NGHIÊN CỨU ĐỘ TIN CẬY CỦA HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG CÓ CÁC KHÂU LẮP NỐI TIẾP

STUDYING THE RELIABILITY OF TRANSMISSION SYSTEMS WITH ELEMENTS INSTALLED IN SERIES.

Nguyễn Thế Mạnh[1,*]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.42

TÓM TẮT

Việc nghiên cứu độ tin cậy của các hệ thống kỹ thuật nói chung luôn là nhiệm vụ được các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước quan tâm, đặc biệt là ở các ngành như viễn thông, kỹ thuật điều khiển và tự động hóa [3, 5, 6]... Tuy nhiên hoạt động nghiên cứu độ tin cậy các hệ truyền động cơ chưa được quan tâm đúng mức. Các nghiên cứu trong nước thường tập chung nghiên cứu về chẩn đoán và dự báo tình trạng kỹ thuật, ít có nghiên cứu về độ tin cậy hoạt động của chúng, mặc dù lĩnh vực độ tin cậy , chẩn đoán và dự báo tình trạng kỹ thuật có liên quan chặt chẽ với nhau [1]. Hoạt động nghiên cứu, đánh giá độ tin cậy của các hệ thống truyền động cơ có ý nghĩa quan trọng, vì trên cơ sở đó giúp người sử dụng đánh giá được tình trạng kỹ thuật hiện tại, đồng thời dự đoán được tình trạng kỹ thuật của hệ thống trong giai đoạn sử dụng sắp tới. Từ đó giúp người sử dụng có thể lập kế hoạch sử dụng đối tượng hiệu quả hơn. Trong khuôn khổ bài báo trình bày một cách hệ thống các bước đánh giá độ tin cậy của hệ thống truyền động cơ thông qua các chỉ số độ tin cậy có ý nghĩa kỹ thuật quan trọng, khảo sát đánh giá độ tin cậy của hệ thống truyền lực xe xích cao tốc T-55 trên cơ sở bộ dữ liệu giả định.

Keywords: *Độ tin cậy, hệ truyền động, các chỉ số, tính toán, khảo sát.*

ABSTRACT

The study of reliability of engineering systems in general is always a task of interest to domestic and foreign researchers, especially in fields such as telecommunications, control engineering and automation. chemical [3, 5, 6]... However, research activities on motor transmission systems have not been paid enough attention. The study and assessment of the reliability of technical systems using reliability assessment indicators is important, since on this basis it helps users to assess the current technical condition of the object, and at the same time predict the technical condition of the object in the upcoming period of operation. On this basis, users can plan to use more efficient vehicles. Within the framework of the article, the test calculation of the reliability of the power transmission of transport vehicles will be evaluated according to the test data collected during the operation and repair of vehicles.

Keywords: *Calculation survey, reliability, powertrain, damage probability.*

[1]Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

[*]Email: manhttg97@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/5/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/7/2022

Ngày chấp nhận đăng: 27/10/2022

1. GIỚI THIỆU

Độ tin cậy của các hệ thống kỹ thuật quyết định khả năng thực hiện chức năng của chúng. Nhiều nghiên cứu độ tin cậy của các hệ thống kỹ thuật nói chung và độ tin cậy của hệ thống truyền động trong ngành cơ khí động lực nói riêng đã được công bố.

Theo nghiên cứu của tác giả, phần lớn các nghiên cứu về độ tin cậy đã được công bố thường tập chung ở các lĩnh vực như tự động hóa, viễn thông, công nghệ thông tin, kỹ thuật điều khiển tự động. Các nghiên cứu về độ tin cậy của hệ thống truyền động trong ngành cơ khí động lực thường chỉ tập chung đến việc xây dựng hàm độ tin cậy và hàm xác suất hư hỏng theo thời gian t [4] mà bỏ qua các chỉ tiêu khác về độ tin cậy [1, 2]. Mặt khác việc xây dựng hàm độ tin cậy và hàm xác suất hư hỏng theo thời gian t được tiến hành trên cơ sở các mô hình phức tạp như mô hình Markov hoặc mô hình "Phục vụ đám đông". Tác giả cho rằng việc sử dụng các mô hình này có ý nghĩa về mặt dự báo tình trạng kỹ thuật hơn là đánh giá độ tin cậy của hệ thống truyền động. Về mặt phương pháp luận, việc áp dụng các mô hình trên mang tính hàn lâm, nghiêng về học thuật hơn là áp dụng vào trong thực tế để đánh giá độ tin cậy của các hệ truyền động một cách trực quan, cụ thể. Vấn đề quan trọng trong nghiên cứu độ tin cậy của các hệ thống truyền động cơ là phải có cách nhìn tổng quan, trực quan, rõ ràng và mang tính thực tế cao, các tính toán vừa chỉ ra được bản chất độ tin cậy của một hệ truyền động cụ thể vừa có khả năng làm cơ sở để dự báo được hệ số dự trữ kỹ thuật và khả năng hoàn thành chức năng của nó trong tương lai

