

**BỘ CÔNG AN
CỤC CẢNH SÁT PCCC VÀ CNCH**

TÀI LIỆU HƯỚNG DẪN

**PHÒNG CHÁY CHỮA CHÁY PIN LITHIUM - ION SỬ DỤNG TRÊN
CÁC PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG**

HÀ NỘI, 2024

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
I. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ PIN LI-ION VÀ PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION	4
1.1. Khái quát về Pin Li-ion	4
1.2. Khái quát về phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion.	11
II. ĐẶC ĐIỂM, NGUYÊN NHÂN CHÁY, NỔ CỦA PIN LI-ION VÀ CÁC PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION	15
2.1. Tình hình cháy, nổ phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion.	15
2.2. Đặc điểm, nguyên nhân cháy, nổ pin Li-ion	18
2.3. Đặc điểm, tính chất nguy hiểm của đám cháy phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion.....	23
III. CÁC QUY ĐỊNH KỸ THUẬT VÀ TRÁCH NHIỆM QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG PIN LI-ION VÀ PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION	27
3.1. Công tác quản lý chất lượng và an toàn PCCC đối với phương tiện giao thông sử dụng Pin Li-ion tại Việt Nam.	27
3.2. Quy định về an toàn PCCC đối với phương tiện và hạ tầng kỹ thuật cho phương tiện giao thông sử dụng Pin Li-ion của một số nước trên thế giới	31
IV. CÁC BIỆN PHÁP PHÒNG CHÁY, CHỮA CHÁY CÁC PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION	35
4.1. Các biện pháp phòng cháy	35
4.2. Các phương pháp chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ.....	39
4.3. Một số lưu ý trong chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ đám cháy phương tiện giao thông điện	49
V. MỘT SỐ GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG TÁC ĐẢM BẢO AN TOÀN PCCC PHƯƠNG TIỆN VÀ HẠ TẦNG KỸ THUẬT CHO PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION	51
Phụ lục 1	53
Phụ lục 2	72
Phụ lục 3	73
TÀI LIỆU THAM KHẢO	76

LỜI NÓI ĐẦU

Trước xu thế chung của thế giới về phát triển bền vững, chủ động thích ứng với biến đổi khí hậu, trong những năm qua, Đảng và Nhà nước đã đề ra nhiều chủ trương và biện pháp nhằm giảm phát khí thải khí nhà kính và chuyển đổi năng lượng xanh tại Việt Nam. Theo đó, ngày 13/4/2022, Chính phủ đã ban hành Quyết định số 450/QĐ-TTg Phê duyệt Chiến lược bảo vệ môi trường quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 và ngày 22/7/2022 ban hành Quyết định số 876/QĐ-TTg Phê duyệt Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí các-bon và khí mê-tan của ngành giao thông vận tải. Phương hướng, nhiệm vụ trọng tâm là tăng cường kiểm soát khí thải đối với xe cơ giới và thúc đẩy sử dụng các phương tiện giao thông thân thiện với môi trường, mục tiêu đến năm 2050 phát triển hợp lý các phương thức vận tải, thực hiện mạnh mẽ việc chuyển đổi toàn bộ phương tiện, trang thiết bị, hạ tầng giao thông vận tải sang sử dụng điện, năng lượng xanh, hướng đến phát thải ròng khí nhà kính về “0”. Do đó, trong thời gian tới, Việt Nam sẽ chứng kiến sự tăng trưởng bùng nổ về cả số lượng và chủng loại các phương tiện giao thông điện.

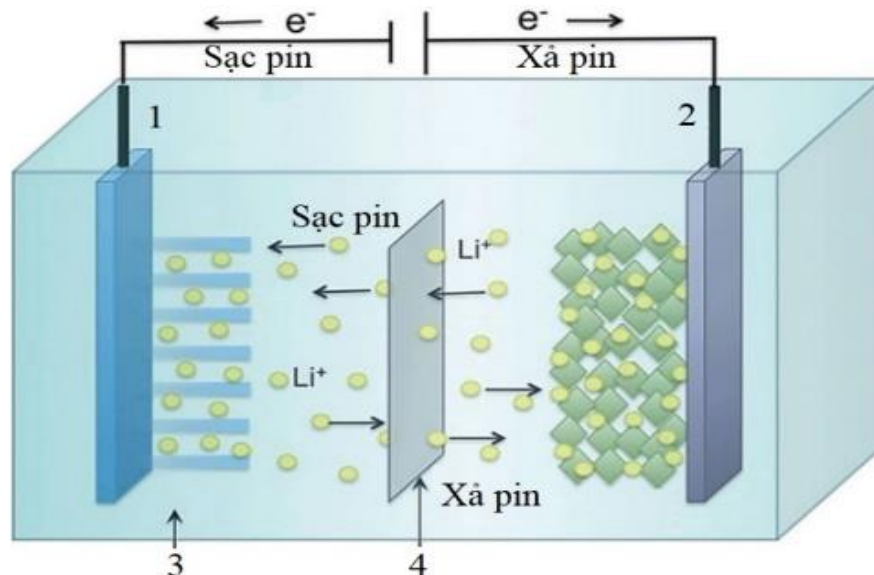
Hiện nay, Pin Lithium - ion (Pin Li-ion) là công nghệ đã được kiểm chứng đặc tính ưu việt với mật độ năng lượng, công suất và tuổi thọ cao trong khi thời gian sạc và chi phí bảo trì thấp, được Yoshino đề xuất vào năm 1985, bắt đầu được thương mại hóa vào năm 1991, pin Li-ion đã thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu và các ngành công nghiệp, đặc biệt là trong các ngành công nghiệp ô tô. Điều này được thể hiện ở tốc độ tăng trưởng nhanh chóng của các dòng xe điện (EV), xe lai xăng - điện (HEV) và các dạng lưu trữ năng lượng khác trên thế giới. Mặc dù được sử dụng rộng rãi nhưng nguy cơ cháy nổ liên quan đến tính ổn định nhiệt của pin Li-ion vẫn là điều đáng lo ngại, cần kịp thời nghiên cứu, đề ra giải pháp phòng ngừa thiệt hại phù hợp với thực tiễn tại nước ta. Bài viết trình bày về nguyên lý, cấu tạo, đặc tính nguy hiểm cháy nổ của pin Li-ion, phương tiện giao thông điện sử dụng pin Li-ion và các công trình hạ tầng liên quan đến xe điện; hướng nghiên cứu, tiếp cận của các nước trên thế giới về an toàn PCCC liên quan đến nhóm đối tượng này. Trên cơ sở đó đề xuất một số giải pháp phòng cháy, chữa cháy đối với các đám cháy liên quan đến sử dụng pin Li-ion.

I. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ PIN LI-ION VÀ PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION

1.1. Khái quát về Pin Li-ion

1.1.1. Đặc điểm cấu tạo

Khối chức năng cơ bản (hay còn gọi là tế bào pin - cell) của pin Li - ion bao gồm các điện cực ca tốt (cathode), a nốt (anode); màng ngăn (separator) và chất điện phân (electrolyte). Vật liệu chế tạo a nốt và ca tốt gồm các lõi thu dòng điện bằng đồng hoặc nhôm và lớp phủ. Chất điện phân cho phép các ion lithium chuyển động giữa các điện cực, trong khi màng ngăn đặt giữa ca tốt và a nốt ngăn cản sự ngắn mạch giữa hai điện cực nhưng cho phép các ion chuyển động qua. Cấu tạo của một khối chức năng cơ bản pin Li - ion thể hiện tại hình 1



Hình 1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của một khối chức năng cơ bản Pin Li-ion thể hiện sự xen kẽ của các ion lithium (các khối cầu tròn) vào ma trận cực dương và cực âm khi sạc và xả. (1. A nốt, 2. Ca tốt, 3. Chất điện phân, 4. Màng ngăn)

- Ca tốt (Cathode)

Gồm bộ phận thu dòng điện bằng nhôm và lớp phủ là các oxit kim loại liti như Lithium Cobalt Oxide (LCO), Niken Cobalt Aluminium Oxide (NCA), Lithium Cobalt Phosphate (LCP), Lithium Niken Cobalt Mangan Oxit (NCM), Lithium Mangan Oxide (LMO), Lithium Iron Phosphate (LFP), Lithium Sắt Fluorosulfate (LFSF) và Lithium Titanium Sulphide (LTS). Các oxit trên được sử dụng chế tạo catốt nhờ khả năng xen kẽ lithium cao và khả năng thuận nghịch ion lithium trong các chu trình sạc, xả.

- **A nôt** (Anode)

Gồm bộ phận thu dòng điện bằng đồng và lớp phủ thường bằng than chì do than chì có thế điện cực âm cao. Các vật liệu khác như lithium titanate và silicone cũng có thể dùng để chế tạo a nôt do khả năng cho phép các ion lithium chuyển dịch dễ dàng hơn so với a nôt than chì, làm giảm điện trở trong và phát nóng của pin, tuy nhiên thế điện cực âm của a nôt bằng các vật liệu này thấp hơn so với than chì nên làm giảm mật độ năng lượng, dung lượng của pin, do đó thường chỉ được sử dụng ở các thiết bị sạc nhanh, không có yêu cầu cao về mật độ năng lượng và dung lượng.

- **Màng ngăn (separator)**

Ngăn cách giữa các điện cực của pin Li-ion là một màng xốp gọi là màng ngăn (Separator). Màng ngăn là thành phần quan trọng của pin Li-ion, giúp ngăn ngừa hiện tượng ngắn mạch giữa các điện cực nhưng vẫn cho phép các ion lithium di chuyển qua. Vật liệu chế tạo màng ngăn của Pin Li - ion có chất điện phân hữu cơ phổ biến nhất hiện nay là các màng polyolefin vi mô như polyetylen (PE), polypropylen (PP) hoặc các tấm polyetylen, polypropylen do độ ổn định hóa học và cơ học cao trong khi giá thành rẻ. Mặt khác, polyolefin có điểm nóng chảy thấp (135 °C đối với PE và 165 °C đối với PP) nên có vai trò như một cầu chì nhiệt, có thể dừng hoạt động của pin do mất độ xốp và ngăn các ion chuyển động qua nếu xảy ra tình trạng nhiệt độ quá cao. Một số vật liệu chế tạo màng ngăn khác như hỗn hợp gốm (thường là alumina và silica), hỗn hợp gốm nhiều lớp (với tính năng dừng hoạt động thông qua các lớp thay đổi pha khác nhau) có độ bền cơ học và độ ổn định nhiệt cao và các màng không dệt bằng sợi polyester, ma trận hỗn hợp xốp silica/polyvinylidene fluoride, sợi nano polyimide phủ lớp xốp và hỗn hợp sợi nano polyformaldehyde/ cellulose cũng được sử dụng để chế tạo màng ngăn.

- **Chất điện phân (Electrolyte)**

Chất điện phân là môi trường dẫn truyền ion lithium giữa 2 điện cực trong quá trình sạc và xả của pin, được lấp đầy khoảng trống giữa màng ngăn và các điện cực. Công thức chất điện phân trong pin Li-ion phụ thuộc vào vật liệu điện cực và điều kiện hoạt động, thường được làm từ dung môi hữu cơ gốc cacbonat (như ethylene cacbonat (EC), dimethyl cacbonat (DMC), diethyl cacbonat (DEC) và etyl metyl cacbonat (EMC) và/hoặc propylen cacbonat (PC)) và các chất phụ gia là các muối của lithium (như lithium hexafluorophosphate (LiFP6), lithium hexafluoroarsenate monohydrat (LiAsF6)), lithium perchlorate (LiClO4) và

lithium tetrafluoroborate (LiBF₄)). Các chất điện phân mới được phát triển nhằm mục đích giảm thiểu nguy cơ cháy nổ thường sử dụng muối lithium có tính chất ổn định nhiệt hơn như các chất phụ gia, chất lỏng ion, dung môi không cháy, dung dịch nước tổng hợp chất điện phân, chất điện phân polyme và/hoặc chất điện phân ở trạng thái rắn.

Hiệu suất, giá thành và độ an toàn của pin Li-ion phụ thuộc vào quá trình điện hóa của chúng. Ví dụ, pin Li-ion có điện cực dương LCO và điện cực âm than chì cung cấp mật độ năng lượng và điện áp cao nhưng có tính chất ổn định nhiệt kém hơn dễ dẫn đến phá vỡ cấu trúc của pin gây ra hiện tượng giải phóng khí cháy, đánh lửa chất điện phân làm tăng nguy cơ cháy nổ.

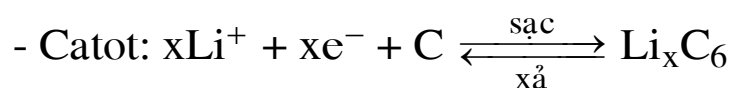
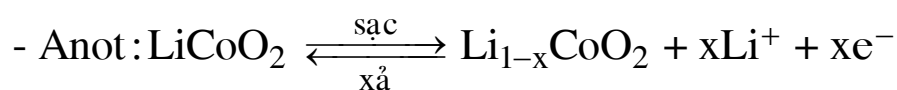
1.1.2. Nguyên lý hoạt động

Trong cơ chế hoạt động Pin Li-ion, các điện cực đóng vai trò là nguyên liệu trong phản ứng điện hóa. Dung dịch điện phân là môi trường dẫn truyền ion lithium di chuyển qua lại giữa 2 điện cực, tạo ra dòng điện chạy ở mạch ngoài cung cấp đến các thiết bị sử dụng.

Khi sạc, dưới tác dụng của lực điện trường, các ion lithium được giải phóng khỏi cấu trúc tinh thể của lithium ô xít khuếch tán vào dung dịch điện phân và di chuyển từ ca tốt tới a nốt. Tại a nốt, các ion lithium tự do có sẵn trong dung dịch điện phân được gắn vào a nốt kết hợp với các electron di chuyển tới từ mạch ngoài đến a nốt tạo thành các nguyên tử lithium nằm xen kẽ trong cấu trúc tinh thể của than chì (graphit)

Trong quá trình xả, các electron di chuyển từ a nốt tới ca tốt qua mạch ngoài (tạo ra dòng điện cung cấp cho các thiết bị sử dụng), đồng thời các ion lithium khuếch tán vào dung dịch chất điện phân, di chuyển từ a nốt tới ca tốt. Tại ca tốt, các electron di chuyển từ a nốt tới tới kết hợp với các ion lithium và oxit tạo thành dạng lithium ô xít ban đầu.

Ví dụ về phản ứng ở ca tốt và a nốt của pin Li - ion với lớp phủ a nốt là oxit kim loại Lithium Cobalt Oxide (LiCoO₂) như sau:



Trong những chu kỳ sạc và xả đầu tiên của pin Li-ion, chất điện phân hữu cơ bị phân hủy một phần kết hợp với các ion lithium xen kẽ tạo thành lớp thụ động trên bề mặt của các điện cực gọi là kỳ trung gian chất điện phân rắn (Solid Electrolyte Interphase (SEI) ở anốt và Cathode-Electrolyte Interphase (CEI) ở cathốt). Thành phần các lớp thụ động này phụ thuộc vào dung môi chất điện phân, loại vật liệu chế tạo điện cực, thông thường bao gồm Li_2O , Li_2CO_3 , LiF , các loại lithium alkyl cacbonat và các polyme khác nhau. Lớp thụ động về cơ bản tạo điều kiện thuận lợi cho việc tiếp tục phản ứng điện hóa bằng cách cho phép ion lithium di chuyển qua nhưng ngăn chặn sự chuyển động của các điện tử.

1.1.3. Ưu điểm, nhược điểm

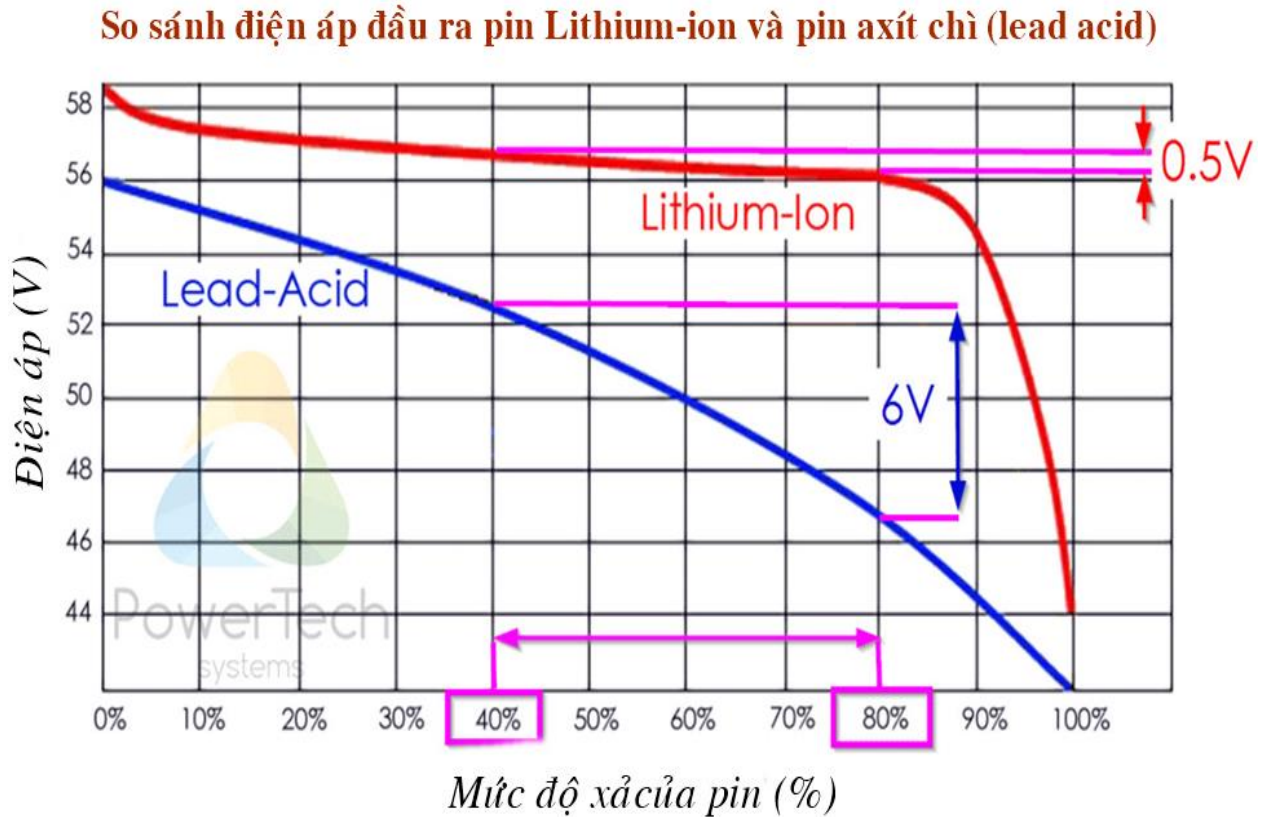
- Ưu điểm

So với các loại pin khác hiện nay (pin nikel, axit chì, Niken – Cadimi, Kẽm brom..) pin Li-ion tuy có giá thành cao hơn nhưng bù lại có mật độ năng lượng, tuổi thọ (chu kỳ hoạt động) cao hơn 3 lần, ngoài ra pin Li-ion có khối lượng, thể tích nhỏ hơn và cho phép nạp với tốc độ nhanh hơn so với các loại pin khác. So sánh đặc tính kỹ thuật của pin Li – ion với các loại pin khác hiện nay được thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. So sánh đặc tính kỹ thuật chính của một số loại pin [5]

Loại pin	Li-ion	Axit chì	Niken - Cadimi	Kẽm brom	Vanadi oxi hóa khử
Tuổi thọ, năm	8-15	3-15	15-20	5-10	10-20
Chu kỳ hoạt động	500-6000	2000	2500	300-1500	13-103
Mật độ điện, W/kg (kW/m^3)	230-340 (1300-10000)	75-300 (90-700)	150-300 (75-700)	50-150 (1-25)	- (0.5-2)
Mật độ năng lượng, Wh/kg (kWh/m^3)	100-250 (250-620)	30-50 (75)	45-80 (<200)	60-80 (20-35)	75 (20-35)
Thời gian xả	min-h	min-h	s-h	s-10h	s-10h
Thời gian sạc	min-h	8-16 h	1 h	4h	min
Thời gian đáp ứng	20 ms-s	5 ms	ms	<1 ms	<1 ms
Nhiệt độ môi trường hoạt động, $^{\circ}\text{C}$	-10 ÷ 50	-10 ÷ 40	-40 ÷ 45	10 ÷ 45	0 ÷ 40
Tổn thất năng lượng (tự phóng điện), %	0.1-0.3	0.1-0.3	0.2-0.6	0-1	0-10
Điện áp tới hạn, V	3	2	1	0.17-0.3	0.7-0.8

Một ưu điểm khác của pin Li-ion là có đặc tính điện áp ra (điện áp cung cấp cho các thiết bị sử dụng) tương đối bằng phẳng, điều này có nghĩa trong quá trình sử dụng điện áp pin Li-ion cung cấp gần như ít thay đổi khi so với các loại pin khác. Ví dụ về so sánh đặc tính điện áp đầu ra giữa pin Li-ion và pin chì – axit được thể hiện tại hình 2



Hình 2. Đặc tính điện áp pin Li-ion và pin chì – axit [6]

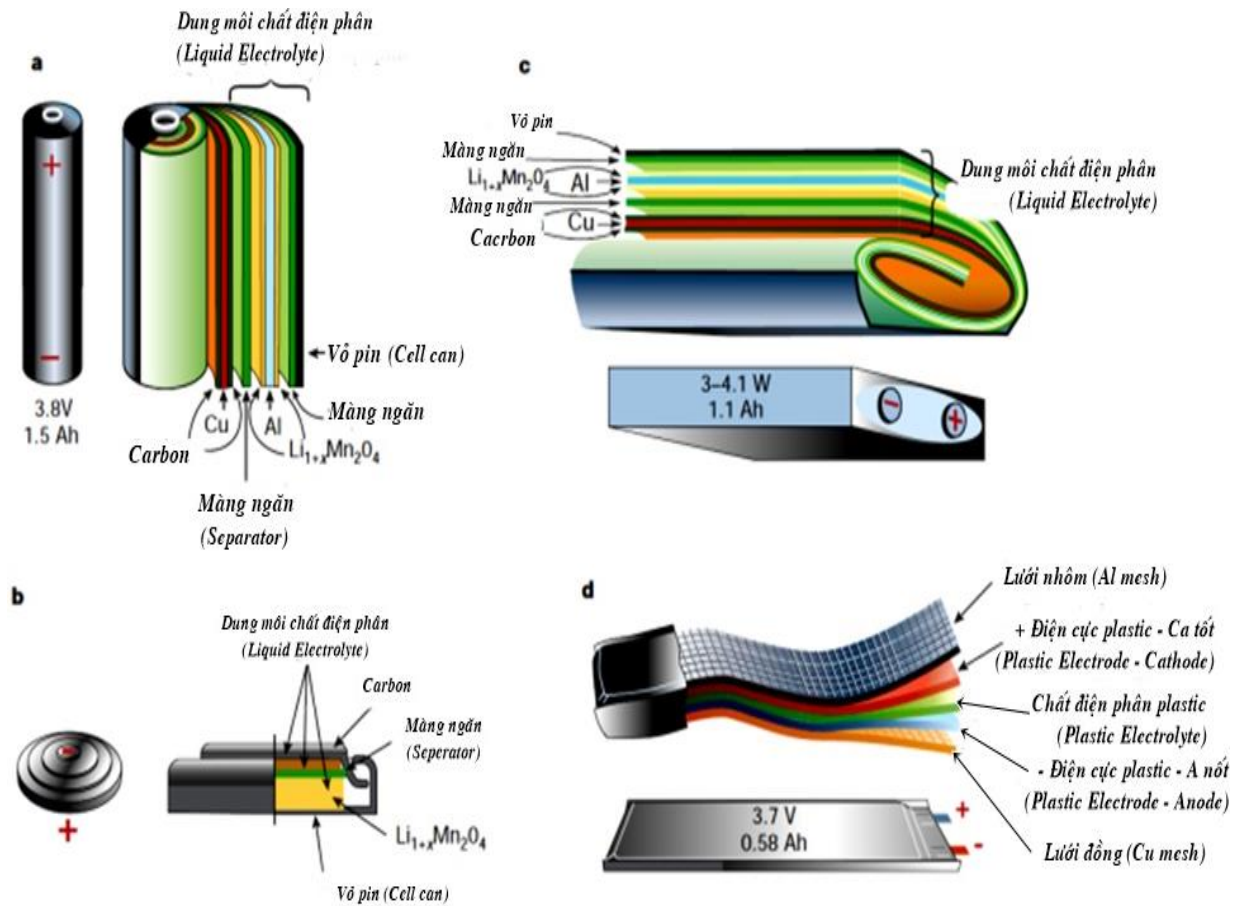
- Nhược điểm

Ngoài nhược điểm về giá thành cao hơn so các loại pin khác (như axit chì, niken-cadmium, kẽm bromua ..), pin Li-ion có đặc tính cháy phức tạp, khó dập tắt, đặc biệt là khả năng tự cháy lại kể cả khi đã được dập tắt trước đó. Tính chất cháy này của pin Li-ion là do thành phần cấu tạo, đặc điểm hóa học của nó.

1.1.4. Phân loại

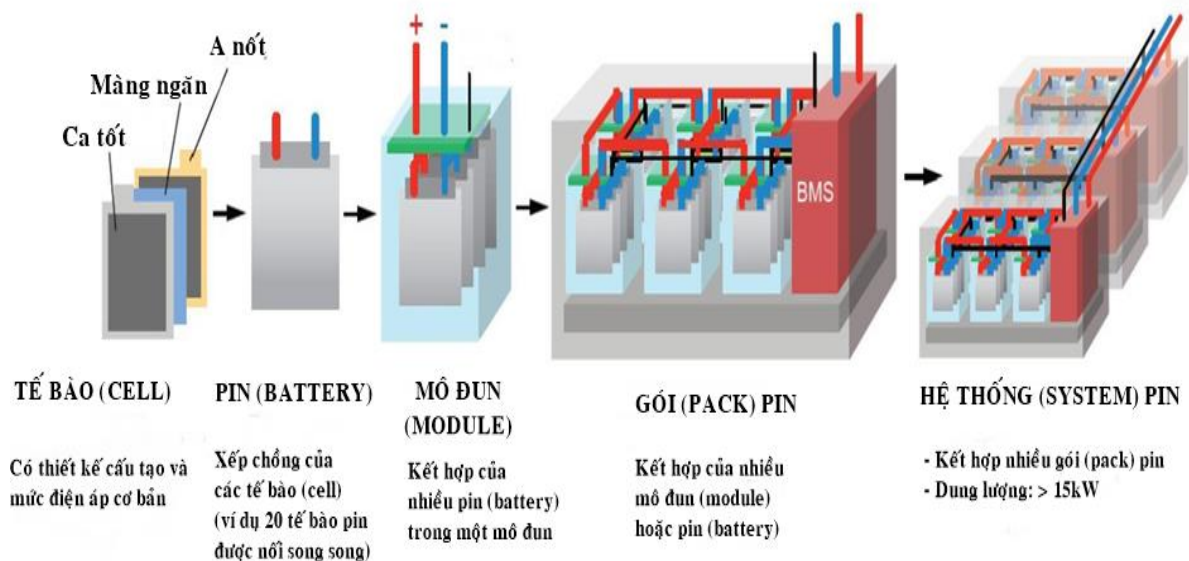
- Theo quy mô khối pin

Hiện nay trên thị trường pin Li-ion ở quy mô tế bào (cell) có một số dạng cơ bản như (dạng nút (button), hình trụ (cylindrical), dạng túi (pouch) hoặc hình lăng trụ (prismatic) như mô tả tại hình 3.



