

KHẢO SÁT ĐỘNG LỰC HỌC CỦA Ô TÔ ĐIỆN KHI TĂNG TỐC

SURVEY OF THE DYNAMICS OF ELECTRIC CARS WHEN ACCELERATING

PHẠM ĐẶNG QUỲNH NHU^{1,a}, NGUYỄN THANH TÙNG¹

¹ Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

^aTác giả liên hệ: nhupdq@vlute.edu.vn

Nhận bài(Received): 11/9/2023; Phản biện (Reviewed):18/9/2023; Chấp nhận (Accepted):06/11/2023

TÓM TẮT

Ngày nay, ngành công nghiệp ô tô đang có sự phát triển vượt bậc và xu hướng sử dụng ô tô điện đang ngày càng gia tăng. Điều này là do ô tô điện góp phần giảm phát thải khí nhà kính và không tạo ra khí thải như các phương tiện chạy bằng động cơ đốt trong. Bài báo khảo sát về các lực tác dụng lên bánh xe như lực pháp tuyến, lực tiếp tuyến và lực ngang tác dụng lên xe khi ô tô điện tăng tốc. Và khảo sát góc lắc dọc, góc lắc ngang và góc xoay thân xe thông qua khảo sát bằng phần mềm Matlab/Simulink. Từ đó xác định độ ổn định của xe nhằm nâng cao tính năng động lực học của ô tô điện.

Từ khóa: Ô tô điện, lực tác dụng, Matlab/Simulink

ABSTRACT

Nowadays, the automobile industry is experiencing significant growth, and the trend of using electric cars is on the rise. This is because electric cars contribute to the reduction of greenhouse gas emissions and produce no exhaust emissions like vehicles powered by internal combustion engines. The article examines the forces acting on the wheel such as normal force, tangential force, and horizontal force acting on the vehicle when an electric car accelerates. It surveys the longitudinal sway angle, horizontal sway angle, and vehicle body rotation angle through a survey using Matlab/Simulink software. Therefore, determining the vehicle's stability is to improve the dynamic performance of electric cars.

Keywords: Electric cars, applied force, Matlab/Simulink

1. GIỚI THIỆU

Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC) chỉ ra rằng trong số 49% lượng khí thải vào khí quyển năm 2010, có 14% được thải ra bởi các phương tiện giao thông [1]. Do ô tô chiếm 72% lượng khí thải CO₂ nên thị trường ô tô điện ngày càng phát triển và dường như là một giải pháp tốt để chống lại biến đổi khí hậu [1].

Theo các phân tích về lượng khí thải carbon trong vòng đời của một chiếc xe thì ô tô điện chạy bằng pin thải ra ít carbon hơn 50% so với một chiếc ô tô chạy bằng động cơ đốt trong thông thường. Vì thế mà ô tô điện đang dần trở thành xu thế thịnh hành ở nhiều quốc gia trên thế giới và Việt Nam cũng không ngoại lệ. Nghiên cứu ô tô điện tại Việt Nam sẽ đưa ngành công nghiệp ô tô

Việt Nam đi vào quỹ đạo chung song hành với thế giới và tạo điểm nhấn trong bức tranh giao thông hiện đại của Việt Nam. Nằm trong khuôn khổ sử dụng ô tô điện làm xu thế dẫn đầu thì ở Việt Nam cũng đã cho ra đời dòng xe mang đậm thương hiệu của Việt Nam.

Với mục đích khảo sát về các lực tác dụng lên bánh xe khi ô tô điện tăng tốc theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 cũng như khảo sát góc lắc dọc, góc lắc ngang và góc xoay thân xe theo tiêu chuẩn TCVN 6964 và tiêu chuẩn VDI – 2057 (CHLB Đức) khi xe chạy ở vận tốc 80 km/h bằng phần mềm Matlab/Simulink sẽ góp phần làm giảm chi phí và thời gian hơn khi thực hiện trên mô hình thực tế từ đó đánh giá được tính năng động lực học của ô tô điện dùng động cơ IPM cụ thể trên đối tượng xe điện Vinfast VF e34 [3].



