

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG NGUỒN ĐIỆN XE ĐIỆN TESLA MODEL S BẰNG PHẦN MỀM MATLAB

STUDY SIMULATES TESLA MODEL S ELECTRIC VEHICLE POWER SUPPLY USING MATLAB SOFTWARE

Khuất Duy Vinh¹, Nguyễn Hồng Sơn¹, Hà Mạnh Cường², Nguyễn Mạnh Dũng^{3,*}

TÓM TẮT

Khối pin trên xe điện có nhiệm vụ cung cấp năng lượng cho toàn bộ nhu cầu điện trên xe như: động cơ dẫn động, các hệ thống điện thân xe. Để đảm bảo cho khối pin hoạt động một cách hiệu quả và an toàn, ngoài các cell pin thì còn phải có một hệ thống quản lý pin để kiểm soát, điều khiển sự hoạt động của các cell pin.

Từ khóa: Xe điện, động cơ

ABSTRACT

The battery block on the electric vehicle is responsible for powering the entire electricity needs on the car such as: drive motor, body electrical systems. To ensure that the battery block operates efficiently and safely, in addition to the battery cells, there must also be a battery management system to control and control the operation of the battery cells.

Keywords: Electric car, engine.

¹Lớp ĐH Kỹ thuật Ô tô 05 - K 12, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Lớp ĐH Kỹ thuật Ô tô 05 - K13, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội


*Email: manhdung1008@yahoo.com

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Khối pin trên xe điện thường được cấu tạo từ những cell pin có dạng hình trụ, hình hộp, túi. Các cell sau đó sẽ được mắc nối tiếp, song song với nhau để tạo thành các mô đun pin và khối pin có điện áp và dung lượng theo thiết kế của nhà sản xuất. Tesla model S sử dụng loại pin lithium PANASONIC NCR 18650B, Pin 18650 tiêu chuẩn dài đường kính 18mm, chiều cao là 65mm.

Khối pin trên xe điện Tesla model S là tổ hợp của 16 mô đun mắc nối tiếp nhau với cấu hình của mỗi mô đun là 6S86P tương đương với 516 cell pin cho một mô đun và một khối pin của xe sẽ được tạo bởi 8256 cell pin PANASONIC NCR 18650B, chúng được mắc với nhau để có thể cung cấp mức điện áp lên đến 350V và có khả năng lưu trữ năng lượng là 102,4 kWh.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của pin PANASONIC NCR 18650B

	Dung lượng: 3.4Ah	Mật độ năng lượng khối lượng: 254 Wh/kg
	Năng lượng: 12,4Wh	Mật độ năng lượng thể tích: 755 Wh/L
	Điện áp giữa hai cực: 3,66V	Khối lượng: 0,049 kg
	Điện trở ~ 30mΩ	Thể tích: 0,0165 L

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của một mô đun điện áp

Dung lượng	6,3kWh (292 Ah)
Mật độ năng lượng	198Wh/kg
Dòng điện phóng lớn nhất trong 3 s	1,52A (~6.5C)
Dòng điện phóng trong 10 s	1,000 A (~4.3C)
Dòng điện phóng liên tục	233 A (~1C)
Công suất phóng lớn nhất trong 3 s	30kW
Công suất phóng liên tục	5kW
Công suất nạp lớn nhất trong 10 phút	8kW
Công suất nạp liên tục	5kW
Cấu hình	6 điện áp tế bào mắc nối tiếp, mỗi điện áp được tạo bởi 86 viên pin mắc song song. Có tổng 516 viên pin trong một modun
Trọng lượng	26,3kg
Kích thước	27x12x3 inch
Điện áp định mức	21,6V
Điện áp lớn nhất	25,2V
Điện áp nhỏ nhất	15V
Loại tế bào pin	Tesla Custom Panasonic 18650 (similar to NCR18650B)
Nhiệt độ hoạt động lớn nhất	60C / 140F
Nhiệt độ hoạt động	-18C / 0F
Nhiệt độ sạc	4C / 41F

Mỗi viên cell có dung lượng định mức 3400mAh và điện áp định mức 3,6V. Những tế bào này bằng niken coban. Cực âm nhôm oxit mangan và cực dương silic bằng than chì. Điều này mang lại cho modun một dung lượng định mức là 292Ah, với tổng năng lượng lưu trữ là 6300 Wh và điện áp định mức của một modun là 21,6V.

