

Nghiên cứu tối ưu tính năng làm việc của pin Lithium-ion sử dụng cho xe gắn máy tích hợp truyền động lai

Nguyễn Văn Trạng, Phạm Tuấn Anh, Nguyễn Duy Tấn

Tóm tắt — Bài báo giới thiệu tổng quan về pin Lithium – Ion (Li-ion), khả năng ứng dụng của nó đối với các loại phương tiện sử dụng truyền động lai (HEV – Hybrid Electric Vehicle) nói chung và khả năng ứng dụng pin Li-ion trên xe gắn máy tích hợp truyền động lai nói riêng. Nghiên cứu này tập trung vào việc tính toán tối ưu, so sánh và thử nghiệm bộ nguồn pin Li-ion cho xe máy lai xăng điện (HEM – Hybrid Electric Motorcycle) được cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc với bánh trước được dẫn động trực tiếp bằng động cơ điện một chiều không chổi than (BLDC - Brushless DC Electric Motor), bánh sau được dẫn động bằng động cơ đốt trong với bộ truyền vô cấp nguyên bản của xe. Cả hai bánh đều có khả năng cung cấp công suất độc lập hoặc đồng thời cho xe khi di chuyển trên đường. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở để tính toán tối ưu nguồn công suất và chi phí khai thác xe sau khi cải tạo.

Từ khóa: pin Lithium-ion, Hybrid Electric Motorcycle, xe gắn máy lai

1 GIỚI THIỆU

Hầu hết các phương tiện giao thông hiện nay đang sử dụng động cơ đốt trong với nhiên liệu hóa thạch, các động cơ này có hiệu suất không cao và thải ra môi trường gần một phần ba lượng

Bài báo này được gửi vào ngày 25 tháng 05 năm 2017 và được chấp nhận đăng vào ngày 11 tháng 09 năm 2017.

Xin chân thành cảm ơn Khoa Tiêu chuẩn – Đo lường – Chất lượng, trường Đại học Trần Đại Nghĩa; Phòng Thí nghiệm trọng điểm động cơ đốt trong, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM; Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM đã giúp đỡ chúng tôi thực hiện nghiên cứu này.

Nguyễn Văn Trạng, Khoa Cơ khí Động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM (email: trangnv@hcmute.edu.vn)

Phạm Tuấn A, Khoa Kỹ thuật Giao thông, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM (email: anh195vn@hcmut.edu.vn)

Nguyễn Duy Tấn, Khoa Tăng thiết giáp, Trường Đại học Trần Đại Nghĩa (email: duytan719@gmail.com)

khí gây hiệu ứng nhà kính [1]. Kết quả nghiên cứu 6 tháng đầu năm 2017, khí thải của phương tiện giao thông tạo ra 55% khí NO_x, 56% khí CO, 6% khí SO₂ [2]. Chính điều này đã tạo động lực cho các nghiên cứu xoay quanh việc phát triển các dòng xe sử dụng nguồn năng lượng mới “sạch” hơn và tiết kiệm hơn, trong đó xe điện (EV-Electric Vehicle) là một bước tiến lớn khi giải quyết được vấn đề ô nhiễm môi trường và vấn đề nhiên liệu hóa thạch đang ngày một cạn dần. Tuy nhiên, xe điện chưa thể triển khai rộng rãi vì còn nhiều vướng mắc như: chi phí sản xuất cao; công suất riêng của động cơ thấp; dự trữ hành trình nhỏ; tốn nhiều thời gian nạp điện cho accu; thói quen sử dụng. Xe lai được định nghĩa là xe có sử dụng kết hợp hai nguồn năng lượng, được xem là một bước trung gian lý tưởng trong quá trình chuyển đổi xe sử dụng nhiên liệu truyền thống sang xe sử dụng các nguồn năng lượng mới. Trong đó, xe lai xăng - điện là loại phổ biến và thực tiễn nhất hiện nay. Xe lai sẽ đáp ứng được các tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt, tính kinh tế nhiên liệu tăng đáng kể trong khi tính năng động lực học không thay đổi nhiều so với xe truyền thống do kết hợp được ưu điểm của hai nguồn động lực là động cơ đốt trong và động cơ điện đồng thời khắc phục nhược điểm tồn tại của mỗi nguồn khi hoạt động độc lập.

