

ỨNG DỤNG MATLAB/SIMULINK MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC Ô TÔ ĐIỆN

Nguyễn Bá Thiện^{1,*}, Trần Đình Hường¹

¹*Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh*

*Email: nguyenbathien@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán, mô hình hóa, mô phỏng động học, động lực học ô tô điện bằng việc ứng dụng phần mềm Matlab- Simulink. Kết quả mô phỏng tính toán giúp người học và người làm công tác kỹ thuật về ô tô có cách nhìn tổng quan hơn, đánh giá chính xác hơn mức độ ảnh hưởng của các đại lượng động học và động lực học trên ô tô đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của xe, qua đó nhận thức được trách nhiệm rõ ràng và cụ thể về mặt kỹ thuật trong công việc thực tế liên quan đến lĩnh vực ô tô. Đây cũng là cơ sở để thực hiện hỗ trợ giảng dạy, học tập, nghiên cứu khoa học của cán bộ và giảng viên trong ngành công nghệ kỹ thuật ô tô.

Từ khóa: Ô tô điện, động lực học, Matlab- Simulink, lập trình, động cơ DC

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình giảng dạy học phần lý thuyết ô tô cho sinh viên chuyên ngành nhóm tác giả nhận thấy, việc tính toán động học và động lực học của xe đảm bảo điều kiện chuyển động ổn định và vận hành bình thường của xe trên các loại đường khác nhau là khối lượng công việc tính toán tương đối lớn đặc biệt với đối tượng là sinh viên. Mối quan hệ giữa các đại lượng thông số đầu vào là điện áp, lực cản chuyển động.. và thông số đầu ra: vận tốc xe, lực kéo, nếu chỉ thực hiện bằng các phương pháp tính toán thông thường là không khả thi.

Để giải quyết vấn đề trên, việc ứng dụng phần mềm Matlab- Simulink mô phỏng động học và động lực học ô tô điện giúp ta có được phương pháp tính toán với kết quả nhanh hơn và chính xác hơn, giúp tối ưu hóa các kết quả thử nghiệm, đánh giá được ảnh hưởng giữa các thông số đầu vào với thông số đầu ra, qua đó tìm được giá trị tối ưu phù hợp nhất. Chương trình lập trình cũng có thể dùng để kiểm nghiệm cho nhiều loại xe khác nhau.

Ô tô điện Tesla Model S P85 những ưu điểm nổi bật cho người sử dụng [1]

Tesla Model S P85 sở hữu những ưu điểm vượt trội về khả năng tăng tốc, tiết kiệm chi phí

năng lượng và tính thân thiện với môi trường khi so sánh với các mẫu xe xăng cùng phân khúc:

Mô-men xoắn tức thời: Động cơ điện tạo ra mô-men xoắn cực đại (600Nm) ngay lập tức khi người lái nhấn ga, mang lại cảm giác tăng tốc nhanh, mượt mà và mạnh mẽ hơn đáng kể so với xe xăng cùng phân khúc, vốn cần thời gian để đạt vòng tua máy tối ưu.

Chi phí sạc điện thấp hơn nhiều so với đổ xăng: Chi phí để sạc đầy pin cho quãng đường khoảng 300km của xe thấp hơn đáng kể so với chi phí mua xăng cho cùng quãng đường di chuyển của một chiếc xe xăng hạng B. Người dùng có thể tiết kiệm tới khoảng 5 lần chi phí nhiên liệu.

Bảo dưỡng rút ngắn công đoạn, ít tốn kém: Xe điện loại bỏ nhiều bộ phận cần bảo dưỡng định kỳ ở xe xăng như dầu động cơ, lọc gió, bugi, dây đai cam. Điều này giúp giảm đáng kể chi phí và tần suất bảo dưỡng.

Thân thiện với môi trường trong quá trình vận hành, ô tô điện không phát thải khí thải gây ô nhiễm như CO₂, NO_x, bụi mịn... Đây là ưu điểm lớn nhất của xe điện, góp phần trực tiếp vào việc cải thiện chất lượng không khí tại các đô thị.

Giảm ô nhiễm tiếng ồn: Động cơ điện hoạt động êm ái, gần như không gây tiếng ồn, mang

lại môi trường sống yên tĩnh hơn và trải nghiệm lái xe thoải mái hơn.



