

## TÍNH TOÁN HỆ THỐNG PIN XE ĐIỆN CALCULATION OF ELECTRIC VEHICLE BATTERY SYSTEM

ThS. Đinh Tấn Ngọc

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 21/7/2021, ngày phản biện đánh giá 20/9/2021, ngày chấp nhận đăng 28/9/2021.

### TÓM TẮT

Thiết kế một chiếc xe là một quá trình phức tạp, nhiều giai đoạn và liên quan đến rất nhiều yếu tố đòi hỏi phải tính toán cẩn thận như: động học của xe, các hệ thống an toàn chủ động và bị động, các kết nối trên xe, sắp xếp các thiết bị, ... Các nguyên lý tương tự cũng được áp dụng khi thiết kế một chiếc xe điện. Ở bài báo này, tác giả trình bày phương pháp tính toán hệ thống pin cho một chiếc xe điện, từ một chiếc xe sử dụng động cơ đốt trong và vẫn đảm bảo công suất đầu ra hoàn toàn giống với xe gốc ban đầu. Xe chỉ sử dụng pin Li-ion và quãng đường mà xe đi được trong một lần sạc gần 300 km. Kết quả đã tính toán được hệ thống pin đáp ứng được yêu cầu của xe ban đầu. Qua kết quả tính toán này là cơ sở để mạnh dạn áp dụng trên xe thực tế.

**Từ khóa:** Thiết kế; tính toán; xe điện; pin Li-ion; công suất.

### ABSTRACT

Designing a vehicle is a complex multi-stage process and involves many factors which required carefully in calculation such as: the vehicle's dynamic, active and passive safety systems, connections on the vehicle, arrangement of devices, etc. The same principles when we design an electric vehicle. In this paper, the researcher showed a method to calculate battery system on an electric vehicle from a vehicle that using an internal combustion engine and still ensure the same output power as the original car. The car only uses Li-ion batteries, the car can travel on a single charge is nearly 300 km. The results have calculated the battery system to satisfy the capacity of the original vehicle. Through the calculated results can be applied on real cars.

**Keywords:** Design; calculation; electric vehicle; Li-ion battery; power.

### 1. GIỚI THIỆU

Sự ra đời của pin Lithium-ion đã tạo nên một cuộc cách mạng trong việc lưu trữ năng lượng. Điều này tạo tiền đề cho sự phát triển công nghệ từ điện thoại di động, xe điện, các thiết bị số, ... mở ra tiềm năng về một xã hội không dùng nhiên liệu hóa thạch, góp phần giảm thiểu những tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu.

Một nhóm các nhà nghiên cứu ở Singapore đã tìm ra cách cải tiến công nghệ pin Li-ion giúp nó có thể sạc nhanh hơn với tốc độ từ 0-70% chỉ trong vòng 2 phút [1]. Đồng thời tuổi thọ pin cũng sẽ được tăng lên đến 20 năm chứ không làm hại pin như chúng ta thường nghĩ về việc sạc nhanh.

Các nhà nghiên cứu cho rằng, loại pin này không hẳn là một công nghệ mới hoàn toàn mà nói đúng hơn đó là cải tiến lại công nghệ pin Lithium-ion hiện có bằng cách thay đổi các hạt Graphite trong cấu trúc nano chứa trong viên pin bằng loại gel Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>, hợp chất được dùng để hấp thụ các tia UV). Từ đó tạo thành một cấu trúc nano mới giúp tăng tốc độ sạc lần tuổi thọ của pin.

Các nhà nghiên cứu tại Đại học Michigan, Mỹ [2] vừa đạt được một thành tựu rất lớn về công nghệ pin khi họ cho biết dung lượng của loại pin Lithium metal có thể gấp đôi so với pin LIB, sử dụng các chất điện phân thể rắn để tăng độ bền cho pin đồng thời tạo ra tính năng chống bắt lửa gây cháy nổ.