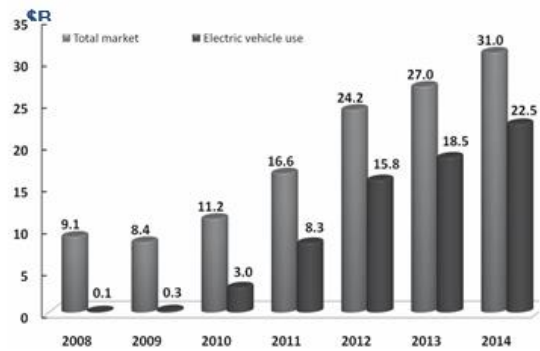
Xe gắn máy hiện đang là phương tiện phổ biến tại các thành phố lớn của các nước Đông Nam Á. Tại Thành phố Hồ Chí Minh (Tp.HCM), tính đến đầu năm 2016 toàn thành phố có khoảng 8,5 triệu xe máy [3] và tiếp tục chưa cảm xe máy đến năm 2030 [4]. Các xe này hoạt động ở điều kiện thành phố với dải tốc độ và tải thấp, tăng giảm tốc độ liên tục, động cơ xăng hầu như không thể duy trì hoạt động ở vùng hiệu suất cao, trên xe cũng không trang bị bộ xử lý khí thải nên khí thải của xe máy

chứa nhiều thành phần độc hại thải trực tiếp ra môi trường. Điều đặc biệt là tại Việt Nam hiện nay chưa có chế tài nào qui định bắt buộc kiểm tra định kỳ chất lượng khí thải đối với xe máy nên bài toán đặt ra là cần giải quyết tính kinh tế nhiên liệu và giảm thiểu ô nhiễm môi trường do phương tiện này gây ra. Giải pháp sản xuất mới xe lai để có thể thay thế hơn 8,5 triệu xe hiện đang sử dụng tại Tp. HCM sẽ tốn rất nhiều thời gian và chi phí, vì vậy nghiên cứu này đã tập trung vào việc cải tạo xe máy truyền thống thành xe HEM, tận dụng được một lượng lớn xe máy đang hoạt động hiện nay.

Trong khuôn khổ đề tài mã số C2015-20-35, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG Tp. HCM đề xuất phương án tích hợp công nghệ hybrid trên xe nền Honda Lead 110cc. Phương án đưa ra là sử dụng động cơ BLDC dẫn động trực tiếp bánh trước làm nguồn động lực thứ hai, bánh sau được dẫn động bằng động cơ đốt trong với bộ truyền vô cấp nguyên bản. Từ đó Phạm Tuấn Anh [5] và các cộng sự đã nghiên cứu lựa chọn phương án bố trí chung; lựa chọn động cơ điện, máy phát, và accu; nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển và phân phối công suất (PMS - Power Management System) theo các chế độ hoạt động khác nhau của xe máy lai và sau đó Huỳnh Thịnh [6] đã tiến hành mô hình hóa và mô phỏng phương án này. Kết quả cho thấy khi xe chỉ hoạt động với động cơ điện, xe máy lai có thể đạt đến vận tốc tối đa là 44,2 km/h khi di chuyển ổn định trên đường bằng, và độ dốc lớn nhất xe có thể vượt được là 3,54% cho trường hợp 50% tải. Tuy nhiên việc chọn nguồn lưu trữ điện năng là 4 ắc quy 12V-30Ah làm khối lượng xe tăng lên hơn 60kg làm ảnh hưởng không nhỏ đến khả năng lưu trữ điện năng và tính năng động lực học của xe đồng thời vị trí lắp accu chiếm hết ngăn chứa đồ (U-Box) gây bất tiện trong sử dụng. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung vào việc lựa chọn, tính toán và thử nghiệm một bộ nguồn tiềm năng hơn do có mật độ năng lượng cao hơn, chính là pin Li-ion có trọng lượng và kích thước nhỏ gọn nhằm khắc phục nhược điểm của bộ accu hiện đang sử dụng.

2 PIN LITHIUM-ION

Pin Lithium - ion (Li-ion) là một loại pin điện hóa thuận nghịch, trong đó các ion Li^+ di chuyển từ điện cực âm đến cực dương trong quá trình phóng, và ngược lại khi nạp điện.

