

Mô hình hóa và mô phỏng ô tô điện cỡ nhỏ sử dụng Matlab- Simulink theo chu trình lái FTP-75

Lê Minh^{a*}, Nguyễn Đỗ Hoài Phong^b, Nguyễn Toàn Trung^c

Tóm tắt:

Với sự tiến bộ không ngừng của công nghệ, ngành công nghiệp ô tô đã chuyển mình sang một giai đoạn mới với sự ra đời của xe điện, một phương thức giao thông bền vững. Bài báo này trình bày quy trình mô hình hóa và mô phỏng hiệu suất hoạt động của ô tô điện bằng phần mềm MATLAB và Simulink. Quy trình bao gồm việc xây dựng các mô hình thành phần chi tiết như động cơ điện, hệ thống pin cao áp, và hệ thống phanh tái tạo năng lượng. Sử dụng chu trình lái tiêu chuẩn FTP-75 làm dữ liệu đầu vào và mẫu xe Tesla Model S P85 làm đối tượng nghiên cứu, mô hình tổng thể được mô phỏng để phân tích các yếu tố hiệu suất quan trọng như tốc độ xe, tốc độ động cơ, lực kéo, trạng thái sạc của pin (SOC) và năng lượng tiêu thụ trong các điều kiện vận hành khác nhau.

Từ khóa: chu trình lái FTP-75, mô hình hóa, trạng thái sạc của pin, ô tô điện cỡ nhỏ, năng lượng điện

^a Khoa Kỹ thuật công nghệ ô tô, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long; 73 Nguyễn Huệ, phường 2, tỉnh Vĩnh Long. e-mail: minhhl@vlute.edu.vn

^b Khoa Kỹ thuật công nghệ ô tô, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long; 73 Nguyễn Huệ, phường 2, tỉnh Vĩnh Long. e-mail: phongndh@vlute.edu.vn

^c Khoa Kỹ thuật công nghệ ô tô, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long; 73 Nguyễn Huệ, phường 2, tỉnh Vĩnh Long. e-mail: trungnt@vlute.edu.vn

* Tác giả chịu trách nhiệm chính.

Modeling and Simulation of Small Electric Vehicles Using Matlab-Simulink Based on the FTP-75 Driving Cycle.

Le Minh^{a*}, Nguyen Do Hoai Phong^b, Nguyen Toan Trung^c

Abstract:

With the continuous advancement of technology, the automotive industry has transitioned into a new phase with the advent of electric vehicles, a sustainable mode of transportation. This paper presents the process of modeling and simulating the operational performance of electric vehicles using MATLAB and Simulink software. The process includes building detailed component models such as the electric motor, high-voltage battery system, and regenerative braking system. Using the standard FTP-75 driving cycle as input data and the Tesla Model S P85 as the research subject, the overall model is simulated to analyze key performance factors such as vehicle speed, motor speed, traction force, battery state of charge (SOC), and energy consumption under different operating conditions.

Keywords: *FTP-75 driving cycle, modeling, state of charge, small electric vehicle battery, electric energy*

Received: 27.6.2024; **Accepted:** 15.9.2025; **Published:** 30.9.2025

DOI: 10.59907/daujs.4.3.2025.332

^a Faculty of Automotive Engineering, Vinh Long University of Technical Education; 73 Nguyen Hue Street, Ward 2, Vinh Long Province, Vietnam. e-mail: minhhl@vlute.edu.vn

^b Faculty of Automotive Engineering, Vinh Long University of Technical Education; 73 Nguyen Hue Street, Ward 2, Vinh Long Province, Vietnam. e-mail: phongndh@vlute.edu.vn

^c Faculty of Automotive Engineering, Vinh Long University of Technical Education; 73 Nguyen Hue Street, Ward 2, Vinh Long Province, Vietnam. email: trungnt@vlute.edu.vn

* Corresponding author.

Đặt vấn đề

Xe điện bao gồm nhiều mô hình khác nhau, được kết nối với nhau để đảm bảo hoạt động của xe. Ban đầu khi thiết kế xe điện, cần xác định các thông số kỹ thuật nhất định như bán kính lốp xe, loại động cơ, loại pin và kích thước xe. Những thông số này được sử dụng để tính toán các yếu tố như lực cản, mô-men xoắn do lốp cung cấp, và tốc độ sạc và xả của pin. Thiết kế xe đóng vai trò quan trọng trong hiệu suất hoạt động. Nếu xe được thiết kế tốt về mặt khí động học, xe sẽ phải vượt qua ít lực cản hơn khi chạy, giảm tải trọng lên động cơ, và từ đó động cơ sẽ hoạt động hiệu quả hơn, tăng phạm vi hoạt động. (Trai, 2006, 10-13)

Môi trường và địa hình sử dụng xe điện là yếu tố quan trọng, vì các địa hình khác nhau cung cấp các điều kiện môi trường khác nhau. Xe điện cần được thiết kế để thích nghi với địa hình cụ thể, nhằm nâng cao hiệu suất hoạt động. (Mir, 2020)

Các thành phần chính của xe điện bao gồm động cơ và pin. Lựa chọn động cơ phụ thuộc vào điều kiện môi trường mà xe sẽ vận hành và phạm vi hoạt động cần thiết. Các động cơ khác nhau cung cấp các mô-men xoắn khác nhau. Lựa chọn pin cũng phụ thuộc vào phạm vi hoạt động của xe. Động cơ và pin cần đồng bộ hiệu quả, đảm bảo dòng điện lưu thông liên tục giữa chúng. (Chauhan, 2017)

Mô phỏng động lực học và hiệu suất năng lượng của xe điện dưới các chu trình lái tiêu chuẩn là một ứng dụng quan trọng của MATLAB/Simulink, giúp phân tích khả năng tiêu thụ năng lượng và tối ưu hóa các thành phần như động cơ và hệ thống pin. (Liu, Z., Wang, J., & Li, Z, 2020)

