

XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ KHẢO SÁT MỘT SỐ YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG HIỆU QUẢ VÀ TÍNH ỔN ĐỊNH PHANH TRÊN Ô TÔ ĐIỆN

DEVELOPING A MODEL AND INVESTIGATING FACTORS AFFECTING BRAKING PERFORMANCE AND STABILITY IN ELECTRIC VEHICLES

NGUYỄN VĂN THANH HIẾU^{1,a}, LƯƠNG VĂN VẠN², TRẦN THÀNH DANH³

¹Cao đẳng nghề Cần Thơ, 57 Đ. Cách Mạng Tháng 8, An Thới, Bình Thủy, Cần Thơ

²Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long, 73 Nguyễn Huệ, Phường 1, Vĩnh Long

³Cao đẳng nghề Cần Thơ, 57 Đ. Cách Mạng Tháng 8, An Thới, Bình Thủy, Cần Thơ

^aTác giả liên hệ: nguyenhieu28031997@gmail.com

Nhận bài(Received): 24/02/2025; Phản biện (Reviewed):07/03/2025; Chấp nhận (Accepted):24/3/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung nghiên cứu hệ thống phanh trên ô tô điện với mục tiêu khảo sát hiệu quả phanh và đảm bảo tính ổn định trong quá trình vận hành. Nội dung chính bao gồm xây dựng mô hình động lực học của quá trình phanh, thực hiện mô phỏng trên phần mềm Matlab để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng như vận tốc ban đầu, hệ số bám đường và độ dốc của mặt đường. Nghiên cứu không chỉ cung cấp cơ sở lý thuyết để đánh giá hiệu quả phanh mà còn đưa ra những gợi ý hữu ích cho nhà sản xuất trong việc thiết kế hệ thống phanh tối ưu, đảm bảo an toàn và hiệu quả cho ô tô điện trong điều kiện giao thông tại Việt Nam.

Từ khóa: Hiệu quả phanh, hệ thống phanh ABS, ô tô điện.

ABSTRACT

This study focuses on the braking system of electric vehicles with the goal of examining braking performance and ensuring stability during operation. The main content includes building a dynamic model of the braking process, conducting simulations using Matlab software to analyze factors such as initial velocity, road adhesion coefficient, and road gradient. The research not only provides theoretical for evaluating braking efficiency but also offers valuable recommendations for manufacturers in designing optimal braking systems, ensuring safety and efficiency for electric vehicles under traffic conditions in Vietnam.

Keywords: Braking efficiency, ABS braking system, electric vehicles.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh ô tô điện ngày càng phổ biến, việc nghiên cứu hiệu quả và tính ổn định của hệ thống phanh là cần thiết. Nhiều

nghiên cứu trước đây đã tập trung vào đặc tính động lực học của hệ thống phanh ABS, mô hình hóa và mô phỏng trên Matlab để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả phanh. Tuy nhiên, vẫn cần có những

ngiên cứu chi tiết hơn để làm rõ tác động của vận tốc ban đầu, hệ số bám đường và độ dốc mặt đường đến quãng đường phanh và khả năng kiểm soát xe. Nghiên cứu này hướng đến việc xây dựng mô hình động lực học của quá trình phanh xe điện, mô phỏng và phân tích các yếu tố ảnh hưởng nhằm đưa ra các giải pháp tối ưu, góp phần nâng cao hiệu quả phanh và đảm bảo an toàn

khi vận hành xe điện trong điều kiện giao thông thực tế.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và nhiên liệu nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận văn được lựa chọn là xe ô tô điện được sản xuất và lắp ráp tại Việt Nam. Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật chính của xe VinFast VF8.

