

## Khảo sát các đặc tính động lực học ô tô điện sử dụng công cụ mô phỏng ADVISOR

### Study on Dynamics Characteristics of Electric Vehicles Using ADVISOR Simulation Toolbox

Bùi Đăng Quang, Tạ Cao Minh  
 Trường ĐHBK Hà Nội

e-Mail: [quang.buidang@hust.edu.vn](mailto:quang.buidang@hust.edu.vn), [minh.tacao@hust.edu.vn](mailto:minh.tacao@hust.edu.vn)

#### Tóm tắt

Điều khiển phối hợp các thiết bị lưu trữ năng lượng (như ắc-quy, 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 ADVISOR. 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, ADVISOR, 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 ADVISOR 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, ADVISOR, Dynamic model

#### Ký hiệu

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
$F_t$	N	Lực phát động
$F_\Sigma$	N	Lực cản tổng
$F_l$	N	Lực quán tính
$F_{rr}$	N	Lực cản lăn
$F_{wind}$	N	Lực cản gió
$F_G$	N	Lực trọng trường
$g$	m/s <sup>2</sup>	Gia tốc trọng trường
$\alpha$	rad	Góc nghiêng của đường so với phương ngang
$M$	kg	Trọng lượng xe
$v$	m/s	Tốc độ xe

$v'$	m/s <sup>2</sup>	Gia tốc xe
$\omega_M$	rad/s	Vận tốc góc động cơ
$v_{wind}$	m/s	Tốc độ gió
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Mật độ không khí
$c_{rr}$		Hệ số cản lăn
$C_d$		Hệ số khí động học của xe
$A_f$	m <sup>2</sup>	Diện tích cản gió
$v_{wind}$	m/s	Tốc độ gió
$r$	m	Bán kính bánh xe
$P_M$	kW	Công suất động cơ
$P_{req}$	kW	Công suất yêu cầu
$i$		Tỷ số truyền lực chính
$T_\Sigma$	Nm	Mô men cản tổng
$T_M$	Nm	Mô men động cơ quy về bánh xe phát động

#### Chữ viết tắt

ADVISOR	ADvanced VehIcle SimulatOR
EV	Electric Vehicle

### 1. Phần mở đầu

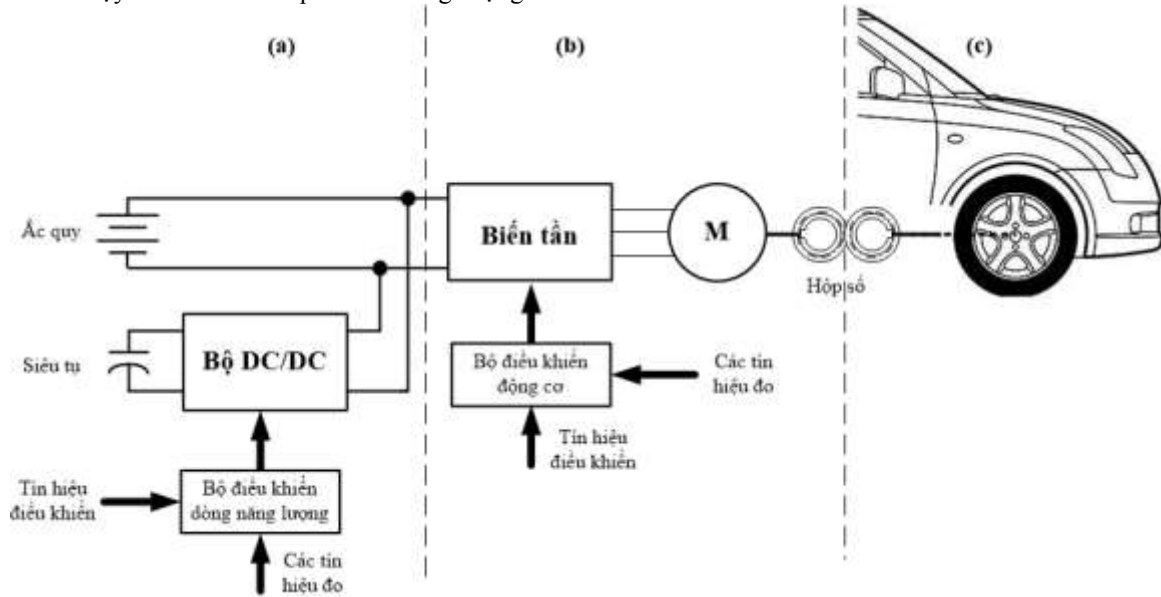
Ô tô điện là lĩnh vực mà thế giới đã và đang quan tâm. Theo dòng lịch sử, đã có những sản phẩm thương mại ô tô điện từ năm 1899 [1]. Mặc dù ô tô điện được nghiên cứu rất nhiều nhưng vấn đề tích trữ năng lượng vẫn còn rất nhiều hạn chế nên phải đến những năm đầu của thế kỷ XXI mới lại có những thương phẩm ô tô điện có khả năng cạnh tranh với ô tô sử dụng nhiên liệu hóa thạch như Mitsubishi iMiEV, hay Nissan Leaf.