Nhận thấy được tiềm năng to lớn về khả năng ứng dụng của pin Lithium – Ion (Li-ion) đối với các loại phương tiện sử dụng truyền động lai (HEV-Hybrid Electric Vehicle) nói chung và khả năng ứng dụng pin Li-ion trên xe gắn máy tích hợp truyền động lai nói riêng. Nhóm nghiên cứu của TS. Nguyễn Văn Trang giảng viên trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TPHCM [3] đã nghiên cứu tập trung vào việc tính toán tối ưu, so sánh và thử nghiệm bộ nguồn pin Li-ion cho xe máy lai xăng điện (HEM – Hybrid Electric Motorcycle) được cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc với bánh trước được dẫn động trực tiếp bằng động cơ điện một chiều không chổi than (BLDC - Brushless DC Electric Motor), bánh sau được dẫn động bằng động cơ đốt trong với bộ truyền vô cấp nguyên bản của xe. Cả hai bánh đều có khả năng cung cấp công suất độc lập hoặc đồng thời cho xe khi di chuyển trên đường. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở để tính toán tối ưu nguồn công suất và chi phí khai thác xe sau khi cải tạo.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Thông số tính toán

Tác giả lấy một mẫu xe BMW 320i [4] sử dụng nhiên liệu xăng và sử dụng một số thông số cần thiết cho quá trình chuyển đổi thành xe điện, các thông số của xe được trình bày trong bảng bên dưới.

**Bảng 1.** Thông số kỹ thuật của xe BMW 320i [4]

Thông số kỹ thuật	Đơn vị	BMW 320i
Dài - Rộng - Cao (D-R-C)	mm	4709 x 1827 x 1435
Chiều dài cơ sở	mm	2851
Trọng lượng không tải	kg	1525
Trọng lượng toàn tải	kg	2050
Động cơ		B4;xăng;I4;TwinPowerTurbo; 1998cc
Công suất cực đại	kW/HP @rpm	125/170 @ 5000 - 6500

Thông số kỹ thuật	Đơn vị	BMW 320i
Mô-men xoắn cực đại	Nm@rpm	250 @ 1350 - 4000
0 – 100 km/h	s	7.1
Tốc độ tối đa	km/h	235

### 2.2 Cơ sở tính toán mức tiêu tốn năng lượng

Để tính toán được kích thước và số lượng pin cần được sử dụng ta cần phải có 2 thông số chính là:

- Mức năng lượng tiêu tốn trung bình:  $E_{avg}$
- Khoảng cách mà xe đi được trong một lần nạp:  $D_v$

Để tính được mức tiêu hao năng lượng trung bình  $E_{avg}$  ta phải đưa xe lên băng thử công suất và sử dụng các chu trình lái xe để xác định mức tiêu hao năng lượng. Trong bài báo này ta sẽ sử dụng chu trình lái WLTC (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure). Chu trình lái WLTC là một chuẩn được áp dụng ở Châu Âu để xác định mức khí thải và mức tiêu hao nhiên liệu của các loại xe xăng và xe Hybrid [5].

Có 3 chu trình lái trong chuẩn WLTC, sử dụng tiêu chuẩn nào là phụ thuộc vào tỉ số công suất tối đa chia khối lượng không tải  $PW_r$  (W/kg).

- Loại 1: Phương tiện công suất nhỏ với  $PW_r \leq 22$ .

- Loại 2: Phương tiện công suất trung bình với  $22 < PW_r \leq 34$ .

- Loại 3: Phương tiện công suất lớn với  $PW_r > 34$ .

Ở đây ta sử dụng xe BMW 320i có tỉ số

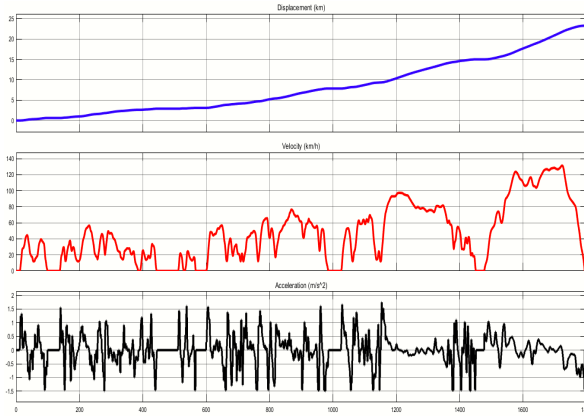
$$PW_r = \frac{P_{max}}{m_v} = \frac{125000}{1525} = 81.96 > 34 \text{ nên ta}$$

sẽ sử dụng chu trình lái loại 3.

