

NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC TRÊN Ô TÔ ĐIỆN TESLA

RESEARCH ON THE POWERTRAIN SYSTEM ON TESLA ELECTRIC CARS

CAO HÙNG PHI¹, VÕ HỒNG HẢI^{2,*}

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long,

²Trường Cao đẳng nghề An Giang,

Email*: vohonghai@agvc.edu.vn

Nhận bài (Received): 31/5/2022; Phản biện (Reviewed): 19/7/2022; Chấp nhận (Accepted): 26/7/2022

TÓM TẮT:

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu hệ thống truyền lực trên ô tô điện Tesla. Trong nghiên cứu này tác giả sẽ khảo sát mômen xoắn được truyền từ động cơ điện đến bánh xe chủ động bằng phần mềm Matlab Simulink, quá trình mô phỏng được thực hiện thông qua các trường hợp 50%, 60%, 70% và 100% công suất của động cơ. Kết quả mô phỏng cho thấy mômen xoắn tại bánh xe chủ động tăng mạnh so với mômen xoắn của động cơ, điều này chứng tỏ rằng hệ thống truyền lực đã đáp ứng tốt với nhu cầu của xe. Đồng thời cho thấy khả năng tăng tốc của xe.

Từ khóa: Ô tô điện; Hệ thống truyền lực; Tesla Model S; Matlab/Simulink

ABSTRACT:

This paper presents the results of research on the powertrain system on Tesla electric cars. In this study, the torque transmitted from the electric motor to the active wheels was investigated by Matlab Simulink software. The simulation process was performed through the cases of 50%, 60%, 70% and 100 % of engine power. The simulation results show that the torque at the active wheels increased sharply compared to the engine's torque, which proves that the powertrain responded well to the vehicle's needs. It also shows the acceleration of the car.

Keywords: Electric Car; Powertrain system; Tesla Model S; Matlab/Simulink

1. Mở đầu

Hệ thống truyền lực trên ô tô điện là sự kết hợp giữa hệ thống phụ cơ khí và điện. Các hệ thống điện sử dụng năng lượng từ pin để cung cấp năng lượng cho một hoặc nhiều động cơ điện. Động cơ điện sẽ chuyển đổi năng lượng điện do pin cung cấp thành năng lượng cơ học truyền đến bánh xe chủ động thông qua hệ thống truyền lực. Từ đó

cho thấy hệ thống truyền lực trên ô tô điện đóng vai trò quan trọng trong việc thể sức mạnh của xe.

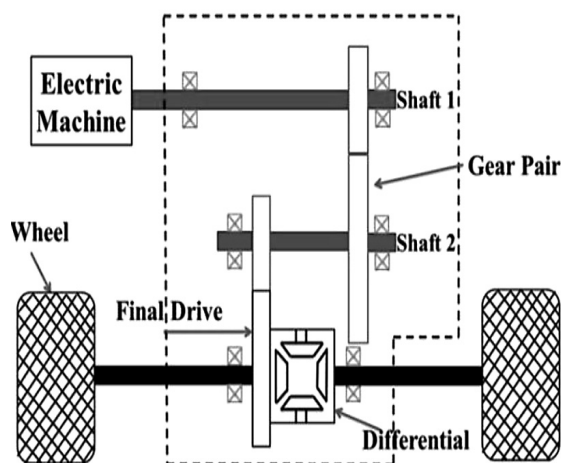
Hầu hết hệ thống truyền lực trên những ô tô điện hiện nay đều sử dụng loại hệ thống truyền lực một cấp[1], vì nó có cấu trúc đơn giản như Hình (1), bao gồm một động cơ điện xoay chiều 3 pha, một cặp bánh răng giảm tốc và một bộ vi sai

nổi vào cầu chủ động. Nhưng lại cho khả năng vận hành mạnh mẽ và tăng tốc vượt trội hơn nhiều so với ô tô sử dụng động cơ đốt trong.

Từ đó, để tiện cho việc nghiên cứu hệ thống truyền lực trên ô tô điện, thì trong bài báo này tác giả sẽ tiến hành xây dựng phương trình truyền mô men từ động cơ đến bánh xe chủ động. Sau đó dùng phần mềm Matlab Simulink để khảo sát sự thay đổi mômen này. Quá trình khảo sát được thực hiện ở 4 trường hợp 50%, 60%, 70% và 100% công suất của động cơ. Kết quả khảo sát giúp chúng ta biết được sức mạnh của hệ thống truyền trên ô tô điện, đặc biệt là ô tô điện Tesla.