Hình 1: Xe ô tô điện Vinfast VF e34

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu về động cơ điện trên ô tô điện

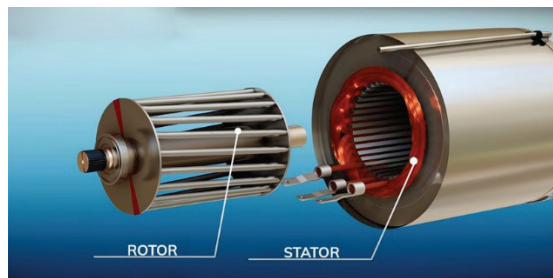
Động cơ điện dùng để chuyển đổi năng lượng điện sang năng lượng cơ học. Hầu hết động cơ điện hiện có hoạt động theo hiện tượng cảm ứng điện từ. Một số ít là Động cơ áp điện hoạt động dựa trên hiệu ứng áp điện, và thường là động cơ cỡ nhỏ [4].

Trong nhiều ngành công nghiệp việc sử dụng Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (IPM) tăng đáng kể do chúng kích

thước nhỏ hơn, trọng lượng ít hơn và tổn thất thấp hơn so với động cơ điện cùng công suất với chúng chẳng hạn như động cơ một chiều DC (DC Motor Drives), động cơ cảm ứng IM (Induction Motor Drives), Động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu (Permanent Magnet Brushless Motor Drives), Động cơ từ trở thay đổi (Switched Reluctance Motor Drives), ... Một trong những đặc điểm quan trọng của Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu là chúng tạo ra mô-men xoắn không đổi với dòng stator hình sin và cực từ chìm được gắn vào bên trong rotor tạo thêm khả năng sinh momen từ trở cao cho phép nâng cao được việc điều chỉnh tốc độ nên chính vì điều này động cơ IPM được ứng dụng mạnh vào trong dòng xe Vinfast e34 [5].

Ưu điểm động cơ IPM là nam châm vĩnh cửu được gắn chìm trong rotor cũng tạo ra sự vững chắc hơn về mặt cơ khí, đảm bảo an toàn trong quá trình sử dụng.

Tạo ra momen lớn giúp gia tăng lực quay của bánh xe. Nhờ đó, cả khi xe di chuyển ở dải tốc độ thấp hay cao, số vòng quay của momen xoắn vẫn ổn định và đảm bảo khả năng vận hành êm ái.



Hình 2. Động cơ IPM dùng trên xe Vinfast e34

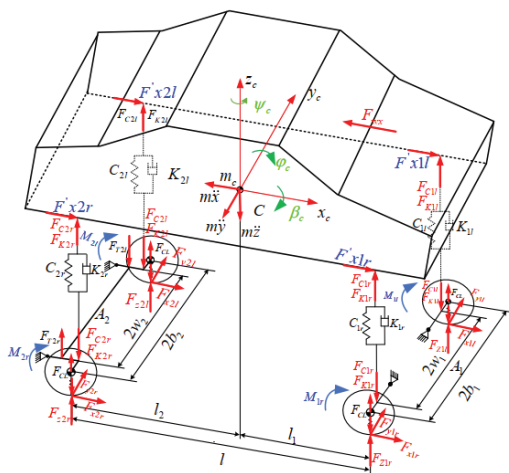
Động cơ IPM có dải vận tốc lớn, khả năng bắt tốc nhanh và êm ái, vượt trội hơn hẳn so với động cơ truyền thống. Theo các thí nghiệm đo lường, động cơ IPM cho phép tiết kiệm đến 30% điện năng. Vì thế, các dòng ô tô điện hiện đại ngày nay được

trang bị động cơ này giúp giảm thiểu đáng kể năng lượng tiêu hao, tiết kiệm chi phí vận hành.

Tuy nhiên, hạn chế của IPM là khó kiểm soát từ trường quay do thiết kế nam châm vĩnh cửu trong rotor bị hạn chế khi ô tô vận hành ở tốc độ cao sẽ bị cố định. Dù vậy, đây chỉ là hạn chế nhỏ, hiện nay IPM vẫn được đánh giá là động cơ ưu việt nhất ngày nay.