Bài báo này trình bày một cách hệ thống các tiêu chí về độ tin cậy. Xây dựng hàm độ tin cậy và hàm xác suất xuất hiện hư hỏng của đối tượng dựa trên từng phần tử cấu thành lên hệ thống. Khảo sát độ tin cậy của hệ theo thời gian sử dụng t với bộ dữ liệu giả định.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu độ tin cậy của các hệ thống kỹ thuật, tùy vào đặc điểm từng hệ thống, có phục hồi và không có phục hồi người ta đưa ra tổ hợp nhiều chỉ số đánh giá. Trên cơ sở lý thuyết chung về độ tin cậy của đối tượng dưới trong phạm vi báo cáo trình bày hệ thống các chỉ số độ tin cậy quan trọng, cần được quan tâm khi nghiên cứu về độ tin cậy của các hệ truyền động cơ, bởi theo nghiên cứu chúng phản ánh khả năng thực hiện các chức năng cơ bản của bất kỳ hệ thống truyền động cơ cụ thể, tức các chỉ số đảm bảo cho hệ thống có khả năng thực hiện các nhiệm vụ nhất định trong điều kiện hoạt động và thời gian hoạt động xác định.

2.1. Xác suất không hỏng của hệ thống truyền động cơ phức tạp bất kỳ

Gọi $p_i(t)$, (i = 1, 2, ..., n) là xác suất không hỏng hay hàm tin cậy của phần tử thứ i của hệ thống gồm n phần tử lắp nối tiếp tại thời điểm xác định t và $P_h(t)$ là xác suất không hỏng của hệ. Khi đó xác suất không hỏng của hệ thống gồm n phần tử lắp nối tiếp được xác định như sau [2, 4]:

$$P_h(t) = \prod_{i=1}^{n} p_i(t) \quad (1)$$

Vì $p_i(t) \le 1$ nên $P_h(t) \le \min[p_i(t)]$, i =1, 2, ..., n.

Nếu ĐTC của các phần tử tại thời điểm xác định t là như nhau, tức là $p_1(t) = p_2(t) = ... = p_n(t) = p(t)$ thì xác suất không hỏng của hệ nối tiếp n phần tử được xác định bằng:

$$P_h(t) = \prod_{i=1}^{n} p_i(t) = \left[p(t)\right]^n \quad (2)$$

Nếu ĐTC của các phần tử biết trước và không phụ thuộc vào thời gian t là như nhau, tức là $p_1 = p_2 = ... = p_n = p$ thì xác suất không hỏng của hệ nối tiếp các phần tử được xác định bằng:

$$P_h = \prod_{i=1}^{n} p_i = p^n \quad (3)$$

Hàm $P_h(t) = \prod_{i=1}^{n} p_i(t)$ còn gọi làm hàm độ tin cậy của hệ thống lắp nối tiếp gồm n phần tử.

Cường độ hư hỏng và xác suất làm việc không hỏng liên quan với nhau theo mối quan hệ:

$$P(t) = \exp[-\int_0^t \lambda(t)d(t)] \text{ hay } P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \quad (4)$$

Theo (1) xác suất không hỏng của hệ bằng:

$$P_h(t) = \prod_{i=1}^{n} p_i(t) = \prod_{i=1}^{n} e^{-\int_0^t \lambda_i(t)dt} \quad (5)$$

2.2. Xác suất hỏng của hệ $Q_h(t)$ của hệ thống truyền động cơ phức tạp bất kỳ

Xác suất hỏng $Q_h(t)$ của hệ được xác định bằng [2, 4]:

$$Q_h(t) = 1 - P_h(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} p_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} \left[1 - q_i(t)\right], \quad (6)$$

trong đó: $q_i(t)$ - xác suất hỏng của phần tử thứ i, i = 1, 2,...., n.