TT	Thông số	Đơn vị	VinFast VF 8 Plus	VinFast VF 8 Eco
1	Kích thước VinFast VF 8 (DxRxC)	mm	4.750 x 1.934 x 1.667	4.750 x 1.934 x 1.667
2	Chiều dài cơ sở	mm	2.950	2.950
3	Khoảng sáng gầm xe không tải	mm	179	179
4	Động cơ		Điện	Điện
5	Công suất tối đa	kW	300	260
6	Mô men xoắn cực đại	Nm	620	500
7	Hệ dẫn động		2 cầu toàn thời gian (AWD)	2 cầu toàn thời gian (AWD)
8	Thời gian tăng tốc từ 0-100km	Giây	5,5	6,5
9	Phạm vi hoạt động theo điều kiện tiêu chuẩn châu Âu (WLTP)	Km	400	420
10	Thời gian sạc pin nhanh nhất (10-70%)	Phút	≤ 24	≤ 24

2.2. Phương pháp nghiên cứu

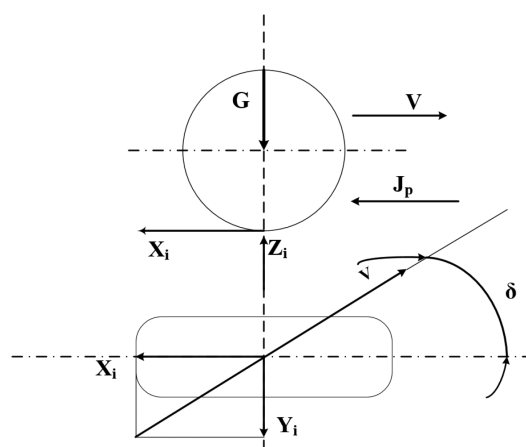
Để xây dựng mô hình động lực học khi phanh, tác giả sử dụng một số giả thiết sau:

- Đặc tính của các phần tử của hệ thống treo và lốp là tuyến tính, không bị uốn ngang.

- Xe chuyển động thẳng trong quá trình phanh.

- Thiết lập phương trình vi phân chuyển động.

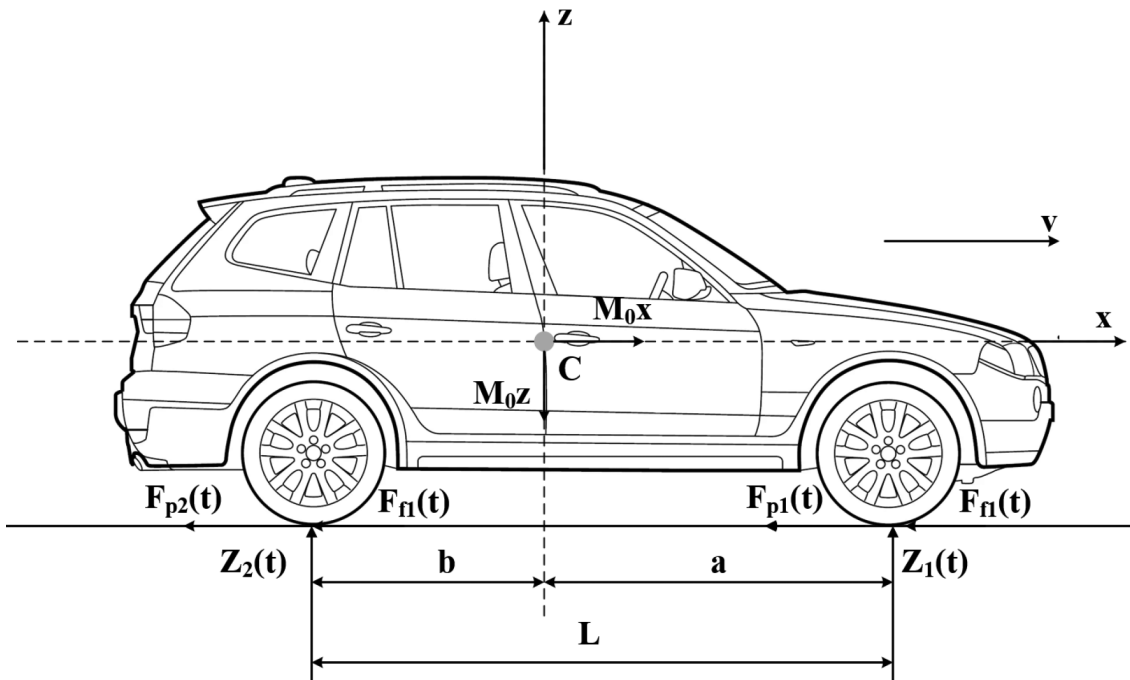
Lực ngang tác dụng lên lốp xe:



Hình 1. Sơ đồ phân bố lực trên một bánh xe

$$Y_{mi}^{\delta} = K_{y0} \cdot tg \delta_i = K_{y0} \cdot \delta \sqrt{1 - \left[\frac{P_{pi}}{Z_i} \right]^2} \quad (1)$$

Trong đó: K_{y0} : Hệ số lăn lệch ban đầu của lớp, P_{pi} : Lực phanh ở mỗi bánh xe.