Những modul này được thiết kế để xuất dòng điện lên tới 1155A trong một khoảng thời gian ngắn nếu không có sự kiểm soát phù hợp, chúng có thể dễ dẫn tới độ không ổn định nhiệt bởi sự nạp quá tải hoặc phóng điện quá tải và có thể gây cháy nổ. Các mô-đun được thiết kế để được sạc đến điện áp tối đa là 4,2 volt trên mỗi cell cho 25,2 vôn trên mỗi mô-đun và điều cực kỳ quan trọng là điện áp này không bao giờ được vượt quá. Về cơ bản, các tế bào được phóng điện 100% ở điện áp nghỉ tĩnh là 3,0 vôn hoặc 18 vôn mỗi mô-đun. Dưới tải hiện tại cao, điện áp thấp hơn này tất nhiên có thể tốt hơn nhiều, nhưng điều quan trọng là trong điều kiện tĩnh, 3.V về cơ bản là hoàn toàn xuất viện. Xả quá mức tương tự có thể gây ra thiệt hại cho tế bào và nó sẽ không thường dễ dàng rõ ràng cho đến chu kỳ sạc tiếp theo.

Những cực pin được kết nối với nhau bởi tấm bản mỏng ở phía trên và phía dưới với các lỗ tại các cực của pin. Nhiều sợi dây nhỏ hàn từ tấm bản mỏng tới trung tâm các cực của pin. Những sợi dây này được thiết kế để hoạt động như là những sợi cầu chì để phòng biến cố hư hỏng đoạn mạch của bất kì viên pin nào.

Trong quá trình vận hành xe thì nhiệt lượng tỏa ra từ pin là rất lớn, do đó Tesla đã thiết kế một bộ phận làm mát đan xen giữa các ngăn pin để tối ưu hóa khả năng tản nhiệt. Thay vì sử dụng các khối pin lớn (ắc quy) thì Tesla đã rất khôn khéo khi sử dụng các cực pin nhỏ, điều này làm cho khả năng tản nhiệt nhanh hơn và cũng kéo dài tuổi thọ của pin hơn. Bên trong module có một hệ thống ống dẫn chất lỏng làm mát, một loạt các ống dẫn chất lỏng phẳng uốn lượn giữa các hàng tế bào pin. Đó là được kết nối với hai phụ kiện đường ống ở cuối mô-đun. Trong cụm pin những phụ kiện này được kết nối với đường ống rõ ràng từ mô-đun này sang mô-đun tiếp theo và với một số phụ kiện bên ngoài để cho phép lưu thông chất lỏng có thể được làm nóng bên ngoài hoặc làm mát khi cần thiết mục đích làm giảm nhiệt độ tỏa ra trong quá trình hoạt động của các cell pin, hệ thống ống dẫn của các module được liên kết với nhau để tuần hoàn dòng chất lỏng làm mát.



Hình 1. Hình ảnh đường ống nước làm mát cho pin

Cũng giống như xe động cơ đốt trong, hệ thống làm mát của động cơ đốt trong cũng thông qua két nước và lưới tản nhiệt để làm mát dung dịch làm mát pin. Nước được làm mát sẽ chảy về buồng chứa để sử dụng làm mát cho liên tục trong quá trình pin hoạt động.

Hệ thống quản lý pin (Battery Management System - BMS) giúp duy trì hiệu suất của khối pin. Nó giúp cho khối

pin khỏi việc bị hư hỏng do việc sạc quá áp. BMS sẽ duy trì cho khối pin làm việc dưới điều kiện an toàn bằng cách theo dõi điện áp nạp và sẽ dừng nạp khi đạt điện áp yêu cầu. BMS cũng đo đặc trạng thái sạc thông qua thông số là dung lượng của pin. Có thể nói BMS giúp duy trì và kéo dài tuổi thọ của pin.

