

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THANH ỔN ĐỊNH KHI XE TẢI ĐI VÀO ĐƯỜNG VÒNG

ThS. Nguyễn Văn Nam¹, TS. Đào Đức Thụ^{2*}

¹Đại học Thành Đông

²Đại học Sao Đỏ

*Email: ducthuhd@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của thanh ổn định trên xe tải khi xe đi vào đường vòng, qua việc mô phỏng động lực học xe ô tô (sử dụng phần mềm Matlab Simulink). Kết quả cho thấy, việc lắp đặt thanh ổn định giúp giảm thiểu góc nghiêng của thùng xe và làm giảm sự thay đổi tải trọng thẳng đứng giữa các bánh xe, từ đó tăng khả năng chống lật khi xe đi vào đường vòng ở các vận tốc khác nhau (40 km/h và 60 km/h). Điều này chứng tỏ tầm quan trọng của thanh ổn định trong việc nâng cao an toàn cho xe tải khi tham gia giao thông, đồng thời cũng là cơ sở để nghiên cứu sâu hơn về động lực học quay vòng của xe ô tô.

Từ khóa: Động lực học ô tô, Thanh ổn định, Quay vòng ô tô.

ABSTRACT

This study investigates the effect of the stabilizer bar on trucks when entering a curve, through simulating automotive dynamics (using Matlab Simulink software). The results show that the installation of a stabilizer bar helps reduce the tilt angle of the truck bed and minimizes the vertical load variation between the wheels, thereby increasing the anti-roll capability when the vehicle enters a curve at different speeds (40 km/h and 60 km/h). This demonstrates the importance of the stabilizer bar in enhancing the safety of trucks in traffic, and also serves as a basis for further research on the dynamics of vehicle cornering.

Keywords: Automobiles dynamics, Anti - roll bar, Vehicle turning.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Do xe tải thường chuyển động trên các địa hình phức tạp, làm lốp bị biến dạng nhiều, làm bán kính quay vòng thay đổi nhiều hơn, dẫn đến quỹ đạo chuyển động của ô tô không sát với quỹ đạo lý thuyết.

Do đối với xe tải hệ thống treo, chủ yếu là hệ thống treo phụ thuộc, dẫn đến tải trọng thẳng đứng ở hai bên của cùng một cầu bị ảnh hưởng lẫn nhau. Khi một bên bị dao động sẽ làm ảnh hưởng đến bên kia, làm sự phân bố tải trọng ở hai bên của cùng một cầu thay

đổi lớn hơn, dễ gây ra hiện tượng lật xe. Đồng thời hệ thống treo trên xe tải thông thường được bố trí dùng nhíp, do đó khoảng cách giữa hai trụ đặt thân xe của xe tải nhỏ, dẫn đến bề rộng ổn định nhỏ và dẫn đến làm tăng khả năng lật.

Do tải trọng của cầu trước và cầu sau có sự thay đổi nhiều trong trường hợp không tải và khi chở hàng hóa, nên sẽ làm thay đổi tọa độ trọng tâm trong trường hợp không tải và khi chở hàng hóa, do đó làm tăng khả năng lật.

Để tránh hiện tượng lật khi xe đi vào đường vòng thì cần phải tăng khả

năng ổn định quỹ đạo trên đường vòng, tạo ra một mô men quay thân xe ngược với hướng của mô men do lực ly tâm tạo ra. Để giải quyết vấn đề này, giải pháp sử dụng thanh ổn định đã được thử nghiệm.

4. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

4.1. Đối tượng nghiên cứu

- Thanh ổn định được lắp trên xe ô tô tải nhỏ khi đi vào đường vòng.

- Khảo sát chuyển động của xe ô tô trong điều kiện mặt đường nhựa khô bằng phẳng, hệ số bám của các bánh xe là giống nhau và là 0.8, hệ số cản lăn là 0.015 [1].

4.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp kế thừa tài liệu

Thu thập, sưu tầm các tài liệu chuyên môn liên quan đến lĩnh vực động lực học của xe ô tô để làm cơ sở cho việc nghiên cứu lý thuyết.

