

Hệ thống quản lý năng lượng ắc-quy trên tàu lai dầu và tàu thủy cỡ nhỏ chạy điện

ThS. ĐẶNG ĐÌNH PHÚC; PGS. TS. VƯƠNG ĐỨC PHÚC; ThS. HỨA XUÂN LONG
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Hệ thống quản lý năng lượng ắc-quy là một thành phần quan trọng của điện nói chung và tàu thủy chạy điện nói riêng. Mục đích của hệ thống là đảm bảo hoạt động năng lượng ắc-quy an toàn và đáng tin cậy. Để duy trì sự an toàn và độ tin cậy trong quá trình làm việc của ắc-quy, việc giám sát trạng thái và đánh giá, kiểm soát dòng và cân bằng từng ắc-quy là các chức năng đã được thực hiện trong hệ thống. Là một sản phẩm điện hóa, ắc-quy sẽ hoạt động khác nhau trong các chức năng khác nhau và phụ thuộc vào điều kiện môi trường xung quanh. Sự không chắc chắn về hiệu suất của ắc-quy đặt ra một thách thức để thực hiện các chức năng đã kể trên. Bài báo giải quyết việc đánh giá trạng thái của ắc-quy, bao gồm trạng thái sạc, tình trạng ắc-quy và trạng thái tuổi thọ.

TỪ KHÓA: Quản lý năng lượng ắc-quy, hệ thống BMS.

ABSTRACT: The battery energy management system (BMS) is an important component of electricity in general and electric ships in particular. The purpose of the system is to ensure safe and reliable battery operation. To maintain the safety and reliability of the battery during operation, status monitoring and evaluation, current control and balancing of each battery are functions that have been implemented in the system. As an electrochemical product, the battery will behave differently in different functions and depending on the ambient conditions. Uncertainty about battery performance poses a challenge to performing the aforementioned functions. This article deals with the assessment of the battery's state, including the state of charge, the state of the battery and the state of life.

KEYWORDS: Battery energy management, BMS system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

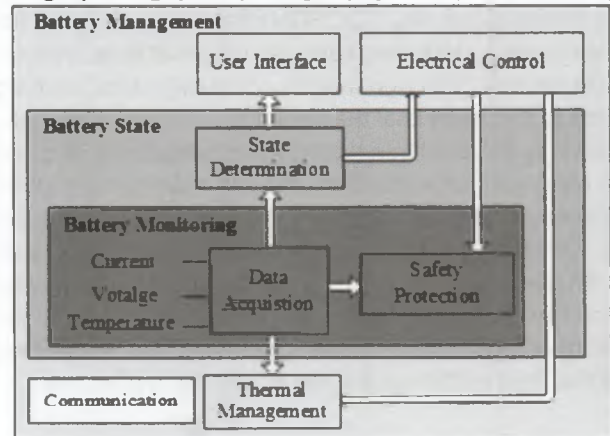
Từ thiết bị điện tử cầm tay đến những tàu thủy chạy bằng điện, ắc-quy được sử dụng rộng rãi như một loại năng lượng chính nhằm giảm thiểu sự phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch vì đây là một loại năng lượng không tái

tạo và có giới hạn tới một mức nào đó sẽ cạn kiệt. Việc thứ hai, nếu lạm dụng quá nhiều vào nguồn năng lượng hóa thạch sẽ gây ảnh hưởng xấu tới môi trường xung quanh, tác động xấu tới bầu khí quyển. Chính vì vậy, việc sử dụng một nguồn năng lượng mới, sạch cho những phương tiện tiêu thụ công suất lớn là một vấn đề cấp thiết đặt ra. Chính vì vậy, ngày nay, những con tàu lai dầu và tàu khách cỡ nhỏ chạy bằng điện đang ngày càng được nghiên cứu và ra đời ngày một nhiều.

Việc đảm bảo an toàn cho hệ thống năng lượng, cụ thể là hệ thống năng lượng ắc-quy được bố trí trên tàu thủy là một vấn đề quan trọng được đặt lên hàng đầu.