Khối pin trên xe điện thường được cấu tạo từ những cell pin có dạng hình túi. Các cell sau đó sẽ được mắc nối tiếp, song song với nhau để tạo thành các mô-đun pin và khối pin có điện áp và dung lượng theo thiết kế của nhà sản xuất.

Như đã đề cập ở trên việc phóng nạp điện của khối pin phải được giám sát và điều khiển bởi BMS để đảm bảo khối pin làm việc an toàn và hiệu quả. Để làm được điều này BMS cần có những bộ phận sau:

Cảm biến nhiệt độ: Nhiệt độ của khối pin ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất của nó. Khoảng nhiệt độ làm việc của pin Li-ion là từ -20°C ÷ 60°C . Ví dụ như cell pin Li-ion 18650 của Panasonic ở 25°C có mật độ năng lượng là 100Wh/L nhưng khi ở nhiệt độ 40°C thì mật độ năng lượng chỉ còn 5Wh/L. Do đó việc trang bị cảm biến để đo nhiệt độ của pin và từ đó có những điều chỉnh kịp thời là vô cùng quan trọng. Các cảm biến nhiệt độ sẽ được bố trí tại các vị trí thích hợp trong khối pin. Nhà sản xuất sẽ sử dụng các chương trình mô phỏng để tìm ra vị trí thích hợp để đặt các cảm biến.

Cảm biến điện áp: Cần tối thiểu một kênh thu nhận điện áp cho mỗi cell pin. Hầu hết các loại xe điện đều có một thiết bị lập trình bổ sung để cảnh báo cho BMS bất cứ khi nào có một cell pin nào không được hoạt động trong dải điện áp cho phép. Việc thu nhận điện áp cũng giúp cho việc xác định trạng thái sạc (State of charge - SOC). Điện áp xác định càng chính xác thì việc xác định trạng thái sạc càng chính xác.

Cảm biến dòng điện: Để xác định trạng thái sạc của pin ta có thể sử dụng phương pháp đo điện áp hoặc phương pháp đo dòng điện thông qua cảm biến dòng điện. Những cảm biến dòng điện trên xe ô tô điện hiện nay có dải giá trị làm việc từ cỡ mA đến hàng nghìn Ampe.

Ngoài các cảm biến để lấy tín hiệu đầu vào thì BMS cần phải có hệ thống thông tin liên lạc với các hệ thống khác để thực hiện điều khiển các hoạt động tương ứng. Các hệ thống có liên lạc với BMS như các thiết bị điện tử công suất, hệ thống quản lý năng lượng... Thông thường chúng sẽ sử dụng đường truyền CAN (Controller Area Network). Bởi nó có thể đảm bảo sự giao tiếp trong điều kiện môi trường khắc nghiệt như nhiễu tín hiệu nhiễu điện. Ngoài ra BMS còn bao gồm thiết bị lọc nhiễu điện từ (EMI) làm giảm ảnh hưởng của nhiễu lên cảm biến; các thiết bị cách điện để cách ly phần điện áp cao và phần điện áp thấp của bộ pin và bộ tiếp điểm để cắt dòng DC khi các sự cố nguy hiểm xảy ra.

2. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ CỦA KHỐI PIN TRÊN XE TESLA MODEL S

Cấu hình là 6S86P: 86 cell pin mắc song song thành một bộ và một module có 6 bộ cell pin.

Thông số:

6S86P = 516 Cells / Module
 1032 sợi dây cầu chì / Module

Điện áp một module:

$$V_{min} = 6 * 2,5V = 15,0V$$

$$V_{nom} = 6 * 3,4 V = 21,6 V$$

$$V_{max} = 6 * 4,2V = 25,2V$$

Dung lượng của một module:

$$E = \text{Cell Capacity} * V_{nom} * 86P$$

$$E = 3,4Ah * 21,6V * 86$$

$$E = 6,315Wh = 6,3kWh$$

Cấu hình của một gói pin của xe điện tesla model S bao gồm 16 module và gồm nhiều hệ thống trong một gói pin như hệ thống làm mát, hệ thống cân bằng pin.

