

# CÔNG NGHỆ NẠP VÀ LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG TRÊN XE MÁY ĐIỆN

## TECHNOLOGY FOR CHARGING AND ENERGY STORAGE ONBOARD ELECTRIC SCOOTERS

Bùi Văn Ga<sup>1</sup>, Bùi Thị Minh Tú<sup>1</sup>, Trương Lê Bích Trâm<sup>2</sup>, Bùi Văn Hùng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

<sup>2</sup>Đại học Đà Nẵng

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng; bvhung@ute.udn.vn

(Nhận bài: 14/10/2020; Chấp nhận đăng: 15/01/2021)

**Tóm tắt** - Mật độ năng lượng của pin thấp và thời gian nạp điện kéo dài là rào cản quan trọng làm hạn chế việc áp dụng rộng rãi xe máy điện hiện nay. Nhờ ứng dụng vật liệu mới cho các điện cực và sử dụng chất điện phân thể rắn, khả năng lưu trữ của pin nền lithium có thể tăng gấp đôi trong thập niên tới với giá thành thấp. Việc nạp điện nhanh cũng rất hiện thực nhờ kết hợp chặt chẽ giữa lựa chọn vật liệu thích hợp cho điện cực pin, điều chỉnh nhiệt độ nạp tối ưu và nâng cao công suất của các trạm nạp điện một chiều. Khi pin thể hệ mới chưa được phổ biến và hệ thống nạp điện nhanh còn hạn chế thì công nghệ pin hoán đổi phù hợp với xe máy điện. Việc quản lý hệ thống pin hoán đổi có thể thực hiện tự động hoàn toàn với công nghệ IoT. Nhờ những tiến bộ đó, xe máy điện là ứng viên rất tiềm năng thay thế xe gắn máy sử dụng động cơ đốt trong trong tương lai gần.

**Từ khóa** - Xe máy điện; Pin nền lithium; Lưu trữ năng lượng; Nạp điện nhanh; Hoán đổi pin.

### 1. Giới thiệu

Xe gắn máy hai bánh là phương tiện giao thông cá nhân linh hoạt và phù hợp với các vùng đô thị chưa phát triển rộng rãi cơ sở hạ tầng dành cho ô tô. Mặt khác, dịch vụ cho thuê tự động xe hai bánh cũng rất được ưu chuộng ở các thành phố có mật độ khách du lịch cao hoặc có nhiều trường đại học [1-4]. Trong trạng thái bình thường sau đại dịch COVID-19, khi thương mại trực tuyến sẽ trở thành một phương thức mua hàng phổ biến thì xe máy sẽ là một giải pháp hữu hiệu để giao hàng. Tổng sản lượng sản xuất xe hai bánh hàng năm ở các nước lớn trên thế giới là xấp xỉ 60 triệu chiếc, trong đó 47 triệu chiếc ở Châu Á [5]. So với xe du lịch, thị trường xe hai bánh đang phát triển nhanh hơn nhiều, khoảng 18% hàng năm [6].

Trong khu vực ASEAN, ước tính tốc độ tăng trưởng của thị trường ô tô sẽ đáng kể hơn, khoảng 60% trong giai đoạn 2013-2040 [7]. Số lượng trung bình xe hai bánh bán ra hàng năm là 10 triệu chiếc trong thập kỷ qua. Xe hai bánh chiếm hơn 50% tổng số phương tiện vận chuyển đường bộ ở Malaysia và lên đến 70% ở Việt Nam và Thái Lan [8-9]. Người dân trong khu vực phụ thuộc nhiều vào xe hai bánh vì mật độ dân số đô thị cao, cơ sở hạ tầng dành cho ô tô chưa phát triển rộng rãi, phạm vi đi lại hàng ngày ngắn (khoảng 35km) ở hầu hết các thành phố trong khu vực với chi phí vận hành thấp [10].

Xe hai bánh bao gồm xe máy (dung tích xi lanh nhỏ hơn 50cc) và xe mô tô (dung tích xi lanh lớn hơn 50cc). Khác với ô tô, những công nghệ tiên tiến để kiểm soát quá

**Abstract** - Low energy density of the battery and long charging time are the main barriers to the widespread application of electric scooters today. Thanks to the development of advanced materials for electrodes and solid-state electrolyte, the storage capacity of lithium-based batteries is expected to be double with low cost in the next decade. Fast charging technology is also ready thanks to the combination of appropriate material for the battery electrodes, optimal charging temperature control and improving the capacity of DC charging stations. When the new generation battery is not popular and the fast charging infrastructure is not available, the swap battery technology is an appropriate energy storage solution for electric scooters. Management of the swap battery system can be fully automated with IoT technology. Thanks to these advances, electric scooters will be real potential candidate substituting internal combustion engine scooter in the near future.

**Key words** - Electric scooter; Lithium-based battery; Energy storage; Fast charging; Swap batteries.

trình cháy và phát thải ô nhiễm áp dụng trên động cơ xe gắn máy rất hạn chế. Do đó, mức phát thải ô nhiễm của xe hai bánh chạy bằng động cơ đốt trong cao hơn đáng kể so với ô tô [8].

Ô nhiễm không khí thách thức các nhà nghiên cứu châu Á tìm kiếm công nghệ để cải thiện hiệu quả năng lượng và giảm phát thải của xe hai bánh. Việc chuyển đổi mô tô chạy xăng sang mô tô chạy bằng nhiên liệu LPG đã bắt đầu ở Việt Nam vào những năm 1990 [11-12]. Bộ phụ kiện LPG đã được phát triển để chuyển đổi xe gắn máy chạy xăng sang chạy bằng LPG. Bình chứa LPG hoán đổi được sử dụng để lưu trữ nhiên liệu trên xe máy do thiếu trạm tiếp nhiên liệu LPG. Mỗi bình chứa được 250g LPG ở trạng thái lỏng với các đầu nối tháo lắp nhanh vào hệ thống nhiên liệu của xe. Với hệ thống này, việc thay thế bình chứa hết gas bằng bình chứa mới có thể được thực hiện nhanh chóng trong vòng vài phút. Bình hết gas sẽ quay lại đơn vị cung cấp để nạp gas mới. Với 2 bình gas, xe gắn máy có thể chạy được quãng đường khoảng 50 km trong điều kiện đô thị. Kinh nghiệm cho thấy, để có thể triển khai rộng rãi xe gắn máy sinh thái trong thực tế thì cơ sở hạ tầng phân phối LPG phải được thiết lập trước.

