XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHẢO SÁT KHẢ NĂNG VẬN HÀNH CỦA XE ĐIỆN CỠ NHỎ TRONG ĐIỀU KIỆN NỘI ĐÔ

SMALL ELECTRIC VEHICLE MODEL FOR INVESTIGATION OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS IN URBAN AREA

Trần Quang Minh, Lê Văn Nghĩa, Đàm Hoàng Phúc
Nhóm chuyên môn Ô tô và Xe chuyên dụng, Khoa Cơ khí Động lực, Trường Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Xe điện hiện đang là giải pháp thay thế cho ô tô truyền thống nhằm giải quyết bài toán ô nhiễm môi trường đô thị và giao thông thông minh. Bài báo xây dựng mô hình khảo sát khả năng vận hành, năng lượng tiêu thụ của xe điện chạy trong một chu trình lái nhất định và khảo sát sự vận hành của xe trong đô thị thông qua các thông số động lực học về vận tốc tối đa, thời gian tăng tốc, gia tốc ở 100% bàn đạp ga, vận tốc tối đa trên đường dốc cũng như lượng tiêu thụ năng lượng khi đi hết một chu trình. Kết quả mô phỏng dùng để đánh giá tính khả thi của việc ứng dụng xe điện cỡ nhỏ trong nội đô.

Từ khóa: *Mô hình xe điện ; Năng lượng tiêu thụ; Động lực học xe điện.*

ABSTRACT

Electric vehicles are the alternative to traditional cars that manufacturers care in order to solve the problems of urban environmental pollution and smart traffic. The article proposes a model to examine the operation, energy consumption of electric vehicle running in a certain driving cycle and examine how it operates in city through dynamic parameters in terms of maximum speed, acceleration time, acceleration at 100% accelerator pedal, maximum speed on ramps as well as energy consumption after one driving cycle. The results will evaluate the feasibility of the application of electric vehicle configuration in urban area.

Keywords: *Electric vehicle model; Energy consumption; Vehicle dynamic.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, ô nhiễm môi trường đang là vấn đề nghiêm trọng và theo thống kê của Tổ chức Thông tin về Chất lượng Không khí Toàn cầu IQAir AirVisual dựa trên mức đo về lượng bụi siêu mịn PM2.5/m^3 thì Việt Nam đứng thứ 17, trong đó riêng Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh nằm trong top 10 thành phố ô nhiễm không khí nhất thế giới. Cũng theo số liệu của Tổ chức Y tế Thế giới WHO, Việt Nam nằm trong nhóm những quốc gia có tỷ lệ tử vong cao nhất do ô nhiễm không khí [1, 2].

Ô tô điện là một trong những giải pháp đang được các nhà khoa học cũng như các nhà sản xuất ô tô nghiên cứu và phát triển nhằm giảm ô nhiễm ở các đô thị. Ở Việt Nam cũng đã có những nghiên cứu về ô tô điện cũng như sự ra đời của Vinfast VF e34, tuy nhiên độ phổ biến của ô tô điện chưa cao. Một trong những vấn đề cần nghiên cứu là khả năng vận hành của xe điện trong nội đô. Trong phạm vi bài báo sẽ trình bày các khảo sát về vận hành xe điện trong nội đô bằng mô hình. Kết quả mô phỏng là các thông số động lực học của ô tô điện như vận tốc, gia tốc,… hay năng lượng tiêu thụ khi vận hành ở một số chu trình vận tốc, và từ đó đưa ra các đánh giá về mức độ phù hợp của xe điện.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ KHẢO SÁT KHẢ NĂNG VẬN HÀNH XE ĐIỆN

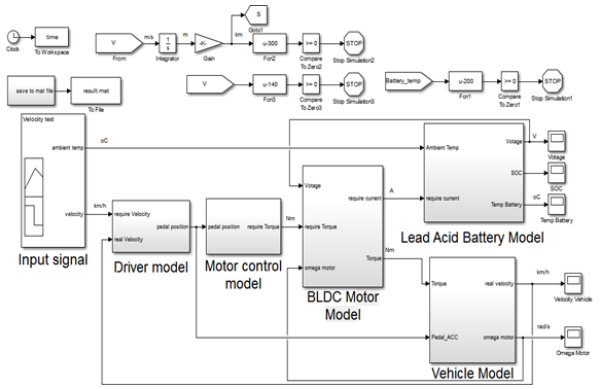
a) Xây dựng mô hình:

Đối tượng nghiên cứu trong bài báo được chọn là xe Hongguang MINI EV, với các thông số kỹ thuật cơ bản như trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông số cơ bản của xe tham khảo

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Momen lớn nhất motor (Nm)	T_{max}	70
Công suất lớn nhất motor (kW)	P_{max}	23,7
Khối lượng xe khi đầy tải (kg)	m	726
Diện tích tiết diện mặt ngang xe (m^2)	A	1,875
Hệ số cản không khí	C_w	0,3
Mật độ không khí (kg/m^3)	ρ	1,25
Khoảng cách trọng tâm đến cầu trước (m)	l_f	0,75
Khoảng cách trọng tâm đến cầu sau (m)	l_r	0,75
Chiều cao trọng tâm (m)	h	0,5
Hiệu suất hộp số	η_{gb}	0,95
Hiệu suất truyền lực chính	η_{fd}	0,95
Tỉ số truyền hộp số	i_{gb}	1,81
Tỉ số truyền truyền lực chính	i_{fd}	3,078
Hệ số cản lăn	μ_{rot}	0,01

Mô hình khảo sát khả năng vận hành của xe điện sẽ được xây dựng với các khối chính như trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối mô hình xe điện

Khối chu trình lái và nhiệt độ môi trường (Input): Khối này biểu diễn chu trình lái và nhiệt độ môi trường (25^0C) thông qua các tín hiệu xung.

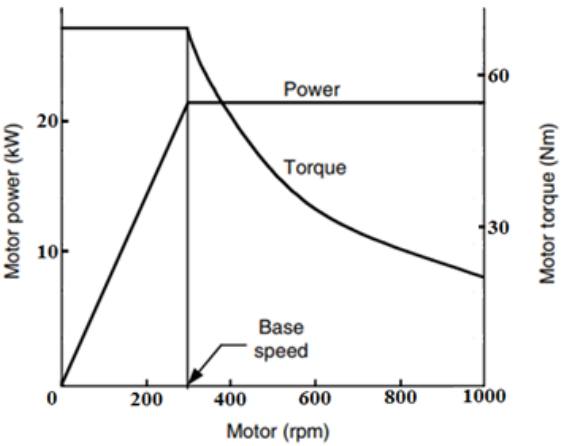
Khối mô hình người lái (Driver model): Khối này mô phỏng hành vi người lái thông qua việc so sánh giữa hai tín hiệu đầu vào là vận tốc mong muốn và vận tốc thực của xe rồi sử dụng bộ điều khiển P.I.D để cho ra tín hiệu bàn đạp ga.

Khối điều khiển motor (Motor control model): Khối này mô phỏng sự chuyển hóa từ tín hiệu đầu vào là vị trí bàn đạp ga sang tín hiệu ra là mô men mà motor cần phải đạt được với độ trễ là 0,2s.

Khối mô hình motor (BLDC motor model): Đường đặc tính của động cơ điện được mô tả như trong hình 2 [3], với hai phần tách biệt - phần mô men không đổi và phần mô men bắt đầu giảm dần theo tốc độ. Trong mô hình xe điện, công suất của motor điện được tính theo công thức:

$$P = omegac.T_{max} \quad (1)$$

Trong đó: T_{max} - mô men lớn nhất [Nm], P_{max} - công suất lớn nhất [W], omegac - vận tốc góc thay đổi [rad/s].



Hình 2. Đường đặc tính động cơ điện

Khối mô hình pin (Lead Acid Battery model): Hiện nay, trên xe điện sử dụng phổ biến hai loại pin là pin chì axit và pin lithium. Tuy nhiên, để xe điện có thể được sử dụng rộng rãi thì giá thành cần giảm xuống, mặt khác pin chì axit vẫn đáp ứng tốt nhu cầu sử dụng cho xe điện và do đó trong phạm vi bài báo đã sử dụng pin chì axit với dung lượng 200Ah để mô phỏng. Mô hình pin chì axit sử dụng trong bài được tham khảo từ [4].

