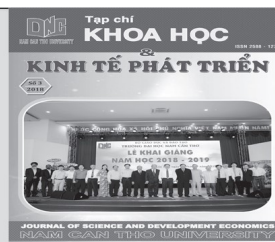




**Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ**

Website: jsde.nctu.edu.vn



Pin li-ion dùng cho ô tô điện – Những điều cần lưu ý

Nguyễn Hoàng Việt¹, Lê Phan Trọng¹, Hồ Quang Lộc¹

¹Trường Đại học Nam Cần Thơ

Ngày nhận bài: 10/1/2024

Ngày phản biện: 10/2/2024

Ngày duyệt đăng: 25/2/2024

Title: Li-ion batteries for electronic vehicles- things to note

Keywords: cells balance, charge, electric vehicles, lithium-ion

Từ khóa: cân bằng, ô tô điện pin lithium-ion, sạc

ABSTRACT

This study introduces an overview of Lithium-ion (Li-ion) batteries that are widely used in mobile devices and electric vehicles. Structural characteristics of Li-ion batteries, issues to note about the battery charging process are temperature control, current, voltage, and balanced charging methods of batteries assembled from many cells. Charging Li-ion batteries requires special attention, as improper charging can shorten the life or damage the battery and lead to unsafe conditions. The research results can help to make recommendations during the charging process of Li-ion batteries on electric cars to ensure the above conditions, avoid damage and prolong battery life.

TÓM TẮT

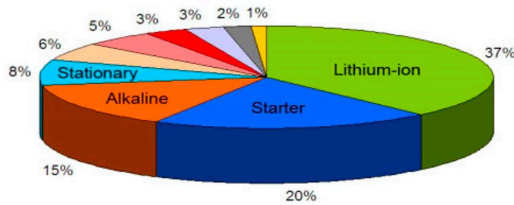
Nghiên cứu giới thiệu tổng quan về pin Lithium ion (Li-ion) được ứng dụng rộng rãi trên các thiết bị di động và xe điện. Đặc điểm cấu tạo của pin Li-ion, các vấn đề cần lưu ý về quá trình sạc pin là kiểm soát nhiệt, dòng điện, điện áp và các phương pháp sạc cân bằng bộ pin được ghép từ nhiều cells. Việc sạc pin Li-ion cần được chú ý đặc biệt, vì sạc sai cách có thể làm giảm tuổi thọ hoặc làm hỏng pin và dẫn đến tình trạng không an toàn. Qua kết quả nghiên cứu có thể giúp đưa ra các khuyến cáo trong quá trình sạc pin Li-ion trên ô tô điện phải đảm bảo các điều kiện nêu trên, tránh hư hỏng và kéo dài tuổi thọ cho pin.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay ô tô điện ngày càng được sử dụng rộng rãi thay thế dần các loại ô tô sử dụng nhiên liệu truyền thống nhằm hạn chế sự phát thải gây ô nhiễm môi trường hướng đến nền công nghiệp năng lượng xanh và bền vững dẫn đến nhu cầu

về nguồn cung cấp và tích trữ điện ngày càng cao. Một nguồn điện tốt sẽ giúp cho ô tô điện hoạt động ổn định, tăng thời gian sử dụng cho một lần sạc, nguồn điện không tốt sẽ làm cho thiết bị hoạt động kém hiệu quả hoặc có thể dẫn đến cháy nổ hỏng thiết bị.

Pin Li-ion là loại pin được lựa chọn làm nguồn lưu trữ cho ô tô điện hiện nay vì có nhiều ưu điểm so với các loại khác đặc biệt là về khả năng lưu trữ điện năng, nhẹ và dòng xả cao có thể lên đến 30 – 35 lần dung lượng pin [1]. Hình 1 cho thấy thị phần của pin Li-ion so với các loại khác.



Hình 1. Doanh thu của pin Li-ion [2]

- 37% Lithium-ion.
- 20% Axit chì, khởi động.
- 15% Kiem.
- 8% Axit chì.
- 6% Kẽm-cacbon.
- 5% Lead acid, deep-cycle
- 3% Niken-metal-hydride.
- 3% Lithium.
- 2% Nickel-cadmium.
- 1% Khác.

