

# NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH LỰC TÁC DỤNG TRÊN VÔ LĂNG KHI ĐÁNH LÁI

Nguyễn Ngọc Linh<sup>1</sup>, Nguyễn Tuấn Anh<sup>1</sup>, Đặng Ngọc Duyên<sup>1</sup>, Bùi Đức Tiến<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Thủy lợi, email: anhngu@tlu.edu.vn

## 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Khi xe di chuyển trên đường, có rất nhiều các tình huống ngẫu nhiên xảy ra mà khiến người lái phải thay đổi hướng chuyển động như gặp phải chướng ngại vật, chuyển làn đường, quay vòng,... Nhờ vào hệ thống lái, sự ổn định và hướng chuyển động của ô tô có thể được đảm bảo [1].

Hệ thống lái trên ô tô là một cơ hệ rất quan trọng, có sự liên kết chặt chẽ với các bánh xe dẫn hướng. Để có thể thay đổi được hướng chuyển động của xe, người lái cần phải tác dụng một mômen cần thiết lên vành tay lái. Mômen cần thiết để thay đổi hướng chuyển động của xe cần phải thắng được tổng mômen cản quay vòng của xe khi đánh lái. Theo [2], mômen cản quay vòng của xe là lớn nhất khi xe quay vòng tại chỗ (vận tốc của xe xấp xỉ bằng không). Mômen cản quay vòng của bánh xe dẫn hướng  $M$  bao gồm 3 thành phần: Mômen cản lăn ( $M_1$ ), mômen cản của lực ngang ( $M_2$ ) và mômen ổn định ( $M_3$ ).

Mômen cản lăn của bánh xe được xác định dựa trên tải trọng tác dụng lên bánh xe:

$$M_1 = m_1 g f a \quad (1)$$

Khi xe quay vòng, lực ngang  $F_y$  xuất hiện tại lốp xe. Lực này sẽ nằm cách tâm một khoảng là  $b$ , do đó gây nên mômen  $M_2$ :

$$M_2 = F_y b \quad (2)$$

Thực tế, trụ quay đứng thường sẽ được đặt nghiêng cả về phương ngang ( $\lambda$ ) và phương dọc ( $\gamma$ ) để đảm bảo tính năng dẫn hướng và ổn định khi đánh lái. Mômen ổn định do các

góc đặt trụ quay đứng sinh ra là một hàm phụ thuộc vào các giá trị này:

$$M_3 = f(\delta, \lambda, \gamma) \quad (3)$$

Khi đã xác định được mômen cản quay vòng của bánh xe dẫn hướng, lực tác dụng cần thiết trên vành tay lái có thể dễ dàng tính được thông qua tỉ số truyền của hệ thống lái.

$$F = \frac{M}{R i \eta} \quad (4)$$

Trong đó:

$m_1$ : khối lượng tại cầu dẫn hướng, kg;

$g$ : gia tốc trọng trường,  $m/s^2$ ;

$a, b$ : khoảng cách đặt lực, m;

$\delta$ : góc đánh lái, rad;

$\lambda$ : góc kingpin, rad;

$\gamma$ : góc caster, rad;

$R$ : bán kính vành lái, m;

$i$ : tỉ số truyền hệ thống lái;

$\eta$ : hiệu suất hệ thống lái.

## 2. THIẾT LẬP MÔ HÌNH

Để có thể tính toán được giá trị của lực tác dụng cần thiết trên vành tay lái, bên cạnh các thông số có sẵn của xe, giá trị của lực ngang  $F_y$  cần phải được xác định. Với mục đích đơn giản hóa quá trình mô phỏng, mô hình động lực học 1 dãy tuyến tính mô tả chuyển động của xe 3 cầu được đưa ra như trên Hình 1. Mô hình xe 3 cầu được sử dụng trong bài báo này bao gồm một cầu chủ động (đồng thời là cầu dẫn hướng) và hai cầu bị động phía sau. Hệ phương trình mô tả chuyển động của xe được đưa ra như bên dưới:

$$\sum F_x = F_{x1} \cos \delta - F_{y1} \sin \delta + F_{x2} + F_{x3} \quad (5)$$

$$\sum F_y = F_{x1} \sin \delta + F_{y1} \cos \delta + F_{y2} + F_{y3} \quad (6)$$

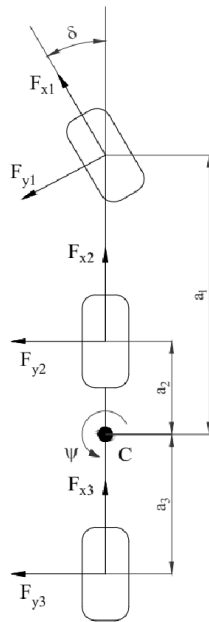
$$\sum M_z = a_1 F_{x1} \sin \delta + a_1 F_{y1} \cos \delta + a_2 F_{y2} - a_3 F_{y3} \quad (7)$$