Hệ thống phanh tái tạo năng lượng (RBS) trong xe điện đã được tối ưu hóa thông qua các mô phỏng, nhằm cải thiện khả năng thu hồi năng lượng và kéo dài phạm vi hoạt động của xe, đồng thời giảm thiểu tổn thất năng lượng. (Zhou, H., Zhao, P., & Yu, S., 2022)

Mô phỏng và so sánh các cấu hình hệ thống truyền động như truyền động một động cơ và đa động cơ cho phép lựa chọn cấu hình tối ưu cho các yêu cầu vận hành khác nhau, đặc biệt là trong các tình huống lái phức tạp. (Sun, D., Zhang, X., & Lee, J., 2019)

Với sự phát triển của các nguồn năng lượng thay thế, hệ thống tái tạo năng lượng được tích hợp vào xe điện để hỗ trợ mô hình pin. Hệ thống tái tạo năng lượng chuyển đổi năng lượng động quay còn lại khi phanh xe thành năng lượng điện và lưu trữ vào pin. Qua đó, trạng thái sạc của pin được cải thiện và phạm vi hoạt động của xe điện cũng được tăng lên.

Tại Việt Nam, đã có một số công trình nghiên cứu về xe ô tô điện tiêu biểu. Đại học Bách khoa Hà Nội đã tiến hành nhiều dự án nhằm cải thiện hiệu suất và giảm chi phí sản xuất xe điện, nhưng vẫn gặp phải hạn chế về phạm vi hoạt động, chi phí sản xuất cao do phụ thuộc vào linh kiện nhập khẩu, và công nghệ pin chưa tối ưu với thời gian sạc dài.

VinFast, một công ty con của Vingroup, đã đầu tư mạnh mẽ vào nghiên cứu và phát triển xe điện phù hợp với thị trường trong và ngoài nước, tuy nhiên công nghệ vẫn đang trong giai đoạn phát triển, hạ tầng trạm sạc còn thiếu, và cần cải thiện thời gian sạc và tuổi thọ pin. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh đã nghiên cứu hệ thống tái tạo năng lượng để tăng hiệu suất pin, nhưng hệ thống này chưa đạt hiệu suất cao và cần thêm thử nghiệm để đảm bảo độ bền trong điều kiện thực tế. VinBus, một công ty khác thuộc Vingroup, đã triển khai dịch vụ xe buýt điện tại Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh nhằm giảm ô nhiễm và cải thiện giao thông công cộng, nhưng cần đầu tư lớn vào hạ tầng sạc và bảo trì, đồng thời hiệu suất xe buýt điện cần cải thiện để cạnh tranh với xe buýt sử dụng động cơ đốt trong. Nhìn chung, các nghiên cứu và phát triển về xe điện tại Việt Nam gặp nhiều thách thức về công nghệ pin, chi phí sản xuất, hạ tầng trạm sạc, và cần nâng cao trình độ chuyên môn và kỹ năng của nhân lực trong lĩnh vực này để các nghiên cứu có thể ứng dụng rộng rãi và hiệu quả trong thực tế.

Sử dụng các công cụ như MATLAB và Simulink, các kỹ sư có thể xây dựng các mô hình mô phỏng chi tiết bao gồm động cơ điện, hệ thống pin, nguồn điện và hệ thống phanh tái tạo năng lượng. Qua đó, họ có thể tính toán và tối ưu hóa các thông số quan trọng như mô-men xoắn động cơ, tốc độ xe, và trạng thái sạc của pin dựa trên các chu trình vận hành mô phỏng tiêu chuẩn. Điều này không chỉ giúp giảm thiểu chi phí và thời gian phát triển mà còn cải thiện hiệu suất và độ tin cậy của xe điện trước khi triển khai sản xuất hàng loạt.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, tác giả đã sử dụng một số phương pháp nghiên cứu như sau: Đầu tiên, tác giả thu thập và phân tích dữ liệu từ các bài báo khoa học và những nghiên cứu trước đây, đồng thời phân tích các thông số cơ bản như loại động cơ, dung lượng pin, và khí động học của ô tô. Tiếp theo, tác giả xây dựng mô hình toán học cho các thành phần chính của xe ô tô điện cỡ nhỏ, sử dụng các phương trình vật lý để mô tả tương quan giữa các thông số kỹ thuật và điều kiện vận hành. Cuối cùng, tác giả tiến hành mô phỏng và phân tích kết quả mô phỏng để đánh giá hiệu suất hoạt động của xe điện. Đối tượng để tác giả thực hiện mô phỏng dựa trên mẫu xe điện cỡ nhỏ đang có trên thị trường ô tô Việt Nam.

Kết quả và thảo luận

Mô hình xác định lực cản ô tô (Trần Quốc Đảng, 2015, 43-62)

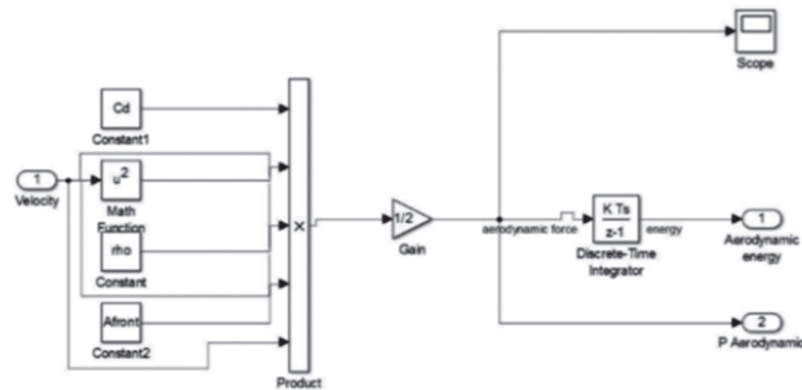
Lực cản khí động của ô tô

Lực cản khí động là một loại lực cản mà ô tô phải vượt qua khi di chuyển trong không khí. Công thức tính lực cản này được mô tả bởi phương trình:

$$R_{aero} = \rho A f C_d f (V - V_o) \quad (1)$$

Trong đó:

- ρ là mật độ của không khí, một đại lượng đo lường mức độ dày của không khí.
- A là diện tích mặt phía trước của ô tô, hay diện tích của phần gặp phải dòng không khí trực tiếp.
- C_d là hệ số cản khí động, một đại lượng thể hiện khả năng của ô tô tạo ra lực cản trong không khí. Nó phụ thuộc vào thiết kế của ô tô, đặc biệt là hình dạng của phần thân và bề mặt của ô tô.
- V là tốc độ di chuyển của ô tô.
- V_o là tốc độ gió tương đối, hay là tốc độ của gió so với ô tô.



Hình 1. Khối mô phỏng lực cản khí động

Khi tốc độ di chuyển của ô tô tăng lên, lực cản khí động cũng tăng theo. Điều này có thể làm tăng tiêu hao nhiên liệu và giảm hiệu suất của xe. Đối với các thiết kế ô tô, việc giảm bớt lực cản khí động là một phần quan trọng trong việc tối ưu hóa hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.

Lực cản lăn của lốp xe

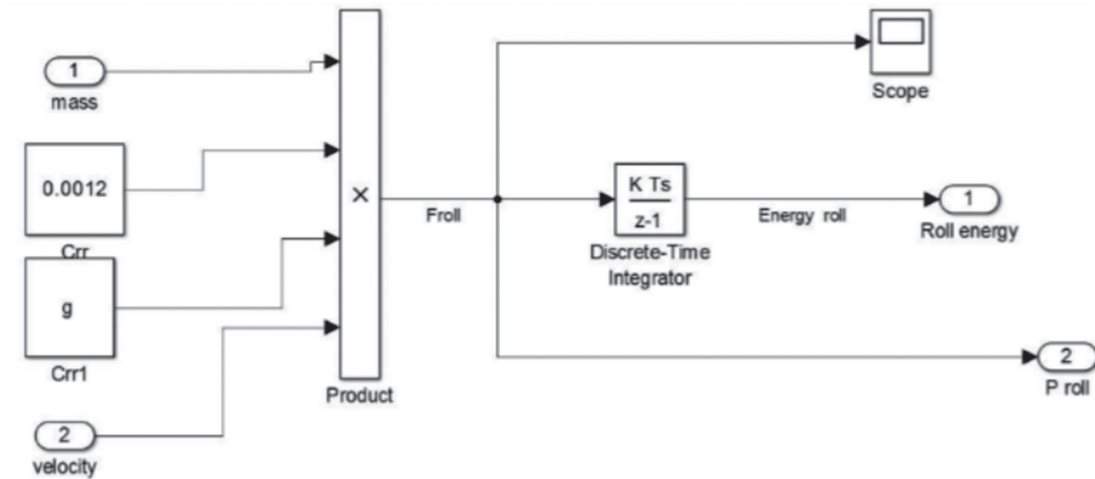
Khi xe di chuyển, lốp xe tiếp xúc với bề mặt đường và bị biến dạng. Khi lốp tiếp tục di chuyển, nó phải phục hồi hình dạng ban đầu của mình. Quá trình này tạo ra sự mất đi năng lượng, gây ra sự cản trở cho việc di chuyển của xe, được gọi là lực cản lăn bánh xe đàn hồi.

$$F_{rr} = C_{rr} W \quad (2)$$

Trong đó:

- F_{rr} là lực cản lăn bánh xe đàn hồi (N - Newton).
- C_r là hệ số cản lăn (hay còn gọi là hệ số cản lăn cuộn), là một hằng số phản ánh khả năng cuộn của lốp trên bề mặt đường.

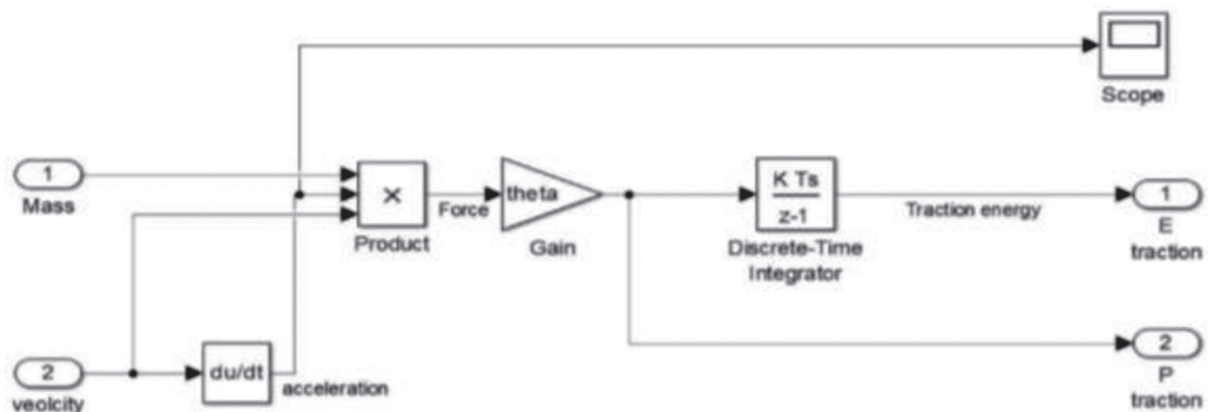
- W là trọng lượng của xe (N - Newton).



