

NHẬN DẠNG THÔNG SỐ HỆ THỐNG TREO Ô TÔ

PARAMETER IDENTIFICATION OF AUTOMOTIVE SUSPENSION SYSTEM

ThS. Lê Trí Hoàn*, TS. Nguyễn Trung Kiên, ThS. Phạm Văn Trường

Khoa Công nghệ kỹ thuật ô tô, Trường Đại học Đại Nam

*Email: hoanlt@dainam.edu.vn

TÓM TẮT

Việc xác định các thông số của hệ thống treo là một vấn đề khó trong cả lý thuyết và thực nghiệm. Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu này sử dụng một phương pháp mới kết hợp giữa thực nghiệm và mô hình dao động của hệ thống treo xe để xây dựng hàm truyền của hệ thống. Dựa trên đặc tính hàm truyền dao động, công cụ MATLAB được áp dụng để xác định các thông số cơ bản của hệ thống treo. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng với các thông số hệ thống treo được xác định, đặc tính dao động của xe được thực hiện dựa trên mô phỏng và thực nghiệm rất tương đồng. Từ kết quả nghiên cứu này, có thêm một giải pháp đơn giản nhưng hiệu quả trong việc xác định các thông số động lực học của hệ thống treo cho các loại xe.

Từ khóa: Nhận dạng mô hình; Hệ thống treo; Mô hình động lực học ô tô; Độ cứng; Hệ số cản giảm chấn.

ABSTRACT

Determining the parameters of a suspension system is a challenging problem in both theoretical analysis and experimental study. To solve this issue, this study proposes a novel approach that integrates experimental data with a vibration model of the vehicle suspension system to establish its transfer function. Based on the characteristics of the vibration transfer function, MATLAB software is employed to identify the fundamental parameters of the suspension system. The results indicate that, using the identified suspension parameters, the vehicle's vibration characteristics obtained from simulation show strong agreement with experimental results. These findings provide an additional simple yet effective solution for determining the dynamic parameters of suspension systems across different types of vehicles.

Keywords: Model identification; Suspension system; Automotive dynamic model; Stiffness; Damping coefficient.



1. GIỚI THIỆU

Trong quá trình thiết kế, chế tạo một hệ thống treo để đáp ứng được những chỉ tiêu chất lượng trong quá trình làm việc thì các thông số thiết kế của hệ thống treo đóng vai trò quan trọng [1]. Phương pháp chủ yếu để nghiên cứu dao động của hệ thống treo cũng như đánh giá ảnh hưởng các thông số thiết kế của hệ thống treo đến hiệu quả dao động chủ yếu được xây dựng dựa trên phương pháp mô phỏng số [2].

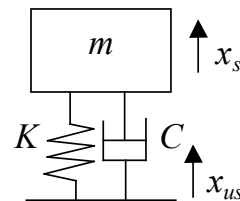
Trong nghiên cứu tối ưu và điều khiển hệ treo, mô hình dao động 1/4 của xe chủ yếu được áp dụng để tối ưu các thông số độ cứng và cản của hệ thống treo. Mô hình treo này không chỉ đơn giản mà còn có thể đánh giá được đặc tính dao động của ô tô cũng như ảnh hưởng của các thông số hệ thống treo đến độ êm dịu dao động [2]. Tuy nhiên, trong các nghiên cứu này, chúng ta chỉ có thể khảo sát được đặc tính của hệ thống treo, trong khi đó rất khó xác định được chính xác các thông số của hệ thống treo. Ngoài ra, việc thí nghiệm cũng gặp nhiều khó khăn do mô hình phức tạp của hệ thống treo xét cả khối lượng treo và không được treo [3].

Do đó, để dễ dàng xác định các thông số độ cứng và cản của hệ thống treo, nghiên cứu này đề xuất một mô hình 1/4 xe chỉ xem xét hệ thống treo và khối lượng không được treo để thực nghiệm và đo đạc các phản ứng dao động của hệ thống treo. Dựa trên các dữ liệu đo này, một mô hình toán của nó được thiết lập để tính toán hàm truyền dao động. Công cụ System Identification Toolbox trong MATLAB sau đó được áp dụng để tính toán nội suy ra các thông số vật lý của độ cứng và cản trong hệ thống treo dựa trên mô hình đơn giản của hệ thống [4], [5].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Xây dựng hàm truyền đáp ứng tần số của hệ thống

Vì hệ thống treo làm việc với các tác động lực bên ngoài vào có các tần số dao động khác nhau, chính vì thế, đáp ứng đối với tần số của hệ thống là một đánh giá rất quan trọng cần được xem xét khi thiết kế hệ thống.