Hình 1. Xe điện Tesla

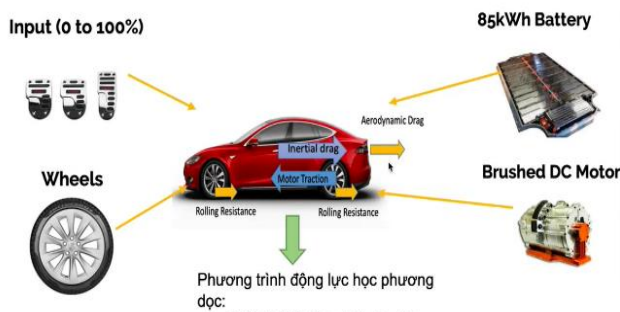
Để đánh giá về các ưu điểm nổi bật của **Tesla Model S P85**, đặc biệt tính năng về động học và động lực học cần xây dựng một chương trình mô phỏng, kết quả thể hiện bằng đồ thị, sẽ giúp ta có cách nhìn trực quan hơn (hình 1).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

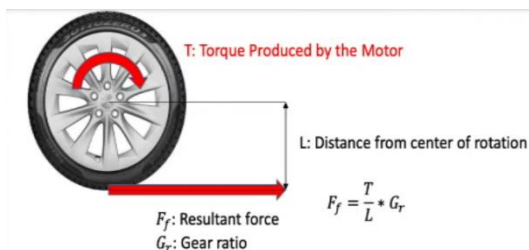
2.1. Mô hình thuật toán các thông số động học và động lực học của xe [2]

Điều kiện xe chuyển động được lực kéo lớn hơn hoặc cân bằng với tổng lực cản (hình 2, hình 3)

$$F_{\text{kéo}} \geq F_i + F_a + F_r \quad (1)$$



Hình 2. Xác định lực kéo



Hình 3. Lực kéo tác dụng lên bánh xe chủ động

Các bánh xe chuyển đổi mô-men xoắn do động cơ tạo ra thành lực tịnh tiến nhờ ma sát tạo

ra bởi lớp của chúng. Lực này được biểu thị bằng công thức

$$F_k = \frac{T}{R} \cdot G_r \quad (2)$$

T: Mô men xoắn của động cơ (N.m). R: bán kính bánh xe chủ động $R = 48/2 = 24\text{cm}$, $R = 0,24\text{m}$, G_r : tỷ số truyền của hộp số $G_r = 9,73$

$$F_k = \frac{T}{R} \cdot G_r = \frac{T}{0,24} \cdot 9,73 = 40,5 \cdot T \quad (3)$$

a. Lực cản khí động học

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A_F (V_x + V_{wind})^2 \quad (4)$$

ρ : là mật độ không khí – thường được chọn bằng $1,225\text{kgm}^{-3}$. C_d là hệ số cản gió – thường được chọn bằng $0,24$; A_F là diện tích mặt trước của xe $A_F = 2,3\text{m}^2$. $V_x = x'$ là vận tốc theo chiều dọc của xe. V_{wind} là vận tốc của gió (m/s), chọn vận tốc gió $V_{wind} = 0$ Thay số vào ta có

$$F_{aero} = 0,3381 \cdot v^2 \quad (5)$$

b. Lực cản lăn

Hậu quả của tổn thất cơ học do sự biến dạng của lớp xe khi tiếp xúc với mặt đất

$$F_r = m_t \cdot C_r \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

α : Góc dốc, chọn $\alpha = 0$. C_r : hệ số cản lăn, xét lớp xe khô và đường nhựa, chọn $C_r = 0,02$. m_t : tổng khối lượng của xe, $m_t = 2108\text{kg}$. g : hằng số hấp dẫn, $g = 9,81\text{ m/s}^2$. Thay số vào ta được

$$F_r = 2108 \cdot 0,02 \cdot 9,81 = 413 \cdot N \quad (7)$$

c. Lực cản quán tính

Xác định theo biểu thức

$$F_q = m \cdot j \cdot \delta_i \quad (8)$$

J: gia tốc của xe. δ_i : hệ số ảnh hưởng của tỷ số truyền $\delta_i = 1,05 + 0,0015 \cdot (G_r)^2$. Thay số vào ta được

$$F_q = m \cdot j \cdot \delta_i = 2108 \cdot j \cdot (1,05 + 0,0015 \cdot 8,63^2)$$

$$F_q = 2513 \cdot j \cdot (N) \quad (9)$$

d. Điện áp của Pin điện

Pin của Tesla model S được ghép bởi 7.104 cell pin mã 18650 gồm 16 modul mỗi module gồm 444 cell có khả năng lưu trữ lên 85kWh. Điện áp danh định của Pin $V = 346\text{ V}$ (hình 4)