Hình 2. Khối mô phỏng lực cản lăn

Lực cản quán tính

Các định luật về chuyển động hằng định, trong quá trình tăng tốc và giảm tốc của một vật thể, một lực quán tính được tác động vào hướng ngược lại với chuyển động của vật thể. Lực này tạo ra lực cản quán tính.

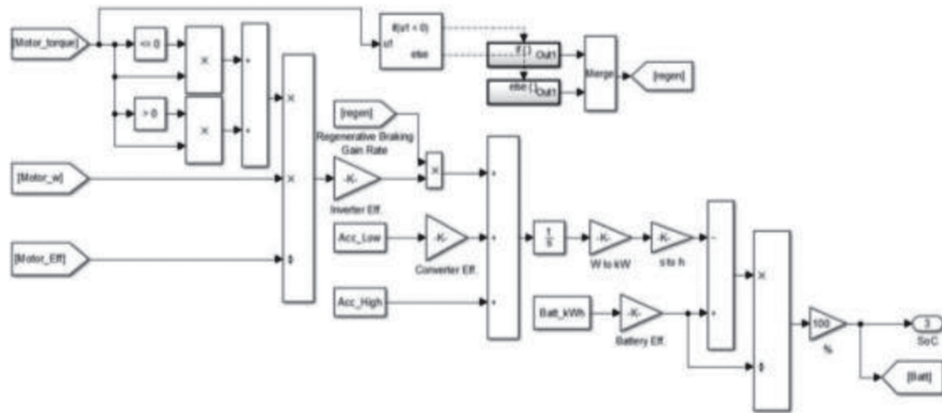


Hình 4. Khối mô phỏng lực cản quán tính

Mô hình motor điện

Tình trạng nạp của pin cao áp (SOC)

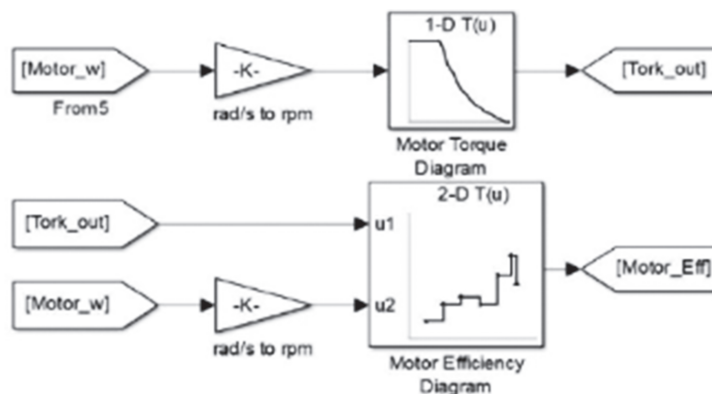
Mô hình pin được thiết kế để tính toán lượng năng lượng tiêu thụ trong quá trình vận hành. Lượng năng lượng tiêu thụ quyết định trạng thái sạc của pin và các giá trị tiêu thụ năng lượng cho 100 km di chuyển. Trong khi xe đang ở chế độ tái tạo năng lượng, nó sẽ được phanh với tỷ lệ tăng khoảng 30% và năng lượng được tạo ra sẽ được lưu trữ trong pin.



Hình 5. Khối mô phỏng SOC

Mô hình động cơ điện PMSM

Động cơ đồng bộ từ tính cố định (PMSM) là loại động cơ được sử dụng phổ biến nhất trong thiết kế Xe điện do hiệu suất cao và tổn thất năng lượng ít. Nam châm cố định tạo ra moment xoắn cao trong khe hở không khí, từ đó tăng cường mật độ công suất và tỷ lệ mô men xoắn so với khối lượng không gian. PMSM có phản ứng nhanh và hiệu suất cao. PMSM có hai phần chính, Rô-tơ và Stator. Stator bao gồm ba pha dây đồng phân bố theo hình sin. Rô-tơ không có dây. Điện áp ba pha cân bằng được cung cấp cho dây cuộn stator tạo ra một điện EMF quay với biên độ không đổi trong khe hở không khí. Dòng điện stator được kiểm soát bởi phản hồi vị trí của rô-tơ để duy trì tần số đồng bộ với rô-tơ. Sự tương tác của các trường stator và rô-tơ này dẫn đến sự phát triển mô men xoắn trên rô-tơ. (Andrzej Stępniewski, 2015)