Dung lượng của một gói pin:

$$E = \text{Cell Capacity} * \text{Nominal Voltage} * \text{Parallel}$$

$$E = 3.4Ah * (350.4V) * 86P = 102.4kWh$$

$$E_{sp} = 102.4 kWh / 641kg$$

$$E_{sp} = 160 Wh / kg$$

Điện áp định mức của một gói pin

$$V_{nom p} = 16 * 21,6 V = 350,4 V$$

Khối lượng cell pin

Khối lượng một gói pin: 641 kg
 Khối lượng cell pin trong một gói pin: 63%
 Cell Mass = (96S * 86P) * 49g
 Cell Mass = 404,5kg
 C/P Mass = 404,5/641kg = 63%

Điện trở của gói pin

Điện trở của một cell pin:

$$R_{cell} = 30m\Omega$$

Điện trở cầu chì:

$$R_{wb} = 1m\Omega$$

Điện trở mạng Bus của một module:

$$R_{bus} = \text{xấp xỉ } 0,1m\Omega$$

Tổng điện trở nối tiếp:

$$R_s = (R_{cell} + (2 * R_{wb})) / 86$$

$$= \frac{30m\Omega + (2 * 1m\Omega)}{86} = 0,72m\Omega$$

Điện trở một module

$$R_m = (R_s + (R_{bus} / 2)) * S (\text{Cells/Module})$$

$$= 2,53m\Omega$$

Module/R_{module} = 0,02mΩ

Điện trở công tắc tơ = 0,20mΩ

Điện trở cầu chì = 0,23mΩ

Điện trở mắc song song = 0,05Mω

Điện trở cổng kết nối cao áp = 0,2mΩ

Điện trở của một gói pin:

$$R_i = (R_m * 16) + (R_{bus} * (16 - 1)/2) + 0,2 + 0,23 + 0,05$$

$$= 41,8 m\Omega$$

Nhiệt dung riêng của một cell pin: c = 950J/kgK

Lượng nhiệt: Q = c*cell mass*96*86 = 38427J/K

Xây dựng mô hình pin trong Matlab

Ta đặt các thông số như sau:

$$V_{nom} = 6 * 3,6V = 21,6 V$$

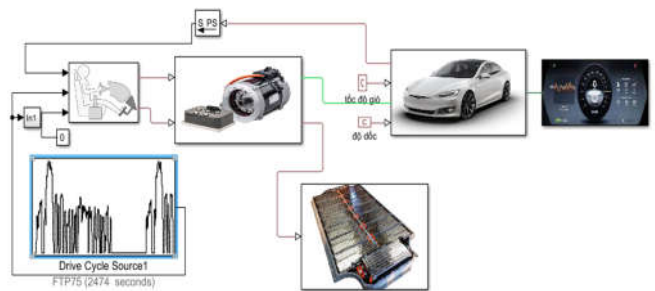
Điện trở của gói pin: R_i = 0,048 Ω

Dung lượng pin: Q = 102400 Wh = 292,2 Ah

$$V_1 = 0,9V_{nom} = 146,1 V$$

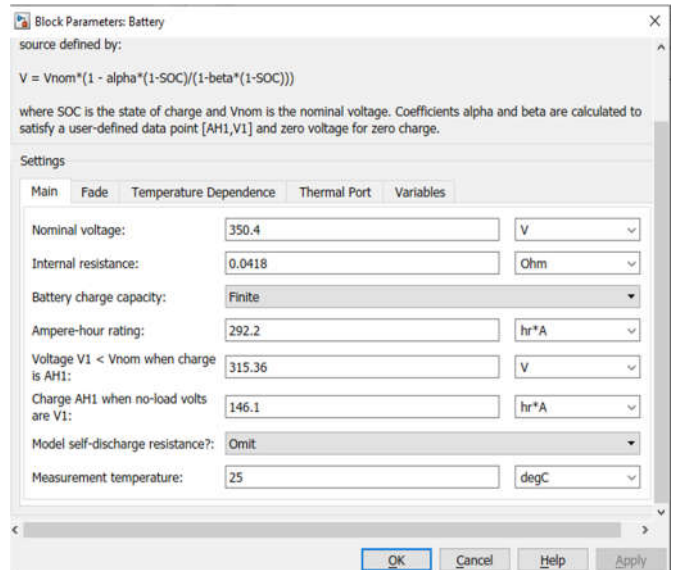
Nhiệt độ môi trường: t_o = 25 độ C

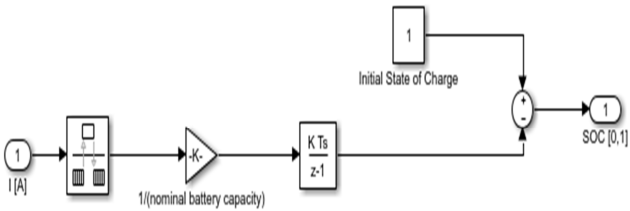
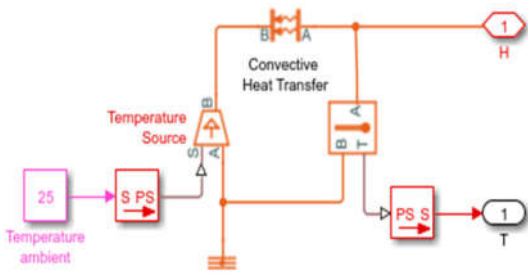
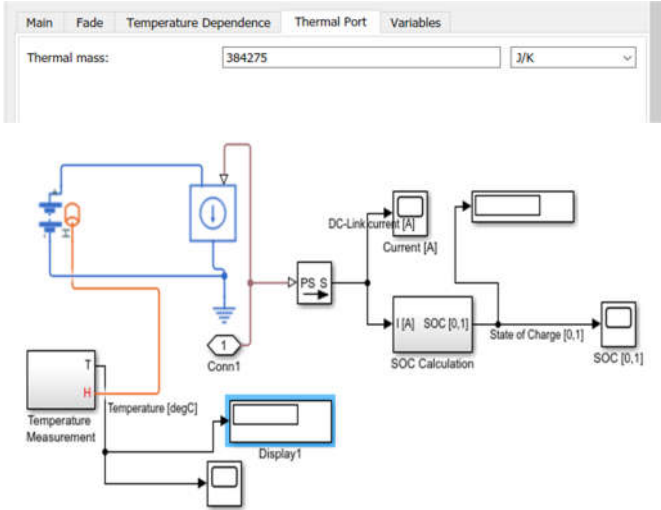
3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH XE ĐIỆN TESLA MODEL S



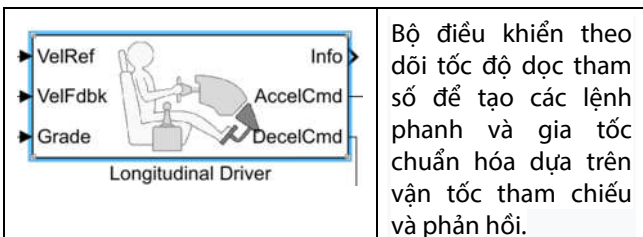
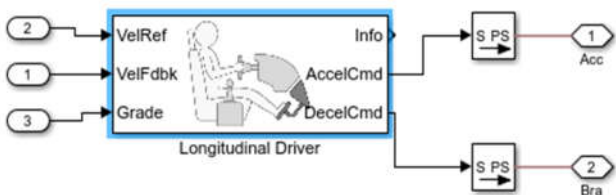
Xây dựng mô hình khối pin

	Nominal voltage:	V _{nom}
	Internal resistance:	R _i
	Ampere-hour rating:	Q
	Voltage V1 < Vnom when charge is AH1:	0,9V _{nom}
	Charge AH1 when no-load volts are V1:	0,7V _{nom}
	Measurement temperature:	25 độ C
	Thermal mass:	38427 J/K

