

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG VÀ KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH TỚI KHẢ NĂNG LÀM VIỆC XE ĐIỆN

RESEARCH ON SIMULATING AND INVESTIGATING THE EFFECTS OF OPERATING MODE ON PERFORMANCE OF ELECTRIC VEHICLES

Nguyễn Thành Công^{1,*}

TÓM TẮT

Các chế độ vận hành của người lái ảnh hưởng rất lớn tới khả năng làm việc cũng như tính kinh tế của xe điện. Nội dung của bài báo nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng tính năng động lực học với các thông số thiết kế đảm bảo theo tiêu chí tham gia cuộc thi Shell Eco-Maraton và khảo sát ảnh hưởng các chế độ vận hành của người lái tới khả năng làm việc của xe điện. Kết quả chỉ ra rằng ảnh hưởng của các chế độ vận hành như thay đổi gia tốc, vận tốc đến khả năng vận hành của xe điện là rõ rệt. Từ đó xác định chế độ vận hành hợp lý nhằm tiết kiệm nhiên liệu tiêu thụ của xe.

Từ khóa: Ô tô điện; Tính năng động lực học; Tính kinh tế.

ABSTRACT

Operating modes of drivers greatly affect performance as well as economics of electric vehicles. This article concentrates on building model which simulates dynamics with design parameters matching the criteria of the Shell Eco-Maraton contest and investigating the effect of operating modes on performance of electric vehicles. The results shown that the influences of operating modes including acceleration, velocity changing on vehicle's performance is something indisputable. From there, we can determine the proper operating mode to reduce fuel consumption.

Keywords: Electric Vehicles; Dynamic characteristics; Economic Indexes.

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

*Email: congnt@utc.edu.com

Ngày nhận bài: 06/12/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/01/2018

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2018

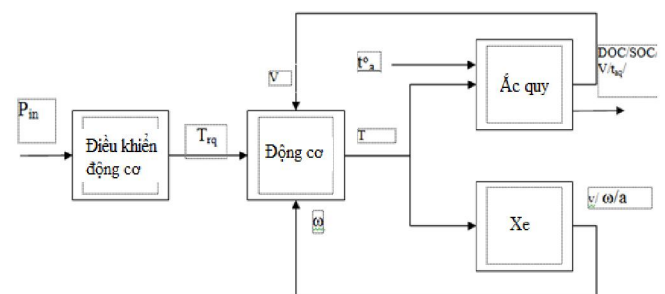
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cuộc thi Shell Eco-Marathon là một cuộc thi quốc tế dành cho sinh viên các trường đại học khắp nơi trên thế giới tham gia nghiên cứu chế tạo phương tiện với những giải pháp công nghệ nhằm tiết kiệm nhiên liệu. Tham gia cuộc thi, các đội được thách thức chế tạo xe tiết kiệm nhiên liệu với nhiều hạng mục nhiên liệu khác nhau như chế tạo dòng xe chạy nhiên liệu xăng, diesel, điện,... Thông qua việc nghiên cứu chế tạo xe tham gia cuộc thi Shell Eco-Marathon làm tiền đề tiến hành nghiên cứu chuyên sâu về việc thiết kế chế tạo xe ô tô điện, tiến tới đưa ra công nghệ

thiết kế chế tạo sản xuất xe ô tô điện ở Việt Nam. Vấn đề tối ưu hóa hệ truyền động trên xe có ý nghĩa lớn trong việc tiết kiệm năng lượng trên ô tô điện. Nếu xe hoạt động với hiệu suất cao, đồng nghĩa với việc năng lượng sinh ra được tận dụng triệt để, giúp tiết kiệm năng lượng ở pin hoặc ắc quy, làm tăng quãng đường đi được trên một lần sạc. Các chế độ vận hành của người lái ảnh hưởng rất lớn tới khả năng làm việc cũng như tính kinh tế của xe điện [1]. Nội dung của bài báo nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng tính năng động lực học với các thông số thiết kế đảm bảo theo tiêu chí tham gia cuộc thi Shell Eco-Maraton và khảo sát ảnh hưởng các chế độ vận hành của người lái tới khả năng làm việc của xe điện ba bánh.