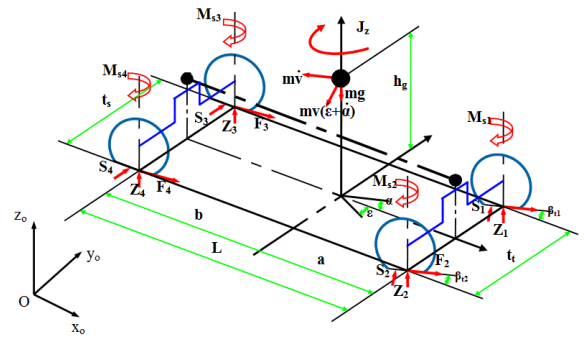
2.2.2. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

Sử dụng lý thuyết ô tô, cơ học kỹ thuật để xây dựng mô hình tính toán động lực học chuyển động của xe ô tô tải nhỏ có trang bị thanh ổn định khi đi vào đường vòng với các vận tốc khác nhau.

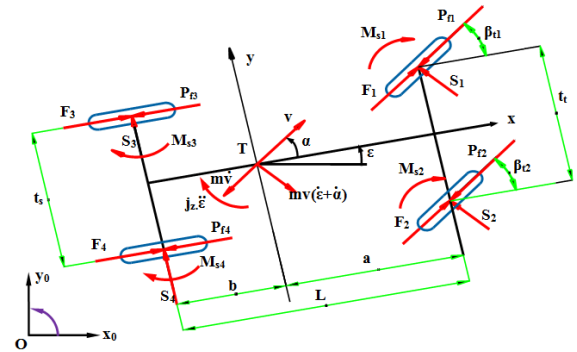
5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình động lực học

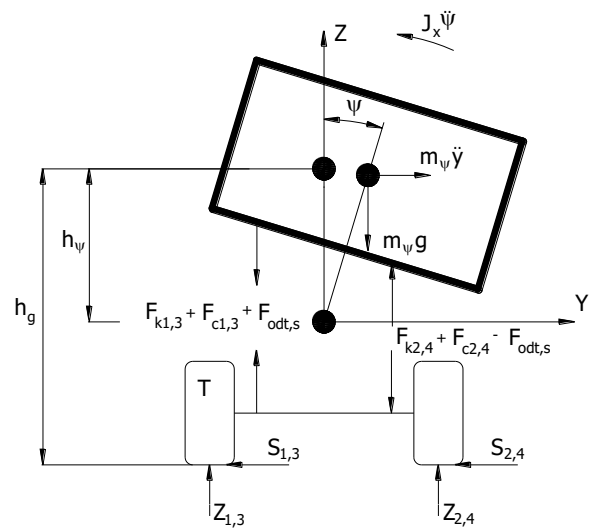
Trong quá trình ô tô quay vòng, các lực và mô men tác dụng vào xe ô tô được mô tả trên **Hình 1** và **Hình 2**.



Hình 1. Mô hình không gian



Hình 2. Các lực và mô men tác dụng lên ô tô trong mặt phẳng ngang



Hình 3. Sự nghiêng thân xe

Theo tài liệu [1] và [2] ta có các phương trình động lực học quay vòng của ô tô:

$$\dot{v} = \frac{1}{m} \{ [(S_1 + S_2) \cos \beta + (F_1 + F_2) \sin \beta + S_3 + S_4] \sin \alpha - [(S_1 + S_2) \sin \beta - (F_1 + F_2) \cos \beta - (F_3 + F_4)] \cos \alpha \} \quad (2)$$

$$\dot{\alpha} = \frac{1}{mv \cos \alpha} [(S_1 + S_2) \cos \beta + S_3 + S_4 + (F_1 + F_2) \sin \beta]$$

$$-\frac{\dot{v} \sin \alpha}{v \cos \alpha} - \dot{\varepsilon} \quad (3)$$

$$\ddot{\varepsilon} = \frac{1}{J_z} \left[(S_1 + S_2)a \cos \beta - (S_3 + S_4)b + (S_1 - S_2) \frac{t_t}{2} \sin \beta + (F_1 + F_2)a \sin \beta - (F_1 - F_2) \frac{t_t}{2} \cos \beta - (F_3 - F_4) \frac{t_s}{2} \right] \quad (4)$$

Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên 4 bánh xe như sau:

$$Z_1 = \frac{1}{2} Z_t - \Delta Z_t = \frac{1}{2} \left(m.g \frac{b}{L} - \Delta Z \right) - \Delta Z_t \quad (5)$$

$$Z_2 = \frac{1}{2} Z_t + \Delta Z_t = \frac{1}{2} \left(m.g \frac{b}{L} - \Delta Z \right) + \Delta Z_t \quad (6)$$

$$Z_3 = \frac{1}{2} Z_s - \Delta Z_s = \frac{1}{2} \left(m.g \frac{a}{L} + \Delta Z \right) - \Delta Z_s \quad (7)$$

$$Z_4 = \frac{1}{2} Z_s + \Delta Z_s = \frac{1}{2} \left(m.g \frac{a}{L} + \Delta Z \right) + \Delta Z_s \quad (8)$$

Sự chênh lệch tải trọng giữa bánh trước và bánh sau:

$$\Delta Z = [\dot{v} \cos \alpha - v(\dot{\alpha} + \dot{\varepsilon}) \sin \alpha] \frac{m.h}{l} \quad (9)$$

Sự chênh lệch tải trọng giữa 2 bánh xe phía trước:

$$\Delta Z_t = \frac{1}{t_t} \frac{v^2}{R} \left[m' \cdot \frac{b'}{l} p_t + C_{gt} \frac{m'h' - m_t''(p_t - h_t'') - m_s''(p_s - h_s'')}{C_{gt} + C_{gs} - m'gh'} + m_t''h_t'' \right] \quad (10)$$

Sự chênh lệch tải trọng giữa 2 bánh xe phía sau:

$$\Delta Z_s = \frac{1}{t_s} \frac{v^2}{R} \left[m' \cdot \frac{a'}{l} p_s + C_{gs} \frac{m'h' - m_t''(p_t - h_t'') - m_s''(p_s - h_s'')}{C_{gt} + C_{gs} - m'gh'} + m_t''h_t'' \right] \quad (11)$$

Góc nghiêng thùng xe

$$\psi = \frac{m'h' - m_t''(p_t - h_t'') - m_s''(p_s - h_s'')}{C_{gt} + C_{gs} + K_{od1} + K_{od2} - m'gh'} \frac{v^2}{R} \quad (12)$$

Trong đó:

$\dot{v}$: Gia tốc của ô tô (m/s²);

$\dot{\alpha}$: Vận tốc góc lệch thân xe (rad/s);

$\ddot{\varepsilon}$: Gia tốc góc xoay thân xe (rad/s²);

F_i : Lực dọc tác dụng lên ô tô trong quá trình chuyển động (N);

$P_{\bar{f}}$: Lực cản lăn (N);

S_i : Các phản lực ngang của mặt đường tác dụng lên vết của bánh xe (N);

M_{si} : Mô men cản quay (rad/s²);

β : Góc đánh lái (rad);

t_t, t_s : Chiều rộng vệt lốp bánh xe trước và bánh xe sau (m);

m : Khối lượng của toàn xe (kg);

m' : Khối lượng phần được treo của ô tô (kg).

m_t'' : Khối lượng phần không được treo cầu trước (kg);

m_s'' : Khối lượng phần không được treo cầu sau (kg);

h : Chiều cao trọng tâm xe (m);

h' : Chiều cao trọng tâm phần được treo của ô tô (m);

h_t'' : Chiều cao của phần không được treo cầu trước (m);

h_s'' : Chiều cao của phần không được treo cầu sau (m);

l : Chiều dài cơ sở của ô tô (m);

R : bán kính quay vòng thực tế của ô tô (m);

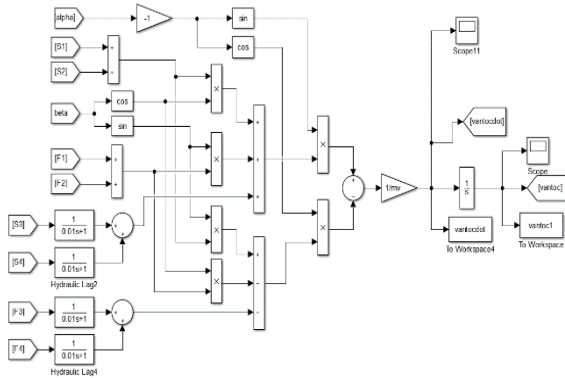
C_{gt} : Độ cứng của cầu trước (N/m);

C_{gs} : Độ cứng cầu sau (N/m).