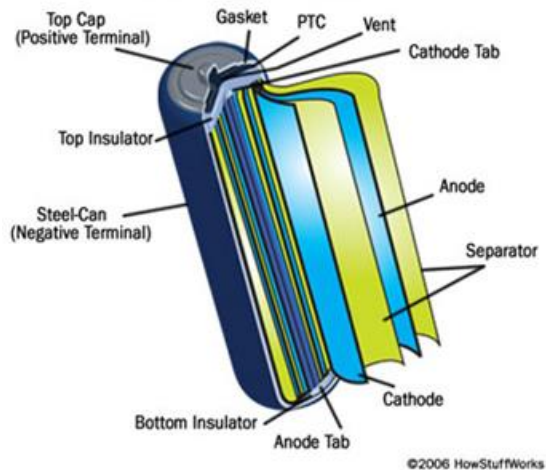


Hình 1. Thị trường pin Li-ion 2008-2014 [7]

Khi mới ra đời thì pin Li-ion chủ yếu được sử dụng làm nguồn điện cho các thiết bị di động như: điện thoại di động, máy tính xách tay, các thiết bị giải trí đa phương tiện. Tuy nhiên với các ưu điểm nổi trội thì Pin Li-ion ngày càng được sử dụng rộng rãi cho các loại xe điện và xe lai. Tính đến năm 2014 thì 73% thị trường pin Li-ion là cung cấp cho xe điện và xe lai. (Hình 1)

2.1 Cấu tạo

Pin Li-ion có cấu tạo gồm 4 phần chính: điện cực âm, điện cực dương, màng ngăn cách điện và chất điện phân (hình 2).



Hình 2. Cấu tạo pin Li-ion hình trụ [19]

Điện cực âm (Cathode): thường được nối với vỏ pin và được làm từ graphit (than chì) có chức năng lưu giữ các ion Li^+ trong tinh thể.

Điện cực dương (Anot) thường được cấu thành từ một lớp oxit (như lithium cobalt oxide), một polyanion (như lithium sắt photphat), hoặc một

spinel (như lithium oxit mangan). Khi có dòng điện chạy qua, nguyên tử lithium dễ dàng tách khỏi cấu trúc tạo thành ion dương Li^+

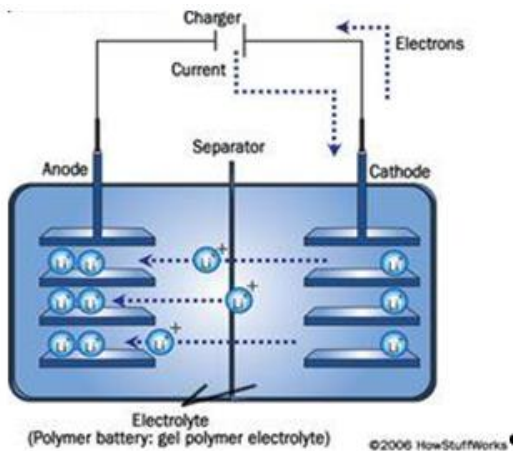
Màng ngăn cách điện (separator) là màng mỏng được làm bằng nhựa PE hoặc PP nằm giữa cực dương và cực âm, có nhiều lỗ nhỏ có chức năng ngăn cách giữa cực dương và cực âm nhưng vẫn cho các ion Li^+ đi qua. Một số pin màng ngăn cách có khả năng khít lại khi nhiệt độ cao, không cho Li^+ đi qua.

Chất điện phân (Electrolyte): thường là chất lỏng chứa hỗn hợp của cacbonat hữu cơ như ethylene cacbonat hoặc cacbonat diethyl chứa phức hợp của các ion lithium. Tùy thuộc vào vật liệu chế tạo mà điện áp, công suất, số chu kỳ phóng-nạp và an toàn của pin Li-ion có thể thay đổi đáng kể. Gần đây, kiến trúc mới sử dụng công nghệ nano đã được sử dụng để cải thiện hiệu suất của pin.

Lithium tinh khiết phản ứng mạnh với nước để tạo thành lithium hydroxide và khí hydro. Vì vậy, pin Li-ion luôn sử dụng chất điện phân không có nước (thấp hơn 0.001%) và được đóng gói trong một lớp vỏ kín và chắc chắn. Ngoài ra, pin Li-ion có thể được chế tạo có lỗ thoát khí để tránh pin bị nổ khi áp suất bên trong tăng cao.

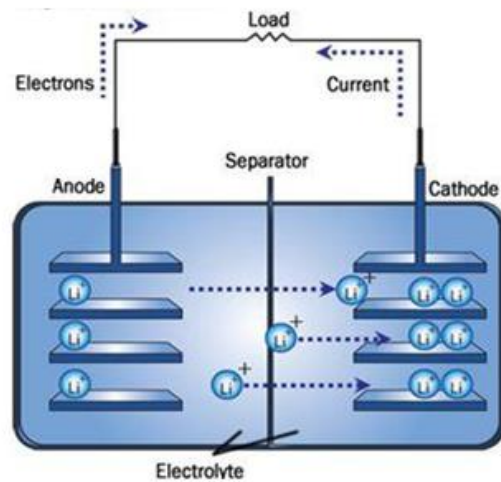
2.2 Nguyên lý hoạt động

Khi đặt một điện áp một chiều vào pin, lúc này xảy ra quá trình nạp. Tại cực dương xảy ra hiện tượng điện phân khiến nguyên tử Li bị tách ra tạo thành ion Li^+ . Dưới tác động của điện trường tạo ra do hiệu điện thế một chiều áp lên cực dương và âm khiến các ion Li^+ chuyển động từ cực dương sang cực âm và bị giữ lại trong các mạng tinh thể cacbon tại cực âm (hình 3).