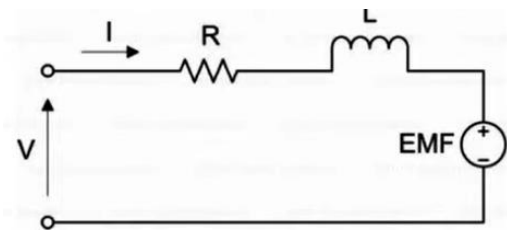


Hình 4. Pin Litium-Ion

e. Động cơ điện

Tesla Model S sử dụng động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu ba pha xoay chiều bốn cực, để tính toán điều khiển động cơ này tương đối phức tạp. Nên để đơn giản, chúng ta sẽ sử dụng động cơ DC có chổi than mà chúng ta sẽ biểu diễn toán học sao cho phù hợp với động cơ Tesla nhất có thể.

Mô hình toán học động cơ DC (hình 5)



Hình 5. Mô hình động cơ điện 1 chiều

$$V = I(t) \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + E(t) \quad (10)$$

Mô men xoắn của động cơ điện một chiều

$$T(t) = K_t \cdot I(t) \quad (11)$$

Với K_t hằng số mô men xoắn của động cơ xác định các đặc tính chế tạo của nó

Hiệu điện thế rơi trên động cơ cho bởi công thức

$$E(t) = K_e \cdot \omega(t) \quad (12)$$

Với K_e là hằng số động cơ, $\omega(t)$ là tốc độ quay của động cơ rad/s. Viết lại phương trình (10)

$$V = I(t) \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + K_e \cdot \omega(t) \quad (13)$$

Rút di/dt ta có

$$\frac{di}{dt} = \frac{V - I(t) \cdot R - K_e \cdot \omega(t)}{L} \quad (14)$$

Bảng 1. Tổng hợp các thông số và mô hình thuật toán

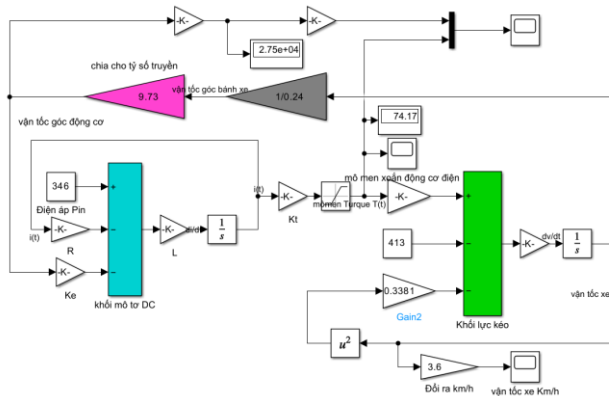
T	Thông số cơ bản của động cơ	Thuật toán tính các giá trị
	Điện trở cuộn dây	$R = 5.3 \cdot 10^{-3} (\text{ohm})$
	Điện cảm	$L = 493 \cdot 10^{-9} (\text{Herry})$
	Hằng số động cơ	$K_e = 0,12 \text{ Vs/rad.E}$
	K_t	$K_T = 0,25 \text{ Nm/Amp}$
	Lực kéo từ động cơ	$F_k = 40.5 \cdot T \cdot 0,7$
	Lực cản lăn	$F_r = 413 (\text{N})$
	Lực cản khí động học	$F_{aero} = 0,3381 \cdot v^2$
	Lực cản quán tính	$F_q = 2513 \cdot J$
	PT lực kéo	$40.3 \cdot T \cdot 0,7 = 413 + 0,3381 \cdot v^2 + 2513 \cdot J$
	PT lực kéo	$\frac{dv}{dt} = \frac{0,7 \cdot 40.5 \cdot T - 413 - 0,3381 \cdot v^2}{2513}$
	PT mô men	$T(t) = 0,25 \cdot I(t)$
	PT di/dt	$\frac{di}{dt} = \frac{V - I(t) \cdot 5.3 \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot \omega(t)}{493 \cdot 10^{-9}}$

2.2. Xây dựng chương trình mô phỏng động lực trên Matlab- Simulink [3]

Bảng 2. Thông số kỹ thuật xe Tesla ModelS [4]