Hình 2. Sơ đồ lực tác dụng lên xe khi phanh trên đường phẳng

$$P_c = P_f + P_p \pm P_i \pm P_j \quad (2)$$

$$P_p = P_p(t); \quad (4)$$

Trong đó: $P_f = P_{f1} + P_{f2}$ lực cản lăn và lực cản lăm của bánh xe cầu trước và cầu sau;

$$P_f = fG(t);$$

$$P_i = P_i(t);$$

$$P_c = P_c(t).$$

P_p - lực phanh sinh ra tại bánh xe, được xác định từ biểu thức:

- Lực cản lăn:

$$P_p = P_{pmax} \left(1 - e^{-k(t-t_{c1})} \right) \quad (3)$$

$$P_{f1}(t) = fZ_1(t); \quad (5)$$

$$P_{f2}(t) = fZ_2(t);$$

t_{c1} - khoảng thời gian chậm tác dụng vào phanh ô tô;

- Lực bám:

ϕ - hệ số bám của bánh xe với mặt đường;

$$P_{y1}(t) = y_1 Z_1(t); \quad (6)$$

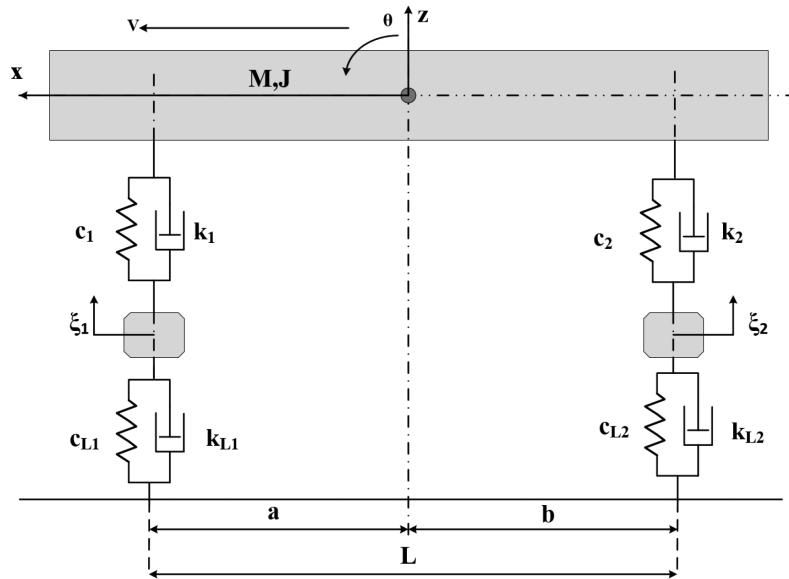
$$P_{y2}(t) = y_2 Z_2(t);$$

P_j - lực cản quán tính;

P_i - lực cản trên đường dốc.

Các thành phần lực trên thay đổi theo thời gian phanh, bao gồm:

Trong quá trình phanh, lực quán tính $P_j = M_x \cdot x$ gây ra sự phân bố lại tải trọng trên các cầu và dẫn đến sự dao động xe trong mặt phẳng dọc, dao động theo phương thẳng đứng và xoay quanh trục y.



