

# KHẢO SÁT ĐỘNG LỰC HỌC CHUYÊN ĐỘNG THĂNG CỦA Ô TÔ ĐIỆN CỠ NHỎ SỬ DỤNG CÔNG CỤ MÔ PHỎNG MATLAB – SIMULINK

STUDY OF LONGITUDINAL ELECTRIC VEHICLE DYNAMICS BY USING  
MATLAB-SIMULINK TOOLBOXES

Nguyễn Tiến Sơn<sup>1</sup>, Vũ Ngọc Tuấn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Phòng cháy Chữa cháy

<sup>2</sup>Học viện Kỹ thuật Quân sự

## TÓM TẮT

*Điều khiển phối hợp các thiết bị lưu trữ năng lượng (như ắc quy, pin nhiên liệu, siêu tụ,...) trong xe ô tô điện là hướng nghiên cứu thu hút nhiều sự quan tâm trong thời gian gần đây nhằm tăng quãng đường đi, cũng như nâng cao tuổi thọ ắc quy. Các thành phần động lực học chiếm tỷ trọng cao nhất trong việc sử dụng năng lượng và đây là đối tượng của bài toán điều khiển dòng năng lượng. Trong bài báo này, các đặc tính động lực học của ô tô điện được khảo sát, tiếp đó hoạt động của xe được kiểm chứng bằng công cụ mô phỏng MATLAB - SIMULINK. Các kết quả nhận được cho thấy, các tính toán lý thuyết tin cậy được và có thể sử dụng cho các bước nghiên cứu tiếp theo của bài toán điều khiển và quản lý hệ thống nguồn năng lượng.*

**Từ khóa:** Ô tô điện, MATLAB – SIMULINK, mô hình động lực học.

## ABSTRACT

*Control of integrated energy storage equipments (such as battery, super capacitor...) in electric vehicles (EV) is an emerging research trend in order to extend the vehicles' travelled distance as well as the battery's life. The dynamic components represent the major portion in the usage of energy and this is therefore the object for the power flow control. In this paper, the dynamic characteristics of an EV are first investigated, the operation of the vehicle is then tested using the MATLAB - SIMULINK simulation toolbox. The results show that the theoretical calculations are valid and they can be used for further research in control and management of the energy systems.*

**Keywords:** EV, MATLAB - SIMULINK, Dynamic model.

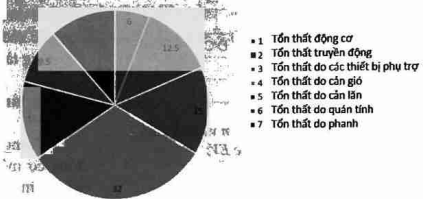
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô tô điện là lĩnh vực mà thế giới đã và đang quan tâm. Theo dòng lịch sử, đã có những sản phẩm thương mại ô tô điện từ năm 1899. Mặc dù ô tô điện được nghiên cứu rất nhiều nhưng vẫn để tích trữ năng lượng vẫn còn rất nhiều hạn chế nên phải đến những năm đầu của thế kỷ XXI mới lại có những thương phẩm ô tô điện có khả năng cạnh tranh với ô tô sử dụng nhiên liệu hóa thạch như Mitsubishi iMiEV, hay Nissan Leaf.

Trong những năm gần đây, ô tô điện ở Việt Nam đã được đưa vào sử dụng khá rộng rãi nhưng chỉ với quy mô nhỏ như trong các khu du lịch, Sân golf, khu vui chơi giải trí phục vụ nhu cầu đi lại. Với đặc thù tự nhiên ở Việt Nam có đường bờ biển trải dài từ Bắc vào Nam, các khu vui chơi giải trí được xây dựng quy mô lớn thì nhu cầu sử dụng ô tô điện sẽ càng cao. Trên thực tế đối tượng này thực sự chưa được quan tâm nghiên cứu nhiều của các nhà khoa học.

Hình 1, cho ta thấy thành phần động lực học (bao gồm lực cản gió, lực cản lăn và lực quán tính) sử dụng năng lượng nhiều nhất [1], chiếm tới 55% tổng năng lượng tiêu thụ. Các tổn thất do phanh và các thiết bị phụ trợ chiếm 26,5%. Các tổn thất còn lại (18,5%) gồm truyền động và động cơ thuộc về lĩnh vực thiết kế và chế tạo.

