

MÔ PHỎNG VÀ TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM CÁC THÔNG SỐ CỦA HỆ THỐNG TREO TÍCH CỰC TRÊN Ô TÔ HIỆN ĐẠI

SIMULATION AND CALCULATION OF TESTING THE PARAMETERS OF THE ACTIVE SUSPENSION SYSTEM ON MODERN CARS

Đậu Đức Tính¹, Hà Mạnh Thi¹, Nguyễn Văn Nguyên¹,
Nguyễn Hoàng Sơn², Vũ Hải Quân^{3,*}

TÓM TẮT

Bài báo tiến hành xây dựng mô hình toán học của hệ thống treo bán tích cực. Nghiên cứu xây dựng quy luật điều khiển hệ số nhớt trong quá trình chuyển động của bộ giảm chấn sử dụng dầu từ trường đồng thời phân tích số lượng cảm biến cần thiết để điều khiển hệ số nhớt ma sát. Xác định giá trị của hệ số nhớt ma sát, trong trường hợp không phát sinh dao động của phần khối lượng được treo của xe ô tô.

Từ khóa: Treo tích cực, giảm chấn, hệ số nhớt, mô hình toán học.

ABSTRACT

The article proceeds to construct the mathematical model of semi-active suspension system. Study on the regulation of viscosity coefficient of damping and analysis of the number of sensors needed to control friction coefficient. Determine the value of the lubricant viscosity coefficient, in the absence of oscillation of the suspended mass of the car.

Keywords: Semi-active suspension, damping, viscosity coefficient, mathematical model.

¹Lớp Ô tô 2 - K10, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Lớp Ô tô 1 - K11, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: vuhaiquanhv@yahoo.com.vn

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, trong ngành công nghiệp chế tạo ô tô có thể bắt gặp một số lượng lớn các loại kết cấu khác nhau của hệ thống treo. Nguyên lý làm việc chung của hệ thống treo về cơ bản dựa trên quá trình chuyển đổi năng lượng của các lực tác động lên xe khi di chuyển trên các mặt đường không bằng phẳng thành chuyển động dịch chuyển của các phần tử đàn hồi của hệ thống treo, qua đó lực tác động được truyền tới thùng xe sẽ giảm và làm tăng tính êm dịu của xe khi di chuyển trên đường.

Nhưng hệ thống treo hiện nay chỉ phần nào đó đáp ứng nhu cầu đặt ra, cụ thể là nó không đảm bảo đồng thời cả hai chỉ tiêu: Độ êm dịu và tính an toàn chuyển động. Trong trường hợp lò xo mềm làm tăng sự thoải mái, nhưng do sự dịch chuyển trọng tâm của xe giảm sự ổn định và an toàn của chuyển động và ngược lại.

Để thỏa mãn cả hai chỉ tiêu trên phù hợp với các đặc tính của đường và vị trí khung vỏ xe người ta đã thiết kế ra hệ thống treo điều khiển tự động đó chính là hệ thống treo tích cực. Hệ thống treo này có thể thay đổi các thông số trong quá trình làm việc một cách tự động để có thể dập tắt dao động phù hợp với biên dạng đường.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu về hệ thống treo bán tích cực và đặc tính của chất lỏng dầu từ trường chưa được đề cập đến nhiều. Để nắm vững xu thế phát triển công nghệ, thông qua việc thu thập tài liệu, nhóm nghiên cứu đề xuất phương án điều khiển hệ số nhớt của chất lỏng Magne Ride sử dụng trong bộ giảm chấn để có thể hiểu thêm về quá trình điều khiển cũng như lợi ích mà hệ thống treo này mang lại từ đó đề xuất cho tương lai.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA HỆ THỐNG TREO SỬ DỤNG BỘ GIẢM CHẤN DÙNG DẦU TỪ TRƯỜNG

Nhược điểm của các hệ thống điều khiển treo truyền thống như: tốc độ phản ứng của cơ cấu chấp hành thấp, các đặc tính bị cố định, độ êm dịu không cao... cho thấy rằng mức độ cấp thiết của việc thiết kế ra hệ thống hệ thống treo có điều khiển mới là cần thiết, trong đó hệ thống treo sử dụng bộ giảm chấn dùng dầu từ trường là một trong số đó. Đối tượng làm việc của bộ giảm chấn này là chất lỏng từ tính (Magne Ride - MR).

Thành phần của chất lỏng MR gồm có 20 - 40% hạt sắt lơ lửng trong dung dịch dầu khoáng chất, dầu tổng hợp, nước và glycol.



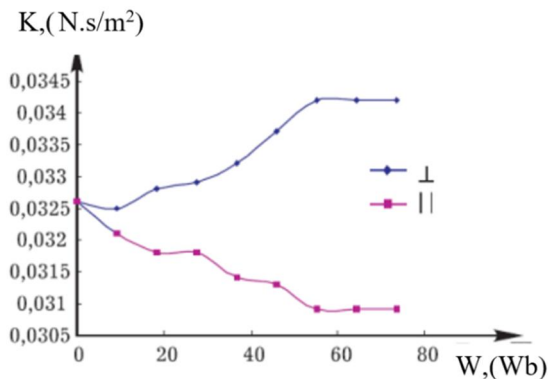
Hình 1. Chất lỏng MR khi chưa có từ trường và khi có từ trường tác động

Khi không có từ trường tác dụng vào thì chất lỏng MR hoạt động như một loại dầu thông thường, các hạt sắt chuyển động tự do bên trong chất lỏng, hệ số cản thấp. Khi tiếp xúc với từ trường, các hạt sắt sẽ sắp xếp lại một cách có trật tự theo đường sức từ của từ trường, lúc này làm

cho độ nhớt của chất lỏng thay đổi theo hướng tăng lên và rồi đông rắn hoàn toàn.