2.2. Mô hình động lực học ô tô điện

Khi viết phương trình động lực học ô tô có cấu trúc phức tạp, thuộc hệ nhiều vật, có rất nhiều phương pháp: Lagrange II, D'Alembert hay Newton-Euler. Trong đó, phương pháp được sử dụng phù hợp nhất trong bài báo này là dùng phương pháp Newton-Euler để xây dựng hệ phương trình vi phân cấp 2 cho xe ô tô Vinfast e34, cụ thể là hình 3[6].



Hình 3. Sơ đồ lực và mô men tác dụng lên ô tô

Trên mô hình sử dụng các ký hiệu sau:

- OXYZ: Hệ tọa độ không gian ba chiều
- C: trọng tâm của khối lượng được treo
- A_p, A_2 : trọng tâm của khối lượng không được treo trước (cầu 1) và sau (cầu 2)
- m: Khối lượng được treo của ô tô

- m_{1p}, m_{1r} : Khối lượng được treo tại cầu trước ở hệ thống treo bánh xe bên trái và bánh xe bên phải

- m_2 : Khối lượng được treo tại cầu sau ở hai bánh xe

- m_{A1l} : Khối lượng không được treo cầu trước bên trái

- m_{A1r} : Khối lượng không được treo cầu trước bên phải

- m_{A2} : Khối lượng không được treo cầu sau

- h_c : Chiều cao trọng tâm

- J_y : Mô men quán tính trục y của khối lượng được treo ô tô điện

- J_x : Mô men quán tính trục x của khối lượng được treo ô tô điện

- J_{Axi} : Mô men quán tính trục x của khối lượng không được treo cầu thứ i ($i=1 \div 2$)

- z: Chuyển vị theo phương thẳng đứng của trọng tâm khối lượng được treo

- ϕ_x : Góc lắc ngang của thân xe

- ϕ_y : Góc lắc dọc của thân xe

- ξ_{A1} : Chuyển vị thẳng đứng của trọng tâm khối lượng không được treo trước (cầu thứ 1)

- ϕ_{xA1} : Góc lắc ngang của cầu trước

- ξ_{A2} : Chuyển vị thẳng đứng của trọng tâm khối lượng không được treo sau (cầu thứ 2)

- ϕ_{xA2} : Góc lắc ngang của cầu sau

- C_{ij} : Độ cứng của nhíp gắn với bánh xe ij ($i=1 \div 2, j=1 \div r$)

- K_{ij} : Hệ số cản giảm chấn gắn với bánh xe ij ($i=1 \div 2, j=1 \div r$)

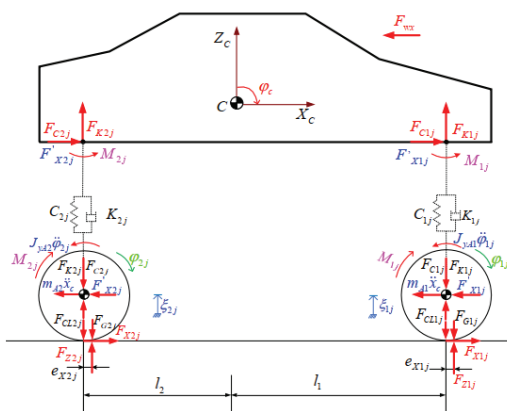
- CL_{ij} : Độ cứng hướng kính của lốp thứ ij ($i=1 \div 2, j=1 \div r$)

- l : chiều dài cơ sở của xe
- l_1 : khoảng cách từ trọng tâm thân xe đến cầu trước
- l_2 : khoảng cách từ trọng tâm thân xe đến cầu sau
- $2b_1$: khoảng cách giữa tâm 2 bánh xe cầu trước
- $2b_2$: khoảng cách giữa tâm 2 bánh xe cầu sau
- $2w_1$: khoảng cách giữa 2 vị trí đặt nhíp trên cầu trước
- $2w_2$: khoảng cách giữa 2 vị trí đặt nhíp trên cầu sau
- F_C : Lực cản hệ thống treo
- F_K : Lực đàn hồi hệ thống treo

Dựa vào phương pháp tách cấu trúc và phương trình Newton - Euler để thiết lập hệ phương trình động lực học ô tô điện, ta chiếu ô tô lên 3 mặt phẳng tọa độ và viết phương trình động lực học như sau:

2.2.1. Phương trình động lực học ô tô trong mặt phẳng đứng (XOZ)

Qua hình 4, viết được các phương trình động lực học của ô tô trong mặt phẳng thẳng đứng như sau:



Hình 4. Động lực học ô tô trong mặt phẳng đứng (XOZ)

- Phương trình chuyển động theo phương thẳng đứng z_c của khối lượng được treo:

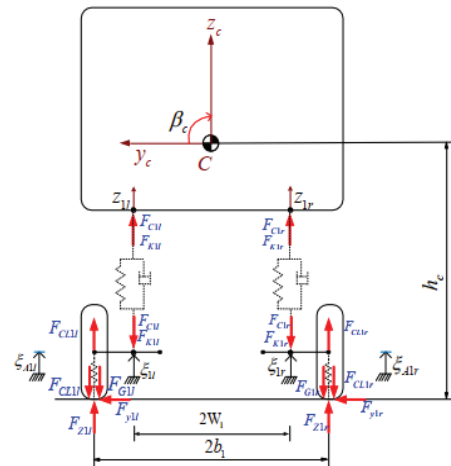
$$m\ddot{z}_c = F_{C1l} + F_{K1l} + F_{C1r} + F_{K1r} + F_{C2l} + F_{K2l} + F_{C2r} + F_{K2r} \quad (1)$$

- Phương trình xác định về chuyển động lắc dọc quanh trục y_c của khối lượng được treo như sau:

$$J_{yc}\ddot{\beta}_c = (F_{C1l} + F_{K1l} + F_{C1r} + F_{K1r})l_1 - (F_{C2l} + F_{K2l} + F_{C2r} + F_{K2r})l_2 + M_{1l} + M_{1r} + M_{2l} + M_{2r} \quad (2)$$

2.2.2. Phương trình động lực học ô tô trong mặt phẳng ngang (YOZ)

2.2.2.1. Phương trình động lực học ô tô trong mặt phẳng ngang (YOZ) tại cầu trước



Hình 5. Động lực học ô tô trong mặt phẳng ngang (YOZ) cầu trước với hệ thống treo độc lập

Trong hình 5 sử dụng phương pháp tách cấu trúc và phương pháp Newton – Euler để mô tả về động lực học ô tô trong mặt phẳng ngang (YOZ) tại cầu trước như sau:

- Phương trình góc lắc ngang quanh trục x_c của khối lượng được treo:

$$J_{xc}\ddot{\beta}_c = (F_{C1r} + F_{K1r} - F_{C1l} - F_{K1l})w_1 + (F_{C2r} + F_{K2r} - F_{C2l} - F_{K2l})w_2 \quad (3)$$

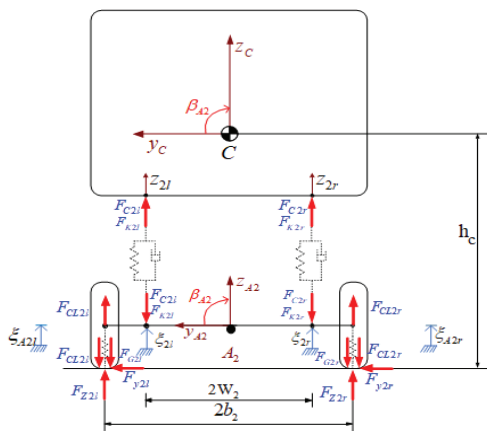
- Phương trình chuyển động theo phương thẳng đứng của bánh xe cầu trước bên trái:

$$m_{1l} \ddot{\xi}_{1l} = -(F_{K1l} + F_{C1l}) + F_{CL1l} \quad (4)$$

- Phương trình chuyển động theo phương thẳng đứng của bánh xe cầu trước bên phải:

$$m_{1r} \ddot{\xi}_{1r} = -(F_{K1r} + F_{C1r}) + F_{CL1r} \quad (5)$$

2.2.2.2. Phương trình động lực học ô tô trong mặt phẳng ngang (YOZ) tại cầu sau



Hình 6. Động lực học ô tô trong mặt phẳng ngang (YOZ) cầu sau với hệ thống treo bán độc lập thanh xoắn