Chu trình lái được chia thành 4 giai đoạn mỗi giai đoạn có tốc độ tối đa khác nhau:

- Thấp: 56.5 km/h, trung bình: 76.6 km/h, cao: 97.4 km/h, cực cao: 131.3 km/h.

- 4 giai đoạn này mô phỏng cho các loại đường: đô thị, ngoại ô, nông thôn và cao tốc.



Hình 1. Chu trình WLTC loại 3 [6]

Bảng 2. WLTC loại 3 [6]

	Thấp	Trung bình	Cao	Cực cao	Tổng cộng
Thời gian (s)	589	433	455	323	1800
Thời gian dừng (s)	150	49	31	8	235
Quãng đường (m)	3095	4756	7162	8254	23266
% dừng	26.5%	11.1%	6.8%	2.2%	13.4%
Tốc độ tối đa (km/h)	56.5	76.6	97.4	131.3	
Tốc độ trung bình không tính thời gian dừng (km/h)	25.3	44.5	60.7	94.0	53.5
Tốc độ trung bình có tính thời gian dừng (km/h)	18.9	39.4	56.5	91.7	46.5
Gia tốc thấp nhất (m/s <sup>2</sup> )	-1.5	-1.5	-1.5	-1.44	
Gia tốc cao nhất (m/s <sup>2</sup> )	1.611	1.611	1.666	1.055	

Để có thể tính được năng lượng tiêu tốn trung bình ta phải dựa vào các loại lực cản khi di chuyển trên đường. Khi xe di chuyển trên đường, có các lực cản chủ yếu là: lực quán tính, lực cản lăn, lực cản dốc, lực cản gió.

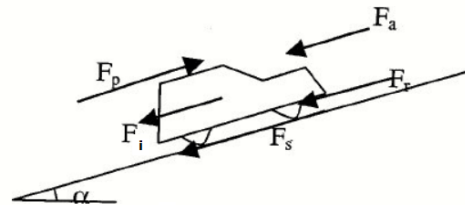
**- Lực cản tổng cộng [7]:**

$$F_{tot} = F_i + F_s + F_r + F_a \quad (1)$$

Trong đó:

-  $F_{tot}$  : Lực cản tổng cộng (N)

- $F_i$  : Lực quán tính (N)
- $F_s$  : Lực cản dốc (N)
- $F_r$  : Lực cản lăn (N)
- $F_a$  : Lực cản gió (N)



Hình 2. Các lực tác dụng lên xe [7]

**- Lực quán tính:**

$$F_i = mv * a_v \quad (2)$$

Trong đó:

- $mv$  : Trọng lượng của xe (kg).
- $a_v$  : Gia tốc của xe (m/s<sup>2</sup>).

**- Lực cản lăn:**

$$F_r = mv * g * crr * \cos(\alpha) \quad (3)$$

Trong đó:

- $g$  : Gia tốc trọng trường (m/s<sup>2</sup>).
- $crr$  : Hệ số cản lăn giữa bánh xe với mặt đường.
- $\alpha$  : Độ dốc mặt đường (rad)

Bài báo mô phỏng xe chạy trên đường bê tông khô nên hệ số ma sát lăn sẽ nằm trong khoảng từ 0.010 đến 0.015, ta sẽ chọn  $crr = 0.011$ . Xe chạy mô phỏng trên đường bằng phẳng nên độ dốc  $\alpha = 0$  (rad).

**- Lực cản dốc:**

$$F_s = mv * g * \sin(\alpha) \quad (4)$$

**- Lực cản gió:**

$$F_a = 1/2 * \rho * cd * A * vv^2 \quad (5)$$

Trong đó:

- $\rho$  : Khối lượng riêng không khí (kg/m<sup>3</sup>).
- $cd$  : Hệ số cản không khí (Ns<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>).
- $A$  : Diện tích mặt cản gió (m<sup>2</sup>).
- $vv$  : Vận tốc của xe (m/s).

Ở nhiệt độ 25°C và áp suất 0.103 MPa thì  $\rho = 1.25 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ . Dựa vào bảng hệ số cản không khí của các loại xe ta có thể chọn  $c_d = 0.36 \text{ (Ns}^2\text{/m}^4\text{)}$ .