Cũng do hạn chế về mật tích trữ năng lượng nên một trong các hướng nghiên cứu chính trong lĩnh vực ô tô điện là tối ưu hóa dòng năng lượng [1]. Sự khác biệt cơ bản giữa động cơ điện và động cơ sử dụng nhiên liệu hóa thạch là khả năng hãm tái sinh trả năng lượng về nguồn khi phanh hãm hoặc xuống dốc. Đặc điểm này đã hình thành nên một mảng nghiên cứu lớn về hãm tái sinh cho ô tô trong điều khiển dòng năng lượng [2].

Ô tô điện có đặc điểm rất đặc trưng về mật năng lượng là huy động công suất tức thời lớn mỗi khi tăng tốc đột ngột và tích lũy năng lượng lớn (tỷ lệ với bình phương tốc độ và bậc nhất với trọng lượng). Hơn nữa, quá trình phanh diễn ra rất nhanh nên khi phanh nếu muốn thu hồi nhiều năng lượng thì mật độ công suất thu hồi phải rất cao. Tuy nhiên, với ắc quy (thiết bị

lưu trữ năng lượng chủ yếu cho ô tô điện) có các hạn chế là: khả năng huy động công suất tức thời kém (dòng xả tối đa bằng 3 dòng định mức), tuổi thọ nạp xả thấp (khoảng 1000 lần) và khả năng thu hồi năng lượng (sạc) kém (tối đa bằng dòng định mức) [3]. Chính vì vậy để tối ưu hóa quá trình năng lượng bắt

buộc phải có các thiết bị có khả năng khắc phục được các nhược điểm trên. Các tài liệu [4-6] chỉ ra rằng siêu tụ là một trong các giải pháp tốt nhất trong việc phụ trợ ắc quy trong các quá trình huy động công suất và thu hồi năng lượng.



H. 1 Cấu trúc hệ năng lượng lai ắc quy và siêu tụ.

H. 1 mô tả cấu trúc hệ thống mà chúng tôi đề xuất, trong đó nguồn năng lượng lai (siêu tụ và ắc quy) sẽ trao đổi năng lượng với tải thông qua động cơ và bánh phát động. Trong H. 1, (a) là hệ thống điều khiển dòng năng lượng, (b) là cấu trúc hệ điều khiển động cơ, (c) là mô hình động lực học của xe là nội dung mà bài báo đề cập.

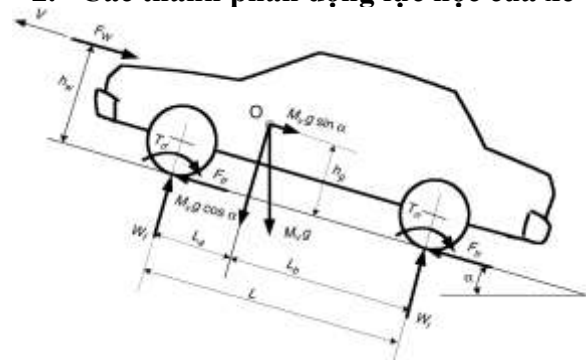
H. 2 cho ta thấy thành phần động lực học (bao gồm lực cản gió, lực cản lăn và lực quán tính) sử dụng năng lượng nhiều nhất [7], chiếm tới 55% tổng năng lượng tiêu thụ. Các tổn thất về cơ khí và các yếu tố khác quan như dừng chờ, các thiết bị phụ trợ là không điều khiển được, chiếm 35%. Các tổn thất còn lại (10%) gồm bộ biến đổi và động cơ thuộc về lĩnh vực thiết kế và chế tạo máy điện và điều khiển điện tử công suất. 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.



H. 2 Các thành phần tiêu tốn năng lượng trên ô tô điện.

Trong bài báo này các đặc tính động lực học của ô tô điện sẽ được khảo sát, tiếp đó hoạt động của xe được kiểm chứng bằng công cụ mô phỏng ADVISOR. Cấu trúc của bài báo như sau: mô hình động lực học của ô tô được trình bày trong phần 2; các đặc tính động lực học của xe ô tô được đưa ra trong phần 3; các mô phỏng kiểm chứng hoạt động của xe trong môi trường ADVISOR được mô tả trong phần 4 cùng với việc đánh giá các kết quả; một số kết luận được đưa ra trong phần cuối cùng.

## 2. Các thành phần động lực học của xe



H. 3 Các thành phần lực tác động lên ô tô [5].

H. 3 mô tả các thành phần lực tác động lên xe ô tô trong trường hợp xe đang lên dốc. Theo đó, lực phát động của xe sẽ được sinh ra tại điểm tiếp xúc của bánh phát động và đường. Lực này bắt nguồn từ động cơ, qua hệ thống truyền động chuyển đến các bánh phát động. Xét trường hợp thông thường, các lực cản là lực cản gió, lực cản lăn, lực quán tính và lực kéo của gia tốc trọng trường. Khi đó, theo định luật 2

Newton ta có thể viết công thức tính gia tốc của xe như sau:

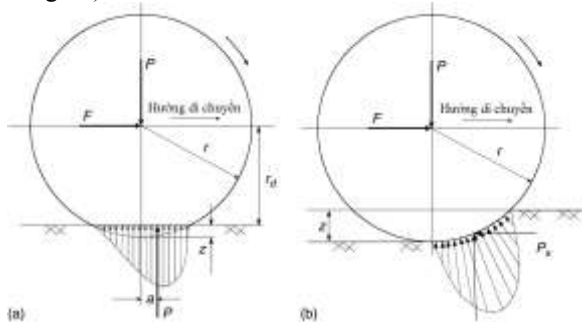
$$v\phi = \frac{F_t - F_s}{M} \quad (1)$$

Trong đó

$$F_s = F_l + F_{rr} + F_{wind} + F_G \quad (2)$$

### Lực cản lăn

Lực cản lăn đối với lốp xe ở mặt đường cứng (H. 4 a) thường là do độ trễ của các thành phần cấu tạo nên lốp xe vì vậy tốc độ xe và tốc độ quay bánh xe luôn có sai lệch. Còn đối với mặt đường mềm (H. 4 b) thì lực cản lăn chủ yếu là do biến dạng mặt đường dẫn đến lực ma sát lăn sẽ đặt chủ yếu lên nửa dẫn hướng (nửa trước xe nếu xe đang tiến, nửa sau xe nếu xe đang lùi).