Hình 6. Mô hình mô phỏng khối motor điện

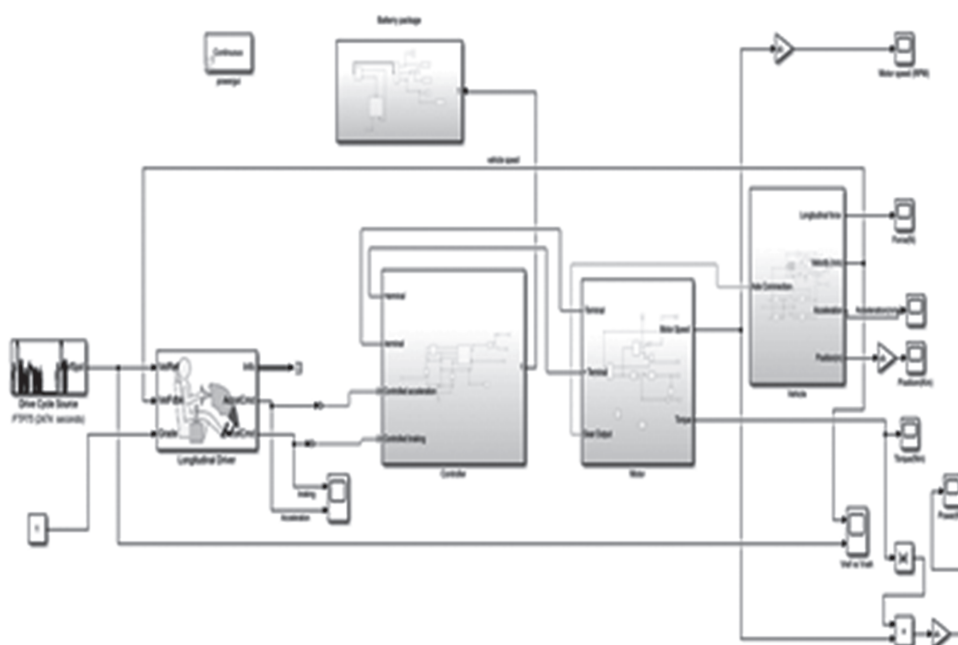
Mô hình mô phỏng

Tất cả các mô hình trên được liên kết với nhau và chu trình lái xe FTP-75 được xem xét để mô phỏng. (Vinh, 2017)

FTP-75 (Federal Test Procedure - 75) là một quy định được sử dụng để đo và xác định lượng khí thải do các phương tiện tham gia giao thông tại Hoa Kỳ. Quy trình này sử dụng

một loạt các kiểu lái thử đa dạng để mô phỏng các tình huống thực tế khi lái xe. Dữ liệu thu được từ quy trình này được sử dụng để so sánh và đánh giá lượng khí thải của các phương tiện. Chu trình có ba giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Chạy trong 505s và 5,78km là quãng đường đi được với tốc độ trung bình 41,2km/h.
- Giai đoạn 2: Chạy trong 867s. $A = \pi r^2$
- Giai đoạn 3: Bắt đầu lại sau khi đã dừng động cơ 10 phút kể từ lúc kết thúc giai đoạn 2 và giống giai đoạn 1 của chu trình trước.
- Tổng quãng đường di chuyển khi kết thúc chu trình là 17,77 km trong khoảng thời gian 2474s với tốc độ trung bình 31,1 km/h.



Hình 7. Sơ đồ khối mô phỏng tổng thể

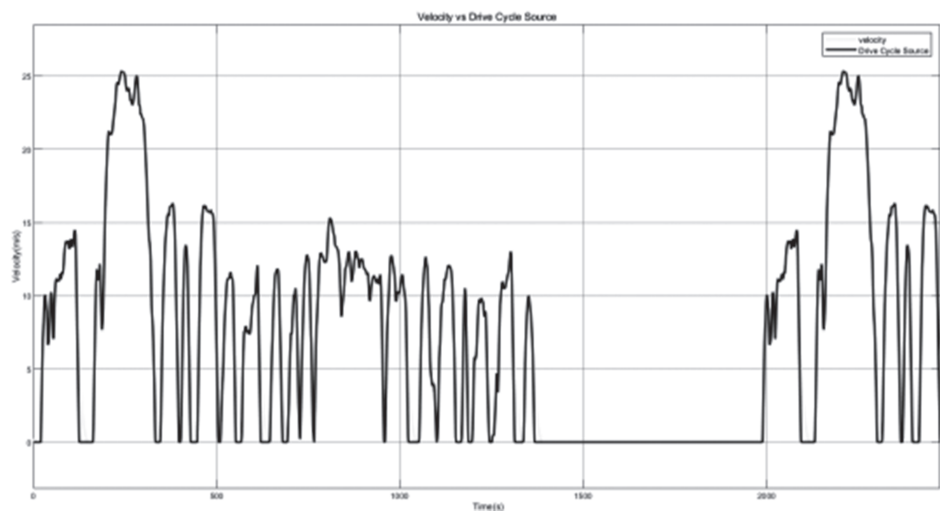
Trong nghiên cứu này, đối tượng mô phỏng là xe Tesla Model S P85. Tesla Model S P85 là một chiếc xe điện cao cấp với hiệu suất vượt trội và các tính năng hiện đại. Xe được trang bị động cơ điện mạnh mẽ, có khả năng tăng tốc từ 0 đến 100 km/h chỉ trong 4,2 giây. Hệ thống pin của Model S P85 có dung lượng lớn, cung cấp phạm vi hoạt động dài, cho phép xe di chuyển xa mà không cần sạc lại thường xuyên. Xe cũng tích hợp nhiều công nghệ tiên tiến như hệ thống phanh tái tạo năng lượng, giúp tăng cường hiệu suất sạc lại pin khi phanh, và hệ thống tự lái Autopilot, mang đến trải nghiệm lái xe an toàn và tiện lợi. Với thiết kế sang trọng và các tính năng đột phá, Tesla Model S P85 là một lựa chọn lý tưởng để nghiên cứu và mô phỏng các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất và tương tác giữa các thành phần của hệ thống xe điện. (Chauhan, 7/30/2017)

Bảng 1. Thông số tiêu chuẩn đưa vào mô phỏng

TT	Khối	Thông số	Giá trị
1	Pin HV	Lithium-Ion	346V; 140Ah
2	Controller	PWM	1000Hz
3	H-Birge		330V;0.1 Ohm; 0.05 Ohm
4	Electric motor		6500 rpm; 270KW; 346V
5	Simple Gear		5
6	Khối lượng	Mass	2100 Kg
7	Khoảng cách từ trọng tâm đến tâm cầu trước		1.662 m
8	Khoảng cách từ trọng tâm đến tâm cầu sau		1.7 m
9	Gia tốc trọng trường		9.81 m/s^2
10	Diện tích cản chính diện		2.34 m^2
11	Mật độ không khí		1.22 kg/m^3