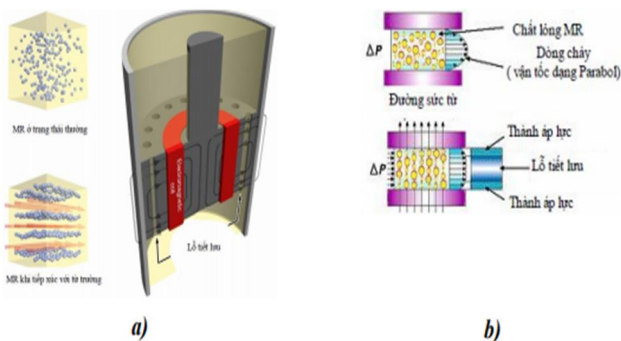
Hệ thống này cũng không khác nhiều so với hệ thống treo truyền thống, việc thay thế chất lỏng trong giảm chấn bằng chất lỏng từ tính có điều khiển là khác biệt lớn nhất so với treo truyền thống. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng chất lỏng này chịu ảnh hưởng của từ trường và sẽ làm thay đổi độ nhớt của chúng.

Độ nhớt của chất lỏng đó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: thành phần hóa học; mật độ; nhiệt độ,... và được đặc trưng bởi hệ số độ nhớt và được xác định bằng thực nghiệm.



Hình 2. Sự phụ thuộc của độ nhớt vào cảm ứng từ của từ trường

Dưới tác động của từ trường, độ nhớt của chất lỏng từ tính thay đổi phụ thuộc vào hai yếu tố: theo hướng và giá trị của các đường cảm ứng từ. Đặc biệt, khi các đường cảm ứng từ trường của được hướng dọc theo dòng chảy của một chất lỏng độ nhớt sẽ giảm, khi vuông góc với nó độ nhớt sẽ tăng.



Hình 3. Nguyên lý làm việc của MR trong giảm chấn

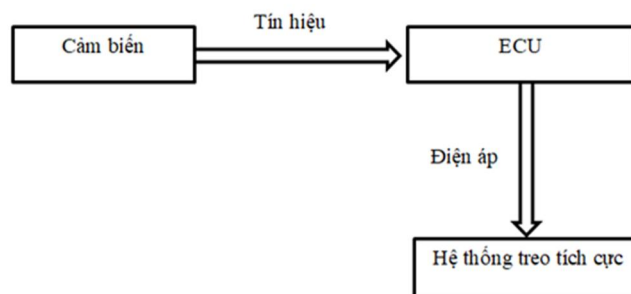
Nguyên lý hoạt động của bộ giảm:

Loại chất lỏng từ trường này được sử dụng bên trong hệ thống giảm chấn điện tử thông minh thay đổi theo thời gian và tùy vào thời điểm.

Các cảm biến liên tục giám sát độ dịch chuyển thân xe, chế độ lái của ô tô sau đó gửi tín hiệu về ECU, ECU sẽ phân tích, xử lý thông tin và truyền các tín hiệu dòng điện tới các nam châm điện trường đặt bên trong ống giảm chấn, có tác dụng kích thích các hạt điện từ, khiến chất lỏng MR có thể đặc lại hay loãng ra, từ đó điều khiển sự lưu thông, điều khiển sự cứng mềm của giảm chấn để phù hợp với điều kiện đường.

Khi tiếp xúc với từ trường, các hạt có kích thước micro phân tán hỗn loạn trong chất lỏng sẽ sắp xếp lại một cách có trật tự theo đường sức từ của từ trường, lúc này độ nhớt của chất lỏng thay đổi là nguyên nhân làm thay đổi áp lực của dòng chất lỏng lên lò tiết lưu.

Hiểu một cách khái quát thì độ nhớt của chất lỏng MR là hàm của cường độ dòng điện. Các tín hiệu dòng điện này được truyền đi từ ECU của hệ thống treo sau khi đã phân tích các tín hiệu từ các cảm biến khác.

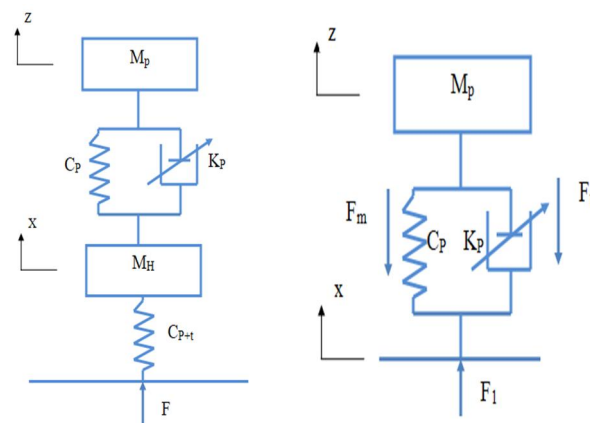


Hình 4. Quá trình điều khiển

3. MÔ HÌNH TOÁN VÀ QUY LUẬT ĐIỀU KHIỂN HỆ SỐ NHỚT CỦA HỆ THỐNG TREO TÍCH CỰC

3.1. Mô hình toán của hệ thống treo tích cực

Giả thiết bản thân của hệ thống treo cũng là một mối liên kết, được tạo thành từ phần tử đàn hồi và giảm chấn được kết nối song song với nhau. Để xác định các thông số chuyển động của các chi tiết của hệ thống treo hợp lý nhất là sử dụng đặc tính về lực chứ không phải đặc tính động học của hệ thống treo.