Pin sản xuất từ Lithium sẽ là cốt lõi cho cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư và sẽ tiếp tục là công nghệ có thể định hình tương lai của nền kinh tế thế giới. Công ty tư vấn Wood Mackenzie dự báo công suất sản xuất pin Lithium-ion toàn cầu có thể tăng gấp hơn 5 lần, lên mức 5.500 gigawatt giờ (GWh) vào năm 2030 so với năm 2021.

2. PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Lịch sử ra đời của pin Li-ion

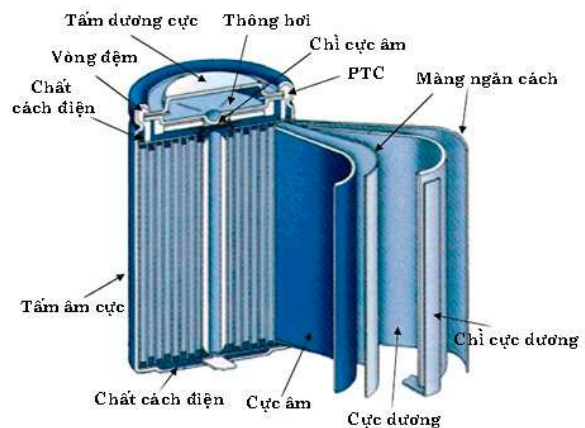
Pin Li-ion bắt đầu được nghiên cứu vào năm 1912 bởi nhà khoa học GN Lewis, đến năm 1970 pin Lithium mới được sản xuất nhưng chỉ sử dụng được một lần không có khả năng sạc lại. Năm 1980 pin Li-ion đầu tiên có thể sạc lại được, lúc này các tấm kim loại Lithium được sử dụng làm cực dương của pin dẫn đến rò rỉ và

chập điện pin bị quá nhiệt nên bị cấm sản xuất. Thời điểm này các nhà khoa học đã nghiên cứu và thay các tấm kim loại Lithium ở cực dương bằng các ion Lithium. Đến năm 1991, Sony Energitech đã thương mại hóa pin Li-ion đầu tiên. Khác với pin kiềm là một loại pin dùng một lần phụ thuộc vào phản ứng giữa kẽm và mangan dioxit (Zn/MnO_2). Pin Li-ion có thể được sạc lại và sử dụng nhiều lần, số lần sạc – xả thông thường đến 500 lần đối với pin Li-ion $LiCoO_2$, 2000 lần đối với pin Li-ion $LiFeO_4$ thậm chí có thể lên đến 7000 lần đối với pin Li-ion Titanate Li_2TiO_3 .

2.2 Cấu tạo pin Li-ion

Pin Li-ion là một loại pin sạc. Trong quá trình sạc, các ion Li^+ chuyển động từ cực dương sang cực âm, và ngược lại trong quá trình xả. So với các loại pin khác thì pin Li-ion cho thấy những ưu điểm vượt trội như nhẹ, mật độ năng lượng cao, điện thế cao. Pin Li-ion có cấu tạo gồm 4 phần chính: điện cực âm, điện cực dương, màng ngăn cách điện và chất điện phân. Cấu tạo được thể hiện ở Hình 2.

Cathode (điện cực âm): Có chức năng lưu giữ các ion Li^+ và được làm từ hợp chất hóa học là oxit kim loại. Anode (điện cực dương): Thường được làm từ carbon. Khi có dòng điện chạy qua, nguyên tử Lithium dễ dàng tách khỏi cấu trúc tạo thành ion dương Li^+ .