Mới đây, xe gắn máy hybrid điện-LPG cũng đã được nghiên cứu phát triển trên nền xe gắn máy Honda 110cc [13]. Động cơ xăng được chuyển đổi thành động cơ LPG và giữ nguyên vị trí ban đầu. Động cơ điện chạy bằng 4 pin axit-chì được tích hợp vào bánh trước của xe. Hiệu suất xe gắn máy được cải thiện, mức độ phát thải ô nhiễm giảm

<sup>1</sup> The University of Danang - University of Science and Technology (Bui Van Ga, Bui Thi Minh Tu)

<sup>2</sup> The University of Danang (Truong Le Bich Tram)

<sup>3</sup> The University of Danang - University of Technology and Education (Bui Van Hung)

đáng kể [14]. Tuy nhiên, hệ thống truyền động phức tạp, cần được thiết kế, bố trí tối ưu để có thể ứng dụng trong thực tiễn.

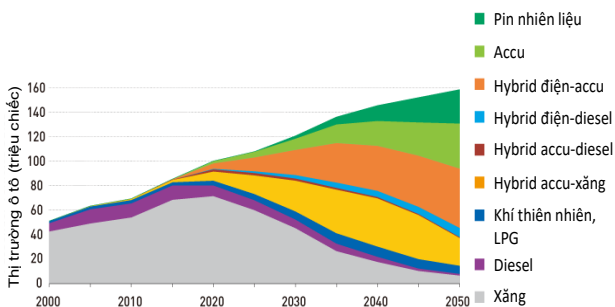
Mặc dù, các giải pháp nêu trên có thể kiểm soát được nồng độ các chất ô nhiễm trong khí thải nhưng chúng không thể loại bỏ hoàn toàn phát thải chất khí gây hiệu ứng nhà kính CO<sub>2</sub>. Việc giảm phát thải khí nhà kính triệt để cần dựa vào xe máy điện. Ở châu Á, xe điện chạy bằng pin đã được áp dụng ở nhiều nước như Trung Quốc, Ấn Độ, Indonesia... Ngành công nghiệp xe máy điện ở châu Á đã ghi nhận một sự phát triển nhanh đáng kể [15]. Tuy nhiên, do tầm hoạt động hạn chế, thời gian sạc điện kéo dài, tuổi thọ của pin ngắn và cơ sở hạ tầng sạc điện chưa được phát triển rộng rãi đã hạn chế quy mô phát triển xe điện chạy bằng pin.

Cải thiện khả năng lưu trữ năng lượng và giảm thời gian sạc điện cho ắc quy là những hướng nghiên cứu chính về xe điện nói chung. Gần đây, các nhà khoa học đã tập trung nghiên cứu phát triển pin lithium thế hệ mới như lithium-sulfur, lithium-không khí và pin thể rắn hoàn toàn (SSB). Đây là những loại pin có khả năng lưu trữ năng lượng cao, tuổi thọ dài và chi phí thấp [16-18]. Khả năng lưu trữ của pin lithium ion hiện nay có thể đạt 300 Wh/kg và 750 Wh/L. Thế hệ pin lithium mới có thể đạt mật độ năng lượng cao hơn, khoảng 500 Wh/kg và 1.000 Wh/L [19]. Những nghiên cứu gần đây cho thấy, một số vật liệu catốt như S, FeF<sub>3</sub>, CuF<sub>2</sub>, FeS<sub>2</sub> và MnO<sub>2</sub> có thể cải thiện mật độ năng lượng của pin lên đến 1.000-1.600 Wh/kg và 1.500-2.200 Wh/L [20].

Kỹ thuật sạc điện nhanh cũng là một chủ đề lôi cuốn sự quan tâm của các nhà nghiên cứu [21], [22]. Nếu hiện nay thông thường phải cần đến 6-8 giờ để nạp đầy pin bằng công nghệ truyền thống thì với công nghệ nạp nhanh cùng với pin lithium-ion thế hệ mới, thời gian nạp đầy chỉ cần khoảng 15 phút. Việc cải thiện khả năng lưu trữ năng lượng và giảm thời gian sạc điện đã mở ra tương lai đầy hứa hẹn cho sự phát triển xe máy điện trong tương lai gần.

Công trình này sẽ trình bày các giải pháp công nghệ để xử lý các rào cản kỹ thuật hiện nay đối với xe máy điện, đó là vấn đề lưu trữ và nạp năng lượng cho xe.

## 2. Dự báo phân khúc thị trường xe máy điện



**Hình 1.** Dự báo thị phần ô tô đến năm 2050

(Nguồn: IEA Energy Technology Perspectives 2015)

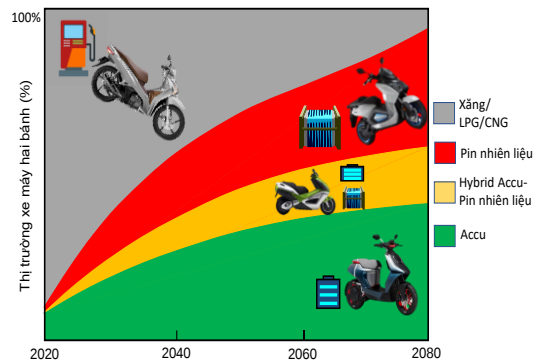
Hiệu suất chuyển đổi năng lượng của xe máy điện cao gấp ba lần so với xe máy chạy bằng động cơ đốt trong ICE [3]. Tuy nhiên, hiện nay do khả năng lưu trữ năng lượng thấp nên quãng đường hoạt động giữa hai lần nạp điện

ngắn, thời gian nạp điện lại kéo dài nên cho tới nay loại phương tiện giao thông sạch này vẫn chưa được phát triển rộng rãi. Với những thành tựu nghiên cứu các loại phương tiện không phát thải ô nhiễm hiện nay và dưới áp lực của các qui định về cắt giảm phát thải các chất khí gây hiệu ứng nhà kính, người ta dự báo sự phân khúc thị trường đối với ô tô, xe máy điện sẽ có những thay đổi mạnh mẽ trong những thập niên tới.

Theo Cơ quan Năng lượng quốc tế (IEA), các phương tiện chạy bằng nhiên liệu hóa thạch sẽ đạt đỉnh vào năm 2020 và sau đó giảm dần trong khi các phương tiện chạy điện sẽ thống trị thị trường vào năm 2050 như Hình 1. Điều này phù hợp với lộ trình của cắt giảm phát thải các chất khí gây hiệu ứng nhà kính COP21, Paris.