2. Cấu trúc hệ thống truyền lực trên ô tô điện Tesla

Hệ thống truyền lực một cấp đã thống trị thị trường ô tô điện hiện tại và được bố trí trên các dòng xe như BMW i3, Mitsubishi i-MIEV, Nissan Leaf và tất cả các mẫu xe Tesla[2].



Hình 1- Sơ đồ hệ thống truyền lực ô tô điện Tesla

3. Xây dựng mô hình động lực học dọc thân xe

Lực kéo tiếp tuyến

Mô-men xoắn của động cơ được

truyền đến bánh xe chủ động của ô tô qua hệ thống truyền lực. Nhờ có sự tiếp xúc của bánh xe chủ động với mặt đường cho nên tại vùng tiếp xúc của bánh xe chủ động và mặt đường sẽ phát sinh lực kéo tiếp tuyến hướng theo chiều chuyển động.

$$F_t = \frac{T_r * i * \eta}{r} \quad (1)$$

Với F_t : Lực kéo tiếp tuyến; T_r : Mô-men xoắn cung cấp từ động cơ; i : Tỷ số truyền của hệ thống truyền lực; η : Hiệu suất của hệ thống truyền lực; r : Bán kính bánh xe

Trong thực tế xe chạy thì hiện tượng trượt có thể xảy ra, nhưng trong trường hợp này ta có thể bỏ qua hiện tượng trượt.

Lực cản lăn

Khi bánh xe chuyển động trên mặt đường sẽ có lực cản lăn tác dụng song song với mặt đường và ngược với chiều chuyển động tại vùng tiếp xúc giữa bánh xe với mặt đường. Lực cản lăn được xác định bởi phương trình sau:

$$F_{rr} = M_v * g * \cos \alpha * f \quad (2)$$

Với F_{rr} : Lực cản lăn; M_v : Khối lượng của xe; g : Gia tốc trọng trường; f : Hệ số ma sát lăn của lốp xe; α : Góc nghiêng tạo bởi mặt đường và mặt phẳng ngang (radians)

Lực cản không khí

Giá trị lực phụ thuộc vào cấu trúc phía trước của xe và được xác định bởi phương trình sau:

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \rho * c_{ad} * S (v_v + v_{wind})^2 \quad (3)$$

Với F_{ad} : Lực cản không khí; ρ : Mật độ không khí; v_v : Vận tốc của xe; v_{wind} : Vận tốc của gió; S : Diện tích phía trước của xe; c_{ad} : Hệ số cản khí động của xe.

Lực cản quán tính

Là lực sinh ra khi xe ở trạng thái tăng

tốc hoặc giảm tốc và được xác định bởi phương trình sau:

$$F_{ac} = M_v * a \quad (4)$$

Với F_{ac} : Lực cản quán tính; M_v : Khối lượng của xe; a : Gia tốc của xe;

Lực cản dốc

Là lực cản do trọng lực tạo ra khi xe lên dốc, được xác định bởi phương trình sau:

$$F_{hc} = M_v * g * \sin(\alpha) \quad (5)$$

Với F_{hc} : Lực cản dốc; α : Góc nghiêng tạo bởi mặt đường và mặt phẳng ngang

Phương trình cân bằng lực kéo của xe trong trường hợp này là:

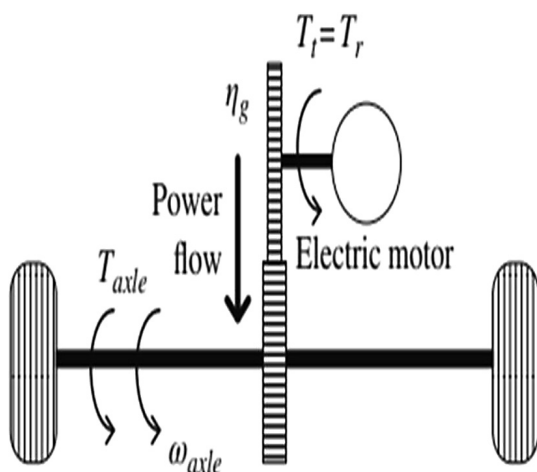
$$F_t = F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} + F_{ac} \quad (6)$$

Theo định luật Newton về chuyển động. Ta xác định được phương trình mô tả gia tốc của xe khi di chuyển như sau:

$$a = \frac{F_t - (F_{rr} + F_{ad} + F_{hc})}{M_v} \quad (7)$$

Vậy phương trình (7) chính là phương trình động lực học dọc thân xe.