Hình 3. Quá trình nạp pin Li-ion [19]

Trong quá trình nạp, sự di chuyển của ion Li^+ từ cực dương sang cực âm hình thành nên một hiệu điện thế giữa 2 cực (hình 4).



Hình 4. Quá trình xả pin Li-ion [19]

Khi nối tải tiêu thụ vào giữa hai cực sẽ xuất hiện dòng điện chạy qua tải và các ion Li^+ cũng thoát ra khỏi các tinh thể cacbon ở cực âm và chuyển động về cực dương. Các ion Li^+ bắt đầu di chuyển từ cực dương sang cực âm khi điện áp pin khoảng 3V và rất ít di chuyển khi điện áp pin lớn hơn 4.2V do vậy các thiết bị nạp pin Li-ion thường duy trì điện áp nạp cao nhất là 4.2 V.

Ưu điểm của pin Li-ion

- Pin Li-ion có khối lượng và kích thước nhỏ.
- Có số chu kỳ nạp-xả lớn, khoảng 500-1000 lần.
- Pin có tuổi thọ khoảng 2-3 năm.
- Đây là loại pin có mật độ năng lượng cao (trên 500Wh/kg), một số loại pin Li-ion có thể đạt trên 1800Wh/kg [8].
- Không có hiệu ứng nhớ nên có thể sạc bất kỳ lúc nào mà không nhất thiết phải đợi xả hết dung lượng mới nạp lại.
- Dòng xả lớn, có thể lên đến 30-35 lần dung lượng (C) trong thời gian ngắn.
- Dòng nạp tức thời có thể lớn đến 10C.

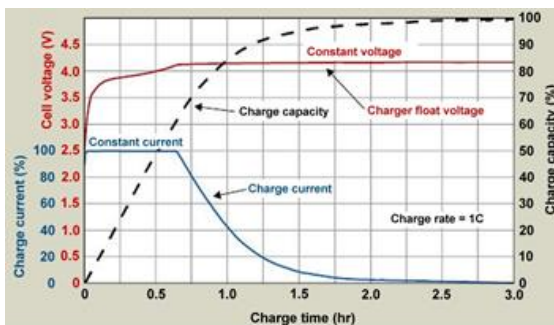
Nhược điểm của pin Li-ion

- Pin có hiệu ứng tự xả, khoảng 5-10%/tháng.
- Khi điện áp pin thấp dưới 3V hoặc cao quá 4,2V có thể làm hỏng pin.
- Có giá thành tương đối cao, khoảng 300-500\$/kWh.
- Rất nhạy cảm và dễ hư hỏng bởi nhiệt, chỉ nên dùng pin ở nhiệt độ < 60°C.

2.3 Phương pháp nạp pin Li-ion

Do bản chất hóa học nên pin Li-ion không thể nạp theo phương pháp bình thường như accu hay pin Niken mà có chu trình nạp riêng. Chu trình nạp pin Li-ion gồm 02 giai đoạn (Hình 5): Giai đoạn nạp ổn dòng và giai đoạn nạp ổn áp.

Nạp ổn dòng: dòng điện nạp được giữ không đổi bằng $C/2$ đến C . Dòng điện nạp càng lớn, giai đoạn nạp ổn dòng càng ngắn nhưng giai đoạn nạp ổn áp sẽ càng dài; tuy vậy, tổng thời gian nạp cả 2 giai đoạn thường không quá 3h. Đồng thời, dòng điện lớn sẽ làm tăng nhiệt độ của pin. Trong quá trình nạp cần theo dõi nhiệt độ sát sao vì nhiệt độ quá cao sẽ có thể làm cho pin bốc cháy hoặc phát nổ. Thông thường, nhiệt độ không nên vượt quá 45°C trừ một số pin Li-ion sử dụng công nghệ lithium-ferro-phosphat (LiFePO_4) có thể đẩy nhiệt độ khi nạp lên đến 60°C . Trong quá trình nạp ổn dòng, điện áp trên hai điện cực của pin tăng dần. Khi điện áp nạp bằng sức điện động của pin lúc đầy, bộ nạp kết thúc quá trình nạp ổn dòng và chuyển sang chế độ nạp ổn áp. Toàn bộ thời gian nạp ổn dòng thường kéo dài tối đa khoảng 1h (tùy thuộc vào dung lượng còn lại ban đầu của pin). Kết thúc quá trình nạp ổn dòng, dung lượng pin đã phục hồi được khoảng 70% (hình 5).