2. MÔ HÌNH CHUYỂN ĐỘNG Ô TÔ ĐIỆN

Với mục tiêu đánh giá chính xác quá trình vận hành xe điện tiến hành xây dựng phương án mô phỏng gồm 4 khối chính được thể hiện trên hình 1, chức năng của các khối như sau [2]:



Hình 1. Sơ đồ truyền động xe điện

- Khối mô hình điều khiển động cơ: mô phỏng mối quan hệ giữa vị trí bàn đạp ga P_{in} và mô men động cơ yêu cầu T_{rq} .

- Khối mô hình động cơ: khối mô phỏng lại đặc tính hoạt động của động cơ điện một chiều không chổi than; từ thông số mô men yêu cầu T_{rq} , vận tốc góc động cơ ω , xuất ra tín hiệu mô men chủ động T truyền tới các bánh xe.

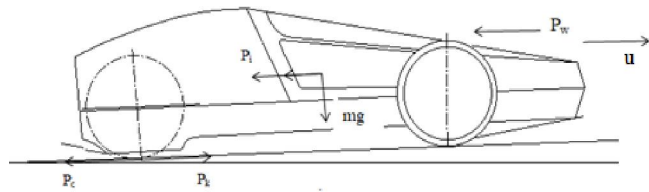
- Khối mô hình xe: dùng để mô phỏng khả năng động lực học phương dọc của xe (vận tốc v , gia tốc a của xe) khi được cấp mô men chủ động từ động cơ điện T.

- Khối mô hình ắc quy (Nguồn điện): khối mô phỏng hoạt động của ắc quy trong quá trình phóng điện. Thông số

vào là mô men chủ động từ động cơ T, nhiệt độ t° và có thông số ra là mức độ phóng điện DOC/SOC.

2.1. Mô hình xe

Mô hình động lực học kéo ô tô điện tổng quát thể hiện như trên hình 2 [3].



Hình 2. Sơ đồ lực tác dụng lên xe khi chuyển động

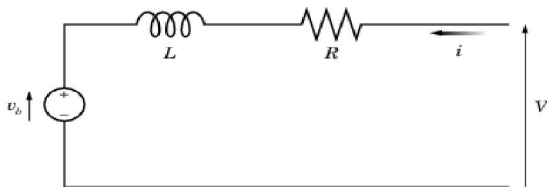
Mô hình toán học mô tả chuyển động của ô tô trong mặt phẳng dọc được xây dựng dựa trên phương trình vi phân sau [3]:

$$m\dot{u} = P_k - (P_i + P_c + P_w) \tag{1}$$

Trong đó: m là khối lượng của xe; u là vận tốc xe; P_k là lực kéo tại các bánh xe chủ động, được đặt tại vị trí tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường; P_i là lực cản lên dốc; P_c là lực cản lăn; P_w là lực cản không khí.

2.2. Mô hình động cơ điện

Mô hình động cơ điện một chiều được mô tả với các tham số là đặc tính điện năng và mô men xoắn ta sử dụng mô hình mạch tương đương như sau [4]:



Hình 3. Mô hình thay thế động cơ điện một chiều

Với mô hình thể hiện ở hình 3 các thông số mạch tương đương cho mô hình là các điện trở R tương ứng là các thành phần trở kháng của các chi tiết trong động cơ. Điện cảm L tương ứng với là các thành phần từ cảm của các chi tiết trong động cơ. Các nam châm vĩnh cửu trong động cơ tạo ra các giá trị sức điện động v_b xuất hiện trong phần ứng được xác định như sau:

$$v_b = k_v \cdot \omega \tag{2}$$

Trong đó: k_v là hằng số Back-emf; ω là vận tốc góc.