Khối mô hình động lực học xe (Vehicle model): Khối mô phỏng các phương trình động lực học của xe với tín hiệu đầu vào là momen motor, vị trí bàn đạp ga và đầu ra cho kết quả là vận tốc xe và số vòng quay motor. Mô hình động lực học của xe được xây dựng theo tài liệu tham khảo [5].

Gia tốc của xe được xác định thông qua phương trình (2):

$$(m+m_e)\dot{V} = (F_{xf}+F_{xr}) - (F_{rf}+F_{rr}+F_{r_air}+F_{slope}) \quad (2)$$

Trong đó: m - khối lượng xe khi đầy

tải [kg], m_e - khối lượng quán tính quay tương đương [kg], $\dot{V}$ - gia tốc xe [m/s²], F_{xf}/F_{xr} - lực kéo bánh trước/sau [N], F_{rf}/F_{rr} - lực cản lăn bánh trước/sau [N], F_{r_air} - lực cản không khí [N], F_{slope} - lực cản dốc [N].

Khối lượng quay tương đương được tính theo công thức (3):

$$m_e = \frac{1}{r_{wh}^2}\left\{J_{rwh} + J_{fd} + J_{gb}i_{fd}^2 + (J_e + J_m)i_{gb}^2 i_{fd}^2\right\} \quad (3)$$

Trong đó: r_{wh} - bán kính bánh xe [m], J_{rwh} - momen quán tính bánh sau [kgm²], J_{fd} - momen quán tính truyền lực chính và trục quay [kgm²], J_{gb} - momen quán tính hộp số [kgm²], i_{fd} - tỉ số truyền truyền lực chính, J_e - momen quán tính động cơ [kgm²], J_m - momen quán tính motor [kgm²], i_{gb} - tỉ số truyền hộp số.

Tải trọng cầu trước/sau được mô tả bằng các phương trình (4), (5):

$$F_{zf} = \frac{m}{l_r + l_f}(gl_r - h\dot{V}),$$

$$F_{zr} = \frac{m}{l_r + l_f}(gl_f + h\dot{V}) \quad (4\text{-}5)$$

Trong đó: F_{zf}/F_{zr} - tải trọng cầu trước/sau [N], g - gia tốc trọng trường [m/s²],

h - chiều cao trọng tâm [m], l_f/l_r - khoảng cách trọng tâm đến cầu trước/sau [m].

Các lực cản lăn của bánh xe trước/sau (6-7), lực cản dốc và cản gió được tính bằng công thức (8-9) theo tài liệu tham khảo [6]:

$$F_{rf} = \mu_{rot}F_{zf}\cos\alpha,\ F_{rr} = \mu_{rot}F_{zr}\cos\alpha \quad (6\text{-}7)$$

$$F_{r_air} = \frac{1}{2}AC_w\rho V^2,\ F_{slope} = mg\sin\alpha \quad (8\text{-}9)$$

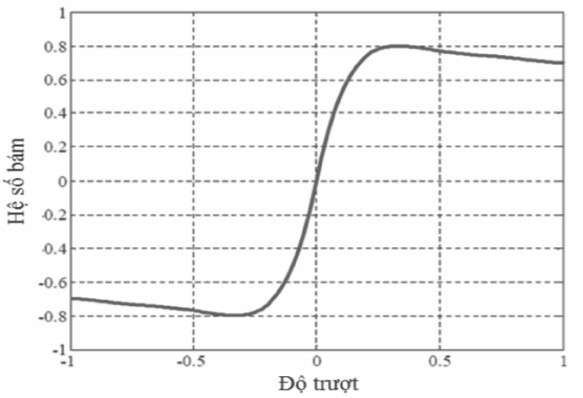
Trong đó: μ_{rot}- hệ số cản lăn, α - góc dốc, A - diện tích tiết diện mặt ngang xe [m²], C_w - hệ số cản không khí, ρ - mật độ không khí [kg/m³].