Hình 3. Mô hình dao động theo phương thẳng đứng của xe VF8 khi phanh

Phương trình vi phân dao động của hệ có thể được lập dựa trên nguyên lý D'Alembert hoặc phương trình Lagrange loại II:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F_k}{\partial \dot{q}_i} \right) - \left(\frac{\partial E_k}{\partial q_i} \right) + \left(\frac{\partial E_n}{\partial q_i} \right) + \left(\frac{\partial E_p}{\partial q_i} \right) = F_i \quad (7)$$

Trong đó: n – số tọa độ suy rộng (hoặc số bậc tự do của cơ hệ)

q_i – Đạo hàm của tọa độ thứ i theo thời

gian;

E_k, E_n – Tương ứng với động năng và thế năng của hệ (J);

E_p – Năng lượng khuếch tán của hệ (J);

F_i – Lực suy rộng tác dụng theo hướng của tọa độ suy rộng (N).

Sau khi biến đổi và đạo hàm thì phương trình có dạng tổng quát như sau:

$$\begin{cases} \ddot{x} = \frac{P_c(t)}{M_0} \\ \ddot{z} = -\frac{1}{M} [(k_1 + k_2)\dot{z} + (c_{p1} + c_{p2})z + (k_1 a - k_2 b)\dot{\theta} + (c_{p1} a - c_{p2} b)\theta - k_1 \dot{\xi}_1 - c_{p1} \xi_1 - k_2 \dot{\xi}_2 - c_{p2} \xi_2]; \\ \ddot{\theta} = -\frac{1}{J_y} [(k_1 a^2 + k_2 b^2)\dot{\theta} + (c_{p1} a^2 + c_{p2} b^2)\theta + (k_1 a - k_2 b)\dot{z} + (c_{p1} a - c_{p2} b)z - k_1 a \dot{\xi}_1 - c_{p1} a \xi_1 + k_2 b \dot{\xi}_2 + c_{p2} b \xi_2 - (h_0 + z)P_c(t)]; \\ \ddot{\xi}_1 = \frac{1}{m_1} [-(k_1 + k_{L1})\dot{\xi}_1 - (c_{p1} + c_{p2})\xi_1 + k_1 \dot{z} + c_{p1} z + k_1 a \dot{\theta} + c_{p1} a \theta]; \\ \ddot{\xi}_2 = \frac{1}{m_2} [-(k_2 + k_{L2})\dot{\xi}_2 - (c_{p1} + c_{p2})\xi_2 + k_2 \dot{z} + c_{p2} z + k_2 b \dot{\theta} + c_{p2} b \theta] \end{cases} \quad (8)$$

Trong đó: M_0 - tổng khối lượng xe:
 $M_0 = M + m_1 + m_2$

M - Khối lượng được treo (kg), $m_{1,2}$ -
 Khối lượng cầu trước và cầu sau

$c_{p1,2}$ - Hệ số cứng của treo ở cầu trước
 và cầu sau

k_{L1}, k_{L2} - Hệ số giảm chấn của lớp
 trước và lớp sau

ξ_1, ξ_2 - Dịch chuyển thẳng đứng của
 khối lượng cầu trước và cầu sau (m)

$k_{j,2}$ - Hệ số cản giảm chấn của treo và
 của lớp ở cầu trước và sau

M_{p1}, M_{p2} - mô men phanh tương ứng
 với cầu trước và cầu sau

k_{p1}, k_{p2} - hệ số tăng lực phanh (hay
 cường độ tăng lực phanh)

J - Mô men quán tính của khối lượng
 được treo đối với trục y đi qua trọng tâm
 (N.m)

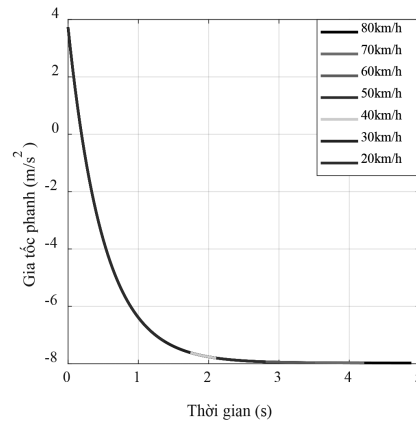
z, θ - Dịch chuyển thẳng đứng và góc
 xoay của thân xe quanh trọng tâm (m).