Giả thiết rằng góc đánh lái  $\delta$  là vô cùng nhỏ, xe chuyển động với vận tốc ổn định, hệ phương trình trên có thể được thu gọn lại như sau:

$$F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} = m(\dot{v}_x - \psi \dot{v}_y) \quad (8)$$

$$F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} = m(\dot{v}_y + \psi \dot{v}_x) \quad (9)$$

$$a_1 F_{y1} + a_2 F_{y2} - a_3 F_{y3} = I_z \dot{\psi} \quad (10)$$



Hình 1. Mô hình 1 dãy tuyến tính

Với giả thiết góc đánh lái của bánh xe đủ nhỏ, lốp xe được coi như biến dạng trong miền tuyến tính. Khi đó, lực ngang  $F_y$  tại mỗi bánh xe có thể được đơn giản hóa dưới dạng:

$$F_{yi} = C_{ai} \alpha_i \quad (11)$$

Để xác định được giá trị góc trượt của các bánh xe  $\alpha_i$ , cần phải xác định được góc hướng  $\beta_i$  của chúng.

$$\alpha_i = \delta_i - \beta_i \quad (12)$$

Trong đó:

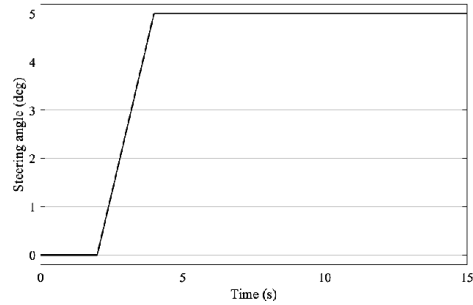
$$\beta_i = \arctan \left( \frac{v_{yi}}{v_{xi}} \right) \quad (13)$$

### 3. KẾT QUẢ

Quá trình mô phỏng được thực hiện trong trường hợp góc đánh lái đủ nhỏ (Hình 2), xe chuyển động ổn định ở vận tốc  $v = 40$  (km/h). Độ cứng của lốp sẽ được thay đổi ứng với 2 trường hợp cụ thể:

TH<sub>1</sub>: Lốp mềm;

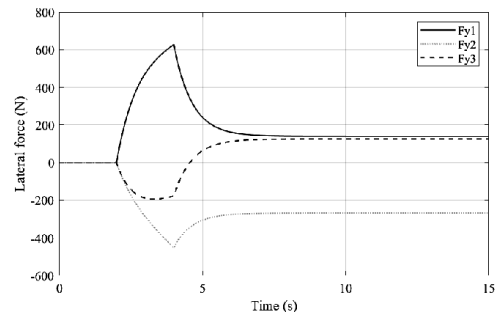
TH<sub>2</sub>: Lốp cứng.



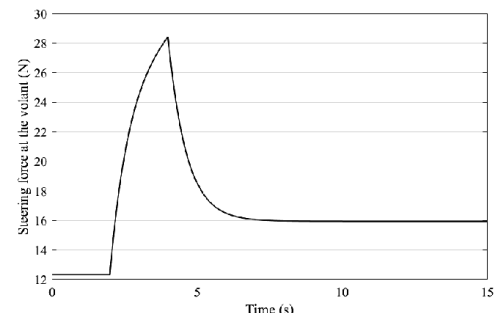
Hình 2. Góc đánh lái

#### 3.1. Trường hợp lốp mềm

Đồ thị Hình 3 cho thấy sự thay đổi của lực ngang tại bánh xe theo thời gian khi đánh lái ở tốc độ ổn định. Giá trị của  $F_y$  tại bánh xe dẫn hướng đạt lớn nhất với 620 (N), sau đó giảm dần và giữ ổn định. Sự thay đổi về giá trị lực ngang tại bánh xe ở cầu thứ hai và cầu thứ ba là hoàn toàn phù hợp với hướng chuyển động của xe.



Hình 3. Lực ngang tại bánh xe

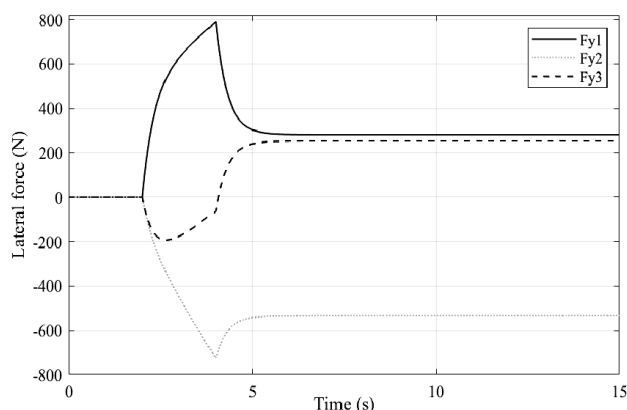


Hình 4. Lực đánh lái cần thiết

Dựa trên công thức tính toán lực tác động cần thiết tại vành lái đã được thiết lập (4), giá trị này trong trường hợp xe sử dụng lớp mềm được thể hiện như trong đồ thị Hình 4. Giá trị lớn nhất của lực cản quay vòng đạt 28.4 (N), sau đó có xu hướng giảm dần và giữ ổn định nếu góc lái không thay đổi.