**Bảng 3.** Hệ số cản gió của một số loại xe [7]

Loại xe (xe du lịch)	$c_d \text{ (Ns}^2\text{/m}^4\text{)}$
Loại thường	0.35 ÷ 0.5
Loại đuôi xe cao	0.3 ÷ 0.45
Loại mui trần	0.5 ÷ 0.65

**Bảng 4.** Công suất tiêu hao của các tải liên tục trên xe [8]

Tải liên tục	Công suất (W)
Đèn đuôi và đèn hai bên	30
Đèn biển số	10
Đèn pha chính	200
Đèn cốt	160
Đèn tap-lô	25
Radio/ cassette/ CD	15
<b>Tổng</b>	<b>260</b>

**Bảng 5.** Công suất tiêu hao của các tải gián đoạn trên xe [8]

Tải gián đoạn	Công suất (W)
Máy sưởi	50
Các chỉ số	50
Đèn phanh	40
Gạt mưa trước	80
Gạt mưa sau	50
Năng kính điện	150
Quạt dàn nóng	150
Motor quạt thổi	80
Xông kính sau	120
Đèn nội thất	10
Còi	40
Đèn sương mù sau	10
Đèn lùi	40

Tải gián đoạn	Công suất (W)
Các đèn phụ	110
Thiết bị châm thuốc	100
Rửa đèn pha	100
Chỉnh ghế điện	150
Sưởi ghế	200
Motor cửa sổ trời	150
Chỉnh gương điện	10
<b>Tổng cộng</b>	<b>1700</b>

Để tính được công suất của các tải gián đoạn ta phải nhân với hệ số hoạt động được ước tính khoảng 10% ( $10\% * 1700 = 170 \text{ W}$ ). Sau đó ta cộng với công suất tiêu thụ của tải liên tục ta sẽ được công suất tiêu tốn của các hệ thống phụ:  $P_{aux} = 260 + 170 = 430 \text{ (W)}$ .

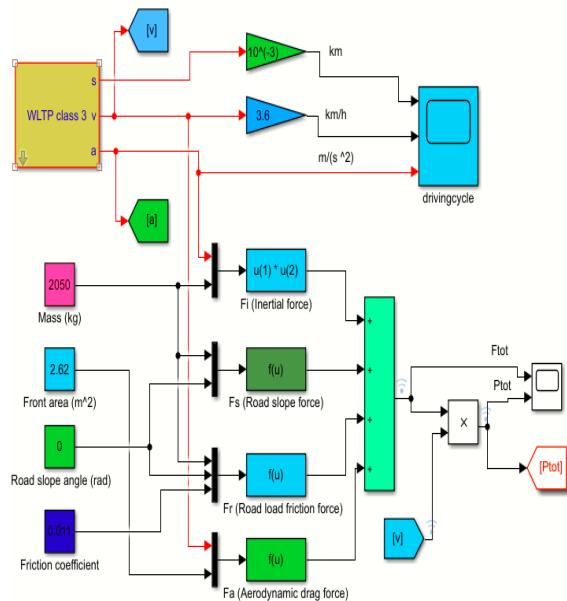
### 3. TÍNH TOÁN

#### 3.1. Tính toán công suất tổng cộng $P_{tot}$ (W)

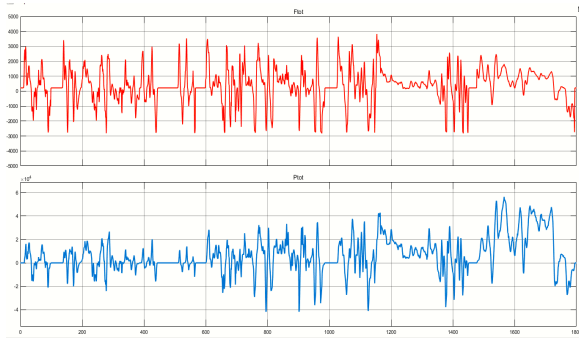
$$P_{tot} = F_{tot} * v_v \quad (6)$$

Trong đó:

- $P_{tot}$ : công suất tổng cộng
- $F_{tot}$ : lực cản tổng cộng
- $v_v$ : vận tốc của xe