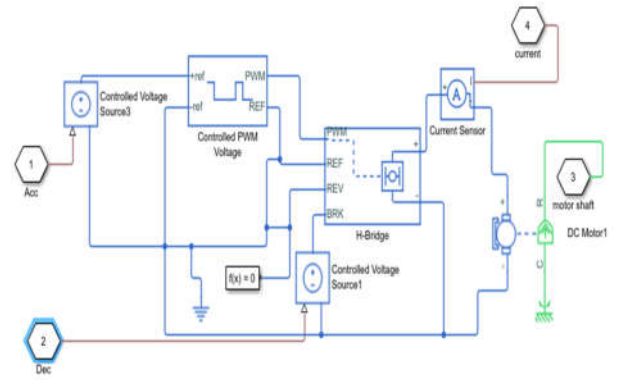




Xây dựng khối mô phỏng điều khiển động cơ

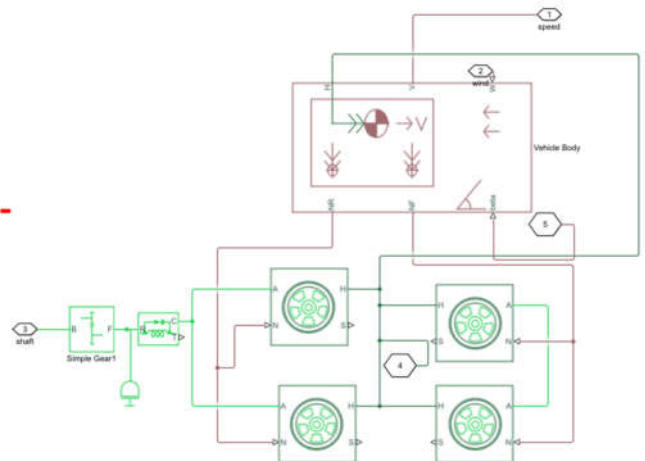


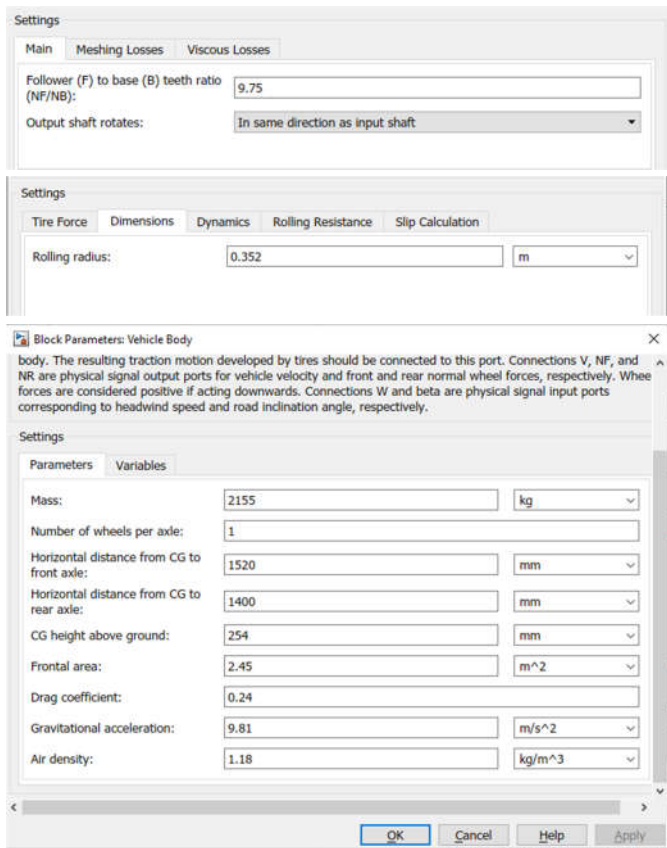
Xây dựng khối động cơ điện cho xe



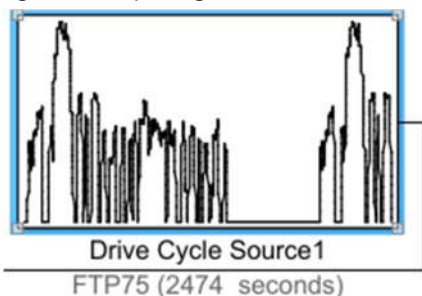
	<p>Điều khiển tốc độ motor bằng PWM là phương pháp thay đổi điện áp đặt vào động cơ. Người ta dùng mạch điện tử để thay đổi độ rộng của xung ngõ ra mà không làm thay đổi tần số. Sự thay đổi độ rộng xung dẫn đến sự thay đổi của điện áp. Các điện áp điều khiển sẽ được đưa ra từ khối tạo nguồn điện áp điều khiển</p>
	<p>Mạch cầu H là một mạch đơn giản cho phép bạn điều khiển động cơ DC quay ngược hoặc quay về phía trước, tùy thuộc vào cách bạn kết nối điểm cộng và điểm trừ.</p>
	<p>Khối này đại diện cho các đặc tính điện và mô-men xoắn của động cơ điện một chiều.</p>
	<p>Nhận tín hiệu tăng tốc, giảm tốc từ khối điều khiển động cơ để tạo ra điện áp nguồn phù hợp với mức tăng tốc và phanh</p>