2. NỘI DUNG

2.1. Phương pháp luận để đánh giá năng lượng ắc-quy trong hệ thống quản lý năng lượng ắc-quy trên tàu thủy



Hình 2.1: Hình minh họa hệ thống quản lý ắc-quy

Việc đánh giá tình trạng ắc-quy là một trong những điểm quan trọng nhất liên kết trong hệ thống quản lý năng lượng ắc-quy và nó có tác động lớn đến hiệu suất làm việc của hệ thống. Mỗi quan tâm hàng đầu đối với đội ngũ khai thác tàu thủy chạy điện là tính an toàn và độ tin cậy của hệ thống điện trên tàu. Câu hỏi quan trọng nhất được đặt ra là năng lượng lưu trữ trong ắc-quy có bị hết giữa chừng trong quá trình khai thác tàu thủy? Những vấn đề này liên quan đến việc ước tính và dự đoán của hệ thống. Do đó, việc định lượng chính xác tình trạng ắc-quy đã trở thành một trong các nhiệm vụ quan trọng nhất đối với BMS. Trong phần này, các phương pháp mới nhất để ước tính trạng thái ắc-quy và dự đoán sẽ được xem xét.

2.2. Trạng thái sạc

Trạng thái sạc (SOC) rất quan trọng, nhưng chúng ta

không thể đo lường được dựa trên các công nghệ cảm biến trên bo mạch hiện tại của hệ thống. Tỷ lệ dung lượng hiện tại cho đến công suất tối đa được biểu thị bằng công thức:

$$SOC = 1 - \frac{\int idt}{C_n} \tag{1}$$

Trong đó:

i - Dòng sạc;

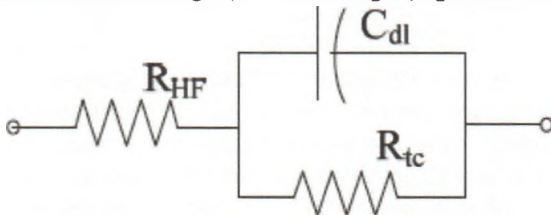
C_n - Dung lượng tối đa của ắc-quy.

SOC cho chúng ta biết lượng điện tích còn lại của ắc-quy. Nó được sử dụng để xác định tầm hoạt động còn lại có thể hoạt động của con tàu, do các phản ứng hóa học vốn có của pin và tải bên ngoài, dung lượng tối đa của ắc-quy giảm dần theo thời gian. Tính không chắc chắn liên quan đến các yếu tố nêu trên sẽ dẫn đến các đặc tính suy giảm không tuyến tính, không cố định của ắc-quy.

Cách tiếp cận đơn giản nhất để ước tính SOC là đếm Coulomb, đặc trưng cho năng lượng trong pin ở Coulomb. Phương pháp này tính toán dung lượng của ắc-quy bằng cách tích hợp dòng điện chạy vào và ra khỏi ắc-quy theo thời gian. SOC có thể thu được bằng cách tham khảo hiệu chuẩn điểm khi sạc đầy. Tuy nhiên, điểm tham chiếu này (tức là điểm ban đầu) sẽ thay đổi do ắc-quy bị lão hóa theo thời gian và hiệu suất coulombic. Như vậy, điểm quy chiếu phải được bù khi hoạt động thực tế, các điều kiện và ước tính SOC nên được cập nhật dưới các điện áp đo khác nhau.

2.3. Tình trạng của ắc-quy

Tình trạng của ắc-quy (SOH) mô tả tình trạng vật lý của quy, không giống như SOC, SOH phản ánh tình trạng sức khỏe của pin và khả năng cung cấp hiệu suất được chỉ định so với pin mới. SOH trên tàu thủy chạy điện được sử dụng để mô tả khả năng khai thác trong một khoảng cách hoặc phạm vi cụ thể. SOH trên tàu thủy ứng dụng là một đặc tính của công suất được chỉ định, nhà sản xuất sử dụng phần trăm công suất danh nghĩa làm ngưỡng tình trạng của ắc-quy. Khi công suất giảm xuống còn 80% so với công suất lúc đầu sau chu kỳ sạc-xả, nó được định nghĩa là ắc-quy đã bị lỗi. Tuy nhiên, các nghiên cứu đã xác định các quy tắc khác nhau hoặc các chỉ số để định lượng SOH về đặc tính của pin, thiết bị thử nghiệm và các ứng dụng khác nhau.



Hình 2.2: Mô hình mạch Randles cho pin lithium-ion

$$P = \frac{V^2}{R} \tag{2}$$

$$Power\ Fade = 1 - \left(\frac{Power(K)}{Power(0)} \right) = 1 - \frac{R(0)}{R(K)} \tag{3}$$

$$Capacity\ Fade\ (\%) = 1 - \left(1 - \frac{Capacity(k)}{Capacity(0)} \right) \times 100\% \tag{4}$$

Kết quả cũng chứng minh rằng, SampEn (sample entropy) có thể đóng vai trò là một chỉ báo của SOH.