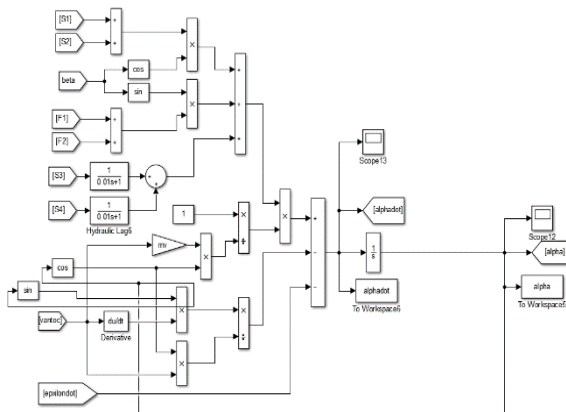
K_{od1}, K_{od2} : là độ cứng của thanh ổn định cầu trước, cầu sau (N/m).

3.2. Kết quả khảo sát

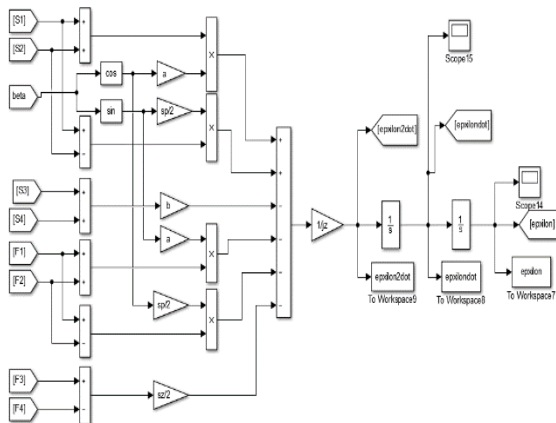
Từ các phương trình động lực học của xe ô tô khi đi vào đường vòng từ phương trình (2) đến phương trình (12), sử dụng phần mềm Matlab Simulink, nhóm tác giả đã xây dựng sơ đồ mô phỏng hệ thống, cụ thể là:



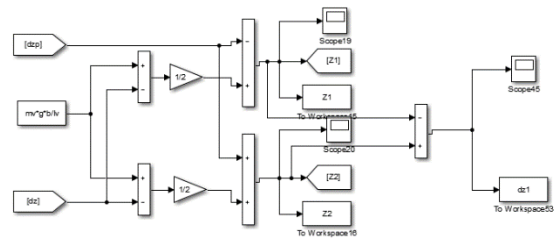
Hình 3. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (2)



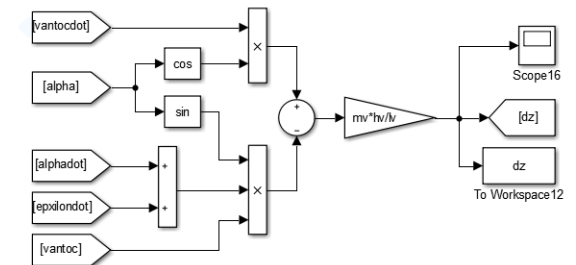
Hình 4. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (3)



Hình 5. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (4)



Hình 6. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (5), (6), (7), (8), (10), (11)



Hình 7. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (9)

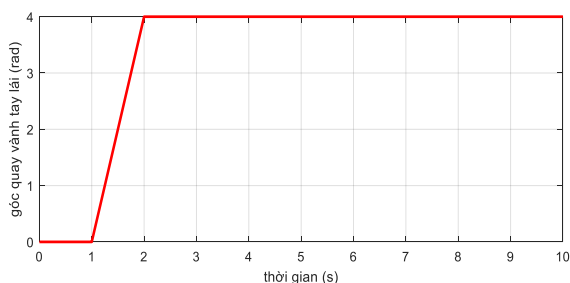
Khảo sát xe ô tô có hệ thống phanh tích cực, động cơ đặt phía trước, cầu sau chủ động và với các thông số của xe Suzuki Carry Pro 2023 như Bảng 1 [3].

Bảng 1. Thông số của xe ô tô khảo sát

TT	Tên gọi	Đơn vị	Giá trị
1.	Khối lượng toàn bộ xe khi đầy tải	kg	2010
2.	Chiều dài cơ sở ô tô	m	2,205
3.	Khoảng cách từ trọng tâm - cầu trước	m	1,1
4.	Khoảng cách từ trọng tâm - cầu sau	m	1,105

TT	Tên gọi	Đơn vị	Giá trị
	sau		
5.	Chiều rộng vết lốp bánh xe trước	m	1,465
6.	Chiều rộng vết lốp bánh xe sau	m	1,46
7.	Chiều cao trọng tâm ô tô	m	0,506
8.	Chiều cao trọng tâm của phần được treo	m	0,547
9.	Tỷ số truyền của hệ thống lái		21.2