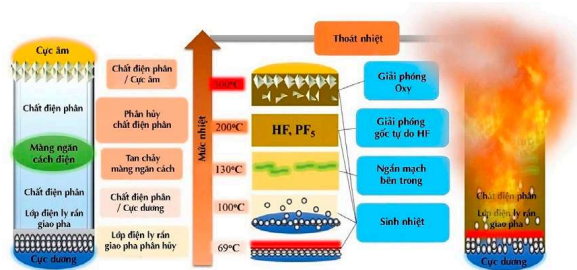
Hình 2. Cấu tạo pin Li-ion hình trụ [3]

Separator (màng ngăn cách điện): Là màng mỏng được làm bằng nhựa PE hoặc PP nằm giữa cực dương và cực âm, có nhiều lỗ nhỏ có chức năng chặn dòng electron âm và dương nhưng cho phép các ion đi qua.

Electrolyte (chất điện phân): nằm giữa hai điện cực nó mang các ion Lithium tích điện dương từ cực dương đến cực âm và ngược lại tùy thuộc vào việc pin đang sạc hay xả. Tùy thuộc vào vật liệu chế tạo mà điện áp, công suất, số chu kỳ sạc – xả và an toàn của pin Li-ion có thể thay đổi đáng kể. Gần đây, cấu trúc mới sử dụng công nghệ nano đã được sử dụng để cải thiện hiệu suất của pin.

2.3 Cơ chế và đặc tính cháy của pin Li-ion

Trong quá trình sử dụng Pin Li-ion có các phản ứng tỏa nhiệt nếu không được làm mát tốt nhiệt tích lũy làm tăng nhiệt độ do đó, tạo ra tốc độ phản ứng tăng theo cấp số nhân. Khi đạt đến nhiệt độ tới hạn, là nhiệt độ phá hủy thiết bị phân tách, pin sẽ bị phá vỡ. Nhiệt độ tăng làm áp suất bên trong pin đạt đến một ngưỡng nhất định, vỏ của pin sẽ phồng lên và vỡ ra để giảm áp suất. Các khí CO, H₂ và các chất khí dễ cháy sinh ra trong quá trình điện phân cùng với Oxy trong môi trường xung quanh tạo ra hỗn hợp cháy, tia lửa điện hoặc bề mặt nóng có thể đốt cháy hỗn hợp, do đó tạo ra ngọn lửa [4].



Hình 3. Quá trình thoát nhiệt của pin Li-ion
[5],[6]

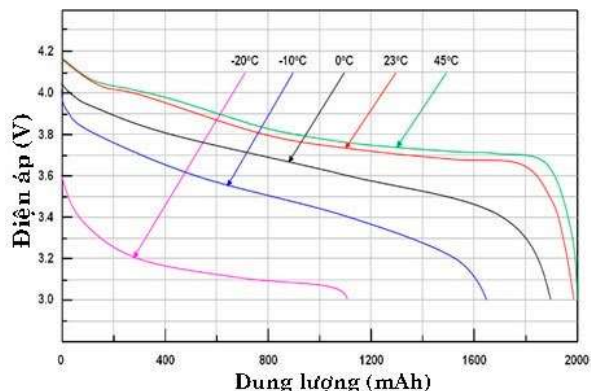
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Quá trình sạc pin Li-ion

Sạc và xả pin là sự dịch chuyển các ion Li⁺ giữa cực dương và cực âm. Các nhà khoa học về pin nói về năng lượng chảy vào và ra khỏi pin như một phần của chuyển động ion giữa cực dương và cực âm. Ba yếu tố rất quan trọng của pin Li-ion là điện thế, dòng điện và nhiệt độ. Nếu vượt quá giới hạn định pin sẽ rất nhanh hỏng hoặc nguy hiểm hơn là cháy nổ, các yếu tố này bị ảnh hưởng bởi quá trình sạc - xả của pin và nhiệt độ môi trường trong quá trình vận hành.