Hình 5. Mô hình toán của hệ thống treo

Giả thiết mặt đường và lớp là các chủ thể cứng hoàn toàn, khi đó chúng ta không cần tính thông số độ cứng của lớp C_{p+t} . Chia hệ thống thành hai phần, một phần bị loại bỏ và thay thế bằng giá trị F_1 , như trên hình 5.

Phương trình chuyển động của hệ thống là:

$$M_p \cdot \ddot{z} = -M_p \cdot g - C_p \cdot (x - z) - K_p \cdot (\dot{x} - \dot{z}) + F_1$$

Vì nhiệm vụ chính là đảm bảo rằng phần khối lượng được treo không di chuyển, biến đổi phương trình trên ta có:

$$M_p \cdot g = -C_p \cdot x - K_p \cdot \dot{x} + F_1$$

Lực F_1 bằng tổng các lực tác động lên lớp xe, truyền từ phần khối lượng không được treo của ô tô lên trên và được xác định theo công thức:

$$M_H \cdot \ddot{x} = F_1$$

Khi xe di chuyển qua chướng ngại vật, trọng lượng phân bố lên phần khối lượng được treo của một bánh xe sẽ thay đổi theo vào thời gian di chuyển: $M_p = M_p(t)$

Từ các công thức trên ta có công thức sự phụ thuộc hệ số ma sát nhất tới thời gian:

$$K_p(t) = \frac{-M_p(t) \cdot g - C_p \cdot x + M_H \cdot \ddot{x}}{\ddot{x}} \quad (1)$$

3.2. Tính toán xác định hệ số nhớt ma sát cho trường hợp cụ thể

Giả thiết biên dạng đường hình sin với vận tốc di chuyển của xe ô tô là 30km/h.

$$x(t) = A \cdot \sin \omega t$$

Dữ liệu đầu vào: $M_p = 325\text{kg}$; $M_H = 1/15 \cdot M_p = 21\text{kg}$; $C_p = 15 \cdot 10^3 \text{N/m}$.

Thực tế, phần tải trọng động phân bố lên phần khối lượng được treo của xe ô tô khi di chuyển qua chướng ngại vật chưa được xác định, vì vậy sẽ xem xét các trường hợp có thể xảy ra như sau:

Trường hợp 1: Trong trường hợp phân bố đều phần khối lượng đó sẽ bằng 1/4 khối lượng treo M_p của cả xe ô tô. Trường hợp khi lò xo bị nén tới cực đại, ta có phương trình:

$$M_p(x) = M_p / (X_{max} - X_{cb}) \cdot x + M_p$$

X_{max} - Chiều dài lò xo bị nén lại cực đại, từ vị trí ban đầu khi không có tải trọng tác động lên, ví dụ: lò xo thép có 9 vòng $d = 9,5\text{mm}$, $D = 95\text{mm}$, thì giá trị này bằng 0,68m.

X_{cb} - Chiều dài của lò xo khi xe ô tô ở trạng thái tĩnh, sẽ bằng $M_p \cdot g / C_p = 0,21\text{m}$, khi đó:

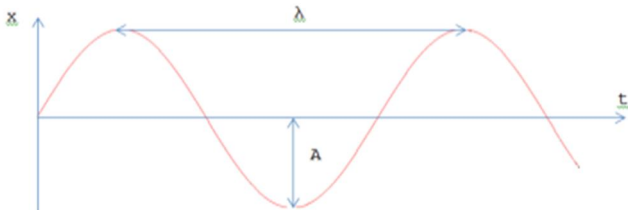
$$M_p(x) = M_p / 0,47 \cdot x + M_p$$

$$M_p(x) = 691 \cdot x + 325$$

Trường hợp 2: Khi xe vượt qua chướng ngại vật bằng một bánh xe, tải trọng phân bố lên phần khối lượng được treo của một bánh xe lên cao nhất bằng 1/3 tải trọng của phần khối lượng được treo M_p của toàn xe.

Trong trường hợp này quy luật phân bố tải trọng theo đường thẳng phụ thuộc vào thời gian sẽ có dạng sau:

$$M_p(x) = 159 \cdot x + 325$$



Hình 6. Đồ thị biên dạng đường theo kiểu hình sin

$$2\pi/\lambda = \omega/v$$

Trong đó: ω - tần số dao động cần thiết của trọng tâm bánh xe

λ - chiều dài gợn sóng của biên dạng đường

v - vận tốc di chuyển của xe.