Hình 5. Chu trình nạp Pin Li-ion [9]

Trong nhiều trường hợp sạc nhanh (quick-charge) người ta có thể sử dụng phương pháp “charge-and-run”. Điều này mặc dù làm giảm thời gian sạc đồng thời làm cho thiết kế của bộ nạp đơn giản hơn rất nhiều nhưng mặt khác sẽ làm giảm tuổi thọ pin. Để đảm bảo tuổi thọ của pin theo đúng thông số nhà sản xuất đưa ra, người ta thường phải tiến hành cả giai đoạn nạp ổn áp – thường mất thời gian hơn rất nhiều so với giai đoạn nạp ổn dòng.

Nạp ổn áp: trong chế độ nạp ổn áp, điện áp nạp thường được giữ không đổi bằng $4,2\text{V}/\text{cell}$. Do dung lượng của pin phục hồi dần, sức điện động của pin tăng lên làm cho dòng điện giảm dần. Khi dòng điện giảm về nhỏ hơn $3\%C$, chế độ nạp ổn áp kết thúc. Lúc này, dung lượng pin đạt khoảng 99%.

Khác với pin Nikel hoặc accu acid-chì, pin Li-ion không cần và cũng không được phép duy trì việc nạp sau khi pin đã đầy vì tính chất của Lithium-ion không cho phép over-charge; nếu vẫn cố over-charge pin sẽ sinh nhiệt, khí CO_2 làm tăng áp suất trong pin và gây ra nổ. Ngoài ra, không được nạp pin Li-ion vượt quá 100% dung lượng.

Thông thường, pin Li-ion chỉ nên hoạt động (sạc/xả) ở vùng điện áp được thiết kế (dưới $4,2\text{V}/\text{cell}$). Tuy nhiên, trong một số trường hợp, khi pin đã đầy mà vẫn tiếp tục nạp, điện áp pin sẽ dâng lên cao hơn $4,3\text{V}$. Lúc này, pin gọi là bị over-charging.

Khi điện áp pin nằm ngoài vùng làm việc an toàn (trên $4,2\text{V}/\text{cell}$ hoặc dưới $2,5\text{V}/\text{cell}$) hoạt động của nó trở nên không ổn định. Các lớp Lithium Metallic sẽ hình thành trên cực dương trong khi cực âm sẽ bị oxi hóa mạnh làm giảm tính ổn định và sản sinh ra khí CO_2 bên trong pin làm áp suất trong pin sẽ tăng lên. Thông thường, để an toàn, bộ sạc cần phải ngừng sạc ngay khi áp suất trong cell đạt 200 psi.

Nếu bộ nạp không có chức năng theo dõi và bảo vệ áp suất lớn, do khí CO_2 không ngừng sinh ra, áp suất pin sẽ tiếp tục tăng, đồng thời nhiệt độ pin cũng tăng nhanh. Khi áp suất đạt khoảng 500 psi, lớp màng an toàn ngăn cách các điện cực sẽ bị đánh thủng và pin sẽ bị ngắn mạch và bắt đầu bốc cháy thậm chí gây nổ [9].

3 TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM VÀ CHẾ TẠO MẠCH QUẢN LÝ CÁC CHẾ ĐỘ HOẠT ĐỘNG CỦA PIN LI-ION

3.1 Tính toán, lựa chọn bộ nguồn pin Li-ion

Trong các nghiên cứu trước [5,6,10], xe gắn máy tích hợp truyền động lai được dẫn động bánh trước bằng động cơ điện một chiều không chổi than BLW-16B của hãng LeafMotor Technology Co. Ltd, với công suất 1000W [11]. Nguồn điện cung cấp cho động cơ này là cụm accu $48\text{V}-30\text{Ah}$ gồm 04 accu $12\text{V}-30\text{Ah}$ [12] đặt trong hộp chứa đồ của xe. Để đảm bảo hoạt động và tính năng động lực học của xe không thấp hơn thì bộ nguồn pin Li-ion được chọn phải có tính năng tương đương hoặc cao

hơn.