- Phương trình chuyển động theo phương thẳng đứng z_c của cầu sau:

$$m_2 \ddot{z}_{A2} = F_{CL2l} + F_{KL2l} + F_{CL2r} + F_{KL2r} - F_{C2l} - F_{K2l} - F_{C2r} - F_{K2r} \quad (6)$$

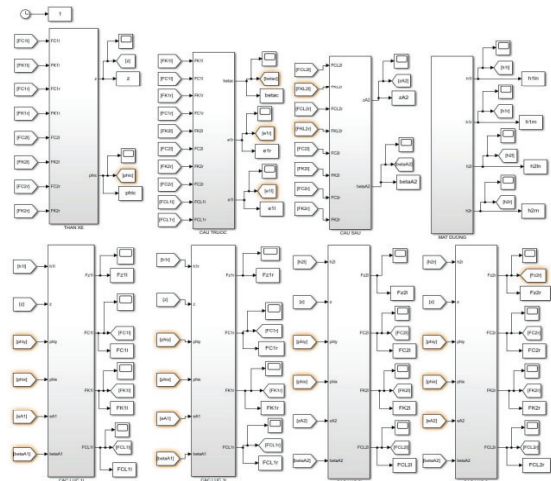
- Phương trình chuyển động lắc ngang quanh trục x_{A2} của cầu sau:

$$J_{xA2} \ddot{\beta}_{A2} = (F_{C2l} + F_{K2l} - F_{C2r} - F_{K2r}) W_2 + (F_{CL2r} + F_{KL2r} - F_{CL2l} - F_{KL2l}) b_2 - F_{y2l} (\dot{r}_{2l} + \xi_{A2l}) - F_{y2r} (\dot{r}_{2r} + \xi_{A2r}) \quad (7)$$

Kết hợp 7 phương trình vi phân đã mô tả ở trên là hệ phương trình vi phân tổng quát mô tả động lực học của ô tô điện. Qua đó, xây dựng được mô phỏng hệ thống động lực của xe ô tô điện.

2.2.4. Mô hình mô phỏng

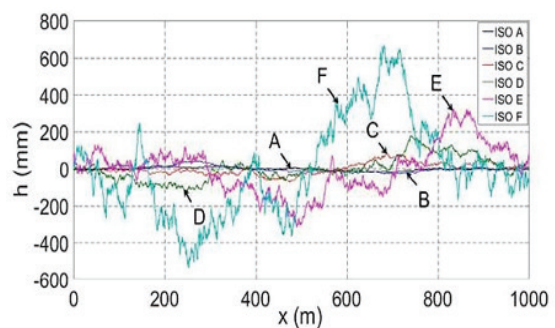
Sử dụng phần mềm Matlab/Simulink để tiến hành mô phỏng mô hình động học ô tô điện với các khối chức năng, mỗi khối thể hiện các phần tử đặc trưng của mô hình. Bản thân từng khối cũng chứa trong lòng nó các khối chức năng cụ thể để xử lý các tín hiệu đầu vào và đầu ra.



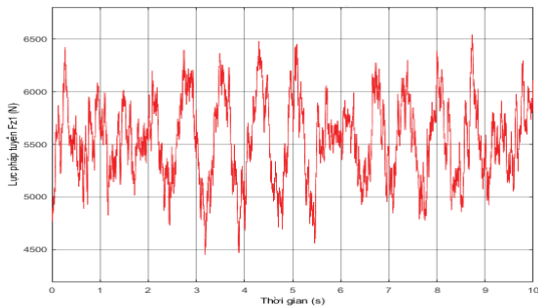
Hình 7. Sơ đồ mô phỏng hệ thống động lực ô tô điện e34

2.2.5. Kết quả mô phỏng

Sử dụng phần mềm Matlab/Simulink mô phỏng về khả năng các lực tác dụng lên bánh xe như lực pháp tuyến F_z , lực tiếp tuyến F_x , lực ngang F_y khi tăng tốc với điều kiện mặt đường loại B với vận tốc 80km/h với hệ số bám $\varphi=0.8$ theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [7].