BIỂU ĐỒ YẾU TỐ TỔN THẤT NĂNG LƯỢNG TRÊN Ô TÔ ĐIỆN



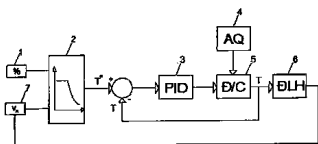
Hình 1. Biểu đồ các yếu tố tổn thất năng lượng trên ô tô điện

Vì vậy, để điều khiển dòng năng lượng ta cần quan tâm nhất đến các thành phần động lực học. Do đó, ta có thể coi bài toán điều khiển là về động lực học với tín hiệu điều khiển là phân bố lượng đặt công suất cho các thiết bị lưu trữ năng lượng để với chu trình lái và lượng năng lượng xác định thì xe có thể đi xa nhất.

Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu tính chất động lực học của đối tượng này và xây dựng mô hình ô tô điện trong Matlab – Simulink để đưa kết quả, đồng thời so sánh mức tiêu hao năng lượng trong quá trình tăng tốc của hai dòng ắc quy đang sử dụng phổ biến trên xe điện hiện nay đó là: ắc quy axit chì và ắc quy Lithium.

2. MÔ HÌNH KHẢO SÁT

Để khảo sát chuyển động lực học chuyển động thẳng của ô tô điện cỡ nhỏ, nhóm tác giả sử dụng hai phương pháp tính toán: (i) Phương pháp tính toán khảo sát cổ điển theo đặc tính ngoài của động cơ điện; (ii) Phương pháp tính toán mô phỏng với vòng điều khiển kín, tín hiệu đầu vào là vị trí bàn đạp ga và vận tốc chuyển động của ô tô. Thông qua việc tra bảng đặc tính của động cơ điện sẽ xác định được mô men cần thiết. Một bộ điều khiển được thiết kế để điều khiển động cơ điện sao cho mô men do động cơ sinh ra gần bằng mô men cần thiết. Mô men của động cơ sinh ra là đầu vào cho mô hình động lực học của ô tô để tính toán các giá trị của các tham số động lực học chuyển động như vận tốc, gia tốc... Sơ đồ cụ thể của được dùng đối với phương pháp này được thể hiện trên hình 2.

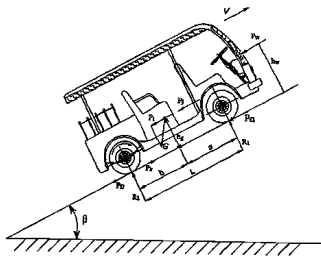


Hình 2. Sơ đồ hệ thống điều khiển và tính toán khảo sát động lực học EV:

- 1) Khối tín hiệu bàn đạp ga;
- 2) Khối tín hiệu đặc tính động cơ;
- 3) Bộ điều khiển động cơ PID;
- 4) Nguồn áp quy;
- 5) Động cơ điện;
- 6) Động lực học của xe;
- 7) Vận tốc xe.

### 2.1. Mô hình động lực học chuyển động thẳng của thân xe

Đối tượng khảo sát được lựa chọn là ô tô điện cỡ nhỏ, hai cầu với một cầu chủ động, sử dụng một động cơ điện dẫn động cầu sau có vị sai giữa hai bánh xe. Hình dáng bố trí chung của ô tô điện được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Các lực tác dụng lên xe

Theo [2], phương trình chuyển động của ô tô ở dạng phương trình cân bằng lực kéo có dạng sau đây:

$$P_k = P_j + P_w + P_i + P_f \quad (2.1)$$

Trong đó:  $P_j$  là lực cản lăn,  $P_i$  là lực cản

do góc dốc của đường,  $P_w$  là lực cản không khí,  $P_f$  là lực quán tính,  $R_1$  và  $R_2$  là phản lực thẳng đứng từ đường lên các cầu xe. (Các công thức dùng để xác định các lực này được thể hiện chi tiết trong tài liệu [2]).