SampEn được biểu thị dưới dạng phương trình:

$$SampEn(m, r, N) = -\ln \left[\frac{A^m(r)}{B^m(r)} \right]$$

Trong đó:

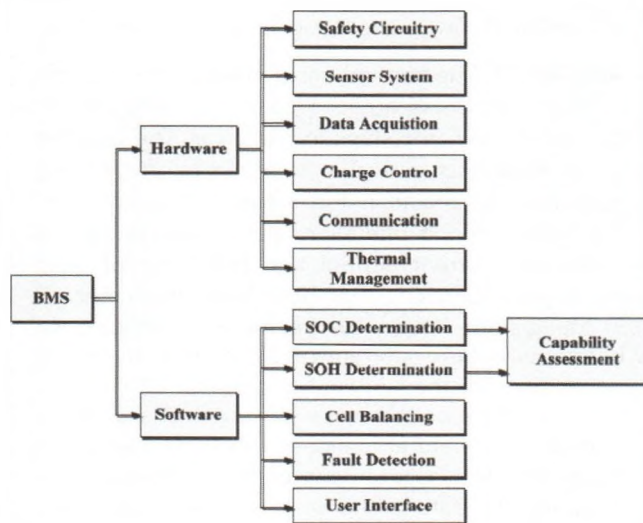
- N - Tổng số điểm dữ liệu;
- m - Độ dài của các chuỗi được so sánh;
- r - Tham số dung sai;
- $B^m(r)$ - Giá trị trung bình của hai đoạn tín hiệu giống nhau được cấu tạo từ vector đầu vào với m điểm và tương tự với $A^m(r)$ và sẽ phù hợp với m+1 điểm.

Tiếp theo, tình trạng vật lý R của ắc-quy, được mô tả bằng ba phần tử: N (tên), C (đặc tính) và V (giá trị của đặc tính). Thông qua dữ liệu, trọng lượng của mỗi đặc tính được định lượng và ước tính dựa trên dữ liệu thử nghiệm. Kết quả được xác thực và so sánh với phương pháp mạng nơ-ron mở rộng:

$$R = (N, C, V) = [NC_1V_1 C_2V_2 C_3V_3] \tag{6}$$

3. HỆ THỐNG QUẢN LÝ NĂNG LƯỢNG ẮC-QUY ĐƯỢC ĐỀ XUẤT

Điểm yếu của các BMS hiện tại được xác định thông qua việc xem xét toàn diện các các phương pháp tiếp cận. Để giải quyết những điểm yếu này, chúng tôi đề xuất một hệ thống BMS toàn diện và hoàn chỉnh nên chứa các thành phần được hiển thị trong Hình 3.1 bao gồm các chức năng cơ bản.



Hình 3.1: Các thành phần của BMS được đề xuất

3.1. Phần cứng (hardware)

Mạch an toàn từ lâu đã được sử dụng trong các BMS. Tuy nhiên, vì nhiều cảm biến hơn được sử dụng trong đề xuất BMS, các cải tiến trong thiết kế mạch an toàn hiện tại có thể được sử dụng, chẳng hạn như việc bổ sung bảo vệ quá nhiệt và kiểm soát chính xác để ngăn ngừa quá tải, quá mức và quá nhiệt. Hệ thống cảm biến bao gồm các cảm biến khác nhau để theo dõi và đo lường các thông số của ắc-quy bao gồm các tế bào điện áp, nhiệt độ ắc-quy và dòng sạc, xả. Một số nhà nghiên cứu đã đề xuất thông qua EIS để giảm sát trở kháng bên trong. Tuy nhiên, cả hạn chế về không

ian và chi phí thiết bị cản trở tính khả thi của các phép o này bên ngoài môi trường phòng thí nghiệm. Do đó, òng điện, điện áp và nhiệt độ phải được đo để cải thiện hả năng theo dõi trạng thái trong các ứng dụng thực tế.

Thu thập dữ liệu (DAQ) và lưu trữ dữ liệu là những phần uan trọng để phần mềm trong BMS trên tàu thủy phân h và xây dựng cơ sở dữ liệu để mô hình hóa hệ thống.