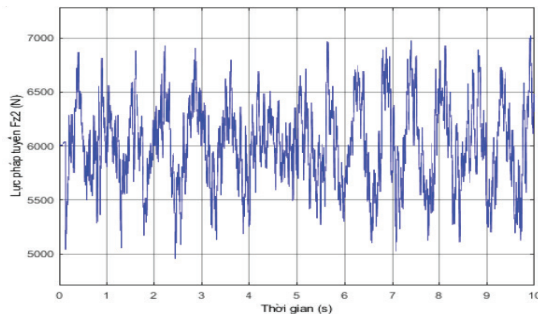


Hình 8. Máp mô mặt đường theo tiêu chuẩn ISO 8606:2016



Hình 9. Lực pháp tuyến F_{z1} ở bánh xe bên trái vị trí cầu trước

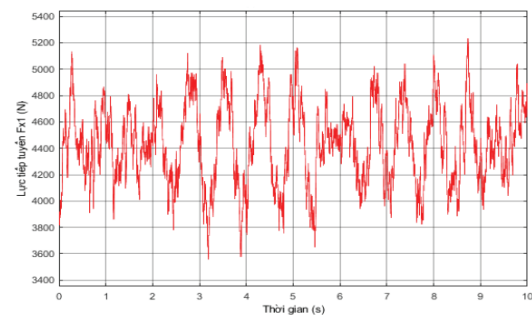
Khi vận tốc ô tô điện 80km/h thì lực pháp tuyến F_{z1} của bánh xe bên trái ở vị trí cầu trước có giá trị cực đại là 6512 N ứng với thời gian là 8.7s và giá trị cực tiểu là 4487 N ứng với thời gian 3,2s hình 9.



Hình 10. Lực pháp tuyến F_{z2} ở bánh xe bên trái của cầu sau

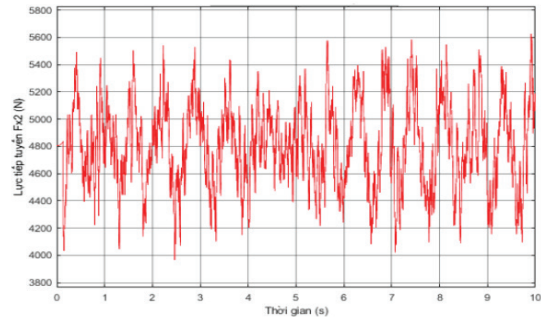
Giá trị lực pháp tuyến F_{z2} ở bánh xe bên trái cầu sau mang giá trị cực đại là 7010 N và thời điểm 2.4s có giá trị nhỏ nhất là 4993 N được biểu diễn qua sơ đồ hình 10.

Tại thời điểm này giá trị lực tiếp tuyến F_x ở bánh xe bên trái tại vị trí cầu trước và cầu sau ô tô điện cũng có các giá trị được thể hiện như hình 11 và hình 12.



Hình 11. Lực tiếp tuyến F_x ở bánh xe bên trái tại cầu trước

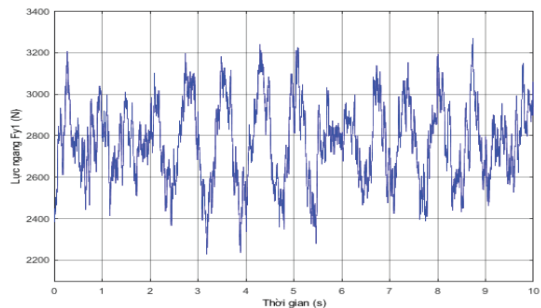
Hình 11 biểu diễn lực tiếp tuyến F_{x1} tại bánh xe bên trái cầu trước khi vận tốc 80km/h với mặt đường loại B có giá trị cực đại là 5198 N tại thời điểm 8.7s, giá trị cực tiểu là 3598 N với thời gian là 3.2s.



Hình 12. Lực tiếp tuyến F_{x2} ở bánh xe bên trái tại cầu sau

Hình 12 lực tiếp tuyến F_{x2} ở bánh xe bên trái vị trí cầu sau có giá trị cực đại và cực tiểu là 5258 N và 3995 N ứng với thời gian là 8.7s và 3.2s.

