

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC ĐẾN DAO ĐỘNG CỦA Ô TÔ TOYOTA VIOS 1.5G KHI QUA GỜ GIẢM TỐC

STUDY ON THE EFFECTS OF SPEED TO OSCILLATION OF TOYOTA VIOS 1.5G WHILE OVER SPEED HUMPS

NGUYỄN THANH TÙNG*, KHÁU TẤN PHÁT, NGUYỄN HOÀNG NHÂN

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

*Email liên hệ: tungnt@vlute.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc đến dao động của ô tô Toyota Vios 1.5G khi qua gờ giảm tốc. Tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS và phương trình Newton-Euler để thiết lập hệ phương trình động lực học ô tô Toyota Vios 1.5G. Sử dụng phần mềm Matlab-simulink để khảo sát ảnh hưởng của vận tốc đến dao động của ô tô Toyota Vios 1.5G khi qua gờ giảm tốc. Kết quả nghiên cứu cho thấy, để đảm bảo độ êm dịu chuyển động, an toàn động lực học và tuổi thọ ô tô thì khi ô tô Toyota Vios 1.5G chạy qua gờ giảm tốc có chiều cao 0.06m và chiều dài mấp mô 2,5m thì tốc độ chuyển động của ô tô phải nhỏ hơn 40km/h.

Từ khóa: Dao động ô tô, êm dịu chuyển động, gờ giảm tốc, mấp mô đơn hình sin.

Abstract

The article presents the results of research on the influence of speed on the vibration of Toyota Vios 1.5G cars when passing the speed humps. The author uses the method of separating the structure of the MBS system and the Newton-Euler equation to establish the Toyota Vios 1.5G car dynamics equation system. Using Matlab-simulink software to investigate the effect of speed on vibration of Toyota Vios 1.5G car when passing speed humps. The research results show that, in order to ensure the smoothness of movement, dynamic safety and car life, when the Toyota Vios 1.5G car runs through the speed bump with a height of 0.06m and a bumpy length of 2.5m, then the speed of the car must be less than 40km/h.

Keywords: Car oscillation, smooth motion, speed bump, simple sinusoidal bump.

1. Đặt vấn đề

Khi ô tô chạy vào khu vực đông dân cư hoặc qua các giao lộ thì cần giảm tốc độ để đảm bảo an toàn

giao thông. Do đó, tại các giao lộ hay bắt đầu vào khu đông dân cư người ta thường lắp các gờ giảm tốc dưới đường để cảnh báo cho lái xe giảm tốc độ nhằm giảm thiểu tối đa tai nạn giao thông. Khi xe chuyển động qua gờ giảm tốc với các tốc độ khác nhau thì dao động thay đổi liên tục, có thể dẫn đến mất ổn định chuyển động do xảy ra hiện tượng trượt quay bánh xe và độ êm dịu chuyển động vượt quá ngưỡng chịu đựng của con người. Vì vậy, tác giả xây dựng mô hình động lực học và khảo sát dao động ô tô Toyota Vios 1.5G để xác định mức độ ảnh hưởng của tốc độ chuyển động đến dao động và độ êm dịu của ô tô Vios 1.5G. Từ đó đưa ra lời khuyên cho người sử dụng lựa chọn vận tốc phù hợp nhất khi chạy qua gờ giảm tốc để đảm bảo tuổi thọ của ô tô và độ êm dịu cho hành khách. Bài báo sử dụng tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 để đánh giá dao động và độ êm dịu chuyển động của ô tô. Theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 thì có thể sử dụng tiêu chí gia tốc thẳng đứng cực đại $\ddot{z}_{s,max}$ và tiêu chí bình phương gia tốc trung bình $\ddot{z}_{s,ib}$ để đánh giá dao động và độ êm dịu chuyển động của ô tô, cụ thể như sau:

$$\ddot{z}_{s,max} \leq 1,6m/s^2 \text{ và } \ddot{z}_{s,ib} \leq 0,16m/s^2 \text{ rất êm dịu.}$$

$$1,6m/s^2 < \ddot{z}_{s,max} \leq 3,15m/s^2 \text{ và } 0,16m/s^2 < \ddot{z}_{s,ib} \leq 0,315m/s^2 \text{ êm dịu.}$$

$$3,15m/s^2 < \ddot{z}_{s,max} \leq 6,3m/s^2 \text{ và } 0,315m/s^2 <$$

$$\ddot{z}_{s,ib} \leq 0,63m/s^2 \text{ ngưỡng chịu đựng.}$$

$$\ddot{z}_{s,max} > 6,3m/s^2 \text{ và } \ddot{z}_{s,ib} > 0,63m/s^2 \text{ quá mức chịu đựng.}$$

2. Mô hình động lực học

Để nghiên cứu dao động ô tô Toyota Vios 1.5G, tác giả xây dựng mô hình không gian mô tả động lực học ô tô như Hình 1.