Kiểm soát dòng sạc là một hệ thống con quản lý iao thức quản lý dòng xả. Ắc-quy thường được sạc bằng hương pháp dòng điện không đổi/điện áp không đổi (CC/V) và do đó sẽ cần phải bao gồm và một galvanostat. Một iến trở cần thiết để giúp cân bằng các tế bào hoặc thực iện nội các phép đo điện trở. Kiểm soát cân bằng ắc-quy iễn trở là một tính năng thiết kế quan trọng, có chỗ cho cải iến để cân bằng ắc-quy và ước tính tình trạng ắc-quy theo iách hiệu quả.

Hầu hết các hệ thống con trong BMS là các mô-đun iộc lập và do đó, truyền dữ liệu xuyên suốt BMS bắt buộc. iao tiếp thông qua CAN Bus là một cách chính để truyền iữ liệu trong BMS.

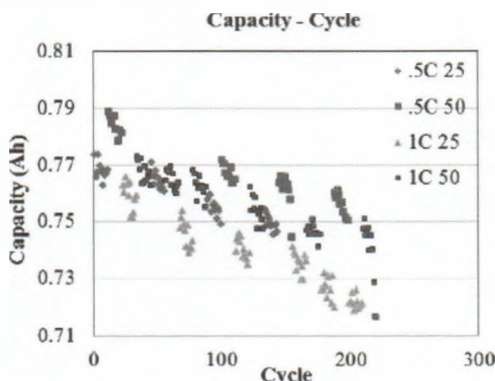
Một mô-đun để quản lý nhiệt là rất quan trọng vì sự hác biệt về nhiệt độ có ảnh hưởng đến sự mất cân bằng ic-quy, độ tin cậy và hiệu suất. Do đó, Pesaran [39] chỉ ra iàng điều quan trọng là phải giảm chênh lệch nhiệt độ giữa ác ô, phải được theo dõi và vận hành thích hợp với điều iện nhiệt độ.

3.2. Phần mềm

Phần mềm của BMS là trung tâm của toàn bộ hệ thống vì nó kiểm soát tất cả phần cứng hoạt động và phân tích dữ iệu cảm biến để đưa ra quyết định và ước tính trạng thái. Kiểm soát chuyển đổi, giám sát tốc độ mẫu trong hệ thống iảm biến, điều khiển cân bằng tế bào ắc-quy và thậm chí cả mạch an toàn động thiết kế nên được xử lý bởi phần mềm của BMS. Hơn nữa, xử lý và phân tích dữ liệu trực tuyến là cần thiết để liên tục cập nhật và kiểm soát các chức năng của ắc-quy. Dữ liệu tự động đáng tin cậy và mạnh mẽ phân tích là yếu tố then chốt để thành công vì phân tích xác định ước tính trạng thái và phát hiện lỗi.

4. THỰC NGHIỆM

4.1. Ước tính công suất trong điều kiện tải thay đổi và nhiệt độ môi trường



Hình 4.1: Công suất phóng điện xen kẽ ở các tốc độ xả khác nhau với nhiệt độ khác nhau

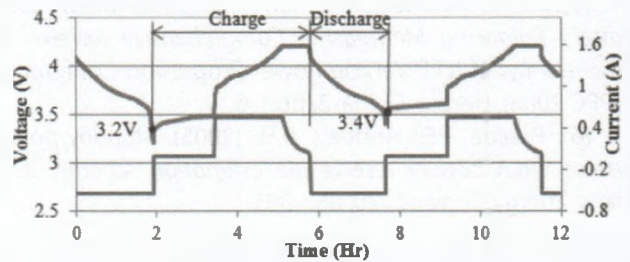
Các mô hình suy giảm chất lượng pin dựa trên vật liệu cụ thể, điều kiện môi trường và chu kỳ sạc-xả. Trạng thái pin được ước tính khi phóng điện ở dòng điện không đổi và không đổi nhiệt độ. Hình 4.1 cho thấy hồ sơ năng lực đã được thử nghiệm theo hai tốc độ phóng điện và nhiệt độ khác nhau.