Lực kéo tại bánh xe trước/sau [5]:

$$F_{xf} = \mu_f(s_f)F_{zf},\ F_{xr} = \mu_r(s_r)F_{zr} \quad (10\text{-}11)$$

Trong đó: μ_f/μ_r - hệ số bám của bánh trước/sau, s_f/s_r - độ trượt của bánh trước/sau.

Mối quan hệ giữa độ trượt và hệ số bám được thể hiện như trong đồ thị hình 3 dưới đây [5]:



Hình 3. Mô hình lốp xe

Độ trượt trong quá trình phanh và tăng tốc được tính theo các công thức:

$$s = \frac{V - \omega_{wh}r_{wh}}{\omega_{wh}r_{wh}} \text{ khi } -1<s\leq 0$$

và $$s = \frac{V - \omega_{wh}r_{wh}}{V} \text{ khi } 0<s\leq 1 \quad (12\text{-}13)$$

Gia tốc quay bánh sau/trước được xác định như sau:

$$J_{rwh}\dot{\omega}_{rwh} = \eta_{fd}T_{fdin} - F_{xr}r_{wh} - T_{br} \quad (14)$$

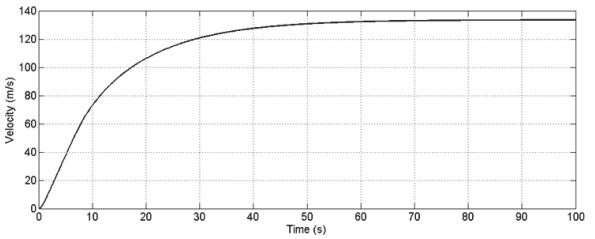
☞

$$J_{fwh}\dot{\omega}_{fwh} = F_{xf}r_{wh} - T_{bf} \quad (15)$$

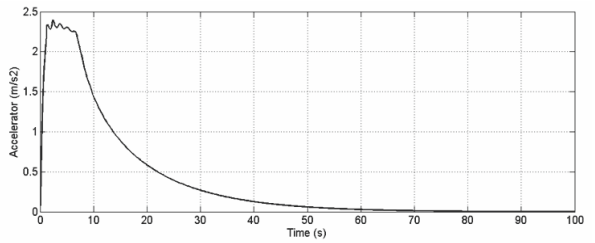
Trong đó: $\dot{\omega}_{rwh}$ và $\dot{\omega}_{fwh}$ - gia tốc góc bánh sau và trước [rad/s^2], η_{fd} - hiệu suất truyền lực chính, T_{br} và T_{bf} - momen phanh bánh sau và trước [Nm], J_{rwh} và J_{fwh} - momen quán tính bánh sau và trước [kgm^2].

b) Khảo sát các tính năng động lực học và khả năng vận hành xe điện

Trong khuôn khổ nghiên cứu này, các tính năng động lực học của xe điện được khảo sát là: vận tốc và gia tốc cực đại trên đường bằng và trên đường có độ dốc và các thông tin về mức tiêu hao năng lượng. Đồ thị vận tốc như trên hình 4 và đồ thị gia tốc như trên hình 5 nhận được ở 100% ga. Từ đó có thể thấy, xe mất khoảng 17 giây để đạt vận tốc 100km/h, đạt tối đa khoảng hơn 130km/h và có gia tốc cực đại khoảng 2,5m/s^2. Các thông số này cho thấy với mức công suất định mức nhỏ hơn xe truyền thống rất nhiều, nhưng xe điện vẫn có thể đáp ứng được các thông số động lực học cơ bản [7].

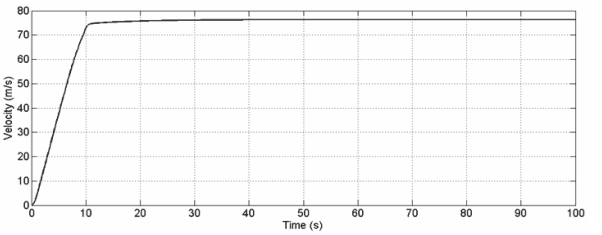


Hình 4. Đồ thị tăng tốc trên đường bằng ở 100% ga



Hình 5. Đồ thị gia tốc trên đường bằng ở 100% ga

Cùng điều kiện trên, cho xe chạy trên đường dốc 10%, ta được đồ thị vận tốc như hình 6. Lúc này, vận tốc cực đại của xe khoảng 76km/h. Điều này phản ánh yếu điểm của xe điện với công suất nhỏ, nhưng cho thấy nó vẫn đáp ứng nhu cầu cơ bản khi vận hành trong nội đô với vận tốc cực đại cho phép thường xuyên là dưới 60 km/h.