Thực tế cho thấy việc chuyển giao công nghệ từ xe du lịch sang xe hai bánh luôn có sự chậm trễ. Khi thị trường ô tô điện phát triển, cơ sở hạ tầng sạc sẽ được mở rộng, thúc đẩy sự phát triển của xe hai bánh điện. Dựa vào lộ trình thâm nhập ô tô điện trên đây, chúng ta có thể dự báo 3 giai đoạn phát triển xe máy điện ở các nước ASEAN như Hình 2. Trong ngắn hạn xe máy chạy bằng pin và bằng động cơ đốt trong chiếm ưu thế; Trong trung hạn, xe máy pin, xe máy hybrid pin-pin nhiên liệu và xe máy động cơ đốt trong cùng chia sẻ thị trường; Trong dài hạn, xe máy pin sẽ chiếm hơn nửa thị phần, còn lại là xe máy hybrid pin-pin nhiên liệu, xe máy chạy bằng pin nhiên liệu. Về lâu dài, xe máy chạy bằng động cơ đốt trong sẽ biến mất. Dự báo này phù hợp với thực tế hiện nay về công nghệ và sự sẵn sàng của cơ sở hạ tầng kỹ thuật trong tương lai. Xe hai bánh chạy bằng động cơ đốt trong dự báo sẽ đạt đỉnh vào năm 2035, tức là muộn hơn 15 năm so với ô tô chạy bằng động cơ đốt trong.

Có thể dự báo, sau năm 2050 chỉ còn xe gắn máy không phát thải ô nhiễm sử dụng điện pin và pin nhiên liệu chạy bằng hydrogen. Do điện và hydrogen trong tương lai phần lớn được sản xuất từ năng lượng tái tạo nên phát thải các chất khí gây hiệu ứng nhà kính từ nguồn năng lượng tới bánh xe (Well-to-Wheel) bằng 0.



**Hình 2.** Dự báo thị phần xe máy đến năm 2080

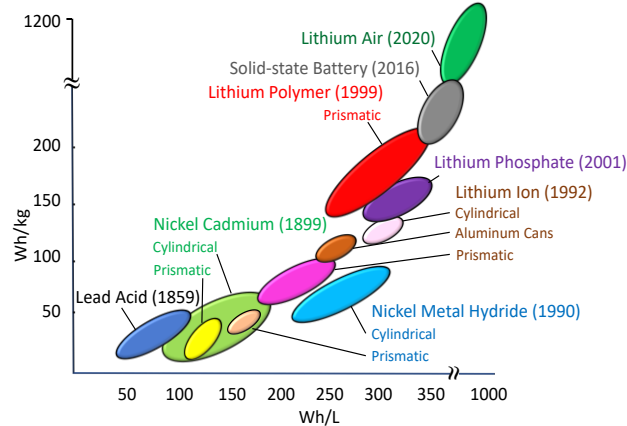
Tuy nhiên, để xe máy điện có thể sử dụng rộng rãi trong thực tế thì khả năng lưu trữ của pin cần được cải thiện và thời gian nạp điện cần phải được rút ngắn.

## 3. Dự báo phân khúc thị trường xe máy điện

Có rất nhiều loại pin đã được nghiên cứu phát triển, tuy nhiên trong thực tế chỉ có 3 loại được sử dụng phổ biến.

Loại lâu đời nhất là pin pin-chì có giá cả phải chăng, độ tin cậy đã được minh chứng, độ an toàn cao; Loại thứ hai là pin dựa trên nền nickel có tuổi thọ cao, có thể làm việc trong những điều kiện khắc nghiệt; Và loại thứ ba là pin dựa trên nền lithium có mật độ lưu trữ năng lượng cao, khối lượng thấp [23].

Khả năng lưu trữ năng lượng của pin axit-chì và nickel-cadmium không được cải thiện gì nhiều từ khi chúng được đưa vào ứng dụng trong thực tế trong khi đó pin lithium-ion có những bước cải thiện đáng kể. Hướng phát triển pin trên nền lithium hiện nay là dùng chất điện phân rắn thay thay cho dung dịch điện phân. Công nghệ này giúp cải thiện độ dẫn ion của lithium, do đó cải thiện đáng kể mật độ năng lượng của pin. Việc tăng điện áp đầu ra của pin cũng là một công nghệ để nâng cao mật độ lưu trữ năng lượng [24]. Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện về pin lithium-không khí. Pin này có mật độ năng lượng lý thuyết rất cao, đạt 3.458 Wh/kg [25]. Trên thực tế, pin lithium-không khí có thể cung cấp mật độ năng lượng 1.214 Wh/kg và 896 Wh/L [25]. Cao và cộng sự [26] đã chỉ ra 51 loại pin có mật độ năng lượng lý thuyết trên 1000 Wh/kg bao gồm O<sub>2</sub>/Li, O<sub>2</sub>/Al, O<sub>2</sub>/Mg, H<sub>2</sub>O/Li, CO<sub>2</sub>/Li, S/Li, CO<sub>2</sub>/Al, H<sub>2</sub>O/Al. Chúng là những loại pin tương lai đầy hứa hẹn [25-27]. Lịch sử phát triển của pin dựa trên lithium đã được giới thiệu trong [20].



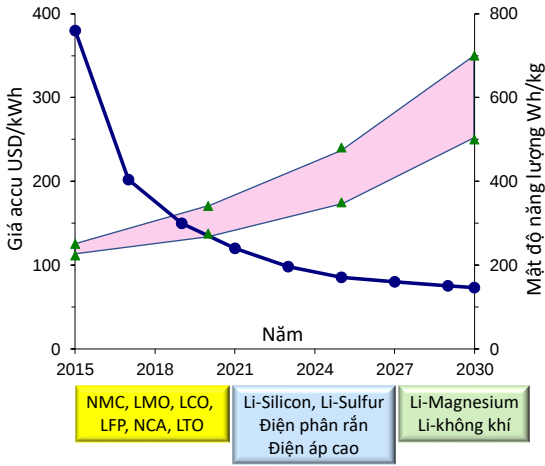
Hình 3. Mật độ năng lượng của các loại pin

Hiện tại, phạm vi hoạt động của xe máy điện chạy pin axit-chì là khoảng 20 km cho mỗi lần sạc điện mất từ 6-8 giờ. Với pin thế hệ mới lithium-ion, tầm hoạt động của xe máy điện như Zero S và Brammo có thể đạt trên 100km [28].

Hình 3 minh họa khả năng lưu trữ của các loại pin. Có thể thấy rằng, mật độ năng lượng trọng trường và thể tích của lithium-ion sẽ tăng gấp đôi trong 10 năm tới [23]. Theo Công ty công nghiệp pin Matsushita, mật độ năng lượng của pin lithium ion đã tăng với tốc độ 11,6% hàng năm kể từ năm 1990 [29].