Kết quả mô phỏng

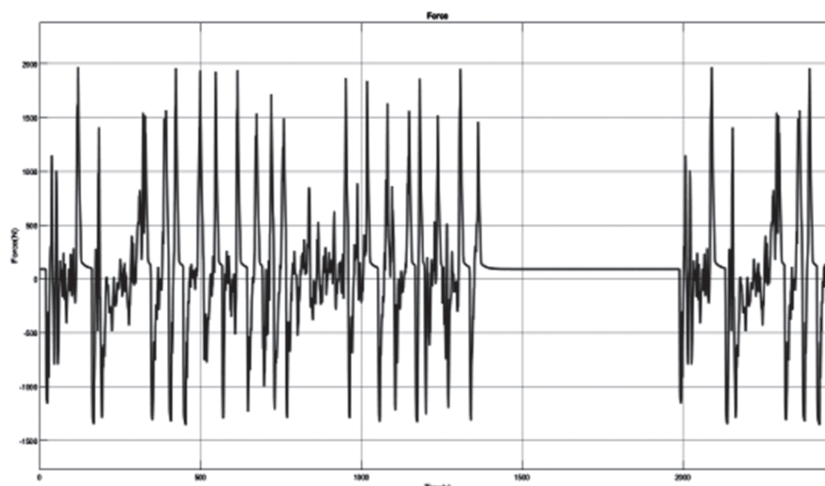
Trường hợp xe chạy trên đường bằng



Hình 8. Đồ thị tốc độ theo chu trình và mô phỏng của xe điện

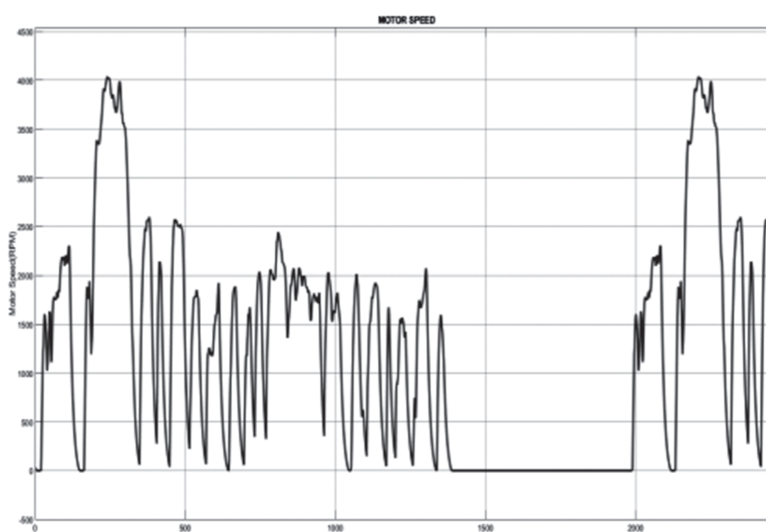
Chúng ta nhận thấy rằng các quy luật thay đổi gần như tương đồng, tức là kết quả mô phỏng đáp ứng đúng với yêu cầu của người lái xe. Tuy nhiên, có một số sai số xuất hiện ở

vùng giảm tốc gần 0 m/s, nguyên nhân do bộ điều khiển PI chưa tối ưu với các thông số KP và KI.



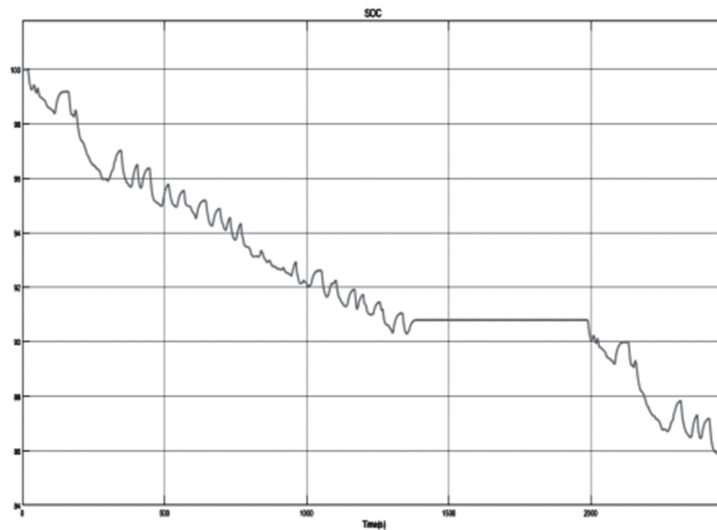
Hình 9. Đồ thị lực kéo tại bánh xe

Chúng ta có thể thấy rằng lực > 0 xuất hiện khi motor kéo xe, trong khi lực < 0 xuất hiện khi xe kéo ngược lại động cơ, lúc này động cơ đang ở chế độ phanh và hoạt động như một máy phát. Đồ thị tại thời điểm lực gần bằng không, khi so sánh với đồ thị vận tốc, cũng cho thấy vận tốc gần bằng không. Điều này cho thấy mô phỏng tương đối chính xác.



Hình 10. Đồ thị tốc độ quay của motor điện

Kết quả mô phỏng tốc độ quay của motor được thể hiện như trong hình vẽ trên. Tốc độ tối đa của động cơ đạt 4.000 rpm trong chu trình này. Đồ thị tốc độ quay của động cơ tương đối phản ánh đúng với đồ thị vận tốc thực tế của xe, cho thấy hiệu suất hoạt động của bộ điều khiển đáp ứng đúng thời điểm với yêu cầu về vận tốc được đưa ra bởi người điều khiển.