**Hình 3.** Sơ đồ tính  $P_{tot}$  trên Matlab - Simulink

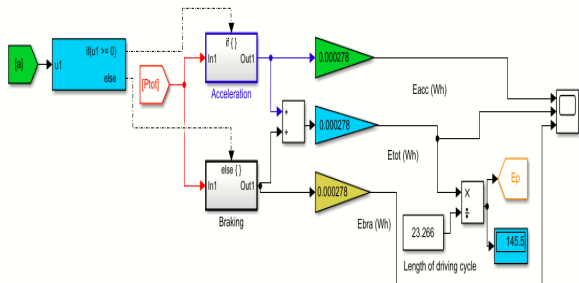


Hình 4. Kết quả tính Ftot và Ptot

Nếu ta lấy nguyên hàm của tổng công suất theo thời gian ta sẽ có được tổng năng lượng tiêu thụ  $E_{tot}$  (Wh) [7]:

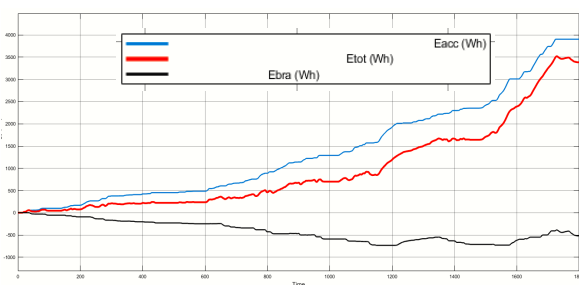
$$E_{tot} = \int P_{tot} * dt \quad (7)$$

Sau khi đã có tổng năng lượng tiêu tốn ta chia cho quãng đường thực hiện mô phỏng là 23266 (m) [5] để thu được năng lượng tiêu tốn trung bình. Lưu ý khi xe tăng tốc thì  $F_{tot}$  sẽ có giá trị dương nên  $P_{tot}$  và  $E_{tot}$  sẽ dương có nghĩa là năng lượng tiêu tốn theo thời gian sẽ tăng, còn khi xe phanh  $F_{tot}$  sẽ âm nên  $P_{tot}$  và  $E_{tot}$  sẽ âm có nghĩa là năng lượng tiêu tốn theo thời gian sẽ giảm.



Hình 5. Sơ đồ tính toán năng lượng tiêu tốn trung bình trên Matlab-simulink

Sau khi chạy chương trình ta sẽ có được năng lượng tiêu tốn trung bình  $E_p = 145.5$  (Wh/km).



Hình 6. Tổng năng lượng tiêu hao theo thời gian

### 3.2. Tổng năng lượng tiêu tốn trung bình

Trong phần trước ta đã tính năng lượng tiêu tốn trung bình để chuyển động  $E_p$  bằng cách sử dụng chu trình WLTC.

Ngoài việc cung cấp năng lượng để xe di chuyển, hệ thống pin còn phải cung cấp điện cho các hệ thống phụ khác như: các hệ thống 12V, hệ thống làm mát, hệ thống sưởi,...

Năng lượng tiêu tốn trung bình cho các hệ thống phụ  $E_{aux}$  (Wh/km) được tính tương tự như phần trước. Hệ thống phụ được chia thành hai loại: loại hoạt động liên tục (đèn đầu, đèn taplo, các thiết bị giải trí,...) và loại hoạt động gián đoạn (đèn phanh, gạt mưa, xi-nhan,...). Dựa vào [8] ta thấy công suất trung bình  $P_{aux} = 260 + 170 = 430$  (W), chu trình WLTC mô phỏng trong thời gian 1800 giây tương đương 0.5 giờ nên tổng năng lượng cho các hệ thống phụ trong thời gian đó sẽ là:  $430 * 0.5 = 215$  (Wh).

Vậy ta có năng lượng tiêu tốn trung bình cho các hệ thống phụ:

$$E_{aux} = 215 : 23.266 = 9.241 \text{ (Wh/km)}$$

- **Năng lượng tiêu tốn tổng cộng** [8]:

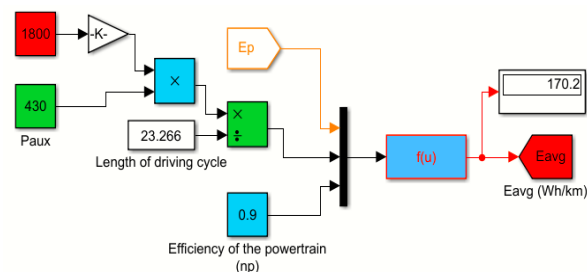
$$E_{avg} = (E_p + E_{aux}) * (2 - \eta_p) \quad (8)$$

Trong đó:

-  $\eta_p$  : hiệu suất truyền động từ điện năng thành cơ năng. Ta chọn  $\eta_p = 0.9$ .