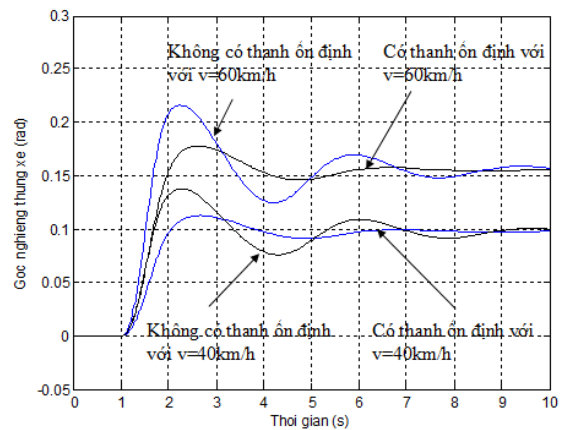
Với hệ phương trình được trình bày ở trên, sử dụng chương trình Matlab Simulink [4] mô phỏng, ta được kết quả mô phỏng ứng với trường hợp điều khiển góc xoay vành tay lái được xác lập (**Hình 8**).



Hình 8. Mô phỏng góc xoay vành tay lái

Với cách mô phỏng góc xoay vành tay lái như trên, ta thấy người lái ban đầu sẽ cho xe đi thẳng trong vòng 1 giây, sau đó quay vòng tay lái 1 góc là 4 rad (229⁰C) trong vòng 1 giây, sau đó giữ nguyên tay lái.

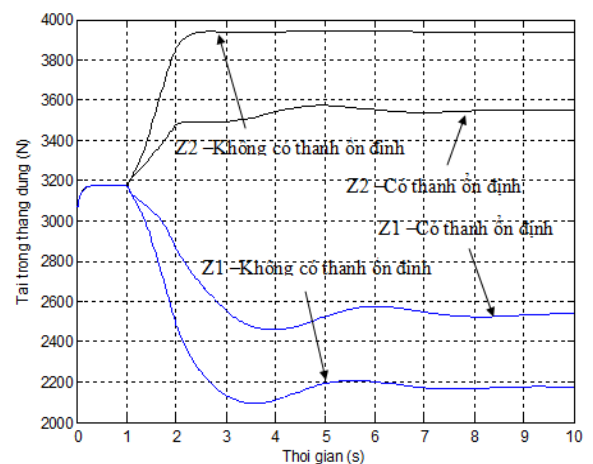
Khảo sát xe ô tô chạy ở các vận tốc ban đầu là 40 km/h và 60 km/h, góc nghiêng của thùng xe ô tô trong quá trình chuyển động được thể hiện ở **Hình 9**.



Hình 9. Góc nghiêng thùng xe khi đi vào đường vòng

Trong thời gian từ 0s đến 1s thì chưa tác động vào vành tay lái, xe chuyển động thẳng, do đó từ 0s đến 1s góc nghiêng thùng xe trong các trường hợp có thanh ổn định và không có thanh ổn định đều bằng 0. Từ 1s đến 2s lúc này người lái bắt đầu đánh lái làm góc nghiêng thùng xe tăng dần. Quy luật của hai đường cong là giống nhau đều dao động là tắt dần và ổn định ở giây thứ 10, tuy nhiên qua đồ thị ta thấy trong trường hợp có thanh ổn định đã hạn chế được góc nghiêng thùng xe.

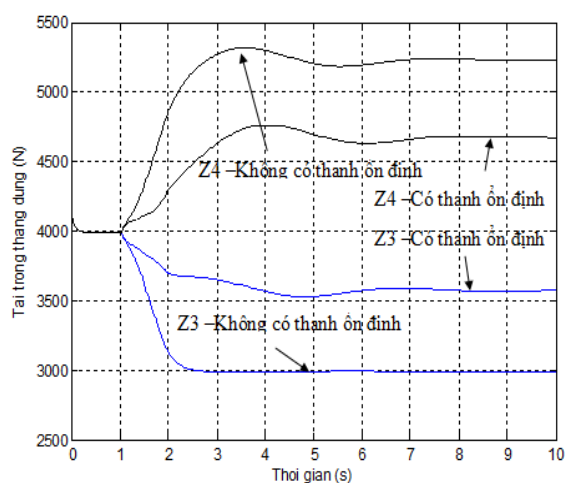
Sự thay đổi tải trọng cầu trước khi xe ô tô chuyển động với vận tốc ban đầu là 40 km/h được thể hiện ở **Hình 10**.



