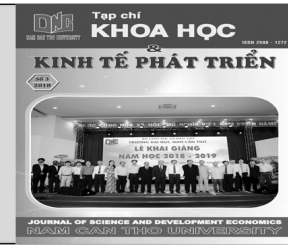




Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ

Website: jsde.nctu.edu.vn



Ảnh hưởng vận tốc và hệ số bám đến hiệu quả phanh của hệ thống phanh ABS trên ô tô

Phạm Quốc Phong¹, Phạm Minh Dương¹, Hồ Ngọc Hà^{1*}

¹Trường Đại học Trà Vinh

*Người chịu trách nhiệm bài viết: Phạm Quốc Phong (email: phongpham@tvu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 30/12/2023

Ngày phản biện: 20/1/2024

Ngày chấp nhận: 15/2/2024

Title: Influence of speed and adhesion coefficient on the brake effectiveness of the ABS brake system on cars.

Keywords: abs braking system, adhesion coefficient matlab/simulink

Từ khóa: phanh abs, hệ số bám, matlab/simulink

ABSTRACT

Currently, most personal cars applied Anti-lock Braking Systems (ABS) to meet increasing requirements for speed and safety when operating. Braking efficiency is one of the criteria to evaluate the quality or reliability of the braking system through criteria such as braking distance, deceleration when braking, and braking force applied to the wheels. This study aimed to present the process of investigating the influence of vehicle speed and road surface adhesion coefficient on the effectiveness of ABS. This simulation based on automotive theory combined with Matlab/Simulink to visually describe the relationship between variables in the ABS. Simulation resulted from Matlab/Simulink showed that braking distance and braking time were proportional to the speed before braking and inversely proportional to the adhesion coefficient. This simulation result was completely consistent with the published experimental results. It showed that this study was reliable and can be applied to calculate and simulate specific types of cars under specific conditions.

TÓM TẮT

Hiện nay, phần lớn các ô tô cá nhân đều sử dụng hệ thống phanh chống hãm cứng, Anti Braking System (ABS) nhằm đáp ứng yêu cầu ngày càng cao về tốc độ và mức độ an toàn khi vận hành. Hiệu quả phanh là một trong những tiêu chí đánh giá chất lượng hay độ tin cậy của hệ thống phanh thông qua các chỉ tiêu các chỉ tiêu như quãng đường phanh, gia tốc chậm dần khi phanh, lực phanh tác dụng ở các bánh xe. Nghiên cứu này trình bày tiến trình khảo sát sự ảnh hưởng của vận tốc xe và hệ số bám của mặt

đường đến hiệu quả của phanh ABS, này dựa trên cơ sở lý thuyết ô tô kết hợp với phần mềm mô phỏng Matlab/Simulink, nhằm mô tả một cách trực quan mối quan hệ giữa các biến số trong hệ thống phanh ABS. Kết quả mô phỏng từ Matlab/Simulink cho thấy, quãng đường phanh và thời gian phanh tỉ lệ thuận với vận tốc trước khi phanh và tỉ lệ nghịch với hệ số bám. Kết quả mô phỏng hoàn toàn phù hợp với các kết quả thực nghiệm đã được công bố, cho thấy mô hình này có độ tin cậy và có thể được ứng dụng để tính toán và mô phỏng cho các loại ô tô cụ thể trong những điều kiện cụ thể.