Giá trị mô men xoắn của động cơ tỷ lệ thuận với dòng động cơ i:

$$T_E = k_t \cdot i \tag{3}$$

Trong đó: k_t là hằng số mô men, phụ thuộc vào kết cấu động cơ; i là cường độ dòng điện trong cuộn dây.

Giả định không có sự tổn thất điện năng trong động cơ điện. Phương trình cân bằng điện áp phần ứng được xác định:

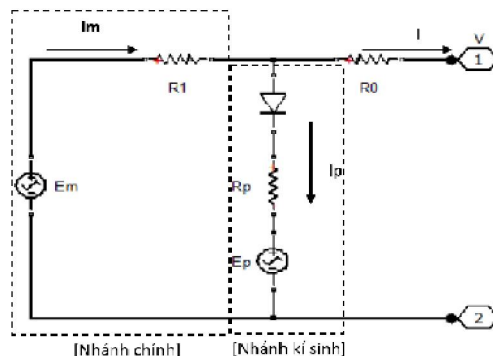
$$V = v_b + R \cdot i \text{ suy ra } i = (V - v_b) / R = (V - k_v \cdot \omega) / R \tag{4}$$

Thay thế giá trị này của i vào phương trình cho mô men xoắn:

$$T_E = k_t \cdot (V - k_v \cdot \omega) / R \tag{5}$$

2.3. Mô hình mô phỏng ắc quy chì - axit

Cấu trúc mô hình ắc quy chì axit bao gồm 2 nhánh: nhánh chính mô tả cho hoạt động chính của ắc quy, nhánh kí sinh mô tả phản ứng của ắc quy tại thời điểm điện thế ắc quy cao.



Hình 4. Mạch tương đương ắc quy

Mỗi phần tử mạch tương đương là nền tảng xây dựng các phương trình phi tuyến bao gồm tham số và biến. Các tham số trong phương trình là các hằng số xác định theo kinh nghiệm. Các biến bao gồm: nhiệt độ dung dịch bình ắc quy, dung lượng, điện áp và cường độ dòng điện tại nút mạch. Các phương trình tính toán được mô tả trong các phần sau.

2.3.1. Điện áp nhánh chính

Phương trình (6) tính toán sức điện động trong (E_{mf}) hay điện áp mạch hở của một pin. Giá trị suất điện động trong được đo tại hai đầu cực khi chưa có phụ tải. Do đó, suất điện động này chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và trạng thái nạp SOC của ắc quy.

$$E_m = E_{me} - K_E (273 + \theta)(1 - SOC) \tag{6}$$

Trong đó: E_m là điện thế mạch hở (EMF); E_{me} là điện thế mạch hở khi ắc quy được sạc đầy; K_E là hằng số; θ là nhiệt độ dung dịch điện phân; SOC là trạng thái nạp ắc quy;

2.3.2. Điện lượng và dung lượng

Dung lượng được xác định lượng lớn nhất quá trình sạc mà ắc quy có thể lưu trữ. Trạng thái điện lượng SOC được xác định bằng tỉ lệ giữa giá trị điện lượng trên dung lượng ban đầu. Điện lượng theo dòng phóng DOC được xác định qua tỷ số điện lượng ắc quy trên dung lượng có ích, bởi vì dung lượng có ích giảm khi dòng điện phóng tăng.

Dung lượng của ắc quy tính bằng tích phân đơn giản theo dòng điện.

$$Q_e(t) = \int_0^t -I_m(\tau) dt \tag{7}$$

Trong đó: Q_e là nhiệt thoát ra trong quá trình nạp; I_m là dòng điện nhánh chính; τ là biến thời gian lấy tích; t là thời gian mô phỏng.