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\dot{x}(t) = \omega \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$\ddot{x}(t) = -\omega^2 \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

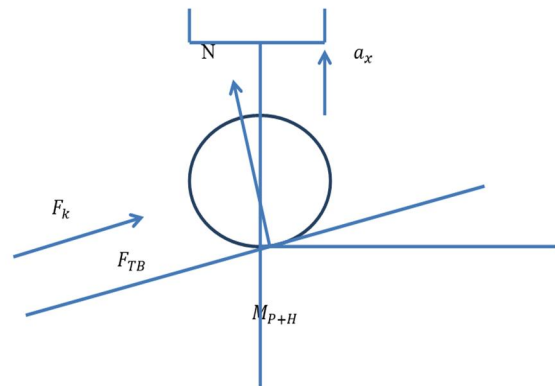
Lựa chọn giá trị: $A = 0,1\text{m}$; $\lambda = 1\text{m}$; $v = 30\text{km/h} = 8,3\text{m/s}$, ta có phương trình sau:

$$x(t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi v}{\lambda} \cdot t\right) = 0,1 \cdot \sin(52 \cdot t)$$

$$\dot{x}(t) = \frac{2\pi v}{\lambda} \cdot A \cdot \cos\left(\frac{2\pi v}{\lambda} \cdot t\right) = 5,2 \cdot \cos(52 \cdot t)$$

$$\ddot{x}(t) = -\left(\frac{2\pi v}{\lambda}\right)^2 \cdot A \cdot \sin\left(\frac{2\pi v}{\lambda} \cdot t\right) = -270 \cdot \sin(52 \cdot t)$$

Cần xác định sự phụ thuộc của a_x tới các thông số khác của xe ô tô.



Hình 7. Sơ đồ chuyển động của xe khi lên dốc

$$(M_p(t) + M_H) \cdot \dot{x} = N \cdot \cos a + F_k \cdot \sin a - F_{TB} \cdot \sin a - (M_p(t) + M_H) \cdot g$$

$$N = (M_p(t) + M_H) \cdot g \cdot \cos a$$

$$(M_p(t) + M_H) \cdot g \cdot \cos a + F_k \cdot \sin a - \mu \cdot (M_p(t) + M_H) \cdot g \cdot \cos a \cdot \sin a$$

$$\ddot{x} = \frac{- (M_p(t) + M_H) \cdot g}{(M_p(t) + M_H)}$$

μ - Hệ số cản lăn, để tính toán ta chọn giá trị bằng 0,6 trong trường hợp này.

F_k - Lực kéo động làm cho xe ô tô chuyển động.

$$F_k = N_{dc} \cdot 735/v$$

Trong đó: N_{dc} - công suất của động cơ tính theo đơn vị (HP), $N = 100\text{HP}$.

Hai ẩn số còn lại cần xác định là giá trị của \cos và \sin các góc. Như đã biết, đạo hàm bậc nhất của hàm số, về mặt trị số sẽ bằng \tan của góc dốc. Đạo hàm bậc nhất của hàm số là vận tốc. $\sin(a) = \sin(\arctg(v(t)))$, $\cos(a) = \cos(\arctg(v(t)))$.

Thay giá trị vận tốc, gia tốc, độ dịch chuyển vào công thức số (1) ta có được công thức xác định sự phụ thuộc của $K_p(t)$.

Giải quyết bài toán bằng phần mềm Mathcad với dữ liệu đầu vào như sau:

$$v = 8,3, w = 2 \cdot \pi \cdot \frac{v}{\lambda}$$

$$x(t) = 0,1 \cdot \sin(w \cdot t), a(t) = \text{atan}(v(t))$$

$$\text{cosa}(t) = \cos(a(t)), \text{sina}(t) = \sin(a(t))$$

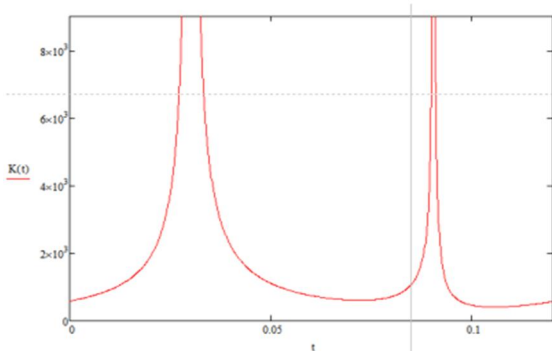
$$a(t) = \left[\frac{(691 \cdot x(t) + 325 + 21) \cdot 10 \cdot \text{cosa}(t) \cdot \text{cosa}(t) + N \cdot \frac{735}{v} \cdot \text{sina}(t) - 0,6 \cdot (691 \cdot x(t) + 321 + 21) \cdot 10 \cdot \text{cosa}(t) \cdot \text{sina}(t) - (691 \cdot x(t) + 325 + 21) \cdot 10}{(691 \cdot x(t) + 325 + 21)} \right]$$

$$K(t) = \left| \frac{-(691 \cdot x(t) + 325) \cdot 10 - 15 \cdot 10^3 \cdot x(t) + 21 \cdot a(t)}{v(t)} \right|$$

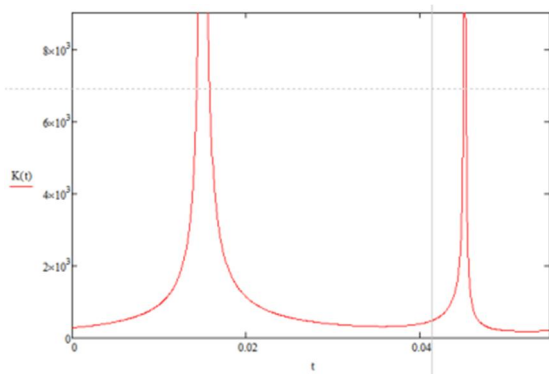
$$v(t) = \frac{d}{dt} x(t)$$

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Với sự trợ giúp của phần mềm Mathcad dựa trên cơ sở mô hình toán đã được xây dựng bên trên ta có được kết quả mô phỏng như hình 8, 9.