4. Mô men trong hệ thống truyền lực



Hình 3- Mô men trong hệ thống truyền lực[3]

Mô men sinh ra tại bánh xe chủ động T_m là mô men xoắn cần thiết tại trục truyền

động và được tính bằng cách nhân lực kéo F_t với bán kính r của bánh xe. Do đó ta có mối liên hệ giữa chuyển động thẳng và chuyển động quay như sau:

$$T_m = F_t * r \quad (8)$$

Từ định luật chuyển động thứ 2 của Newton cho hệ chuyển động quay ta xây dựng được phương trình truyền mô men từ động cơ đến trục đầu ra tại bánh xe chủ động như sau:

$$T_{axle} = i_g * \eta_g * T_t \quad (9)$$

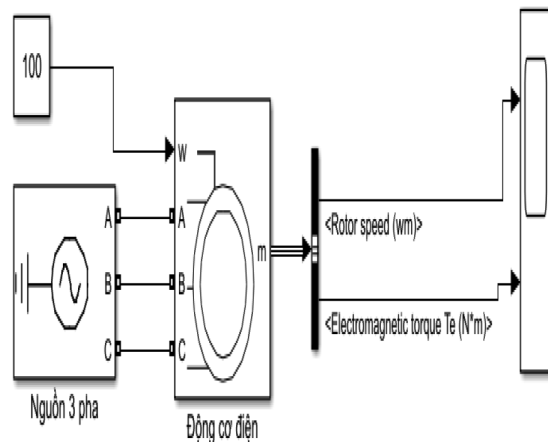
Với i_g : Tỷ số truyền hộp số; η_g : Hiệu suất của hệ thống truyền lực; $T_t = T_r$ Mô men xoắn của động cơ điện.

Từ phương trình (7), (8) và (9) ta được phương trình chuyển động của xe.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{T_r * i_g * \eta_g - r(F_{rr} + F_{ad} + F_{hc})}{r * M_v + \frac{J_{axle}}{r}} \quad (10)$$