Căn cứ vào ưu nhược điểm của các loại pin Li-ion trên thị trường hiện có [8], chọn bộ nguồn pin Li-ion với các tế bào (cell) pin là loại Sanyo UR18650F-SCUD-3 [13] của SCUD (Fujian) Electronics Co., Ltd (bảng 1).

Bảng 1. Các thông số cơ bản của cell Li-ion UR18650F-SCUD-3 [13]

Thông số	Giá trị
Dung lượng	2200mAh
Điện áp tối thiểu	3V
Điện áp bình thường	3,7V
Điện áp tối đa	4,2V
Dòng xả bình thường	2,5A
Dòng xả tối đa	5A
Điện trở trong	<0,1Ω
Dòng điện nạp	1,75A
Thời gian nạp đầy	3h
Trọng lượng	48g
Kích thước	Φ18 x 65 mm

Để có được bộ nguồn 48V-30Ah, ta ghép 4 bộ pin nối tiếp với nhau với nhau, mỗi bộ gồm 15 dãy song song, mỗi dãy 3 cell nối tiếp để tận dụng khả năng cân bằng dung lượng chủ động cho các cell.

- Điện áp tối đa của mỗi bộ là: $3 \times 4,2 = 12,6V$
- Dung lượng của mỗi bộ: $15 \times 2,2 = 33Ah$
- Với trọng lượng mỗi bộ: $48 \times 45 = 2160g$
- Kích thước mỗi bộ (D x R x C): $95 \times 90 \times 54mm = 0,948(lit)$

- Trọng lượng 4 bộ pin: $4 \times 2160 = 8640g$
- Kích thước 4 bộ pin: $4 \times 0,948 = 3,792(lit)$

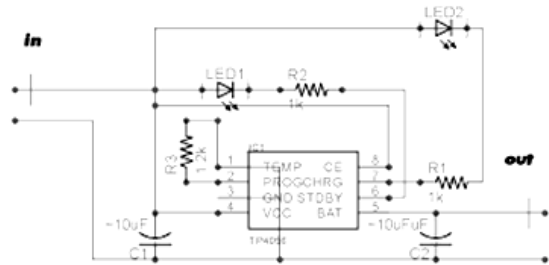
Ta có thông số của bộ nguồn sau ghép nối là 50,4V-33Ah đáp ứng được yêu cầu nhưng trọng lượng chỉ <10kg và thể tích chỉ chiếm < 4lit.

3.2 Thiết kế, chế tạo mạch quản lý pin Li-ion

Với yêu cầu về quá trình nạp – xả pin Li-ion đã trình bày ở các phần trước, mỗi bộ pin Li-ion cần có một mạch quản lý các chế độ làm việc của pin (BMS – Battery Management System) với các yêu cầu sau:

- Điều khiển việc nạp pin theo đúng chu trình.
- Bảo vệ quá dòng, quá áp.

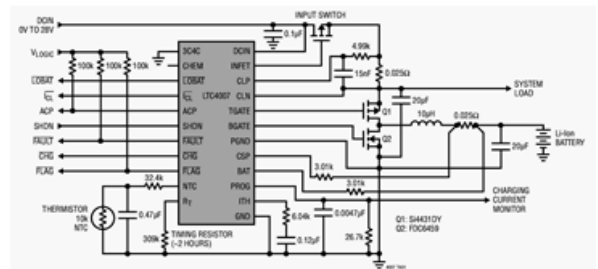
- Bảo vệ quá nhiệt
 - Duy trì SOC ở mức >20%
 - Cân bằng dung lượng các cell [14].
- Mạch BMS sử dụng cho 01 cell Li-ion 4,2V-2,2Ah sử dụng IC TP4056 [15] với sơ đồ:



Hình 6. Mạch BMS TP4056

Tuy nhiên với bộ pin 12,6V-33Ah gồm 45 cell ghép nối với nhau thì việc chế tạo và lắp đặt 45 mạch BMS cho mỗi cell rất phức tạp, tốn rất nhiều thời gian và chi phí đồng thời không thể cân bằng cho các cell, làm cho dung lượng bộ pin giảm nhanh chóng.