1. GIỚI THIỆU

Trong trường hợp phanh khẩn cấp, hầu hết người lái xe sẽ ngay lập tức đạp và giữ bàn đạp phanh. Khi ô tô phanh gấp, nếu bánh xe bị bó cứng và trượt thì lực bám ngang giữa bánh xe và mặt đường sẽ biến mất hoàn toàn. Nếu chỉ có xe dẫn hướng bị bó cứng và trượt trong khi bánh sau vẫn lăn thì xe sẽ bị mất khả năng lái; Nếu chỉ khóa bánh sau và trượt trong khi bánh trước vẫn lăn thì xe cũng sẽ xảy ra hiện tượng trượt ngang ngay cả khi nhận một lực tác động ngang nhỏ. Đây là những điều rất dễ gây ra tai nạn giao thông nghiêm trọng. Để tránh tai nạn giao thông do xe trượt, cần phát triển hệ thống chống bó cứng phanh (ABS) lấy tốc độ trượt làm mục tiêu để kiểm soát [1],[2]. ABS là một trong những yếu tố chính giúp nâng cao hiệu suất an toàn của ô tô. Hiện nay, với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ máy tính và công nghệ phần mềm, việc mô phỏng hoạt động của các hệ thống trên ô tô trở nên đơn giản. Nó đã được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu và phát triển ô tô. Bài báo này mô tả tiến trình thiết lập mô hình toán học cho hệ thống phanh ABS và sử dụng phần mềm mô phỏng Matlab/Simulink để mô phỏng. Mục tiêu là so sánh ảnh hưởng của vận tốc và hệ số bám đến hiệu quả phanh của xe ô tô. Với mục tiêu tạo

ra mô hình mô phỏng cơ cấu phanh hỗ trợ hoạt động nghiên cứu và giảng dạy.

2. PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP

Phương pháp nghiên cứu chính trong đề tài này là kết hợp giữa việc tham khảo tài liệu và xây dựng mô hình mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink.

2.1 Mô hình toán học

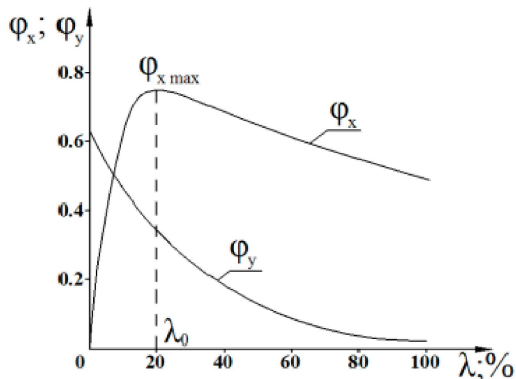
2.1.1 Hệ số bám

Hệ số bám phụ thuộc nhiều yếu tố như loại mặt đường và tình trạng mặt đường, kết cấu và nguyên liệu lốp, áp suất không khí ở trong lốp, tải trọng tác dụng lên bánh xe, tốc độ chuyển động của xe, điều kiện nhiệt độ làm việc, độ trượt giữa bánh xe với mặt đường,... Khi xe chuyển động ở tốc độ không đổi thì tỉ lệ giữa tốc độ xe (V_x) và tốc độ bánh xe (V_{bx}) là không đổi. Tuy nhiên, khi người lái xe tác động lên phanh thì V_x và V_{bx} sẽ khác nhau. Sự khác nhau đó được đặc trưng bằng hệ số trượt tương đối λ và được xác định theo biểu thức như sau:

$$\lambda = \frac{V_x - \omega_b \cdot r_{bx}}{V_x} \cdot 100\% \quad (1)$$

V_x là tốc độ tâm bánh xe; r_{bx} là bán kính lăn của bánh xe; ω_b là vận tốc góc của bánh xe. Khi lăn thuần túy, tốc độ xe $v = \omega \cdot r$, độ trượt $\lambda = 0$; trong trượt thuần túy, vận tốc góc của bánh xe $\omega_b = 0$, tốc độ trượt $\lambda = 100\%$; khi bánh xe trượt

và lăn là $0 < \lambda < 100\%$. Vì thế, kích thước của tốc độ trượt phản ánh tỷ lệ thành phần trượt trong quá trình bánh xe chuyển động. Tốc độ trượt càng lớn thì thành phần trượt trong quá trình chuyển động của bánh xe càng lớn. Theo đường cong quan hệ giữa hệ số bám và tốc độ trượt khi phanh, khi giá trị tốc độ trượt bánh xe được kiểm soát gần mức trượt tối ưu là 20% thì ô tô sẽ đạt được hiệu quả phanh tốt nhất đồng thời có độ ổn định hướng tốt hơn. Giá trị của hệ số bám chủ yếu phụ thuộc vào chất liệu mặt đường, tình trạng mặt đường, cấu trúc của lốp, kiểu gai lốp, vật liệu và tốc độ của xe [3]. Nhiệm vụ cơ bản của hệ thống ABS là giữ cho độ trượt tương đối của bánh xe trong quá trình phanh đạt giá trị trong giới hạn λ_0 . Mối liên hệ giữa hệ số bám dọc φ_x và hệ số bám ngang φ_y theo độ trượt tương đối của bánh xe khi phanh.