5. Xây dựng mô hình Simulink

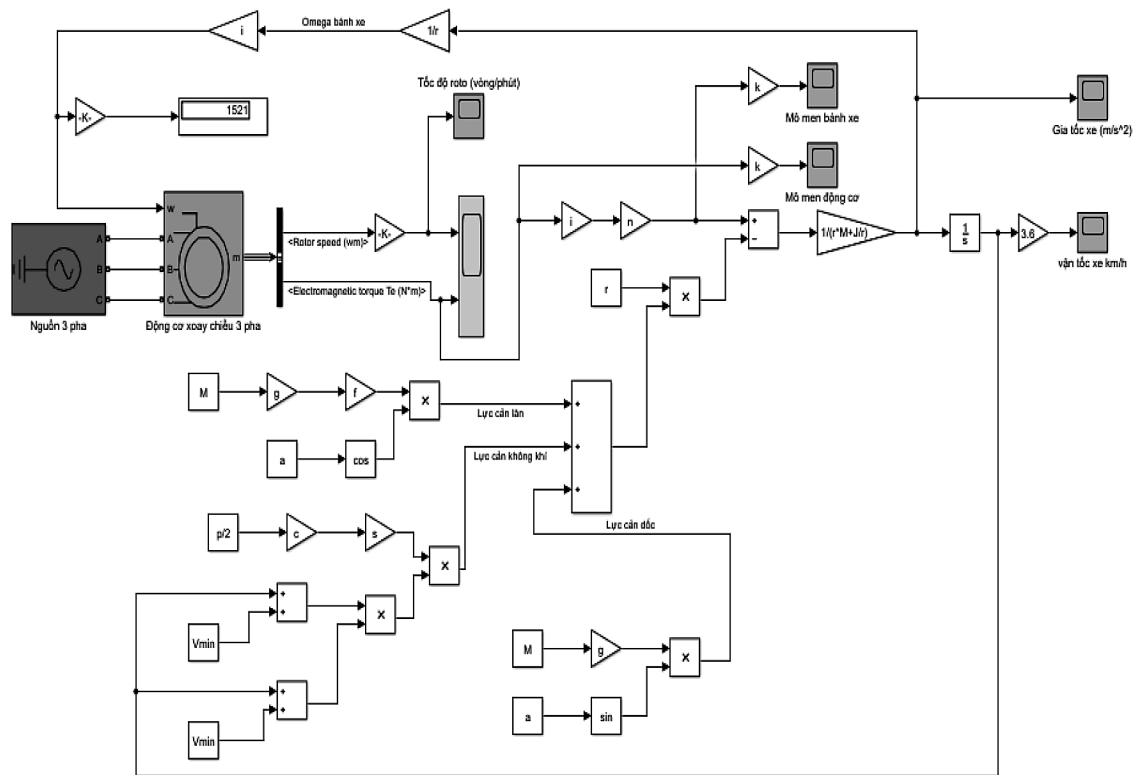
5.1 Mô hình Simulink khối động cơ



Hình 4- Sơ đồ Simulink động cơ điện 3 pha

5.2 Mô hình Simulink mô phỏng hệ thống truyền lực

Dựa trên các mô hình Simulink đã xây dựng ta có thể ghép nối để tạo thành mô hình hệ thống truyền lực của xe.



Hình 5- Sơ đồ Simulink mô phỏng hệ thống truyền lực của xe

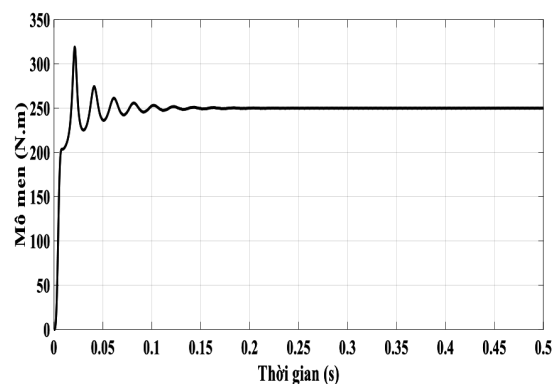
Bảng 1: Các thông số đầu vào của mô hình[4]

Thông số đầu vào		Giá trị
Ký hiệu	Tên gọi	
M_v	Khối lượng xe (kg)	2108
V_v	Vận tốc xe (m/s)	58.3
V_{wind}	Vận tốc gió (m/s)	2.77
i_g	Tỉ số truyền hệ thống truyền lực	9.73
η_g	Hiệu suất hệ thống truyền lực	0.95
ρ	Mật độ không khí (kg/m^3)	1.25
S	Diện tích phía trước xe (m^2)	2.3
C_{ad}	Hệ số cản khí động học của xe	0.24
g	Gia tốc trọng trường (m/s^2)	9.81
α	Góc dốc (radian)	0.087
f	Hệ số ma sát lăn của lốp xe	0.24
J_{axle}	Mô men quán tính của trục ($kg.m^2$)	0.025
r	Bán kính bánh xe (m)	0.24

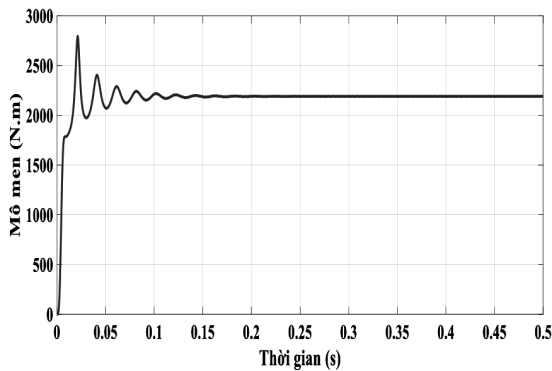
6. Kết quả mô phỏng và nhận xét

Mô phỏng này trình bày khảo sát đặc tính của mô men động cơ và mô men tại bánh xe, mô phỏng được trình bày lần lượt thông qua các trường hợp: 50%, 60%, 70% và 100% công suất của động cơ.