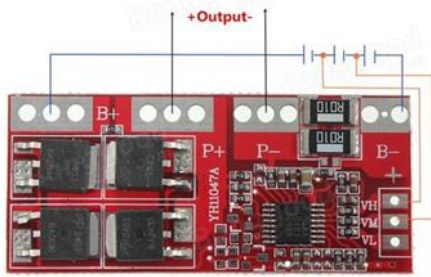
Mạch BMS được thiết kế cho bộ nguồn 12,6V-33Ah sử dụng IC điều khiển nạp - xả pin Li-ion LTC4007 [16] của hãng Linear Technology. Với sơ đồ nguyên lý ở hình 7:



Hình 7. Nguyên lý mạch BMS LTC4007

Mỗi mạch BMS được lắp để điều khiển cho một bộ pin Li-ion 12,6V-33Ah với 03 dãy mắc nối tiếp, mỗi dãy gồm 15cells mắc song song. Với dòng xả 30A mỗi bộ pin cho công suất tối đa 378W, toàn bộ nguồn sẽ có công suất 1512W, đáp ứng yêu cầu cung cấp năng lượng cho BLDC 1000W.

Sau khi chế tạo và lắp ráp linh kiện mạch có kích thước 55x22x4mm (chưa có tản nhiệt) (hình 8).



Hình 8. Mạch BMS sau khi lắp ráp

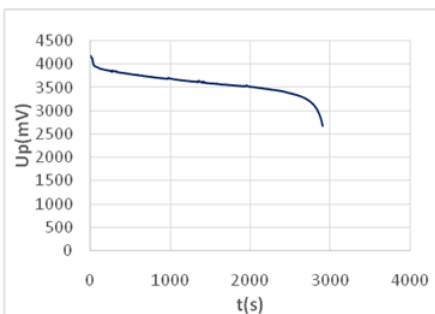
Mạch có các tính năng:

- Điều khiển nạp – xả với bảo vệ quá dòng ở 30A.
- Bảo vệ quá áp cell $4,25 \pm 0,025V$.
- Bảo vệ ngắt xả khi điện áp cell $< 3,25V$ (xem mục 3.3).
- Bảo vệ quá nhiệt ở $65^{\circ}C$.
- Cầu chì tự phục hồi.
- Điện áp vào dải rộng 6-28VDC.
- Sử dụng 04 MOSFET IRF9540 [17] cho dòng điện tải 30A (dòng tức thời đạt 65A), thời gian trễ đóng 16ns, thời gian trễ ngắt 34ns
- Tự động cân bằng cell với độ chênh lệch tối đa 0,03V.

4 KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

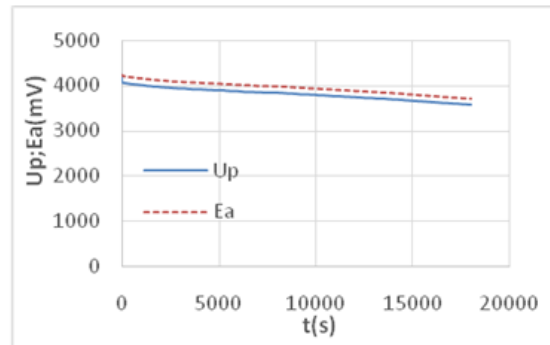
Bộ nguồn pin Li-ion được thử nghiệm tại Phòng thí nghiệm đo lường điện (Khoa Tiêu chuẩn – Đo lường – Chất lượng/Trường Đại học Trần Đại Nghĩa). Các trường hợp thử nghiệm bao gồm:

Thử nghiệm phóng xả cell Li-ion đơn ở chế độ 1h với dòng phóng $I_p = C=2,2A$ (hình 9), kết quả cho thấy khi điện áp cell xuống đến 3,25V thì SOC còn 20% và lúc này điện áp cell giảm rất nhanh. Khi nạp lại dung lượng tối đa của cell giảm 0,24% sau mỗi chu kỳ phóng nạp (dung lượng của cell sau khoảng 200 chu kỳ phóng nạp với chế độ 1h còn khoảng 52%).



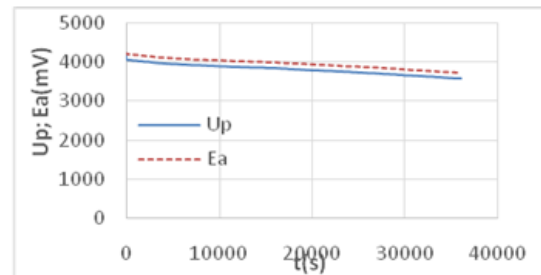
Hình 9. Đặc tính phóng 1h của cell Li-ion

Ở chế độ phóng 5h với $I_p = C/5 = 0,44A$, đặc tính của cell tốt hơn khi SOC còn 20% thì điện áp của cell không xuống quá thấp, chỉ 3,56V và sau mỗi chu kỳ phóng nạp, dung lượng pin giảm 0,15% (hình 10).