Hình 1. Quan hệ của hệ số bám dọc φ_x và bám ngang φ_y theo độ trượt tương đối λ của bánh xe khi phanh

2.1.2 Nguyên lý làm việc hệ thống phanh ABS

Hệ thống phanh ABS thường bao gồm cảm biến tốc độ bánh xe, thiết bị điều chỉnh áp suất phanh, thiết bị điều khiển điện tử và đèn cảnh báo ABS. Ở các hệ thống ABS khác nhau, cấu trúc và logic điều khiển cũng có thể khác nhau. Thiết bị điều khiển điện tử (ECU) giám sát và đánh giá trạng thái chuyển động của từng bánh xe theo tín hiệu đầu vào của từng cảm biến tốc

độ bánh xe và hình thành các lệnh điều khiển tương ứng [4],[5]. Quá trình điều khiển của cơ cấu ABS được thực hiện theo một chu trình kín như hình 2. Các cụm của chu trình bao gồm:

- Tín hiệu vào là lực tác dụng lên bàn đạp phanh của người lái xe, thể hiện qua áp suất dầu tạo ra trong xy lanh phanh chính.

- Tín hiệu điều khiển bao gồm các cảm biến tốc độ bánh xe và ECU. Tín hiệu tốc độ các bánh xe và các thông số nhận được từ nó như gia tốc và độ trượt liên tục được nhận biết và phản hồi về hộp điều khiển để xử lý kịp thời.

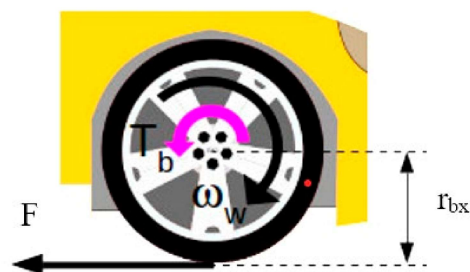
- Tín hiệu tác động được thực hiện bởi bộ chấp hành, thay đổi áp suất dầu cấp đến các xy lanh làm việc ở các cơ cấu phanh bánh xe.

- Đối tượng điều khiển: là lực phanh giữa bánh xe và mặt đường. ABS hoạt động tạo ra momen phanh thích hợp ở các bánh xe để duy trì hệ số bám tối ưu giữa bánh xe và mặt đường, tận dụng khả năng bám cực đại lực phanh là lớn nhất.

- Các yếu tố ảnh hưởng: như điều kiện mặt đường, tình trạng phanh, tải trọng của xe, và tình trạng của lốp (áp suất, độ mòn...).

2.2 Xây dựng mô hình toán

Mô hình toán học của hệ thống phanh gồm mô hình động lực ô tô, mô hình lốp xe và mô hình phanh. Do việc thiết lập mô hình động lực học ô tô là một quá trình phức tạp nên bài viết này sử dụng mô hình một bánh xe để thiết lập mô hình động lực học ô tô. Mô hình một bánh xe đơn giản được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Các lực tác dụng lên bánh xe khi phanh

Để tính toán vận tốc của xe, ta sẽ tính gia tốc góc dựa vào mô men lớp xe, khối lượng và bán kính của bánh xe. Cuối cùng ta lấy tích phân gia tốc góc sẽ được vận tốc của xe.