Hình 4 giới thiệu khả năng lưu trữ năng lượng thực tế và giá thành của các loại pin nền lithium hiện nay và trong 10 năm tới. Hiện nay, khả năng lưu trữ của pin khoảng 300-350 Wh/kg phụ thuộc vào vật liệu làm cực âm. Dự kiến trong 10 năm tới, khả năng lưu trữ của pin khoảng từ 500-700 Wh/kg với các loại pin thế hệ mới. Giá thành của pin

nền lithium giảm liên tục từ 380 USD/kWh năm 2015 xuống còn khoảng 70 USD/kWh năm 2030. Những kết quả nghiên cứu này cho thấy, khả năng lưu trữ của pin sẽ tăng đáng kể và giá thành pin sẽ giảm mạnh trong những thập niên tới. Đây là những yếu tố tích cực giúp cho xe máy điện phát triển nhanh chóng trong tương lai gần.



| Vật liệu điện cực âm                  | Công thức                                       | Viết tắt |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|
| Lithium cobalt oxide                  | LiCoO <sub>2</sub>                              | LCO      |
| Lithium manganese oxide               | LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                | LMO      |
| Lithium iron phosphate                | LiFePO <sub>4</sub>                             | LFP      |
| Lithium nickel manganese cobalt oxide | LiNiMnCoO <sub>2</sub>                          | NMC      |
| Lithium nickel cobalt aluminum oxide  | LiNiCoAlO <sub>2</sub>                          | NCA      |
| Lithium titanate                      | Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub> | LTO      |

Hình 4. Dự báo khả năng lưu trữ và giá thành pin nền lithium đến năm 2030 [30-31]

4. Nạp điện nhanh cho pin

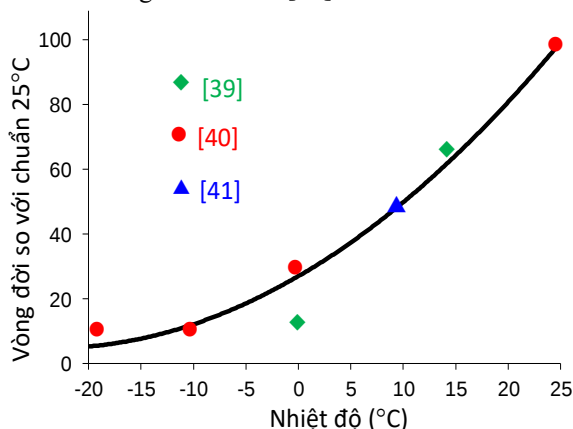
Việc giảm thời gian nạp điện cho pin là một thử thách rất lớn đối với các nhà nghiên cứu [32]. Các nhà khoa học đang nỗ lực tăng tốc độ nạp điện từ 1C lên 6C tương ứng với rút giảm thời gian từ sạc từ 60 phút xuống còn 10 phút [33]. Điều này liên quan đến 3 vấn đề kỹ thuật cần phải xử lý, đó là nhiệt độ pin, vật liệu làm điện cực và công suất trạm nạp điện.

4.1. Nhiệt độ nạp

Trong quá trình nạp điện, các ion lithium chuyển từ cực âm của pin đến cực dương của nó, thường được làm từ than chì. Cực dương thu gom và lưu trữ các ion trong khi pin đang sạc. Các cực dương dày thì mật độ năng lượng cao vì nó có thể chứa nhiều ion lithium [34]. Tuy nhiên, cực dương dày sẽ làm cho việc sạc nhanh khó khăn hơn, vì các ion phải di chuyển xa hơn. Khi đó, nếu các ion không thể thâm nhập vào cực dương đủ nhanh trong quá trình sạc, nó sẽ gây ra tắc nghẽn sự dịch chuyển ion lithium trên bề mặt cực dương. Hiện tượng này, được gọi là mạ lithium, có thể làm giảm hiệu suất và vòng đời của pin. Mặt khác, nếu các ion xếp chồng lên nhau trên bề mặt của cực dương, chúng có thể tạo thành các “gai lithium” khiến pin bị đoản mạch làm hỏng pin hay gây sự cố về an toàn [34].

Nhiệt độ của pin trong quá trình nạp là rào cản của quá trình nạp nhanh [32, 35]. Khi nhiệt độ giảm, tốc độ sạc và điện áp tối đa phải giảm để cải thiện độ an toàn và hiệu suất, đồng thời tránh hiện tượng mạ lithium trên điện cực dương [35]. Ngưỡng nhiệt độ tối thiểu diễn ra quá trình mạ điện cực lithium phụ thuộc vào thông số của pin và tốc độ sạc điện C-rate. Thông thường ngưỡng nhiệt độ này là 25°C, nhưng cũng có thể cao hơn khi tốc độ nạp C-rate cao hoặc pin có mật độ năng lượng lớn [36]. Ngoài ra, nhiệt độ cũng ảnh hưởng mạnh đến hiệu quả của bộ sạc nhanh. Với bộ sạc 50 kW, hiệu suất chuyển đổi năng lượng đạt 93% ở nhiệt độ 25°C nhưng giảm xuống còn 39% ở nhiệt độ -25°C [37].

Ngoài tác hại làm giảm công suất pin và phát sinh nguy cơ mất an toàn, sạc điện trong điều kiện nhiệt độ thấp còn làm giảm đáng kể vòng đời của pin lithium-ion. Khi sạc với tốc độ 1C ở 5°C, pin lithium-ion mất 75% dung lượng trong 50 chu kỳ trong khi đó dung lượng ổn định đến 4.000 chu kỳ với cùng tốc độ sạc ở 25°C [38]. Hình 5 giới thiệu ảnh hưởng của nhiệt độ sạc điện đến vòng đời của pin (lấy vòng đời ở 25°C làm chuẩn). Có thể nhận thấy, vòng đời pin sụt giảm nhanh chóng theo nhiệt độ. Ở nhiệt độ 10°C, vòng đời của pin chỉ còn khoảng một nửa so với vòng đời ở 25°C [38].



Hình 5. Ảnh hưởng nhiệt độ sạc điện đến vòng đời của pin lithium-ion [38]

Kỳ vọng của các nhà sản xuất xe điện là làm sao giảm thời gian nạp điện xuống còn bằng thời gian nạp xăng, dầu. Để thực sự cạnh tranh với ô tô truyền thống, việc sạc nhanh xe điện phải không phụ thuộc vào thời tiết. Tuy nhiên, trong thực tế đến nay không có xe điện nào cho phép sạc nhanh ở nhiệt độ thấp. Ở các nước xứ lạnh, ngay cả khi các trạm sạc điện nhanh phổ biến, người sử dụng xe điện cũng không thể nạp điện cho xe trong thời gian ngắn [42]. Để đảm bảo an toàn và tuổi thọ pin, tốc độ sạc giảm đáng kể ở nhiệt độ môi trường thấp. Ví dụ, đối với xe điện Nissan LEAF [43], việc sạc tới 80% trạng thái sạc (SOC) với bộ sạc 50 kW có thể mất từ 30 phút đến hơn 90 phút tùy thuộc vào nhiệt độ. Để giải quyết vấn đề này một số nghiên cứu đã sử dụng các lá niken mỏng để sưởi ấm bên trong pin lên đến 60°C trong thời gian cho phép sau đó làm mát đến nhiệt độ phòng. Thực tế cho thấy, cần có một khoảng thời gian nhất định để hình thành lớp mạ và gai lithium trên bề mặt điện cực dương. Do đó, nếu thời gian sạc điện ở nhiệt độ thấp dưới ngưỡng thời gian này thì sự hình thành lớp mạ

và gai lithium sẽ giảm thiểu. Với công nghệ này pin có thể sạc đến 80% mức năng lượng trong 10 phút mà không bị ảnh hưởng đến chất lượng và tuổi thọ. Thời gian nạp này ngắn hơn rất nhiều so với pin sử dụng trên xe điện Tesla Model S hiện nay (phải mất 40 phút để sạc pin lên 80% mức năng lượng bằng bộ nạp siêu nhanh).