**Thế vào công thức ta có được:**

$$E_{avg} = (145.5 + 9.241) * (2 - 0.9) = 170.2 \text{ (Wh/km)}$$



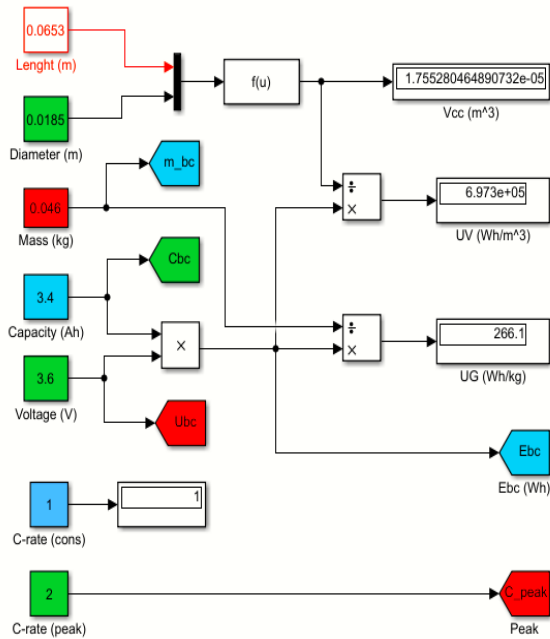
Hình 7. Sơ đồ tính Eavg trên Matlab - Simulink

### 3.3. Tính toán các thông số của cell pin Lithium-ion

Trong ví dụ này ta sẽ chọn loại pin NCR18650B của hãng panasonic. Thông số của pin được trình bày trong bảng 4.

**Bảng 4.** Thông số của NCR18650B [9]

Hình dạng	Hình trụ	Khối lượng $m_{bc}$ (kg)	0.046
Model	NCR18650B	Dung lượng $C_{bc}$ (Ah)	3.4
Chiều dài $L_{bc}$ (m)	0.0653	Điện áp $U_{bc}$ (V)	3.6
Đường kính $D_{bc}$ (m)	0.0185	C-rate	2



**Hình 8.** Sơ đồ tính các thông số của cell pin trên Matlab - Simulink

- Thể tích của mỗi cell pin ( $m^3$ ) được tính theo công thức:

$$V_{cc} = \frac{\pi D_{bc}^2}{4} * L_{bc} \quad (9)$$

$$= \frac{\pi * 0.0185^2}{4} * 0.0653 = 1.755 * 10^{-5} (m^3)$$

Trong đó:

-  $D_{bc}$  (m): Đường kính 1 cell pin.

-  $L_{bc}$  (m): Chiều dài 1 cell pin.

- Năng lượng của một cell pin:

$$E_{bc} = C_{bc} * U_{bc} \quad (10)$$

$$= 3.4 * 3.6 = 12.24 (Wh)$$

Trong đó:

-  $C_{bc}$  (Ah): Dung lượng 1 cell pin.

-  $U_{bc}$  (V): Điện áp 1 cell pin.

- Năng lượng riêng theo thể tích:

$$U_V = \frac{E_{bc}}{V_{cc}} \quad (11)$$

$$= \frac{12.24}{1.755 * 10^{-5}} = 697435.9 (Wh/m^3)$$

- Năng lượng riêng theo khối lượng:

$$U_G = \frac{E_{bc}}{m_{bc}} \quad (12)$$

$$= \frac{12.24}{0.046} = 266.1 (Wh/kg)$$

Trong đó:

-  $m_{bc}$ : khối lượng một cell pin (kg).