Nếu ĐTC của các phần tử tại thời điểm xác định t là như nhau, tức là $q_1(t) = q_2(t) = ... = q_n(t) = q(t)$ thì xác suất hỏng của hệ nối tiếp các phần tử được xác định bằng:

$$Q_h(t) = 1 - P_h(t) = 1 - \left[p(t)\right]^n = 1 - \left[1 - q(t)\right]^n. \quad (7)$$

2.3. Cường độ hỏng hóc của hệ $\lambda_h(t)$

Cường độ hỏng hóc $\lambda_h(t)$ của hệ thống gồm n phần tử lắp nối tiếp được xác định bằng biểu thức [2, 4]:

$$\lambda_h(t) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i(t), \quad (8)$$

trong đó: $\lambda_i(t)$ - cường độ hỏng hóc của phần tử thứ i, i = 1, 2,..., n.

Như vậy, trong hệ nối tiếp, cường độ hỏng hóc của hệ bằng tổng cường độ hỏng hóc của các phần tử.

2.4. Thời gian trung bình làm việc không hỏng của hệ T_{TBh} [2, 4]**:**

$$T_{tb} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i(t)} \quad (9)$$

2.5. Cường độ phục hồi của hệ thống lắp nối tiếp [2, 4]:

$$\mu(t) = \sum_{i=1}^{n} \mu_i \quad (10)$$

2.6. Đại lượng đặc trưng cho khả năng chuyển trạng thái của đối tượng sau phục hồi (phụ thuộc vào cường độ hư hỏng và phục hồi) [2, 4].

$$\gamma(t) = \frac{\sum_{1}^{n} \lambda_1(t)}{\sum_{1}^{n} \mu_i(t)} \quad (11)$$

2.7. Hệ số sẵn sàng [2, 4]: $K_{ss} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n} \gamma_i}$ (12)

Các biểu thức trên đúng với mọi quy luật phân bố thời gian làm việc cho đến khi hỏng mà chúng ta đã biết.

Các biểu thức trên áp dụng cho hệ thống truyền động cơ gồm n phần tử lắp nối tiếp với nhau. Như vậy ta có thể tổng hợp lại, với hệ truyền động cơ thông thường gồm 3 phần tử lắp nối tiếp ta có:

$$\begin{cases} P_h(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t) = P_1(t)P_2(t)P_3(t) = e^{-\int_0^t \lambda_1(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_2(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_3(t)dt} \\ Q(t) = 1 - P_h(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda_1(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_2(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_3(t)dt} \\ \lambda(t) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \\ T_{tb} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i(t)} \\ \gamma(t) = \frac{\sum_{1}^{n} \lambda_1(t)}{\sum_{1}^{n} \mu_i(t)} = \frac{\lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \lambda_3(t)}{\mu_1(t) + \mu_2(t) + \mu_3(t)} \\ \mu(t) = \sum_{i=1}^{n} \mu_i = \mu_1 + \mu_3 + \mu_3 \\ K_{ss} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n} \gamma_i} \end{cases} \quad (13)$$

Như vậy chúng ta có thể đánh giá độ tin cậy của bất kỳ hệ truyền động cơ nào thông qua các chỉ số trình bày trong hệ (13) có 3 khâu lắp nối tiếp, ví dụ như các hệ thống truyền lực của các loại xe hai cầu, ba cầu, hệ thống truyền động xe cẩu, xe ủi,...

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Nghiên cứu độ tin cậy hệ thống gồm ba phần tử lắp nối tiếp: Ly hợp chính, Hộp số, Cơ cấu quay vòng và phanh dừng của 5 xe xích cao tốc T- 55 trong một đơn vị sử dụng. Giả sử sau một thời gian quan sát nhận được các dữ liệu giá trị về cường độ hư hỏng λ và các giá trị mức độ phục hồi μ của từng phần tử tương ứng với 5 xe được trình bày trong bảng 1.

Cần xác định các chỉ số độ tin cậy của hệ thống và xây dựng đường đặc tính độ tin cậy và xác suất xuất hiện hư hỏng của hệ thống theo thời gian sử dụng t.