Hình 6. Đồ thị vận tốc khi xe vận hành trên đường dốc 10%

Tiếp theo, bài báo khảo sát mức tiêu hao năng lượng và sự thay đổi nhiệt độ pin trong 10km đường thẳng ở các dải vận tốc phổ biến trong đô thị. Kết quả về mức tiêu thụ năng lượng, chi phí cũng như sự thay đổi nhiệt độ so với môi trường của pin được thể hiện trong bảng 2. Hiện nay, với giá tiền 2.927 đồng/kWh - mức phí cao nhất cho điện sinh hoạt [8], thì sau 10km di chuyển trong đô thị, chủ xe sẽ tốn một khoản chi phí nhỏ so với xe sử dụng năng lượng hóa thạch, phù hợp với mức thu nhập của không chỉ Việt Nam mà còn của các nước đang phát triển, tạo điều kiện thuận lợi cho việc phổ biến xe điện.

Bảng 2. Mức tiêu thụ năng lượng và nhiệt độ pin ở một số dải vận tốc

Dải vận tốc (km/h)	SOC (%)	SOC tiêu hao (%)	Năng lượng tiêu hao (Wh)	Chi phí (VNĐ)
20	96,6	3,4	321	939,57
30	96,5	3,5	330	965,91
40	96,1	3,9	371	1085,92

3. KẾT LUẬN

Bài báo xây dựng mô hình mô phỏng hoạt động của xe điện trong điều kiện vận hành nội đô. Các kết quả khảo sát bằng mô hình cho thấy cấu hình xe tham khảo với các thông số động lực học đã chọn có các tính năng động lực học không kém gì các xe ô tô truyền thống và mức tiêu hao năng lượng phù hợp với điều kiện nội đô. Các kết quả và phương pháp triển khai là tiền đề để mở rộng cho các nghiên cứu tiếp theo về xe điện sau này.❖

Ngày nhận bài: **01/7/2022**
Ngày phản biện: **25/7/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Đông Hải; *Ô nhiễm khí thải phương tiện giao thông tại các đô thị*, Tạp chí Công nghiệp Môi trường (2019).

[2]. Hải Minh; *Ô nhiễm môi trường đô thị: Khí thải từ các phương tiện giao thông đứng đầu bảng*, Tạp chí Bảo vệ rừng và Môi trường (2017).

[3]. Konstantinos N. Genikomsakis, Georgios Mitrentsis, (2017); *A computationally efficient simulation model for estimating energy consumption of electric vehicles in the context of route planning applications,* Transportation Research Part D 50 98–118p.

[4]. Phạm Văn Sang, Đàm Hoàng Phúc, Trần Minh Công, Lê Văn Tài, Đỗ Đình Quang Anh; *Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian phóng điện của ắc quy ô tô điện,* Hội nghị Cơ khí Động lực 2021.

[5]. Võ Văn Hường, Nguyễn Tiến Dũng, Dương Ngọc Khánh, Đàm Hoàng Phúc; *Động lực học ô tô,* NXB. Giáo dục Việt Nam (2014), 227 trang.

[6]. Lưu Văn Tuấn; *Lý thuyết ô tô*, NXB. Giáo dục Việt Nam (2020), 350p.

[7]. https://anycar.vn/tong-quan-cong-suat-va-momen-xoan-cua-dong-co-o-to-t145686.html, truy cập ngày 28/02/2022.

[8]. https://www.evn.com.vn/c3/evn-va-khach-hang/Bieu-gia-ban-le-dien-9-79.aspx, truy cập ngày 28/02/2022.

☞