Hình 8. Sự thay đổi $K(t)$ vào khoảng thời gian của cả chu kỳ

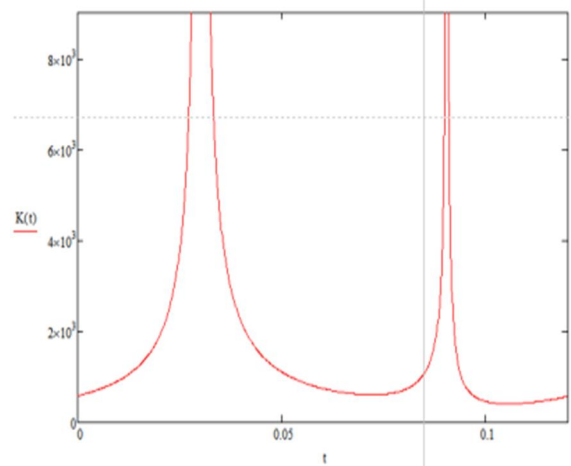


Hình 9. Sự phụ thuộc của $K(t)$ vào thời gian với $\lambda = 0,5$

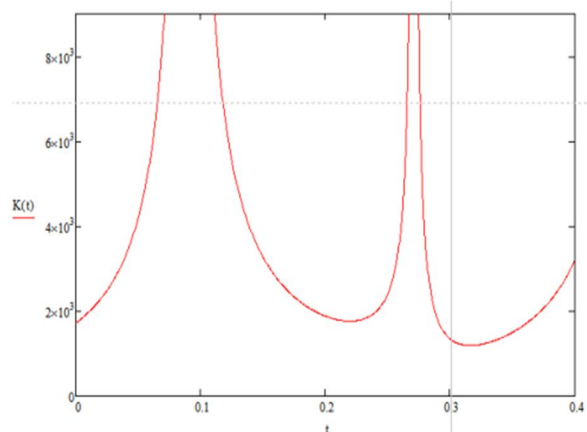
Đồ thị hình 8 thấy rằng, khi bắt đầu lên dốc, hệ số nhớt ma sát tăng theo quy luật đường thẳng, sau đó bắt đầu tăng nhanh theo cấp số mũ.

Hệ số nhớt trong trường hợp xuống dốc thay đổi đối xứng với trường hợp khi xe lên dốc, ở đây chúng ta chỉ cần điều chỉnh độ nhớt của chất lỏng làm việc trong khoảng thời gian từ 0,035 đến 0,06s. Tuy nhiên, khi xuống dốc tới trạng thái ban đầu ($x = 0$), hệ số nhớt ma sát sẽ lớn hơn trong trường hợp bắt đầu lên dốc: $K(0) = 563,890$; $K(0,06) = 765,604$.

Tiếp theo ta tiến hành khảo sát lần lượt các thông số có trong mô hình toán đã xây dựng. Đầu tiên chúng ta thay đổi giá trị λ , với giá trị ban đầu $\lambda = 2$; $\lambda = 3$.



Hình 10. Sự phụ thuộc của $K(t)$ vào thời gian với $\lambda = 2$

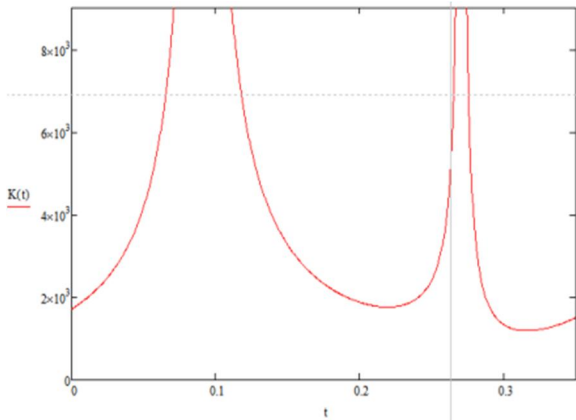
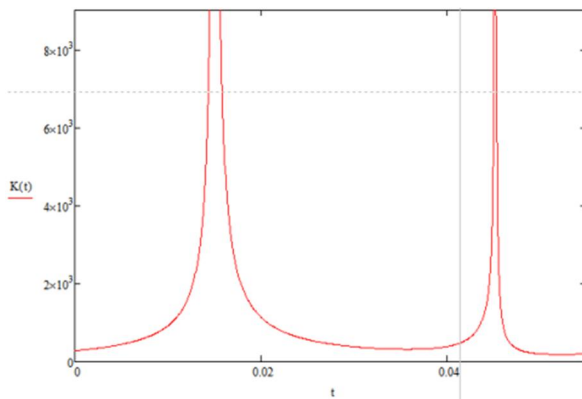
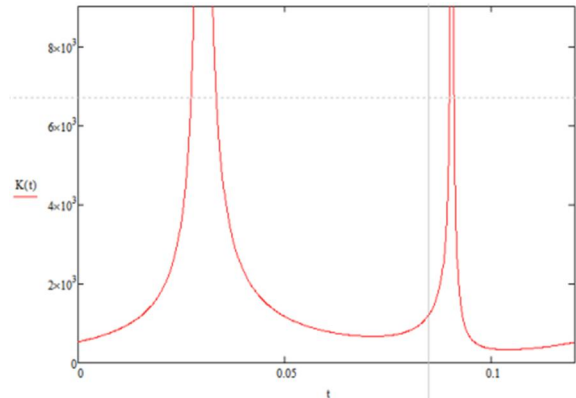
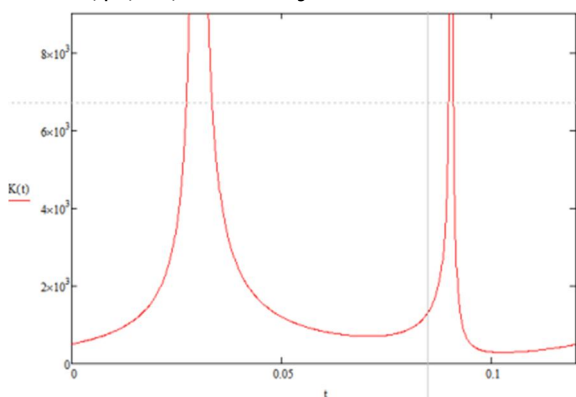