Trường hợp 1: Ở 50% công suất của động cơ



Hình 6-Mô men động cơ ở 50% công suất

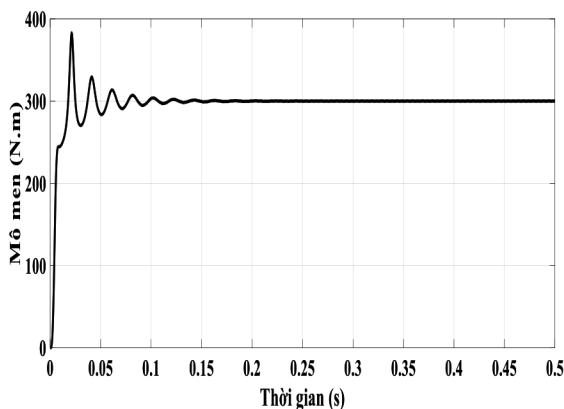


Hình 7- Mô men bánh xe ở 50% công suất động cơ

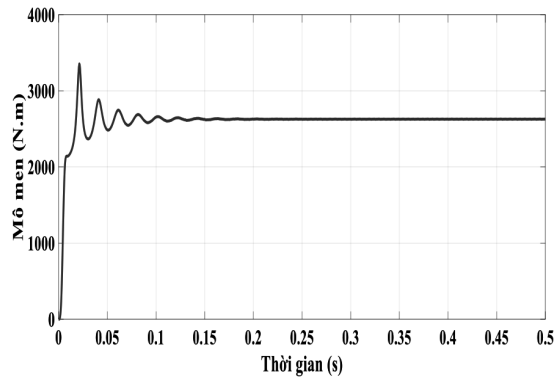
Đồ thị Hình 6 mô tả đặc tính mô men của động cơ ở 50% công suất, lúc này ta thấy ở 0.02 giây thì giá trị mô men của động cơ là cao nhất khoảng 320 N.m, sau đó giảm dần và ổn định ở giây 0.15. Trong khi đó ở Hình 7 thì giá trị mô men của bánh xe cao nhất là khoảng 2700 N.m và dần ổn định ở giây 0.15.

Trường hợp 2: Ở 60% công suất của động cơ

Đồ thị Hình 8 mô tả đặc tính mô men của động cơ ở 60% công suất, lúc này ta thấy ở 0.02 giây thì giá trị mô men của động cơ đã tăng lên cao nhất khoảng 380 N.m, sau đó giảm dần và ổn định ở giây 0.15. Ở Hình 9 thì giá trị mô men của bánh xe cao nhất là khoảng 3400 N.m và dần ổn định ở giây 0.15.



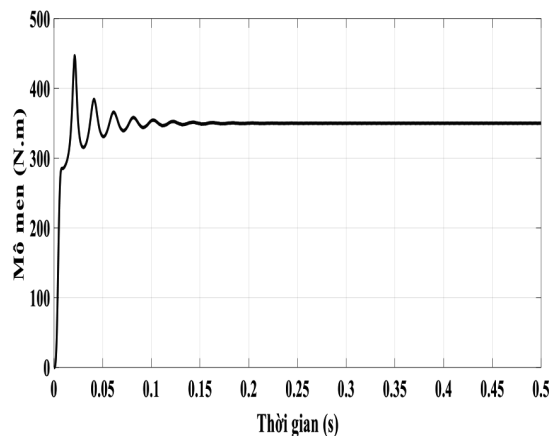
Hình 8- Mô men động cơ ở 60% công suất



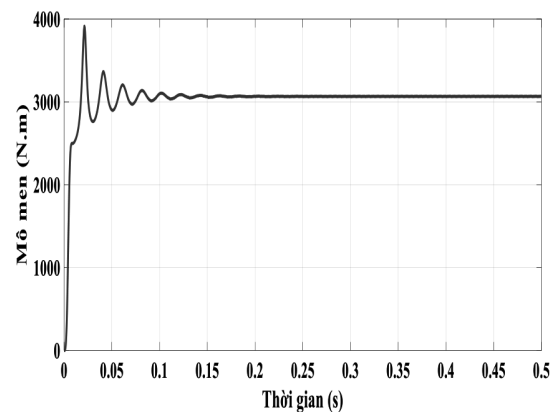
Hình 9- Mô men bánh xe ở 60% công suất động cơ

Trường hợp 3: Ở 70% công suất của động cơ

Ở Hình 10 mô men của động cơ cao nhất là 450 N.m lúc 0.02 giây và mô men tại bánh xe cao nhất 3900 N.m.