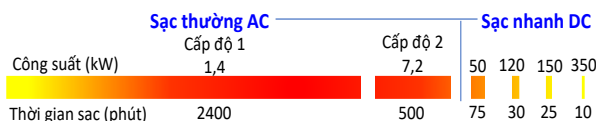
#### 4.2. Vật liệu điện cực pin

Pin lý tưởng là pin có tuổi thọ dài, mật độ năng lượng cao, cho phép sạc điện nhanh ở mọi nơi trong điều kiện thời tiết khác nhau. Những yêu cầu đó đạt được trong những điều kiện có khi trái ngược nhau; Ví dụ, các điện cực dày hơn cần thiết cho việc tăng mật độ năng lượng nhưng sạc nhanh lại cần điện cực mỏng [36]. Các nghiên cứu mới này cho thấy, có thể cải thiện thời gian nạp nhanh pin bằng cách sử dụng các loại vật liệu điện cực mới cho pin lithium-ion [33]. Zenlabs Energy và Enevat Corporation sử dụng công nghệ điện cực hợp kim silicon để tăng tốc độ sạc điện. Silicon có thể thay đổi cấu trúc tinh thể của cực dương làm giảm khả năng mạ lithium trên bề mặt [34]. Đây cũng là công nghệ mà Tesla đã sử dụng để cải thiện chất lượng pin và giảm thời gian sạc điện. Hiện nay, Enevat đang nghiên cứu sử dụng cực dương silicon tinh khiết, loại bỏ hoàn toàn graphite trong pin lithium-ion sạc cực nhanh XFC. Pin này cho phép sạc 75% dung lượng trong vòng 5 phút mà không làm ảnh hưởng đến tuổi thọ và chất lượng lưu trữ của pin. Pin XFC giúp cải thiện mật độ năng lượng và tăng khả năng sạc nhanh vốn được coi là hai trong số những trở ngại lớn nhất đối với việc phát triển xe điện [34].

Các công ty khác cũng đang chạy đua để đưa ra thị trường các loại pin sạc nhanh bằng cách thay đổi vật liệu cực dương. Hãng StoreDot (Israel), đang phát triển một loại pin cho xe điện có thể nạp đầy trong vòng 10 phút. Hãng Echion (Anh) cải thiện chất lượng cực dương của pin lithium-ion bằng công nghệ nano giúp giảm thời gian sạc điện xuống còn 6 phút. Việc tối ưu hóa lộ trình dịch chuyển của các ion lithium bằng cách điều chỉnh kích thước và hình dạng của các hạt graphite truyền thống cũng có thể giúp cải thiện quá trình nạp nhanh pin [34].

#### 4.3. Trạm nạp điện nhanh pin

Các trạm sạc xe điện có thể sử dụng nguồn điện xoay chiều AC hoặc một chiều DC (Hình 6). Bộ sạc AC thường có công suất từ 5kW đến 12kW được đặt ở các nơi công cộng. Bộ sạc DC có công suất lớn, thường từ 50kW đến 400kW hoặc hơn, cho phép sạc điện nhanh. Sạc điện AC được chia thành 2 cấp độ. Sạc điện cấp 1, điện áp xoay chiều 120V, công suất bộ sạc thường 1,4kW thường dùng để sạc ở nhà. Với bộ sạc này, cần 4 giờ để nạp đầy bộ pin 60kWh của ô tô. Hầu hết các bộ sạc ngày nay là bộ sạc cấp 2, điện áp AC 240V, công suất từ 6-18kW, dòng điện sạc từ 16 đến 40 A [32].



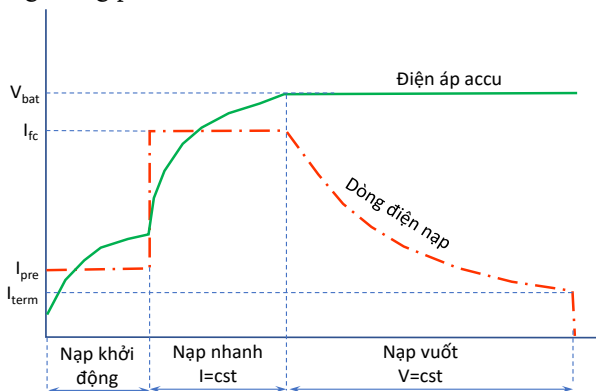
Hình 6. Thời gian sạc điện cho ô tô điện có dung lượng pin 60 kWh khi sạc thường và sạc nhanh [32]

Để nạp điện nhanh người ta phải sử dụng các trạm nạp điện một chiều công suất lớn. Mặt khác, để giảm dòng điện

nạp người ta phải tăng điện áp cụm pin. Điều này yêu cầu tăng cường cách điện bổ sung hệ thống dẫn đến tăng khối lượng xe và giá thành. Các trạm nạp nhanh hiện nay thường có công suất 50 kW, điện áp cụm pin thường 400V. Tesla là hãng đầu tiên giới thiệu trụ sạc 120 kW (Tesla Superchargers) được trang bị đầu nối tùy chỉnh. Gần đây Tesla và Porsche đã triển khai các trạm sạc công cộng 250 kW để có thể nạp điện trong khoảng 40 phút cho những xe điện cao cấp thế hệ mới. Điều đó đã giúp rút ngắn đáng kể thời gian nạp điện nhưng vẫn còn dài hơn rất nhiều so với thời gian bơm đầy bình xăng. Porsche đi tiên phong trong các trạm sạc 350 kW để sạc nhanh các ô tô điện thế hệ mới có điện áp cụm pin 800V [36].