4.2. Ước tính công suất tối đa

Dung lượng tối đa của pin quyết định hiệu suất và tuổi thọ trong tương lai của pin. Các phương pháp ước tính hiện tại chủ yếu dựa trên thử nghiệm phóng điện toàn bộ. Năng lượng được tính bằng:

$$Capacity = \int I dt \tag{7}$$

Dung lượng tối đa của pin quyết định hiệu suất và tuổi thọ trong tương lai của pin. Các phương pháp ước tính hiện tại chủ yếu dựa trên thử nghiệm phóng điện toàn bộ. Năng lượng trực tuyến được tính bằng cách: thời gian tích hợp càng lâu thì dung lượng càng cao, khi ắc-quy đã được xả hết ở dòng điện không đổi. Tuy nhiên, ắc-quy sẽ không phải lúc nào cũng được xả ở dòng xả liên tục và sẽ không bị cạn kiệt đến cắt điện áp mọi lúc. Hình 4.2 cho thấy một ắc-quy được xả ở các độ sâu phóng điện khác nhau. Các ắc-quy đã được sạc đầy, 4,2 V và ngừng phóng điện ở điện áp cắt ngẫu nhiên. Cái này mô phỏng hoạt động trong thực tế. Do đó, xác định cách đánh giá hiệu suất tối đa của một ắc-quy phóng điện cục bộ và tải dòng điện biến thể là một thách thức quan trọng.



Hình 4.2: Đường cong phóng điện một phần

Trong thực tế, pin cần giao tiếp với các mô-đun bên trong xe, bộ sạc và môi trường bên ngoài thông qua BMS.

4. KẾT LUẬN

Vi ắc-quy là nguồn năng lượng cốt lõi trong tàu lai đất và tàu thủy chạy điện cỡ nhỏ, hiệu suất của chúng ảnh hưởng rất nhiều đến khả năng hoạt động của tàu thủy. Do đó, các nhà sản xuất đang tìm kiếm sự đột phá trong cả công nghệ ắc-quy và BMS. Các phản ứng hóa học trong ắc-quy tùy thuộc vào điều kiện hoạt động, và do đó, sự xuống cấp của ắc-quy có thể khác nhau trong các môi trường khác nhau. Phát triển toàn diện và hoàn thiện các mối quan tâm chính của BMS đã được thảo luận trong bài báo này. Chúng bao gồm đánh giá trạng thái ắc-quy, cân bằng tế bào ắc-quy, trong đó các phương pháp đánh giá tình trạng ắc-quy được xem là yếu tố quan trọng phát hành. Do đó, các công việc liên quan về SOC, SOH và SOL của ắc-quy đã được xem xét với các so sánh. Một khung BMS đã được đề xuất để giải quyết những khiếm khuyết của các BMS hiện tại trong nghiên cứu. Dựa trên công việc trước đó, những thách thức

cụ thể phải đối mặt với BMS và những thách thức có thể các giải pháp đã được trình bày như một nền tảng vững chắc cho các nghiên cứu trong tương lai cho việc áp dụng một nguồn năng lượng sạch vào khai thác và vận hành tàu biển chạy điện nói riêng và ngành Hàng hải nói chung.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT21-22.47.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Meissner, E.; Richter, G. (2003), *Battery monitoring and electrical energy management precondition for future vehicle electric power systems*, J. Power Sources, 116, 79-98.
- [2]. Kozłowski, J.D. (8-15 March 2003), *Electrochemical Cell Prognostics Using Online Impedance Measurements and Model-Based Data Fusion Techniques*, In Proceedings of IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, vol.7, pp.3257-3270.
- [3]. Zhang, H.; Chow, M.-Y. (25-29 July 2010), *Comprehensive Dynamic Battery Modeling for PHEV Applications*, In Proceedings of IEEE in Power and Energy Society General Meeting, Minneapolis, MN, USA, pp.1-6. Energies 2011, 4.
- [4]. Cheng, K.W.E.; Divakar, B.P.; Wu, H.J.; Ding, K.; Ho, H.F. (2011), *Battery-Management System (BMS) and SOC development for electrical vehicles*, IEEE Trans. Veh. Technol., 60, 76-88.
- [5]. Cao, J.; Schofield, N.; Emadi, A. (5, September, 2008), *Battery Balancing Methods: A Comprehensive Review*, In Proceedings of IEEE Vehicle Power Propulsion Conference (VPPC 2008), Harbin, China, 3, pp.1-6.
- [6]. Pascoe, P.E.; Anbuky, A.H. (2005), *Standby power system VRLA battery reserve life estimation scheme*, IEEE Trans, Energy Convers., 20, 887-895.

Ngày nhận bài: 10/7/2022

Ngày chấp nhận đăng: 29/7/2022

Người phản biện: TS. Đào Quang Khanh

TS. Lê Văn Tâm