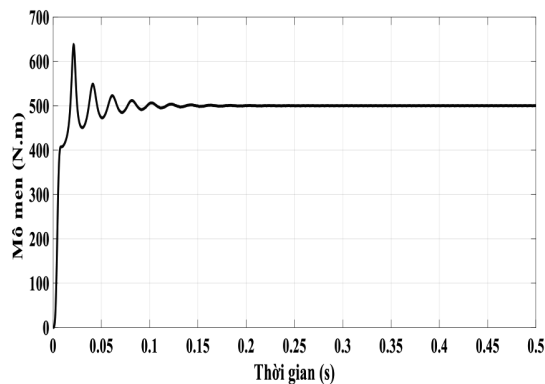


Hình 10- Mô men động cơ ở 70% công suất

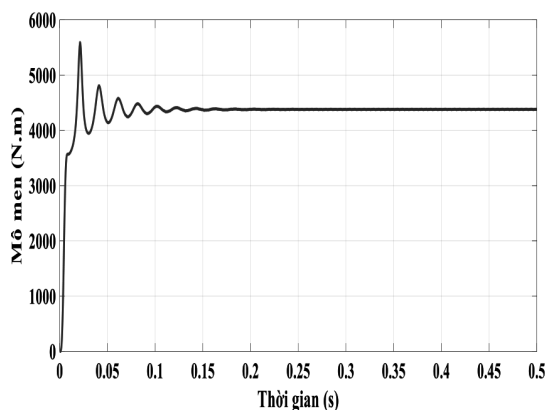


Hình 11- Mô men bánh xe ở 70% công suất động cơ

Trường hợp 4: Ở 100% công suất của động cơ



Hình 12- Mô men động cơ ở 100% công suất



Hình 13- Mô men bánh xe ở 100% công suất động cơ

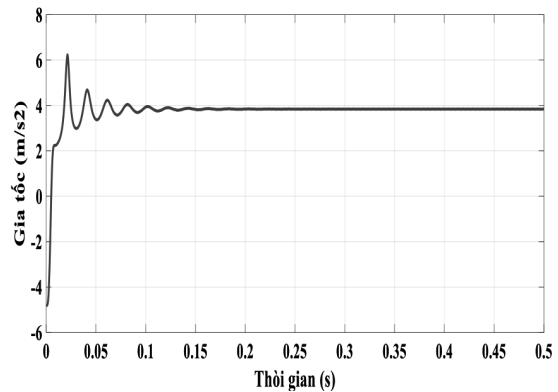
Đồ thị Hình 12 mô tả đặc tính mô men của động cơ ở 100% công suất, lúc này ta thấy ở 0.02 giây thì giá trị mô men của động là cao nhất khoảng 630 N.m, sau đó giảm dần và ổn định ở giây 0.15.

Trong khi đó ở Hình 13 thì giá trị mô men của bánh xe cao nhất là khoảng 5600 N.m và dần ổn định ở giây 0.15.

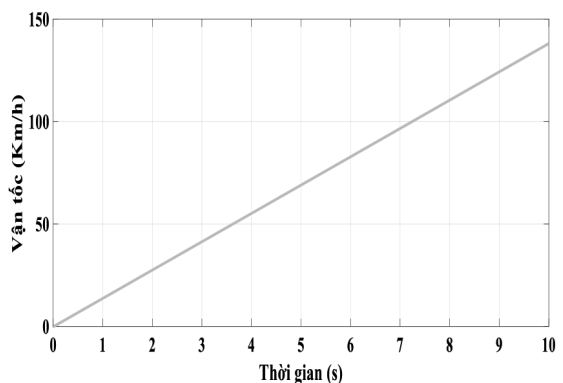
Qua 4 trường hợp khảo sát ở trên thì ta thấy rằng về biên dạng của mô men động cơ và mô men bánh xe là như nhau, nhưng về biên độ thì có sự chênh lệch khá rõ ràng, độ lớn của mô men tăng dần theo từng dãy công suất của động cơ.