BMW, Daimler, Ford và Volkswagen đã thành lập một liên doanh để triển khai 400 trạm sạc “cực nhanh” trên khắp châu Âu trong năm 2020, với công suất sạc của trạm lên tới 350 kW. Các trạm này có thể sạc một chiếc xe điện chạy quãng đường 200 dặm (ví dụ: Chevy Bolt với pin 60 kWh) trong 10 phút. Honda cũng đã đưa ra kế hoạch đưa ra thị trường xe điện có khả năng sạc nhanh 15 phút vào năm 2022. Gần đây nhất, Bộ Năng lượng Hoa Kỳ đã công bố tài trợ để hỗ trợ các dự án phát triển công nghệ sạc cực nhanh, nhằm mục đích nâng công suất sạc lên đến 400 kW [38].

Năm 2018, BMW lắp đặt trạm sạc thử nghiệm có công suất lên đến 450 kW ở Bavaria, Đức. Mặc dù, đã đạt được nhiều tiến bộ ấn tượng trong việc tăng khả năng cấp nguồn của bộ sạc xe điện nhưng tốc độ nạp điện và phụ thuộc vào tính chất của pin và nhiệt độ môi trường như đã nói ở trên. Hơn nữa, tốc độ sạc nhanh thường chỉ có thể đạt được ở mức dung lượng khoảng 80% [36] do các giới hạn về an toàn. Sau giới hạn đó, dòng điện cần được giảm dần để tránh vượt quá giới hạn điện áp tối đa của phân tử pin, dẫn đến tăng thời gian tổng thể cần thiết để sạc đầy dung lượng pin.



**Hình 7.** Các giai đoạn nạp điện pin lithium-ion

Hình 7 giới thiệu đường cong sạc nhanh tiêu biểu của pin lithium-ion. Có thể chia quá trình sạc điện thành 3 giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên, gọi là giai đoạn sạc trước, diễn ra khi pin cạn kiệt hoàn toàn. Dòng điện sạc trước  $I_{pre} = 0,1C$ , trong đó  $C$  là dung lượng pin tính theo Ah. Pha thứ hai là giai đoạn sạc nhanh với dòng điện không đổi ( $I_{fc}$ ) cho đến khi điện áp của pin lithium đạt  $V_{bat}$  (thường là 4,2 V). Sau đó, giai đoạn thứ ba bắt đầu với điện áp không đổi trong khi dòng điện giảm dần đến khi chỉ còn 1/10 dòng điện nạp nhanh ( $I_{term}$ ). Khoảng 70% dung lượng pin được nạp

trong giai đoạn nạp nhanh; phần còn lại 30% dung lượng được nạp trong giai đoạn điện áp không đổi.

Công suất sạc tối đa không chỉ bị giới hạn bởi bộ sạc mà còn bởi Hệ thống quản lý pin (BMS) trên xe. Thông thường, các xe điện nhỏ hơn như Nissan LEAF (40-62 kWh) hoặc BMW i3 (22-42 kWh) chỉ có thể sạc ở công suất cực đại là 50 kW [36]. Hiện nay, tốc độ sạc điện cho ô tô giới hạn ở khoảng 1-1,5C trong hầu hết các trường hợp.

Nhờ nỗ lực của các nhà sản xuất ô tô điện, thời gian nạp điện cho pin của xe ngày càng được rút ngắn. Ngưỡng thời gian nạp điện 10 phút là rất khả thi trong thập niên tới. Cơ quan tổ chức đua xe quốc tế Formula E gần đây đã công bố thông số kỹ thuật cho thế hệ thứ ba của dòng xe đua chạy hoàn toàn bằng điện sẽ ra mắt trên đường cao tốc vào năm 2022. Những chiếc xe Formula E mới sẽ là những chiếc xe đầu tiên sử dụng trạm sạc cực nhanh có đủ để sạc đầy pin trong khoảng 10 phút. Điều này khẳng định tính hiện thực của công nghệ nạp điện nhanh cho xe điện [34].

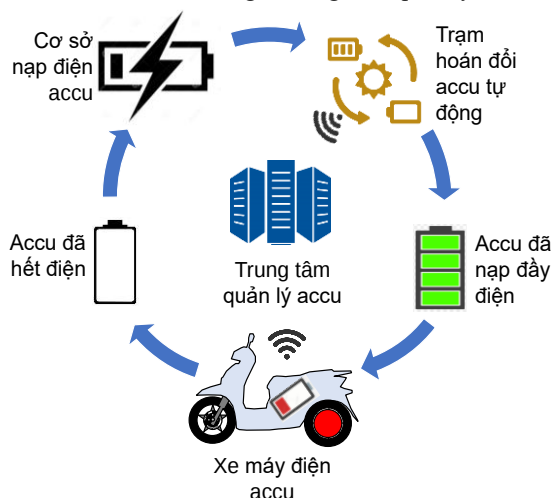
Đối với xe máy điện, quá trình nạp điện nhanh cũng được thực hiện tương tự như ô tô điện nhưng công suất trạm sạc nhỏ hơn nhiều. Dòng điện nạp tỉ lệ với dung lượng của pin để đảm bảo cùng thời gian nạp đầy bình. Ví dụ, đối với pin ô tô điện 150 Ah, trạm sạc nhanh sẽ phải cung cấp dòng điện 900 A trong 10 phút; đối với pin xe máy điện 25 Ah, để nạp đầy bình trong 10 phút chỉ cần dòng điện nạp là 150 A.

## 5. Lưu trữ năng lượng trên xe máy điện

Để áp dụng rộng rãi pin thế hệ mới có dung lượng lớn và thời gian nạp rút ngắn vẫn cần một khoảng thời gian nhất định. Pin lithium ion lần đầu đưa vào sử dụng năm 1990 mà đến nay, hơn 20 năm chúng ta mới có thể ứng dụng hết tính năng của nó. Mặt khác, việc nạp nhanh đòi hỏi đầu tư rất lớn mạng lưới các trạm nạp điện công suất lớn. Điều này không thể diễn ra nhanh, đặc biệt ở các nước đang phát triển.

Trong điều kiện đó, việc sử dụng công nghệ hoán đổi pin như hoán đổi bình LPG cho xe gắn máy là một giải pháp thích hợp. Với pin tiêu chuẩn và hệ thống điện kết nối nhanh, lái xe máy điện có thể thay pin hết điện bằng pin đã nạp đầy trong vòng vài phút thay vì 6-8 giờ để sạc lại ắc quy cố định trên xe như hiện nay. Công nghệ pin hoán đổi đã được áp dụng cho xe máy điện Honda PCX Electric, xe máy điện PES và PED của Yamaha, xe máy điện Kymco [44] ... Honda, Yamaha, Kawasaki và Suzuki, bốn nhà sản xuất xe máy lớn nhất Nhật Bản, mới đây đã hợp tác cùng nhau để phát triển hệ thống pin hoán đổi cung cấp cho xe máy điện [45]. Ở nước ta, Vinfast đã áp dụng phương thức cho thuê pin đối với xe máy điện. Người sử dụng có thể đổi pin hết điện bằng pin nạp đầy tại các địa điểm đổi pin hoặc thông qua nhân viên cứu hộ trên đường [46]. Dịch vụ này chưa được tự động hóa và chỉ diễn ra ở một số địa điểm nhất định trong thành phố nên gây bất tiện cho người sử dụng khi cần đổi pin. Mặt khác, việc trả tiền thuê bao để sử dụng dịch vụ có thể gây thiệt thòi đối với những khách hàng không đổi pin thường xuyên mà sạc điện tại nhà. Trong tương lai khi có nhiều doanh nghiệp cạnh tranh cung cấp dịch vụ pin thì việc hoán đổi cần phải được diễn ra một cách tự động với mạng lưới qui mô lớn để tạo thuận lợi tối