Hình 1. Mô hình 1/4 tối giản

Để xây dựng hàm truyền đáp ứng tần số của hệ thống, ta cần giả thiết rằng các phần tử trong hệ thống treo là tuyến tính theo hình 1 (Mô hình hệ thống treo 1 khối lượng). Từ các phương trình chuyển động của mô hình, ta có thể xác định được hàm truyền của mô hình, từ các hàm truyền này ta có thể biết được đáp ứng tần số của hệ thống như thế nào. Trong trường hợp này, ta xây dựng hàm truyền đáp ứng của hệ thống với đầu vào là bánh xe và đầu ra của thân xe. Phương trình chuyển động của khối thân trên như sau:

$$m\ddot{x}_s + K(x_s - x_{us}) + C(\dot{x}_s - \dot{x}_{us}) = 0 \quad (1)$$

Gọi biến đổi Laplace của các biến $x_s(t)$, $x_{us}(t)$ lần lượt là $X_s(s)$, $X_{us}(s)$, từ phương trình (1) với ta có:

$$ms^2 X_s(s) = -K(X_s(s) - X_{us}(s)) - C(sX_s(s) - sX_{us}(s)) \quad (2)$$

Phương trình hàm truyền như sau:

$$G_{(us)} = \frac{X_s(s)}{X_{us}(s)} = \frac{Cs - K}{ms^2 + Cs + K} = \frac{\frac{C}{m}s - \frac{K}{m}}{s^2 + \frac{C}{m}s + \frac{K}{m}} = \frac{As - B}{s^2 + As + B} \quad (3)$$

Trong đó:

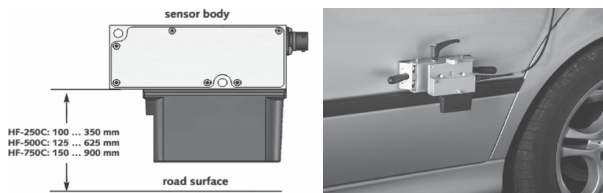
- $G_{(us)}$: Hàm truyền của hệ thống;
- C : Hệ số cản giảm chấn của bộ phận giảm chấn;
- K : Độ cứng của bộ phận đàn hồi;
- m : Khối lượng phần được treo.

2.2. Thí nghiệm xác định các thông số

Thí nghiệm được thực hiện trên xe con, xe được giả thiết di chuyển trên một gờ giảm tốc có kích thước 1000x350x50 mm như trong hình 2(a), và các thiết bị đo bao gồm bộ cảm biến đo gia tốc và dao động trong hình 2(b).



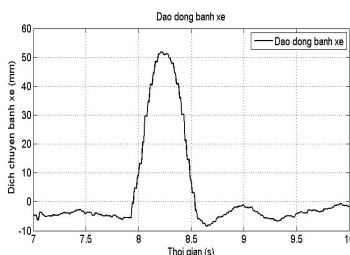
(a) Mấp mô



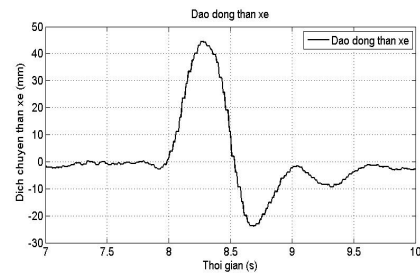
(b) Thiết bị đo

Hình 2. Mô hình thực nghiệm

Sau khi thực hiện quá trình đo đạc của xe di chuyển trên gờ mấp mô, hai tín hiệu đo được là dao động của bánh xe và dao động của thân xe dưới tác động của xung dao động gờ giảm tốc được thể hiện như hình 3.



(a) Dao động bánh xe



(b) Dao động thân xe

Hình 3. Kết quả thực nghiệm

Kết quả đo này sau đó được đưa vào công cụ System Identification Tool trong phần mềm Matlab và kết hợp hàm truyền của mô hình xe để xác định các thông số của hệ thống treo.