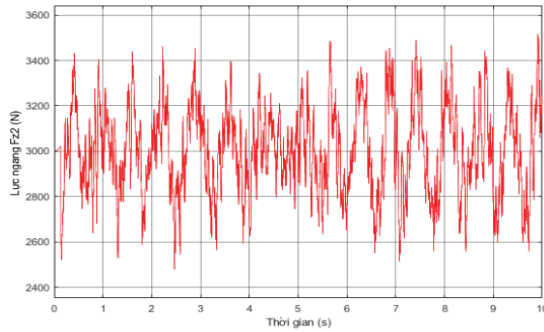
Cùng lúc này, xét đến lực ngang F_y tác dụng theo phương ngang y và vuông góc với lực tiếp tuyến F_x và lực pháp tuyến F_z .



Hình 13. Lực ngang F_y bánh xe bên trái tại cầu trước

Xét vận tốc 80km/h lực ngang F_y tại bánh xe bên trái cầu trước có giá trị cực đại là 3249 N tại thời điểm 8.7s và mang giá trị cực tiểu là 2257 N với thời gian là 3.2s được biểu diễn qua hình 13.

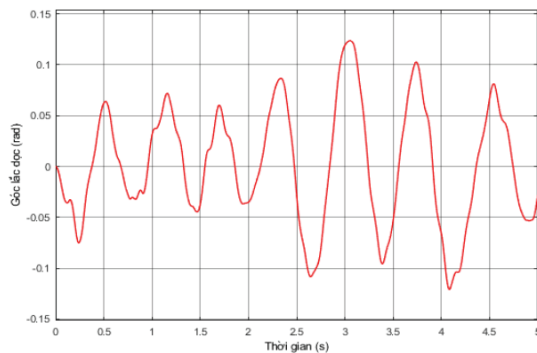
Hình 14 giá trị lực ngang cực đại 3506 N tại thời điểm 9.8s, giá trị cực tiểu tại thời điểm 2.5s là 2492 N.



Hình 14. Lực ngang F_z tại cầu sau

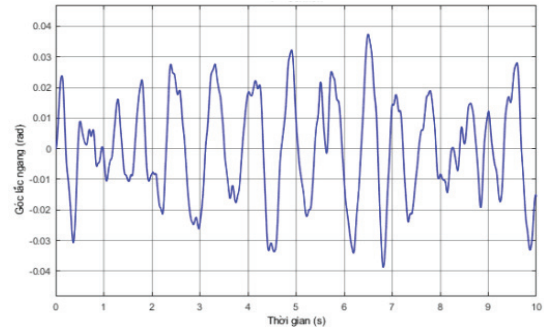
Qua đó tiến hành đánh giá giá trị về góc lắc dọc φ_c , góc lắc ngang β_c và góc xoay thân xe Ψ_c với vận tốc là 80 km/h trên điều kiện mặt đường loại B theo tiêu chuẩn TCVN 6964 [8] và tiêu chuẩn VDI – 2057 (CHLB Đức) [9] là phù hợp hay không phù hợp sử dụng ô tô điện cho thị trường Việt Nam.

Hình 15 thể hiện giá trị góc lắc dọc khi ô tô chuyển động ở vận tốc ô tô 80 km/h trên đường loại B là 0.127 rad ứng với góc lắc dọc 7.280 ứng với thời gian là 3.1s. Giá trị này vẫn còn trong phạm vi cho phép hoạt động, lưu thông trên đường.

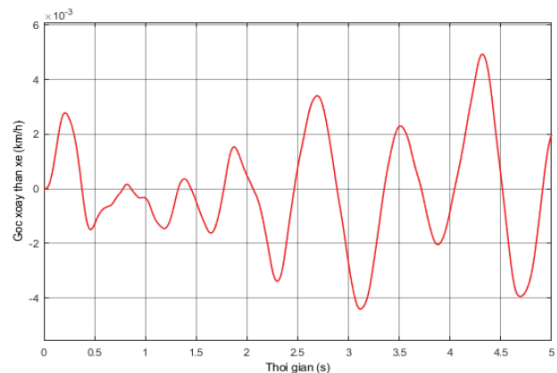


Hình 15. Góc lắc dọc thân xe ở vận tốc 80 km/h đường loại B

Góc lắc ngang β_c khi ô tô chạy ở vận tốc 80 km/h trên đường loại B được biểu diễn trong hình 16 với giá trị cực đại là 0.038 rad tại thời điểm 6.5s tương đương với góc 2.18°. Giá trị này vẫn đảm bảo phù hợp theo TCVN 6964 và tiêu chuẩn VDI – 2057 (CHLB Đức).



