

# ỨNG DỤNG CÔNG CỤ SIMSCAPE TRONG MATLAB/SIMULINK MÔ PHỎNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ PIN XE ĐIỆN

SIMSCAPE TOOL APPLICATION IN MATLAB/SIMULINK SIMULATES ELECTRIC VEHICLE BATTERY  
MANAGEMENT SYSTEM

Nguyễn Văn Bạo<sup>1</sup>, Vàng A Bi<sup>2</sup>, Lương Thanh Long<sup>3</sup>,  
Nguyễn Hoàng Anh<sup>4</sup>, Nguyễn Văn Sự<sup>5</sup>, Lê Đức Hiếu<sup>6,\*</sup>

## TÓM TẮT

Hệ thống quản lý pin xe điện là một thiết bị điện tử giám sát và quản lý tất cả hiệu suất của pin lưu trữ. Quan trọng nhất là nó giúp cho pin lưu trữ hoạt động ở biên độ an toàn. Hệ thống quản lý pin rất quan trọng đối với hoạt động an toàn, hiệu suất tổng thể và tuổi thọ của pin lưu trữ. Với chức năng chính bảo vệ các cell pin khỏi bị hư hại do sạc hay xả quá mức. Ngoài ra, hệ thống quản lý pin còn tính toán dung lượng pin còn lại, theo dõi nhiệt độ pin, trạng thái sức khỏe và độ an toàn của pin bằng cách kiểm tra các kết nối và ngăn mạch bên trong pin; cân bằng các điện tích giữa các cell pin nhằm mục đích các cell pin hoạt động ở công suất tối đa. Hệ thống quản lý pin được mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink thông qua công cụ Simscape để cho ra kết quả rõ ràng và chính xác nhất.

**Từ khóa:** Hệ thống quản lý pin xe điện, Simscape trong Matlab/Simulink.

## ABSTRACT

An electric vehicle battery management system is an electronic device that monitors and manages all the performance of a storage battery. Most importantly, it keeps the storage battery operating at a safe margin. The battery management system is important for the safe operation, overall performance and longevity of the storage battery. With the main function of protecting the battery cells from damage caused by overcharging or discharging. In addition, the battery management system calculates the remaining battery capacity, monitors the battery temperature, health and safety status of the battery by checking the connections and short circuits inside the battery; balance the charges between the battery cells in order for the battery cells to operate at maximum capacity. The battery management system is simulated on Matlab/Simulink software through the Simscape tool to give the clearest and most accurate results.

**Keywords:** Electric vehicle battery management system, Simscape in Matlab/Simulink.

<sup>1</sup>Lớp Kỹ thuật Ô tô 3 - K13, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Lớp Kỹ thuật Ô tô 6 - K13, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>3</sup>Lớp Kỹ thuật Ô tô 7 - K13, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>4</sup>Lớp Kỹ thuật Ô tô 6 - K14, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>5</sup>Lớp Kỹ thuật Ô tô 5 - K15, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>6</sup>Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: hieuld@hau.edu.vn; leduchieu77@gmail.com

## TỪ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Viết tắt	Giải thích
BMS	Battery Management System	Hệ thống quản lý pin
SoC	State of Charge	Trạng thái sạc của pin
SoH	State of Health	Trạng thái sức khỏe của pin
ESS	Energy Storage System	Hệ thống lưu trữ năng lượng

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cuộc sống con người ngày càng phát triển thì nhu cầu về mọi mặt của đời sống cũng tăng lên. Ngành công nghiệp ô tô cũng đã phát triển liên tục để sản xuất ra những chiếc ô tô ngày càng hiện đại, tiên tiến. Từ những chiếc ô tô chạy bằng nhiên liệu hóa thạch dần chuyển sang những dòng xe lai hybrid, đến nay đã xuất hiện những chiếc xe điện trên thị trường.

Với mục đích nhằm giảm thiểu khí thải của phương tiện giao thông xả ra môi trường các nhà khoa học đã phát minh ra xe điện. Với động cơ điện thay vì sử dụng động cơ đốt trong, xe điện đang được quan tâm đến và được sản xuất ở nhiều quốc gia trên thế giới.