Ô tô Toyota Vios 1.5G là hệ nhiều vật có cấu trúc phức tạp gồm khối lượng được treo và khối lượng không được treo nối với nhau qua hệ thống treo nhíp,

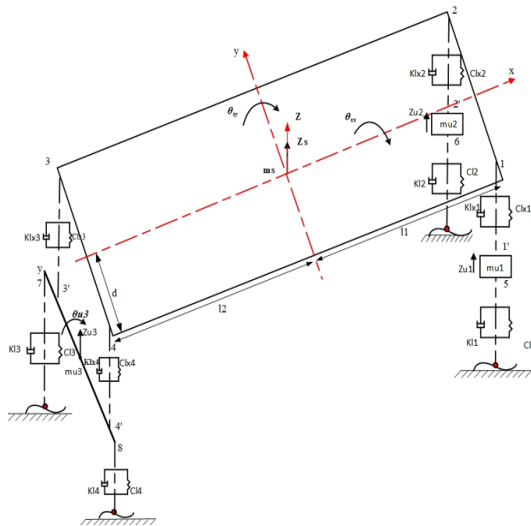
được mô tả bằng các nội lực hệ thống treo là các hàm phi tuyến. Tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS để thiết lập mô hình động lực học ô tô Toyota Vios 1.5G. Bài báo này chia ô tô 1.5G thành 4 vật (khối lượng) cơ bản như sau:

(i) Khối lượng được treo của ô tô (m_s) có 3 chuyển động gồm chuyển động tịnh tiến theo phương Z là (Z_s), chuyển động xoay quanh trục X một góc là (θ_{sx}), chuyển động xoay quanh trục Y một góc là (θ_{sy});

(ii) Khối lượng không được treo cầu trước bên phải (m_{u1}) chuyển động tịnh tiến theo phương Z là Z_{u1} ;

(iii) Khối lượng không được treo cầu trước bên trái (m_{u2}) chuyển động tịnh tiến theo phương Z là Z_{u2} ;

(iv) Khối lượng không được treo cầu sau (m_{u3}) chuyển động tịnh tiến theo phương Z là Z_{u3} và chuyển động xoay quanh trục x một góc là (θ_{u3}).



Hình 1. Mô hình động lực học ô tô Toyota Vios 1.5G

Tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc và phương trình Newton-Euler để thiết lập hệ phương trình dao động ô tô gồm 7 phương trình như sau:

Phương trình chuyển động tịnh tiến của khối lượng được treo theo phương thẳng đứng z:

$$m_s \ddot{Z}_s = -K_{Lx1}(2\ddot{Z}_s + 2\dot{\theta}_{sy}l_1 - \dot{Z}_{u1} - \dot{Z}_{u2}) - C_{Lx1}(2\dot{Z}_s + 2\theta_{sy}l_1 - Z_{u1} - Z_{u2}) - K_{Lx2}(2\ddot{Z}_s - 2\dot{\theta}_{sy}l_2 - 2\dot{Z}_{u3}) - C_{Lx2}(2\dot{Z}_s - 2\theta_{sy}l_2 - 2Z_{u3}) \quad (1)$$

Phương trình chuyển động quay của khối lượng được treo quanh trục y (góc lắc dọc của thân xe) là:

$$J_{sy} \ddot{\theta}_{sy} = -K_{Lx1}l_1(2\ddot{Z}_s + 2\dot{\theta}_{sy}l_1 - \dot{Z}_{u1} - \dot{Z}_{u2}) - C_{Lx1}l_1(2\dot{Z}_s + 2\theta_{sy}l_1 - Z_{u1} - Z_{u2}) + K_{Lx2}l_2(2\ddot{Z}_s - 2\dot{\theta}_{sy}l_2 - 2\dot{Z}_{u3}) + C_{Lx2}l_2(2\dot{Z}_s - 2\theta_{sy}l_2 - 2Z_{u3}) \quad (2)$$