Từ dữ liệu trong bảng 1 ta xác định được giá trị thống kê trung bình cường độ hư hỏng λ và các giá trị mức độ phục hồi trung bình μ của từng phần tử trong hệ thống như sau:

$$\lambda_{tb.LHC} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i}{n} = 5,62.10^{-5}\ h^{-1}, \mu_{tb.LHC} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\mu_i}{n} = 4,46.10^{-1}\ h^{-1};$$

$$\lambda_{tb.HS} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i}{n} = 4,3.10^{-6}\ h^{-11},\ \mu_{tb.HS} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\mu_i}{n} = 3,4.10^{-1}\ h^{-1};$$

$$\lambda_{tb.CCQV} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i}{n} = 5,3.10^{-5},\ \mu_{tb.CCQV} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\mu_i}{n} = 4,7.10^{-1}\ h^{-1}.$$

Ứng với hệ (9) ta có:

$$\begin{cases} P_h(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t) = P_1(t)P_2(t)P_3(t) = e^{-\int_0^t \lambda_1(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_2(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_3(t)dt} = e^{-11,35.10^{-5}.t} \\ Q(t) = 1 - P_h(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda_1(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_2(t)dt} . e^{-\int_0^t \lambda_3(t)dt} = 1 - e^{-11,35.10^{-5}.t} \\ \lambda = \sum_{i=1}^{n}\lambda_i(t) = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 11,35.10^{-5} h^{-1} \\ T_{tb} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i(t)} = \frac{1}{11,35.10^{-5}} = 8810,57h \\ \gamma(t) = \frac{\sum_{1}^{n}\lambda_i(t)}{\sum_{1}^{n}\mu_i(t)} = \frac{\lambda_1(t)+\lambda_2(t)+\lambda_3(t)}{\mu_1(t)+\mu_2(t)+\mu_3(t)} = \frac{11,35.10^{-5}h^{-1}}{12,56.10^{-1}h^{-1}} = 0,9.10^{-4} \\ \mu(t) = \sum_{i=1}^{n}\mu_i = \mu_1 + \mu_3 + \mu_3 = 12,56.10^{-1}h^{-1} \\ K_{ss} = \frac{1}{1+\sum_{i=1}^{n}\gamma_i} = \frac{1}{1+0,9.10^{-4}} = 0,9999 \end{cases} \quad (14)$$

Trong hệ (14) có hai thành phần:

+ Hàm xác suất làm việc không hỏng của hệ thống (hàm tin cậy của hệ thống).

$$P_h(t) = e^{-11,35.10^{-5}.t} \quad (15)$$

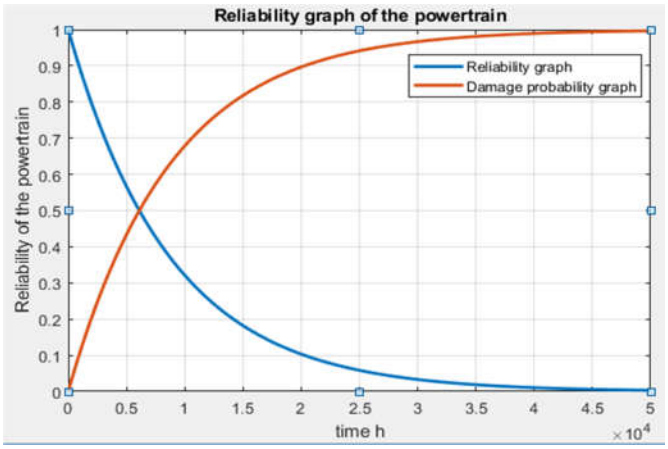
+ Hàm xác suất hư hỏng (hàm xác suất xuất hiện hư hỏng):

$$Q(t) = 1 - e^{-11,35.10^{-5}.t} \quad (16)$$

Bảng 1. Số liệu thống kê cường độ hư hỏng λ và các giá trị mức độ phục hồi μ của hệ truyền động xe xích cao tốc T-55

STT \ Đối tượng	LHC		Hộp số		Cơ cấu quay vòng và phanh dừng	
	Tham số λ (h^{-1})	Tham số μ (h^{-1})	Tham số λ (h^{-1})	Tham số μ (h^{-1})	Tham số λ (h^{-1})	Tham số μ (h^{-1})
1	$5,7.10^{-5}$	$4,5.10^{-1}$	$4,1.10^{-6}$	$3,4.10^{-1}$	$5,2.10^{-5}$	$4,5.10^{-1}$
2	$5,5.10^{-5}$	$4,6.10^{-1}$	$4,3.10^{-6}$	$3,6.10^{-1}$	$5,3.10^{-5}$	$4,7.10^{-1}$
3	$5,6.10^{-5}$	$4,4.10^{-1}$	$4,4.10^{-6}$	$3,3.10^{-1}$	$5,1.10^{-5}$	$4,6.10^{-1}$
4	$5,5.10^{-5}$	$4,5.10^{-1}$	$4,5.10^{-6}$	$3,2.10^{-1}$	$5,5.10^{-5}$	$4,8.10^{-1}$
5	$5,8.10^{-5}$	$4,3.10^{-1}$	$4,2.10^{-6}$	$3,5.10^{-1}$	$5,4.10^{-5}$	$4,9.10^{-1}$

Từ các phương trình hàm độ tin cậy của hệ thống (15) và hàm xác suất xuất hiện hư hỏng (16) của hệ thống ta xây dựng được được đồ thị mô tả quy luật biến đổi độ tin cậy và xác suất xuất hiện hư hỏng của hệ thống truyền động xe xích cao tốc T-55 theo thời gian sử dụng như hình 1.



