời gian đến hỏng của hệ thống tại chế độ tải (i), có mô tả phân bố như sau:

$$TTF_i \sim \text{Weibull}(T_i; b_i) \quad (1)$$

Theo phần lớn các nghiên cứu [5], phân

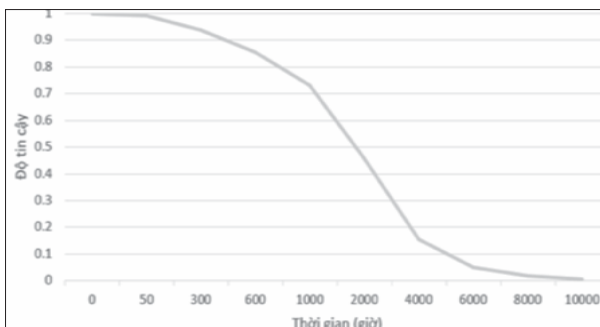
bố Weibull có tham số hình dạng b có thể xem như không đổi theo yếu tố tác động với khoảng tin cậy 95%. Điều này cũng dễ thấy trong kết quả ước lượng tại các chế độ thực nghiệm khác nhau. Lúc này, thời gian đến hỏng của hệ thống chỉ còn phụ thuộc vào tham số tỉ lệ T ([3]). Sử dụng hàm `scipy.optimize.curve_fit` [4] trong thư viện SciPy v1.10 của Python để ước lượng K và n . Giá trị ước lượng với khoảng tin cậy 95%.

$$T_i = K \cdot V_i^{-n} \quad (2)$$

Trong đó: V_i – Tần suất đạp phanh tại chế độ thực nghiệm thứ i (số lần/phút);
 K, n – Các tham số cần ước lượng.

3.3. Ước lượng độ tin cậy

Từ giá trị $\hat{K}$ và $\hat{n}$ đã ước lượng ở trên, thay vào phương trình (2), ta xác định được tham số tỉ lệ $T = 2554$ cho thống kê thời gian đến hỏng ở điều kiện hoạt động bình thường ($V = 2$ lần/phút). Bởi tham số hình dạng là không đổi theo yếu tố tác động với khoảng tin cậy 95%, giá trị tham số hình dạng được lấy bằng trung bình các giá trị ước lượng ở các chế độ tải khác nhau $b = 1,21$. Từ đây, ta xác định được độ tin cậy của hệ thống tại một số thời điểm. Đồ thị mô tả thay đổi độ tin cậy theo thời gian cho trên Hình 5.



Hình 5. Sự suy giảm của độ tin cậy mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320 theo tính toán lý thuyết và theo thực nghiệm

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu của bài báo, có thể rút ra một số kết luận như sau: Đã xác định được chế độ thực nghiệm; xây dựng được hệ thống trang thiết bị thử nghiệm phép khảo sát các chế độ hoạt động của toàn bộ hệ thống và phần tử tương tự trên xe Kamaz-5320 thực; hệ thống các cảm biến, bộ thu thập dữ liệu, máy tính cho phép đo, ghi xử lý kết quả thử nghiệm liên tục trong suốt thời gian tiến hành thử nghiệm. Trên cơ sở các trang thiết bị đó, công trình đã thực nghiệm thành công đối với mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320. Các kết quả thực nghiệm được xử lý bằng các công cụ có sẵn của Python/SciPy để ước lượng được hàm độ tin cậy của hệ thống. Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo có giá trị cho các công trình liên quan, đặc biệt là đối với các sản phẩm, hệ thống có khả năng sửa chữa, phục hồi. ❖

Ngày nhận bài: **15/3/2024**

Ngày phản biện: **22/4/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. T. Tingl, Y. Lu, T. Zhou, and H. Jing, “FTA and FMEA of braking system based on relex 2009”, 2023.
- [2]. V. Q. Bảo; “Cơ sở khai thác xe quân sự”, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2001.
- [3]. B. Dodson, “Accelerated testing a Practitioner’s Guide to Accelerated and Reliability Testing”. Society of Automotive Engineers, 2006.
- [4]. OpenSource, “Statistical functions (scipy.stats) – SciPy v1.10.0.dev0+2190.acd1a4a Manual”, www.github.com/scipy/scipy.io/devdocs/reference/stats.html#module-scipy.stats (accessed Nov. 13, 2022).
- [5]. J. Chen, E. Zio, J. Li, Z. Zeng, and C. Bu, “Accelerated life test for reliability evaluation of pneumatic cylinders”, IEEE Access, vol. 6, pp. 75062–75075, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2882767.