Xây dựng khối thân xe





Xây dựng khối mô phỏng tốc độ tham chiếu đầu vào



Sử dụng để tạo các giá trị vận tốc tham chiếu theo mong muốn của mô phỏng, ta sẽ sử dụng.

4. THỰC HIỆN MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ MÔ

Mô phỏng lần 1: Xe tăng tốc từ 0km/h lên đến 30km/h trong 5 giây, và giữ nguyên tốc độ đó trong 995 giây. Sau 995 giây tốc độ xe đặt về 0km/h

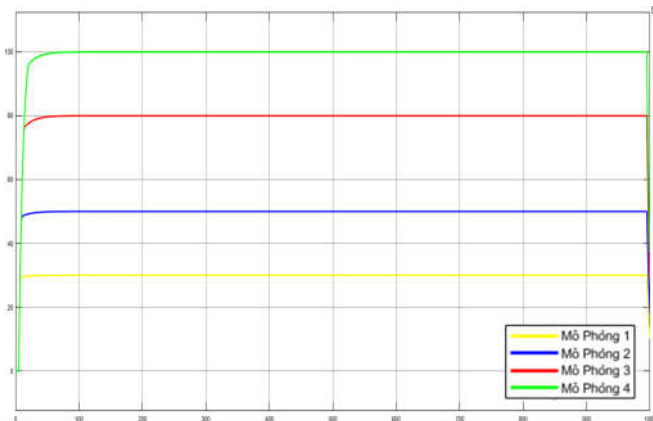
Mô phỏng lần 2: Xe tăng tốc từ 0 km/h lên đến 50 km/h trong 5 giây và giữ nguyên tốc độ đó trong 995 giây. Sau 995 giây tốc độ xe đặt về 0km/h.

Mô phỏng lần 3: Xe tăng tốc từ 0km/h lên đến 80km/h trong 5 giây, và giữ nguyên tốc độ đó trong 995giây. Sau 995 giây tốc độ xe đặt về 0km/h.

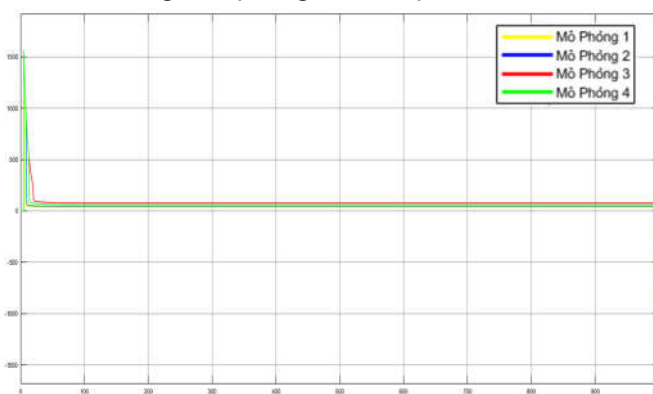
Mô phỏng lần 4: Xe tăng tốc từ 0km/h lên đến 100 km/h trong 5 giây, và giữ nguyên tốc độ đó trong 995 giây. Sau 995 giây tốc độ xe đặt về 0 km/h.