3.2 Nhiệt độ

Hiệu suất của pin có thể thay đổi đáng kể theo nhiệt độ. Ở nhiệt độ thấp, tốc độ phản ứng giảm (sự co lại của vật liệu điện cực) chậm lại, và gây khó khăn hơn cho việc đưa các ion Lithium qua màng ngăn cách. Khi hoạt động quá áp các điện cực không thể tiếp nhận dòng điện, kết quả là công suất giảm và lớp mạ Li-ion của cực dương bị mất công suất không thể phục hồi. Biểu đồ bên dưới cho thấy hiệu suất của pin Li-ion suy giảm như thế nào khi nhiệt độ hoạt động giảm. Hoạt động ở nhiệt độ cao gây ra một loạt các vấn đề khác nhau có thể dẫn đến sự phá hủy pin. Trong trường hợp này, hiệu ứng Arrhenius giúp lấy điện ra khỏi cell cao hơn bằng cách tăng tốc độ phản ứng, nhưng dòng điện cao hơn làm phát sinh nhiệt. Nhiệt độ cao và công suất cao do đó nhiệt độ thậm chí cao hơn. Cả 2 trường hợp (nhiệt độ quá thấp cũng như nhiệt độ quá cao) đều làm tăng nội trở pin, do đó, nếu vẫn cố gắng sạc thì sẽ làm giảm tuổi thọ pin.



Hình 4. Hiệu suất của pin Li-ion khi nhiệt độ thay đổi [7]

Qua sơ đồ ta nhận thấy khi nhiệt độ cao dung lượng pin Li-ion tăng lên, điện áp sạc cũng vậy. Khi nhiệt độ giảm, đặc biệt là ở nhiệt độ rất thấp, năng lượng điện không thể được phóng ra và cũng không được sạc vào, vì vậy người ta thấy rằng điện áp sạc giảm đáng kể và dung lượng pin giảm mạnh. Đối với pin Li-ion nói chung, người ta đã chứng minh được rằng dải nhiệt độ từ 5-45°C là dải nhiệt độ hoạt động tối ưu.

3.3 Dòng sạc

Quá trình sạc pin thông thường gồm 2 giai đoạn: sạc ổn dòng và sạc ổn áp. Sau giai đoạn sạc ổn dòng thì dung lượng pin đạt 70-80%, kết thúc giai đoạn ổn áp thì dung lượng pin đạt 99-100%. Pin Li-ion có thể cho dòng xả lên đến 35 lần dung lượng (C). Tùy theo từng loại pin Li-ion dòng điện sạc có thể khác nhau. Tốc độ sạc và xả pin được đánh giá bởi tốc độ C [8]. Tuy nhiên các nhà sản xuất khuyến cáo nên sạc ở 0.5C đến 1C hoặc thấp hơn để kéo dài tuổi thọ của pin [9], đặc biệt là giai đoạn sạc ổn dòng. Dung lượng của pin thường được đánh giá ở mức 1C, có nghĩa là pin được sạc đầy ở mức 1Ah sẽ cung cấp 1A trong một giờ. Ví dụ: pin có dung lượng 2000mAh (2000mA = 2A) nếu sạc với dòng 1C (2A) thì pin sẽ đầy sau 1 giờ, nếu sạc với dòng 0.5C (1A) thì pin sẽ đầy sau

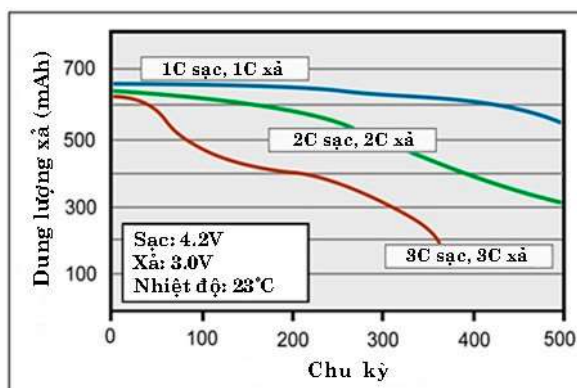
2 giờ, nếu sạc với dòng 2C (4A) thì sẽ đầy trong 0.5 giờ.

Bảng 1. Thời gian sạc theo tỷ lệ C

Tỷ lệ C	Thời gian
5C	12 phút
2C	30 phút
1C	1 giờ
0.5C	2 giờ
0.2C	5 giờ
0.1C	10 giờ
0.05C	20 giờ

Các loại bộ sạc nhanh có thể cho dòng sạc lên đến 5C tuy nhiên việc sạc nhanh với dòng lớn sẽ phụ thuộc vào các yếu tố sau [10].