Hình 3: Thiết kế và cấu trúc cơ bản của pin Li-ion (a - d) lần lượt hiển thị các ô hình trụ, nút, hình lăng trụ và túi.

Ở quy mô lớn hơn pin Li-ion có thể ở các dạng mô đun, gói hoặc hệ thống gồm nhiều bộ pin mắc nối tiếp hoặc song song tạo ra, như mô tả như hình 4.



Hình 4. Các dạng hệ thống pin Li – ion

- Theo loại vật liệu chế tạo

Theo vật liệu chế tạo điện cực pin Li-ion được phân thành các loại khác nhau như: Lithium Cobalt Oxide (LCO), Lithium Mangan Oxide (LMO), Lithium Niken Mangan Cobalt Oxit (NMC), Pin Lithium Niken Coban Oxit Nhôm (NCA) và Pin Lithium Iron Phosphate (LFP).

Theo dạng chất điện phân pin Li-ion được phân loại thành loại pin dung dịch điện phân lỏng hoặc polymer khô (hay còn gọi là pin Li-ion Polymer hoặc pin Li-Po). Các pin Li-ion dạng chất điện phân lỏng gồm các chất hữu cơ cacbonat pha trộn muối của lithium, được sử dụng rộng rãi nhất ở các ứng dụng lưu trữ năng lượng như các thiết bị điện tử (máy tính xách tay, điện thoại di động) hoặc trong các hệ thống điện năng lượng mặt trời. Các pin Li-Po chất điện phân polyme có cấu trúc dạng miếng phim nhựa mỏng (plastic), có khả năng thay đổi hình dáng và có trọng lượng nhẹ hơn. Pin Li-Po có dung lượng cao và chịu va đập, ngắn mạch trong tốt hơn so với các loại khác nhưng có chi phí sản xuất cao hơn, được sử dụng cho các phương tiện giao thông như xe máy điện, xe đạp điện, ô tô điện hoặc các thiết bị cầm tay đòi hỏi tính năng an toàn cao.

- Theo cách lắp đặt:

Dạng rời: Được lắp rời mà người dùng có thể tự thay thế khi hỏng, được bọc bởi một lớp vỏ cứng (molded cased) để đảm bảo an toàn. Các pin kiểu này chủ yếu được sử dụng trong các điện thoại hoặc máy tính xách tay đời cũ.

Dạng tích hợp: Được thiết kế gắn liền với máy, ứng dụng trên các sản phẩm máy tính, điện thoại hiện nay, có ưu điểm nhỏ gọn và tính thẩm mỹ cao

- Theo sản phẩm ứng dụng

Thiết bị cầm tay: Ứng dụng trên điện thoại, máy tính bảng, máy tính xách tay, sạc dự phòng, các thiết bị điện gia dụng cầm tay..., thường sử dụng ở mức điện áp phổ biến trong khoảng từ vài đến vài chục vôn.

Phương tiện giao thông: pin Li-on được chế tạo ở dạng modul, sử dụng trên các xe máy điện, xe đạp điện, hoặc ô tô điện có mức điện áp từ vài chục đến vài trăm vôn.

Các sản phẩm khác: Pin Li-ion còn được ứng dụng ở rất nhiều sản phẩm như bộ lưu điện (UPS) trong hệ thống điện năng lượng mặt trời, sản phẩm gia dụng ...và trong các hệ thống lưu trữ năng lượng dân dụng khác.

Một số ứng dụng dân dụng của pin Li-ion được nêu tại hình 5



Hình 5. Một số ứng dụng dân dụng của pin Li-ion

1.2. Khái quát về phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion.

1.2.1. Vai trò của pin Li-ion trong phát triển xe điện

Với các ưu điểm về tuổi thọ, mật độ và hiệu suất cao, trong những năm gần đây pin Li-ion được ứng dụng rộng rãi trong ngành xe điện qua đó thúc đẩy thị trường tiêu thụ xe điện phát triển nhanh chóng. Ngày càng có nhiều phương tiện giao thông đường bộ chạy bằng Pin Li-ion được đưa vào hoạt động trên toàn cầu, tạo ra những lợi ích có thể kể đến như:

- Góp phần thực hiện mục tiêu chuyển đổi xanh, chống biến đổi khí hậu, giảm bớt phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch; hạn chế khí thải, giảm ô nhiễm không khí cục bộ, đặc biệt ở những thành phố đông dân cư; các phương tiện giao thông điện vận hành êm ái, ít gây ô nhiễm tiếng ồn, góp phần cải thiện chất lượng và sức khỏe đời sống con người.

- Giúp người sử dụng tiết kiệm chi phí hơn xe động cơ đốt trong, bao gồm chi phí vận hành, nhiên liệu và sửa chữa.

- Mang lại lợi ích, động lực thúc đẩy phát triển kinh tế cho đất nước: Ngành ô tô điện phát triển tạo ra nhiều ngành nghề mới hỗ trợ, tạo ra nhiều việc làm, thu hút một lượng lớn nhân công với trình độ, tay nghề cao, góp phần cải thiện và thay đổi chất lượng cuộc sống và giúp tiết kiệm ngân sách Nhà nước xử lý khí thải, giảm thiểu tình trạng quá tải do tai nạn lao động.

1.2.2. Công suất pin Li-ion trên các ứng dụng giao thông điện

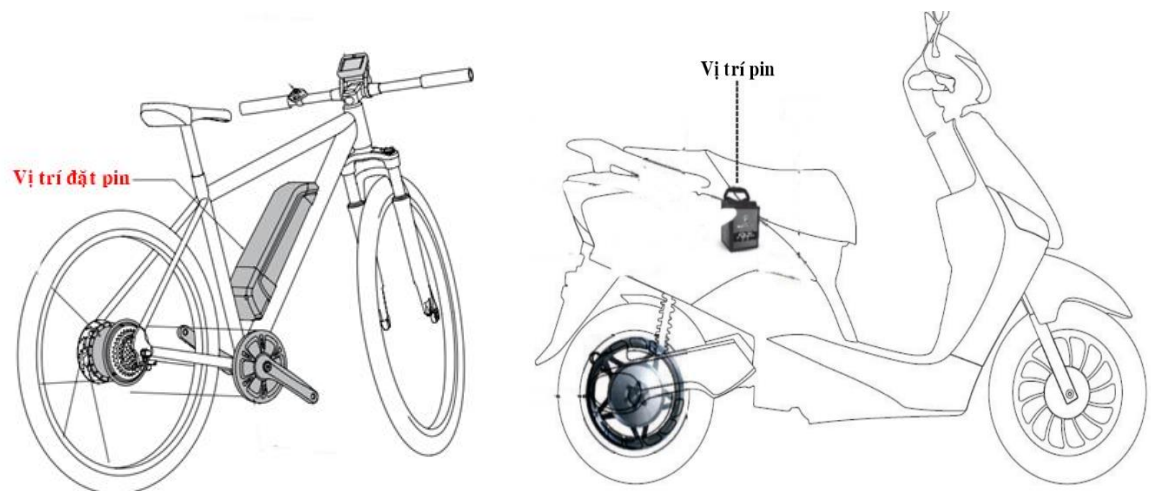
Tùy theo ứng dụng trên loại phương tiện giao thông, công suất của các hệ thống pin Li-ion được thiết kế khác nhau, thường từ vài trăm oát (như xe đạp), vài chục ki lô oát (như xe máy điện, xe 3 bánh tiện ích) đến vài trăm ki lô oát trên ô tô



Hình 6. Dung lượng pin Li-ion trên các xe điện 2 bánh và 3 bánh

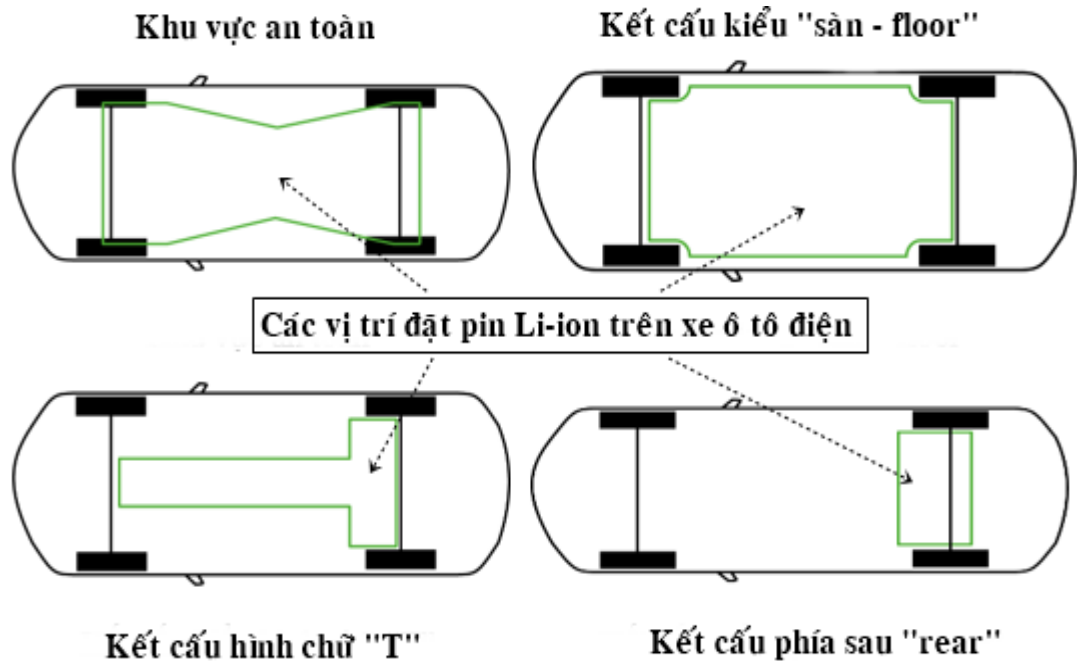
1.2.3. Vị trí lắp đặt pin Li-ion

- Các loại xe 2 bánh thường bố trí các mô đun Pin L-ion trên khung, gầm (dưới yên xe) của xe điện như mô tả tại hình 7



Hình 7. Một số vị trí pin thường thấy trên xe đạp, xe máy điện

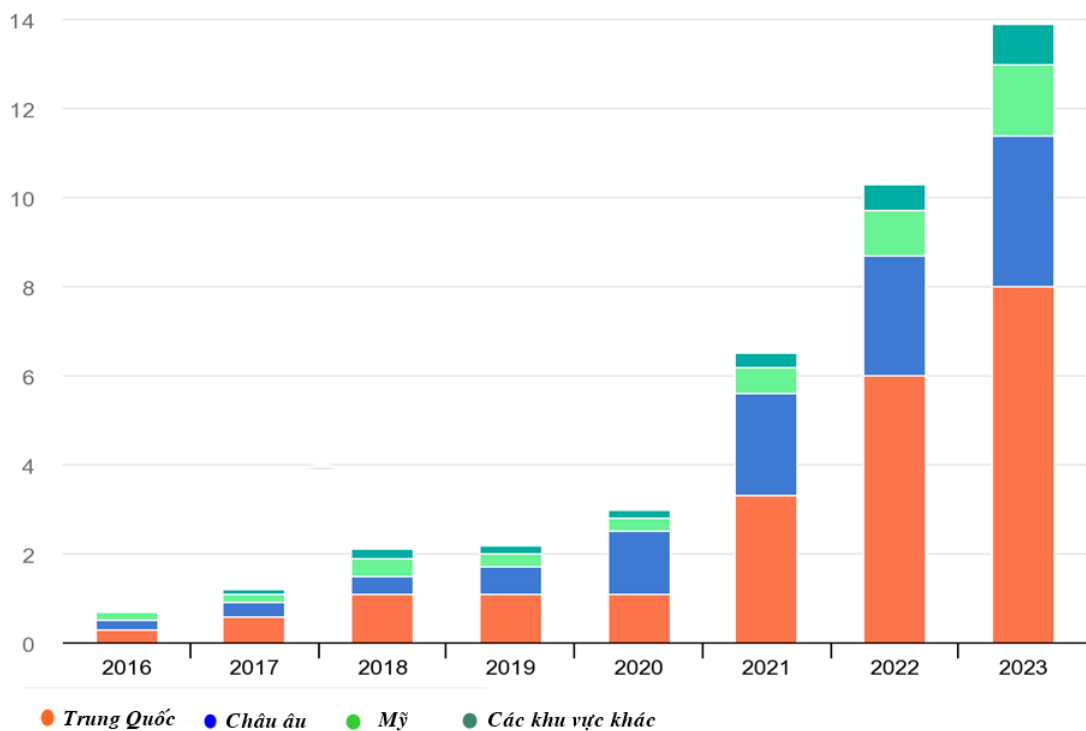
- Đối với ô tô điện, các mô đun pin Li-ion thường được đặt trong tủ, hộp kim loại kín ở khung, gầm xe (xem hình 8)



Hình 8. Bố trí pin Li-ion trên xe điện [22]

1.2.4. Tốc độ tăng trưởng của xe điện tại Việt Nam và trên thế giới

Theo dự báo của Canalis, một tập đoàn phân tích độc lập toàn cầu có trụ sở tại Singapore thị trường xe điện thế giới sẽ tăng trưởng 27,1% vào năm 2024, đạt 17,5 triệu chiếc.



Hình 9. Tiêu thụ xe điện trên toàn cầu giai đoạn 2016 – 2023.

Tại Việt Nam, theo xu thế về chuyển đổi năng lượng xanh của thế giới, trong những năm gần đây việc sử dụng xe điện ngày càng phổ biến. Do đặc điểm địa hình và thói quen, phương tiện di chuyển điện tại Việt Nam chủ yếu vẫn là xe đạp điện, xe máy điện.

Theo Bộ Công Thương, doanh số tiêu thụ xe máy điện tại Việt Nam đã tăng khoảng 30% – 35% trong những năm gần đây, đưa Việt Nam trở thành thị trường xe máy điện (E2W) lớn nhất khu vực ASEAN và lớn thứ 2 toàn cầu, chỉ sau Trung Quốc [1]. Hiện nay, Việt Nam có khoảng 4 triệu xe đạp, xe máy điện đang lưu hành [2].

Đối với ô tô điện, mức độ sử dụng tại Việt Nam còn khá thấp so với thị trường chung của khu vực khi chỉ chiếm 0,7% tổng lượng ô tô điện bán ra ở thị trường Đông Nam Á [1]. Tuy nhiên, với các chính sách khuyến khích, hỗ trợ phát triển của Chính phủ, số lượng xe ô tô điện sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu tại Việt Nam trong thời gian gần đây đã tăng trưởng nhanh (bảng 2). Trong đó, chủ yếu là xe ô tô con và xe ô tô buýt thành phố. Hiện nay, Việt Nam có 2 doanh nghiệp sản xuất, lắp ráp xe ô tô điện gồm Vinfast (thuộc tập đoàn Vingroup) và Công ty Cổ phần Ô tô TMT. Ngoài ra, Công ty Cổ phần Tập đoàn Thành Công và Công ty Cổ phần Ô tô Trường Hải cũng đã giới thiệu một số mẫu xe ô tô điện của Hyundai, KIA tới khách hàng để tìm hiểu thị trường và tiến tới sản xuất, lắp ráp trong nước thời gian tới [3]. Hiệp hội Các nhà sản xuất ô tô Việt Nam dự đoán số xe ô tô điện lưu thông tại Việt Nam sẽ đạt 1 triệu chiếc vào năm 2028 và 3,5 triệu chiếc vào năm 2040 [4].

Bảng 2. Số lượng ô tô điện tại Việt Nam đã được kiểm tra, cấp giấy chứng nhận.

Đơn vị: chiếc

Năm	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Tổng
Nhập khẩu	4	3	8	6	33	94	174	322
Sản xuất, lắp ráp	0	0	0	0	134	3.005	28.228	31.367
Cộng	4	3	8	6	167	3099	28402	20.065

Nguồn: Cục Đăng kiểm Việt Nam..

II. ĐẶC ĐIỂM, NGUYÊN NHÂN CHÁY, NỔ CỦA PIN LI-ION VÀ CÁC PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION

2.1. Tình hình cháy, nổ phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion.

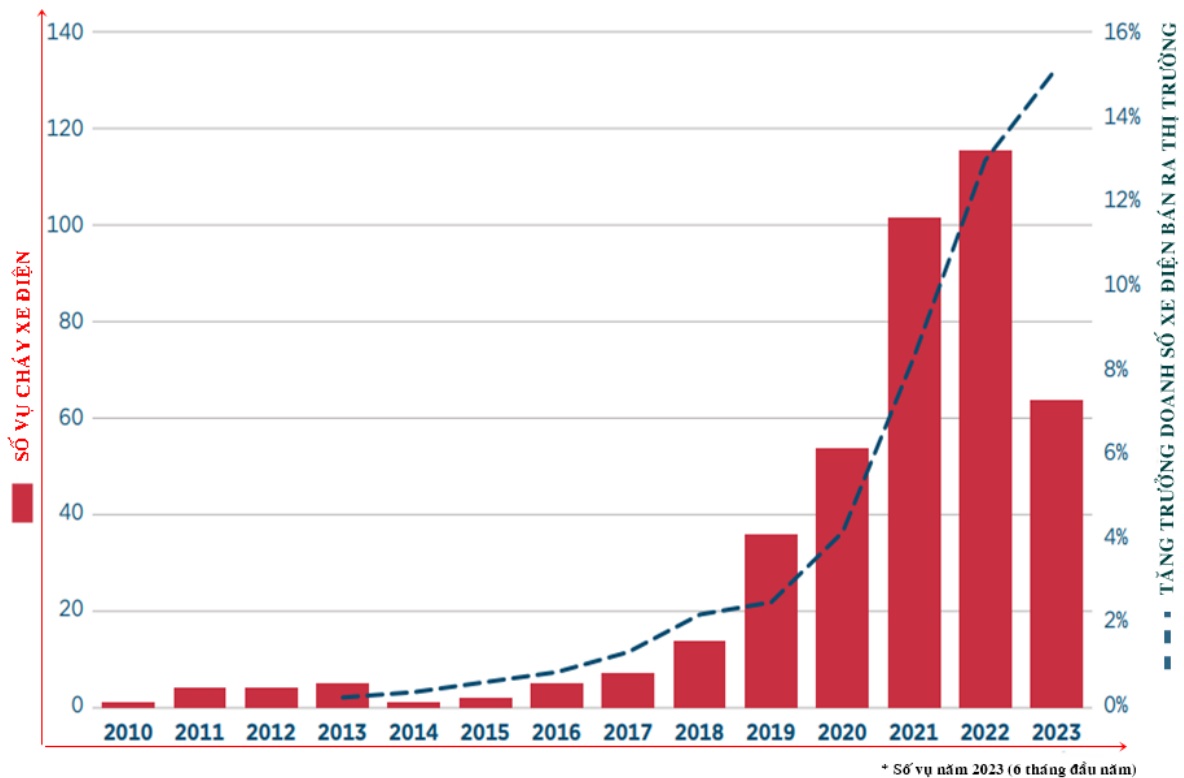
2.1.1. Tình hình cháy phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion trên thế giới

Nguy cơ cháy, nổ liên quan đến pin Li-ion đã được quốc tế chú ý đặc biệt vào năm 2017 khi hãng Samsung đã phải thu hồi hàng nghìn chiếc điện thoại Galaxy 7 mới do lỗi thiết kế và sản xuất dẫn đến đoản mạch bên trong, gây ra hiện tượng thoát nhiệt và cháy, nổ pin. Cũng trong thời gian đó, một chuyến bay của Mỹ đã phải sơ tán hành khách trước khi cất cánh do sự cố tỏa ra “dày đặc khói màu xanh xám” của một chiếc điện thoại Galaxy 7 [9]. Ngoài ra, Cục Hàng không liên bang Mỹ (FAA) đã báo cáo số vụ cháy Pin Li-ion trên máy bay ngày càng tăng, từ 8 sự cố trong năm 2013 lên 31 sự cố trong năm 2016. Năm 2017, một đoàn tàu vận chuyển pin Li-ion số lượng lớn đi qua khu vực lân cận Houston, Mỹ đã phát nổ, nguyên nhân của được cho là do chập điện bên ngoài khiến pin Li-ion thoát nhiệt và khí dễ cháy tạo thành hỗn hợp không khí dễ nổ trong toa tàu [9].

Giống như xe động cơ đốt trong, nguyên nhân gây cháy, nổ ở xe điện có thể vì nhiều lý do khác nhau, như lỗi về sản xuất, va chạm cơ học, đoản mạch (do lũ lụt hoặc bị ngập nước ...), sạc xả quá mức, sử dụng không đúng hướng dẫn ... Các dữ liệu thống kê và tài liệu hiện có chỉ ra rằng các vụ cháy xe điện là hiếm khi xảy ra. Dữ liệu từ NFPA và Bộ Giao thông Vận tải Mỹ cho thấy cứ 19 triệu dặm (31 triệu km) di chuyển ở Mỹ thì có một xe động cơ đốt trong bị cháy, trong khi đó, theo báo cáo của Tesla từ năm 2012 đến năm 2021, trung bình cứ 210 triệu dặm (338 triệu km) di chuyển thì có 1 xe điện của hãng bị cháy. Ở Phần Lan, tỷ lệ cháy hàng năm trên 10.000 xe điện nằm trong khoảng từ 0 ÷ 1,1 đối với xe điện HEV, PHEV (xe lai xăng điện) và từ 0 ÷ 5,2 đối với BEV (xe thuần điện); tỷ lệ trung bình ở xe chở khách là 4,7 vụ cháy/10.000 xe cho thấy HEV và PHEV gặp ít sự cố hơn BEV. Ở Na Uy, dữ liệu được thu thập từ 3 công ty bảo hiểm Na Uy cho thấy từ năm 2006 đến năm 2016 số vụ cháy xe điện chưa bằng đến 5% tổng số vụ cháy xe chở khách. ở Thụy Điển, Cơ quan dự phòng dân sự ghi nhận từ năm 2018 đến năm 2022, tổng cộng có 81 xe BEV và PHEV bị cháy so với 656 xe động cơ đốt trong [21].

Mặc dù sự cố cháy, nổ liên quan đến xe điện thấp hơn so với xe động cơ đốt trong, tuy nhiên do mới xuất hiện trong thời gian gần đây nên xe điện cần thêm thời gian để kiểm chứng chất lượng trong quá trình sử dụng, đồng thời, thị trường xe điện vẫn đang trong giai đoạn phát triển mạnh, do đó thì trong thời gian tới số lượng

các vụ cháy, nổ liên quan đến xe điện có thể gia tăng. Theo nghiên cứu của EV FireSafe (một công ty tư nhân được chính phủ Australia hỗ trợ) từ năm 2010 đến tháng 6 năm 2023, đã xảy ra 488 vụ cháy xe điện hạng nhẹ (loại ô tô điện 4 bánh sử dụng gia đình) trên toàn cầu, trong đó 393 (78%) đã được xác nhận là do cháy pin Li-ion. Nghiên cứu đánh giá rằng khi thị trường xe điện tiếp tục phát triển, số vụ cháy xe điện dự kiến sẽ tăng lên. Điều này được minh họa trong hình 10, trong đó trục x hiển thị số vụ cháy và trục y hiển thị năm chúng xảy ra. Số vụ cháy tăng lên trong năm 2020 và 2021 chủ yếu là do Chevrolet Bolt và Hyundai Kona, các mẫu xe này đã bị thu hồi do lỗi pin xảy ra trong quá trình sản xuất [21]



Hình 10. Số lượng vụ cháy xe điện nhẹ theo năm và thị phần ô tô điện trên toàn cầu

Phụ lục 3 thống kê một số vụ cháy nổ liên quan đến pin Li-ion trên xe điện và hệ thống lưu trữ điện năng (BESS) [5,9].

Ở phạm vi ứng dụng lắp đặt quy mô lớn nhất hiện nay của pin Li-ion có thể kể đến hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS). Công suất của hệ thống ESS có thể dao động từ 5-50 kWh (cung cấp điện cho các khu dân cư) cho đến 1.200 MWh như tại hệ thống lưu trữ năng lượng tại Moss Landing. Hệ thống lưu trữ ESS là một thành phần không thể thiếu trong việc lưu trữ năng lượng các nhà máy điện mặt trời và thúc đẩy sáng kiến khử cacbon. Tuy nhiên, công suất lưu trữ lớn sẽ làm tăng mức độ nghiêm trọng của vụ cháy pin Li-ion. Một số sự cố cháy, nổ liên quan đến các hệ thống lưu trữ ESS cũng đã được ghi nhận, trình bày tại Phụ lục 3.

2.1.2. Tình hình cháy phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion tại Việt Nam

Theo xu thế của thế giới, trong những năm gần đây tại Việt Nam, ngành công nghiệp xe điện cũng đang có sự phát triển mạnh mẽ, đã đem lại nhiều lợi ích về kinh tế, môi trường. Tuy nhiên, cùng với đó, tình hình cháy, nổ liên quan đến xe điện có xu hướng diễn ra phức tạp, tạo ra tâm lý lo lắng trong toàn xã hội, đặc biệt là tại các hộ gia đình, khu chung cư, nơi tập trung đông dân. Một số vụ cháy xe điện điển hình trong thời gian qua, như:

- Vụ cháy, nổ xe máy điện khi đang sạc xảy ra vào hồi 15h30 phút ngày 06/3/2017 tại nhà anh Nguyễn Việt An (xã Thạch Long, huyện Thạch Hà, tỉnh Hà Tĩnh), nguyên nhân là xe bị nổ bình ác quy khi đang sạc. Người dân đã tắt cầu dao, lấy nước dập lửa, kịp thời khống chế đám cháy.

- Vụ cháy, nổ xe máy điện khi đang sạc xe máy điện xảy ra vào ngày 25/9/2020 tại phường Tân Giang, thành phố Hà Tĩnh, đám cháy đã lan ra xung quanh và cháy hoàn toàn một ô tô 5 chỗ trong cùng khu vực.