Kết quả mô phỏng

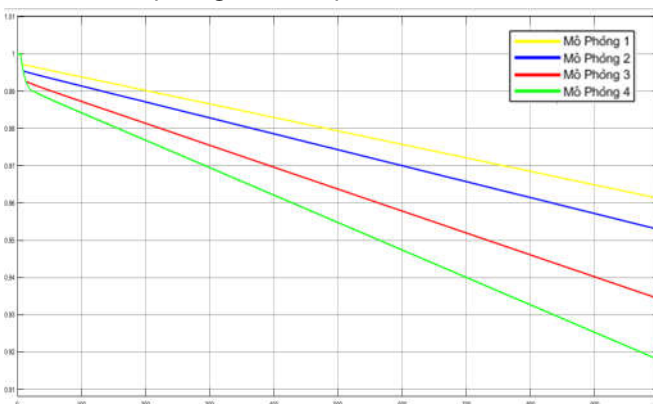
Đồ thị mô phỏng tốc độ xe



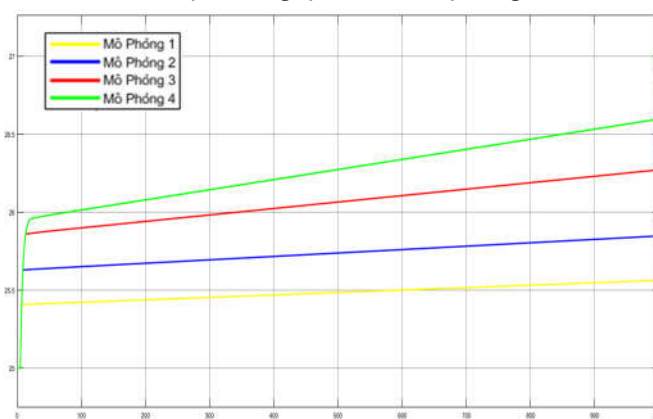
Đồ thị dòng điện phóng của khối pin



Quá trình phóng điện của pin



Nhiệt độ của pin trong quá trình mô phỏng



Sau một thời gian tìm hiểu và nghiên cứu, mô phỏng về nguồn điện trên Tesla Model S nhóm nghiên cứu đạt được các kết quả sau:

- ✓ Trạng thái sạc của pin tức là mức dung lượng còn lại của pin sau mô phỏng.
- ✓ Nhiệt độ của pin sau mô phỏng.
- ✓ Cường độ dòng điện phóng ra khi xe di chuyển ở các mức vận tốc khác nhau.
- ✓ Quãng đường xe đi được sau khi mô phỏng.

Khi ta cho xe chạy với một vận tốc không đổi trong một khoảng thời gian, mức năng lượng của khối pin còn lại sau khi kết thúc mô phỏng, nhiệt độ của pin sẽ tăng như thế nào so với trước mô phỏng, qua đó đánh giá phạm vi vận hành của xe, nhiệt độ vận hành của pin để thiết kế hệ thống làm mát cho pin với một lần sạc khi ta di chuyển ở một tốc không đổi.

Bảng 3. Mô phỏng về nguồn điện trên Tesla Model S

	Mô phỏng 1	Mô phỏng 2	Mô phỏng 3	Mô phỏng 4
Tốc độ mô phỏng (km/h)	30	50	80	100
Trạng thái sạc của pin kết thúc mô phỏng (%)	96,26	95,51	93,78	92,23
Nhiệt độ pin kết thúc mô phỏng (độ C)	25,6	25,95	26,54	27,01
Quãng đường xe đi được khi kết thúc mô phỏng (km)	8,264	13,76	21,97	27,42
KWh/km	0,46	0,344	0,29	0,29
Quãng đường đi được trong một lần sạc với tốc độ mô phỏng (km)	221	306	353	354

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã nêu được thiết kế sơ bộ cho hệ thống nguồn điện xe điện Tesla Model S, đạt được mục tiêu đề ra. Trong thời gian tới, nhóm sẽ tiếp tục nghiên cứu, đầu tư kỹ hơn thì kết quả sẽ được hoàn thiện và có ứng dụng cao hơn trong thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TeslaModuleController
- [2]. Wikipedia. Lithi-ion battery.
- [3]. Final Project: Design of an Electric Vehicle : Skill-Lync
- [4]. Pin sạc cực phẳng Panasonic NCR18650B 3400mAh - Gia dụng nhà Việt