Để giải hệ phương trình vi phân chuyển
 động (8) trong đề tài này sử dụng phương
 pháp giải gần đúng Runge-Kutta với sự trợ
 giúp của máy vi tính bằng ngôn ngữ lập
 trình Matlab khảo sát ảnh hưởng của vận
 tốc lúc bắt đầu phanh và hệ số bám của mặt
 đường đến quãng đường phanh ô tô điện.

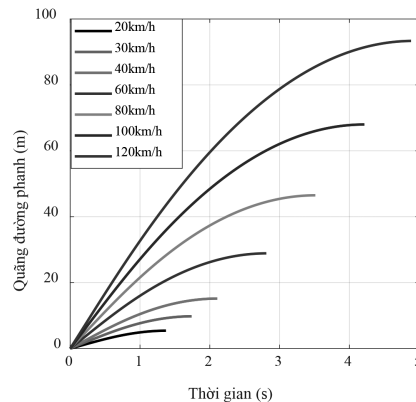
3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1. Ảnh hưởng vận tốc ban đầu đến hiệu quả phanh

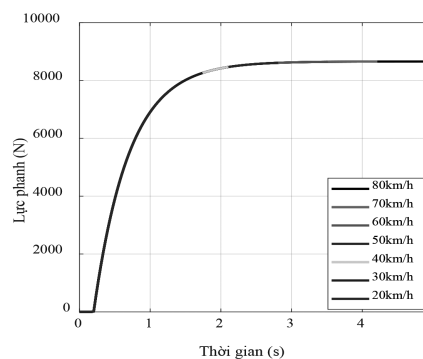
Trong khảo sát này, tác giả lựa chọn trường hợp xe đầy tải, chuyển động trên đường nằm ngang có hệ số bám tốt ($\varphi = 0.8$). Vận tốc của xe lúc bắt đầu phanh tương ứng với các chế độ là 20 km/h, 30 km/h, 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h, 120 km/h.



Hình 4. Đồ thị gia tốc phanh, vận tốc xe 20 ÷ 120 km/h, $\varphi = 0.8$



Hình 5. Đồ thị quãng đường phanh, vận tốc xe 20 ÷ 120 km/h, $\varphi = 0.8$



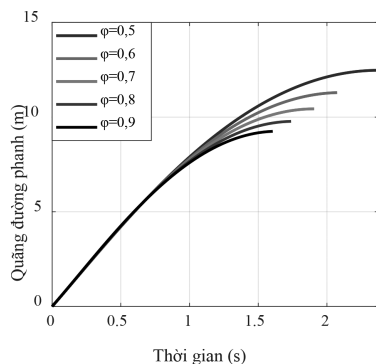
Hình 6. Đồ thị lực phanh, vận tốc xe 20 ÷ 120 km/h, $\varphi = 0.8$

Kết quả mô phỏng cho thấy, Khi xe di chuyển trên đường ngang với hệ số bám khảo sát $\varphi = 0,8$, ta nhận thấy rằng quãng đường và thời gian phanh tăng lên khi vận tốc bắt đầu phanh cao hơn. Mặt khác, lực phanh không thay đổi nhiều. Cụ thể, tại vận

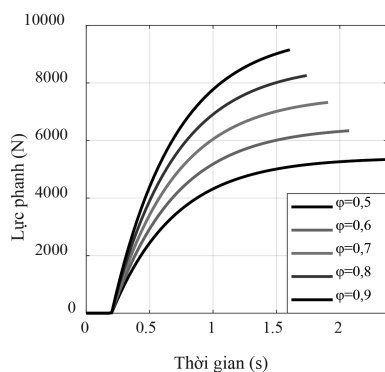
tốc 60 km/h, quãng đường phanh đạt giá trị lớn nhất là 28.87 m, trong khi thời gian phanh ngắn nhất là 2.8 s. Những giá trị này chỉ được khảo sát trên đường bằng phẳng, với hệ số bám lớn và tải trọng đầy tải. Các yếu tố như thay đổi hệ số bám, tải trọng và độ dốc của đường sẽ được khảo sát trong các phần tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của hệ số bám đến hiệu quả phanh