Hình 11. Sự phụ thuộc của $K(t)$ vào thời gian với $\lambda = 3$

Theo đồ thị thấy rằng, khoảng cách giữa các gợn sóng càng dài thì giá trị hệ số ma sát nhớt ban đầu càng lớn và khi đó hệ số ma sát nhớt của chất lỏng thay đổi càng nhanh hơn.

Tiếp đến, xem xét ảnh hưởng của vận tốc di chuyển của xe khi vượt qua chướng ngại vật tới giá trị của hệ số nhớt.

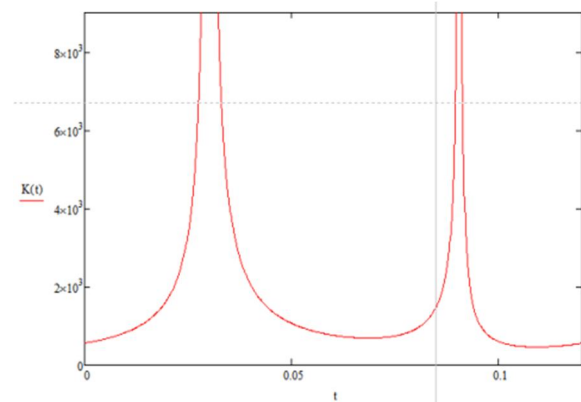
Sự phụ thuộc của hệ số nhớt vào vận tốc cũng tương tự như trường hợp các giá trị khoảng cách các gợn sóng của biên dạng mặt đường khác nhau. Khi vận tốc lớn cần phải hạn chế điều chỉnh độ nhớt của chất lỏng, vận tốc càng lớn thì sự thay đổi hàm số $K(t)$ càng nhanh.

Hình 12. Sự phụ thuộc của K(t) vào thời gian giá trị $v = 10\text{km/h}$ Hình 13. Sự phụ thuộc của K(t) vào thời gian giá trị $v = 20\text{km/h}$ Hình 14. Sự phụ thuộc K(t) vào thời gian khi $N = 130\text{HP}$ Hình 15. Sự phụ thuộc K(t) vào thời gian khi $N = 160\text{HP}$

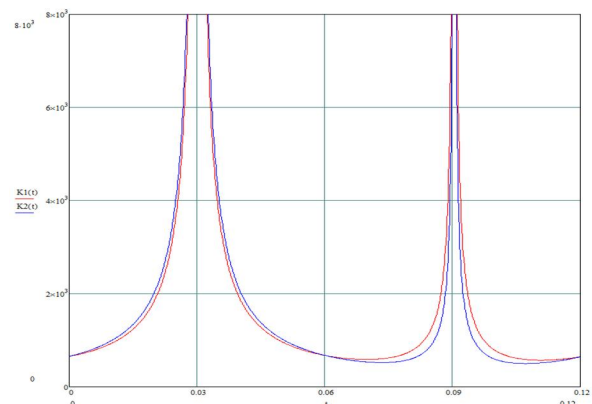
Dựa vào các đồ thị ta thấy rằng, công suất của động cơ gần như không ảnh hưởng đến hệ số ma sát nhớt. Đồ thị không thay đổi nhiều khi giá trị công suất của động cơ tăng lên.

Tiến hành phân tích sự ảnh hưởng của quy luật phân bố khối lượng được treo theo thời gian ta có:

$$M_{P(x)} = 159. x + 325$$



Hình 16. Sự phụ thuộc K1(t) vào thời gian cho quy luật thay đổi tải trọng



Hình 17. Sự phụ thuộc K1(t); K2(t) vào thời gian khi thay đổi tải trọng

Dựa vào hình 17 thấy rằng, đường biểu diễn phía bên dưới là của quy luật thay đổi tải trọng thứ hai trong trường hợp lên dốc và xuống dốc, còn khi chuyển động xuống hố sâu thì ngược lại, đường biểu diễn $K_p(t)$ cho quy luật thứ hai phân bố tải trọng lại nằm bên trên. Điều đó có nghĩa là, khi xe lên dốc thì việc điều khiển hệ số nhớt đơn giản, còn khi xuống dốc vực thì điều khiển hệ số nhớt sẽ khó khăn hơn.