Điện lượng theo dòng phóng DOC, SOC tính theo tỷ số của điện lượng có ích còn lại, điện lượng này được cho bởi cường độ dòng điện phóng trung bình. Cường độ dòng phóng lớn hơn làm điện lượng của ắc quy hao hụt nhanh hơn, vì vậy DOC luôn nhỏ hơn hoặc bằng SOC.

$$SOC = 1 - \frac{Q_e}{C(0, \theta)}, DOC = 1 - \frac{Q_e}{C(I_{avg}, \theta)} \quad (8)$$

Trong đó: SOC là trạng thái điện lượng ắc quy; DOC là trạng thái điện lượng theo dòng phóng; Q_e là quá trình nạp ắc quy; C là dung lượng ắc quy; θ là nhiệt độ dung dịch bình ắc quy; I_{avg} là cường độ dòng phóng trung bình.

3. MÔ PHỎNG VÀ KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH TỚI TÍNH NĂNG TIÊU THỤ ĐIỆN NĂNG CỦA Ô TÔ ĐIỆN

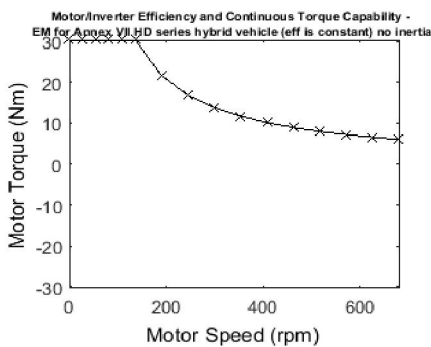
3.1. Tiến hành mô phỏng

Tiến hành mô phỏng với loại xe có các thông số kỹ thuật như bảng 1 bằng phần mềm Advisor[5].

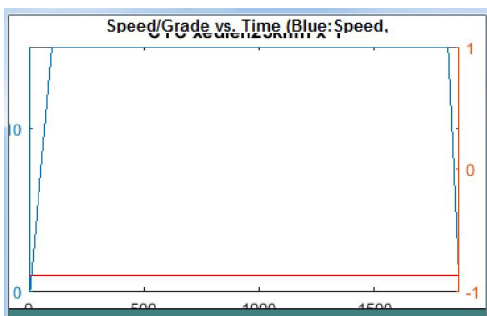
Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của xe nghiên cứu

TT	Thông số kỹ thuật	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Trọng lượng toàn bộ	G	100	kG
3	Mômen cực đại của động cơ	M_{emax}	30	N.m
4	Công suất lớn nhất của động cơ	N_{emax}	750	kW
6	Kích thước tổng thể	$L \times B \times H$	2400 x 870 x 740	mm
7	Chiều dài cơ sở	L_0	1500	mm
8	Công suất bình điện	P	363	kWh
10	Tỷ số truyền HT truyền lực	I_{hi}	1	
11	Bán kính bánh xe tĩnh	r_{bx}	0,25	m

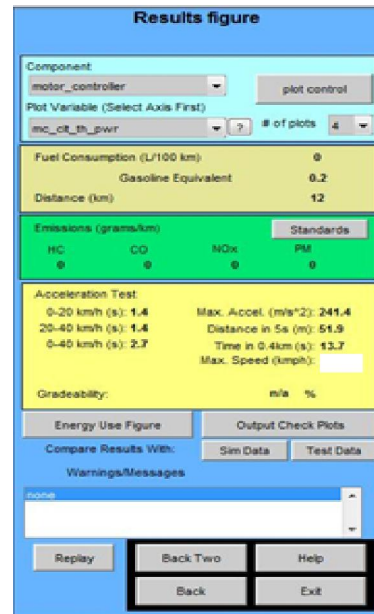
Đối với dòng xe này, chọn mô hình động cơ có dải công suất gần đúng với công suất của động cơ của xe như hình 5 và lựa chọn điện trong điều kiện vận hành theo chu trình thử như hình 6.