- Vụ cháy xe máy điện khi đang sạc pin tại hầm chung cư cao cấp Masteri Thảo Điền (Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh) xảy ra vào ngày 16/01/2022. Lửa khởi nhanh chóng bao trùm xe máy điện và lan sang các phương tiện bên cạnh. Bảo vệ tòa nhà phát hiện đã dùng bình chữa cháy mini dập lửa kịp thời và đưa phương tiện bị cháy ra ngoài;

- Vụ cháy, nổ xe máy điện khi đang sạc pin tại hầm chung cư Eco Green City (286, Nguyễn Xiển, huyện Thanh Trì, Hà Nội) xảy ra vào hồi 12h38p ngày 9/7/2022. Trong vòng ít phút đám cháy từ chiếc xe máy đã lan sang 4 chiếc xe máy khác. Hệ thống báo cháy và chữa cháy tự động của tòa nhà đã được kích hoạt. Bộ phận an ninh của tòa nhà và Ban quản lý cùng một số cư dân đã nhanh chóng có mặt, dùng bình chữa cháy để chữa cháy. Khoảng gần 20 phút sau, vụ cháy đã được dập tắt và may mắn không gây thiệt hại về người;

- Vụ cháy, nổ xe máy điện khi đang sạc bị chập vào ngày 13/7/2023 tại phường Trung Sơn, thành phố Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa khiến 2 người chết;

- Vụ cháy xe máy điện khi đang sạc xảy ra vào khoảng 23 giờ 40 phút ngày 7/9/2023 tại một ngôi nhà ở phường Cửa Nam, TP Vinh, Nghệ An. Rất may chủ nhà đã kịp thời phát hiện và dập tắt đám cháy;

- Vụ cháy nhà ở cho thuê trọ xảy ra vào ngày 24/5/2024 tại phố Trung Kính, phường Trung Hòa, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội làm 14 người chết, 03 người bị thương.

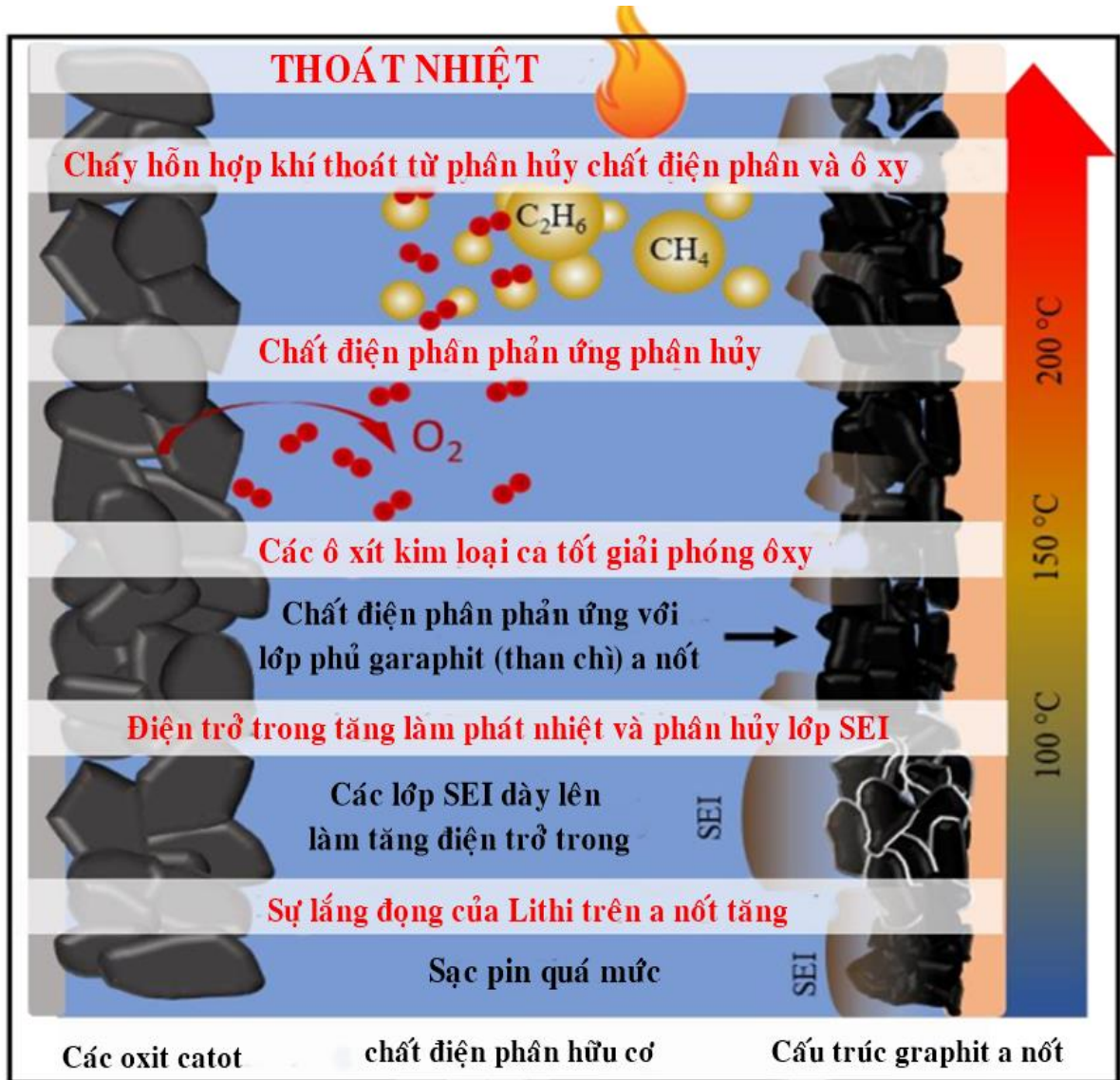
2.2. Đặc điểm, nguyên nhân cháy, nổ pin Li-ion

2.2.1. Đặc điểm cháy, nổ Pin Li-ion

- Cơ chế phát sinh cháy

Đám cháy pin Li-ion được phát triển từ hiện tượng thoát nhiệt. Sự thoát nhiệt của pin Li-ion được cho là hình thành từ các phản ứng tỏa nhiệt do sự phân hủy của lớp điện phân rắn/cathode xen kẽ (SEI/CEI) [5,7,8]. Quá trình này được giải thích tóm tắt như sau: Trong lần sạc và xả đầu tiên của pin Li-ion, chất điện phân hữu cơ phân hủy một phần tạo thành các lớp thụ động nằm giữa các điện cực và chất điện phân gọi là kỳ trung gian chất điện phân rắn (Solid Electrolyte Interphase -SEI) trên bề mặt cực dương và (Cathode Electrolyte Interphase – CEI) trên bề mặt cực âm. Thành phần của các lớp này thường bao gồm các hợp chất của lithium (Li_2O , Li_2CO_3 , LiF), các chất hữu cơ lithium alkyl cacbonat (ROLi và ROCO_2Li) và các polyme được hình thành từ phản ứng oxy hóa khử giữa các điện cực và chất điện phân [7,8]. Khi nhiệt độ trong pin Li-ion tăng (do lỗi sản xuất, yếu tố nhiệt bên ngoài, va chạm cơ học, hoặc do sử dụng không đúng cách) các lớp SEI/CEI sẽ bị phân hủy đầu tiên, tạo ra các phản ứng tỏa nhiệt, sau đó các điện cực dưới tác động của nhiệt bắt đầu phản ứng với chất điện phân, tiếp đến các lớp màng ngăn bằng polyme và cuối cùng chất điện phân bị phân hủy thoát ra khí cháy. Chuỗi phản ứng dây chuyền này gây ra hiện tượng cháy nổ ở pin Li - ion.

Ví dụ minh họa chuỗi phản ứng tỏa nhiệt của pin Li - ion được thể hiện trong hình 11. Việc sạc, xả pin quá mức dẫn đến sự lắng đọng các nguyên tử lithium trên cấu trúc than chì và làm dày các kỳ trung gian chất điện phân rắn (SEI). Điều này sẽ làm tăng điện trở làm phát nóng pin. Khi nhiệt độ cục bộ tăng lên đến 90 °C, dẫn đến sự phân hủy tỏa nhiệt của lớp SEI, khiến nhiệt độ tăng thêm lên trên 120 °C. Sau đó, màng ngăn polyme tan chảy và gây ra đoản mạch, khiến nhiệt độ cục bộ càng tăng thêm. Cuối cùng, vật liệu catốt phân hủy và giải phóng một lượng lớn oxy có thể đốt cháy khí dễ cháy và chất điện phân dễ cháy và gây ra phản ứng thoát nhiệt [10]

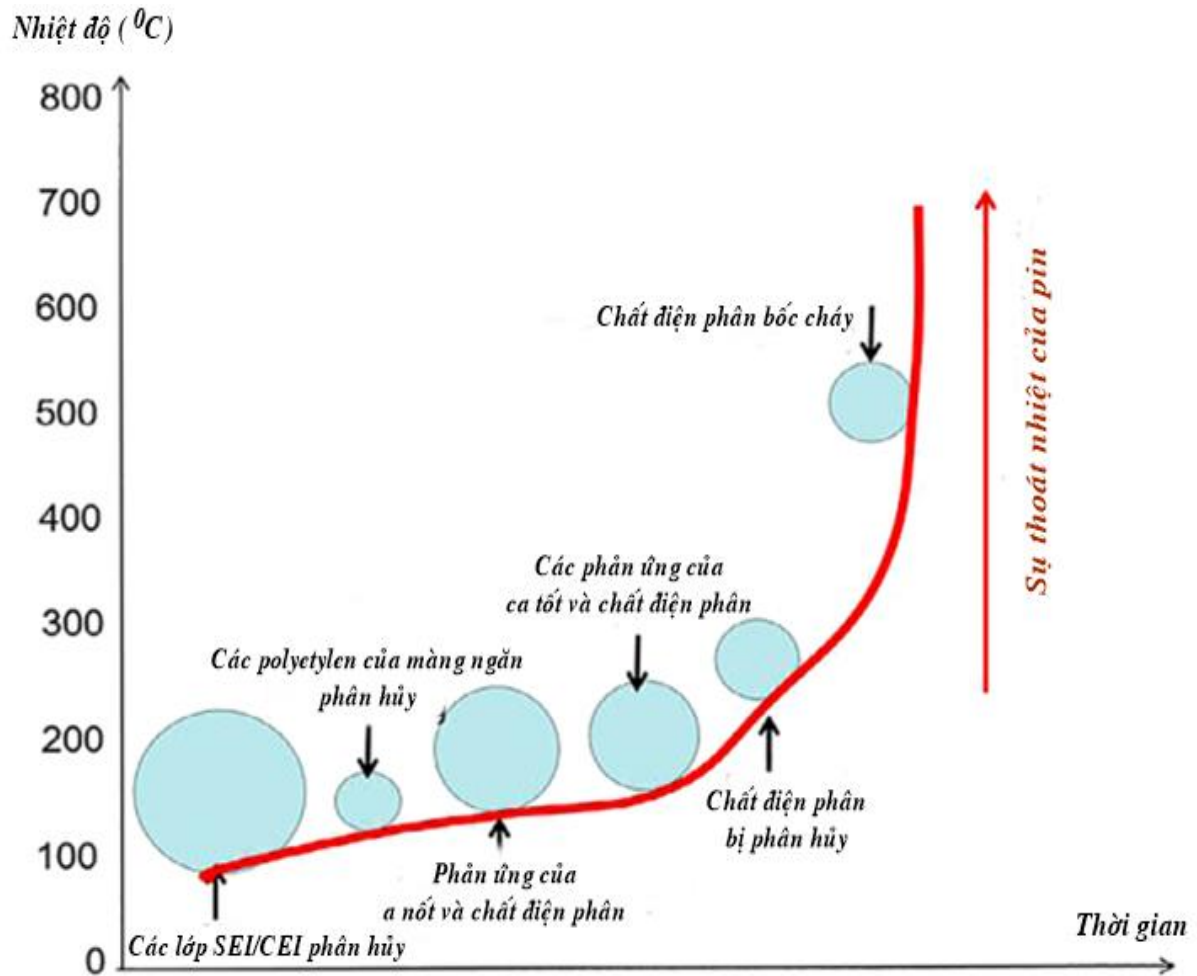


* SEI (Kỹ trung gian chất điện phân rắn)

Hình 11. Minh họa chuỗi phản ứng tỏa nhiệt của Pin Li – ion do sạc quá mức

Hình 12 minh họa một chuỗi phản ứng nhiệt dây chuyền của pin Li - ion với điện cực bằng oxit Lithium Niken Cobalt Mangan ($\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ - NCM) với ca tốt bằng than chì, màng ngăn là polyetylen (PE). Khi nhiệt độ tăng, lớp thụ động SEI/CEI bị phân hủy đầu tiên ($60^\circ\text{C} \div 120^\circ\text{C}$), sau đó là các phản ứng giữa cực dương và chất điện phân. Màng ngăn bị biến đổi nhiệt và phân hủy ở khoảng 135°C và cực âm bắt đầu phân hủy ở khoảng 200°C [7].

Ở quy mô công nghiệp như xe điện và các hệ thống lưu trữ năng lượng, các khối pin Li -ion được cấu tạo từ nhiều mô đun tế bào pin Li – ion đơn lẻ đặt cạnh và chồng lên nhau. Sự cố thoát nhiệt của một hoặc một vài tế bào pin Li – ion sẽ tạo ra nhiệt và tiếp tục gây thoát nhiệt các tế bào pin lân cận, gây phản ứng cháy dây chuyền của cả khối pin.

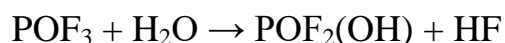
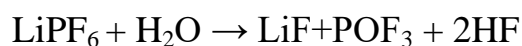
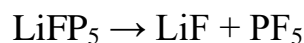


Hình 12. Phản ứng dây chuyền trong quá trình thoát nhiệt của pin Li-ion NCM

- Một số hiện tượng kèm theo khi cháy của pin Li - ion

* Giải phóng các khí độc và dễ cháy

Khí cháy tạo ra khi cháy pin Li-ion được đặc trưng bởi sự phân hủy các chất điện phân alkyl cacbonat tạo ra sự hỗn hợp khí của các loại chất hữu cơ và vô cơ, chẳng hạn như CO, CO₂, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, C₂H₅F, H₂ và HF. Trong đó HF (hydro florua) là một khí rất độc, theo Bộ Y tế và Dịch vụ Nhân sinh Hoa Kỳ, giới hạn tiếp xúc nguy hiểm ngay lập tức đến tính mạng và sức khỏe (IDLH) đối với HF ở mức phơi nhiễm thấp là 30 ppm (25 mg/m³), ngoài ra khí HF còn có thể hấp thụ qua da. Sự hình thành HF là do sự phân hủy các muối lithium có chứa flo trong môi trường ẩm hoặc có nước theo chuỗi phản ứng sau [9]:



*** Giải phóng nhiệt [9]**

Khi pin Li - ion trong giai đoạn thoát nhiệt có cơ chế phản ứng cháy dây chuyền do các khí dễ cháy thoát ra liên tục từ pin, đồng thời tạo ra năng lượng đáng kể dưới dạng nhiệt. Các yếu tố nhiệt của đám cháy pin Li - ion phụ thuộc vào vật liệu chế tạo, lượng điện tích còn lại và quy mô của hệ thống pin.

Khi xem xét các vật liệu phổ biến chế tạo ca tốt của Pin Li-ion thì thứ tự độ ổn định nhiệt được sắp xếp giảm dần như sau LFP > LMO > NMC > NAC > LCO, trong đó pin Li-ion có ca tốt LFP có tính ổn định nhiệt cao nhất, do đó an toàn nhất. Khi so sánh chỉ số tốc độ giải phóng nhiệt (HRR) và tốc độ giải phóng nhiệt lớn nhất (PHRR) thì pin Li-ion có vật liệu chế tạo ca tốt là LCO/LMO có HRR và PHRR cao hơn đáng kể so với pin LFP.

Các pin Li-ion có mức độ sạc (SOC) càng cao thì quá trình thoát nhiệt càng nhanh và do đó có tốc độ giải phóng nhiệt (HRR) nhanh hơn và tốc độ giải phóng nhiệt lớn nhất (PHRR) cao hơn, tuy nhiên tổng lượng nhiệt giải phóng là như nhau đối với các pin Li-ion có cùng tính chất hóa học và cùng dung lượng. Sự gia tăng HRR đối với pin Li-ion có mức độ sạc cao được giải thích là do khi mức độ sạc của pin cao sẽ khiến sự kết tụ các chất điện phân rắn ở cực dương tăng lên, nhạy cảm với nhiệt và gây khả năng phản ứng hóa học cao, làm tăng khả năng tạo oxy trong quá trình thoát nhiệt.

Công suất, quy mô của một hệ thống pin Li-ion thể hiện ở dung lượng tối đa có thể lưu trữ và phân phối, điều này có thể thực hiện bằng cách tăng số lượng hoặc dung lượng của từng tế bào pin Li-ion trong hệ thống. Việc tăng dung lượng, số lượng tế bào của pin Li-ion sẽ làm tăng tốc độ cháy, cường độ, bức xạ nhiệt và tốc độ hao hụt khối lượng khi cháy của hệ thống pin.

*** Giải phóng ngọn lửa áp lực cao và chất dễ cháy**

Một mối nguy hiểm đặc biệt đi kèm với hiện tượng thoát nhiệt của pin Li-ion là sự giải phóng dữ dội các chất cháy kèm theo ngọn lửa áp lực cao, điều này làm tăng diện tích nguy hiểm của đám cháy pin Li-ion hơn gấp nhiều lần kích thước của pin Li-ion. Yếu tố chính ảnh hưởng đến mối nguy hiểm này là mức độ sạc, hay lượng điện còn lại ở trong pin (SOC), trong đó đám cháy pin Li-ion ở mức SOC 100% giải phóng ra lượng vật chất nóng chảy gấp 2 đến 3 lần so với ở SOC 70% trong quá trình cháy [9].

*** Nguy hiểm gây nổ và văng các mảnh vỡ ra xung quanh**

Hỗn hợp khí cháy thoát ra từ khối pin Li - ion khi sự cố khi đạt đến giới hạn áp suất nhất định có thể gây nổ. Xác suất xảy ra vụ nổ khi cháy pin Li - ion là thấp nhưng có mức độ nghiêm trọng cao do khả năng bắn ra vật chất cháy kèm ngọn

lửa gây cháy lan xung quanh

*** Nguy cơ bị điện giật**

Hiện nay, một số hệ thống pin Li-ion có điện áp tới vài trăm vôn (như hệ thống pin Li-ion trên các phương tiện giao thông), do đó, khi chữa cháy bằng nước đối với một số đám cháy pin Li-ion (như chữa cháy xe điện) vẫn đang trong chế độ sạc hoặc người chữa cháy tiếp xúc trực tiếp vào cả hai điện cực của pin có thể bị điện giật.

*** Nguy cơ bùng cháy trở lại**

Khi pin Li - ion trong giai đoạn thoát nhiệt, các phản ứng hóa học kết hợp bên trong tiếp tục xảy ra có thể khiến pin Li -ion cháy trở lại ngay cả sau khi ngọn lửa đã bị dập tắt bởi các hoạt động chữa cháy. Hình 13 mô tả tam giác cháy của pin Li-ion. Trong đó, một trong các phản ứng hóa học khiến pin Li - ion tự bùng cháy lại là do phản ứng tự giải phóng oxy khi có sự mất ổn định về cấu trúc của ca tốt có chứa các nguyên tử ô xy. Một số thử nghiệm cháy trên xe điện sử dụng pin Li-ion đã chứng minh sau khi dập tắt đám cháy đã bùng cháy trở lại 22 giờ sau đó [9].



Hình 13. Tam giác cháy của pin Li-ion

2.2.2. Nguyên nhân gây cháy, nổ

Qua nghiên cứu cho thấy, các nguy cơ có thể dẫn đến sự cô thoát nhiệt và gây cháy pin Li-ion và xe điện bao gồm các nhóm sau:

- **Sạc, xả quá mức:** Sạc hoặc xả quá mức đến điện áp vượt quá quy định của nhà sản xuất chỉ định có thể gây ra lớp mạ lithium hoặc hình thành các hạt (dendrite) trên cực dương. Theo thời gian, các hạt này có thể xuyên qua màng ngăn gây ra đoản mạch giữa các điện cực và dẫn đến hiện tượng thoát nhiệt.

- **Quá nhiệt:** Là hiện tượng khi pin Li-ion bị sốc nhiệt hoặc nhiệt độ cục bộ của pin quá cao. Quá nhiệt có thể xảy ra trong quá trình sạc hoặc do nhiệt lượng từ đám cháy hoặc một nguồn gây nhiệt gần đó tác động.

- **Tác động cơ học:** Các tác động vật lý do sự cố bên ngoài đối với Pin Li-ion như va chạm cơ học hoặc trong quá trình lắp đặt, có thể dẫn đến chập điện giữa các điện cực, tạo ra nhiệt cục bộ trong chất điện phân.

- **Đoản mạch bên trong (ISC):** Đoản mạch bên trong xảy ra do màng ngăn bị hỏng, gây tiếp xúc giữa cực âm và cực dương. Điều này có thể xảy ra do bất kỳ nguyên nhân nào đã trình bày ở trên hoặc do lỗi sản xuất.

Bất kỳ trường hợp sự cố nào nêu trên đều có thể dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ bên trong tế bào pin, điều này dẫn đến các phản ứng tỏa nhiệt do phân hủy các chất trong pin. Nhiệt lượng tỏa ra làm tăng nhiệt độ của tế bào và bắt đầu xảy ra các phản ứng dây chuyền. Vòng lặp này dẫn đến nhiệt độ và áp suất bên trong cao có thể dẫn đến phồng, vỡ tế bào pin, thoát khí (có tình huống thoát khí dữ dội) và bốc cháy.

2.3. Đặc điểm, tính chất nguy hiểm của đám cháy phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion

Các hệ thống pin Li-ion được sử dụng trên xe điện thường có quy mô là các gói và mô-đun lớn, trong đó sự cố thoát nhiệt từ một tế bào đơn lẻ có thể gây phản ứng dây chuyền đến các tế bào, hoặc các ô lân cận và phá hủy tính toàn vẹn của toàn bộ hệ thống pin, gây cháy lan ra các bộ phận khác trên xe (nội thất và các bộ phận khác cấu thành xe). Một số đặc điểm của đám cháy xe điện so với xe động cơ đốt trong được trình bày tại phụ lục 2, cụ thể như:

- Đặc điểm ngọn lửa

Ngọn lửa khi cháy xe điện có áp lực khá lớn, xuất phát từ vị trí đặt khối pin Li-ion và kèm theo hỗn hợp khí cháy thoát ra, độ dài ngọn lửa phụ thuộc vào dung lượng pin và lượng điện tích còn lại.

- Khả năng cháy lan

Do đặc điểm ngọn lửa xe điện là ngọn lửa áp lực xuất phát từ vị trí đặt pin, có hướng phun ngang từ gầm xe nên khả năng cháy lan của xe điện theo một

hướng cao hơn so với xe động cơ đốt trong.

- Khả năng cháy lại

Đám cháy xe điện có khả năng cháy lại sau khi đã được dập tắt trước đó do các phản ứng hóa học vẫn tiếp diễn trong khối pin Li-ion. Đám cháy xe động cơ đốt trong không có khả năng cháy lại nếu đám cháy đã được dập tắt hoàn toàn.

- Khả năng tiếp cận gốc lửa

Các bộ pin của xe điện được bố trí bên trong các ngăn hoặc khu vực được gia cố chắc chắn trong khung, găm xe điện để tránh ảnh hưởng bởi va chạm cơ học. Do đó, khi các bộ pin xe điện bị cháy thì việc đưa các chất chữa cháy tiếp cận đến các tế bào pin là rất khó khăn.

- Thời gian cháy, lượng chất chữa cháy cần thiết

Đám cháy xe điện (có thể lên đến 3 đến 5 giờ) kéo dài hơn đám cháy xe động cơ đốt (1 đến 2 giờ) do các phản ứng hóa học có thể vẫn tiếp diễn âm ỉ bên trong khối pin, do đó lượng chất chữa cháy và thời gian chữa cháy đối với đám cháy xe điện cần lớn hơn xe động cơ đốt trong.

- Sản phẩm cháy

Thành phần các khí cháy của xe điện và xe động cơ đốt trong cơ bản là giống nhau, tuy nhiên lượng khí HF tỏa ra từ đám cháy xe điện cao hơn (khoảng 1,8 lần) so với xe động cơ đốt trong.

- Cường độ cháy và lượng nhiệt tỏa ra

Các thử nghiệm hiện nay đều đánh giá đám cháy xe điện và xe động cơ đốt trong có cường độ cháy, tổng lượng nhiệt tỏa ra và bức xạ nhiệt tương đương nhau, chủ yếu do các vật liệu chế tạo xe gây ra. So với nhiệt lượng sinh ra từ cháy vật liệu chế tạo xe, nhiệt lượng riêng tỏa ra của hệ thống pin lắp đặt trên xe khi cháy không đáng kể.