TT	Thông số kỹ thuật
1	Trọng lượng không tải (kg): 2108
2	Công suất tối đa (động cơ điện) (kW/Hp): 343/460 tại $\omega = 8600 \text{ vg/ph}$
3	Mô men xoắn cực đại (Nm): 600
4	Điện áp danh định 346V
5	Động cơ đồng bộ 3 pha nam châm vĩnh cửu. Kích thước lốp: 255/45R19
6	Khả năng tăng tốc từ 0 đến 100 km/h của Tesla SP85 là 4,4 giây
7	Tốc độ tối đa: Vận tốc tối đa của xe được công bố là 250 km/h.

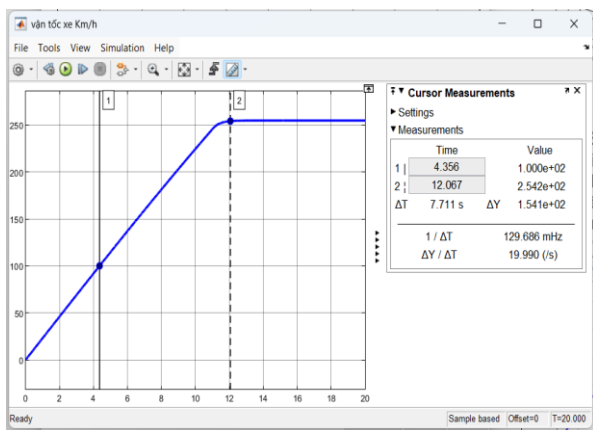
Ứng dụng Matlab- Simulink xây dựng chương trình mô phỏng các thông số động học và động lực học trên xe ô tô điện Tesla Model SP85 (hình 6), [5].



Hình 6. Chương trình mô phỏng động lực học ô tô điện

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả mô phỏng thông số động học: vận tốc của xe



Hình 7. Kết quả mô phỏng vận tốc xe

Bảng 3. Kết quả tính toán các thông số mô phỏng

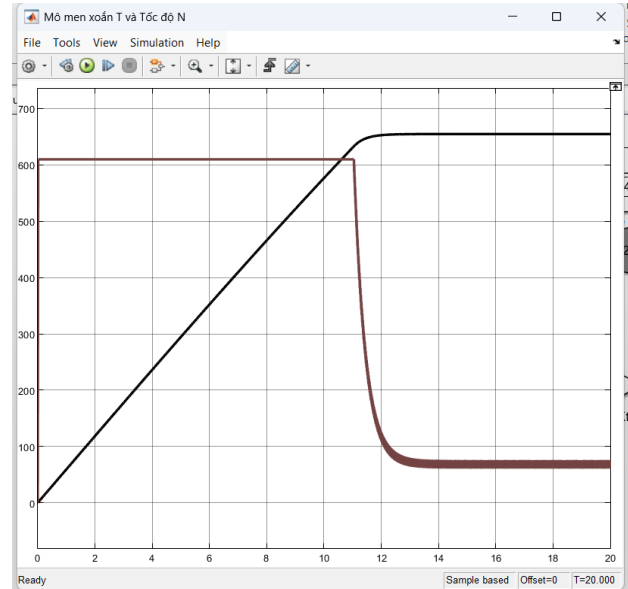
Thông số	Thời gian t (s)				
	t = 2s	t = 4,356s	t = 12,067s	t = 16s	
V (km/h)	50	100	254	254	
T (N.m)	610	610	100	50	

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng chương trình mô phỏng thông số động học và động lực học của xe ô tô điện Tesla Model SP85, kết quả mô phỏng 3 thông số là mô men xoắn T, Vận tốc của xe và tốc độ quay N(vg/ph) của trục động cơ điện. Kết quả mô phỏng này phản ánh sát thực với thông số kỹ thuật mà nhà sản xuất công bố. Trong đó đặc biệt là chỉ tiêu kỹ thuật của xe tăng tốc từ 0-100km/h với $t = 4,365s$. Xe đạt vận tốc tối đa

Xe đạt vận tốc 100km/h tại thời gian $t = 4.356s$, và đạt vận tốc lớn nhất $V_{max} = 254km/h$ tại thời gian $t = 12s$ (hình 7)

3.2. Kết quả mô phỏng mối quan hệ giữa mô men xoắn trục động cơ T và tốc độ N(vg/ph)



Hình 8. Kết quả mô phỏng đặc tính Cơ của động cơ điện

Kết quả mô phỏng mối quan hệ giữa mô men xoắn trên trục động cơ điện T và vận tốc quay N cho thấy, kết quả này khá tương đồng số liệu đã được công bố trên các tài liệu kỹ thuật về động cơ điện của hãng sản xuất xe (hình 8).