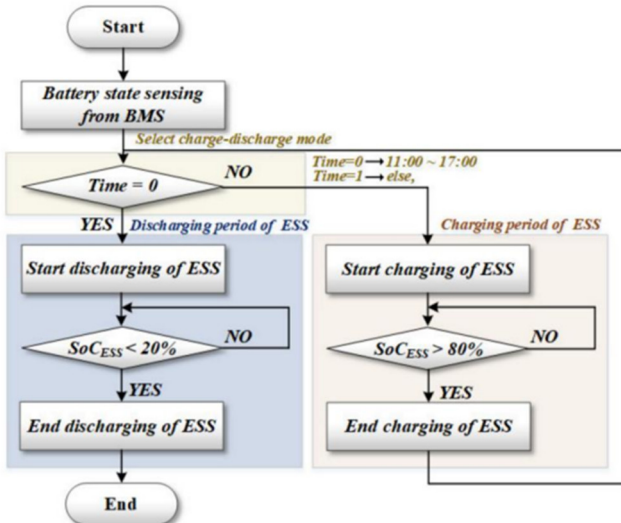
Bên cạnh những chiếc xe điện, pin xe điện cũng đang là một vấn đề cần được quan tâm đến. Các vấn đề về pin như: sạc - xả không đều, nhiệt độ pin quá cao dẫn đến cháy - nổ pin... cũng là mục tiêu để xây dựng một hệ thống quản lý pin (BMS) nhằm đảm bảo an toàn và kéo dài tuổi thọ của pin.

## 2. PHÂN TÍCH THIẾT KẾ HỆ THỐNG

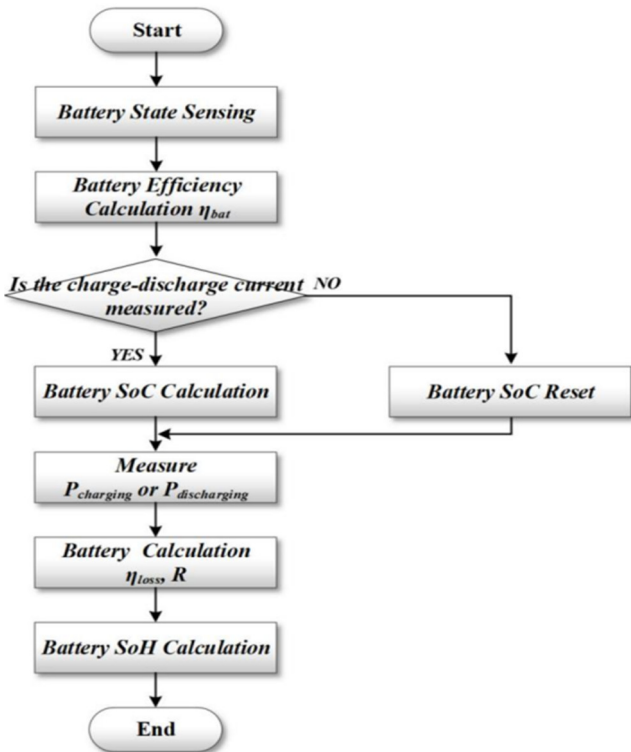
Với mục đích chính của hệ thống quản lý pin (BMS) quản lý pin nhằm cải thiện độ tin cậy và độ an toàn của pin, nhiều chức năng của BMS được phát triển. Các chức năng của BMS có thể phân loại: theo dõi thời gian thực, tính toán, dự đoán, bảo vệ và tối ưu hóa. Điện áp pin, dòng điện, nhiệt độ, SoC (State of Charge), SoH (State of Health) và trở

kháng bên trong được tính toán và xác nhận thông qua giám sát.

Để đáp ứng cho nhu cầu sạc - xả với điện lưới dân dụng là sạc điện vào ban đêm và xả điện vào ban ngày, thuật toán ESS được đề xuất để quản lý sạc - xả theo thời gian.



Hình 1. Thuật toán ESS nạp - xả theo thời gian



Hình 2. Thuật toán BMS giám sát hiệu suất pin

Trong quá trình sạc - xả, thuật toán được đề xuất có thể cảm nhận trạng thái của pin thông qua giao tiếp với BMS và tiến hành sạc. Nếu SoC của pin ESS dưới 80% pin đã được sạc, nếu trên 80% thì quá trình sạc sẽ dừng lại. ESS sẽ quản lý việc xả pin, nếu dưới 20% quá trình xả sẽ dừng lại. Thuật toán được đề xuất nhằm đảm bảo an toàn cao nhất trong quá trình sạc và xả pin.

Để quá trình sạc - xả pin hiệu quả, thuật toán giám sát hiệu suất pin BMS đã được đề xuất.