$$F = m \cdot a \tag{2}$$

$$T = F \cdot R = m \cdot a \cdot R \tag{3}$$

Từ (3) ta có:

$$a = \frac{T}{m \cdot R} \tag{4}$$

Và:

$$v = \int a \cdot dt \tag{5}$$

Mô men lớp xe được tính theo công thức:

$$T = \mu NR \tag{6}$$

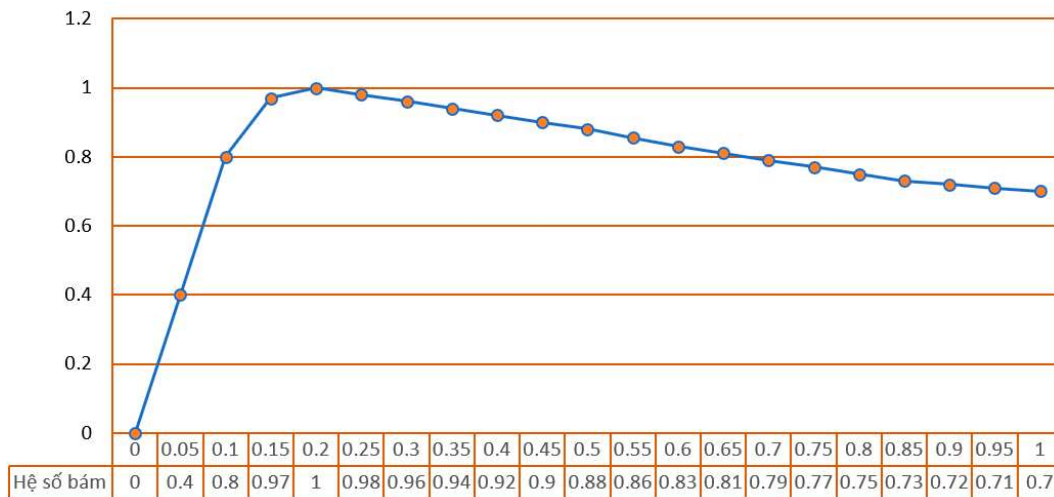
Trong đó:

μ : hệ số bám

N: lực mỗi bánh xe = (mg)/4

R: bán kính bánh xe

Để làm cơ sở xây dựng mô hình Simulink, đồ thị biểu diễn quan hệ giữa hệ số bám và tỷ lệ trượt dọc như hình 3 được tham khảo cho mô phỏng. Trong đó, hệ số bám có hiệu quả tối ưu giá trị trong một vùng cụ thể trên đường cong tỷ lệ trượt bánh xe, giá trị này là khoảng 20%, mặc dù giá trị này có thể thay đổi do loại đường thay đổi, như được hiển thị từ hình, đối với tất cả các loại đường, hệ số bám có giá trị tối ưu gần đến 20%, trong khi giá trị của nó kém nhất ở giá trị tỷ lệ trượt 100%. Vì vậy hệ thống phanh ABS có chức năng là đảm bảo hệ số trượt đạt giá trị mong muốn là 20%, để đảm bảo hệ số bám là tối đa bất kể loại đường.



Hình 3. Đường cong quan hệ giữa hệ số bám và tỷ lệ trượt dọc

Khi thực hiện phanh, cần tạo ra một lực lớn hơn lực của lò xo phanh và xi lanh phanh. Đặt lực này là P_m thì mô men phanh tương ứng có thể được biểu thị bằng công thức (7)

$$\left\{ \begin{array}{ll} T_b = 0 & P < P_m \\ T_b = K_f(P - P_m) & P > P_m \end{array} \right\} \tag{7}$$

Trong đó:

T_b là mô men phanh (N.m);

K_f là hệ số hãm phanh (N.m/kPa);

P là áp suất thủy lực (kPa);

Van điện từ trong hệ thống ABS có chức năng đóng/mở dầu phanh nhằm tăng hoặc giảm áp suất thủy lực. Van điện từ nhận các tín hiệu điều khiển làm đầu vào và điều chỉnh dòng chảy chất lỏng như đầu ra. Hàm truyền thủy lực được đơn giản hóa có thể được xác định theo công thức (8). Van điện từ có thời gian đáp ứng (TB) thường gần 10 ms, do đó tham số quán tính trở thành 0,01 và (K), tức độ lợi phanh lấy 1000. Vì vậy hàm truyền thủy lực theo công thức (9)