Ở đây, ngoài việc khảo sát đặc tính mô

men xoắn đầu vào của động cơ và đầu ra tại bánh xe, thì ta khảo sát thêm về tốc độ và gia tốc của xe, với kết quả như sau:

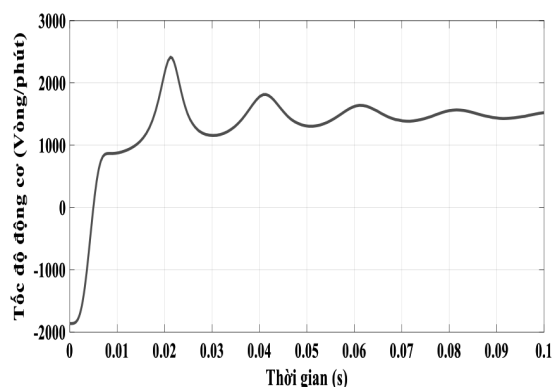


Hình 14- Đặc tính gia tốc của xe

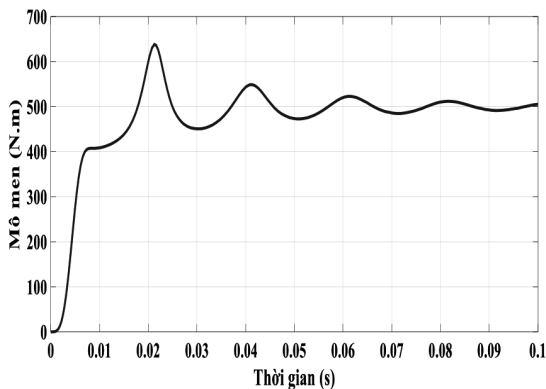


Hình 15- Đặc tính vận tốc của xe

Qua đồ thị ở Hình 14 thì ta thấy gia tốc của xe thay đổi tỉ lệ thuận với tốc độ của động cơ như Hình 16. Đồng thời xe cũng tăng tốc khá tốt, đạt 100 km/h trong khoảng 7,2 giây như Hình 15



Hình 16- Đặc tính tốc độ động cơ khi phóng đại



Hình 17- Đặc tính mô men của động cơ khi phóng đại

Theo trên Hình 16 ta thấy, khi xe mới khởi động trong khoảng 0,005 giây, tốc độ động cơ giảm mạnh, đồng thời mô men động cơ cũng tăng mạnh như Hình 17 nhằm thắng được mô men quán tính của xe ban đầu. Ở giai đoạn chuyển tiếp từ đường dốc qua đường bằng thì tốc độ và mô men động cơ có chút dao động nhưng sau đó đã

ổn định để đáp ứng nhu cầu của xe.

7. Kết luận

Trong bài báo này, đã nghiên cứu về hệ thống truyền lực của ô tô điện Tesla, bằng cách mô hình hóa và mô phỏng trong Matlab/Simulink. Các kết quả mô phỏng cho thấy mô men tại bánh xe chủ động cũng tăng mạnh so với mô men của động cơ. Điều này chứng tỏ hệ thống truyền lực đã đáp ứng tốt với nhu cầu của xe. Khả năng tăng tốc của xe khá tốt, chứng tỏ mô hình cũng đã đáp ứng được điều kiện vận hành của xe.

Trong thời gian tới thì có thể sử dụng mô hình này để lập trình bộ điều khiển động cơ điện xoay chiều 3 pha; mô phỏng khối pin và nghiên cứu về phanh tái sinh nhằm giúp cho mô hình tiệm cận hơn với thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2018.07.003>
- [2] J. Ruan, P. D. Walker, J. Wu, and N. Zhang, “Development of continuously variable transmission and multi-speed dual- clutch transmission for pure electric vehicle,” vol. 10, no. 2, pp. 1–15, 2018, doi: 10.1177/1687814018758223.
- [3] John G. Hayes, G.Abas Goodarzi, “ Electric powertrain: energy systems, power electronics and drives for hybrid, electric and fuel cell vehicles”, vol. 7, no. 1. 2015.
- [4] O. F. Vynakov, E. V. Savolova, and A. I. Skrynnyk, “Modern Electric Cars of Tesla Motors Company,” *Autom. Technol. Bus. Process.*, vol. 8, no. 2, pp. 9–18, 2016, doi: 10.15673/atbp.v8i2.162.
- [5] Nguyễn Ngọc Tuấn, Hồ Hữu Hùng, Nguyễn Thành Công, Nguyễn Đình Cường (2017); “ Mô phỏng hệ thống truyền động điện trên ô tô điện sử dụng hệ thống lái bốn bánh xe”, *Liên ngành cơ khí-động lực*, 59, 53–57.
- [6] Phạm Quốc Thái, Huỳnh Đức Trí (2021); “Mô hình hóa và mô phỏng hệ thống truyền động ô tô điện”, *Tạp chí khoa học và công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, 4, 47–52.