### 2.2. Mô hình động cơ điện

Trong bài báo này, nhóm tác giả lựa chọn động cơ một chiều không chổi than (BLDC) với những ưu điểm: Vận hành ở tốc độ cao, tăng hoặc giảm tốc trong thời gian ngắn, hiệu suất cao, kết cấu nhỏ gọn, mô men điều khiển được ở vị trí bằng không... Theo [3], mô men điện từ của động cơ một chiều không chổi than (BLDC) được xác định như sau:

$$M = K_t I \quad (\text{với } I \text{ là hệ số mô men}) \quad (2.2)$$

$$\text{Hoặc } M = (J_m + J_c) \frac{d\omega}{dt} + M_f + M_c \quad (2.3)$$

Trong đó:  $J_m$  là mô men quán tính;  $J_c$  là mô men quán tính của tải;  $M_f$  là mô men ma sát;  $M_c$  là mô men tải của động cơ.

### 2.3. Mô hình lớp đường

Khối mô hình lớp mô tả lớp xe như một bánh xe đàn hồi tiếp xúc với đường, mô hình chỉ mô tả chuyển động thẳng. Theo tài liệu [5], ta có thể xác định được lực kéo tiếp tuyến như sau:

$$F_x = C_{F_x} u; C_{F_x} = \left( \frac{dF_x}{du} \right)_{u=0}; u = \sigma_k k' ;$$

$$\sigma_k = \left( \frac{dF_x}{dk'} \right)_{k'=0} / \left( \frac{dF_x}{du} \right)_{u=0} \quad (2.4)$$

$$\sigma_k \left( \frac{dk'}{dt} \right) + |v_x|_{k'=0} \Omega - v_x - \frac{1}{C_{F_x}} \left( \frac{\partial F_x}{\partial F_z} \right) \frac{dF_z}{dt} \quad (2.5)$$

2.4. Mô hình ắc quy

Hiện nay, có nhiều loại nguồn sử dụng trên ô tô điện như: Ắc quy chì, ắc quy lithium, pin nhiên liệu, siêu tụ... trong bài báo này, nhóm tác giả lựa chọn ắc quy chì, một loại ắc quy phổ biến có giá thành rẻ để khảo sát.

Theo [4] mô hình toán của ắc quy chì như sau:

Mô hình phóng ( $i^* > 0$ )

$$f_1(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q-it} i^* - K \cdot \frac{Q}{Q-it} it + Laplace^{-1} \left( \frac{Exp(s)}{Sel(s)} \right) \tag{2.6}$$

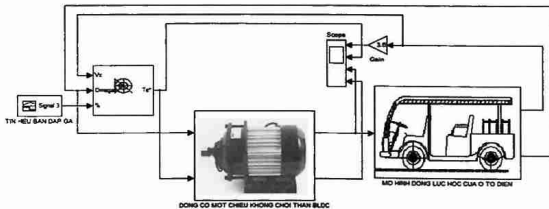
Mô hình nạp: ( $i^* < 0$ )

$$f_2(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{it+0,1Q} i^* - K \cdot \frac{Q}{Q-it} it + Laplace^{-1} \left( \frac{Exp(s)}{Sel(s)} \cdot \frac{1}{s} \right) \tag{2.7}$$

Với:

- $E_0$  Điện áp không đổi (V);
- $K$  Độ phân cực không đổi (Ah<sup>-1</sup>);
- $i^*$  Động lực của dòng điện tần số thấp (A);
- $I$  Dòng điện ắc quy (A);
- $it$  Dung lượng trích xuất (Ah);
- $Q$  Dung lượng lớn nhất của ắc quy (Ah);
- $A$  Hàm điện áp (V);
- $B$  Hàm dung lượng (Ah).

Mô hình khảo sát động lực học chuyển động thẳng của ô tô điện được xây dựng trong Simulink được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Mô hình khảo sát động lực học ô tô điện trong Simulink

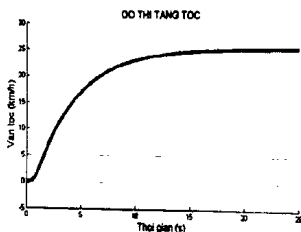
### 3. KHẢO SÁT CÁC ĐẶC TÍNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA XE Ô TÔ ĐIỆN

Nhóm tác giả đã tham khảo thông số kỹ thuật của một số dòng xe điện cỡ nhỏ hiện nay đang được sử dụng ở Việt Nam và xây dựng một bảng thông số kỹ thuật để đưa vào tính toán và khảo sát. Các thông số cơ bản của xe được thể hiện trên bảng 1.