Hình 5. Đặc tính tốc độ của động cơ điện



Hình 6. Chu trình thử nghiệm xe điện



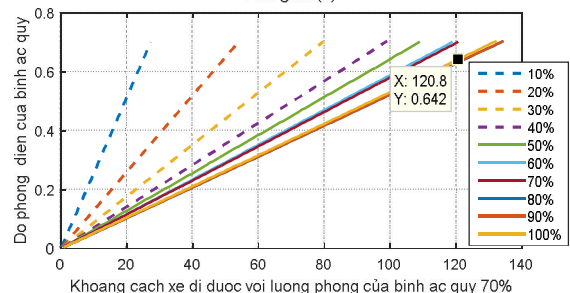
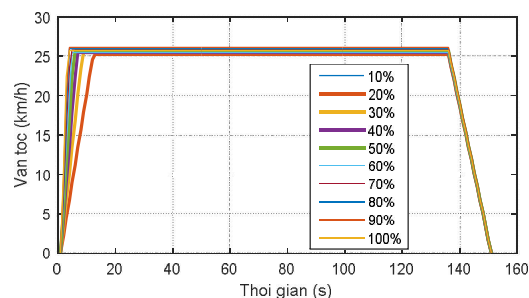
Hình 7. Kết quả tính toán động lực học kéo và tiêu hao nhiên liệu

Kết quả tính toán bằng phần mềm Advisor cho thấy ô tô điện được lựa chọn khảo sát có khả năng tăng tốc là $4,11 \text{ m/s}^2$, thời gian trung bình chạy trong $59,1 \text{ m}$ là 5 giây và lượng nhiên liệu tiêu thụ quy đổi từ điện năng thành nhiên liệu xăng tương đương khi xe chạy quãng đường là 12 m là $0,2 \text{ lít/100 km}$ (hình 7).

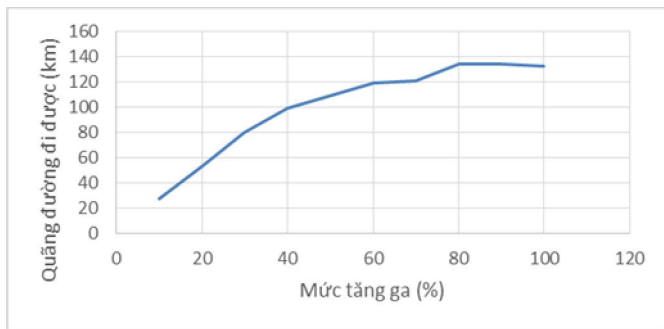
3.2. Khảo sát khả năng hoạt động của xe với các chế độ vận hành khác nhau

3.2.1. Khảo sát khả năng tăng tốc

Để khảo sát ảnh hưởng gia tốc tới khả năng hoạt động của xe điện ta thực hiện tăng ga với cùng tốc độ $v = 25 \text{ km/h}$ nhưng tăng tới các mức 10%, 20%,..., 90%, 100% của công suất động cơ cho đến khi ắc quy phóng tới 70% dung lượng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 8 và 9.



Hình 8. Khảo sát khả năng hoạt động của xe với phương thức tăng ga toàn công suất