Hình 16. Góc lắc ngang β với vận tốc 80 km/h trên đường loại B



Hình 17. Góc xoay thân xe với vận tốc 80 km/h đường loại B

Giá trị góc xoay thân xe Ψ_c cũng được khảo sát trên tiêu chuẩn 6964 và tiêu chuẩn VDI – 2057 (CHLB Đức) được thể hiện ở hình 17 với vận tốc ở 80 km/h mặt đường loại B có giá trị cực đại là 0.005 rad tại thời gian 4.34s với góc 0.280 và đảm bảo đủ điều kiện để ô tô điện di chuyển trên đường.

Qua quá trình khảo sát các lực tác dụng lên ô tô điện vận tốc 80 km/h với mặt đường loại B theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 và khảo sát các góc lắc dọc, góc lắc ngang và góc xoay thân xe khi tăng tốc với vận tốc 80 km/h mặt đường loại B theo tiêu chuẩn 6964 và tiêu chuẩn VDI – 2057 (CHLB Đức) đáp ứng được giới hạn theo các tiêu chuẩn đề ra. Từ đó, giúp cho ô tô điện nâng cao được tính năng động lực học của xe.

3. Kết luận

Bài báo khảo sát về các lực tác dụng lên bánh xe như lực pháp tuyến F_z , lực tiếp tuyến F_x , lực ngang F_y khi tăng tốc với điều kiện mặt đường loại B với vận tốc 80km/h với hệ số bám $\varphi=0.8$ theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 và khảo sát về góc lắc dọc φ_c , góc lắc ngang β_c và góc xoay thân xe Ψ_c với vận tốc là 80 km/h trên điều kiện mặt đường loại B theo tiêu chuẩn TCVN 6964

[8] và tiêu chuẩn VDI – 2057 (CHLB Đức) khi ô tô tăng tốc chuyển động thông qua khảo sát bằng phần mềm Matlab/Simulink để xác định độ ổn định của xe nhằm nâng cao tính năng động lực học của ô tô điện. Việc khảo sát cho thấy, sử dụng ô tô điện là hoàn toàn phù hợp giúp xe ổn định hiệu quả và nâng cao tính năng động lực học của ô tô điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Tiếng Việt

- [1]. <http://moitruongplus.com.vn/1/4805/70-o-nhiem-moi-truong-bat-nguon-tu-cac-phuong-tien-giao-thong.htm>
- [2]. [http://vnautomate.net/Tổng quan các nghiên cứu về ô tô điện và các xu hướng phát triển](http://vnautomate.net/Tổng+quan+các+nghiên+cứu+về+ô+tô+điện+và+các+xu+hướng+phát+triển) - Tạp chí tự động hóa ngày nay
- [3]. <https://vnexpress.net/oto-xe-may/v-car/phien-ban-xe/vinfast-vf-e34-2021-tieu-chuan-340>
- [4]. https://vi.wikipedia.org/wiki/%C4%9%E1%B%99ng_c%C%A1_%C4%91i% E1%BB%7n
- [5]. Động cơ ô tô điện được phân chia thành 6 loại phổ biến (vinfastauto.com)

Tiếng Anh

- [6]. Ali Emadi (2014), *Advanced Electric Drive Vehicles*, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada.
- [7]. ISO 8608:2016, Mechanical vibration - Road Surface Profiles - Reporting of Measured Data, International Organization for Standardization (2016)
- [8]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6964:2008 (ISO 2631:2003) về Rung động cơ học và chấn động - Đánh giá sự tiếp xúc của con người với rung động toàn thân (2008).
- [9]. VDI 2057:2017 - Human exposure to mechanical vibrations - Whole-body vibration, Verein Deutsches Industrie Norm (2017).