H. 4 Độ méo của lốp và ma sát lăn trên đường cứng (a) và đường mềm (b).

Tuy nhiên, để đơn giản hóa vấn đề, tác giả chỉ xét đến ma sát lăn trên đường cứng và xét trường hợp lý tưởng là tất cả các bánh xe có điều kiện giống nhau thì lực ma sát lăn có thể được tính như sau [8]:

$$F_{rr} = M \cdot g \cdot \cos(a) \cdot c_{rr} \quad (3)$$

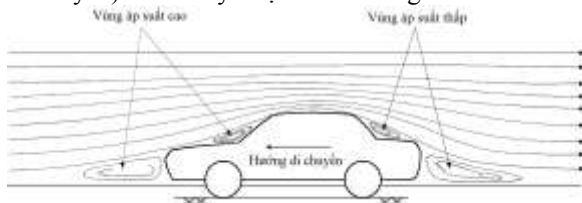
Trong đó hệ số ma sát \$c\_{rr}\$ được tính như sau:

$$c_{rr} = 0,01(1 + \frac{3,6}{100} v) \quad (4)$$

### Lực cản gió

Khi xe chuyển động khí quyển có xu thế cản chuyển động của xe. Lực cản này gồm hai thành phần là lực cản không khí (phụ thuộc vào hình dạng xe hay còn gọi là khí động học của xe) và ma sát của xe với không khí [6].

Lực cản không khí hình thành do chênh lệch áp suất giữa phần áp suất cao phía đầu xe (do đầu xe ép vào không khí) và phần áp suất thấp phía đuôi xe (do không khí không thể lấp đầy khoảng trống sau khi xe đi chuyển). Điều này được mô tả trong H. 5



H. 5 Lực cản gió.

Khi xe chuyển động, phần không khí gần với vỏ xe chuyển động với tốc độ tương đương với tốc độ xe trong khi phần không khí ở xa vỏ xe gần như đứng yên, chính sự chênh lệch tốc độ này tạo ra lực ma sát

không khí. Hai thành phần lực này được hợp nhất thành lực cản gió theo công thức sau:

$$F_{wind} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_d \cdot A_f \cdot (v + v_{wind})^2 \quad (5)$$

Hệ số khí động học của xe có thể tra theo bảng B. 1.

B. 1: Bảng tra hệ số khí động học của ô tô [5].

Kiểu xe	Hệ số cản gió
Mai-min	0,5-0,7
Xe van	0,5-0,7
Xe sedan dòng Peotat	0,4-0,55
Xe sedan dòng tầm xa hàng khí động học	0,3-0,4
Xe có đèn, bình an trong vỏ xe	0,2-0,25
Xe hatch back dòng K- Shopad	0,23
Xe ô tô khí động học	0,15-0,20
Xe tải và tải	0,8-1,5
Xe buýt	0,6-0,7
Xe buýt khí động học	0,3-0,4
Xe máy và máy tải	0,6-0,7

### Lực quán tính

Lực quán tính là lực sinh ra để cản trở các quá trình thay đổi trạng thái của xe mà cụ thể trong trường hợp này là lực chống lại quá trình thay đổi tốc độ của xe.

Lực quán tính được tính như sau:

$$F_l = M \cdot v\phi \quad (6)$$

Các nội dung được trình bày trong phần 0 sẽ là cơ sở để tính toán lý thuyết cho ô tô được sử dụng làm thí nghiệm để từ đó có thể mô hình hóa động lực học của xe.

## 3. Khảo sát các đặc tính của xe thử nghiệm

### Các tham số của xe



H. 6 Ô tô được sử dụng làm thí nghiệm.

Trên H. 6 là xe ô tô được sử dụng trong nghiên cứu. Các tham số để tính toán động lực học của xe được đưa ra trong bảng B.2.

B.2: Bảng các tham số của ô tô sử dụng trong thí nghiệm.