- Pin phải được thiết kế để có thể sạc cực nhanh và phải ở trong tình trạng tốt. Li-ion có thể được thiết kế để sạc nhanh trong 10 phút hoặc lâu hơn.
- Sạc nhanh chỉ áp dụng trong giai đoạn sạc đầu tiên. Dòng sạc sẽ được giảm xuống sau khi pin đạt 70% trạng thái sạc SoC (State of Charge).
- Tất cả các ô trong gói phải cân bằng và có điện trở cực thấp.
- Sạc nhanh chỉ có thể được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ vừa phải, vì nhiệt độ thấp sẽ làm chậm phản ứng hóa học.



Hình 5. Hiệu suất Li-ion với quá trình sạc và xả dòng 1C, 2C và 3C [10]

Qua đồ thị ta thấy khi sạc với dòng sạc lớn hơn 1C thì tuổi thọ pin giảm rất nhiều.

3.4 Điện áp

Pin Li-ion hoạt động an toàn trong điện áp hoạt động được thiết kế; tuy nhiên, pin sẽ trở nên không ổn định nếu vô tình được sạc vào điện áp cao hơn mức quy định (pin bị Overcharging). Sạc kéo dài trên 4.30V trên Li-ion được thiết kế cho 4.20V/cell sẽ tạo ra kim loại Lithium trên cực dương. Vật liệu Cathode trở thành chất oxy hóa, mất tính ổn định và tạo ra carbon dioxide (CO₂). Áp suất cell tăng lên nếu tiếp tục sạc có thể hỏng pin. Nếu bộ sạc không có chức năng theo dõi và bảo vệ áp suất lớn, do khí CO₂ không ngừng sinh ra, áp suất pin sẽ tiếp tục tăng, đồng thời nhiệt độ pin cũng tăng nhanh và pin sẽ bắt đầu bốc cháy thậm chí gây nổ.

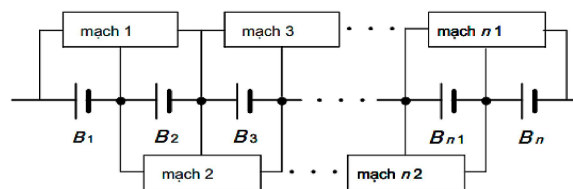
3.5 Cân bằng cells

Để tăng điện áp và khả năng lưu trữ pin sẽ được ghép nhiều cell lại với nhau. Nhưng các cell có tính chất không đồng đều do sai số trong quá trình sản xuất, nhiệt độ ảnh hưởng lên các cell trong quá trình sử dụng khác nhau dẫn đến các cell trong bộ pin mất cân bằng. Trong quá trình sạc cell có điện áp cao hơn sẽ đầy trước cell có điện áp thấp thì chưa đầy. Nếu tiếp tục sạc cell đầy sẽ bị overcharging (sạc quá mức) khiến nhiệt độ và áp suất tăng cao làm giảm tuổi thọ hoặc cháy nổ. Ngược lại trong quá trình xả, cell có điện áp thấp sẽ chóng cạn hơn, nếu vẫn tiếp tục xả thì cell đó sẽ bị over-discharge (xả quá mức) cũng sẽ làm giảm tuổi thọ hoặc hỏng cell.

Việc sạc cân bằng cell được thực hiện bằng hai phương pháp cân bằng thụ động và cân bằng chủ động. Cân bằng chủ động sẽ chuyển bớt năng lượng từ các cell có dung lượng cao hơn vào các cell có dung lượng thấp hơn. Phương pháp này có ưu điểm giúp hệ thống cân bằng về

áp và không có tổn hao do năng lượng được luân chuyển lẫn nhau giữa các cell. Tuy nhiên, thiết kế cho mỗi cell một nguồn sạc độc lập là không thực tế. Phương pháp cân bằng thụ động đơn giản hơn phương pháp cân bằng chủ động nhưng gây ra tổn hao trên điện trở. Bộ sạc cần ngắt sạc ngay khi một cell nào đó đã đầy. Sau đó, cell đã đầy sẽ được xả qua điện trở cho đến khi bằng cell thấp hơn. Sau đó, bộ sạc được tiếp tục đóng điện trở lại và chu trình lại được lặp lại cho đến khi tất cả các cell đã đầy. Có 3 loại cấu trúc cân bằng chủ động [12]:

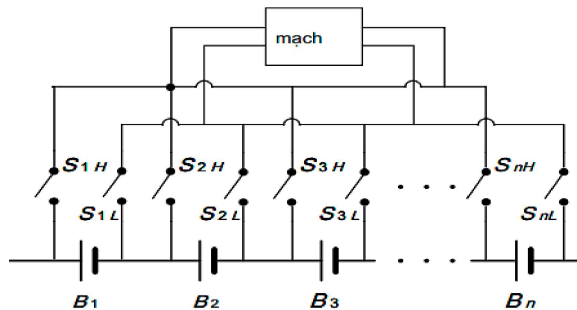
- Adjacent Cell-to-Cell (A-C2C).



Hình 6. Cấu trúc A-C2C

A-C2C có ưu điểm sau: 1) Mỗi mạch cân bằng có cấu trúc đơn giản và chi phí thấp; 2) Các thành phần trong mạch có chênh lệch điện áp thấp; 3) Dễ dàng cho việc thiết kế và thực hiện mô-đun. Nhược điểm là quá trình cân bằng lâu khi số lượng cell lớn do phải đi qua tất cả các mạch cân bằng.

- Direct Cell-to-Cell (D-C2C).

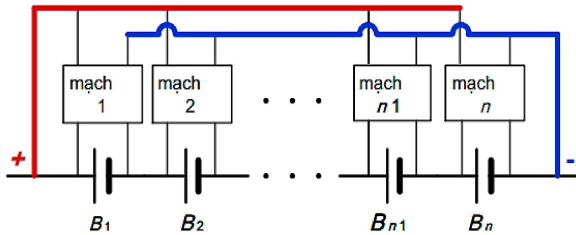


Hình 7. Cấu trúc D-C2C

Ưu điểm của kiến trúc này là các năng lượng có thể được chuyển qua lại bất kỳ hai cell trực

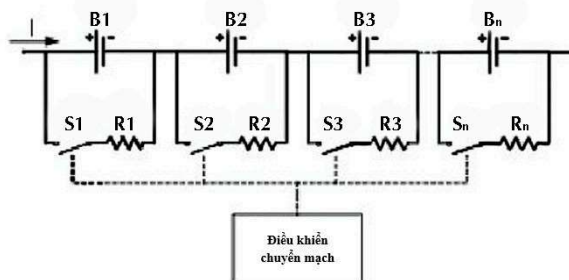
tiếp bất kể vị trí của cell trong chuỗi. Nhược điểm của D-C2C là chỉ có hai cell được chọn có thể được cân bằng đồng thời vì chỉ có một mạch cân bằng.

- Cell-to-Pack (C2P).



Hình 8. Cấu trúc C2P

Ưu điểm của C2P là mỗi cell có thể cân bằng một cách độc lập với sự linh hoạt cao. Nhược điểm là khó kiểm soát chính xác được, vì vậy quá trình cân bằng có thể hiệu quả không cao. Cân bằng thụ động bằng cách khi có 1 cell trong bộ pin đầy thì hệ thống sẽ ngưng sạc. Cell đầy này sẽ được xả qua điện trở cho đến khi dung lượng bằng cell thấp. Sau đó, bộ sạc được tiếp tục đóng điện trở lại và chu trình lại được lặp lại cho đến khi tất cả các cell đã đầy.



Hình 9. Hệ thống cân bằng áp thụ động

Như vậy, trong quá trình sạc, ngoài việc tuân thủ đúng các quy trình sạc, bộ sạc cần phối hợp chặt chẽ với hệ thống BMS để thực hiện các kỹ thuật cell balancing nhằm điền đầy các cell,

chống sự mất cân bằng giữa các cell, qua đó kéo dài tuổi thọ của cả bộ pin.