Thuật toán được đề xuất có thể cảm nhận điện áp, dòng điện, nhiệt độ pin và tính toán hiệu quả của nó. Khi hiệu suất pin được tính toán dòng điện sạc - xả của nó được đo để định liệu ESS có ở trạng thái sạc hay xả không. Khi ESS được sạc hay xả thì trạng thái sạc của pin được tính toán sử dụng OCV và CCM.

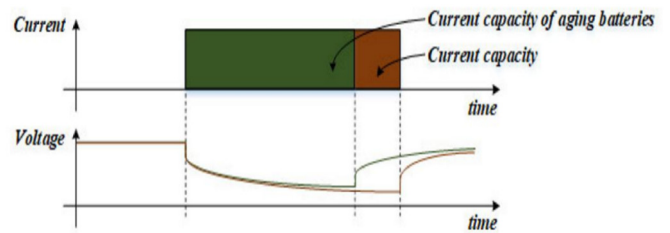
$$SoC(t - 1) = V_{ocv} + \left( I_{bat} \times \frac{\eta_{loss} \times V_{bat} \times t}{Q_{bat}} \right)$$

$$SoC(t) = SoC(t - 1) + \int_0^t \frac{I(t)}{C_n} dt$$

Khi ESS không ở trạng thái sạc - xả, trạng thái sạc của pin (SoC) được đặt lại để tăng độ chính xác của giá trị ban đầu.

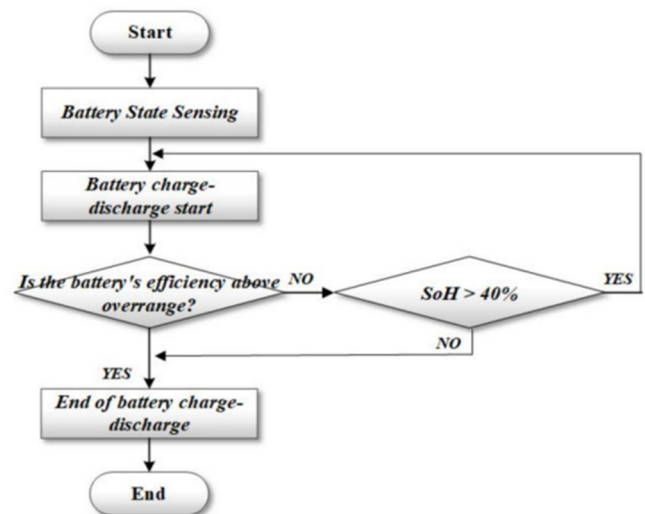
Khi quá trình kết thúc hoạt động sạc - xả của pin, công suất sạc hay xả được đo và tính mức hao hụt của pin và điện trở để chuẩn bị cho chu kỳ tiếp theo.

Số chu kỳ sạc - xả tăng lên, trong pin sẽ xảy ra các phản ứng hóa học sẽ gây lão hóa pin, làm giảm chỉ số trạng thái sức khỏe của pin. Khi pin lão hóa, điện trở bên trong pin tăng lên, khả năng sạc - xả cũng bị giảm đi.



Hình 3. Dung lượng pin trong quá trình lão hóa

Khi pin già đi, điện trở tăng, công suất hiện tại giảm chính vì vậy gây ảnh hưởng tới hiệu suất của pin. Việc sử dụng pin bị giảm hiệu suất gây nên hiện tượng sạc - xả quá mức và làm mất an toàn của pin.



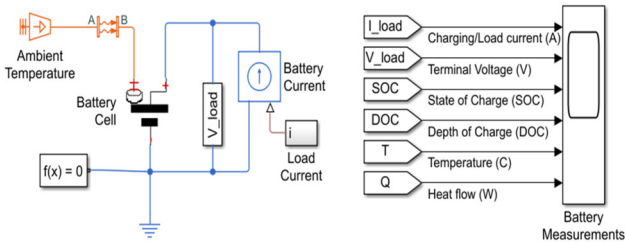
Hình 4. Thuật toán chẩn đoán lỗi hệ thống pin

Để đảm bảo an toàn cho toàn bộ các cell pin và phát hiện trước những rủi ro về pin, thuật toán chẩn đoán lỗi hệ thống pin được đưa ra.