đa cho người sử dụng. Hình 8 trình bày ý tưởng sơ đồ hệ thống hoán đổi pin tự động. Việc quản lý hệ thống này có thể được thực hiện tự động hoàn toàn nhờ ứng dụng IoT. Mỗi một xe máy điện có một mã định danh riêng. Thông tin về hoán đổi pin, tình trạng kỹ thuật của xe, các thông số vận hành ... được truyền tự động về trung tâm quản lý trên nền internet hay sóng LoRa. Các thông tin này được xử lý và chuyển đến các trạm hoán đổi pin tự động (vending machines) để cấp quyền hoán đổi pin cho xe với mã định danh xác định. Tính toán hóa đơn sử dụng điện và khấu hao pin được thực hiện tự động ở trung tâm quản lý.



**Hình 8.** Giải pháp kỹ thuật lưu trữ năng lượng trên xe máy điện

Giải pháp hoán đổi pin tự động rất phù hợp với xe máy điện, đặc biệt trong giai đoạn đầu ứng dụng loại phương tiện này. Nó giúp cho người sử dụng thuận tiện và giảm nhẹ tải chính cho các nhà đầu tư hệ thống xe máy điện. Nhờ đó xe máy điện có thể thâm nhập dễ dàng hơn vào thị trường.

## 6. Kết luận

Nghiên cứu trên đây cho phép chúng ta rút ra được những kết luận sau đây:

- Xe máy điện có hiệu suất chuyển đổi năng lượng gấp 3 lần xe máy chạy bằng động cơ đốt trong, nó là ứng viên tiềm năng thay thế xe máy truyền thống trong tương lai để đáp ứng yêu cầu của nền kinh tế carbon thấp và cắt giảm phát thải CO<sub>2</sub>. Rào cản chính hiện nay là khả năng lưu trữ của pin thấp và thời gian nạp điện kéo dài.

- Pin lithium-ion hiện nay là nguồn lưu trữ năng lượng chính trên xe máy điện. Nhờ ứng dụng vật liệu mới cho các điện cực và chất điện phân rắn, khả năng lưu trữ của pin nền lithium sẽ tăng khoảng 2 lần trong thập niên tới. Mặt khác giá thành của pin cũng tiếp tục giảm giúp làm tăng tầm hoạt động của xe và giảm chi phí đơn vị.

- Kết quả nghiên cứu và ứng dụng gần đây cho thấy công nghệ nạp nhanh pin rất hiện thực. Công nghệ này là sự kết hợp chặt chẽ giữa lựa chọn vật liệu thích hợp cho các điện cực pin, điều chỉnh nhiệt độ pin trong quá trình sạc điện và phát triển hệ thống các trạm nạp nhanh. Công nghệ này bước đầu đã áp dụng thành công trên ô tô điện thể hệ mới và có thể dễ dàng áp dụng cho xe máy điện.

- Trong ngắn hạn, khi pin thể hệ mới chưa được phổ biến và hệ thống nạp điện nhanh chưa được triển khai rộng rãi thì

công nghệ pin hoán đổi là giải pháp phù hợp để lưu trữ năng lượng trên xe máy điện. Việc quản lý hệ thống pin hoán đổi có thể thực hiện tự động hoàn toàn với công nghệ IoT. Điều này tạo thuận lợi cho người sử dụng xe máy điện đồng thời giảm qui mô đầu tư hệ thống nạp điện, giúp cho loại phương tiện sạch này nhanh chóng được áp dụng rộng rãi.

**Lời cảm ơn:** Các tác giả xin chân thành cảm ơn Đại học Đà Nẵng đã hỗ trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu này thông qua đề tài nghiên cứu khoa học “Nghiên cứu hệ thống phun LPG điều khiển điện tử trên động cơ xe gắn máy thể hệ cũ tạo hỗn hợp bằng bộ chế hòa khí” mã số B2019-DN06-19.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Timo Eccarius, “Adoption intentions for micro-mobility-Insights from electric scooter sharing in Taiwan”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 84 (2020), 1023-1027.
- [2] Cornelius Hardt, Klaus Bogenberger, “Usage of e-Scooters in Urban Environments”, *Procedia* 37 (2019), 155-162.
- [3] Natálie Assis Brasil Weber, Bárbara Pachecoda Rocha, Paulo Smith Schneider et al., “Energy and emission impacts of liquid fueled engines compared to electric motors for small size motorcycles based on the Brazilian scenario”, *Energy* 68 (2019), 70-79.
- [4] M. Muthukumar, N. Rengarajan, B. Velliyangiri et al., “The development of fuel cell electric vehicles-A review”, *Material Today Proceedings* (available online 11 April 2020)
- [5] Jin Lei Shang, Bruno G. Pollet, “Hydrogen fuel cell hybrid scooter (HFCHS) with plug-in features on Birmingham campus”, *International Journal of Hydrogen Energy* 35 (2010), 12709-12715.
- [6] Whitney G Colella, “Market prospects, design features, and performance of a fuel cell-powered scooter”, *Journal of Power Sources* 86 (2000), 255-260.
- [7] Stefan Bakker, Kathleen Dematera Contreras, Monica Kappiantari et al., “Low-Carbon Transport Policy in Four ASEAN Countries: Developments in Indonesia, the Philippines, Thailand and Vietnam”, *Sustainability* 9 (2017), 2-17.
- [8] Angkee Sripakagorn, Nartnarong Limwuthigrairrat, “Experimental assessment of fuel cell/supercapacitor hybrid system for scooters”, *Hydrogen Energy* 34 (2009), 6036-6044.
- [9] *Policy guidelines for reducing vehicle emissions in Asia, cleaner two and three wheelers*, Asian Development Bank (2003).
- [10] Joerg Dieter Weigl, Inayati, “Converted Battery-Powered Electric Motorcycle and Hydrogen Fuel Cell-Powered Electric Motorcycle in South East Asia: Development and Performance Test”, *Proceedings of the Joint International Conference on Electric Vehicular Technology and Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering (ICEVT & IMECE)*, 4-5 Nov. 2015, Surakarta, Indonesia, IEEE Xplore (2016).
- [11] V. G. Bui, “Combustion of LPG-air lean mixture and its application on motorcycle engines”, *The ASEM workshop on EU/ASIA Science and Technology co-operation on clean technology*, Hanoi, 3-4 November, 2004, 351-359.
- [12] V. G. Bui, V. N. Tran, “Combustion of LPG-Air Lean Mixture: A solution for pollution reduction of motorcycles in Vietnam”, *The 6th General Seminar of the Core University Program Environmental Science and Technology for sustainability of Asia*, Kumamoto, Japan, 2-4 October 2006, 361-367.
- [13] V. G. Bui, Q. Nguyen, H. Nguyen, “Concept of hybrid motorcycle”, *Journal of Science and Technology, The University of Danang* 4 (2009), 20-27.
- [14] T. H. T. Tran, V. G. Bui, A. V. Vo, V. T. Bui, “LPG-Electric hybrid motorcycle”, *Proceedings of National Conference in Fluid Mechanic, Quinhon, Vietnam*, 19-21/7/2018, 894-906.
- [15] Joerg Dieter Weigl, Hamdani Saidi, Inayati, “Design, testing and optimisation of a hydrogen fuel cell motorcycle for south east Asia”, *Eighth International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, 27-30 March 2013, Monte Carlo, Monaco, Publisher IEEE.