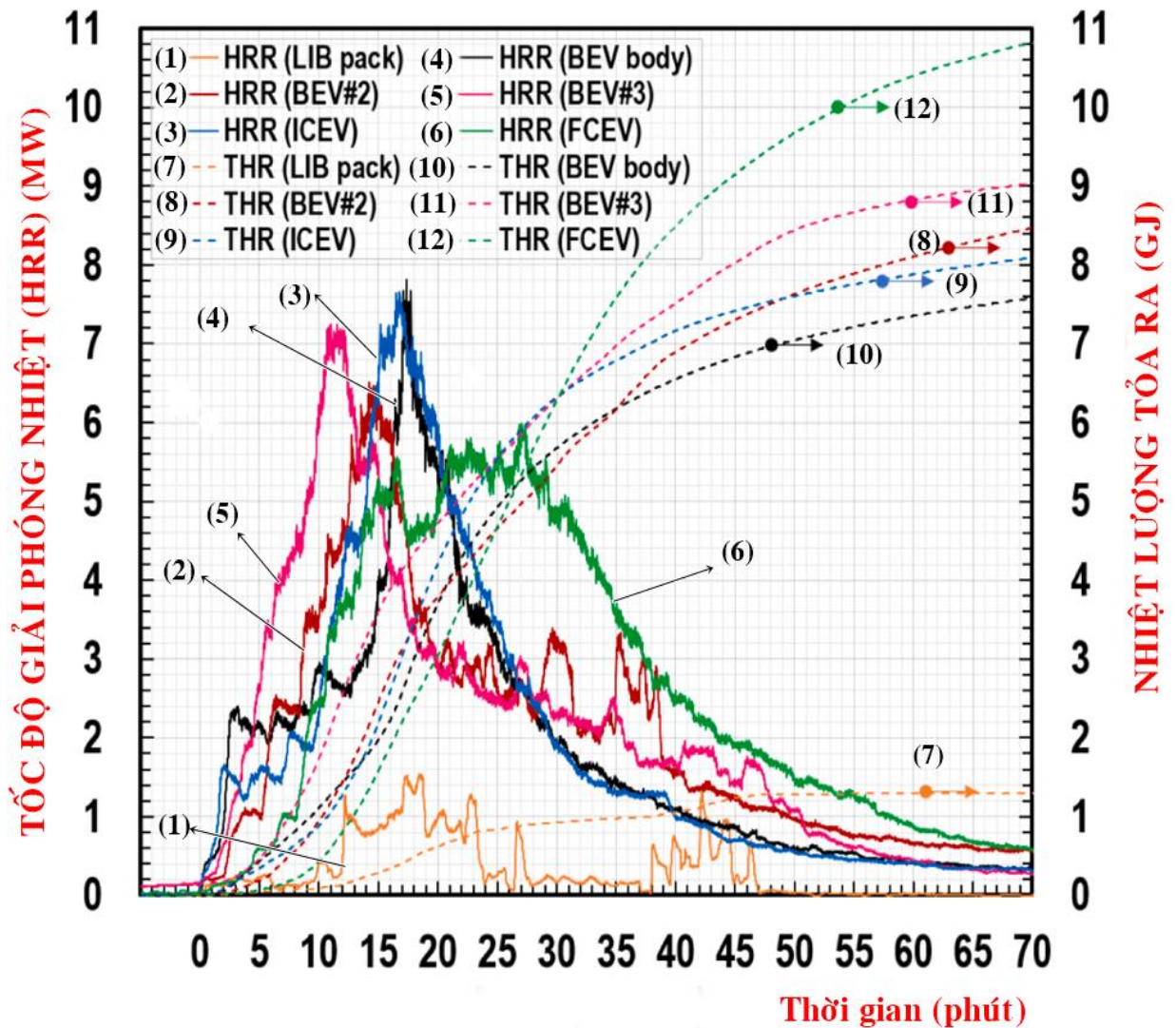
Hình 14 thể hiện các đường đặc tính cường độ cháy và lượng nhiệt tỏa ra khi thử nghiệm cháy các mẫu thử nghiệm có đặc tính kỹ thuật, kích thước, khối lượng nêu tại bảng 3, trong đó đặc điểm của tế bào pin trong bộ pin Li-ion thử nghiệm nêu tại bảng 4. Từ đồ thị (hình 14) có thể thấy rằng, cường độ nhiệt và lượng nhiệt tỏa ra của riêng pin Li-ion khi cháy là không đáng kể so với khung xe. Các thử nghiệm và nghiên cứu ban đầu hiện nay từ các tổ chức toàn cầu cho thấy khi so sánh tốc độ cháy và nhiệt lượng tỏa ra ở các thử nghiệm cháy xe điện và xe động cơ đốt trong (cùng loại xe, cấu trúc, thành phần nhựa và nội thất) là tương tự nhau [17]. Trong các vụ cháy xe thuần điện, lượng nhiệt giải phóng ra chủ yếu là do quá trình đốt cháy các vật liệu chế tạo thân xe điện, nhiệt lượng giải phóng ra của pin Li-ion là không đáng kể.

Bảng 3. Đặc điểm các mẫu xe và pin Li-ion thử nghiệm

Đặc điểm	Thử nghiệm 1	Thử nghiệm 2	Thử nghiệm 3	Thử nghiệm 4	Thử nghiệm 5	Thử nghiệm 6
	Bộ Pin Li-ion sử dụng trên xe điện (LIB pack)	Xe điện (chưa lắp đặt pin) (BEV body)	Xe điện pin Li-ion (BEV#2)	Xe điện pin Li-ion (BEV#3)	Xe động cơ đốt trong (ICEV)	Xe pin nhiên liệu hydro (FCEV)
Kích thước (DxRxC), mm	-	4.180x 1.800x 1.570	4.180x 1.800x 1.570	4.180x 1.800x 1.570	4.165x 1.800x 1.550	4.675x 1.860x 1.630
Khối lượng (kg)	449	1.206	1.540	1.685	1.320	1.820
Công suất định mức của pin, kWh	64,092	-	29,240	64,092	-	
Dung lượng nạp (SOC), %	100	-	100	100	-	20
Phương pháp gây cháy	Làm nóng tế bào pin bằng tấm gia nhiệt	Làm nóng gầm xe bằng đầu đốt propan		Làm nóng tế bào pin bằng tấm gia nhiệt	Gây cháy các vật liệu dễ cháy trên xe bằng đốt heptan	

Bảng 4. Đặc tính kỹ thuật của tế bào pin Li-ion thử nghiệm

Model	Công suất danh định, Ah	Điện áp danh định, V	Kích thước (dài x rộng x dày), mm	Khối lượng, g
E63B (NCM 622)	60	3,63	310x114x15	887,8



* *Chú thích:*

- (1) HRR (LIB pack): Tốc độ giải phóng nhiệt khi thử nghiệm cháy mẫu thử là một khối pin Li-ion cỡ gói (pack)
- (2) HRR (BEV#2): Tốc độ giải phóng nhiệt khi thử nghiệm cháy xe ô tô điện (mẫu số 2)
- (3) HRR (ICEV): Tốc độ giải phóng nhiệt khi thử nghiệm cháy xe ô tô động cơ đốt trong
- (4) HRR (BEV body): Tốc độ giải phóng nhiệt khi thử nghiệm cháy thân xe
- (5) HRR (BEV#3): Tốc độ giải phóng nhiệt khi thử nghiệm cháy xe ô tô điện (mẫu số 3)
- (6) HRR (FCEV): Tốc độ giải phóng nhiệt khi thử nghiệm cháy xe nhiên liệu hydro
- (7) THR (LIB pack): Nhiệt lượng tỏa ra khi thử nghiệm cháy mẫu thử là một khối pin Li-ion cỡ gói (pack)
- (8) THR (BEV#2): Nhiệt lượng tỏa ra khi thử nghiệm cháy xe ô tô điện (mẫu số 2)
- (9) THR (ICEV): Nhiệt lượng tỏa ra khi thử nghiệm cháy xe ô tô động cơ đốt trong
- (10) THR (BEV body): Nhiệt lượng tỏa ra khi thử nghiệm cháy thân xe
- (11) THR (BEV#3): Nhiệt lượng tỏa ra khi thử nghiệm cháy xe ô tô điện (mẫu số 3)
- (12) THR (FCEV): Nhiệt lượng tỏa ra khi thử nghiệm cháy xe nhiên liệu hydro

Hình 14. Đồ thị thời gian tốc độ tỏa nhiệt và tổng lượng nhiệt khi thử nghiệm các mẫu thử nêu tại bảng 3 và bảng 4

III. CÁC QUY ĐỊNH KỸ THUẬT VÀ TRÁCH NHIỆM QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG PIN LI-ION VÀ PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION

3.1. Công tác quản lý chất lượng và an toàn PCCC đối với phương tiện giao thông sử dụng Pin Li-ion tại Việt Nam.

3.1.1. Các quy định của pháp luật hiện nay và chỉ đạo của Chính phủ

Hiện nay, công tác quản lý chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với các phương tiện giao thông cơ giới được quy định tại khoản 5 Điều 53 Luật Giao thông đường bộ, cụ thể: “*Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải quy định về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường của xe cơ giới được phép tham gia giao thông, trừ xe cơ giới của quân đội, công an sử dụng vào mục đích quốc phòng, an ninh*”. Việc xây dựng quy chuẩn, tiêu chuẩn đối với phương tiện giao thông cơ giới sử dụng điện và thiết bị lưu trữ điện sử dụng trên các phương tiện giao thông cơ giới được quy định tại Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 01/8/2007 của Chính phủ và Nghị định số 78/2018/NĐ-CP ngày 16/5/2018.

Theo quy định tại khoản 7 Điều 1 Nghị định số 78/2018/NĐ-CP thì Bộ Giao thông vận tải có trách nhiệm thực hiện việc xây dựng, ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia cho các lĩnh vực thuộc chức năng, nhiệm vụ quản lý nhà nước được Chính phủ phân công, trong đó có: ⁽¹⁾ “Phương tiện giao thông vận tải; phương tiện, thiết bị xếp dỡ, thi công chuyên dùng, công-ten-nơ sử dụng trong giao thông vận tải đường bộ, đường sắt, đường thủy nội địa, hàng hải và phương tiện, thiết bị thăm dò, khai thác, vận chuyển trên biển” và ⁽²⁾ “An toàn, vệ sinh lao động (trừ máy, thiết bị, vật tư có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn lao động) đối với: các loại phương tiện giao thông, phương tiện, thiết bị xếp dỡ, thi công chuyên dùng trong giao thông vận tải (trừ phương tiện phục vụ vào mục đích quốc phòng, an ninh và tàu cá); trang bị, thiết bị kỹ thuật chuyên ngành giao thông vận tải; phương tiện, thiết bị thăm dò, khai thác trên biển”.

Bên cạnh đó, cùng với xu thế phát triển bền vững, chủ động thích ứng với biến đổi khí hậu của thế giới hiện nay, trong những năm gần đây, Việt Nam đã đẩy mạnh phát triển phương tiện giao thông điện, nâng dần tỉ lệ xe điện để giảm phát thải các bon và chuyển đổi phương tiện xanh, sử dụng nhiên liệu sạch để thực hiện cam kết của chính phủ với quốc tế về cắt giảm phát thải khí nhà kính và các bon. Theo đó, ngày 22/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 876/QĐ-TTg về phê duyệt Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng

xanh, giảm phát thải khí Các-bon và khí Mê - tan của ngành giao thông vận tải với mục tiêu tổng quát đến năm 2025 phát triển hệ thống giao thông vận tải xanh hướng tới mục tiêu phát thải khí nhà kính về “0” và các mục tiêu cụ thể theo các giai đoạn khác nhau. Tại Quyết định số 876/QĐ-TTg, có giao nhiệm vụ cho các Bộ, ngành có liên quan, cụ thể gồm:

- Bộ Giao thông vận tải: Chủ trì xây dựng, hoàn thiện thể chế, chính sách liên quan đến nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, chuyển đổi sử dụng điện, năng lượng xanh đối với phương tiện, thiết bị, hạ tầng giao thông xanh trong giao thông vận tải; đầu tư phát triển hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông theo quy hoạch; phát triển nguồn nhân lực sẵn sàng tiếp nhận chuyển giao, quản lý, khai thác, vận hành công nghệ mới về phương tiện, trang thiết bị, hạ tầng xanh; huy động nguồn lực trong nước và quốc tế, xây dựng và thực hiện kế hoạch truyền thông và các nhiệm vụ khác nhằm thực hiện Chương trình hành động chuyển đổi năng lượng xanh; tổ chức đánh giá kết quả thực hiện trong ngành giao thông vận tải, báo cáo Thủ tướng Chính phủ.

- Bộ Kế hoạch và Đầu tư: Chủ trì xây dựng cơ chế chính sách khuyến khích đầu tư, hỗ trợ liên quan đến chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí nhà kính đối với phương tiện giao thông đường bộ, đường sắt, đường thủy nội địa, hàng hải, hàng không; hoàn thiện chính sách đầu tư, thu hút đầu tư phát triển hệ thống sạc điện, hạ tầng cung cấp năng lượng xanh cho phương tiện giao thông sử dụng điện, năng lượng xanh.

- Bộ Công thương: Chủ trì phát triển ngành công nghiệp sản xuất phương tiện, trang thiết bị giao thông vận tải sử dụng điện, năng lượng xanh; sản xuất, cung ứng điện, năng lượng xanh thay thế nhiên liệu hóa thạch đáp ứng nhu cầu trong nước; mở rộng phối trộn, cung ứng nhiên liệu sinh học; phát triển hệ thống sạc điện, năng lượng xanh cho phương tiện giao thông.

- Bộ Tài chính: Chủ trì xây dựng, rà soát, hoàn thiện chính sách ưu đãi hỗ trợ sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu phương tiện, trang thiết bị giao thông vận tải sử dụng điện, năng lượng xanh; chính sách ưu đãi hỗ trợ doanh nghiệp kinh doanh vận tải đầu tư, chuyển đổi đoàn phương tiện sử dụng điện, năng lượng xanh, hạ tầng giao thông xanh.

- Bộ Xây dựng: Chủ trì hoàn thiện chính sách ưu tiên phát triển hạ tầng giao thông đô thị cho phương tiện giao thông sử dụng điện, năng lượng xanh, giao thông phi cơ giới; rà soát, ban hành các quy định, tiêu chuẩn thiết kế đường đô thị

có đường dành riêng cho xe đạp và xe đạp điện.

- Ủy ban nhân dân các tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương: Chủ trì phát triển hệ thống giao thông vận tải công cộng sử dụng điện, năng lượng xanh, phát triển giao thông phi cơ giới tại địa phương.

3.1.2. Hệ thống các TCVN và QCVN quy định đối với phương tiện và hạ tầng kỹ thuật cho phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion tại Việt Nam.

Hiện nay, Việt Nam có khoảng 08 quy chuẩn về phương tiện giao thông điện và 21 tiêu chuẩn/ bộ tiêu chuẩn quy định về xe điện, pin xe điện và trạm sạc xe điện (được trình bày tại **Phụ lục 1**), trong đó:

- Đối với trạm sạc điện có 6 tiêu chuẩn/ bộ tiêu chuẩn quy định về yêu cầu kỹ thuật, kết nối điện và an toàn điện, bao gồm: TCVN 7447-7-722 (tương đương IEC 60364-7-722) quy định các yêu cầu về an toàn điện cung cấp năng lượng cho xe điện; TCVN 13724-7 (tương đương IEC 61439-7) quy định về cụm đóng cắt và điều khiển trạm sạc điện; Bộ TCVN 13078 (tương đương IEC 61851) quy định an toàn điện, kết nối giữa xe điện và trạm sạc điện; TCVN 13510 (tương đương IEC 62752) về thiết bị kiểm soát và cấp điện đầu vào nạp điện chế độ 2 cho các xe điện đường bộ. Các tiêu chuẩn này tương đương với tiêu chuẩn IEC, thường được sử dụng và chấp thuận rộng rãi trên thế giới. Ngoài ra, quy định về an toàn trong cấp nguồn trạm sạc điện còn được thực hiện theo Nghị định số 14/2014/NĐ-CP ngày 26/02/2014, Nghị định số 51/2020/NĐ-CP ngày 21/4/2020 của Chính phủ; Thông tư số 05/2021/TT-BCT ngày 02/8/2020 và Thông tư số 39/2020/TT-BCT ngày 30/11/2020 của Bộ Tài chính.

- Đối với phương tiện giao thông điện có 08 QCVN và 08 tiêu chuẩn, bộ tiêu chuẩn quy định về yêu cầu kỹ thuật và an toàn đối với xe đạp, xe máy, xe ô tô điện. Các quy chuẩn, tiêu chuẩn này thường được sử dụng để đánh giá và cấp đủ điều kiện an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe điện.

- Đối với pin, ắc quy Li-ion có khoảng 7 TCVN quy định về yêu cầu kỹ thuật, yêu cầu an toàn và phương pháp thử đối với các pin, ắc quy Li-ion lắp trên xe đạp, xe máy và ô tô điện.

Đối với các quy định về PCCC với hạ tầng trạm sạc, ga ra xe điện, hiện chưa có tiêu chuẩn, quy chuẩn, quy định cụ thể. Các quy định về PCCC đối với các đối tượng này được thực hiện theo quy định đối với đối tượng là các công trình cụ thể đặt trạm sạc như gara độc lập; gara trong nhà, công trình; cửa hàng xăng dầu. Các

tiêu chuẩn/ quy chuẩn áp dụng gồm: QCVN 13:2018/BXD; QCVN 01:2020/BCT; QCVN 12:2014/BXD; QCVN 06:2022 và sửa đổi 01:2023; TCVN 3890:2023; TCVN 7336:2021.

3.1.3. Một số vấn đề còn khó khăn, bất cập

- Về các quy định pháp luật và hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn:

Các quy định pháp luật hiện hành, đặc biệt là các quy định về PCCC còn chưa theo kịp tốc độ gia tăng của các phương tiện cơ giới chạy điện và sự phát triển hạ tầng để phục vụ cung cấp điện cho các phương tiện như việc lắp đặt các trạm sạc, đặc biệt là tại các tòa nhà, nơi tập trung đông người... dẫn đến còn nhiều khó khăn, lúng túng trong công tác quản lý nhà nước. Đặc biệt là, đối với các quy định về PCCC với hạ tầng trạm sạc, ga ra xe điện, hiện chưa có tiêu chuẩn, quy chuẩn, quy định cụ thể.

- Về địa điểm xây dựng, bố trí hạ tầng xe điện:

Đối tượng sử dụng xe điện hiện nay chủ yếu là cư dân đô thị, nơi mà quy hoạch đô thị cơ bản đã có, dẫn đến việc quy hoạch lại hay điều chỉnh quy hoạch để bổ sung hạ tầng sạc xe điện gặp khó khăn. Các địa điểm có nhu cầu cấp thiết xây dựng, lắp đặt trạm sạc điện như: khu đô thị, nhóm nhà ở, tòa nhà chung cư, văn phòng, trung tâm thương mại, siêu thị lớn, đầu mối giao thông, trụ sở cơ quan..., diện tích hiện có ở những địa điểm này có hạn, chỉ có thể xây dựng, lắp đặt bổ sung trạm sạc điện trên cơ sở hạ tầng hiện có. Trong khi đó, tỷ lệ sử dụng trạm sạc điện còn thấp, dẫn đến khó đạt được sự đồng thuận cao của các bên liên quan (chủ đầu tư, đơn vị vận hành kinh doanh, người dân...), nhất là các lo ngại về an toàn phòng chống cháy nổ.

- Về bảo đảm công suất điện cho hạ tầng xe điện:

Mức tiêu thụ điện năng cần thiết cho hạ tầng sạc xe điện tương đối lớn. Mạng lưới phân phối điện hiện tại của khu vực, của tòa nhà... có thể không đáp ứng được nhu cầu lắp đặt thiết bị sạc mới. Việc mở rộng công suất nguồn điện liên quan đến hệ thống phân phối điện hiện có, do đó không dễ dàng trong triển khai thực hiện vì liên quan đến vấn đề chưa có quy hoạch xây dựng, quy hoạch lưới điện cấp nguồn. Thực tế, tại nhiều khu chung cư, nhà ở đông người được lắp đặt các trạm sạc xe máy, xe đạp điện còn chưa được thẩm định, phê duyệt bởi cơ quan chức năng, chưa được đánh giá chất lượng an toàn kỹ thuật (hầu hết vẫn là tự chia đường điện, tự sử dụng và không có các biện pháp an toàn cần thiết), có những khu chung cư cùng

thời điểm cùng sạc nhiều xe điện, nguy cơ quá tải dẫn đến chập cháy là rất lớn .

- Về giao diện hạ tầng sạc xe điện:

Giao diện hạ tầng xe điện còn chưa thống nhất, dẫn đến một trạm sạc xe điện thường chỉ dùng cho một hãng xe nhất định, điều này gây lãng phí và giảm hiệu suất, tỷ lệ sử dụng thiết bị sạc.

- Năng lực chữa cháy của lực lượng chữa cháy tại chỗ còn hạn chế:

Khi xảy ra cháy liên quan đến xe điện, người dân và bảo vệ các tòa nhà với hiểu biết và trang thiết bị còn hạn chế có thể không kịp thời có biện pháp chữa cháy, cứu nạn, cứu hộ phù hợp khiến đám cháy phát triển và lan rộng hơn khi lực lượng PCCC đến nơi. Một bộ phận người sử dụng xe máy, xe đạp điện có thói quen cắm sạc pin qua đêm hoặc không tuân theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Điều này tiềm ẩn nguy cơ cháy nổ rất cao. Tuy pin Li-ion trên xe điện không dễ cháy, nhưng khi cháy lại rất khó dập, đòi hỏi phải có thiết bị chuyên dụng kỹ thuật cao mà mọi chung cư đều chưa được trang bị.

3.2. Quy định về an toàn PCCC đối với phương tiện và hạ tầng kỹ thuật cho phương tiện giao thông sử dụng Pin Li-ion của một số nước trên thế giới

3.3.1. Các tiêu chuẩn quốc tế quy định đối với pin li-ion và phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion

Trên thế giới, các quốc gia khác nhau có bộ tiêu chuẩn riêng quy định yêu cầu kỹ thuật đối với các trạm sạc, xe điện và pin Li-ion trên xe điện. Các tiêu chuẩn của ISO, IEC, UL thường được chấp thuận rộng rãi. Một số tiêu chuẩn của các tổ chức, quốc gia trên thế giới về trạm sạc, xe điện và pin Li-ion trên xe điện được trình bày tại **Phụ lục 1**.

3.3.2. Các quy định của một số quốc gia về PCCC trạm sạc, ga ra xe điện

- Mỹ

Đối với các trạm sạc trong gara đỗ xe, Quy chuẩn quốc gia NFPA 70A và NFPA 88A quy định công suất điện cấp cho tòa nhà phải được tính toán đủ công suất từ việc sạc xe điện, đồng thời, các trạm sạc trong gara đỗ xe phải được tính toán, quản lý và có hệ thống ngắt điện để khi cần có thể ngắt kết nối chúng khỏi lưới điện [21]

Tại quy chuẩn quốc gia NFPA 88A phiên bản 2023 đã thay đổi quy định về việc yêu cầu phải có hệ thống chữa cháy tự động bằng nước ở tất cả các gara xe.

Tại tiêu chuẩn NFPA13 đã thay đổi phân loại bãi đỗ xe theo hướng tăng tính nguy hiểm cháy (từ nhóm nguy cơ cháy trung bình 1 (Ordinary Hazard Group 1) thành nhóm nguy cơ cháy trung bình 2 (Ordinary Hazard Group 2) [15]. Khi thiết kế hệ thống chữa cháy đối với bãi đỗ xe điện (có thể bao gồm cả xe động cơ đốt trong) nên phân nhóm là EH1 (Extra Hazard) thay vì phân nhóm OH1 (Ordinary Hazard). Hệ thống chữa cháy tự động phải bảo đảm phun nước tối thiểu 2 giờ. Đối với các gara hở không có thay đổi, tuy nhiên để một gara xe được xem là gara hở thì không được có bất kỳ vật cản nào đối với luồng không khí đi qua cấu trúc. Nếu có những bức tường gần với cấu trúc ở hai bên trở lên, tốc độ thông gió tự nhiên từ 914 lít/phút/m² diện tích sàn thì được xem là gara hở [14]

- Trung Quốc

Quy định về an toàn PCCC các trạm sạc xe điện ở Trung Quốc thực hiện theo Tiêu chuẩn GB 50966-2014 “Code of Design of Electrical Vehicle Charging Station”, theo đó đối với trạm sạc trong nhà không có quy định riêng, quy định về PCCC theo đối tượng, hạng mục công trình. Đối với trạm sạc ngoài trời yêu cầu trang bị bình chữa cháy xách tay (bình bột ABC 5kg); số lượng đối với trụ sạc thường AC: 4 trụ sạc/ 1 bình, tối thiểu 2 bình 1 vị trí; trụ sạc nhanh DC (< 120kW): 2 trụ sạc/ 1 bình, tối thiểu 2 bình 1 vị trí; Trụ sạc nhanh DC (180 -360kW): 1 trụ sạc/ 1 bình, tối thiểu 2 bình 1 vị trí.

- Australia

Từ 01/10/2023, Bãi đỗ xe điện và trạm sạc xe điện trong nhà được nâng hạng nguy hiểm cháy nổ lên thành hạng đặc biệt (Special Hazard) theo quy định của Bộ luật xây dựng quốc gia Australia (NCC) [13];

- Anh

Các quy định xây dựng đối với các công trình gara ở Vương quốc Anh được quy định tại quy chuẩn “The Building Regulations 2010, Approved Document B, Volume 2 - Buildings other than dwellings” và tiêu chuẩn về trạm sạc xe điện “BS 7161:2018 Requirements for Electric Installation, Section 722 – Electric vehicle charging installation”. Tiêu chuẩn BS 7161 không phân biệt giữa bãi đỗ xe điện và các loại xe khác. Các quy chuẩn, tiêu chuẩn trên không có yêu cầu nào liên quan đến hệ thống phun nước cho nhà để xe, nhưng yêu cầu kết cấu phải được xây dựng bằng vật liệu không cháy. Các yêu cầu về PCCC chủ yếu dựa vào hệ thống thông gió (thông gió mở, thông gió tự nhiên và thông gió cơ học) để giảm

sự tích tụ khói nóng, do đó giảm nguy cơ cháy lan rộng.

Vào năm 2023, Chính phủ Anh đã ban hành hướng dẫn tạm thời về an toàn phòng cháy chữa cháy cho xe điện và trạm sạc, hướng dẫn này sẽ được cập nhật khi có thêm nghiên cứu và dữ liệu về các vụ cháy xe điện. Hướng dẫn liệt kê các biện pháp mà người điều hành các gara mới và hiện có có thể xem xét để loại bỏ, giảm thiểu, cách ly hoặc kiểm soát các vụ cháy xe điện. Ví dụ bao gồm việc loại bỏ các trạm sạc bị lỗi (biện pháp loại bỏ); tăng khoảng cách giữa các ô tô để hạn chế cháy lan (biện pháp giảm nguy cơ); trang bị hệ thống báo cháy tự động cho các gara để cảnh báo người ở trong nhà và thông báo cho lực lượng cứu hỏa khi có cháy (biện pháp phòng ngừa); và lắp đặt các thiết bị ngắt điện để cắt điện vào các trạm sạc khi có hỏa hoạn (biện pháp không chế) [21].

- Na Uy

Các yêu cầu của Na Uy đối với xây dựng nhà để xe được mô tả trong Quy định về yêu cầu kỹ thuật đối với công trình xây dựng (TEK 17). Tiêu chuẩn TEK 17 (ban hành 2017) không có quy định khác biệt giữa gara xe động cơ đốt trong và gara xe điện trang bị trạm sạc.