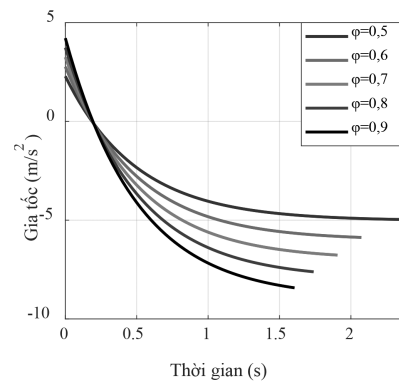
Trong khảo sát này, tác giả lựa chọn trường hợp xe đầy tải, chuyên động trên đường nằm ngang có hệ số bám $\varphi = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ và $0,9$ ứng với vận tốc của xe lúc bắt đầu phanh tương ứng với các chế độ là 20 km/h, 30 km/h, 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h và 120 km/h. Trong tính toán này, tác giả lựa chọn thông số về quãng đường phanh, thời gian phanh, lực phanh tương ứng với vận tốc và hệ số bám để đánh giá hiệu quả phanh.



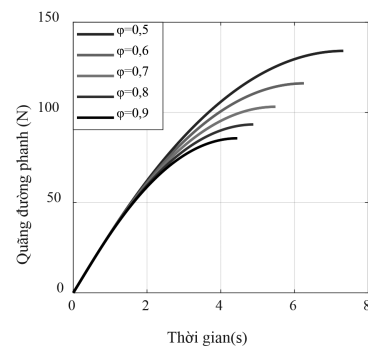
Hình 7. Đồ thị quãng đường phanh, vận tốc xe 30 km/h



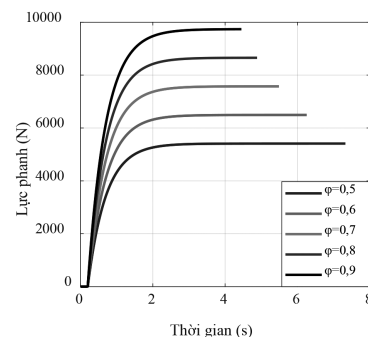
Hình 8. Đồ thị lực phanh, vận tốc xe 30 km/h



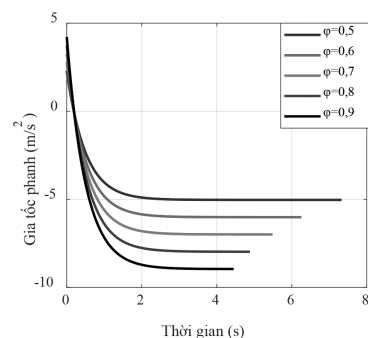
Hình 9. Đồ thị gia tốc phanh, vận tốc xe 30 km/h



Hình 10. Đồ thị quãng đường phanh, vận tốc xe 120 km/h



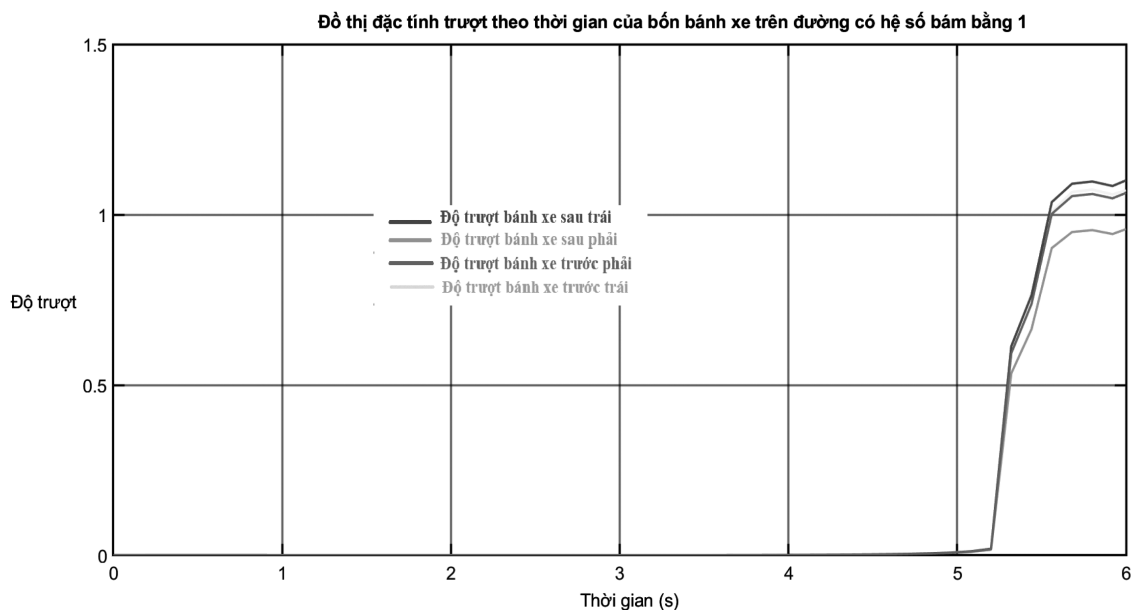
Hình 11. Đồ thị lực phanh, vận tốc xe 120 km/h