Sau khi thông tin của pin được cảm nhận qua BMS và hiệu quả của pin được đánh giá. Nếu hiệu suất pin dưới mức đặt trước (< 80%), trạng thái sức khỏe của pin (SoH) trên 40% quá trình sạc sẽ được tiếp tục. Nếu hiệu suất pin cao hơn mức đã đặt trước và SoH của pin dưới 40% quá trình sạc - xả bị ngừng lại. Thông qua tin hiệu từ hệ thống quản lý pin, những cell pin có trạng thái sức khỏe dưới 40% sẽ được thay mới.

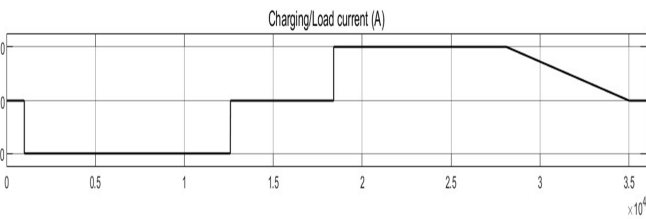
**3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ**

Sau khi thiết lập mô hình mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink thông qua công cụ Simscape, nhóm tác giả thực hiện chạy mô phỏng mô hình và đưa ra những kết quả là các đồ thị phù hợp với nội dung nghiên cứu.

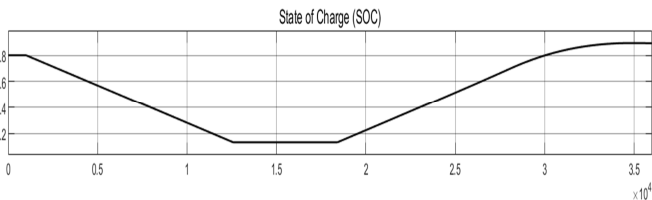


Hình 5. Sơ đồ mạch mô phỏng trên Matlab/Simulink

Đồ thị sạc/tải hiện tại, dòng từ 0A đến thời gian 1000s tăng lên 10A không thay đổi tới 12500s thì dòng tải bị ngắt do hệ thống quản lý pin bảo vệ pin không bị xả quá mức. Đến 18000s quá trình sạc bắt đầu dòng 10A xuất hiện và không thay đổi tới 27000s khi đó trạng thái SoC pin tăng dần lên mức 0,8. Vì vậy, hệ thống quản lý pin điều khiển giảm dòng điện để tiếp tục sạc ở trạng thái chậm đảm bảo quá trình sạc hoàn tất.



Hình 6. Đồ thị dòng sạc/tải ban đầu

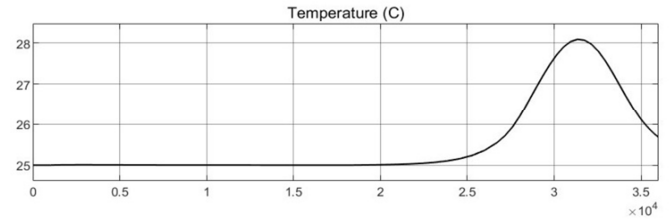


Hình 7. Đồ thị trạng thái tích điện

Đồ thị trạng thái tích điện: ở mức 80% sau đó khoảng 1000s quá trình xả bắt đầu giảm nhanh xuống dưới 20%, sau khi dòng tải bị ngắt trạng thái tích điện không thay đổi. Sau khoảng 18000s quá trình sạc bắt đầu trạng thái sạc tích

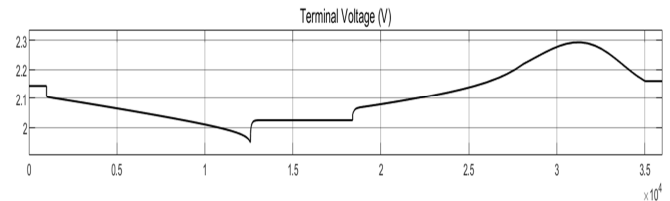
điện bắt đầu, hiệu suất pin tăng lên đến hơn 90% ở khoảng 35000s.

Đồ thị nhiệt độ pin: có nhiệt độ ban đầu khoảng 25°C và không thay đổi đến khoảng 23000s vì pin đang trong quá trình xả. Sau đó tăng lên khoảng 28°C trong quá trình sạc nhanh và giảm dần nhiệt độ về 25,5°C do quá trình sạc chậm.