Hình 10. Sự thay đổi tải trọng cầu trước

Trong thời gian từ 0s đến 1s xe ở trạng thái đi thẳng, nên cả bốn đường Z1 – Không có thanh ổn định, Z1- Có thanh ổn định, Z2 – Không có thanh ổn định và Z2 – Có thanh ổn định là trùng nhau. Từ 1s đến 2s ta tiến hành đánh lái và sau đó giữ cố định vô lăng, khi đó xuất hiện lực ly tâm. Do xuất hiện lực ly tâm làm phân bố lại tải trọng giữa các bánh xe trên cùng một cầu. Qua đồ thị ta thấy tải trọng thẳng đứng tác dụng vào bánh xe số 1 có xu hướng giảm, tải trọng thẳng đứng tác dụng vào bánh xe số 2 có xu hướng tăng. Nếu không có thanh ổn định thì sự tăng của tải trọng thẳng đứng ở bánh xe số 2 cũng như sự giảm của tải trọng thẳng đứng tác dụng vào bánh xe số 1 là đáng kể. Tuy nhiên khi có thanh ổn định thì sự tăng và giảm này ít hơn. Cụ thể là khi chưa đánh lái thì $Z1 = Z2 = 3180$ (N), sau 10s thì với trường hợp không có thanh ổn định thì $Z1 = 2180$ (N), $Z2 = 3910$ (N) và với trường hợp có sử dụng thanh ổn định thì $Z1 = 2540$ (N), $Z2 = 3560$ (N).

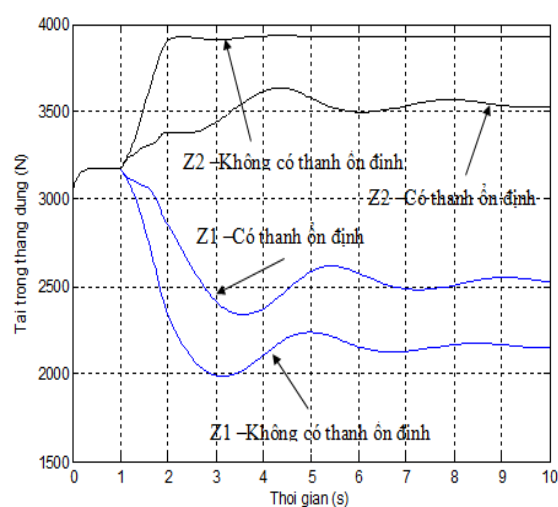
Sự thay đổi tải trọng cầu sau khi xe ô tô chuyển động với vận tốc ban đầu là 40 km/h được thể hiện ở **Hình 11**.



Hình 11. Sự thay đổi tải trọng cầu sau

Trong thời gian từ 0s đến 1s xe ở trạng thái đi thẳng nên cả bốn đường Z3 – Không có thanh ổn định, Z3 - Có thanh ổn định, Z4 – Không có thanh ổn định và Z4 – Có thanh ổn định là trùng nhau. Từ 1s đến 2s ta tiến hành đánh lái và sau đó giữ cố định vô lăng, khi đó xuất hiện lực ly tâm. Do xuất hiện lực ly tâm làm phân bố lại tải trọng giữa các bánh xe trên cùng một cầu. Qua đồ thị ta thấy tải trọng thẳng đứng tác dụng vào bánh xe số 3 có xu hướng giảm, tải trọng thẳng đứng tác dụng vào bánh xe số 4 có xu hướng tăng. Nếu không có thanh ổn định thì sự tăng của tải trọng thẳng đứng ở bánh xe số 4 cũng như sự giảm của tải trọng thẳng đứng tác dụng vào bánh xe số 3 là đáng kể. Tuy nhiên khi có thanh ổn định thì sự tăng và giảm này ít hơn. Cụ thể là khi chưa đánh lái thì $Z3 = Z4 = 3990$ (N), sau 10s thì với trường hợp không có thanh ổn định thì $Z3 = 2990$ (N), $Z4 = 5250$ (N) và với trường hợp có sử dụng thanh ổn định thì $Z3 = 3650$ (N), $Z4 = 4840$ (N).