- Áo

Vào tháng 6 năm 2023, chính phủ Áo đã sửa đổi luật xây dựng (OIB Richtlinie 2.2), lần đầu tiên đưa ra các hạn chế đối với các trạm sạc xe điện trong gara đỗ xe, yêu cầu các trạm sạc phải được bảo vệ khỏi các nguy cơ va chạm và cấm đặt trong các gara chỉ có thể tiếp cận bằng thang máy. Đồng thời, Luật (OIB Richtlinie 2.2) cũng quy định các trạm sạc có công suất lớn hơn 22kW chỉ được lắp đặt trong gara một tầng có diện tích dưới 250 m² hoặc có hệ thống phun nước và thiết bị ngắt khẩn cấp tự động, có thể được lắp đặt trong gara đỗ xe với hệ thống báo cháy tự động và được trang bị thiết bị tắt trạm sạc khẩn cấp, đồng thời cần đặt gần lối vào gara để lính cứu hỏa có thể dễ dàng di chuyển xe điện khi có sự cố cháy, nổ. Luật cũng hạn chế các trạm sạc có hệ thống lưu trữ năng lượng tích hợp. Các trạm sạc chỉ có thể được lắp đặt trong các gara nhỏ (dưới 250 m²) với bộ lưu trữ dưới 100 kWh đã được kiểm tra khả năng lan truyền lửa. Các gara, trạm sạc này cần phải xây dựng kế hoạch phòng cháy chữa cháy (ví dụ: lập bản đồ vị trí trạm sạc và thiết bị tắt trạm sạc khẩn cấp), để thông báo các biện pháp can thiệp của chiến sĩ PCCC trong trường hợp xảy ra sự cố cháy, nổ liên quan đến xe điện [21].

- Hà Lan

Vào năm 2021, Viện An toàn Phòng cháy chữa cháy đã hợp tác với các cơ quan PCCC để xác định các biện pháp nhằm tăng cường an toàn cháy nổ trong các gara đỗ xe có trạm sạc. Những giải pháp đưa ra nhằm hướng dẫn chung và được điều chỉnh cho phù hợp với hoàn cảnh cụ thể (ví dụ: vật liệu xây dựng nhà để xe, cách bố trí, v.v.), bao gồm: ⁽¹⁾ Tăng cường bảo vệ kết cấu công trình xây dựng gần các khu vực đỗ xe trang bị trạm sạc giảm nguy cơ cháy nổ liên quan đến trạm sạc, đồng thời bổ sung trang bị hệ thống bảo vệ va chạm trạm sạc hoặc đặt trạm sạc ở vị trí khó xảy ra va chạm; ⁽²⁾ Trạm sạc được thiết kế khả năng tắt nguồn khẩn cấp, có lối thoát hiểm xung quanh, thông gió và cách xa chỗ đậu xe để ngăn cháy lan và khí cháy độc hại; ⁽³⁾ Xây dựng hướng dẫn sử dụng bãi đỗ xe và trạm sạc, xử lý tình huống khi có cháy và cách nhận diện thông báo lỗi từ hệ thống quản lý pin (BMS) cho người lái xe; ⁽⁴⁾ Lắp đặt, trang bị các hệ thống cảnh báo cháy, thông báo khẩn cấp, hệ thống hút khói. Từ năm 2024, chính phủ Hà Lan dự kiến sẽ đưa ra một số quy định bắt buộc để giảm thiểu sự cố cháy liên quan đến xe điện, như yêu cầu về trang bị, lắp đặt thiết bị, hệ thống có khả năng tắt đồng thời tất cả các trạm sạc trong gara đỗ xe; chỉ dẫn rõ vị trí của trạm sạc tại lối vào gara đỗ xe. Cuối cùng, tại các gara đỗ xe xây dựng mới dưới một số loại hình tòa nhà, công trình nơi có người lưu trú qua đêm phải được trang bị hệ thống chữa cháy tự động (ví dụ như chung cư, nhà trẻ, bệnh viện) [21].

IV. CÁC BIỆN PHÁP PHÒNG CHÁY, CHỮA CHÁY CÁC PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION

4.1. Các biện pháp phòng cháy

4.1.1. Các biện pháp phòng cháy phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion

* **Sử dụng các sản phẩm có nguồn gốc xuất xứ rõ ràng**, đã được cơ quan quản lý nhà nước chứng nhận chất lượng. Cụ thể:

- Lựa chọn, sử dụng phương tiện (xe điện, pin, ắc quy, thiết bị sạc) bảo đảm chất lượng, đã được cơ quan quản lý có thẩm quyền kiểm định, chứng nhận theo quy định.

- Không sử dụng các loại pin trôi nổi trên thị trường để tự thay thế trên phương tiện giao thông của mình.

- Đảm bảo rằng chỉ sạc pin bằng bộ sạc đi kèm với thiết bị. Ngay cả khi cần mua một bộ sạc mới, hãy tuân thủ các khuyến nghị của nhà sản xuất trước và đảm bảo phải phù hợp với thiết bị

* **Tuân thủ các hướng dẫn sử dụng, bảo quản, bảo dưỡng**

- *Lựa chọn vị trí nạp, sạc phương tiện phù hợp*

+ Chỉ tiến hành sạc xe điện ở khu vực đã được cấp phép theo quy định, đặc biệt là tại các trạm xăng, điểm dừng nghỉ, trong nhà và công trình...;

+ Đối với trạm sạc xe điện đặt tại gara xe độc lập; tại gara xe trong nhà của các công trình: Các tủ điện, thiết bị điều khiển và cấp nguồn cho trạm sạc phải bảo đảm các yêu cầu kỹ thuật điện, yêu cầu về PCCC theo quy định và có giải pháp ngăn cháy với khu vực gara;

+ Vị trí nạp, sạc ở chung cư, nhà tập thể, nhà ở nhiều căn hộ nên bố trí ở nơi khô ráo thoáng mát, khi sạc trong phòng cần tránh nơi kín đảm bảo điều kiện thông thoáng gió tốt; không bố trí các vật dụng, hàng hóa dễ cháy, nổ gần nguồn lửa, nguồn nhiệt, thiết bị sinh lửa sinh nhiệt, được ngăn cách riêng với các khu vực khác để đảm bảo ngăn cháy. Nên trang bị hệ thống báo cháy hoặc các thiết bị báo cháy và các bình chữa cháy đã được cơ quan quản lý chứng nhận phù hợp với xe điện;

+ Các hệ thống điện cấp nguồn cho các trạm, thiết bị sạc nên thường xuyên kiểm tra, bảo dưỡng, thay thế thiết bị hỏng hóc theo quy định.

- *Khi vận hành, sử dụng phương tiện*

+ Vận hành, sử dụng tuân thủ hướng dẫn của nhà sản xuất, trong đó chủ sở hữu không nên để pin/ắc quy quá cạn, cần tiến hành nạp khi dung lượng pin/ ắc quy gần hết; nguồn điện, thiết bị sạc phải ổn định về điện áp, có thông số phù hợp với yêu cầu của nhà sản xuất;

+ Sử dụng xe bảo đảm tải trọng theo hướng dẫn của nhà sản xuất, không sử dụng xe điện trong tình trạng quá tải khiến tuổi thọ ắc quy bị ảnh hưởng, nguy cơ sự cố gia tăng;

+ Không nên sạc điện ngay khi phương tiện, thiết bị vừa hoạt động, cần chờ pin/ắc quy nguội rồi mới sạc, tránh tình trạng sạc khi pin/ ắc quy đang nóng; không nên sạc pin qua đêm hoặc sạc quá thời gian khuyến cáo của nhà sản xuất;

+ Khi không sử dụng hoặc tiến hành sạc điện cần tắt khóa điện nguồn, nếu không sẽ khiến pin bị xả điện quá mức đến điện áp dưới vượt quá quy định của nhà sản xuất, gây đoản mạch, cháy nổ và phát nóng pin/ắc quy.

+ Không tự ý thay đổi kết cấu của xe, lắp thêm các phụ kiện, thiết bị tác động đến hệ thống dây dẫn và nguồn điện của xe (thiết bị không tương thích, chênh lệch nguồn điện có thể làm pin/ắc-quy phát nổ). Trong quá trình sử dụng, nếu phát hiện sự cố với pin/ắc quy, không nên tự mình thực hiện việc sửa chữa hoặc thay thế pin. Thay vào đó, hãy đưa sản phẩm đến trung tâm dịch vụ hoặc đại lý của nhà sản xuất để thực hiện quá trình sửa chữa hoặc thay thế pin, và đồng thời lựa chọn pin có chính hãng của nhà sản xuất xe, nhằm tránh nguy cơ sử dụng pin không tương thích có thể gây ra tình trạng phát nổ của pin/ắc quy

- Bảo quản, bảo dưỡng phương tiện

+ Kiểm tra, bảo dưỡng định kỳ phương tiện theo khuyến cáo của nhà sản xuất hoặc khi phát hiện sự cố;

+ Thường xuyên kiểm tra, bảo trì, bảo dưỡng các thiết bị, hệ thống điện, phương tiện PCCC tại khu vực, vị trí sạc để kịp thời phát hiện, thay thế các thiết bị hư hỏng trong quá trình hoạt động

+ Không nên để xe ở nơi có nhiệt độ cao để gây phát nóng pin/ ắc quy; tránh để ở nơi ẩm ướt khiến xe bị chập điện, có thể gây cháy nổ pin/ ắc quy;

+ Khi rửa xe, cần lưu ý không dùng tia nước áp lực cao hoặc phun trực tiếp vào các vị trí đặt pin/ắc quy. Sau khi rửa xe, cần lau khô khu vực pin/ắc-quy, phanh của xe rồi mới khởi động lại. Khi đi mưa về cần để xe ở vị trí khô ráo,

thoáng gió để hong khô và kiểm tra có nước vào trong vị trí pin/ắc-quy không.

+ Nếu không sử dụng trong thời gian dài, không được để pin/ ắc quy bị cạn kiệt điện, cần sạc ở mức tối thiểu (không quá 50% công suất sạc, tốt nhất là 30%) theo hướng dẫn của nhà sản xuất trước khi lưu giữ [11].

*** Ứng dụng công nghệ nhằm giảm nguy cơ cháy phương tiện**

- Cải tiến chất lượng pin Li-ion:

Ở cấp độ tế bào các biện pháp phòng ngừa được thực hiện thông qua cải tiến kỹ thuật, cấu trúc và vật liệu chế tạo pin. Như nội dung trước đã trình bày, đặc tính cháy nổ của Pin Li-ion xuất phát từ các lớp điện phân rắn trung gian (SEI/CEI), phụ thuộc vào vật liệu điện cực, chất điện phân và màng ngăn. Thông qua cải tiến vật liệu chế tạo các điện cực và chất điện phân giúp các lớp này ổn định về cấu trúc và nhiệt, giảm thoát các khí gây cháy; cải tạo màng ngăn giúp lớp này có thể ngăn chặn sự vận chuyển ion lithium khi có sự cố ngắn mạch hoặc quá nhiệt, qua đó ngăn ngừa, hạn chế phản ứng dây chuyền có thể dẫn đến cháy, nổ của pin Li-ion.

- Tích hợp các hệ thống phòng ngừa, cảnh báo và hỗ trợ an toàn trên phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion

Ở quy mô lớn (mô đun, hệ thống) như trên các phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion (ô tô con, xe khách, xe bus điện) các biện pháp phòng ngừa gồm: sử dụng các hệ thống quản lý pin (BMS), giúp kiểm soát và ngăn chặn việc sạc, xả quá mức, đồng thời vận hành tối ưu để hiệu suất sử dụng tốt nhất và kéo dài tuổi thọ của pin. Cùng với BMS, hệ thống quản lý nhiệt (TMS) tăng khả năng bảo vệ an toàn cho các mô đun và hệ thống pin thông qua việc duy trì nhiệt độ hoạt động tối ưu cho mỗi tế bào và giảm sự thay đổi nhiệt độ bên trong và giữa các mô-đun bằng các phương pháp làm mát khác nhau. Đồng thời, nghiên cứu, thiết kế bổ sung các biện pháp ngăn cháy lan giữa mô đun pin sang không gian lân cận và kết hợp xả áp bên trong để tránh gây nổ.

Ngoài ra, việc tích hợp hệ thống hỗ trợ người lái tiên tiến (ADAS) như phanh khẩn cấp tự động, hỗ trợ giữ làn đường và phát hiện va chạm đặc biệt có lợi trên xe điện. Những hệ thống này đóng góp đáng kể vào sự an toàn khi vận hành bằng cách ngăn ngừa các tai nạn có thể ảnh hưởng đến tính toàn vẹn của hệ thống điện của xe.

- Phát hiện cháy sớm

Thông qua các dấu hiệu về khói và nhiệt, các đám cháy Pin Li-ion có thể được

phát hiện bằng nhiều loại đầu báo cháy khác nhau như:

+ Sử dụng các loại đầu báo phát hiện khói, khí: Đầu báo cháy khói chùm tia tuyến tính (beam); đầu báo cháy khói quang/ ion hóa; Bộ phát hiện khói công nghệ hút, đầu báo cháy khí (CO, CO₂, HF...);

+ Sử dụng các loại đầu báo cháy nhiệt;

+ Sử dụng các loại đầu báo phát hiện ngọn lửa: Đầu báo cháy lửa tia hồng ngoại (IR), Đầu báo cháy lửa tia cực tím (UV) hoặc IR kết hợp UV;

Một số nghiên cứu đã chứng minh, việc sử dụng các loại đầu báo cháy khói và nhiệt kết hợp giúp phát hiện đám cháy pin Li-ion nhanh nhất [5, 9]. Ngoài ra, đám cháy pin Li-ion còn được phát hiện thông qua hệ thống camera giám sát. Hiệu quả của công nghệ này phụ thuộc vào người vận hành và độ phân giải của camera và màn hình hiển thị. Để nâng cao hiệu quả, các công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) hoặc thuật toán trực quan có thể được tích hợp để tự động phát hiện khói và/hoặc ngọn lửa.

4.1.2. Các biện pháp phòng cháy trạm sạc và gara cho phương tiện giao thông sử dụng Pin Li-ion.

*** *Tuân thủ các quy định khi thiết kế các trạm sạc, gara***

Thiết kế, xây dựng trạm sạc điện đảm bảo các quy định kỹ thuật hiện hành là điều kiện đầu tiên giúp bảo đảm an toàn điện, an toàn cháy nổ trạm sạc điện. Hiện nay, Việt Nam có các bộ tiêu chuẩn về trạm sạc như: ⁽¹⁾ TCVN 7447-7-722 (tương đương IEC 60364-7-722) quy định các yêu cầu về an toàn điện cung cấp năng lượng cho xe điện; ⁽²⁾ TCVN 13724-7 (tương đương IEC 61439-7) quy định về cụm đóng cắt và điều khiển trạm sạc điện; ⁽³⁾ Bộ TCVN 13078 (tương đương IEC 61851) quy định an toàn điện, kết nối giữa xe điện và trạm sạc điện; ⁽⁴⁾ TCVN 13510 (tương đương IEC 62752) về thiết bị kiểm soát và cấp điện đầu vào nạp điện chế độ 2 cho các xe điện đường bộ. Đây là các tiêu chuẩn kỹ thuật điện có các yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn điện, được áp dụng trên thế giới. Khi tính toán thiết kế trạm sạc điện đảm bảo đủ tải và tính toán dự phòng đến số lượng xe điện phát sinh trong tương lai.

Ngoài ra, cần thiết kế một số giải pháp phòng cháy bổ sung như: Thiết kế, bố trí cơ cấu ngắt điện trạm sạc khẩn cấp để khi cần có thể ngắt kết nối chúng khỏi lưới điện; xây dựng sơ đồ chỉ dẫn trạm sạc ở lối ra, vào gara và vị trí trực của nhân viên và phục vụ lực lượng chữa cháy khi có đám cháy; bố trí lối thoát nạn,

lôi di chuyển để khi cần có thể di chuyển xe điện bị sự cố ra khỏi khu vực gara.

*** Trang bị hệ thống, thiết bị báo cháy và chữa cháy hiệu quả**

Giải pháp PCCC cho trạm sạc điện là bố trí hệ thống báo cháy hoặc hệ thống camera để kịp thời phát hiện, đồng thời bố trí các hệ thống chữa cháy cục bộ bên trong các trạm sạc để kịp thời dập tắt đám cháy.

Đối với giải pháp chữa cháy, do các mô đun Pin Li-ion được bố trí trong tủ kín nằm trong kết cấu gầm xe, do đó các chất chữa cháy bị giới hạn khả năng tiếp cận đến sâu trong các mô đun Pin Li-ion. Giải pháp chữa cháy phù hợp ở đây là tăng cường làm mát, giảm thiểu cháy lan từ xe này sang xe khác trong gara, bãi đỗ. Do đó, giải pháp phù hợp để chữa cháy đám cháy xe điện trong các gara là sử dụng các hệ thống chữa cháy nước, gốc nước (nước, bọt, nước có phụ gia), trong đó hiệu quả nhất là chữa cháy bằng hệ thống nước phun sương áp lực cao để làm mát khu vực xảy ra cháy xe điện

*** Giải pháp ngăn cháy lan**

Từ đặc tính cháy có áp lực của ngọn lửa theo phương ngang của xe điện, để hạn chế cháy lan giữa các xe với nhau, giải pháp khả thi nhất là tăng khoảng cách giữa các xe điện với nhau trong gara đỗ xe và giữa xe điện với trạm sạc, hoặc có giải pháp ngăn cháy giữa xe điện với xe điện và với trạm sạc.

4.2. Các phương pháp chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ.

4.2.1. Các phương pháp chữa cháy và các chất chữa cháy

Việc chữa cháy các đám cháy xe điện thường kết hợp 02 biện pháp gồm: Chữa cháy bên trong các mô đun pin trên xe và chữa cháy bên ngoài xe điện. Hiệu quả của mỗi biện pháp và việc lựa chọn giải pháp phù hợp phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc của pin và khả năng tiếp cận để đưa chất chữa cháy đến gốc lửa.

Chữa cháy bên trong mô đun pin là giải pháp chữa cháy mà chất chữa cháy có thể phun trực tiếp tới các tế bào đang xảy ra sự cố thoát nhiệt, hiệu quả chữa cháy của các chất chữa cháy trong trường hợp này là cao nhất.

Chữa cháy bên ngoài (như khu vực đỗ xe điện) là giải pháp chữa cháy mà chất chữa cháy do bị hạn chế bởi cấu trúc xe, tủ chứa pin (trên xe điện các mô đun pin bố trí trên xe điện được đặt trong các tủ kín, bố trí trong khung, gầm xe), do đó chất chữa cháy không thể hoặc chỉ một phần rất nhỏ có khả năng tiếp cận đến các tế bào bên trong pin. Trường hợp này các chất chữa cháy không thể ngăn chặn hiện tượng thoát nhiệt bên trong tế bào pin, mục tiêu của chữa cháy trong trường

hợp này là làm mát, giảm khả năng cháy lan từ đám cháy xe điện sang môi trường xung quanh.

Việc lựa chọn giải pháp chữa cháy hiệu quả dựa trên việc phân tích, lựa chọn được các chất chữa cháy phù hợp đối với từng giải pháp bên trong và bên ngoài. Cụ thể như sau:

** Chữa cháy bên trong*

Phương pháp chữa cháy bên trong (hay còn gọi là chữa cháy cấp độ tế bào) được thực hiện bằng cách tích hợp các hệ thống chữa cháy bên trong hệ thống pin của xe. Ở phương pháp này, chất chữa cháy tác động trực tiếp tới bề mặt cháy của (các) tế bào pin Li-ion, điều này có lợi nhất về khả năng tiếp cận của chất chữa cháy với đám cháy.

Để chữa cháy hiệu quả chất chữa cháy phải có khả năng phải loại bỏ một hoặc nhiều yếu tố gây cháy trong tam giác cháy. Các cơ chế chữa cháy của các chất chữa cháy hiện nay bao gồm: ⁽¹⁾ Làm mát: Gồm làm mát bề mặt bằng việc giảm nhiệt độ bề mặt của vật cháy và làm mát khí cháy bằng giảm nhiệt độ khí nóng sinh ra từ đám cháy; ⁽²⁾ Cách ly (ngăn cách) bề mặt nhiên liệu (chất cháy) khỏi chất oxy hóa (không khí); ⁽³⁾ Làm lạnh đoạn nhiệt; ⁽⁴⁾ Làm loãng (làm ngắt) bằng cách làm loãng nồng độ oxy trong môi trường cháy; ⁽⁵⁾ Ức chế (kìm hãm) bằng cách loại bỏ các gốc tự do để phá vỡ chuỗi phản ứng hóa học trong quá trình cháy làm giảm nhiệt độ ngọn lửa. Hiện nay, các chất chữa cháy có sẵn gồm: ⁽¹⁾Các chất chữa cháy gốc nước như nước, bọt và sương nước có hoặc không có chất phụ gia; ⁽²⁾Các chất chữa cháy khí như C₆F₁₂O (Novec1230), các khí trơ (IG100, IG541, IG55, v.v.), FM200 và gốc Halon; ⁽³⁾ Các chất dạng bột khô chữa cháy, dạng sol khí. Mỗi chất chữa cháy có một hoặc nhiều cơ chế chữa cháy. Bảng 5 trình bày cơ chế chữa cháy của các chất chữa cháy hiện nay [24]

Bảng 5. Cơ chế chữa cháy của các chất chữa cháy [24]

STT	Chất chữa cháy	Cơ chế chữa cháy	
		Chủ yếu	Tác dụng khác
1.	Nước (dạng giọt, trong hệ thống chữa cháy tự động)	Làm mát bề mặt	Cách ly bề mặt chất cháy khỏi ô xy
2.	Sương nước (hệ thống phun sương)	Làm mát khí cháy; Làm lạnh đoạn nhiệt	Làm mát bề mặt; Làm loãng nồng độ ô xy

STT	Chất chữa cháy	Cơ chế chữa cháy	
		Chủ yếu	Tác dụng khác
3.	Sương nước thêm phụ gia (hệ thống phun sương)	Làm mát khí cháy; Làm lạnh đoạn nhiệt; Ức chế phản ứng hóa học và/ hoặc cách ly bề mặt chất cháy khỏi ô xy	Làm mát bề mặt chất cháy; Làm loãng nồng độ oxy
4.	Bột chữa cháy	Cách ly bề mặt chất cháy khỏi ô xy	Làm mát bề mặt
5.	C ₆ F ₁₂ O (FK5-1-12)	Ức chế phản ứng hóa học	Làm mát khí cháy
6.	Các khí trơ (IG 100 (N ₂), IG01 (Agon), IG541, IG55, CO ₂ ...)	Làm lạnh đoạn nhiệt	Cách ly bề mặt chất cháy khỏi ô xy
7.	Sol khí (Aerosol)	Ức chế phản ứng hóa học; Làm lạnh đoạn nhiệt	làm loãng nồng độ oxy
8.	Bột chữa cháy	Ức chế phản ứng hóa học	Cách ly bề mặt chất cháy khỏi ô xy
9.	Chất chữa cháy AVD	Cách ly bề mặt chất cháy khỏi ô xy	Làm mát bề mặt chất cháy

*** Chú thích:**

- C₆F₁₂O: Hay còn gọi là FK-5-1-12, có công thức hóa học CF₃CF₂C(O)CF(CF₃)₂. C₆F₁₂O thân thiện với môi trường và là giải pháp thay thế Halon và FM200 vì đặc tính của nó là không làm suy giảm tầng ozone, thời gian tồn tại trong khí quyển chỉ năm ngày. C₆F₁₂O ở dạng khí dập tắt đám cháy chủ yếu bằng cách hấp thụ năng lượng, loại mát từ bề mặt và ức chế các phản ứng hóa học của đám cháy mà không làm giảm nồng độ oxy.

- Sol khí: Khí dung được tạo ra từ các sol khí rắn có dạng hạt muối kim loại kiềm mịn (ví dụ: muối gốc kali nhỏ hơn 10µm) và các sản phẩm phụ của các chất khí (ví dụ: N₂, CO₂ và hơi nước). Các sol khí cản trở và ức chế phản ứng hóa học trong ngọn lửa và làm giảm nhiệt độ ngọn lửa đoạn nhiệt để dập tắt ngọn lửa. Một số sol khí cũng có thể làm giảm nồng độ oxy trong môi trường kín khí.

- Chất chữa cháy AVD: Dung dịch Vermiculite phân tán (AVD) là một sản phẩm được sáng chế và sản xuất bởi Công ty Dupré Minerals Limited (Vương quốc Anh). Vermiculite là một nhóm silicat nhôm-sắt-magiê ngậm nước ở dạng mỏng và phẳng chứa các lớp nước cực nhỏ được tẩy rửa hóa học thành những tiểu cầu cực nhỏ lơ lửng tự do trong nước. AVD được phun vào đám cháy ở dạng sương mù, nở ra và khô khi gặp nóng, bao bọc bề mặt cháy bằng một lớp màng và ngăn cháy ô xy để dập tắt đám cháy. Ngoài ra hàm lượng nước trong AVD còn có tác dụng làm mát nguồn nhiên liệu cháy. AVD tương tự như hệ thống phun sương nước có phụ gia.