Phương trình chuyển động quay của khối lượng được treo quanh trục x (góc lắc ngang của thân xe) là:

$$J_{sx} \ddot{\theta}_{sx} = -K_{Lx1}d(2\dot{\theta}_{sx}d - \dot{Z}_{u1} + \dot{Z}_{u2}) - C_{Lx1}d(2\theta_{sx}d - Z_{u1} + Z_{u2}) - K_{Lx2}d(2\dot{\theta}_{sx}d) - C_{Lx2}d(2\theta_{sx}d) \quad (3)$$

Phương trình chuyển động tịnh tiến theo phương thẳng đứng của khối lượng không được treo cầu trước độc lập bên phải là:

$$m_{u1} \ddot{Z}_{u1} = -K_{Lx1}(\dot{Z}_{u1} - \dot{Z}_s - \dot{\theta}_{sy}l_1 - \dot{\theta}_{sx}d) - C_{Lx1}(Z_{u1} - Z_s - \theta_{sy}l_1 - \theta_{sx}d) - K_{L1}(\dot{Z}_{u1} - \dot{h}_{11}) - C_{L1}(Z_{u1} - h_{11}) \quad (4)$$

Phương trình chuyển động tịnh tiến theo phương thẳng đứng của khối lượng không được treo cầu trước độc lập bên trái là:

$$m_{u2} \ddot{Z}_{u2} = -K_{Lx1}(\dot{Z}_{u2} - \dot{Z}_s - \dot{\theta}_{sy}l_1 + \dot{\theta}_{sx}d) - C_{Lx1}(Z_{u2} - Z_s - \theta_{sy}l_1 + \theta_{sx}d) - K_{L1}(\dot{Z}_{u2} - \dot{h}_{12}) - C_{L1}(Z_{u2} - h_{12}) \quad (5)$$

Phương trình chuyển động tịnh tiến theo phương thẳng đứng của khối lượng không được treo cầu sau phụ thuộc là:

$$m_{u3} \ddot{Z}_{u3} = -2K_{Lx2}(\dot{Z}_{u3} - \dot{Z}_s + \dot{\theta}_{sy}l_2) - 2C_{Lx2}(Z_{u3} - Z_s + \theta_{sy}l_2) - K_{L2}(\dot{Z}_{u3} - \dot{h}_{21} - \dot{h}_{22}) + C_{L2}(Z_{u3} - h_{21}) \quad (6)$$

Bảng 1. Thông số khảo sát

| Tên gọi | Ký hiệu | Đơn vị | Giá trị |
|---|------------------------|------------------|------------------|
| Khối lượng được treo | m_s | kg | 1100 |
| Moment quán tính khối lượng được treo quanh trục x | J_{sx} | kgm ² | 606,1 |
| Moment quán tính khối lượng được treo quanh trục y | J_{sy} | kgm ² | 4192 |
| Khối lượng không được treo cầu trước | m_{u1} m_{u2} | kg | 90 90 |
| Khối lượng không được treo cầu sau | m_{u3} | kg | 180 |
| Độ cứng bộ phận đàn hồi phía trước và phía sau | C_{Lx1} C_{Lx2} | N/m | 16000 16000 |
| Độ cứng của lớp phía trước và phía sau | C_{L1} C_{L2} | N/m | 160000 160000 |
| Hệ số cản giảm chấn phía trước và phía sau | K_{Lx1} K_{Lx2} | Ns/m | 910 910 |
| Hệ số cản lớp phía trước và phía sau | K_{L1} | Ns/m | 14000 14000 |
| Khoảng cách hai điểm liên kết bánh xe trái, phải | B | m | 1.475 |
| Khoảng cách từ tâm khối lượng được treo đến tâm điểm chịu lực trước và phía sau | l_1 l_2 | m | 1,7 0,845 |

Phương trình chuyển động lắc của khối lượng không được treo cầu sau ô tô quanh trục x (góc lắc ngang của cầu sau ô tô) là:

$$J_{u_3} \ddot{\theta}_{u_3} = -2K_{Lx2} d^2 (\theta_{u_3} - \theta_{s_x}) - 2C_{Lx2} d^2 (\dot{\theta}_{u_3} - \dot{\theta}_{s_x}) \quad (7)$$

$$-K_{L2} B(2\dot{\theta}_{u_3} B - \dot{h}_{21} + \dot{h}_{22}) - C_{L2} B(2\dot{\theta}_{u_3} B - \dot{h}_{21} + \dot{h}_{22})$$