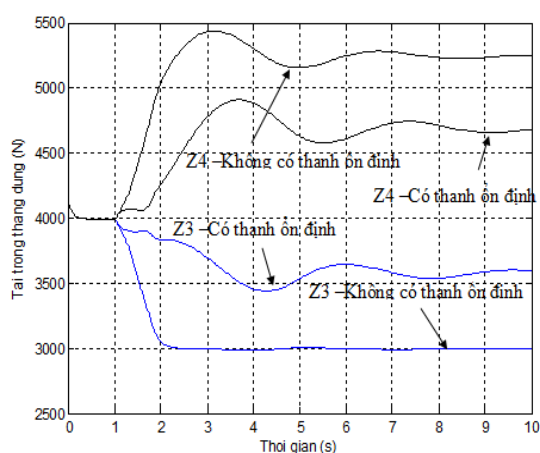
Sự thay đổi tải trọng cầu trước khi xe ô tô chuyển động với vận tốc ban đầu là 60 km/h được thể hiện ở **Hình 12**.



Hình 12. Sự thay đổi tải trọng cầu trước

Khi có sự thay đổi về tốc độ sẽ làm lực ly tâm lớn hơn và làm tăng sự thay đổi tải trọng thẳng đứng giữa các bánh xe trên một cầu. Qua **Hình 10** và **Hình 12** ta thấy sau 10s thì đối với trường hợp không có thanh ổn định với vận tốc 40 km/h thì $Z1 = 2180$ (N), $Z2 = 3910$ (N), còn với vận tốc 60 km/h thì $Z1 = 2130$ (N), $Z2 = 3950$ (N). Nhờ tác dụng của thanh ổn định làm sự thay đổi tải trọng thẳng đứng giữa hai bánh xe 1 và 2 được giảm, cụ thể là sau 10s thì trong trường hợp không có thanh ổn định $Z1 = 2130$ (N), $Z2 = 3950$ (N), còn với trường hợp có thanh ổn định thì $Z1 = 2510$ (N), $Z2 = 3520$ (N).

Sự thay đổi tải trọng cầu sau khi xe ô tô chuyển động với vận tốc ban đầu là 60 km/h được thể hiện ở **Hình 13**.



Hình 13. Sự thay đổi tải trọng cầu sau

Khi có sự thay đổi về tốc độ sẽ làm lực ly tâm lớn hơn và làm tăng sự thay đổi tải trọng thẳng đứng giữa các bánh xe trên một cầu. Qua **Hình 11** và **Hình 13** ta thấy sau 10s thì đối với trường hợp không có thanh ổn định với vận tốc 40 km/h thì $Z3 = 2990$ (N), $Z4 = 5250$ (N), còn với vận tốc 60 km/h thì $Z3 = 3010$ (N), $Z4 = 5430$ (N). Nhờ tác dụng của thanh ổn định làm sự thay đổi tải trọng thẳng đứng giữa hai bánh xe 3 và 4 được giảm, cụ thể là sau 10s thì trong trường hợp không có thanh ổn định $Z3 = 3010$ (N), $Z4 = 5430$ (N), còn với trường hợp có thanh ổn định thì $Z3 = 3600$ (N), $Z4 = 4620$ (N).

4. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm Matlab Simulink để khảo sát sự thay đổi góc nghiêng thùng xe trong các trường hợp không có thanh ổn định và trong trường hợp có thanh ổn định, sự thay đổi tải trọng giữa các bánh xe trên cùng một cầu trong các trường hợp có thanh ổn định và không có thanh ổn định khi ô tô tải chuyển động với các vận tốc 40 km/h và 60 km/h. Thông qua việc khảo sát ta thấy khi có thanh ổn định thì góc nghiêng thùng xe giảm, sự thay đổi tải trọng thẳng đứng giữa các bánh xe trên cùng một cầu là ít hơn. Như vậy việc lắp thêm thanh ổn định giúp tăng khả năng chống lật cho xe tải khi đi vào đường vòng.

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN

- [1] Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng (2000), *Lý thuyết ô tô máy kéo*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [2] PGS.TS Nguyễn Khắc Trai (1997), *Tính điều khiển và quỹ đạo chuyển động của ô tô*, NXB Giao thông vận tải Hà Nội.
- [3] Tài liệu Cẩm nang sửa chữa xe Suzuki Carry Pro.
- [4] Nguyễn Phùng Quang (2004), *Matlab và Simulink*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.