Hiệu quả chữa cháy của một số chất chữa cháy đã được một số nhà sản xuất khuyến cáo trình bày tại bảng 6. [5]

Bảng 6. Hiệu quả chữa cháy của một số chất chữa cháy nhà sản xuất khuyến cáo

Công ty	Quốc gia	Năm	Quy mô	Loại Pin	Chất chữa cháy							
					Nước	CO ₂	Bọt	Bột	N ₂	Halogen	Cát	Tất cả
Yuka Energy	Trung Quốc	2011	Gói	LCO		x	x	x			x	
Mikata	Mỹ	2013	Gói	NCO	x		x	x				
Enertech	Hàn Quốc	2017	Gói	NMC	x			x			x	
Samsung	Hàn Quốc	2011	Tế bào	NMC	x			x				
Sam Sung	Hàn Quốc	2016	Tế bào	NMO	x	x	x	x	x			
Saft	Pháp	2009	Gói	LCO	x	x		x		x		
Big Power	Mỹ	2017	Gói	LCO	x	x		x				
LG Chem	Hàn Quốc	2013	Tế bào	NMC								x
Motorola	Mỹ	2017	Gói	LCO	x	x	x	x				
Ideal	Mỹ	2010	Tế bào	LCO	x	x	x	x				
SDPT	Trung Quốc	2016		LCO	x	x						
Bren - Tronics	Mỹ	2013	Gói	LCO	x	x	x	x				
Advance Energy	Mỹ	2011		LCO								x
Leo Energy	Singapore	2014		NMC	x		x					
IDX	Nhật Bản	2016	Gói	LMO	x	x	x	x	x			
Panasonic	Mỹ	2015		NMC	x	x	x	x				

Tuy nhiên, để đánh giá đầy đủ và toàn diện hiệu quả của các chất chữa cháy đối với phương pháp chữa cháy bên trong cần phải tiến hành các thử nghiệm kiểm chứng thực tiễn và độc lập. Hiện nay, trên thế giới, một số tổ chức, nhà nghiên cứu đã tiến hành nhiều thử nghiệm đánh giá hiệu quả của một số loại chất chữa

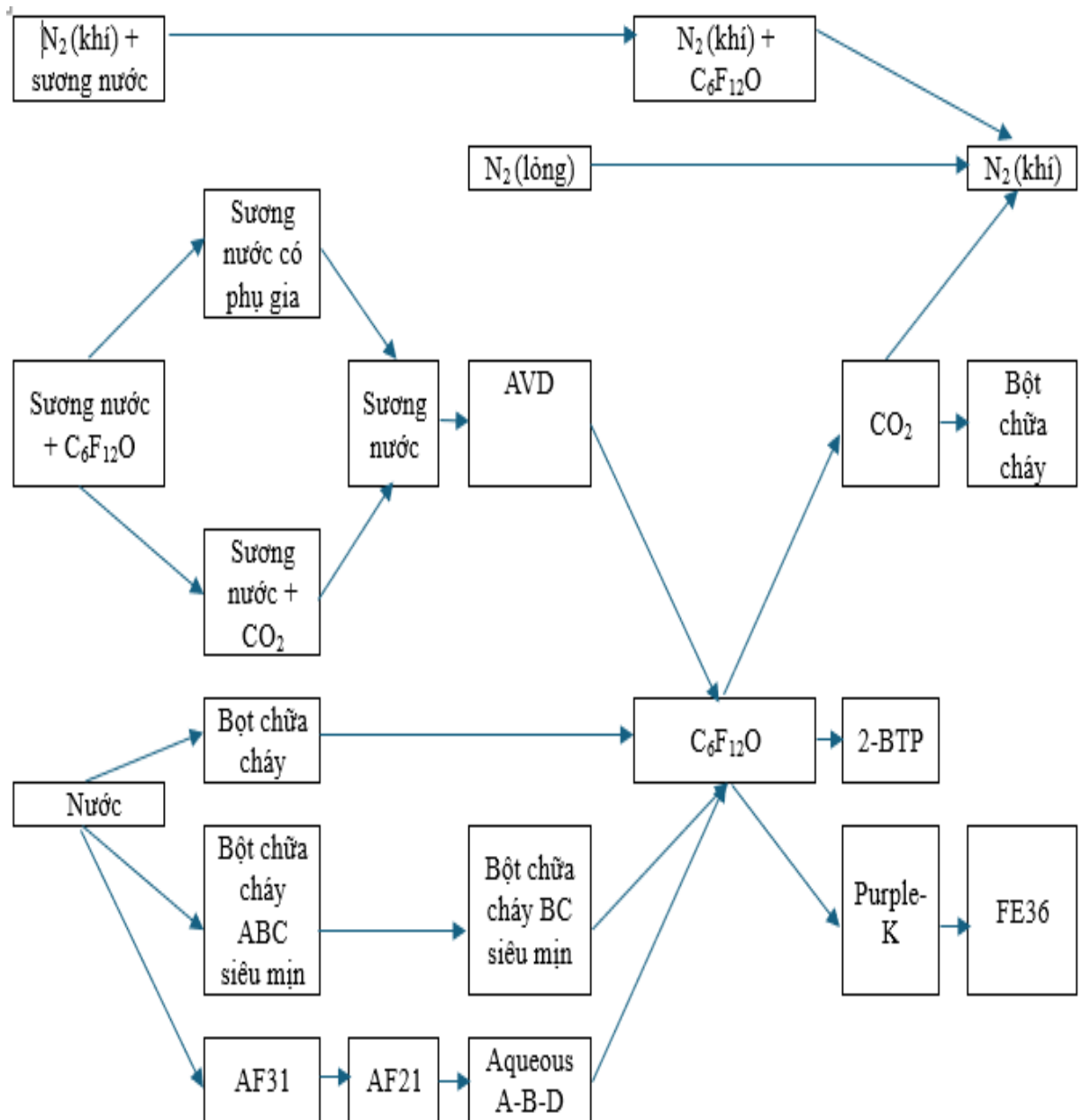
cháy đối với phương pháp chữa cháy bên trong. Các kết quả thử nghiệm được ghi nhận, tổng kết ở bảng 7 và tóm tắt ở hình 15 [24]

Bảng 7. Hiệu quả làm mát của các chất chữa cháy khi thử nghiệm ở cấp độ tế bào

STT	Loại pin thử nghiệm	Hiệu quả làm mát
1.	LFP 1.2Ah	N ₂ (lỏng) > N ₂ (khí)
2.	LFP 15Ah	Sương nước thêm chất phụ gia F500 3% > Sương nước
3.	NMC 117Ah	Nước > C ₆ F ₁₂ O
4.	NMC 2.6Ah	Sương nước thêm chất phụ gia chữa cháy > Sương nước
5.	NCA 3.4Ah	Sương nước + N ₂ (khí) > N ₂ (khí) + C ₆ F ₁₂ O > N ₂ (khí)
6.	NCA 3Ah	Sương nước thêm chất phụ gia F500 3% > Sương nước
7.	LFP/LCO/NMC 1.3-1.5Ah	Sương nước thêm muối NaCl > Sương nước
8.	NMC 2.6Ah	Nước > Bột ABC siêu mịn > Bột BC siêu mịn > C ₆ F ₁₂ O
9.	NMC 4Ah	Sương nước > AVD
10.	LFP 20Ah	Sương nước thêm chất phụ gia chữa cháy > Sương nước
11.	NMC 26Ah/4.2Ah LFP 20Ah	AVD > C ₆ F ₁₂ O > 2-BTP
12.	NMC 94Ah	Sương nước > CO ₂
13.	NMC 38Ah	Sương nước + C ₆ F ₁₂ O > Sương nước thêm chất phụ gia chữa cháy > Sương nước > C ₆ F ₁₂ O
14.	LFP 243Ah	Sương nước + C ₆ F ₁₂ O > Sương nước + CO ₂ > Sương nước > C ₆ F ₁₂ O
15.	LNO 20Ah	Nước > bột > Sương nước > CO ₂ > Bột chữa cháy
16.	LFP 30Ah	CO ₂ > N ₂ (khí)
17.	LFP 30Ah	Sương nước thêm chất phụ gia chữa cháy > Sương nước
18.	NMC 50Ah	C ₆ F ₁₂ O > CO ₂
19.	LFP 20Ah (50%SOC)	Sương nước thêm chất phụ gia chữa cháy > Sương nước
20.	LFP 100Ah	CO ₂ > Bột chữa cháy siêu mịn
21.	Unknown chemistry 2.6Ah (50%SOC)	Nước > AF31 > AF21 > Aqueous A-B-D > C ₆ F ₁₂ O > Purple-K > FE36

Chú thích:

- Ký hiệu “ > ” nghĩa là hiệu quả làm mát tốt hơn;
- Ký hiệu “ + ” nghĩa là kết hợp, ví dụ “Sương nước + C₆F₁₂O” nghĩa là chữa cháy bằng phun sương nước kết hợp C₆F₁₂O
- AF31, AF21, Aqueous A-B-D: các chất chữa cháy gốc nước.
- Purple-K: hay còn gọi là PKP, là một hóa chất chữa cháy dạng bột khô, màu tím, thành phần chính là kali bicarbonate.
- FE36: Chất chữa cháy khí sạch HFC-236fa
- F500: một loại chất phụ gia chữa cháy
- 2-BTP: Chất khí chữa cháy công thức hóa học C₃H₂F₃Br



Hình 15. Sơ đồ hiệu quả làm mát của các chất chữa cháy ở cấp độ tế bào
(Mức độ hiệu quả giảm dần từ trái sang phải theo chiều mũi tên)

Nhìn chung ở phương pháp chữa cháy bên trong, các chất chữa cháy đều có tác dụng ngăn chặn hoặc làm chậm sự thoát nhiệt. Tuy nhiên, hiệu quả chữa cháy là khác nhau đối với các chất chữa cháy. Từ bảng 7 và hình 13 có thể thấy các chất gốc nước có hiệu suất làm mát tốt hơn các chất khác khi chữa cháy đám cháy cấp độ tế bào pin Li-ion.

** Chữa cháy bên ngoài*

Chữa cháy bên ngoài hay còn được gọi phương pháp chữa cháy cấp độ mô đun, giá (rack) pin. Đây là trường hợp khi các chất chữa cháy bị cản trở bởi vỏ hộp hoặc cấu kiện bao che các pin, không thể hoặc chỉ ở một lượng hạn chế xuyên qua vỏ để tiếp cận các tế bào pin, như chữa cháy phương tiện giao thông, chữa cháy khu vực kho chứa pin và khu vực gara đỗ xe. Do chất chữa cháy bị ngăn cách bởi kết cấu bao che, hiệu quả dập tắt ngọn lửa và làm mát của các chất chữa cháy từ các thử nghiệm chữa cháy bên trong đã nêu ở trên có thể sai khác nếu áp dụng vào phương pháp chữa cháy bên ngoài, có thể không đạt được tác dụng ngăn chặn cháy và truyền nhiệt của các tế bào bên trong, chỉ có tác dụng dập tắt ngọn lửa bên ngoài và ngăn chặn cháy lan từ mô đun ra môi trường xung quanh. Do đó, mục tiêu chữa cháy ở phương pháp này không phải là ngăn chặn sự thoát nhiệt từ tế bào này sang tế bào khác trong mô đun mà là tập trung dập tắt ngọn lửa có thể nhìn thấy được, làm chậm và ngăn chặn cháy lan từ mô đun pin bị cháy ra môi trường xung quanh. Biện pháp chữa cháy phù hợp ở phương pháp này bao gồm phun bao phủ, tràn ngập khu vực cháy. Từ các thí nghiệm trên thế giới có thể tổng hợp một số kết luận sau:

- Hiệu quả dập tắt đám cháy của các chất chữa cháy khi sử dụng phương pháp chữa cháy bên ngoài không thể đạt được hiệu quả dập tắt ngọn lửa tương tự như trong các thử nghiệm ở phương pháp chữa cháy bên trong.

- Các hệ thống chữa cháy bằng nước, gốc nước có hiệu quả làm mát tương tự nhau, tuy nhiên hệ thống sương nước áp lực cao có tác dụng dập tắt đám cháy hiệu quả hơn. Các hệ thống chữa cháy khí như $C_6F_{12}O$, IG541, N_2 (khí), hệ thống sương nước áp lực cao, sol khí có hiệu quả cao khi dập tắt ngọn lửa, trong đó hệ thống $C_6F_{12}O$ kết hợp các khí trơ có hiệu quả chữa cháy nhanh hơn cả hệ thống phun sương nước áp lực cao. Tuy nhiên, tác dụng làm mát lâu dài của các chất chữa cháy gốc khí, sol khí tương đối kém hơn so với các chất gốc nước. Do đó, chỉ riêng các chất chữa cháy khí, sol khí có thể không đủ để giảm thiểu sự quá nhiệt. Điều này phù hợp với tuyên bố của hãng 3M (3M là công ty đa quốc gia, có trụ sở tại Mỹ) rằng Novec1230 ($C_6F_{12}O$) “không thể ngăn chặn sự thoát nhiệt một khi đã bắt đầu” và tuyên bố của Inergen rằng IG541 “không thể kiểm soát sự thoát nhiệt trong pin”. DNV (tổ chức chứng nhận quốc tế, trụ sở Na Uy) đề xuất

các hệ thống chữa cháy bằng khí hoặc sol khí phải được hỗ trợ bằng hệ thống chữa cháy bằng nước để có hiệu quả dập tắt và làm mát tốt hơn trong chữa cháy pin Li-ion ở cấp độ giá (như kho chứa pin). [24]

- Hiệu quả của hệ thống chữa cháy và các chất chữa cháy cũng phụ thuộc vào thành phần hóa học và dung lượng của pin, cũng như khoảng cách giữa các mô-đun, giá pin [24]

- Hệ thống phát hiện khói (cảm biến khói) cho phép kích hoạt sớm các hệ thống chữa cháy qua đó nâng cao hiệu quả chữa cháy.

** Đánh giá hiệu quả của các phương pháp và chất chữa cháy*

Khi so sánh giữa hai phương pháp chữa cháy bên trong và bên ngoài, việc sử dụng phương pháp chữa cháy bên trong để phun trực tiếp chất chữa cháy vào tế bào pin hoặc các khe hở của pin sẽ có hiệu quả hơn trong việc dập tắt ngọn lửa và giảm thiểu hiện tượng thoát nhiệt hơn so phương pháp bên ngoài. Hiệu quả chữa cháy của từng chất chữa cháy ở các phương pháp chữa cháy bên trong hoặc bên ngoài được tổng kết như sau:

- Ở phương pháp chữa cháy bên trong, các chất gốc nước (nước, nước có phụ gia tạo bọt, sương nước với phụ gia tạo bọt, bọt loại A, bọt loại F, bọt CAFS độ giãn nở thấp, AVD) và các chất gốc khí (N_2 và $C_6F_{12}O$) đều có thể dập tắt ngọn lửa nhìn thấy được một cách nhanh chóng, trong đó AVD có độ nhớt cao có thể mất nhiều thời gian hơn trong việc dập tắt ngọn lửa. Xếp hạng hiệu quả làm mát cho quá trình truyền nhiệt bên trong bộ pin từ cao đến thấp được rút ra như sau: *Sương nước có phụ gia tạo bọt > Nước có phụ gia tạo bọt > [Nước; Bọt loại A; Bọt loại F, bọt CAFS độ giãn nở thấp] > $C_6F_{12}O$ > N_2 (khí) [24]*

- Ở phương pháp chữa cháy bên ngoài, các chất chữa cháy khí, sol khí và sương nước áp suất cao đều có hiệu quả dập tắt ngọn lửa nhìn thấy được bên ngoài mô-đun hoặc giá đỡ pin, các chất gốc nước khác thì kém hiệu quả hơn. Tất cả các chất gốc nước đều có tác dụng làm mát tương tự nhau, trong đó các chất gốc nước có phụ gia có tác dụng làm mát tốt hơn một chút. Các chất khí và sol khí có tác dụng làm mát bề mặt mô-đun, giá pin kém hơn các chất gốc nước, do đó để giảm sự truyền nhiệt giữa các mô-đun và giá đỡ pin thì nếu chỉ chữa cháy bằng các chất chữa cháy khí hoặc sol khí thì có thể không đạt hiệu quả. Nhìn chung, hệ thống phun sương nước áp suất cao với các chất phụ gia là hệ thống chữa cháy có hiệu quả chữa cháy tốt nhất vì nó vừa có khả năng dập tắt ngọn lửa nhìn thấy, vừa cung

cấp khả năng làm mát bề mặt cháy và khí cháy. Nếu sử dụng hệ thống khí hoặc sol khí thì nên hỗ trợ bằng hệ thống chữa cháy bằng nước để dập tắt ngọn lửa và làm mát tốt hơn [24].

Về tổng thể, các chất/ hệ thống chữa cháy gốc nước thể hiện tác dụng làm mát tốt hơn để ngăn chặn sự lan truyền nhiệt so với các chất/ hệ thống chữa cháy khí và sol khí ở tất cả các trường hợp chữa cháy bên trong cũng như chữa cháy bên ngoài. Các chất/ hệ thống khí và sol khí có khả năng dập tắt ngọn lửa nhìn thấy nhanh hơn nhưng làm khả năng làm kém hơn, trong khi đó việc làm mát bề mặt đóng vai trò quan trọng trong hạn chế sự lan truyền nhiệt trong các mô-đun, gói [24]. Khi lựa chọn chất chữa cháy để xử lý đám cháy pin Li-ion, hệ số làm mát của chất chữa cháy là quan trọng nhất. Giữa việc làm mát và dập tắt đám cháy, người ta đã chứng minh rằng việc làm mát pin Li-ion nên được ưu tiên. Khi xem xét khả năng làm mát của các chất chữa cháy hiện có, chất chữa cháy gốc nước mang lại hệ số làm mát lớn nhất. Việc sử dụng các chất phụ gia trộn với nước giúp thâm thấu vào các tế bào pin bằng cách giảm sức căng bề mặt của nước và làm mát trực tiếp (các) tế bào bị hư hỏng [5,9]. Các chất chữa cháy khác như bột, các khí hoặc cát cũng có tác dụng chữa cháy ban đầu đối với các đám cháy liên quan đến Pin Li-ion.

4.2.2. Các phương tiện chữa cháy pin Li-ion

* *Bình chữa cháy xách tay, xe đẩy chữa cháy*

Để chữa cháy các đám cháy thông thường nói chung và đám cháy pin Li-ion nói riêng, ngoài các loại bình chữa cháy thông dụng với chất chữa cháy dạng khí, bột thì hiện nay các loại bình chữa cháy gốc nước, nước có pha chất phụ gia chữa cháy như chất tạo bọt, Vermiculite, F500EA được khuyến cáo sử dụng để dập hiệu quả các đám cháy xe máy, xe đạp điện.

* *Sử dụng xe chữa cháy chuyên dụng phun bọt bọt số nở thấp*

Sử dụng xe chuyên dụng phun bọt thông thường và bọt cafs có độ bám dính cao phủ lên toàn bộ thiết bị để ngăn chặn có hiệu quả sự lan truyền của ngọn lửa ra các bộ phận khác của phương tiện hoặc lan ra các vật dụng xung quanh phương tiện đang cháy.

* *Sử dụng vòi phun cao áp*

Các vòi phun cao áp được đưa vào gầm phương tiện đang cháy và được thiết kế để chọc thủng hộp pin nhằm cung cấp một lượng lớn nước vào bên trong hộp để làm mát các tế bào pin. Một số vòi phun xuyên thấu này được thiết kế để điều

khởi, kích hoạt từ xa. Việc lựa chọn vị trí và các góc chữa cháy là cần thiết vì nhiều cấu trúc hộp pin có khung, giá đỡ khó có thể xuyên thủng, ngoài ra các ngăn kín bên trong hộp cũng có thể gây ra sự cố nếu vòi phun xuyên sai và làm ngập khu vực không bị ảnh hưởng. Tuy nhiên, giải pháp này rất nguy hiểm do nguy cơ bị điện giật. Ngoài ra còn có khả năng làm hỏng nhiều tế bào pin hơn hoặc làm chập các bộ phận điện bên trong hộp pin, ngoài ra, bên trong một số hộp pin được làm đầy bằng bột polyurethane, khiến nước khó có thể tiếp cận vào bên trong hộp bảo vệ pin.

** Chắn hoặc tẩm bột trùm chữa cháy*

Đây là phương tiện được sử dụng để bao phủ phương tiện đang cháy nhằm dập tắt đám cháy và chống cháy lan hoặc phủ bảo vệ các vật xung quanh. Tuy nhiên, cần lưu ý pin Li-ion khi cháy sinh ra các khí cháy và khí độc (như HF), do đó khi dùng chắn hoặc tẩm bột trùm chữa cháy có thể tích tụ các khí này dưới lớp chắn. Khi mở lớp chắn có thể gây ra hiện tượng nổ hoặc nguy cơ tiếp xúc khí độc của lực lượng tham gia chữa cháy.

** Các vật liệu sử dụng chất chữa cháy ứng dụng công nghệ vi nang*

Bằng cách ứng dụng công nghệ vi nang (microcapsule), các chất chữa cháy được bọc trong cấu trúc vỏ là các vật liệu thay đổi pha tạo ra các hạt chữa cháy dạng siêu nhỏ. Các vật liệu chứa các hạt vi nang này được đặt trên bên ngoài hoặc trong bên trong (màng ngăn) của của pin Li-ion. Các chất chữa cháy dạng vi nang này có thể hấp thụ một lượng lớn nhiệt và có hiệu suất làm mát lớn khi xảy ra sự cố thoát nhiệt pin Li-ion. Qua đó ngăn chặn hiện tượng cháy lan đối với đám cháy pin Li-ion [25]

4.2.3. Hệ thống chữa cháy cố định.

Hiệu quả chữa cháy đối với đám cháy pin Li-ion đã được trình bày tại mục 4.2.1. Trong các không gian hạn chế (gara, bãi đỗ xe), hệ thống chữa cháy bằng nước, nước có chất phụ gia tỏ ra hiệu quả nhất, đặc biệt là hệ thống phun sương nước (nước hoặc các chất gốc nước) do có các đặc điểm sau [5,9]:

- Khả năng làm mát pha khí: nước dạng sương gồm các giọt rất mịn, tăng tỷ lệ diện tích bề mặt trên thể tích của nước, qua đó hấp thụ nhiệt từ ngọn lửa, khí đốt nóng và các bề mặt. Quá trình hấp thụ nhiệt giúp nhiệt độ đám cháy và bức xạ từ ngọn lửa, hạn chế cháy lan ra khu vực xung quanh;

- Làm suy giảm ôxy và pha loãng hơi, khí dễ cháy: Các giọt nước hóa hơi và làm tăng thể tích hơi nước chiếm giữ trong không khí (khoảng 3 lần), qua đó làm giảm sự tiếp xúc ô xy không khí với ngọn lửa. Sự giảm nồng độ oxy phụ thuộc vào quy mô đám cháy, thời gian chữa cháy, khối tích khu vực kín và điều kiện gió trong khu vực đó;

- Làm ướt và làm lạnh bề mặt chất cháy: Cơ chế dập tắt chính của nhiều loại nhiên liệu rắn và lỏng là làm ướt và làm lạnh bề mặt chất, vật liệu cháy. Các giọt nước lớn hơn có đủ động lượng để xuyên qua đám cháy và đến chỗ ngọn lửa, làm giảm tốc độ nhiệt phân của nhiên liệu.

- Làm giảm cường độ bức xạ nhiệt: Sự suy giảm bức xạ xảy ra do sự hiện diện của hơi nước giữa chất cháy và ngọn lửa, giúp hấp thụ năng lượng bức xạ, bức xạ lại bề mặt chất cháy với cường độ thấp. Các giọt nước đôi lưu cũng hấp thụ bức xạ nhiệt đến các vách ngăn xung quanh và từ vách ngăn trở lại (một số thử nghiệm đánh giá mức độ giảm tới 70%).

- Hiệu ứng động lực học: Sương nước có thể làm thay đổi động học theo hướng tăng cường hoặc dập tắt ngọn lửa. Ở lần đầu tiếp xúc với sương nước, đám cháy có thể mạnh hơn do sự bốc hơi ở bề mặt ngọn lửa làm tăng sự hỗn loạn của các hơi chất cháy và không khí. Sương nước và các khí cuốn theo bị biến tính làm loãng các khí dễ cháy và khi kết hợp với việc làm mát ngọn lửa, tốc độ cháy sẽ thay đổi so với điều kiện cân bằng hóa học của nó có thể dập tắt ngọn lửa. Trong các khu vực kín, khi sương nước bắt đầu xuất hiện, khí nóng bị giữ lại ở phía trên của khu vực kín sẽ được làm lạnh nhanh chóng. Hỗn hợp hơi nước giãn nở và khí đi về phía đám cháy, dẫn đến thiếu oxy cục bộ khu vực cháy.

Một số chất phụ gia nhất định có thể cải thiện hơn nữa hiệu quả của hệ thống phòng cháy chữa cháy. Các chất phụ gia phổ biến được sử dụng cho hệ thống phòng cháy chữa cháy là bột chữa cháy, Chất đóng gói F -500 (EA), Chất làm ướt (WA) và Chất phân tán AVD [9].

4.3. Một số lưu ý trong chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ đám cháy phương tiện giao thông điện [9, 18, 19, 20]

4.3.1. Nhận dạng đám cháy

Để chữa cháy chỉ hiệu quả thì cần nhận biết được loại đám cháy từ đó lựa chọn sử dụng chất chữa cháy và phương án chữa cháy phù hợp. Việc nhận biết đám cháy là xe điện hay xe động cơ đốt trong có thể được thực hiện thông qua nhận dạng

model hoặc trao đổi với chủ xe. Tuy nhiên, trong trường hợp những thông tin trên không thể xác nhận được, như chủ xe không có mặt hoặc không thể nhận biết được model xe, thì có thể nhận diện đám cháy xe điện hay xe động cơ đốt trong thông qua các dấu hiệu đã trình bày tại mục 2.3 của Chương II và phụ lục 2.

4.3.2. Hướng tiếp cận đám cháy

Như đã trình bày tại chương II, ngọn lửa xe điện là ngọn lửa áp suất cao được phụt ra theo phương ngang từ gầm xe, do đó khi tiếp cận chữa cháy đám cháy xe điện cần tránh tiếp cận theo phương vuông góc với thân xe để tránh rủi ro. Mặt khác cần tránh tiếp cận theo hướng trước hoặc sau xe do khi cháy xảy ra xe có thể vẫn còn hoạt động. Từ các yếu tố trên có thể đi đến kết luận rằng hướng tiếp cận đám cháy xe điện an toàn nhất là hướng 45^0 so với trục thân xe và thuận theo chiều gió.

4.3.3. Cứu người bị nạn và di chuyển các phương tiện khỏi khu vực cháy

Khi đã tiếp cận xe bị sự cố, cần tiến hành chèn bánh để cố định xe, đồng thời tìm cách kéo phanh tay và tắt máy của xe. Các phương pháp cố định xe điện bị tai nạn, sự cố giống như đối với một xe ô tô động cơ đốt trong thông thường. Đối với xe điện sự cố khi đang sạc tại trạm điện, cần tiến hành ngắt nguồn điện sạc khỏi xe trước khi thao tác cắt, cạy để cứu người bị nạn hoặc chữa cháy. Việc cắt, cạy cửa hoặc phá kính xe để cứu người bị nạn thực hiện giống như đối với xe động cơ đốt trong, tuy nhiên cần chú ý đến vị trí của pin và các dây dẫn.

Để ngăn chặn cháy lan, cần tiến hành các biện pháp di chuyển phương tiện, chất cháy xung quanh khỏi khu vực tai nạn, sự cố xe điện.

4.3.4. Xây dựng phương án chữa cháy

Căn cứ vào mức độ đám cháy để đề ra phương án chữa cháy phù hợp. Do đặc điểm của đám cháy pin Li-ion có thời gian cháy lâu hơn xe động cơ đốt trong, do đó cần bảo đảm nguồn nước cung cấp lớn.

Khi xử lý đám cháy trên xe điện, cần ưu tiên làm mát liên tục pin để giảm nhiệt độ xuống dưới ngưỡng thoát nhiệt. Sau khi đám cháy được dập tắt, cần tiếp tục làm mát pin để tránh đánh lửa lại. Việc quan sát nhiệt độ có thể thực hiện thông qua một thiết bị đo nhiệt cầm tay hoặc camera ảnh nhiệt.

V. MỘT SỐ GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG TÁC ĐẢM BẢO AN TOÀN PCCC PHƯƠNG TIỆN VÀ HẠ TẦNG KỸ THUẬT CHO PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG SỬ DỤNG PIN LI-ION

5.1. Hoàn thiện chính sách pháp luật về phương tiện sử dụng Pin Li-ion và hạ tầng kỹ thuật có liên quan

Tiếp tục thực hiện nghiêm túc, hiệu quả các nhiệm vụ đã được phân công tại Quyết định số 876/QĐ-TTg ngày 22/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí các-bon và khí mê-tan của ngành giao thông vận tải và Quyết định số 819/QĐ-TTg ngày 07/7/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch hạ tầng PCCC thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến 2050.