3.6 Các khuyến cáo khi sạc pin cho ô tô điện

- Sử dụng đúng nguồn sạc theo khuyến cáo của nhà sản xuất.
- Sạc xe điện khi pin gần hết tránh trường hợp xả quá mức dẫn đến hỏng pin.
- Nên ngắt khóa điện khi sạc để giữ cho dòng sạc được ổn định.
- Tránh các khu vực nóng, ẩm thấp; sạc điện ở nơi khô ráo thoáng mát.
- Nên để xe sau 20 phút mới tiến hành sạc, không sạc ngay sau khi vừa chạy xe.
- Nếu lâu không dùng xe điện thì sạc pin ở mức 70-80% rồi tháo khỏi xe nếu có thể. Không để pin ở khu vực nóng ẩm; bảo quản bình điện ở nơi khô ráo, thoáng mát [13].
- Không sạc điện cho phương tiện khi phát hiện thiết bị sạc hoặc phương tiện bị lỗi; cần thay thế pin mới khi thấy có dấu hiệu phồng, nứt.
- Không để xe, pin, bộ sạc gần các vật dụng dễ cháy, gần nguồn sinh nhiệt.

4. KẾT LUẬN

Pin Li-ion ngày càng được sử dụng rộng rãi và có nhiều ưu điểm hơn so với các loại pin khác về khả năng lưu trữ, dòng xả cao thích hợp cho các thiết bị di động và xe điện. Tuy nhiên, pin Li-ion cũng dễ bị hỏng nếu sử dụng không đúng cách đặc biệt là trong quá trình sạc và xả. Các giới hạn về điện áp, dòng điện sạc khuyến cáo 0.5-1C, nhiệt độ pin nên giữ trong khoảng 5-45⁰C. Bộ sạc cho bộ nguồn được ghép bởi nhiều cells cần phải có một chế độ sạc cân bằng đặc biệt là những bộ nguồn có điện áp cao như ô tô điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Li, Z. (2013). *A review of Lithium deposition in Lithium-ion and Lithium metal secondary batteries*. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2013.12.099.
- [2] *Global Battery Markets*. <https://batteryuniversity.com/article/bu-103-global-battery-markets>
- [3] Nishi, Y. *The Development of Lithium Ion Secondary Batteries*. DOI:10.1002/tcr.1024
- [4] Zhang, X. *A Critical Review of Thermal Runaway Prediction and Early-Warning Methods for Lithium-Ion Batteries*. DOI: 10.34133/energymatadv.0008.
- [5] Mohammadmahdi Ghiji, M. A. *Review of Lithium-Ion Battery Fire Suppression*. DOI: 10.3390/en13195117.
- [6] Wang, Q. (2018). *Progress of enhancing the safety of lithium-ion battery from the electrolyte aspect*. DOI: 10.1016/j.nanoen.2018.10.035.
- [7] Richtek. *Understanding the characteristics of Li-ion batteries and Richtek power management solutions*.
- [8] *What Is C-rate?* <https://batteryuniversity.com/article/bu-402-what-is-c-rate>
- [9] *Charging Lithiumion*. <https://batteryuniversity.com/article/bu-409-charging-lithium-ion>
- [10] *Fast and Ultra-fast Chargers*. <https://batteryuniversity.com/article/bu-401a-fast-and-ultra-fast-chargers>
- [11] Badrinath, A.S., Sumukha, V. U. (2017). *Protection circuitry and passive balancing for battery management systems part I*. In: International conference on computation of power; 2017. p. 510e5. DOI: 10.1109/ICCPEIC.2017.8290419.
- [12] Zhang, Z., Gui, H., Dong-Jie Gu, Yang, Y., & Ren, X. (2016). *A Hierarchical Active Balancing Architecture for Lithium-ion Batteries*. DOI: 10.1109/TPEL.2016.2575844.
- [13] Emmanouil D. K. (2019). *Real-world study for the optimal charging of electric vehicles*. DOI: 10.1016/j.egy.2019.12.008.