Thông số	Giá trị	Đơn vị
M	511	kg
$A_f$	1,7	m <sup>2</sup>
r	0,25	m
$\rho$	1,1839	kg/m <sup>3</sup>
$C_d$	0,5	
$P_M$ định mức	5,5	kW
i	2,355	

Áp dụng các công thức (1-6) ta sẽ có:

$$P_{req} = v \cdot f_s \quad (7)$$

$$T_s = F_s \cdot r \quad (8)$$

$$T_M = \frac{P_M}{w_M} i \quad (9)$$

Để thuận lợi cho việc tính toán và so sánh, ta tính quy đổi gia tốc từ công thức (1) thành công thức (10).

$$v\phi = \frac{T_M - T_s}{r} \quad (10)$$

### Các đặc tính của xe

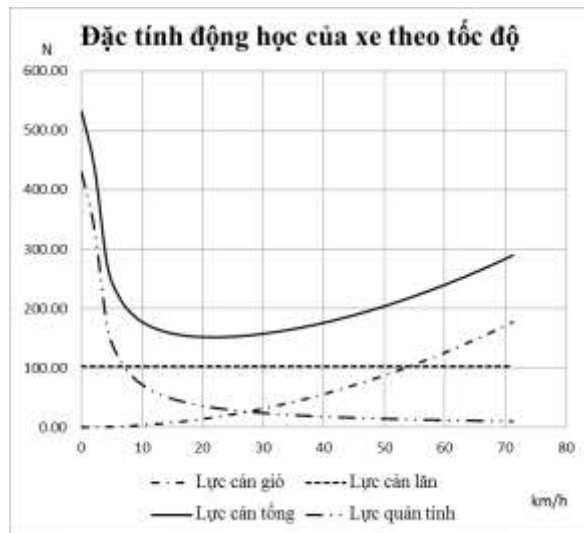
Quá trình tính toán được giả thiết có các điều kiện ban đầu như sau:

- Xe đi trên đường tuyệt đối phẳng và cứng có  $\alpha = 0$
- $v_{wind} = 0$

$$P_M = T_{Mmax} \cdot w_M \quad \text{Nếu } T_{Mmax} \cdot \omega_M < P_M \text{ định mức} \quad (11)$$

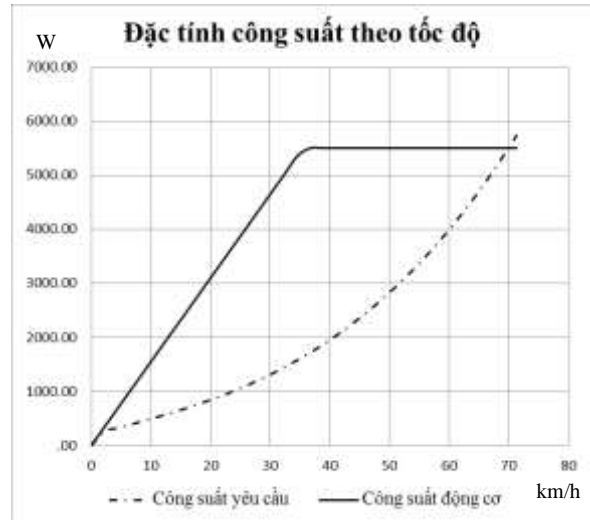
$$P_M = P_M \text{ định mức} \quad \text{Nếu } T_{Mmax} \cdot \omega_M \geq P_M \text{ định mức} \quad (12)$$

Các điều kiện biên được tính toán để kiểm chứng khả năng phát huy công suất và các giá trị cực đại của xe bao gồm mô men, gia tốc, tốc độ.



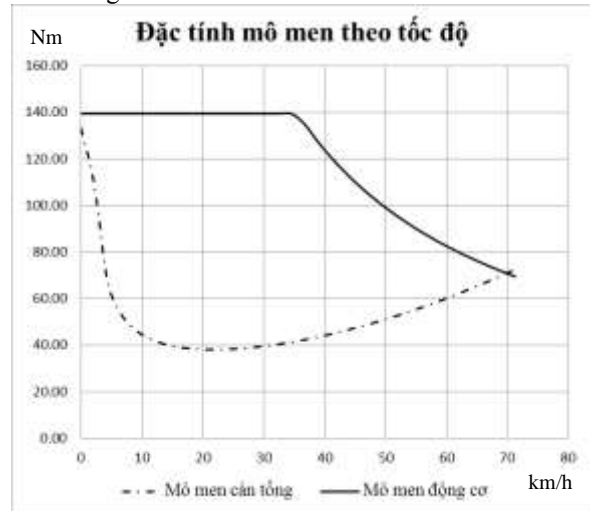
H. 7 Đặc tính động học của xe theo tốc độ.

H. 7 cho thấy quan hệ của các lực tác động lên xe biến thiên theo tốc độ trong đó lực cản tổng được tính theo công thức (2).



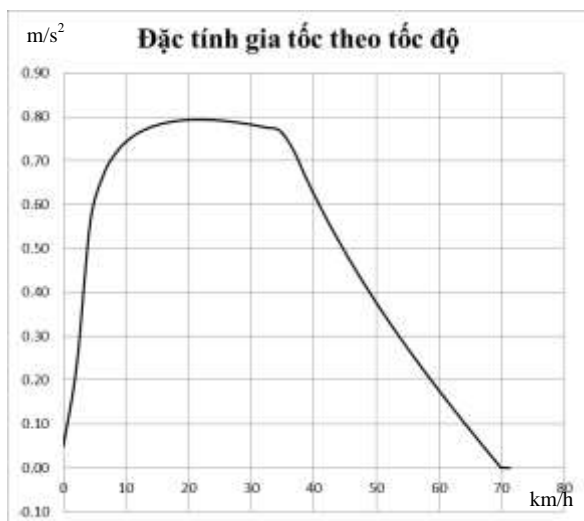
H. 8 Đặc tính công suất theo tốc độ

H. 8 cho thấy công suất động cơ có thể phát ra và công suất yêu cầu của xe theo tốc độ. Phần chênh lệch công suất là thành phần sinh ra gia tốc. Hai đặc tính này cắt nhau ở đâu thì đó là tốc độ tối đa của xe vì khi đó  $v$  bằng 0