Tổ chức rà soát, sửa đổi bổ sung, hoàn thiện các quy định pháp luật, chính sách hỗ trợ, ưu đãi trong phát triển phương tiện giao thông điện, hạ tầng xe điện phù hợp với điều kiện tại Việt Nam. Trong đó, cần rà soát sửa đổi, bổ sung và xây dựng mới các quy định, tiêu chuẩn, quy chuẩn an toàn PCCC đối với hạ tầng xe điện (trạm sạc, ga ra xe điện độc lập, ga ra xe điện trong nhà và công trình) về giải pháp thoát nạn, ngăn cháy, chống cháy lan, hút khói ..., hệ thống phòng cháy, chữa cháy; các tiêu chuẩn, quy chuẩn về yêu cầu kỹ thuật, phương pháp thử đối với phương tiện phục vụ phòng cháy, chữa cháy liên quan đến pin Li-ion và phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion.

5.2. Khuyến khích sự tham gia của các doanh nghiệp trong đầu tư, phát triển phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion và hạ tầng phụ trợ

- Áp dụng chính sách ưu đãi, hỗ trợ tài chính cho sản xuất, lắp đặt, cải tiến chất lượng xe điện, trạm sạc xe điện tại Việt Nam, trong đó chú trọng hoạt động thu hút công nghệ, vốn đầu tư nước ngoài chất lượng cao vào phát triển hạ tầng trạm sạc điện, gắn với việc thúc đẩy, hỗ trợ các doanh nghiệp trong nước tham gia vào chuỗi cung ứng lĩnh vực hạ tầng trạm sạc điện.

- Khuyến khích phát triển các đơn vị thử nghiệm, đánh giá chất lượng sản phẩm liên quan đến xe điện, trạm sạc và các phương tiện phục vụ xe điện.

5.3. Hợp tác trong nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ

- Nghiên cứu, tham khảo mô hình, chính sách phát triển xe điện và hạ tầng xe điện trên thế giới để chọn lọc, tiếp thu và áp dụng phù hợp với điều kiện Việt Nam. Ứng dụng các thành tựu khoa học; các biện pháp kỹ thuật phòng ngừa, cảnh báo và hỗ trợ an toàn; các vật liệu mới trong sản xuất, cải tiến chất lượng, bảo đảm an toàn điện, an toàn PCCC đối với hệ thống lưu trữ năng lượng xe điện, xe

điện và hạ tầng xe điện.

- Thúc đẩy hợp tác quốc tế trong đào tạo, chuyển giao công nghệ về xe điện, hạ tầng xe điện: Phối hợp với các đơn vị, tổ chức trong và ngoài nước, với các chuyên gia đầu ngành để phối hợp nghiên cứu, ứng dụng các công nghệ mới trên các phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion; Tổ chức nghiên cứu và sản xuất các phương tiện PCCC và CNCH phù hợp với loại đám cháy pin Li-ion; tổ chức thử nghiệm, thực nghiệm đánh giá chất lượng và nhận chuyển giao công nghệ.

5.4. Tăng cường kiểm tra, giám sát, quản lý chất lượng chất lượng phương tiện giao thông điện và hạ tầng xe điện

- Tăng cường công tác kiểm tra, kiểm soát chất lượng công tác xây dựng, thi công, thiết kế các công trình hạ tầng phục vụ xe điện; công tác quản lý thị trường xe điện, pin xe điện từ các khâu sản xuất, nhập khẩu sản phẩm, hạn chế các phương tiện không bảo đảm chất lượng trên thị trường; có chế tài xử lý nghiêm đối với các cá nhân, tổ chức kinh doanh, sửa chữa xe điện không đáp ứng quy định.

- Đề cao vai trò, trách nhiệm của các đơn vị quản lý, thiết lập hệ thống kiểm tra và chứng nhận nghiêm ngặt về an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe điện (cả xe nhập khẩu và sản xuất trong nước);

5.5. Tăng cường công tác đảm bảo an toàn PCCC cho phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion và hạ tầng phụ trợ

- Kịp thời tuyên truyền, hướng dẫn nâng cao ý thức bảo đảm an toàn trong sử dụng, lưu giữ, an toàn PCCC đối với các phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion, đặc biệt là tại khu vực hộ gia đình, nhà ở riêng lẻ, các gara, hầm để xe tại các khu chung cư, nhà cao tầng, trung tâm thương mại, nơi tập trung đông người,

- Tăng cường kiểm tra, giám sát việc chấp hành các quy định về PCCC khi sử dụng các phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion, quy trình vận hành trạm sạc và các thiết bị lưu trữ năng lượng... nhất là tại các khu tập trung đông dân cư.

- Tổ chức đào tạo, hướng dẫn kỹ năng, nâng cao trình độ chữa cháy, tổ chức xây dựng, thực tập phương án chữa cháy đối với các tình huống sự cố, cháy, nổ đối với phương tiện sử dụng pin Li-ion.

- Xây dựng danh mục, đề xuất trang bị các phương tiện, thiết bị chữa cháy và CNCH đặc thù, phù hợp để chữa cháy hiệu quả với các đám cháy pin Li-ion và các phương tiện giao thông sử dụng pin Li-ion.

Phụ lục 1. Các tiêu chuẩn, quy chuẩn về pin xe điện, xe điện và hạ tầng xe điện

1. Các quy chuẩn, tiêu chuẩn Việt Nam

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
I	Trạm sạc, hệ thống sạc xe điện			
1.	TCVN 7447-7-722 (IEC 60364-7- 722)	Hệ thống lắp đặt điện hạ áp – Phần 7-722: Yêu cầu đối với hệ thống lắp đặt đặc biệt và khu vực đặc biệt – Nguồn cấp cho xe điện	Quy định các yêu cầu về an toàn điện áp dụng cho các mạch điện được thiết kế để cấp năng lượng cho xe điện	Trạm sạc/ hệ thống sạc xe điện
2.	TCVN 12671 (IEC 62893)	Cáp sạc dùng cho xe điện có điện áp danh định đến và bằng 0,6/1 kV	Quy định kết cấu, kích thước và thử nghiệm đối với cáp cách điện và vỏ bọc dạng đùn có điện áp danh định đến và bằng 0,6/1 kV xoay chiều hoặc đến và bằng 1500 V một chiều cấp điện giữa điểm cấp điện của trạm sạc và xe điện (EV). <i>Gồm các phần:</i> - TCVN 12671-1:2019 (IEC 62893-1:2017), Phần 1: Yêu cầu chung - TCVN 12671-2:2019 (IEC 62893-2:2017), Phần 2: Phương pháp thử - TCVN 12671-3 :2019 (IEC 62893-3:2017), Phần 3: Cáp sạc điện xoay chiều theo các chế độ 1, 2 và 3 của IEC 62851-1 có điện áp danh định đến và bằng 450/750 V	Cáp sạc cho xe điện
3.	TCVN 12772 (ISO 17409)	Phương tiện giao thông đường bộ chạy điện – Đầu nối với nguồn cung cấp điện từ bên ngoài – Yêu cầu về an toàn	Quy định các yêu cầu an toàn về điện đối với các đầu nối dẫn điện của phương tiện giao thông chạy điện với nguồn cung cấp điện bên ngoài bằng cách sử dụng giắc cắm hoặc đầu vào xe. áp dụng cho các phương tiện giao thông đường bộ chạy điện với mạch điện có điện áp cấp B. Nói chung, có thể áp dụng tiêu chuẩn này cho mô tô và xe máy điện nếu không có các tiêu chuẩn dành riêng cho những xe đó.	Mạch cấp điện cho xe điện

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
4.	TCVN 13078 (IEC 61851)	Hệ thống sạc điện có dây dùng cho xe điện	<p>Quy định các yêu cầu về an toàn điện, kết nối giữa xe điện và trạm sạc xe điện, tính tương thích điện từ trường cho thiết bị cấp điện dùng sạc điện cho xe điện, gồm 6 phần:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TCVN 13078-1:2020 (IEC 61851-1:2017), Phần 1: Yêu cầu chung; - TCVN 13078-21-1:2020 (IEC 61851-21-1:2017), Phần 21-1: Yêu cầu tương thích điện từ của bộ sạc lắp trên xe điện kết nối có dây với nguồn cấp điện xoay chiều/một chiều - TCVN 13078-21-2:2020 (IEC 61851-21-2:2018), Phần 21-2: Yêu cầu về xe điện kết nối có dây với nguồn cấp điện xoay chiều/một chiều - Yêu cầu tương thích điện từ của bộ sạc không lắp trên xe điện - TCVN 13078-23:2020 (IEC 61851-21-2:2014), Phần 23: Trạm sạc điện một chiều cho xe điện - TCVN 13078-24:2022 (IEC 61851-24:2014), Phần 24: Truyền thông kỹ thuật số giữa trạm sạc điện một chiều cho xe điện và xe điện để điều khiển sạc điện một chiều - TCVN 13078-25:2023 (IEC 61851-25:2020), Phần 25: Thiết bị cấp điện một chiều cho xe điện có bảo vệ dựa trên phân cách về điện 	Trạm sạc/ hệ thống sạc xe điện
5.	TCVN 13510 (IEC 62752)	Thiết bị kiểm soát và bảo vệ cáp đầu vào dùng cho nạp điện chế độ 2 các xe điện đường bộ (IC-CPD)	Áp dụng cho các thiết bị điều khiển và bảo vệ tích hợp trên cáp dùng cho sạc điện chế độ 2 của các phương tiện giao thông đường bộ chạy điện	Thiết bị bảo vệ và Cấp sạc cho xe điện
6.	TCVN 13724-7 (IEC	Cụm đóng cắt và điều khiển hạ áp – Phần 7: Cụm lắp ráp dùng cho	Quy định các yêu cầu về kết cấu, yêu cầu về kỹ thuật, vận hành và các yêu cầu về kiểm tra xác nhận của cụm đóng cắt và điều khiển dùng cho các trạm sạc xe điện	Trạm sạc/ hệ thống sạc xe điện

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
	61439-7)	các ứng dụng đặc biệt như bến du thuyền, khu vực cắm trại, khu vực trợ, trạm sạc xe điện		
II	Xe điện			
7.	QCVN 09:2015/BGTVT	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe ô tô	<p>Quy định các yêu cầu để kiểm tra chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường các kiểu loại xe ô tô sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu được định nghĩa tại TCVN 6211 “Phương tiện giao thông đường bộ - Kiểu - Thuật ngữ và định nghĩa” và TCVN 7271 “Phương tiện giao thông đường bộ - Ô tô - Phân loại theo mục đích sử dụng”</p> <p>Áp dụng đối với các Cơ sở sản xuất, lắp ráp, tổ chức, cá nhân nhập khẩu xe, linh kiện của xe và các cơ quan, tổ chức, cá nhân liên quan đến quản lý, kiểm tra, thử nghiệm và chứng nhận chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe, linh kiện của xe.</p>	Xe cơ giới nói chung
8.	QCVN 10:2015/BGTVT	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe ô tô khách thành phố	<p>Quy định các yêu cầu kỹ thuật và việc kiểm tra chất lượng, an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe ô tô khách thành phố từ 17 chỗ trở lên</p> <p>Áp dụng đối với các cơ sở sản xuất, lắp ráp, tổ chức, cá nhân nhập khẩu xe, linh kiện của xe và các cơ quan, tổ chức, cá nhân liên quan đến quản lý, kiểm tra, thử nghiệm và chứng nhận chất lượng, an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe ô tô khách thành phố từ 17 chỗ trở lên</p>	Xe khách từ 17 chỗ trở lên
9.	QCVN 14:2015/BGTVT	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe mô tô, xe gắn	<p>Quy định về kiểm tra chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường cho các loại xe mô tô, xe gắn máy (không áp dụng đối với các xe sử dụng vào mục đích quốc phòng, an ninh, xe không tham gia giao thông, xe đạp điện được quy định trong Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 68:2013/BGTVT)</p> <p>Áp dụng đối với các cơ sở sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu xe và các cơ quan,</p>	Xe mô tô, xe gắn máy điện

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
		máy	tổ chức, cá nhân liên quan đến việc thử nghiệm, kiểm tra chứng nhận chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe	
10.	QCVN 52:2019/BGTVT	Quy chuẩn quốc gia về kết cấu an toàn phòng chống cháy cho xe cơ giới	<p>Quy định về yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử (kết cấu, độ bền va chạm, độ bền cơ học và phương thức lắp đặt của thùng nhiên liệu; yêu cầu về dây điện, hệ thống điện trên xe) đối với kết cấu an toàn chống cháy của các kiểu loại xe ô tô thuộc nhóm ô tô chở người, nhóm ô tô chở hàng (ô tô tải), nhóm rơ moóc và sơ mi rơ moóc lắp thùng nhiên liệu chứa nhiên liệu lỏng (gọi tắt là thùng nhiên liệu).</p> <p>Áp dụng đối với các cơ sở sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu thùng nhiên liệu; các cơ sở sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu xe và các tổ chức liên quan đến việc quản lý, thử nghiệm, kiểm tra chứng nhận chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường</p>	Xe cơ giới nói chung
11.	QCVN 68:2013/BGTVT	Quy chuẩn quốc gia về xe đạp điện; Sửa đổi QCVN 68:2013/BGTVT lần 1 năm 2015	<p>Quy định các yêu cầu về chất lượng an toàn kỹ thuật và phương pháp thử đối với xe đạp điện, gồm các quy định về xe, động cơ điện, ắc quy, hệ thống điện, hệ thống phanh, khả năng vận hành trên đường của xe.</p> <p>Đối với ắc quy trên xe chỉ mới có quy định về điện áp danh định.</p> <p>Áp dụng đối với cơ quan, tổ chức, cá nhân liên quan đến sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu, kiểm tra, thử nghiệm, quản lý và chứng nhận chất lượng ATKT xe đạp điện.</p>	Xe đạp điện
12.	QCVN 76:2019/BGTVT	Quy chuẩn quốc gia về ắc quy sử dụng cho xe đạp điện	<p>Quy định về yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử (điện áp danh định, dung lượng và yêu cầu về an toàn phóng điện, nạp điện, ngắn mạch, khả năng chịu rung, chịu nước, va chạm cơ học) đối với ắc quy ắc quy cung cấp năng lượng cho hệ thống động lực của xe đạp điện</p> <p>Áp dụng đối với các cơ sở sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu ắc quy; các cơ sở sản xuất, lắp ráp xe đạp điện và các tổ chức liên quan đến quản lý, thử nghiệm, kiểm tra chứng nhận chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường</p>	Xe đạp điện

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
13.	QCVN 82 : 2019/ BGTVT	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe ô tô khách thành phố	<p>Quy định các yêu cầu kỹ thuật và việc kiểm tra chất lượng, an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với ô tô khách thành phố từ 17 chỗ trở lên (bao gồm cả chỗ dành cho người khuyết tật) để người khuyết tật tiếp cận sử dụng</p> <p>Áp dụng đối với các cơ sở sản xuất, lắp ráp, tổ chức, cá nhân nhập khẩu xe, linh kiện của xe và các tổ chức, cá nhân liên quan đến quản lý, kiểm tra, thử nghiệm và chứng nhận chất lượng, an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe, linh kiện của xe.</p>	Xe khách từ 17 chỗ trở lên
14.	QCVN 91:2019/ BGTVT	Quy chuẩn quốc gia về ắc quy sử dụng cho xe mô tô, xe gắn máy điện	<p>Quy định yêu cầu kỹ thuật, phương pháp thử (an toàn phóng điện, nạp điện, ngắn mạch, khả năng chịu rung, chịu nước, va chạm cơ học) đối với ắc quy cung cấp năng lượng cho hệ thống động lực của xe mô tô điện, xe gắn máy điện.</p> <p>Áp dụng đối với các cơ sở sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu ắc quy; các cơ sở sản xuất, lắp ráp xe mô tô điện, xe gắn máy điện và các tổ chức liên quan đến quản lý, thử nghiệm, kiểm tra chứng nhận chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường</p>	Xe mô tô, xe gắn máy điện
15.	TCVN 7448:2004	Xe đạp điện – Yêu cầu an toàn chung và phương pháp thử	Qui định yêu cầu an toàn chung, các phương pháp thử tương ứng đối với xe đạp điện	Xe đạp điện
16.	TCVN 7450:2004	Xe đạp điện – Động cơ điện – Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử	Qui định các thông số cơ bản, yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử đối với động cơ điện một chiều dùng cho các loại xe đạp điện	Xe đạp điện
17.	TCVN 9053	Phương tiện giao thông đường bộ chạy điện - Tủ vung	Quy định thuật ngữ, định nghĩa về xe điện	Xe điện nói chung

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
18.	TCVN 9054 (ISO 8715)	Phương tiện giao thông đường bộ chạy điện – Đặc tính vận hành trên đường	Quy định quy trình đo tính năng chạy trên đường (vận tốc, khả năng tăng tốc và khả năng lên dốc) của xe con và xe thương mại chạy hoàn toàn bằng điện có tổng khối lượng lớn nhất cho phép 3 500 kg	Xe ô tô điện
19.	TCVN 9057	Phương tiện giao thông đường bộ chạy pin nhiên liệu - Điều kiện kỹ thuật an toàn	<p>Quy định các yêu cầu thiết yếu đối với an toàn về chức năng của xe chạy pin nhiên liệu (FCV) có liên quan đến các mối nguy hiểm cho người và môi trường bên trong và bên ngoài xe do đặc tính vận hành của hệ thống điện nguồn pin nhiên liệu gây ra, không áp dụng cho chế tạo, bảo dưỡng và sửa chữa xe. Các yêu cầu trong tiêu chuẩn tập trung vào cả trạng thái vận hành bình thường (không có lỗi sai sót) và các trạng thái có một lỗi sai sót của xe. Tiêu chuẩn chỉ áp dụng khi điện áp làm việc lớn nhất của các mạch điện lắp trên xe thấp hơn 1000 V (xoay chiều) hoặc 1500 V (một chiều) theo tiêu chuẩn quốc gia hoặc tiêu chuẩn quốc tế và/hoặc các yêu cầu pháp lý.</p> <p><i>Gồm các phần:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - TCVN 9057-1:2011 (ISO 23273-1:2006), Phần 1: An toàn về chức năng của xe. - TCVN 9057-2-2011 (ISO 23273-2:2006), Phần 2: Bảo vệ tránh các mối nguy hiểm từ hydro cho xe chạy bằng nhiên liệu hydro nén. - TCVN 9057-3:2011 (ISO 23273-3:2006), Phần 3: Bảo vệ người chống điện giật; 	Xe điện nói chung
20.	TCVN 13058:2020 (ECE 100)	Phương tiện giao thông đường bộ - Hệ thống truyền động điện - Yêu cầu và phương pháp thử trong phê duyệt kiểu	Quy định yêu cầu an toàn đối với hệ thống truyền động điện của các xe cơ giới loại M và N, với tốc độ thiết kế lớn nhất trên 25 km/h, được trang bị một hoặc nhiều động cơ kéo được vận hành bằng năng lượng điện và không thường xuyên kết nối với lưới điện, cũng như các bộ phận và các hệ thống được kết nối galvanic với bus (mạch điện) có điện áp cao của hệ thống truyền động điện	Xe ô tô điện

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
21.	TCVN 13060:2020 (ECE 136)	Phương tiện giao thông đường bộ – Thiết bị và bộ phận có thể lắp và/hoặc sử dụng trên phương tiện có bánh xe – Yêu cầu và phương pháp thử phê duyệt kiểu xe truyền động điện	Quy định yêu cầu về an toàn đối với hệ động lực điện của các kiểu xe L1) với tốc độ thiết kế lớn nhất vượt quá 6 km/h, được trang bị một hoặc nhiều động cơ kéo chạy bằng năng lượng điện và không được kết nối liên tục với lưới điện, cũng như các thành phần và hệ thống điện áp cao của chúng được kết nối galvanic với mạch dẫn điện cao áp của hệ động lực điện	Xe cơ giới nói chung
22.	TCVN 13510 (IEC 62752)	Thiết bị kiểm soát và bảo vệ cáp đầu vào dùng cho nạp điện chế độ 2 các xe điện đường bộ (IC-CPD)	Áp dụng cho các thiết bị điều khiển và bảo vệ tích hợp trên cáp dùng cho sạc điện chế độ 2 của các phương tiện giao thông đường bộ chạy điện, sau đây được gọi là IC-CPD, bao gồm các chức năng điều khiển và an toàn.	Thiết bị kiểm soát, bảo vệ xe điện
III	Ắc quy, pin xe điện			
23.	TCVN 12240	An toàn của Pin và Accquy Lithium sơ cấp và thứ cấp trong quá trình vận chuyển	Quy định các phương pháp thử nghiệm và các yêu cầu đối với pin và acquy lithium sơ cấp và thứ cấp (có thể sạc) để đảm bảo sự an toàn trong quá trình vận chuyển mà không xét đến tái chế và thải bỏ	Pin Lithium
24.	TCVN 12241 (IEC 62660)	Pin Li-ion thứ cấp dùng để truyền lực cho phương tiện giao thông đường bộ chạy	Quy định thử nghiệm tính năng và thử nghiệm tuổi thọ của các Pin Li-ion thứ cấp sử dụng để truyền lực cho phương tiện giao thông đường bộ chạy điện (sau đây gọi là xe điện) kể cả xe điện chạy acquy (BEV) và xe điện hybrid (HEV)	Ắc quy lực của xe điện nói chung

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
		điện	<p>Gồm các phần:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TCVN 12241-1:2018 (IEC 62660-1:2018), Phần 1: Thử nghiệm tính năng; - TCVN 12241-2:2018 (IEC 62660-2:2018), Phần 2: Độ tin cậy và thử nghiệm quá mức; - TCVN 12241-3:2018 (IEC 62660-3:2016), Phần 3: Yêu cầu an toàn; - TCVN 12241-4:2018 (IEC TR 62660-4:2017), Phần 4: Phương pháp thử nghiệm thay thế cho thử nghiệm ngắn mạch bên trong của TCVN 12241-3:2018 (IEC 62660-3:2016); 	
25.	TCVN 12503 (ISO 12405)	Phương tiện giao thông đường bộ chạy điện – Yêu cầu kỹ thuật về thử nghiệm đối với hệ thống và bộ ắc quy kéo loại Lithi	<p>Quy định các quy trình thử và đưa ra các phép thử và đưa ra các yêu cầu an toàn có thể chấp nhận được cho hệ thống và bộ ắc quy lithi-ion điện áp cấp B được sử dụng làm ắc quy kéo trong các phương tiện giao thông đường bộ làm ắc quy kéo</p> <p>Gồm các phần:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TCVN 12503-1:2018 (ISO 12405-1:2011), Phần 1: Ứng dụng/thiết bị công suất lớn; - TCVN 12503-2:2018 (ISO 12405-2:2012), Phần 2: Ứng dụng/thiết bị năng lượng cao; - TCVN 12503-3:2018 (ISO 12405-3:2014), Phần 3: Yêu cầu đặc tính an toàn. 	Pin Lithium xe điện nói chung
26.	TCVN 12504 (ISO 6469)	Phương tiện giao thông đường bộ chạy điện - Đặc tính kỹ thuật an toàn	<p>Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu đối với hệ thống tích điện nạp lại được (RESS) của phương tiện giao thông đường bộ chạy điện để bảo vệ người</p> <p>Gồm các phần</p>	Ắc quy xe điện nói chung

STT	Số hiệu	Tên QCVN/ TCVN	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
			<ul style="list-style-type: none"> - TCVN 12504-1:2020 (ISO 6469-1:2019), Phần 1: Hệ thống tích điện nạp lại được; - TCVN 12504-2:2020 (ISO 6469-2:2018), Phần 2: An toàn vận hành xe; - TCVN 12504-3:2020 (ISO 6469-3:2018), Phần 3: An toàn về điện. 	
27.	TCVN 12507 (ISO 18300)	về Phương tiện giao thông đường bộ chạy điện - Yêu cầu kỹ thuật về thử nghiệm đối với hệ thống ắc quy lithi-ion kết hợp với ắc quy chì axit hoặc tụ điện	Quy định cấu hình, qui trình thử và yêu cầu đối với các hệ thống ắc quy lithi-ion tổ hợp với ắc quy chì axit hoặc tụ điện có hai lớp điện được sử dụng cho các ứng dụng về ô tô trong các hệ thống có điện áp cấp A. Tiêu chuẩn chỉ áp dụng cho các tổ hợp của các bộ tích điện được tích hợp trong một hộp chung.	Ắc quy, pin xe điện nói chung
28.	TCVN 12668 (IEC 60086)	Pin sơ cấp	<p>Gồm các phần:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TCVN 12668-1:2020 (IEC 60086-1:2015), Pin sơ cấp - Phần 1: Quy định chung - TCVN 12668-4:2020 (IEC 60086-4:2015), Pin sơ cấp - Phần 4: An toàn của pin Lithium 	Pin Lithium
29.	TCVN 12774 (ISO 18243)	Xe máy và mô tô điện – Đặc tính kỹ thuật thử nghiệm và yêu cầu về an toàn đối với hệ thống Ắc quy Lithi-ion	Quy trình thử nghiệm hệ thống ắc quy lithi-ion được sử dụng trong xe máy và mô tô điện	Ắc quy mô tô, xe máy điện

2. Các tiêu chuẩn, quy chuẩn trên thế giới

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
I	Trạm sạc, hệ thống sạc			
1.	UL 2202 (Tổ chức UL)	DC Charging Equipment for Electric Vehicles (Thiết bị sạc điện 1 chiều cho xe điện)	Quy định về thiết bị/ trạm sạc 1 chiều cho xe điện	Trạm sạc
2.	UL 2231 (Tổ chức UL)	Personnel Protection Systems for Electric Vehicle (EV) Supply Circuits (Hệ thống bảo vệ con người của mạch cấp nguồn xe điện)	<p>Gồm 2 phần:</p> <p>Part 1: General Requirements (Yêu cầu chung). Các yêu cầu này bao gồm các thiết bị và hệ thống được thiết kế để giảm nguy cơ điện giật cho người dùng từ các bộ phận có thể tiếp cận, được nối đất hoặc mạch cách ly để sạc xe điện. Các mạch này nằm bên ngoài hoặc trên xe.</p> <p>Part 2: Requirements for Protection Devices for Use in Charging Systems (Yêu cầu cụ thể đối với thiết bị bảo vệ trong trạm sạc)</p> <p>để giảm nguy cơ điện giật cho người dùng từ các bộ phận có thể tiếp cận, được nối đất hoặc mạch cách ly để sạc xe điện. Các mạch này nằm bên ngoài hoặc trên xe.</p>	Trạm sạc