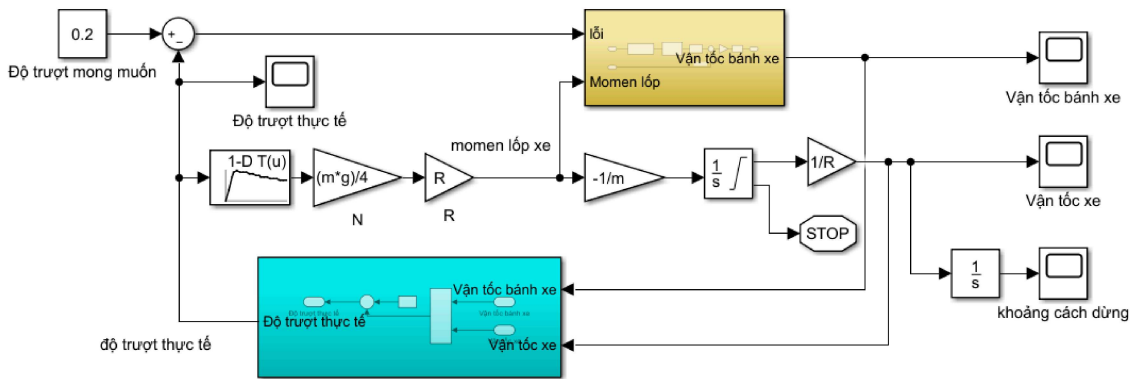
$$G(S) = \frac{K}{(TB * S + 1)} \quad (8)$$

$$G(S) = \frac{1000}{(0.01 * S + 1)} \quad (9)$$

2.3 Xây dựng mô hình Simulink

Mô hình Simulink được thiết lập có tích hợp 02 mô hình con gồm: mô hình so sánh độ trượt

(Hình 7) và mô hình hệ thống ABS (Hình 6). Trong mô hình con hệ thống ABS nhóm tác giả sử dụng mô hình bộ điều khiển bang-bang. Các thông số đầu vào được áp dụng trong mô hình được liệt kê trong Bảng 1. Sơ đồ các khối trong mô hình simulink hệ thống phanh ABS mô tả ở Hình 4.



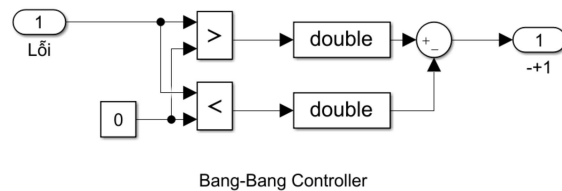
Hình 4. Mô hình simulink hệ thống phanh ABS

Bảng 1. Các thông số đầu vào của mô hình simulink

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Gia tốc trọng trường (m/s ²)	g	9,81
Quán tính bánh xe	I	5
Vận tốc ban đầu (km/h)	V ₀	36; 54; 72; 90
Bán kính bánh xe (m)	R	0,25
Khối lượng xe (kg)	m	1.500
Độ trượt mong muốn	φ	0,2

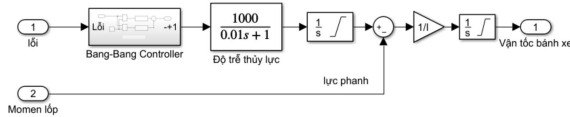
Bộ điều khiển bang – bang hoạt động như bộ điều khiển bật-tắt, còn được gọi là bộ điều khiển trễ sử dụng trong nhiều lĩnh vực của hệ thống điều khiển công nghiệp, đặc biệt bộ điều khiển này còn nổi tiếng là bộ điều khiển hai bước, hoạt động phản hồi. Bộ điều khiển chuyển đột ngột giữa hai trạng thái là giới hạn trên và giới hạn dưới, và nó hoạt động khi có sự khác biệt (lỗi) giữa điểm đặt (giá trị mong muốn) và các giá trị hiện tại. Trong bài báo này, bộ điều khiển bang-bang của ABS hoạt động theo các giá trị liên tục sai số giữa hệ số trượt thực tế và hệ số trượt

mong muốn, trong đó: giá trị của hệ số trượt mong muốn là 0,2. Bộ điều khiển bang-bang có đầu ra 1 nếu đầu vào cao hơn 0 và có đầu ra -1 nếu đầu vào là thấp hơn 0, bộ điều khiển bang-bang được giải thích trong Hình 5.