5. MÔ HÌNH HÓA VÀ XÂY DỰNG ĐẶC TÍNH BIÊN ĐỘ TẦN SỐ CỦA HỆ THỐNG TREO CHO MÔ HÌNH 1/4 XE

Giả thiết khi xe chạy một bánh xe leo lên chướng ngại vật và sau đó xuống đến mức ban đầu, trong hệ thống bắt đầu xuất hiện dao động tắt dần đối lập với các phần của bánh xe.

$$j_0 \cdot \ddot{\varphi} = -F_c \cdot a \cdot \cos \varphi - F_k \cdot a \cdot \cos \varphi$$

Momen quán tính của đòn liên tính tương đối so với trục $J_0 = mL^2/3$

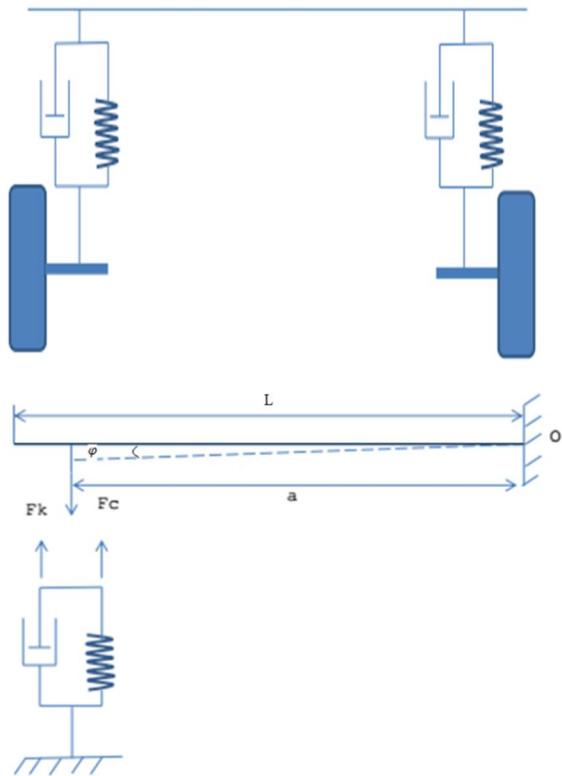
Lực đàn hồi được xác định theo công thức sau đây:

$$F_c = C_p \cdot a \cdot \sin \varphi$$

Lực cản ma sát nhớt được tính theo công thức:
 $F_k = K_p \cdot a \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi}$

Thay giá trị vừa nhận được vào công thứ (2) ta có:

$$\frac{mL^2}{3} \cdot \ddot{\varphi} + C_p \cdot a \cdot \sin \varphi \cdot a \cdot \cos \varphi + K_p \cdot a \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot a \cdot \cos \varphi = 0$$



Hình 18. Sơ đồ lược bỏ của hệ thống treo trên xe để tính toán đặc tính biên độ - tần số

Trường hợp giá trị góc φ không lớn lắm, khi đó $\sin \varphi = \varphi$, $\cos \varphi = 1$, thay vào phương trình trên

$$\ddot{\varphi} + \frac{3 \cdot K_p \cdot a^2}{m \cdot L^2} \dot{\varphi} + \frac{3 \cdot C_p \cdot a^2}{m \cdot L^2} \cdot \varphi = 0$$

Viết phương trình dưới dạng sau: $\ddot{\varphi} + 2n\dot{\varphi} + \omega_0^2 \varphi = 0$

$$n = \frac{1,5 \cdot K_p \cdot a^2}{m \cdot L^2} ; \quad \omega = \sqrt{\frac{3 \cdot C_p \cdot a^2}{m \cdot L^2}}$$

Ký hiệu là tần số góc của dao động riêng:

$$\omega_1^2 = \omega^2 - n^2$$

Tiến hành giải phương trình hàm số $\varphi(t)$ có dạng dao động điều hòa tắt dần với góc quay ban đầu φ_0 .

$$\varphi(t) = \varphi_0 \cdot e^{-nt} \sin(\omega_1 t + \Psi)$$

Trong đó: Ψ - độ lệch pha.

Chu kỳ của dao động tắt dần của hệ dao động đang khảo sát là:

$$T_1 = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{\omega_0^2 - n^2}}$$

Ta xác định với giá trị nào của K thì sẽ phát sinh dao động của thân xe. Để thỏa mãn điều kiện này thì phương

trình số (4) phải có lời giải, nghĩa là lớn hơn không. Thật vậy, tần số - luôn có giá trị dương, vì thế điều kiện này có thể biểu diễn như sau:

$$\omega > n \tag{4}$$

Thay các giá trị vào phương trình (4) ta có sự phụ thuộc như sau:

$$K_p < \frac{m \cdot L^2}{1,5 \cdot a^2} \sqrt{\frac{3 \cdot C_p \cdot a^2}{m \cdot L^2}}$$

Nếu thay thế các giá trị độ cứng lò xo và các giá trị $m = 2M_p$, $a = 1,4m$; $L = 1,7m$.

Các công thức sử dụng trong Mathcad

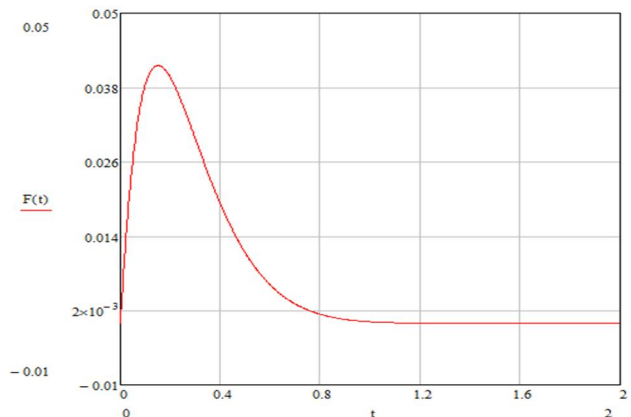
$$n = 1,5 \cdot 4000 \cdot \frac{1,4^2}{650 \cdot 1,7^2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{(15 \cdot 10^3 \cdot 1,4^2 \cdot 3)}{650 \cdot 1,7^2}} = 6,852$$