2.3. Xác định thông số của hệ thống treo

Như đã được định nghĩa trong hình 1, các thông số cần trong mô hình mô phỏng gồm: K và C . Hàm truyền của nó được tính toán trong phương trình (3). Dựa trên kết quả từ dữ liệu thực nghiệm trong hình 3, mô hình “Transfer Function Models” đạt xác suất cao nhất đã được chọn để tính toán hàm truyền này, ta được biểu thị hàm truyền như sau:

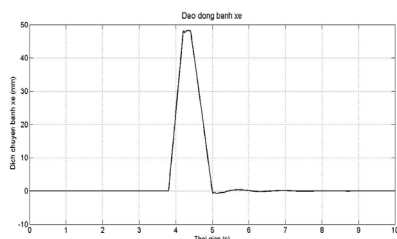
$$G_{\omega} = \frac{0,2426s + 0,0005079}{s^2 + 0,2307s + 0,006608} = \frac{0,2426s + 0,0005079}{s^2 + 0,2307s + 0,006608} \quad (4)$$

Bằng cách hợp nhất giữa phương trình (3) và (4), các thông số của hệ thống treo được xác định là $C = 588.33$ (Ns/m) và $K = 16316$ (N/m).

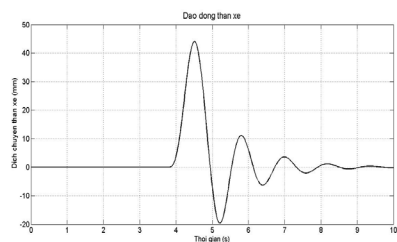
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Với các thông số của hệ thống treo gồm $C = 588.33$ (Ns/m) và $K = 16316$ (N/m) đã được xác định thông qua thực nghiệm. Dựa trên mô hình treo được thiết lập trên hình 1 với khối lượng phần được treo là $m_s = 352$ kg và giả thiết kích thích mặt đường là xung thang d

chiều cao 50 mm tác động trực tiếp như hình 4a, kết quả mô phỏng phản ứng dao động giữa dịch chuyển thân xe và bánh xe được hiển thị trên hình 4b.



(a) Dao động bánh xe



(b) Dao động thân xe

Hình 4. Dịch chuyển thân xe và bánh xe

Nhìn đồ thị hình 4 và so sánh với đồ thị hình 3 (đồ thị kết quả thực nghiệm so sánh dao động thực tế của bánh xe và thân xe khi thử ở trên đường), ta thấy cơ bản khá giống nhau. Điều này có thể khẳng định phương pháp xác định các thông số của mô hình mô phỏng thông qua phương pháp nhận dạng mô hình như trình bày ở trên là chính xác, có độ tin cậy cao.

4. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này đã được hai thông số C và K của hệ thống treo trên ô tô mà không cần phải tháo rời các bộ phận của hệ thống treo để đo đạc trực tiếp.

Kết quả tính toán được sẽ được đưa vào mô hình xác định dao động bằng phần mềm MATLAB, tương đối chính xác so với kết quả đo thực tế trên xe ô tô.

Từ đó có thể khẳng định đây là một phương pháp để xác định thông số của hệ thống treo trên các xe ô tô. ❖

Ngày nhận bài: **22/4/2026**

Ngày phản biện: **04/5/2026**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. R. K. S. Gupta, V. Sonawane, and D. S. S. Sudhakar, "Optimization of vehicle suspension system using genetic algorithm". International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), vol. 6, no. 2, pp. 47-55, Feb. 2015.
- [2]. R. Rajamani, "Vehicle Dynamics and Control". Springer, 2012.
- [3]. S. M. Savaresi et al., "Active suspension systems: a survey on control design techniques". Vehicle System Dynamics, 2010.
- [4]. Lennart Ljung (2015), "System Identification Toolbox™ User's Guide". Online only, ©COPYRIGHT 1988-2015 by The MathWorks, 904 pages.
- [5]. Joanna Iwaniec (2013), "Identification of car Suspension system Parameters on the basis of Exploietational Measurements". Diagnostyka, Vol. 14, No. 2.