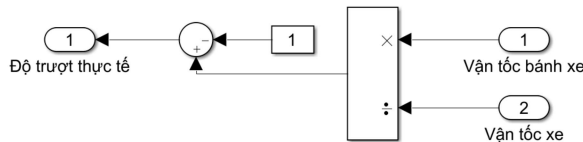
Hình 5. Bộ điều khiển Bang – bang

Để kiểm soát tốc độ thay đổi áp suất phanh, mô hình sẽ trừ độ trượt thực tế khỏi độ trượt mong muốn và đưa tín hiệu này vào bộ điều khiển bang-bang (+1 hoặc -1, tùy thuộc vào dấu hiệu lỗi). Tốc độ bật/tắt này vượt qua độ trễ bậc nhất thể hiện độ trễ liên quan đến đường thủy lực của hệ thống phanh.



Hình 6. Mô hình hệ thống con phanh ABS

Mô hình so sánh độ trượt này được thực hiện cho một bánh xe, tốc độ của bánh xe và xe được tính toán và so sánh với kết quả trượt thực tế, sau đó cố gắng điều chỉnh độ trượt thực tế đến độ trượt mong muốn bằng 0,2 như đã trình bày Hình 3. Mối quan hệ giữa tốc độ bánh xe và tốc độ xe thông qua độ trượt như đã trình bày ở công thức (1)



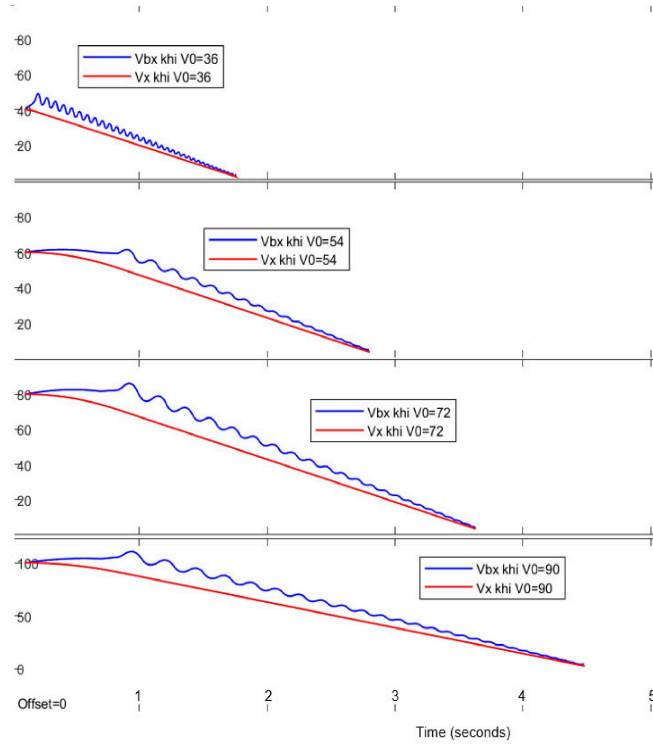
Hình 7. Mô hình so sánh độ trượt

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 8 thể hiện vận tốc bánh xe và vận tốc xe thay đổi khi thực hiện phanh lần lượt ở các

vận tốc xe ban đầu là 36, 54, 72, 90 km/h. Cả bốn trường hợp có vận tốc bắt đầu phanh là khác nhau, quãng đường phanh khác nhau. Vận tốc giảm dần của bánh xe và của xe gần như tiệm cận nhau. Từ sơ đồ trên cho thấy rằng các dạng sóng răng cưa là sự can thiệp của hệ thống phanh ABS. Khi hướng đi của sóng răng cưa xa dần ra khỏi đường cong vận tốc xe đến mức độ giới hạn, lập tức hướng sóng răng cưa quay trở vào tiệm cận với đường cong vận tốc của xe. Điều này hoàn toàn phù hợp với các lý thuyết và thực nghiệm đã công bố.