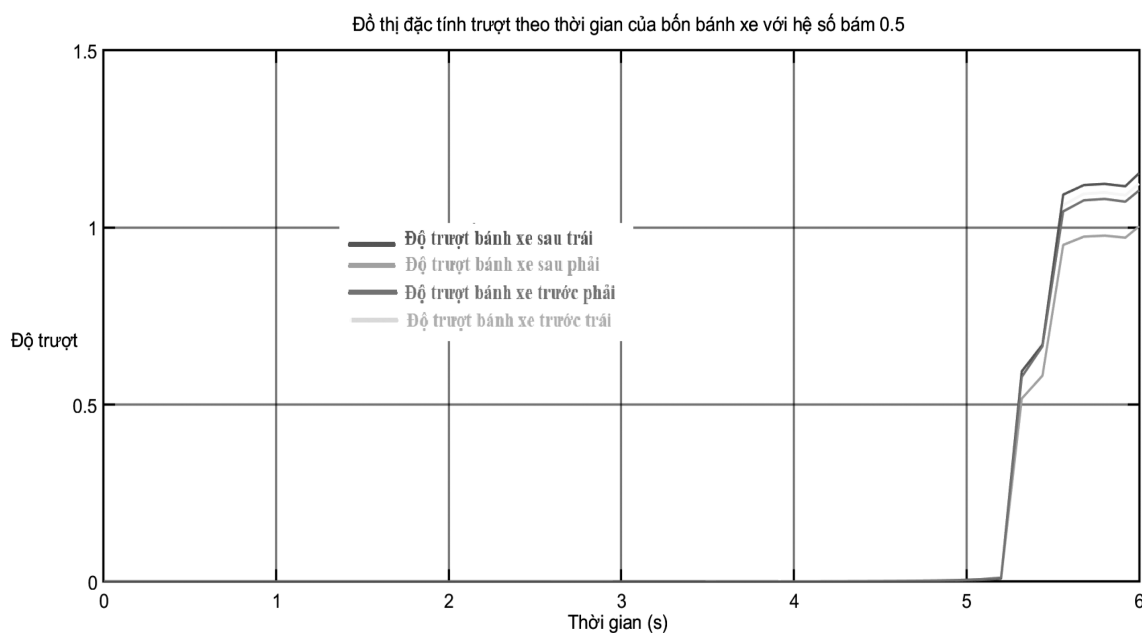
Hình 12. Đồ thị gia tốc phanh, vận tốc xe 120 km/h