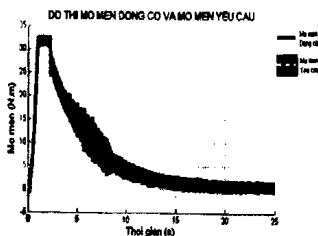
Bảng 1. Thông số tính toán động lực học của xe ô tô điện cỡ nhỏ:

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Kích thước (Dài x Rộng x Cao)		m	4230 x 1490 x 2050
Chiều dài cơ sở		m	2100
Trọng lượng toàn bộ	G	kG	1000
Bán kính bánh xe	$r_{bx}$	m	0,26
Hệ số cản không khí	K	NS2/m <sup>4</sup>	0,45
Hiệu suất truyền lực	$\eta$		0,93
Hệ số cản lăn	f		0,02
Tỉ số truyền của HT truyền lực	I		12
<b>Động cơ điện một chiều không chổi than BLDC</b>			
Công suất lớn nhất	$N_{emax}$	Kw	5
Tốc độ định mức	$n_{dm}$	Vòng/phút	1500
Tốc độ tối đa	$n_{max}$	Vòng/phút	3300

Từ mô hình mô phỏng được kết quả như sau:



Hình 5. Đồ thị tăng tốc của ô tô điện



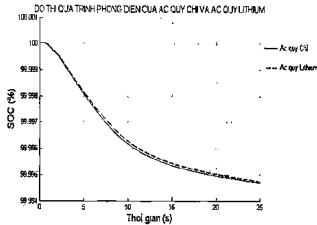
Hình 6. Đồ thị mô men động cơ và mô men yêu cầu

Từ đồ thị trên rút ra một số tham số như sau:

Bảng 2. Một số kết quả mô phỏng:

Thông số đánh giá	Kết quả
Mô men lớn nhất của động cơ	32,84 N.m
Mô men yêu cầu lớn nhất	31,83 N.m
Vận tốc cực đại của xe	25,45 km/h
Thời gian tăng tốc từ 0 đến 20 km/h	6,81 s
Thời gian tăng tốc với vận tốc tối đa	17,35 s

Như đầu bài báo đã đề cập: Hai loại ắc quy sử dụng phổ biến trên ô tô điện hiện nay là ắc quy Axit chì và ắc quy Lithium. Từ mô hình mô phỏng cũng đưa ra được kết quả so sánh quá trình phóng của hai loại ắc quy này trong quá trình tăng tốc và được mô tả như hình 7. Nhận thấy, ắc quy Lithium có khả năng duy trì được năng lượng tốt hơn khi xe tăng tốc cũng như khi sử dụng trên ô tô điện.



Hình 7. Quá trình phóng của ắc quy axit chì và ắc quy lithium

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo này đã tính toán các đặc tính động lực học của ô tô điện qua mô phỏng hoạt động của xe trong môi trường Matlab – Simulink. Mô hình mô phỏng cũng đã đưa ra được kết quả so sánh quá trình phóng của hai loại ắc quy chì và ắc quy Lithium trong quá trình tăng tốc của xe. Kết quả này sẽ được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo về việc tối ưu hóa nguồn năng lượng trên xe ô tô điện. ❖

Ngày nhận bài: 10/01/2017

Ngày phản biện: 10/02/2017

#### Tài liệu tham khảo:

- [1]. J. Thomas (2014, 6th, July); *Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles*. Available: <http://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>
- [2]. Nguyễn Hữu Cần (2005); *Lý thuyết ô tô máy kéo*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Bose, B. K., *Modern Power Electronics and AC Drives*, Prentice-Hall, N.J., 2002.
- [4]. S. Wijewardana, New Dynamic Battery Model for Hybrid Vehicles, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: [www.ijetae.com](http://www.ijetae.com), University of London, London, 2014.
- [5]. Vũ Ngọc Tuấn (2007); *Nghiên cứu hiện tượng tuần hoàn công suất trên xe ô tô quân sự*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội.
- [6]. David McDonald; *Electric Vehicle Drive Simulation with MATLAB/Simulink*, LSSU Sault Ste Marie, MI 49783, 2012.
- [7]. Erik Schaltz, *Electrical Vehicle Design and Modeling*, Aalborg University – Denmark, 2011.