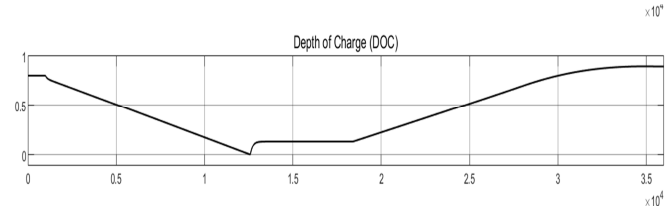
Hình 8. Đồ thị nhiệt độ pin

Đồ thị điện áp đầu ra: có điện áp ban đầu là 2,14V sau đó điện áp giảm xuống dưới 2V ở 11000s do trong quá trình xả. Khi ngắt dòng tải lượng điện áp dư được trả lại một phần, quá trình sạc bắt đầu điện áp đầu ra tăng lên. Ở 32000s quá trình sạc chậm bắt đầu điện áp giảm, quá trình sạc hoàn tất điện áp trở về mức ban đầu 2,14V, việc này đảm bảo cho thời gian sạc - xả ổn định.

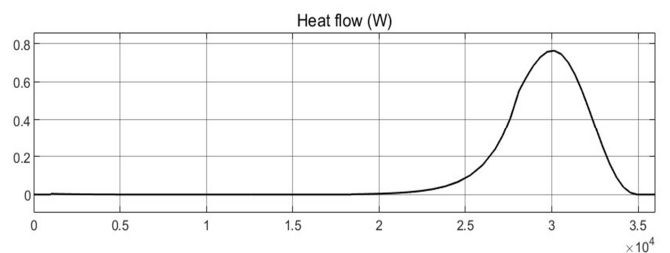


Hình 9. Đồ thị điện áp đầu ra

Đồ thị độ sâu sạc: có sự thay đổi gần giống như đồ thị trạng thái sạc, ban đầu là 80% sau đó giảm xuống dưới 20% ở 12500s, lúc này độ sâu sạc giảm do pin đang trong trạng thái xả; khi quá trình sạc bắt đầu độ sâu sạc tăng lên theo SoC.



Hình 10. Đồ thị độ sâu sạc



Hình 11. Đồ thị dòng nhiệt

Đồ thị dòng nhiệt: có sự thay đổi tương đối giống với đồ thị nhiệt độ pin, ban đầu từ 0 và không có sự thay đổi trong

quá trình sạc đến 23000s. Quá trình sạc bắt đầu dòng nhiệt tăng lên khoảng 0,76 ở giây 30000s. Sau đó quá trình sạc chậm bắt đầu dòng nhiệt giảm dần về 0 khi quá trình sạc hoàn tất.

Nhìn chung, chúng ta có thể thấy rõ được là các đồ thị có sự tăng giảm tương đối giống nhau và có xu hướng đưa các giá trị về lại trạng thái ban đầu, việc này giúp cho pin hoạt động cân bằng. Khi có bất kỳ đại lượng nào có sự thay đổi vượt quá giới hạn đặt trước hệ thống sẽ điều chỉnh trở về giá trị gần nhất, giúp pin hoạt động ở trạng thái an toàn.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài nghiên cứu này trình bày kết quả của hệ thống quản lý pin xe điện với mục đích quản lý trạng thái của pin, phát hiện những hư hỏng các cell pin kịp thời sửa chữa thay thế giúp cho pin luôn hoạt động ở trạng thái an toàn.

Trong thời gian tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiếp tục phát triển nghiên cứu kết hợp giữa lý thuyết và thực để thiết kế mô hình. Dựa vào các linh kiện kỹ thuật và dụng cụ để tiến hành so sánh kết quả, thống số mô phỏng đối với các thông số từ nhà sản xuất để đánh giá tính thực tiễn của sản phẩm đối với công nghệ ở Việt Nam.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cleason University, 2017. *A new approach to battery management system control design for increasing battery longevity*. Tiger Prints.
- [2]. Sai Krishna Vempalli, J. Ramprabhakar, S. Shankar, Prabhakar, 2018. *Electric Vehicle Designing, Modelling and Simulation*. SDMIT Ujire: India.
- [3]. Rahul K., J. Ramprabhakar, S. Shankar, 2017. *Comparative study on modeling and estimation of State of Charge in battery*. In 2017 International Conference On Smart Technologies for Smart Nation (SmartTechCon), pp. 1610-1615. IEEE.
- [4]. Zhixiang Xia, 2018. *A Design of Battery Thermal Management System*.
- [5]. Phạm Minh Hiếu, 2017. *Ứng dụng máy tính trong thiết kế ô tô*. Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.