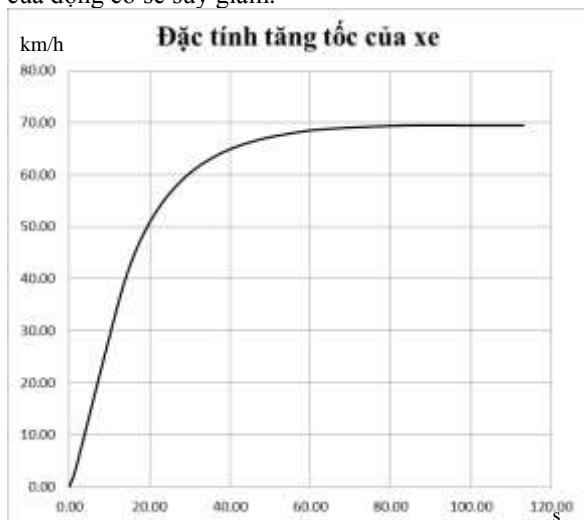
H. 9 Đặc tính mô men theo tốc độ.

H. 9 diễn tả quan hệ của mô men theo tốc độ. Do điều kiện tính toán là điều kiện biên nên khi ở vùng tốc độ thấp thì mô men bằng mô men cực đại của động cơ theo công thức (11), khi vào vùng tốc độ cao công suất bằng công suất định mức theo công thức (12) khi đó mô men sẽ bị suy giảm.



H. 10 Đặc tính gia tốc theo tốc độ.

H. 10 mô tả quan hệ giữa gia tốc và thời gian, tại thời điểm ban đầu do lực quán tính tính còn lớn vì vậy có thể tham chiếu sang H. 8 để thấy khả năng sinh gia tốc ban đầu của động cơ là kém, khi ra khỏi vùng quán tính tĩnh thì khả năng sinh gia tốc của động cơ sẽ rơi vào vùng cực đại, tuy nhiên khi vào vùng điều khiển công suất bằng hằng số khả năng sinh gia tốc của động cơ sẽ suy giảm.



H. 11 Đặc tính tăng tốc của xe.

H. 11 cho thấy tốc độ tối đa của xe cũng như thời gian tăng tốc của xe từ 0 km/h đến các vận tốc khác nhau theo điều kiện biên đã giải thích trên H. 9

Ta có thể rút ra một số tham số quan trọng như sau:

- Tốc độ tối đa của xe: 69,5 km/h
- Thời gian tăng tốc lên tốc độ tối đa: 80 s
- Thời gian tăng tốc lên 50km/h: 19,1
- Thời gian tăng tốc lên 30km/h: 10,1
- Gia tốc cực đại của xe là: 0,8 m/s<sup>2</sup>

#### 4. Mô phỏng hệ thống

##### Mô hình hóa hệ thống sử dụng ADVISOR

ADVISOR là công cụ mô hình hóa và mô phỏng được phát triển dựa trên phương pháp mô hình vật lý [9] do nhóm tác giả thuộc phòng thí nghiệm National Renewable Energy Mỹ phát triển từ năm 1994 và đến năm 1998. Đây là bộ công cụ thường được dùng để

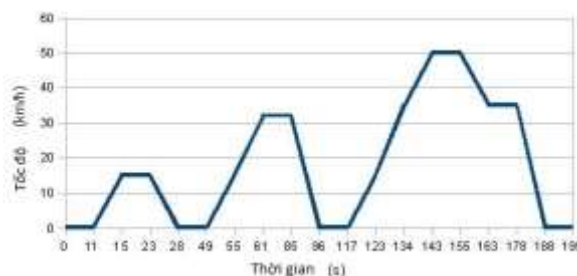
đánh giá quá trình hoạt động, mức tiêu hao năng lượng (nhiên liệu) cũng như phát thải của các loại ô tô bao gồm cả ô tô xăng, ô tô lai (hybrid) và ô tô điện [10] vì vậy công cụ này được sử dụng rất rộng rãi trong các lĩnh vực điều khiển và quản lý dòng năng lượng [4, 6].

Mô hình hệ thống trong ADVISOR là các khối Simulink được nối với nhau như trên H. 14 và mỗi khối này có một m-file đi kèm để xác định các tham số của từng thành phần cấu thành hệ thống.

Trong phạm vi bài báo, tác giả sử dụng ADVISOR làm môi trường kiểm chứng hoạt động của xe, nên các khối của hệ thống ADVISOR sẽ được giữ nguyên trừ khối mô hình động lực học sẽ được thay thế bằng mô hình của chiếc xe sử dụng làm thí nghiệm.

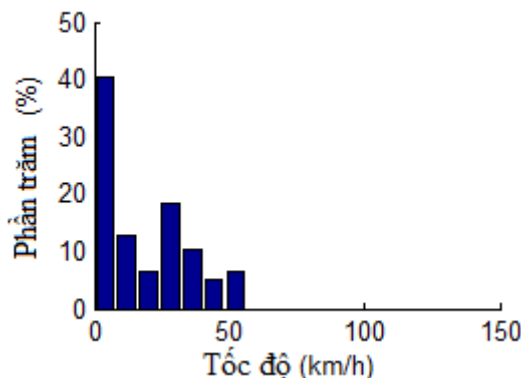
##### Lựa chọn điều kiện kiểm tra mô hình

Với các tham số lý thuyết có được từ phần 3 thì chu trình chuẩn phù hợp nhất để kiểm chứng mô hình là chu trình chuẩn nội đô của châu Âu ECE [11] như trên H. 12.