3. Kết quả khảo sát

Tác giả sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát dao động của ô tô Toyota Vios 1.5G. Sử dụng mấp mô đơn dạng sin làm hàm đầu vào cho mô hình khảo sát như Hình 2. Mấp mô lệch pha giữa 2 bên có kết cấu đơn giản, được sử dụng khá phổ biến, chiều cao của mấp mô được tính theo công thức sau:

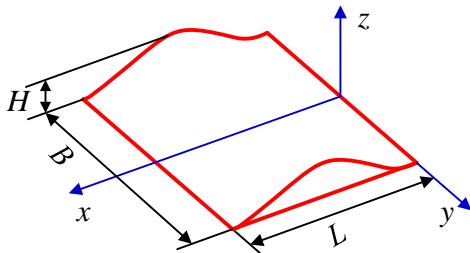
$$h(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} H \left(1 - \cos\left(2\pi \frac{x}{L} \right) \right) & \text{khi } 0 < x < L \\ 0 & \text{khi } x \leq 0, x \geq L \end{cases} \quad (8)$$

Với vận tốc không đổi của xe là v thì chiều cao mấp mô theo thời gian được tính theo công thức:

$$h(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} H \left(1 - \cos\left(2\pi \frac{vt}{L} \right) \right) & \text{khi } 0 < vt < L \\ 0 & \text{khi } vt \leq 0, vt \geq L \end{cases} \quad (9)$$

Trong đó:

- H - chiều cao mấp mô cực đại (m);
- L - chiều dài mấp mô (m);
- v - vận tốc chuyển động của xe (m/s);
- t - thời gian qua mấp mô (s).

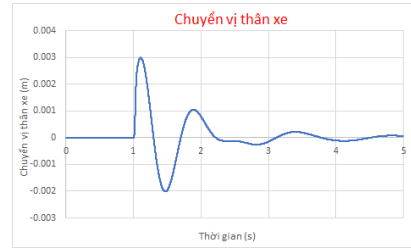


Hình 2. Mấp mô đơn dạng sin

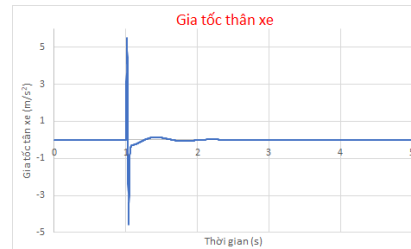
Hình 3 đến Hình 6 là đồ thị chuyển vị thẳng đứng của thân xe, gia tốc thẳng đứng thân xe, góc lắc dọc thân xe, góc lắc ngang thân xe khi ô tô chạy qua mấp mô hình sin có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m ở vận tốc 40km/h.

Từ Hình 4 ta thấy khi ô tô đi mấp mô lệch pha giữa 2 bên có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m với vận tốc khảo sát 40km/h thì gia tốc cực đại $\ddot{Z}_{s,max} = 5.5m/s^2 < 6.3m/s^2$ và bình phương gia tốc trung bình $\ddot{Z}_{s,tb} = 0.3m/s^2 < 0,315m/s^2$ nên ô tô làm

việc đảm bảo độ êm dịu chuyển động, không gây mệt mỏi cho người ngồi trên xe và đảm bảo tuổi thọ ô tô [4].



Hình 3. Chuyển vị thân xe Z_s khi $V=40km/h$



Hình 4. Gia tốc thân xe \ddot{Z}_s khi $V=40km/h$



Hình 5. Góc lắc dọc thân xe θ_{sy} khi $V=40km/h$



Hình 6. Góc lắc ngang thân xe θ_{sx} khi $V=40km/h$

Hình 7 đến Hình 10 là đồ thị chuyển vị thẳng đứng của thân xe, gia tốc thẳng đứng thân xe, góc lắc dọc thân xe, góc lắc ngang thân xe khi ô tô đi qua mấp mô hình sin có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m với vận tốc khảo sát 60km/h.

Quan sát Hình 8 ta thấy khi ô tô đi qua mấp mô hình sin có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m với vận tốc khảo sát 60km/h thì gia tốc cực đại và bình phương gia tốc trung bình nên dao động của ô tô vượt quá giới hạn cho phép đánh giá về độ êm dịu chuyển động và hư hỏng xe khi đi qua mấp mô trên [4].