- [16] Guanglei Cui, "Reasonable Design of High-Energy-Density Solid-State Lithium-Metal Batteries", *Matter* 2 (2020), 805-815.
- [17] Jin-Myoung Lim, Sungkyu Kim, Norman S. Luu, et al., "High Volumetric Energy and Power Density Li<sub>2</sub>TiSiO<sub>5</sub> Battery Anodes via Graphene Functionalization", *Matter* 3 (2020), 522-533.
- [18] Kamaya, N., Homma, K., Yamakawa, Y., et al., "A lithium superionic conductor", *Nature Mater* 10 (2011), 682-686.
- [19] Yang Jin, Kai Liu, Jialiang Lang et al., "High-Energy-Density Solid-Electrolyte-Based Liquid Li-S and Li-Se Batteries", *Joule* 4 (2020), 262-274.
- [20] Liping Wang, Zhenrui Wu, Jian Zou et al., "Li-free Cathode Materials for High Energy Density Lithium Batteries", *Joule* 3 (2019), 2086-2102.
- [21] Jianping Wen, Dan Zhao, Chuanwei Zhang, "An overview of electricity powered vehicles: Lithium-ion battery energy storage density and energy conversion efficiency", *Renewable Energy* (available online 23 September 2020).
- [22] Shoutian Sun, XiangYe, "Monolayer Be<sub>2</sub>P<sub>3</sub>N as a high capacity and high energy density anode material for ultrafast charging Na- and K-ion batteries", *Applied Surface Science* 527 (2020), 1467-1483.
- [23] Battery Innovation Roadmap 2030. Eurobat Association of European Automotive and Industrial Battery Manufacturers (2020).
- [24] Long Chen, Xiulin Fan, Enyuan Hu et al., "Achieving High Energy Density through Increasing the Output Voltage: A Highly Reversible 5.3 V Battery", *Chem* 5 (2019), 896-912.
- [25] Heung Chan Lee, Jung Ock Park, Mokwon Kim et al., "High-Energy-Density Li-O<sub>2</sub> Battery at Cell Scale with Folded Cell Structure", *Joule* 3 (2019), 542-556.
- [26] Wenzhuo Cao, Jienan Zhang and Hong Li, *Batteries with high theoretical energy densities*, *Energy Storage Materials*, ©Published by Elsevier B.V, 2019.
- [27] Shangqian Zhao, Li Zhang, Gangning Zhang et al., "Failure analysis of pouch-type Li-O<sub>2</sub> batteries with superior energy density", *Journal of Energy Chemistry* 45 (2020), 74-82.
- [28] J. R. Anstrom, "Hydrogen-fueled motorcycles, bicycles, and industrial trucks", *Compendium of Hydrogen Energy* 4, (2016) 23-34.
- [29] <http://fatknowledge.blogspot.com/2007/05/japan-and-battery-development.html>
- [30] <https://www.spglobal.com/platts/es/market-insights/latest-news/metals/100620-americas-energy-ceo-series-energyx-teague-egan-on-energy-storage-advances>
- [31] <https://www.electrive.com/2018/08/15/catl-rushing-to-launch-ncm-811-battery-cells-first/>
- [32] <https://www.ionenergy.co/resources/blogs/fast-charging-for-electric-vehicles/>
- [33] <https://www.batterypoweronline.com/news/the-future-for-fast-charging-lithium-ion-batteries/>
- [34] <https://www.wired.com/story/charge-a-car-battery-in-5-minutes-thats-the-plan/>
- [35] Yang X-G, Zhang G, Ge S, Wang C-Y. "Fast charging of lithium-ion batteries at all temperatures". *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 2018; 115(28):7266e71, <https://doi.org/10.1073/pnas.1807115115>
- [36] Anna Tomaszewska, Zhengyu Chu, Xuning Feng et al., "Lithium-ion battery fast charging: A review", *eTransportation* 1 (2019), 100011.
- [37] Rentadue G., Lucas A., Otura M. et al, "Evaluation of fast charging efficiency under extreme temperatures", *Energies* 11 (2018)1937.
- [38] Xiao-Guang Yang, Guangsheng Zhang, Shanhai Ge et al., "Fast charging of lithium-ion batteries at all temperatures", *PNAS* 115 (2018), 7266-7271.
- [39] Schimpe M, et al., "Comprehensive modeling of temperature-dependent degradation mechanisms in lithium iron phosphate batteries", *J Electrochem Soc* 165 (2018), A181–A193.
- [40] Waldmann T., Wilka M., Kasper M. et al., "Temperature dependent ageing mechanisms in lithium-ion batteries-A post-mortem study", *J Power Sources*, 262 (2014), 129-135.
- [41] Wang J, et al., "Degradation of lithium ion batteries employing graphite negatives and nickel-cobalt-manganese oxide + spinel manganese oxide positives: Part 1, aging mechanisms and life estimation", *J Power Sources* 269 (2014), 937-948.
- [42] Bloomberg New Energy Finance, *Electric vehicle outlook 2018*, Available at <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/#toc-download>, (2018).
- [43] LEAF owner's manual (2014), <https://owners.nissanusa.com/owners/>
- [44] <https://newatlas.com/kymco-2018-ionex-electric-scooter/53930/>
- [45] Micah Toll, *Honda, Yamaha, Kawasaki, and Suzuki test shared swappable electric motorcycle batteries*, 2020.
- [46] <https://xemaydien.vinfast.vn/he-sinh-thai-pin/>