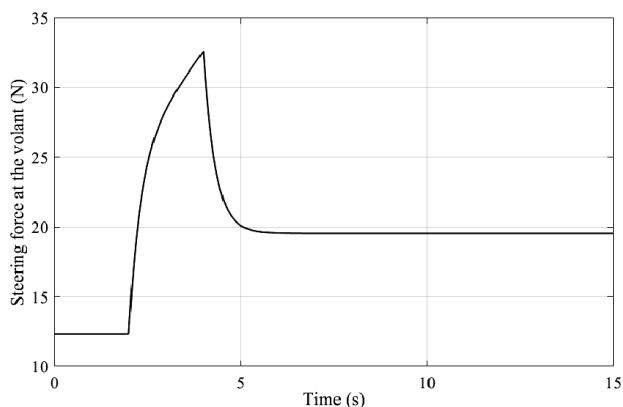
### 3.2. Trường hợp lớp cứng

Đặc tính của lớp có ảnh hưởng rất lớn tới quá trình đánh lái. Trong bài báo này, đặc tính biến dạng đàn hồi của lớp xe được thể hiện thông qua độ cứng góc  $C_\alpha$  của lớp. Đồ thị Hình 5 chỉ ra giá trị của lực ngang tại bánh xe trong trường hợp xe sử dụng lớp cứng. Rõ ràng, lực ngang  $F_y$  tại các bánh xe trong trường hợp này lớn hơn rất nhiều so với trường hợp xe chỉ sử dụng lớp mềm thông thường. Giá trị cực đại của chúng có thể lên tới 790 (N) tại vị trí bánh xe dẫn hướng.



Hình 5. Lực ngang tại bánh xe

Khi lực ngang tăng lên, mômen cản quay vòng của bánh xe cũng thay đổi theo. Do đó, lực cản lái trên vành tay lái cũng sẽ lớn hơn nếu xe sử dụng lớp cứng để thay thế cho lớp mềm thông thường. Dựa trên đồ thị Hình 6, giá trị cực đại mà người lái cần tác dụng lên vành tay lái sẽ là  $F_{max} = 32.5$  (N), giá trị này lớn hơn khoảng 14.4% so với trường hợp nêu trên. Do đó, có thể dễ dàng nhận thấy rằng độ cứng của lớp có tác động tới quá trình thay đổi hướng chuyển động của xe, nó khiến lực ngang tại các bánh xe tham gia chuyển động sẽ tăng lên, đồng thời lực cần thiết để làm quay bánh xe dẫn hướng cũng sẽ tăng lên.



Hình 6. Lực đánh lái cần thiết

## 4. KẾT LUẬN

Hệ thống lái có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo ổn định và hướng chuyển động của ô tô. Để xe có thể thay đổi hướng, người lái phải tác dụng một lực cần thiết lên vành tay lái sao cho đủ để thắng được lực cản quay vòng của bánh xe dẫn hướng. Lực cản quay vòng này phụ thuộc vào rất nhiều các yếu tố, trong đó có ảnh hưởng của lực ngang tại bánh xe.

Bài báo này tập trung vào việc thiết lập mô hình động lực học một dây tuyến tính cho xe 3 cầu. Để đơn giản hóa bài toán, bánh xe đã được giả thiết là biến dạng trong vùng tuyến tính với góc đánh lái đủ nhỏ. Kết quả của nghiên cứu đã cho thấy khi xe sử dụng lớp có độ cứng lớn hơn, các giá trị về lực ngang và lực đánh lái sẽ tăng lên tương ứng so với trường hợp chỉ sử dụng lớp mềm thông thường. Trong thời gian tới, cần tiến hành các thực nghiệm để có thể đánh giá hiệu quả của mô hình một cách chính xác hơn.

## 5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. K. Trai, N. T. Hoan, H. H. Hải, P. H. Hường, N. V. Chương, T. M. Hoàng. 2020. Kết cấu ô tô. Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội.
- [2] V. V. Hường, N. T. Dũng, D. N. Khánh, Đ. H. Phúc. 2014. Động lực học ô tô. Nhà xuất bản Giáo Dục Việt Nam.