H. 12 Biểu đồ chu trình chuẩn ECE

Trên H. 13 cho ta thấy phân bố tốc độ của xe trong toàn chu trình.



H. 13 Biểu đồ phân bố tốc độ xe.

B.3: Bảng các tham số của chu trình ECE.

Tên thông số	Giá trị
Thời gian toàn chu trình	195 s
Quãng đường đi	0,99 km
Tốc độ trung bình	18,26 km/h
Gia tốc tối đa	1,06 m/s <sup>2</sup>
Gia tốc giảm tốc tối đa	-0,83 m/s <sup>2</sup>
Gia tốc trung bình	0,64 m/s <sup>2</sup>
Gia tốc giảm tốc trung bình	-0,75 m/s <sup>2</sup>
Thời gian dừng	64 s
Số lần dừng	3

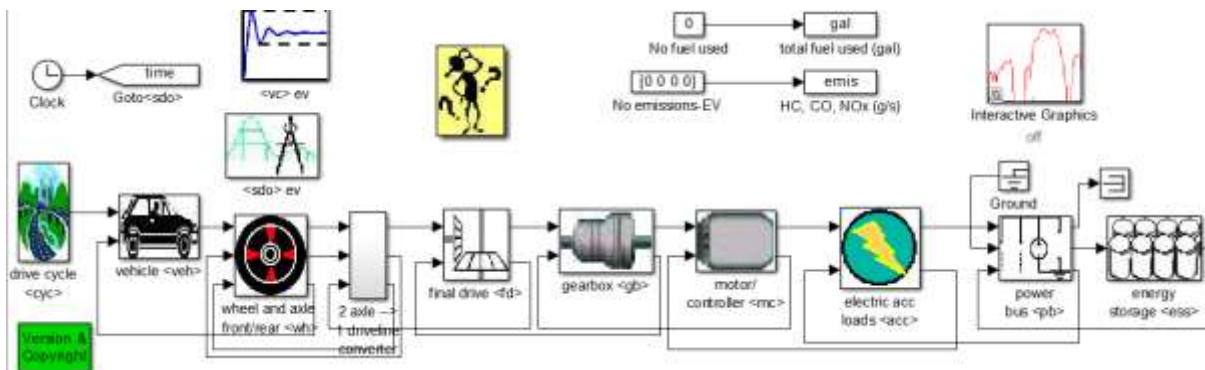
**Lựa chọn cấu hình và tham số**

Trong ADVISOR ta có thể lựa chọn các tham số quan trọng như sau:

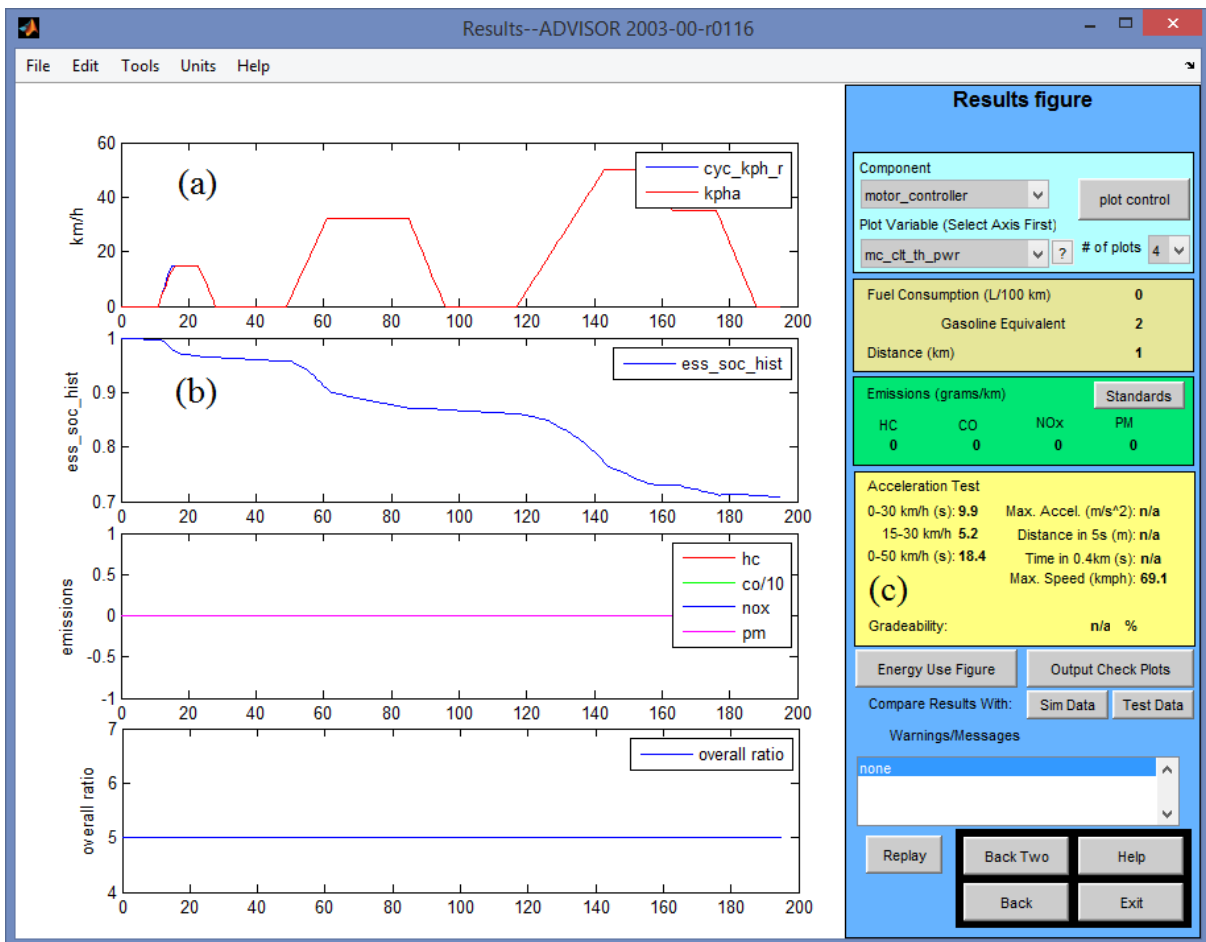
- Cấu hình truyền động: có thể chọn là xe xăng, xe lai hoặc ô tô điện. Trong trường hợp này chọn cấu hình truyền động chỉ sử dụng động cơ điện và động cơ được gắn cứng với bộ truyền lực chính và không có hộp số.
- Mô hình xe: là mô hình được xây dựng cần được kiểm chứng bằng ADVISOR.
- Hệ thống năng lượng: có thể chọn các loại ắc quy phổ biến như axit chì, Li-Ion, NiMH. Ta chọn ắc quy Li-Ion để làm thiết bị lưu trữ năng lượng.