Hình 7. Chuyển vị thân xe Z_s khi $V=60\text{km/h}$



Hình 8. Gia tốc thân xe \ddot{z}_s khi $V=60\text{km/h}$



Hình 9. Góc lắc dọc thân xe θ_{sy} khi $V=60\text{km/h}$



Hình 10. Góc lắc ngang thân xe θ_{sx} khi $V=60\text{km/h}$

Hình 11 đến Hình 14 là đồ thị chuyển vị thẳng đứng của thân xe, gia tốc thẳng đứng thân xe, góc lắc dọc thân xe, góc lắc ngang thân xe khi ô tô đi qua mấp mô hình sin có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m với vận tốc khảo sát 80km/h.

Theo Hình 12 ta thấy khi ô tô đi qua mấp mô lệch pha giữa 2 bên có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m với vận tốc khảo sát 60km/h thì gia tốc cực đại và bình phương gia tốc trung bình nên dao động của ô tô vượt quá giới hạn cho phép đánh giá về độ êm dịu chuyển động và hư hỏng xe khi đi qua mấp mô này [4].



Hình 11. Chuyển vị thân xe Z_s khi $V=80\text{km/h}$



Hình 12. Gia tốc thân xe \ddot{z}_s khi $V=80\text{km/h}$



Hình 13. Góc lắc dọc thân xe θ_{sy} khi $V=80\text{km/h}$



Hình 14. Góc lắc ngang thân xe θ_{sx} khi $V=80\text{km/h}$

4. Kết luận

Để đảm bảo độ êm dịu chuyển động, an toàn động lực học và tuổi thọ của ô tô Toyota Vios 1.5G thì khi lái ô tô mấp mô lệch pha giữa 2 bên có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m tài xế phải cho xe chạy chậm ở tốc độ từ 40km/h trở lại. Nếu chạy qua mấp mô lệch pha giữa 2 bên có chiều cao 0,06m, chiều dài mấp mô 2,5m ở tốc độ trên 40km/h thì ô tô sẽ dao động mạnh vượt quá giới hạn cho phép và khả năng chịu đựng của con người, ô tô không đảm bảo an toàn chuyển động và tuổi thọ của ô tô sẽ giảm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Văn Hường và các tác giả, *Động lực học ô tô*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2014.
- [2] Trần Thanh An, *Nghiên cứu tối ưu các thông số hệ thống treo ô tô*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2012.
- [3] Nguyễn Quốc Cường, *Nghiên cứu khảo sát dao động của xe con trên các biên dạng đường khác nhau*, Luận văn Thạc Sĩ, Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, 2018.
- [4] ISO 2631-1:1997, *Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements vibration*, 1997.
- [5] Wuwei Chen, *Integrated vehicle dynamic and control*, John Wiley & Sons, Singapore, 2016.
- [6] Reza N. Jazar (2017), *Vehicle dynamics theory and application*, Springer Switzerland.
- [7] P. Sundström, M. Jonasson, J. Andreasson, A. Stensson Trigell, and B. Jacobsson, - *Path and control optimisation for over-actuated vehicles in two safety - critical maneuvers*, in 10th Int. Symp. on Advanced Vehicle Control (AVEC), (Loughborough, United Kingdom), 2010.
- [8] J. Andreasson, - *Enhancing active safety by extending controllability - How much can be gained?*, in IEEE Intelligent Vehicles Symp., (Xi'an, Shaanxi, China), pp.658-662, June 2009.
- [9] H. B. Pacejka, *Tyre and Vehicle Dynamics*. Oxford, United Kingdom: ButterworthHeinemann, second ed., 2006.
- [10] U. Kiencke and L. Nielsen, *Automotive Control Systems-For Engine, Driveline and Vehicle*. Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, second ed., 2005.
- [11] K. Berntorp, -*Derivation of a six degrees-of-freedom ground - vehicle model for automotive applications, Technical Report ISRN LUTFD2/TFRT--7627--SE*, Department of Automatic Control, Lund University, Sweden, Feb. 2013.

| | |
|--------------------|-----------|
| Ngày nhận bài: | 11/6/2021 |
| Ngày nhận bản sửa: | 05/8/2021 |
| Ngày duyệt đăng: | 15/8/2021 |