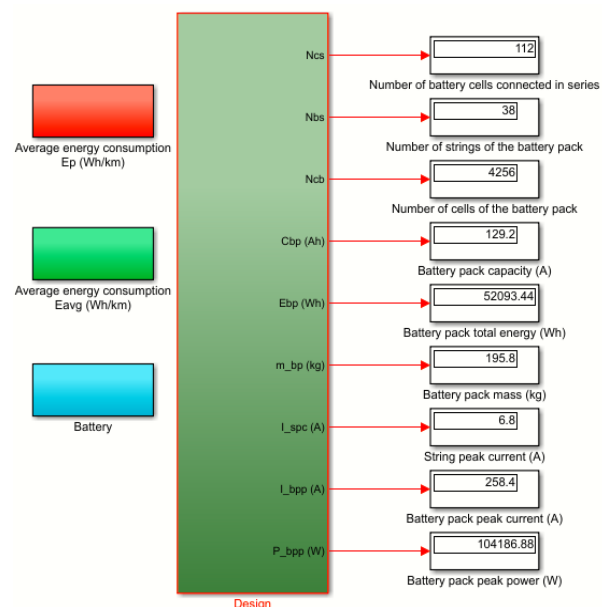
### 3.4. Tính các thông số của hệ thống pin [10], [11]

Điện áp của hệ pin sẽ quyết định công suất điện tối đa mà hệ pin có thể cung cấp liên tục. Công suất P được tính theo công thức:

$$P = U * I \quad (13)$$

Công thức này cho ta thấy nếu ta chọn điện thế nhỏ thì dòng điện sẽ lớn, mà dòng điện lớn thì đòi hỏi dây dẫn phải có đường kính lớn và hiện tượng mất nhiệt sẽ xảy ra nhiều. Cho nên điện áp của hệ thống pin phải cao để khắc phục điều này.

Trong ví dụ này ta sẽ chọn điện áp danh định của hệ thống pin  $U_{bp} = 400V$ .



**Hình 9.** Sơ đồ tính các thông số của hệ pin trên Matlab - Simulink

Ta giả thiết rằng ta muốn quãng đường tối đa mà xe có thể đi được trong một lần sạc  $D_v = 300$  km. Khi đó ta sẽ tính được năng lượng mà hệ thống pin cần cung cấp để đi hết quãng đường  $D_v$ :

$$E_{bp} = E_{avg} * D_v \quad (14)$$

$$= 170.22 * 300 = 51066 \text{ (Wh)}$$

**- Số cell pin mắc nối tiếp  $N_{cs}$ :**

$$N_{cs} = \frac{U_{bp}}{U_{bc}} = \frac{400}{3.6} = 111.1 \quad (15)$$

Vì số cell phải là số nguyên nên ta phải làm tròn đến số nguyên lớn nhất,  $N_{cs} = 112$ .

Ta sẽ có được điện áp của hệ thống pin:

$$U_{bp} = N_{cs} * U_{bc} = 112 * 3.6 = 403.2 \text{ (V)} \quad (16)$$

**- Năng lượng của một chuỗi cell nối tiếp Ebc:**

$$E_{bs} = N_{cs} * E_{bc} \quad (17)$$

$$= 112 * 12.24 = 1370.88 \text{ (Wh)}$$

**- Số chuỗi nối tiếp mắc song song:**

$$N_{bs} = \frac{E_{bp}}{E_{bs}} = \frac{51066}{1370.88} = 37.25 \quad (18)$$

Vì số chuỗi mắc song song phải là số nguyên nên ta phải làm tròn đến số nguyên lớn nhất,  $N_{bs} = 38$ . Khi đó chúng ta phải tính lại năng lượng của hệ thống pin theo số chuỗi mắc song song mới:

$$E_{bp} = N_{bs} * E_{bs} \quad (19)$$

$$= 38 * 1370.88 = 52093.44 \text{ (Wh)}$$

**- Dung lượng của hệ thống pin Cbp:**

$$C_{bp} = N_{sb} * C_{bc} \quad (20)$$

$$= 38 * 3.4 = 129.2 \text{ (Ah)}$$

**- Số cell pin có trong hệ thống pin Ncb:**

$$N_{cb} = N_{sb} * N_{cs} = 112 * 38 = 4256 \quad (21)$$

**- Dòng xả cực đại của một chuỗi I<sub>spc</sub>:**

$$I_{spc} = C\text{-rate} * C_{bc} = 2 * 3.4 = 6.8 \text{ (A)} \quad (22)$$

**- Dòng xả cực đại của hệ thống pin I<sub>bpp</sub>:**

$$I_{bpp} = I_{spc} * N_{sb} = 6.8 * 38 = 258.4 \text{ (A)} \quad (23)$$

**- Công suất cực đại của hệ thống pin P<sub>bpp</sub>:**

$$P_{bpp} = I_{bpp} * U_{bp} \quad (24)$$

$$= 258.4 * 403.2 = 104186.9 \text{ (W)}$$

$$= 104.2 \text{ (kW)}$$

**- Khối lượng của cả hệ thống pin:**

$$m_{bpb} = m_{bc} * N_{cb} \quad (25)$$

$$= 0.046 * 4256 = 195.776 \text{ kg}$$

**- Thể tích của cả hệ thống pin:**

$$V_{bpb} = V_{cc} * N_{cb} \quad (26)$$

$$= 1.755 * 10^{-5} * 4256 = 7469.28 * 10^{-5} \text{ (m}^3\text{)}$$

#### 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bài báo đã nêu ra phương pháp thiết kế một hệ thống pin với tổng khối lượng khoảng 195,776 kg, thể tích chưa tính các khung đỡ ghép là  $7469.28 * 10^{-5} \text{ (m}^3\text{)}$ , công suất của hệ pin gần 104,2 kW. Như vậy với thiết kế này hệ thống pin có thể đáp ứng đủ (thậm chí tốt hơn) các điều kiện về công suất của một chiếc xe sử dụng động cơ đốt trong.

Phương pháp thiết kế này có thể được áp dụng để chế tạo một chiếc xe điện với những yêu cầu cụ thể.

#### 5. KẾT LUẬN

Khi tính toán các thông số của hệ thống pin, khối lượng của hệ thống cũng rất quan trọng. Ta có thể lấy khối lượng của một cell pin nhân với số cell trong hệ thống. Nhưng kết quả sẽ không giống với thực tế, bởi vì trong một hệ thống pin còn có các thành phần khác như: dây dẫn, các mạch điện tử, các mối hàn, hệ thống giải nhiệt, phần giá đỡ bộ pin để gá vào thân xe, ... điều này sẽ khiến khối lượng tăng cao hơn so với khi tính toán, tương tự đối với thể tích của hệ thống.

Tuy nhiên ta có thể ước lượng được khối lượng và thể tích dựa vào các thông số tính sơ bộ để có thể xây dựng một mô hình lắp đặt pin hợp lý. Ta cũng có thể sử dụng các loại pin Lithium-ion khác để đưa vào mô hình tính toán để so sánh hiệu quả của pin nào sẽ tốt hơn, tuy nhiên cũng phải xem xét đến các yếu tố như: khối lượng hệ thống pin, giá thành, ...

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nanyang Technological University. "Ultra-fast charging batteries that can be 70% recharged in just two minutes." ScienceDaily. ScienceDaily, 13 October 2014.
- [2] University of Michigan. "Battery breakthrough: Doubling performance with lithium metal that doesn't catch fire: Longer-lasting drop-in replacements for lithium ion could be on the horizon." ScienceDaily. ScienceDaily, 15 August 2018.
- [3] Nguyễn Văn Trọng, Nghiên cứu tối ưu tính năng làm việc của pin Lithium-ion sử dụng cho xe gắn máy tích hợp truyền động lai, 2017.
- [4] [www.bmw.vn/en/all-models/3-series/sedan/2018/bmw-3-series-sedan-technical-data.html#tab-0](http://www.bmw.vn/en/all-models/3-series/sedan/2018/bmw-3-series-sedan-technical-data.html#tab-0)
- [5] <https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php#hev>
- [6] Monica Tutuianu, Technical Report - *Development of a World-wide Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle (WLTC)*, 2013.
- [7] Đặng Quý, *Lý thuyết ô tô*, NXB Đại học Quốc gia Tp.HCM, 2011.
- [8] Đỗ Văn Dũng, *Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại*, NXB ĐH Quốc gia Tp.HCM, 2021.
- [9] [www.orbtronic.com/batteries-chargers/panasonic-3400mah-18650-li-ion-battery-cell-ncr18650b](http://www.orbtronic.com/batteries-chargers/panasonic-3400mah-18650-li-ion-battery-cell-ncr18650b).
- [10] Tom Denton, *Automobile Electrical and Electronic Systems - Third edition*, Associate Lecturer, Open University.
- [11] <https://x-engineer.org/automotive-engineering/vehicle/electric-vehicles/ev-design-battery-calculation/>

**Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:**

ThS. Đinh Tấn Ngọc

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM

Email: [ngocdt@hcmute.edu.vn](mailto:ngocdt@hcmute.edu.vn)