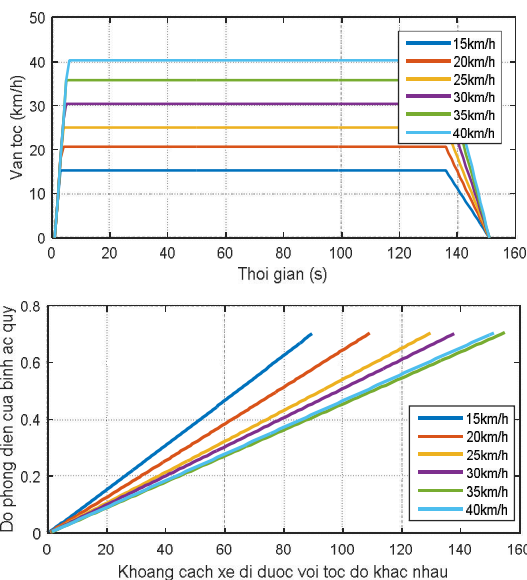


Hình 9. Đồ thị quãng đường đi được của xe phụ thuộc vào mức tăng ga

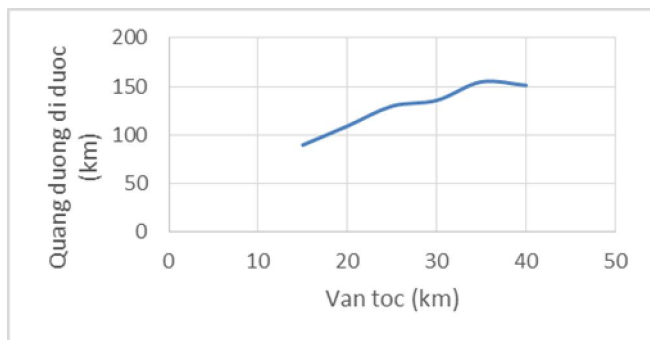
Với kết quả trên ta thấy xe đi được quãng đường dài nhất khi sử dụng 80-90% công suất của động cơ để tăng tốc.

3.2.2. Khảo sát khả năng hoạt động của xe chạy ở các tốc độ khác nhau

Để khảo sát sự ảnh hưởng của vận tốc tới khả năng hoạt động của xe điện ta có thể xây dựng quy luật thay đổi vận tốc đơn giản như sau: Tăng tốc xe từ từ với 80% mức ga (tương ứng 80% công suất) tới các giá trị vận tốc khảo sát (15 km/h, 20 km/h, 25 km/h, 30 km/h, 30 km/h và 40 km/h) trong vòng 150 giây. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 10 và 11.



Hình 10. Khảo sát xe chạy ổn định ở vận tốc khác nhau



Hình 11. Đồ thị quãng đường đi được của xe phụ thuộc vào vận tốc xe

Ta thấy nếu cho xe chạy ổn định ở vận tốc $V = 35\text{km/h}$ đạt được quãng đường dài nhất là 154,8 km.

4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán bằng phần mềm Advisor cho thấy, ô tô điện được lựa chọn khảo sát có khả năng tăng tốc là $4,11\text{ m/s}^2$, thời gian trung bình chạy trong 59,1m là 5 giây và lượng nhiên liệu tiêu thụ quy đổi từ điện năng thành nhiên liệu xăng tương đương khi xe chạy quãng đường là 12m theo quy chế cuộc thi Shell Eco-Marathon với chu trình làm việc đã được lựa chọn là 0,2 lít/100 km. Đồng thời việc khảo sát khả năng hoạt động của xe với các chế độ vận hành khác nhau trong cùng một điều kiện hoạt động (cùng điều kiện giao thông), cùng một gia tốc nhưng xe chạy ở các vận tốc khác nhau sẽ đạt được các quãng đường khác nhau (cho tới khi bình ắc quy phóng 70% dung lượng, $DOD = 0,7$). Ta thấy nếu cho xe chạy ổn định ở vận tốc $V = 35\text{ km/h}$ đạt được quãng đường dài nhất là 154,8 km khi xe sử dụng 80-90% công suất của động cơ để tăng tốc. Bằng việc mô phỏng và khảo sát ảnh hưởng của các chế độ vận hành để xác định tối ưu các chế độ khai thác sao cho hiệu quả và tiết kiệm nhiên liệu từ đó dùng làm cơ sở để chế tạo xe điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Ali Emadi, 2010. *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicle*. CRC Press.
- [2]. Dirk Hülsebusch, Simon Schwunk, Simon Caron and Bernd Propfe, 2010. *Modeling and simulation of electric vehicles - The effect of different Li-ion battery technologies*. The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition. EVS-25 Shenzhen, China.
- [3]. Reza N. Jazar, 2008. *Vehicle Dynamic: Theory and Application*. Springer.
- [4]. Schaltz, Erik. *Electrical Vehicle Design and Modeling*. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia.
- [5]. Khai Le Nguyen Duy, Duc Tran, 2014. *Determining the distance of the four-seats electric vehicle by simulation*. 8th SEATUC, 2014.