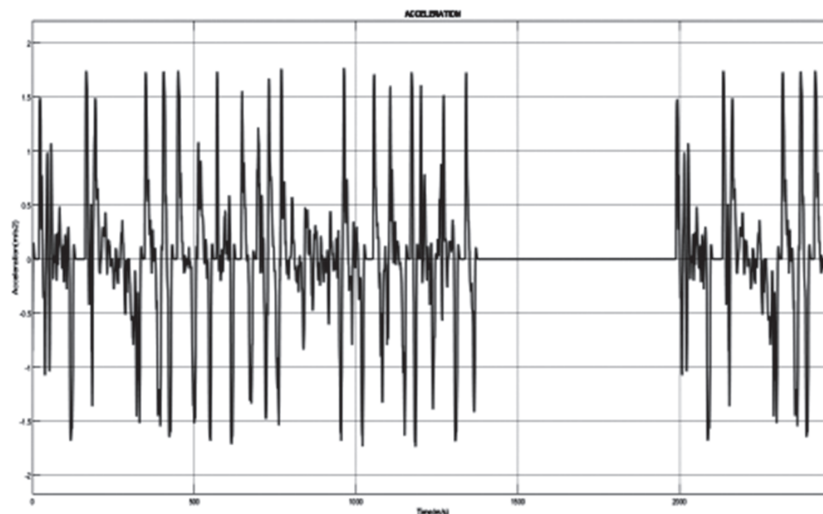


Hình 11. Đồ thị trạng thái nạp của pin HV

Kết quả độ thị trạng thái sạc (SOC) như hình trên, những đoạn đi lên là nhờ phanh tái sinh hoạt động, giúp sạc lại nguồn điện, đoạn ngang của độ thị cho thấy lúc này xe đang đứng yên, đúng như với chu trình lái FTP-75.

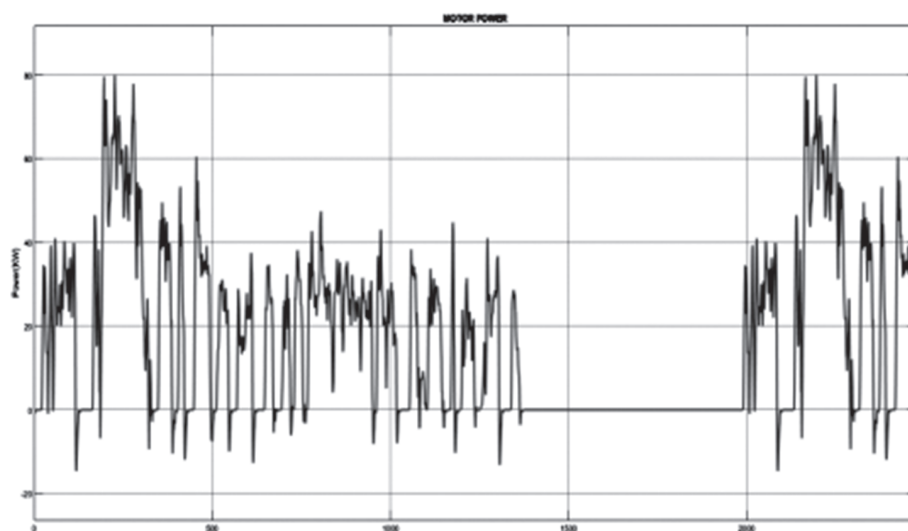
Kết quả mô phỏng tiêu hao nhiên liệu như đồ thị trên. Nhiên liệu tiêu hao từ 85KWh xuống còn 74KWh đi được hơn 18 km và suất tiêu hao nhiên liệu là 0,61 KWh/km

Mô phỏng trên trường hợp có độ dốc là 5 độ



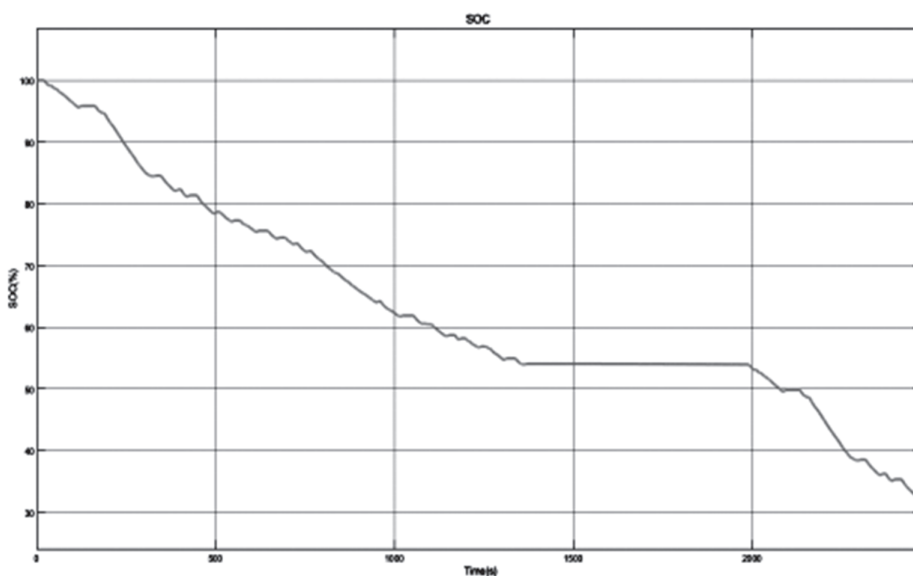
Hình 12. Đồ thị gia tốc của xe khi xe lên dốc

Kết quả mô phỏng gia tốc xe như đồ thị trên. Vì đầu ra vận tốc ở hai trường hợp là tương tự nên gia tốc sẽ gần giống nhau. Gia tốc lúc này lớn hơn trường hợp lý tưởng vì quá trình tăng tốc hay giảm tốc của trường hợp này lớn hơn một ít.