254km/h sau thời gian $t = 12s$, tính từ lúc xe bắt đầu khởi động.

Kết quả mô phỏng cho ra đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa thông số đầu vào là kết cấu của xe, động cơ điện, điện áp Pin, và thông số đầu ra Vận tốc, mô men xoắn. Kết quả mô phỏng tính toán giúp người học và người làm công tác kỹ thuật về ô tô có cách nhìn tổng quan hơn, đánh giá chính xác hơn mức độ ảnh hưởng của các đại lượng động học và động lực học trên ô tô đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của xe.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Medicar (2022), Ô tô tesla có gì đặc biệt <https://medicar.vn/blogs/news/o-to-tesla?srsId=AfmBOori-8V4gyMbp9ZnvOZ2KOcdfiwCpZ31DfmYaSKkKXiMly4UIYlu>
2. Cẩn N H (2000), *Lý Thuyết Ô tô Máy Kéo*, nhà xuất bản Khoa Học Kỹ Thuật, Hà Nội.
3. Quang N P (2006), *Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
4. Tesla Model S P85- Specifications <https://www.evspecifications.com/en/model/657d30>
5. Dũng L T (2020), *Hướng dẫn sử dụng Simulink mô phỏng Truyền động điện* https://www.youtube.com/watch?v=vxlx6MskUT8&list=PL83PHDBOYwApfMslHn_8lc1D_5s0OLUq7&index=2
6. Thọ T Q (2020), *Truyền động điện tự động*, Nhà xuất bản đại học quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh.

Thông tin của tác giả:**ThS. Nguyễn Bá Thiện**

Khoa Cơ khí- Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).977.194.959 - Email: nguyenbathien@gmail.com**ThS. Trần Đình Hưởng**

Khoa Cơ khí- Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).936.593.709 - Email: trandinhhuongmm@gmail.com

APPLICATION OF MATLAB/SIMULINK TO MODEL AND SIMULATE DYNAMICS OF ELECTRIC CARS

Information about authors:**Nguyen Ba Thien**, Master., Faculty of Mechanical - Automotive Engineering

Quang Ninh University of Industry,

- Email: nguyenbathien@gmail.com**Tran Dinh Huong**, Master., Faculty of Mechanical - Automotive Engineering, Quang NinhUniversity of Industry - Email: trandinhhuongmm@gmail.com**ABSTRACT:**

The article presents the method of calculating, modeling, simulating the dynamics and dynamics of electric cars by applying Matlab-Simulink software. The results of the simulation help students and technicians working on cars have a more general view, more accurately assess the level of influence of kinematic and dynamic quantities on cars on the economic and technical indicators of the car, thereby recognizing clear and specific technical responsibilities in practical work related to the car sector. This is also the basis for supporting teaching, learning and scientific research of staff and students in specialized automotive engineering technology.

Keywords: *Electric cars, Dynamics, Matlab- Simulink, programming, DC motor*

REFERENCES

1. Medicar (2022), What's so special about Tesla cars? <https://medicar.vn/blogs/news/o-to-tesla?srsId=AfmBOori-8V4gyMbp9ZnvOZ2KOcdfiwCpZ31DfmYaSKkKXiMly4UIYlu>

2. Can N H (2000), *Theory of Automobiles and Tractors*, Science and Technology Publishing House, Ha Noi.
3. Quang N P (2006), *Matlab & Simulink for automatic control engineers*, Science and Technology Publishing House, Hanoi.
4. Tesla Model S P85- Specifications <https://www.evspecifications.com/en/model/657d30>
5. Dung L T (2020), *Simulink User Guide for Electric Drive Simulation* https://www.youtube.com/watch?v=UWJ1iL9FFcM&list=PL83PHDBOYwApfMslHn_8lc1D_5s0OLUg7
6. Tho T Q (2020), *Automatic Electric Transmission*, Ho Chi Minh City National University Publishing House.

Ngày nhận bài: 27/12/2025;

Ngày nhận bài sửa: 12/01/2025;

Ngày chấp nhận đăng: 16/01/2025.