Bảng 1. Ảnh hưởng của vận tốc ban đầu và hệ số bám đến hiệu quả phanh ô tô

TT	Vận tốc phanh (km/h)	Hệ số bám	S_{pmax} (m)	T_{pmin} (s)	P_{pmax} (kN)	J_{pmax} (m/s ²)
1	20	$\varphi = 0,5$	6,65	1,81	5192	-4,83
		$\varphi = 0,6$	6,11	1,60	6101	-5,66
		$\varphi = 0,7$	5,71	1,47	6978	-6,45
		$\varphi = 0,8$	5,41	1,37	7824	-7,22
		$\varphi = 0,9$	5,16	1,27	8594	-7,92
2	30	$\varphi = 0,5$	12,4	2,37	5340	-4,96
		$\varphi = 0,6$	11,29	2,07	6339	-5,87
		$\varphi = 0,7$	10,43	1,90	7324	-6,76
		$\varphi = 0,8$	9,77	1,74	8257	-7,61
		$\varphi = 0,9$	9,29	1,61	9152	-8,42
3	40	$\varphi = 0,5$	19,84	2,91	5386	-5,01
		$\varphi = 0,6$	17,79	2,59	6432	-5,95
		$\varphi = 0,7$	16,31	2,30	7462	-6,89
		$\varphi = 0,8$	15,15	2,10	8465	-7,80
		$\varphi = 0,9$	14,25	1,94	9438	-8,68
4	60	$\varphi = 0,5$	39,21	4,01	5407	-5,03
		$\varphi = 0,6$	34,67	3,47	6483	-6,00
		$\varphi = 0,7$	31,38	3,11	7551	-6,97
		$\varphi = 0,8$	28,88	2,81	8609	-7,93
		$\varphi = 0,9$	26,91	2,57	9654	-8,88
5	80	$\varphi = 0,5$	64,71	5,11	5410	-5,03
		$\varphi = 0,6$	56,69	4,41	6490	-6,01
		$\varphi = 0,7$	50,88	3,87	7569	-6,99
		$\varphi = 0,8$	46,49	3,51	8645	-7,96
		$\varphi = 0,9$	43,04	3,21	9714	-8,93
6	100	$\varphi = 0,5$	96,35	6,22	5410	-5,03
		$\varphi = 0,6$	83,84	5,31	6492	-6,01
		$\varphi = 0,7$	74,81	4,68	7573	-6,99
		$\varphi = 0,8$	67,98	4,21	8653	-7,97
		$\varphi = 0,9$	62,62	3,81	9731	-8,95
7	120	$\varphi = 0,5$	134,12	7,32	5410	-5,03
		$\varphi = 0,6$	116,13	6,25	6492	-6,01
		$\varphi = 0,7$	103,15	5,44	7574	-6,99
		$\varphi = 0,8$	93,34	4,88	8655	-7,97
		$\varphi = 0,9$	85,66	4,48	9736	-8,95



Hình 13. Đồ thị độ trượt của 4 bánh xe theo thời gian trên đoạn đường có hệ số bám tốt ($\varphi=1$)



Hình 14. Đồ thị độ trượt của 4 bánh xe theo thời gian trên đoạn đường có hệ số bám tốt ($\varphi=0.5$)

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của vận tốc ban đầu và hệ số bám đường đến hiệu quả phanh của ô tô điện. Kết quả mô phỏng cho thấy, khi vận tốc tăng, quãng đường và thời gian phanh cũng tăng, trong khi hệ số bám cao giúp rút

ngắn quãng đường phanh. Các kết quả mô phỏng này cung cấp cơ sở quan trọng để tối ưu hóa hệ thống phanh, nâng cao tính an toàn và ổn định cho ô tô điện. Trong tương lai, cần nghiên cứu thêm về ảnh hưởng của tải trọng, điều kiện thời tiết và các công nghệ kiểm soát phanh tiên tiến như ABS, EBD,...

TÀI LIỆU THAM KHẢO**1. Tài liệu tham khảo trong nước.**

- [1]. Phạm Xuân Mai và các tác giả (2023), Ô tô điện và ô tô tự lái, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [2]. <https://ev-volumes.com/news/ev/global-ev-sales-for-2023/> (truy cập tháng 3/2024)
- [3]. Lương Văn Vạn (2017), Giáo trình Kết cấu – Tính toán ô tô, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

2. Tài liệu tham khảo nước ngoài.

- [4] Pradeep Rohilla, Amit, Jitender, Akshay Dhingra (4/2016), “Design and Analysis of Controller for Antilock Braking System in Matlab/Simulink”, Pradeep Rohilla, Amit, Jitender, Akshay Dhingra, The NorthCap University Gurgaon, India.
- [5]. https://vinfastauto.com/vn_vi/thong-so-ky-thuat-vf8-kich-thuoc-va-thiet-ke (truy cập ngày 27/9/2024)