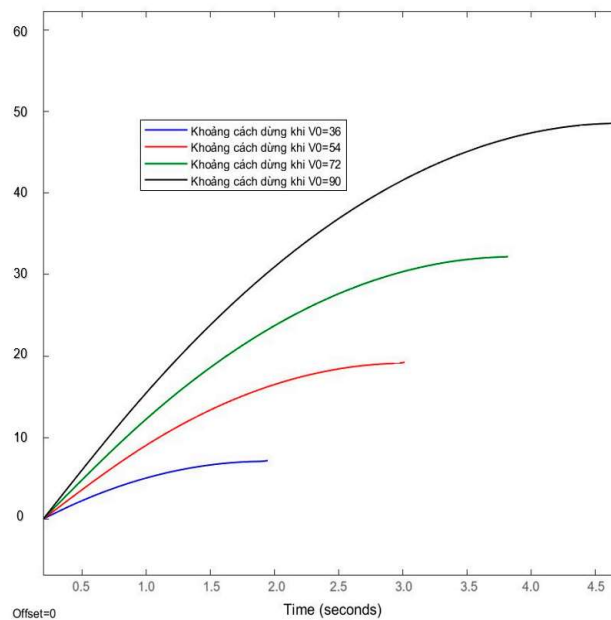
Theo mô phỏng trên Hình 10, trong bốn trường hợp thì tốc độ bánh xe và tốc độ xe cùng giảm dần. Khi xe chạy ở vận tốc 36 km/h xe sẽ dừng lại trong khoảng 1,7 giây khi xe chạy được khoảng 08m, ở tốc độ 54 km/h xe sẽ dừng lại trong khoảng 3 giây khi xe chạy được khoảng 19m, ở tốc độ 72 km/h xe sẽ dừng lại trong khoảng 3,7 giây khi xe chạy được khoảng 32m, ở tốc độ 90 km/h xe sẽ dừng lại trong khoảng 4,5 giây khi xe chạy được khoảng 49m. Kết quả như Bảng 3, khoảng cách dừng và thời gian dừng cũng được mô tả ở Hình 9. Từ kết quả trên ta có thể xác nhận lại rằng quãng đường phanh và thời gian phanh tỉ lệ thuận với vận tốc xe trước khi phanh (V_0).



Hình 8. So sánh vận tốc bánh xe và vận tốc xe khi phanh ở các vận tốc khác nhau

Bảng 3. Bảng giá trị thay đổi khoảng cách và thời gian dừng khi phanh

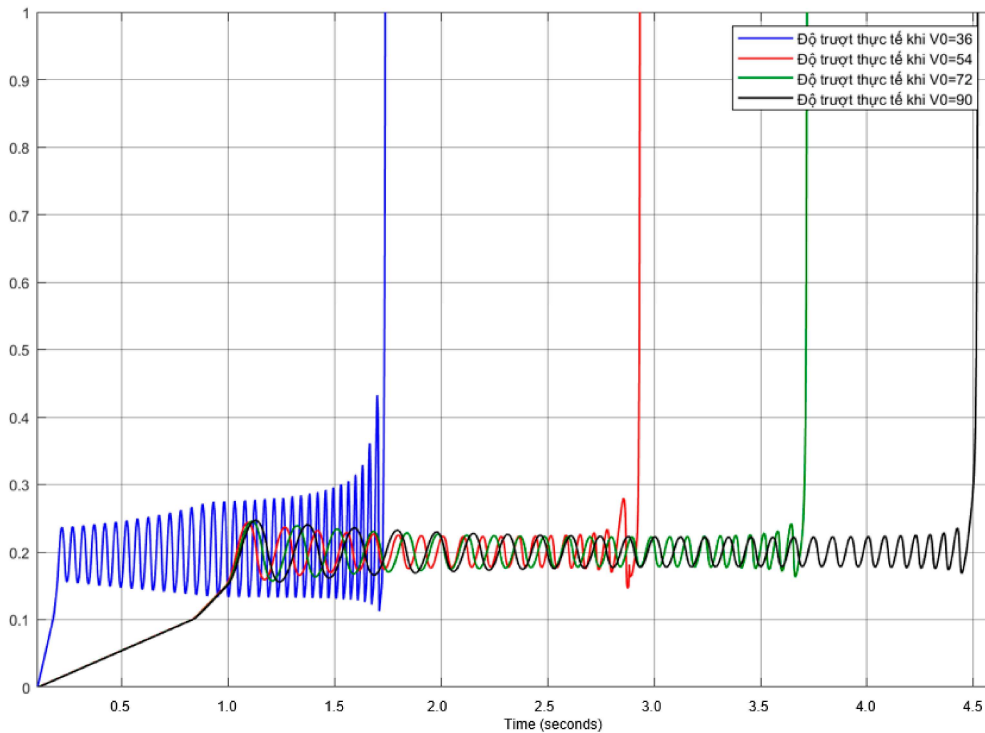
Vận tốc trước khi phanh (km/h)	36	54	72	90
Thời gian phanh (s)	1,7	2,8	3,7	4,5
Khoảng cách dừng (m)	8	19	32	49