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
3.	UL 2594 (Tổ chức UL)	Standard Testing for Electric Vehicle Charging Stations (Thử nghiệm cho trạm sạc xe điện)	Quy định yêu cầu thiết bị cung cấp điện cho xe điện, có điện áp định mức tối đa là 250 V xoay chiều, tần số 60 Hz và nhằm cung cấp điện cho xe điện có bộ sạc trên xe.	Trạm sạc
4.	GB 50966-2014	Code for design of electric vehicle charging station (Thiết kế trạm sạc xe điện)	Quy định về PCCC đối với trạm sạc trong nhà và ngoài trời, cụ thể: Với trạm sạc trong nhà: Thực hiện theo tiêu chuẩn GB 50140 Code for Design of Extinguisher Distribution in Buildings (Trang bị, bố trí bình chữa cháy trong nhà). Với trạm sạc ngoài trời: Yêu cầu trang bị bình chữa cháy xách tay	Trạm sạc
5.	GB /T 18487-1	Electric vehicles conductive charging system	Quy định về hệ thống sạc, trạm sạc xe điện Gồm các phần: Part 1: General requirements (Yêu cầu chung); Part 2: EMC requirements for off-board electric vehicle supply equipment (yêu cầu tương thích điện từ) Part 3: Electric vehicle conductive charging system AC/DC Electric vehicle charging station (Hệ thống sạc dẫn điện xe điện AC/DC Trạm sạc xe điện)	Trạm sạc
II	Bãi đỗ, gara xe điện			

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
6.	NFPA 70 (Mỹ)	National Electrical Code (Quy chuẩn quốc gia về điện)	quy định bãi đỗ xe trong hầm phải sử dụng hệ thống chữa cháy tự động bằng nước, không quy định với bãi đỗ xe ngoài trời.	Gara xe điện
7.	NFPA 88A (Mỹ)	Standard for Parking Structure (Tiêu chuẩn về kết cấu bãi đỗ xe)		
8.	NFPA 13 (Mỹ)	Standard for the Installation of Sprinkler Systems (Tiêu chuẩn lắp đặt hệ thống sprinkler)	Quy định về lắp đặt hệ thống sprinkler, trong đó có bãi đỗ xe	Gara xe điện
9.	Approved Document B, Volume 2 (Anh)	Buildings other than dwellings houses (Công trình xây dựng không phải nhà ở)	Quy định về an toàn PCCC đối với bãi đỗ xe (nội dung tiêu chuẩn không có quy định khác biệt giữa bãi đỗ xe thông thường và bãi đỗ xe điện)	Gara xe điện
10.	BS 7671:2018 (Anh)	Requirements for Electric Installations, Section 722 Electric vehicle charging installation (Yêu cầu đối với lắp đặt điện, Mục 722 Lắp đặt sạc xe điện)		
11.	TEK 17 (Na Uy)	Regulations on technical requirements for construction works (Quy định về yêu cầu kỹ thuật đối với công trình xây dựng)	Quy định về an toàn PCCC bãi đỗ xe, trong đó với bãi đỗ xe có diện tích từ 1.200 m ² trở lên phải trang bị báo cháy, chữa cháy tự động và bình chữa cháy xách tay	Bãi đỗ xe điện
III	Xe điện			
12.	ECE R100	Agreement: Concerning the Adoption	Tiêu chuẩn kỹ thuật của Liên minh Châu Âu. Quy	Ô tô, xe

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
	(Châu Âu)	<p>of Harmonized Technical United Nations Regulations for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these United Nations Regulations*</p> <p>(Hiệp định: Liên quan đến việc thông qua các quy định kỹ thuật hài hòa của Liên hợp quốc đối với phương tiện có bánh xe, thiết bị và phụ tùng có thể lắp và/hoặc sử dụng trên phương tiện có bánh xe và các điều kiện để công nhận lẫn nhau các phê duyệt được cấp trên cơ sở những quy định này Quy định của Liên Hợp Quốc)</p>	định các yêu cầu về thiết kế, chế tạo và thử nghiệm đối với pin được sử dụng cho xe điện, bao gồm: Xe ô tô điện, xe buýt điện, xe tải và xe máy điện	máy điện
13.	ECE R136 (Châu Âu)	Agreement: Concerning the Adoption of Uniform Technical Prescriptions for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on	Tiêu chuẩn kỹ thuật của Liên minh Châu Âu. Quy định các yêu cầu về thiết kế, chế tạo và thử nghiệm đối với xe 2 bánh và ba bánh có tốc độ tối đa trên 25 km/h được bán và sử dụng tại Châu Âu	Xe máy điện

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
		<p>Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these Prescriptions*</p> <p>(Hiệp định: Về việc thông qua các quy định kỹ thuật thống nhất cho Xe có bánh, thiết bị và phụ tùng có thể được lắp và/hoặc sử dụng trên xe có bánh và các điều kiện để công nhận lẫn nhau các phê duyệt được cấp trên cơ sở các quy định này)</p>		
14.	<p>ISO 6469 (Tiêu chuẩn quốc tế) Tương đương TCVN 12504</p>	<p>Electrically propelled road vehicles - Safety specifications (Phương tiện giao thông đường bộ chạy điện – Đặc tính kỹ thuật an toàn)</p>	<p>Quy định về yêu cầu kỹ thuật và thử nghiệm xe điện</p> <p>Gồm các phần:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Part 1: Rechargeable energy storage system (RESS) (Phần 1: Hệ thống tích điện nạp lại được) - Part 2: Vehicle operational safety (An toàn vận hành xe) - Part 3: Electrical Safety (An toàn về điện) - Part 4: Post crash electrical safety (An toàn điện sau sự cố) 	Xe điện
15.	UL 2849	<p>Electrical Systems for eBikes (Hệ thống điện cho xe đạp điện)</p>	<p>Quy định yêu cầu đối với hệ thống điện xe đạp điện</p>	Xe đạp điện

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
16.	UL 2251	Plugs, Receptacles, and Couplers for Electric Vehicles (Ổ cắm, phích cắm, khớp nối cho xe điện)	Yêu cầu đối với phích cắm, ổ cắm, ổ cắm xe và đầu nối có định mức lên tới 800 ampe và điện áp xoay chiều lên đến 600 volt AC hoặc DC và dành cho hệ thống kết nối dẫn điện,	Xe điện
17.	EN 50604-1	Secondary lithium batteries for light EV (electric vehicle) applications - Part 1: General safety requirements and test methods (Pin lithium thứ cấp cho các ứng dụng EV (xe điện) hạng nhẹ - Phần 1: Kiểm tra và yêu cầu an toàn chung phương pháp)	Quy định các yêu cầu an toàn đối với pin lithium-ion được sử dụng trong xe điện nhẹ	Xe điện
18.	GB 18384	Electric vehicles safety requirements (Yêu cầu an toàn cho xe điện)	Quy định các yêu cầu an toàn và phương pháp thử đối với xe điện	Xe điện
IV	Pin, ắc quy xe điện			
19.	UN 38.3 (Liên Hợp quốc)	Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Manual of Tests and Criteria. 38.3. Lithium metal and lithium ion batteries (Khuyến nghị về Vận chuyển hàng	Tiêu chuẩn của Liên Hợp quốc dựa trên các quy định về vận chuyển hàng nguy hiểm, trong đó mô tả các thử nghiệm để phân loại các thiết bị lưu trữ năng lượng. Tại phần 38.3 quy định các yêu cầu và thử nghiệm đối với pin Lithium và Lithium – Ion gồm: - 38.3.4.1. Test T.1: Altitude simulation (Mô phỏng	Pin Lithium

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
		nguy hiểm Hướng dẫn kiểm tra và tiêu chí - 38.3. Pin Lithium và Lithium battery)	độ cao): Thử nghiệm mô phỏng vận chuyển bằng đường hàng không trong điều kiện áp suất thấp; - 38.3. 4.2. Test T.2: Thermal test (Kiểm tra nhiệt độ) - 38.3.4.3. Test T.3: Vibration (thử nghiệm rung); - 38.3.4.4. Test T.4: Shock (thử nghiệm va chạm); - 38.3.4.5. Test T5: External short circuit (ngắn mạch bên ngoài); - 38.3.4.6. Test T6: Impact/Crush (Va chạm và nghiền) Thử nghiệm mô phỏng tác động cơ học do va chạm hoặc đè bẹp có thể dẫn đến đoản mạch bên trong. - 38.3.4.7. Test T7: Overcharge (quá tải); - 38.3.4.8. Test T.8: Forced discharge	
20.	UL 2271 (Tổ chức UL)	Standard For Batteries For Use In Light Electric Vehicle (LEV) Applications (Tiêu chuẩn cho pin sử dụng trong các ứng dụng xe điện hạng nhẹ (LEV))	Tiêu chuẩn quy định về thiết kế, chế tạo, thử nghiệm (vật liệu, cấu trúc, các hệ thống an toàn của pin, thử nghiệm cháy nổ, va đập, nhiệt độ) cho hệ thống pin được sử dụng trong các xe điện nhẹ (LEV) như xe máy, xe đạp điện...	Pin Xe máy điện
21.	UL 2580 (Tổ chức UL)	Standard For Batteries for Use In Electric Vehicles (Tiêu chuẩn cho pin sử dụng trong xe điện)	Tiêu chuẩn quy định yêu cầu, phương pháp thử (khả năng chịu va đập, rung, chịu nhiệt, chống rò rỉ) của hệ thống pin xe điện	Pin ô tô điện



STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
22.	UL 2596	Electric Vehicle Battery Enclosure Material Safety (An toàn vật liệu bảo vệ ắc quy xe điện)	Quy định yêu cầu đối với vật liệu chế tạo ắc quy xe điện	Ắc quy lực xe điện
23.	UL 60086-4	Standard for Safety Primary Batteries – Part 4: Safety of Lithium Batteries (An toàn của pin sơ cấp – Phần 4: An toàn của pin lithium)	Quy định yêu cầu về an toàn của pin Lithium	Pin lithium
24.	IEC 62660 (Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế) Tương đương TCVN 12241	Secondary Lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles (Pin Li-ion thứ cấp dùng để truyền lực cho phương tiện giao thông đường bộ chạy điện)	Quy định các yêu cầu và thử nghiệm đối với pin truyền lực cho các phương tiện giao thông đường bộ chạy điện Gồm các phần: - Part 1: Performance testing (Thử nghiệm tính năng) - Part 2: Reliability and abuse testing (Độ tin cậy và thử nghiệm quá mức) - Part 3: Safety requirements (Yêu cầu an toàn); - Part 4: Candidate alternative test methods for the internal short circuit test of IEC 62660-3 (Phương pháp thử nghiệm thay thế cho thử nghiệm ngắn mạch bên trong của IEC 62660-3)	Pin cho xe điện

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
25.	SAE J2464 (Hiệp Hội kỹ sư ô tô quốc tế)	Electric and Hybrid Electric Vehicle Rechargeable Energy Storage System (RESS) - Safety and Abuse Testing (Hệ thống lưu trữ năng lượng có thể sạc lại cho xe điện và xe hybrid (RESS) – Thử nghiệm an toàn và quá mức)	Quy định về yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử (thử nghiệm tính năng an toàn và quá tải) cho pin xe điện và xe xăng – điện	Ắc quy và pin xe điện
26.	SAE J2929 (Hiệp Hội kỹ sư ô tô quốc tế)	Safety Standard for Electric and Hybrid Vehicle Propulsion Battery Systems Utilizing Lithium-based Rechargeable Cells (Tiêu chuẩn an toàn cho hệ thống pin xe điện và xe hybrid sử dụng pin sạc dạng Lithium)	Quy định về an toàn cho pin xe điện dạng Lithium	Pin cho xe điện
27.	GB/T 31467	Electrical performance test methods for lithium-ion traction battery pack and system of electric vehicles (Phương pháp thử nghiệm hiệu suất điện của bộ pin kéo lithium-ion và hệ thống xe điện)	Quy định phương pháp thử cho pin lithium – ion của xe điện	Pin Lithium
28.	GB 38031	Electric vehicles traction battery safety requirements (Yêu cầu an toàn về ắc quy xe điện)	Quy định Yêu cầu an toàn và phương pháp thử đối với bộ và hệ thống ắc quy kéo của xe điện	Ắc quy lực xe điện

STT	Số hiệu	Tên quy chuẩn, tiêu chuẩn	Nội dung chính	Đối tượng điều chỉnh
V	Một số tiêu chuẩn về hệ thống lưu trữ năng lượng			
29.	UL 9540 (Tổ chức UL)	Standard for Safety Energy Storage Systems and equipment (Tiêu chuẩn an toàn cho hệ thống và thiết bị lưu trữ năng lượng)	Tiêu chuẩn quy định về thiết kế và chế tạo và thử nghiệm (thử nghiệm nổ, va đập, nhiệt độ) hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) được sử dụng để lưu trữ năng lượng mặt trời, năng lượng gió, hoặc năng lượng từ các nguồn khác dùng để cung cấp năng lượng dự phòng, ứng dụng trong công nghiệp hoặc thương mại.	Hệ thống lưu trữ năng lượng
30.	UL 1973 (Tổ chức UL)	Standard for Batteries for Use in Light Electric Rail (LER) Applications and Stationary Applications (Tiêu chuẩn Pin để sử dụng trong các ứng dụng đường sắt điện nhẹ (LER) và các ứng dụng cố định)	Tiêu chuẩn quy định về thiết kế, chế tạo và thử nghiệm (thử nghiệm cháy nổ, và đập, nhiệt) hệ thống pin sử dụng trong các ứng dụng năng lượng tĩnh như: Pin sử dụng trong hệ thống năng lượng mặt trời, hệ thống điện gió, năng lượng dự phòng	Hệ thống lưu trữ năng lượng

Phụ lục 2

Một số đặc điểm đám cháy xe điện so với xe động cơ đốt trong ([17,18])

STT	Nội dung	Xe động cơ đốt trong	Xe điện
1.	Nguyên nhân cháy	Do va chạm hoặc chạm, chập ổ quy; cháy do rò rỉ bình nhiên liệu	Do hiện tượng thoát nhiệt của pin Li-ion xuất phát từ nguyên nhân bên ngoài như: va chạm gây cháy, nổ; do đám cháy bên cạnh và nguyên nhân bên trong như đoản mạch hoặc sử dụng sai hướng dẫn, quy định của nhà sản xuất
2.	Dấu hiệu	Ngọn lửa bao trùm xe 	Ngọn lửa áp lực phụt ra từ gầm xe kèm theo khí cháy và tiếng nổ “lốp, bóp” của pin 
3.	Các khí cháy	Các khí thoát ra do cháy nhựa, kim loại, xăng dầu	Thành phần giống xe động cơ đốt trong, tuy nhiên lượng HF cao gấp khoảng 1,8 lần so với động cơ đốt trong. Lượng khí cháy thoát ra phụ thuộc vào dung lượng của Pin.
4.	Nhiệt độ	Xấp xỉ 800-1000 ⁰ C	Có thể lên tới 1000-1200 ⁰ C
5.	Thời gian cháy	Khoảng 1-2h	Có thể kéo dài 3 đến 5 giờ
6.	Cường độ cháy (HRR)	Các thử nghiệm hiện nay đánh giá là tương đương nhau	
7.	Tải trọng cháy	Các thử nghiệm hiện nay đánh giá là tương đương nhau	
8.	Bức xạ nhiệt	Các thử nghiệm hiện nay đánh giá là tương đương nhau	

Phụ lục 3

Thông kê một số vụ cháy nổ pin Li-ion liên quan đến xe điện và hệ thống lưu trữ năng lượng

Thời gian	Địa điểm	Phương tiện và tình huống sự cố	Nguyên nhân
2008	Columbia, Hoa Kỳ	Bộ pin lithium ion của chiếc Prius cải tiến bốc cháy khi đang chạy trên đường cao tốc	Kết nối lỏng lẻo dẫn đến pin quá nóng gần chốt lỏng
	tháng 6 năm 2008	Honda Hybrid điện bốc cháy	Honda Hybrid điện bốc cháy
2009	Thâm Quyển, Trung Quốc	Máy bay chở hàng bốc cháy trước khi bay tới Mỹ	Sự đốt cháy tự phát của pin Li-ion
2010	Dubai, UAE	Máy bay Boeing B747-400F carbo bốc cháy	pin Li-ion quá nóng dẫn đến phát cháy
	Urumqi, Trung Quốc	Hai xe buýt EV bốc cháy	Pin Li-ion LFP quá nóng dẫn đến phát cháy
2011	Thượng Hải, Trung Quốc	Xe buýt điện bốc cháy	pin LFP quá nóng
	tháng 6 năm 2011	Một chiếc Chervolet Volt dùng để thử nghiệm va chạm đã bốc cháy vài tuần sau khi thử nghiệm	Chất làm mát bị rò rỉ qua các cực pin Li-ion gây ra đoản mạch bên ngoài, dẫn đến thoát nhiệt
	Burlington, Hoa Kỳ	Một chiếc Chevy Volt, đã được thử nghiệm tác động vào cột điện cách đây 3 tuần, đã bốc cháy và phá hủy những chiếc xe lân cận	Va chạm vào cực bên đã làm hỏng hệ thống làm mát và mô-đun pin. Chất làm mát dẫn điện gây ra hiện tượng đoản mạch bên ngoài và đốt cháy khí dễ cháy thoát ra từ tế bào pin
	Hàng Châu, Trung Quốc	Taxi điện bốc cháy	Lửa bắt nguồn từ gói pin Li-ion LFP
2012	Arizona, Hoa Kỳ	Vụ cháy nổ xảy ra tại BESS 1,5 MW khiến 4 lính cứu hỏa bị thương nặng	Hư hỏng bên trong của tế bào pin Li-ion dẫn đến thoát nhiệt, dẫn

Thời gian	Địa điểm	Phương tiện và tình huống sự cố	Nguyên nhân
			đến sự truyền nhiệt gây cháy đến phần còn lại của pin Li-ion
2012	Thâm Quyển, Trung Quốc	Một chiếc taxi BYD E6 đã bị chiếc Nissan GTR va chạm từ phía sau với tốc độ cực cao. Xe taxi bốc cháy sau khi đâm vào gốc cây, 3 người thiệt mạng	Va chạm tốc độ cao làm biến dạng mạch điện áp cao. Hồ quang được kích hoạt do mạch điện áp cao bị hư hỏng, đốt cháy 25% tế bào pin Li-ion và toàn bộ ô tô
2013	Seattle & Tennessee, Hoa Kỳ	Hai chiếc Tesla Model S lao qua vật kim loại lớn ở tốc độ cao tốc và bốc cháy	Bộ pin bị vật kim loại đâm thủng và biến dạng dẫn đến đoản mạch và cháy một số tế bào pin
	Takamatsu, Nhật Bản	Bộ pin chính bốc cháy trong chuyến bay Boeing 787 từ Yamaguchi-Ube đến Tokyo	Ngắn mạch bên trong
	Boston, Hoa Kỳ	Bộ pin APU bốc cháy, khói tràn vào cabin máy bay Boeing 787 Dreamliner	Ngắn mạch bên trong
2015	Hàng Châu, Trung Quốc	Bộ pin của xe buýt hybrid điện bốc cháy	Hệ thống pin Li-ion đã hết bảo hành sau 7 năm sử dụng
	Thâm Quyển, Trung Quốc	Một chiếc xe buýt điện Wushou Dragon bốc cháy khi đang sạc trong gara	Hệ thống giám sát, quản lý (BMS) đã để hệ thống pin nạp quá nhiều
2016	Paris, Pháp	Một chiếc Tesla Model S bốc cháy trong chuyến tham quan quảng cáo	Không xác định
	Rome, Ý	Một chiếc xe cảnh sát ô tô điện bốc cháy trên đường phố	Không xác định
	Nam Kinh, Trung Quốc	Bộ pin của xe buýt điện bốc cháy sau mưa lớn	Ngâm nước gây ra đoản mạch

Thời gian	Địa điểm	Phương tiện và tình huống sự cố	Nguyên nhân
	Bắc Kinh, Trung Quốc	Một chiếc iEV5 bốc cháy trước cột mốc Sanlitum	Có thể quá nóng do kết nối dây lỏng lẻo
	Thâm Quyển, Trung Quốc	Một chiếc xe buýt EV Washou Dragon bốc cháy	Đoản mạch do hư hỏng dây
	Gjerstad, Na Uy	Một chiếc Tesla Model S bốc cháy khi đang sạc tại trạm	Đoản mạch trong quá trình sạc
2017	Bỉ	Trong quá trình vận hành BESS 20 MWh đã bốc cháy và hệ thống phòng cháy chữa cháy cố định không thể dập tắt đám cháy	Do lạm dụng điện trong quá trình vận hành thử nghiệm
2017	California, Hoa Kỳ	Một chiếc Tesla Model X bốc cháy sau khi đâm vào gara	Vụ va chạm đã làm biến dạng pin Li-ion gây ra tình trạng chập mạch, thoát khí và cháy
2017 - 2018	Hàn Quốc	Chuỗi 20 vụ cháy tại BESS trên khắp Hàn Quốc	Bảo vệ Pin Li-ion không phù hợp. Môi trường hoạt động, cài đặt pin Li-ion và tích hợp không phù hợp với hệ thống giám sát, quản lý (BMS); Lỗi do nhà sản xuất
2019	Brabant, Hà Lan	Một chiếc BMW i8 PHEV bốc khói trong showroom	Không xác định
	Florida, Hoa Kỳ	Một chiếc Tesla Model S bốc cháy sau vụ va chạm	Vụ va chạm đã làm biến dạng pin Li-ion gây ra tình trạng chập mạch, thoát khí và cháy
2021	Bắc Kinh, Trung Quốc	BESS 25 MWh liên kết với mảng PV 1,4 W đã phát nổ và giết chết hai lính cứu hỏa	Không xác định

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Lâm (2023). *Cơ hội và thách thức của thị trường xe điện tại Việt Nam trong xu thế “Di chuyển xanh*. Báo điện tử Vneconomy. <https://vneconomy.vn/automotive/co-hoi-va-thach-thuc-cua-thi-truong-xe-dien-tai-viet-nam-trong-xu-the-di-chuyen-xanh.htm>
- [2] Báo điện tử VOV. (2023). *Hàng triệu xe điện đang lưu hành, bố trí chỗ sạc ở đâu*. <https://vov.vn/xa-hoi/hang-trieu-xe-dien-dang-luu-hanh-bo-tri-cho-sac-o-dau-post1047054.vov>;
- [3] Hiếu Anh (2023). *Việt Nam đã có hơn 20.000 ô tô điện*. Báo điện tử Lao động. <https://laodong.vn/xe/viet-nam-da-co-hon-20000-oto-dien-1225551.ldo>.
- [4] Nghi Vũ (2023). *Doanh số thị trường xe điện Việt Nam năm 2023 có thể tăng gấp đôi*. Báo tuổi trẻ online. <https://tuoitre.vn/doanh-so-thi-truong-xe-dien-viet-nam-nam-2023-co-the-tang-gap-doi-20230807162338095.htm>
- [5] Mohammadmahdi Ghiji, Vasily Novozhilov, Khalid Moinuddin, Paul Joseph, Ian Burch, Brigitta Suendermann and Grant Gamble . *A Review of Lithium-ion Battery Fire Suppression*. MDPI, Energies 2020, 13, 5117. 2020
- [6] *Lithium-ion State of Charge (SoC) measurement*. Powertech. <https://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/Lithium-ion-state-of-charge-soc-measurement/>
- [7] Chenxi Zu, Chenxi Zu, Chenxi Zu. *Enabling the thermal stability of solid electrolyte interphase in Li-ion battery*. Wileyonlinelibrary, InfoMat. 2021;3:648–661;
- [8] Saifullah Mahmud et al,. *Recent advances in Lithium-ion battery materials for improved electrochemical performance: A review*. Elsevier B.V, *Engineering* 15 (2022) 10047.
- [9] Sean Meehan. *Fire Risk and Hazard Analysis of Lithium-ion Battery Technologies in Underground Facilities: A Literature Review*. Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden, Report 5674, 2022.
- [10] Soroosh Sharifi-Asl et al,. *Oxygen Release Degradation in Li-ion Battery Cathode Materials: Mechanisms and Mitigating Approaches*. Mechanical and Industrial Engineering Department, University of Illinois at Chicago, Chicago, Illinois 60607, United States, 2019.
- [11] TÜV SÜD, *Safe Storage Reduces Lithium – ion Battery Fire Risks*. <https://www.tuvsud.com/en-us/services/risk-management/fire-protection-engineering/Li-ion-batteries>.

- [12] Office for Zero Emission Vehicles (OZEV). *T0194 - Covered car parks: Fire safety guidance for electric vehicle*. 2023. <https://www.gov.uk/government/publications/covered-car-parks-fire-safety-guidance-for-electric-vehicles>;
- [13] ACT Fire and Rescue. FSG - 22 Electric Vehicles (EV) and EV Charging Equipment in the Built Environment. 2023. <https://nla.gov.au/nla.obj-3233897834/view>.
- [14] AXA XL Risk Consulting. PRC.17.14.3 - Parking Structures. 2023. <https://axaxl.com/prc-guidelines/-/media/axaxl/files/pdfs/prc-guidelines/prc-17/prc17143parkingstructuresv1.pdf>.
- [15] Victoria Hutchison. Research Insights: Fire Safety for Electric Vehicles and Other Modern Vehicles in Parking Structures. 2024. <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2024/07/12/parking-garages-and-evs>;
- [16] Research Institutes of Sweden (RISE). Electrical Vehicle Fire Safety in Enclosed Spaces. 2023.
- [17] EV FireSafe. *Electric Vehicle & Charging Safety for Emergency Response*. 2022
- [18] Denise Hilster, Louis Leestemaker, Anco Hoen. *Safety and electric passenger cars*. CD Delft. 21.200180.047. 2020;
- [19] J. van der Graaf, T. Hessels and N. Rosmuller. *Fire safety of indoor car parks accommodating electrically powered vehicles*. NIP. 2023
- [20] NFPA. *NFPA's Alternative Fuel Vehicles Safety Training Program – Emergency Fuel Guide – 2015 Edition*. 2015
- [21] Alexander Tankou. *Approaches to mitigate electric vehicle fire risks in enclosed spaces*. 2024
- [22] Research Institutes of Sweden (RISE). Electrical Vehicle Fire Safety in Road Vehicles. 2019
- [23] Manjunatha H et al. *A Review on Fire Prevention and Suppression Solutions for EV Battery Packs*. SAE International. 2024
- [24] Linfan Cai. *Suppression of Li-ion Battery fire*. Fire Safety Engineering, Lund University. 2023
- [25] Ping Lou et al. *Fabrication of fire-response functional separators with microcapsule fire extinguishing agent for lithium-ion battery safety*. Wileyonlinelibrary, Nano Select 2021;1–9.