- Loại truyền động: ta có thể chọn truyền động cầu trước, cầu sau hoặc hai cầu. Truyền động cầu trước được lựa chọn.
- Động cơ: Trong thư viện có sẵn các loại động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc, một chiều và động cơ đồng bộ.

Ngoài ra còn một số tham số khác chúng ta có thể thay đổi như trong tài liệu tham khảo [12].



H. 14 Mô hình mô phỏng ADVISOR trong Matlab-Simulink.

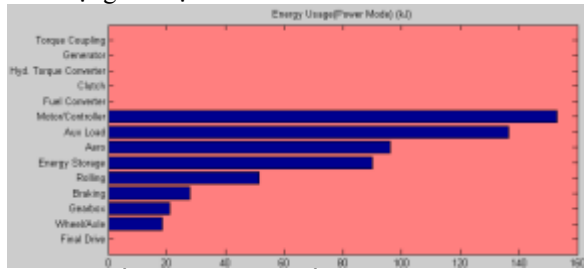


H. 15 Kết quả mô phỏng.

### Các kết quả mô phỏng

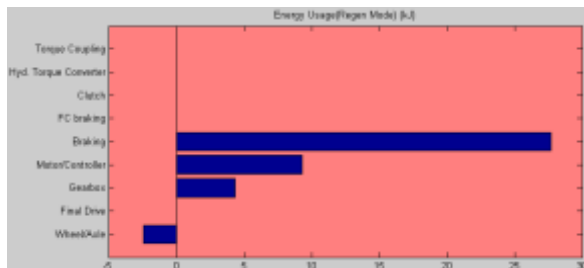
Đặc tính (a) trên H. 15 cho thấy tốc độ của xe bám tốt với tốc độ đặt. Đặc tính (b) biểu thị mức suy hao năng lượng của hệ thống lưu trữ năng lượng trong toàn chu trình lái. Do cấu hình truyền động được chọn ở trên là truyền động điện nên lượng phát thải của xe bằng không và tỷ số truyền cuối không thay đổi trong toàn chu trình.

Khu vực (c) cho biết kết quả của quá trình tăng tốc và ước lượng tốc độ tối đa của xe.



H. 16 Thống kê các thành phần tiêu thụ năng lượng trong quá trình động cơ làm việc ở chế độ động cơ

H. 16 cho thấy tổn thất năng lượng của các thành phần sử dụng năng lượng khi động cơ hoạt động ở chế độ động cơ.



H. 17 Thống kê các thành phần tiêu thụ năng lượng trong quá trình động cơ làm việc ở chế độ máy phát.

H. 17 cho thấy tổn thất năng lượng của các thành phần sử dụng năng lượng khi động cơ hoạt động ở chế độ máy phát.

B.4 Bảng thống kê các thành phần tiêu thụ năng lượng (kJ).

Tên thành phần	Năng lượng vào	Năng lượng ra	Tổn thất	Hiệu suất
Tổng năng lượng tiêu thụ	-606		90	84%
<b>Chế độ động cơ</b>				
Động cơ	395	242	153	61%
Hộp số	242	221	21	91%
Vì sai	221	221	0	100%
Bánh xe	221	202	18	92%
Thiết bị phụ trợ	137	0	137	0%
Cản gió			96	
Cản lăn			51	
<b>Chế độ máy phát</b>				
Động cơ	25	16	9	62%
Hộp số	29	25	4	85%
Vì sai	29	29	0	100%
Bánh xe	54	57	-3	104%
Phanh			28	

B.4 cho thấy toàn bộ các thành phần tiêu thụ năng lượng, tổn hao và hiệu suất trên từng thành phần.