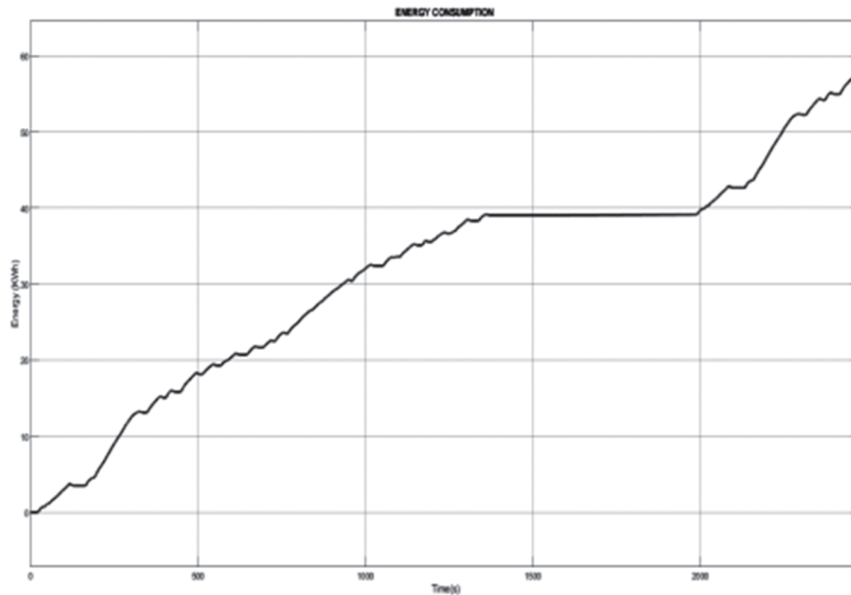
Hình 13. Đồ thị công suất của motor điện khi xe lên dốc

Kết quả mô phỏng công suất động cơ như đồ thị trên. Phần dương công suất của trường hợp leo dốc lớn hơn phần dương công suất của trường hợp lý tưởng, do lúc này xe đang leo dốc cần công suất lớn hơn. Phần âm công suất của trường hợp leo dốc bé hơn phần âm công suất của trường hợp lý tưởng, do lúc này lực cản lăn lớn ta chỉ cần lực phanh nhỏ để xe giảm tốc nên công suất nạp điện lại của động cơ cũng bé hơn trường hợp lý tưởng.



Hình 14. Đồ thị tình trạng nạp của pin HV khi xe lên dốc

Kết quả đồ thị trạng thái sạc (SOC) như đồ thị trên. Phần trăm pin còn lại của trường hợp này là 33% thấp hơn trường hợp lý tưởng (còn 87%). Sự khác nhau này là do khi leo dốc xe cần năng lượng lớn hơn nên tốn nhiều điện năng hơn.



Hình 15. Đồ thị tiêu hao năng lượng khi xe lên dốc

Kết quả mô phỏng tiêu hao năng lượng của nguồn. Tương tự như ở trạng thái sạc lượng điện năng tiêu hao là 58KWh ít hơn nhiều so với trường hợp lý tưởng. Suất tiêu hao nhiên liệu với trường hợp này là 1,5 KWh/km.

Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng và mô phỏng thành công mô hình động lực học và năng lượng của ô tô điện, cụ thể là mẫu Tesla Model S P85, bằng việc sử dụng phần mềm MATLAB và Simulink. Bằng cách áp dụng chu trình lái FTP-75, mô phỏng đã cho phép phân tích chi tiết hiệu suất hoạt động của xe trên đường bằng và đường dốc, bao gồm tốc độ xe, tốc độ động cơ, lực kéo, và đặc biệt là trạng thái sạc của pin (SOC) cùng mức tiêu thụ năng lượng. Kết quả mô phỏng cho thấy sự phản hồi của mô hình bám khá sát với yêu cầu từ chu trình lái, đồng thời làm rõ tác động của các yếu tố như độ dốc và hệ thống phanh tái tạo năng lượng đến hiệu suất tổng thể và khả năng thu hồi năng lượng của xe.

Mặc dù mô hình mô phỏng đã cung cấp những hiểu biết quan trọng về hoạt động và tương tác giữa các thành phần của xe điện, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế. Các thông số sử dụng trong mô hình chủ yếu dựa trên các giá trị lý thuyết hoặc tiêu chuẩn, chưa được tinh chỉnh và xác thực đầy đủ với dữ liệu vận hành thực tế của xe trong điều kiện tại Việt Nam. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào việc hiệu chỉnh tham số mô hình dựa trên dữ liệu thực nghiệm và mở rộng mô phỏng cho các điều kiện vận hành đa dạng hơn để nâng cao tính chính xác và khả năng ứng dụng thực tiễn của mô hình.

Tài liệu tham khảo

- Liu, Z., Wang, J., & Li, Z. (2020). Modeling and simulation of electric vehicle driving cycles using MATLAB/Simulink. *Journal of Mechanical Engineering*. 137-145.
- Andrzej Stępniewski, J. G. (2015). Dynamics Model of a Vehicle with DC Moto. *Teka. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, Vol. 15. No. 1, 65-70.
- Chauhan, V. S. (2017). *Simulation of Electric Vehicle*. Prague: Czech Technical University.
- Mir, G. S. (2020). *Modeling and control of an electric vehicle*. Barcelona.
- Sun, D., Zhang, X., & Lee, J. (2019). Performance comparison of single and multi-motor drive systems for electric vehicles. *Journal of Power Electronics*, 1045-1055.
- Trai, N. K. (2006). *Cơ sở thiết kế ô tô*. Hà Nội: Giao thông Vận tải.
- Trần Quốc Đăng (2015). *Giáo trình lý thuyết ô tô*. Nam Định. Nam Định: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định.
- Vinh, N. C. (2017). *Mô hình hóa và mô phỏng động lực học ô tô bằng phần mềm Matlab - Simulink và CarSim*. Đà Nẵng: Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng.
- Zhou, H., Zhao, P., & Yu, S. (2022). Optimization of regenerative braking systems for electric vehicles using simulation tools. *International Journal of Automotive Technology*, 98-107.