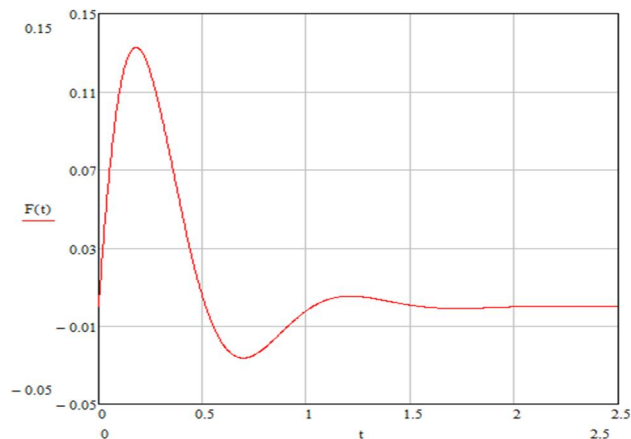
$$\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$$

$$\varphi(t) = \frac{\pi}{12} \cdot e^{-n \cdot t} \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)$$

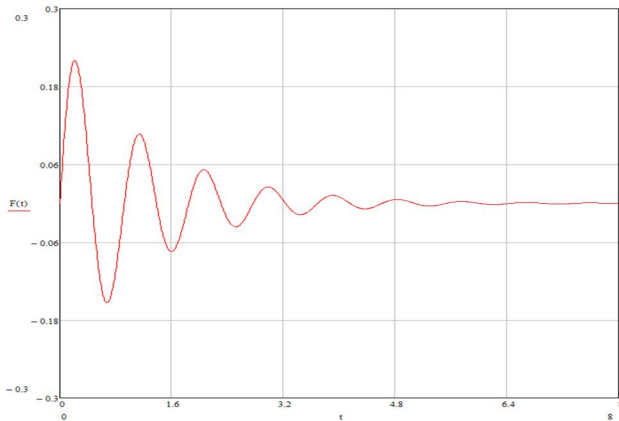
Tiến hành xây dựng đồ thị sự phụ thuộc hàm số $\varphi(t)$ trong chương trình toán học Mathcad cho các giá trị hệ số nhớt ma sát khác nhau.



Hình 19. Đồ thị đặc tính biên độ - tần số với giá trị K = 4000Ns/m²



Hình 20. Đồ thị đặc tính biên độ - tần số với giá trị K = 2000Ns/m²



Hình 21. Đồ thị đặc tính biên độ - tần số với giá trị $K = 500\text{Ns/m}^2$

Từ các đồ thị của đặc trưng biên độ - tần số, giá trị của độ nhớt càng nhỏ thì độ dao động của hệ thống càng lớn. Do đó, để tránh dao động thân xe, cần tăng độ nhớt sau khi đạt về mức không, tốt nhất là $K = 4472\text{Ns/m}^2$

6. KẾT LUẬN

Hệ thống treo tích cực hiện đang là một trong những hệ thống có rất nhiều sự quan tâm, với lợi ích nó mang lại đã thỏa mãn cả hai tiêu chí độ êm dịu và tính an toàn như mong muốn. Thông qua nghiên cứu giúp chúng ta có thể hiểu về cấu tạo, nguyên lý làm việc và quy luật điều khiển của hệ thống treo này.

Bằng việc xây dựng mô hình toán và tiến hành mô phỏng hệ số nhớt của bộ giảm chấn sử dụng đầu từ tính của hệ thống treo bán tích cực với biên dạng đường hình sin cùng với sự trợ giúp phần mềm chuyên dụng Mathcad đã xây dựng được đồ thị sự phụ thuộc hệ số nhớt của chất lỏng vào một số yếu tố thay đổi trong quá trình làm việc như chiều dài gợn sóng của biên dạng đường, vận tốc của xe, công suất làm việc và tải trọng.

Trong nghiên cứu đã tiến hành xây dựng đặc tính biên độ - tần số, để biết có nhất thiết phải điều chỉnh hệ số nhớt sau khi xuống dốc hay không. Kết quả thấy rằng, để tránh gặp phải những dao động không cần thiết khi xuống dốc, cần phải tăng giá trị hệ số nhớt tới 4420Ns/m^2 .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lương Gia Sinh, Vỹ Song, Cam Dũng Huy, 2017. *Sửa chữa gầm, mâm ô tô*. Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Khắc Trai, 2002. *Cấu tạo gầm xe con*. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải.
- [3]. Nguyễn Khắc Trai, 2009. *Cấu tạo ô tô*. Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Trọng Thuận, 2002. *Điều khiển logic và ứng dụng*. Nhà xuất bản Khoa học và kĩ thuật.
- [5]. Phạm Văn Thoan, Lê Văn Anh, Trần Phúc Hòa, Nguyễn Thanh Quang, 2017. *Giáo trình lý thuyết ô tô*. Nhà xuất bản Khoa học và kĩ thuật.
- [6]. Ahmet Naci Mete, Sandip D Kulkarni, Michael Gerbracht, 2006. *Quarter Car Model Using A Semi-Active MRF Damper*.
- [7]. Chen Yi, 2006. *Vehicle Suspension System Modelling*.