B.5 So sánh kết quả mô phỏng với tính toán lý thuyết.

Tham số	Tính toán lý thuyết	Kết quả mô phỏng	Sai số
Thời gian tăng tốc từ 0-30 km/h	10,16 s	9,9 s	2.56%
Thời gian tăng tốc từ 0-50km/h	19,14 s	18,4 s	3.86%
Tốc độ tối đa	69,5 km/h	69,1 km/h	0,57%

### 5. Kết luận

Bài báo này đã tính toán các đặc tính động lực học của ô tô điện và mô phỏng hoạt động của xe trong môi trường ADVISOR. Các kết quả nhận được cho thấy các tính toán lý thuyết tin cậy được. Mô hình xe sẽ được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo về điều khiển hệ thống năng lượng lai giữa ắc quy Li-ion và siêu tụ điện nhằm mục đích tối ưu quãng đường đi của xe và tăng tuổi thọ cho ắc quy.

### 6. Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài cấp Nhà nước KC.03.08/11-15: “Nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ truyền động và điều khiển cho ô tô điện”.

Các tác giả bài báo cũng gửi lời cảm ơn tới Th.S. Nguyễn Duy Đình đã trợ giúp quá trình tính toán các đặc tính động lực học của xe ô tô.

### Tài liệu tham khảo

- [1] K. T. Chau and Y. S. Wong, "Overview of power management in hybrid electric vehicles," *Energy Conversion and Management* 43 (2002) pp.1953–1968, 2002.
- [2] J. W. Dixon, M. Ortúzar, and E. Wiechmann, "Regenerative Braking for an Electric Vehicle Using Ultracapacitors and a Buck-Boost Converter," *Proc. EVS18, Berlin, Germany*, p. 148, Oct. 2001.
- [3] P. K. V. A. Shah, and A. R. Maheshwari, "Improved Method for Characterization of Ultracapacitor by Constant Current Charging," *International Journal of Modeling and Optimization*, vol. 2, June 2012.
- [4] S. S. Williamson, *Energy Management Strategies for Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles*. New York: Springer, 2013.
- [5] Y. G. Mehrdad Ehsani, Sebastien E. Gay & Ali Emadi, *Modern electric, hybrid electric and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design*, 2007.
- [6] X. Zhang and C. Mi, *Vehicle Power Management Modeling, Control and Optimization*, Springer, 2011.
- [7] J. Thomas. (2014, 6th, July). *Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles*. Available: <http://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>
- [8] L. G. A. Sciarretta, *Vehicle Propulsion Systems*, Springer, 2007.

- [9] D. W. Gao, C. Mi, and A. Emadi, "Modeling and Simulation of Electric and Hybrid Vehicles," *Proceedings of the IEEE*, vol. 95, pp. 729-745, April 2007.
- [10] A. B. T. Markel, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O'Keefe, S. Sprik, K. Wipke, "ADVISOR: a systems analysis tool for advanced vehicle modeling," *Journal of Power Sources*, vol. 110, pp. 255-266, 22 August 2002.
- [11] S. L. T. J. Barlow, I. S. McCrae and P. G. Boulter, *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emission*, United Kingdom: Willoughby Road, 2009.
- [12] A. B. T. Markel, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O'Keefe, S. Sprik and K. Wipke, "ADVISOR: a systems analysis tool for advanced vehicle modeling," *Journal of Power Sources*, vol. 110, pp. 255-266, 2002.
- Tổng Thư ký Hội Tự động hóa Việt Nam nhiệm kỳ 2014 – 2019.



**Bùi Đăng Quang** sinh năm 1981. Anh nhận bằng kỹ sư về Tự động hóa Xí nghiệp công nghiệp năm 2004 và thạc sỹ về Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa năm 2007 của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (HUST). Hiện nay, anh đang làm nghiên cứu sinh chuyên ngành Kỹ thuật Điều khiển và Tự

động hóa tại trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (HUST). Hướng nghiên cứu chính là điện tử công suất, truyền động điện và điều khiển các hệ thống năng lượng có hầm tái sinh.



**Tạ Cao Minh** tốt nghiệp đại học tại Tiệp Khắc năm 1986, bảo vệ luận án Tiến sĩ tại Đại học Laval, Canada năm 1997, có 6 năm làm việc trong môi trường đại học và công nghiệp Nhật Bản (1998 - 2004), và có thời gian thỉnh giảng tại Đài Loan (2010), Úc (2012),

Pháp (2015). Hiện nay PGS. Minh công tác tại Bộ môn Tự động hóa Công nghiệp, ĐH Bách Khoa HN, đồng thời giữ vai trò Giám đốc Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng và Sáng tạo Công nghệ của trường. Hướng nghiên cứu của PGS. Minh tập trung vào điều khiển các hệ truyền động điện, điện tử công suất, các ứng dụng cho ô tô điện và năng lượng mới. Là tác giả của 27 bài báo trên các tạp chí, tập san hội nghị quốc tế, và 14 sáng chế đã được ứng dụng tại Nhật Bản, Mỹ, châu Âu, PGS. Minh nhận giải Nhì bài báo xuất sắc của IEEE năm 2000 và giải C sáng chế của NSK (Nhật Bản) năm 2012. PGS. Minh là Chủ tịch Chi hội IEEE Việt Nam từ 2008 đến 2011, và hiện nay là