Hình 1. Đồ thị độ tin cậy và xác suất xuất hiện hư hỏng của hệ thống truyền động xe xích cao tốc T-55

Nhận xét: Từ đồ thị hình 1 ta thấy, độ tin cậy $P_h(t)$ của hệ thống giảm dần đều theo thời gian sử dụng, đồ thị hàm xác suất hư hỏng $Q_h(t)$ có quy luật ngược lại, tức là xác suất xuất hiện hư hỏng của hệ thống sẽ tăng dần đều theo thời gian. Đặc tính các đường cong trong phạm vi nghiên cứu này được giả thiết tuân theo quy luật khai thác thông thường. Trong thực tế tùy thuộc vào chi phí đầu tư đặc tính các đường cong có thể thay đổi, chẳng hạn khi tình trạng kỹ thuật các phần tử trong hệ thống biến xấu và việc khắc phục được tiến hành bằng cách sửa chữa thay thế chứ không phải bằng hoạt động sửa chữa thông thường, tức tác động để thay đổi các giá trị λ và μ thì tính chất của các đường cong hàm tin cậy và xác suất xuất hiện hư hỏng sẽ thay đổi, đây cũng là hướng phát triển của nghiên cứu.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc nghiên cứu đánh giá độ tin cậy của các hệ thống kỹ thuật có ý nghĩa quan trọng, giúp đánh giá tình trạng kỹ thuật của các đối tượng, làm cơ sở để tiến hành bước nghiên cứu tiếp theo nhằm đưa ra các dự báo về hệ số dự trữ kỹ thuật, trên cơ sở đó đề xuất các kế hoạch khai thác trang bị kỹ thuật ngành xe máy đạt hiệu quả hơn. Báo cáo trình bày trình tự đánh giá độ tin cậy của các đối tượng kỹ thuật có các phần tử lắp nối tiếp, trong phạm vi báo cáo là hệ thống truyền động của xe xích cao tốc T-55 gồm ba phần tử lắp nối tiếp với nhau gồm ly hợp chính, hộp số, cơ cấu quay vòng và phanh dừng với các dữ liệu giả định thu thập được tại các đơn vị sử dụng.

Cần bỏ công thống kê để thu thập được các dữ liệu tại các đơn vị sử dụng và sửa chữa. Tiến hành thu thập, thống kê các dữ liệu một cách tỷ mỉ, chính xác vì độ chính xác của kết quả khảo sát phụ thuộc vào độ chính xác của các dữ liệu thu thập được.

Với các hệ truyền động như các hệ thống truyền lực của xe ô tô hai cầu, ba cầu, xe ủi, xe cẩu hoàn toàn có thể vận dụng để đánh giá độ tin cậy của chúng bởi các hệ truyền động của các đối tượng trên có kết cấu và nguyên lý hoạt động tương tự, đều là các hệ truyền động cơ có các phần tử lắp nối tiếp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyen Tien Khuong, 2020. Ung dung mo hinh Markov nghien cuu danh gia do tin cay cua he thong truyen luc xe tang. Master thesis, Military Technology Academy.

[2]. NY Yahyaev, AV Koroblin, 2009. *Fundamentals of reliability theory and diagnostics*. Moscow - 253 pages..

[3]. Trukhanov V.M., 1999. *Reliability in engineering*. M.: Mashinostroenie. 598 pages.

[4]. Malikov I. M., Polovko A. M., Romanov N. A., Chukreev P. A., 1986. *Fundamentals of the theory and calculation of reliability*. L.: Sudpromgiz, 250 pp.

[5]. Malikov I. M., Polovko A. M., Romanov N. A., Chukreev P. A. 1960. *Fundamentals of the theory and calculation of reliability*. Ed. 2nd, add. L .: Sudpromgiz, 144 pages.

[6]. Polovko A. M., Gurov S. V., 2006. *Fundamentals of the theory of reliability*. St. Petersburg: BHV Petersburg, - 702 pages.

AUTHOR INFORMATION

Nguyen The Manh

Le Quy Don Technical University