Hình 9. So sánh quãng đường phanh và thời gian phanh khi phanh ở các vận tốc khác nhau

Hình 9 thể hiện độ trượt thực tế thay đổi khi thực hiện phanh lần lượt ở các vận tốc xe ban đầu là 36; 54; 72; 90 km/h. Mặc dù xe được phanh ở các vận tốc khác nhau, nhưng bộ điều khiển phanh ABS luôn điều chỉnh độ trượt ở phạm vi tối ưu nhất, trong phạm vi lân cận của giá trị 20%. Điều này phù hợp với các

tuyên bố trước đây trong lý thuyết ô tô [6]. Đồng thời, các thông số mô phỏng của bài báo này thuộc loại ô tô cá nhân (xe con) theo QCVN 09:2011/BGTVT [7]. Kết quả mô phỏng cũng phù hợp với tiêu chuẩn về hệ thống phanh của Bộ Giao thông vận tải.



Hình 10. So sánh độ trượt thực tế ở các vận tốc xe khác nhau khi phanh

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày tiến trình xây dựng mô hình simulink trên hệ thống phanh ABS của xe ô tô, để mô tả mối quan hệ giữa các biến số đầu vào như vận tốc và hệ số trượt với các giá trị đầu ra của hiệu quả phanh gồm quãng đường phanh, vận tốc chậm dần khi phanh và thời gian phanh. Nghiên cứu này đã kế thừa và áp dụng các nền tảng của lý thuyết ô tô kết hợp phần mềm mô phỏng Matlab/Simulink đồng thời giải thích tiến trình điều khiển phanh ABS đến mô

hình hóa trong Matlab/Simulink. Kết quả mô phỏng đã được trình bày và thảo luận. Kết quả cho thấy, rằng quãng đường phanh và thời gian phanh tỉ lệ thuận với vận tốc trước khi phanh và tỉ lệ nghịch với hệ số bám. Điều đó hoàn toàn phù hợp với các kết quả thực nghiệm trên hệ thống phanh ABS đã được công bố. Do đó có thể kết luận, mô hình này có độ tin cậy và có thể được áp dụng trong học tập và nghiên cứu về hệ thống phanh ABS của ô tô.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Baixue, F., & Shenghai, H. (2018). Simulation research of automobile anti-lock braking system based on Matlab/ Simulink. *Journal of Heilongjiang Institute of Technology (Natural Science Edition)*, 2018, 22 (4): 18-20.
- [2] Ryu, J.A., Jong-H Yub, J-H. (2014). *Hardware-in the loop simulation of intelligent collision avoidance algorithm [R]*. Department of Mechatronics vehicle Mechatronics Research Group Kwangju Institute of Science and Technology, 2014.
- [3] Zhisheng, Y. (2019). *Automobile Theory [M]*. Beijing: Mechanical Industry Press.
- [4] Nguyễn Hoàng Việt (2000). *Chuyên đề ô tô_Bộ điều chỉnh lực phanh và hệ thống chống hãm cứng bánh xe khi phanh ABS*. Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng.
- [5] Wafi, M. (2020). *Modeling and Simulation of ABS through Different Types of Controllers Using Simulink*. Institute of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanical Engineering.
- [6] Nguyễn Hữu Cần (2007). *Lý thuyết ô tô máy kéo*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.
- [7] Cục Đăng kiểm Việt Nam. (2021). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với ô tô, QCVN 09 : 2011/BGTVT*. Bộ Giao thông vận tải.