Hình 10. Đặc tính phóng 5h của cell Li-ion

Ở chế độ phóng 10h với $I_p = C/10 = 0,22A$, khi SOC = 20% thì điện áp cell còn 3,58V và sau mỗi chu kỳ phóng nạp, dung lượng pin giảm 0,11% (hình 11).



Hình 11. Đặc tính phóng 10h của cell Li-ion

- Thử nghiệm hoạt động của của mạch BMS cho bộ nguồn bằng cách sử dụng bộ nguồn chuẩn 5-30V/30A cung cấp cho mạch và các điện trở công suất chuẩn để tạo tải tiêu thụ. Kết quả cho thấy mạch bảo vệ quá dòng, quá áp và quá nhiệt hoạt động đúng yêu cầu.

Với các thông số cơ bản của bộ nguồn đã được tính toán, thử nghiệm và các thông số chưa thử nghiệm được nội suy từ ADVISOR, Nguyễn Văn Trọng [18] và các cộng sự đã tiến hành mô phỏng hoạt động của xe gắn máy tích hợp truyền động lai bằng công cụ MATLAB/Simulink theo các chu trình: Japan 10 - 15 Mode, ECE, INDIA URBAN và WVUCITY, các chu trình này có điều kiện hoạt động khá tương đồng với điều kiện hoạt động của

xe ở Tp.HCM. Kết quả cho thấy với chu trình WVUCITY và tải trọng xe chỉ với một người lái, tiêu hao nhiên liệu/100km giảm từ 2,693 (lít) xuống còn 2,126 (lít) và tổng quãng đường xe có thể hoạt động ở chế độ lai là 64,366km trước khi phải nạp lại nguồn điện.

5 KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đạt được các kết quả sau:

- Tính toán và chọn lựa một bộ nguồn pin Li-ion 48V-33Ah phù hợp cho xe gắn máy Honda Lead 110cc tích hợp truyền động lai được kết nối từ 04 bộ pin 12,6V-33Ah.
- Thiết kế, chế tạo và thử nghiệm thành công mạch BMS cho bộ pin Li-ion.
- Với những kết quả tin cậy từ mô phỏng và thực nghiệm, bộ pin Li-ion cần được lắp đặt và thử nghiệm trên thực tế để đánh giá tổng thể tính năng và chi phí vận hành của xe lai sau cải tạo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Silva C, Ross M, Farias T, “Evaluation of energy consumption, emissions and cost of plug-in hybrid vehicles”, *Energy Convers Manag*; Vol. 50, No. 7, pp. 1635-1643, 2009.
- [2]. “*Integrated Teaching and Learning Program*”, Transportation and the Environment, College of Engineering, University of Colorado Boulder, 2017
- [3]. Sở Giao thông vận tải Tp. Hồ Chí Minh, “Báo cáo thống kê tăng trưởng phương tiện giao thông 2011-2015”, 2016.
- [4]. Đề án tăng cường vận tải hành khách công cộng kết hợp kiểm soát sử dụng xe cá nhân, Viện Chiến lược và Phát triển giao thông, 2017.
- [5]. Phạm Tuấn Anh, Đinh Quốc Trí, Nguyễn Duy Anh, Phùng Trí Công, Nguyễn Đình Tuyên, Huỳnh Thanh Công, Trần Tiến Dũng, “Nghiên cứu tích hợp công nghệ hybrid cho xe Honda Lead 110cc”, Hội nghị KH&CN toàn quốc về cơ khí - động lực, Hà Nội, 2016.
- [6]. Phạm Tuấn Anh, Nguyễn Văn Trang, Đỗ Văn Dũng, Huỳnh Thịnh, “A Study on Integrated of Hybrid Technology to HONDA Lead 110cc Motorcycle Using Modelling and Simulation Method”, *Vietnam Mechanical Engineering Journal*, 2017.
- [7]. K. Kariatsumari, H. Kume, H. Yomogita, P. Keys, *Nikkei Electronics Asia*, 2010.
- [8]. J. Molenda, “Li-ion batteries for electric vehicles” *Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska Lublin – Polonia*; Vol.66, pp. 23-36, 2011.
- [9]. Alireza Khaligh, Zhihao Li, “Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art”, *IEEE Transactions on vehicular technology*; V. 59, No. 6, pp. 2806-2814, 2010.
- [10]. Huỳnh Thịnh, Nguyễn Văn Trang, Phạm Tuấn Anh, “Mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai 02 bánh Honda Lead 110cc với động cơ điện đặt tại bánh trước”, Hội nghị KH&CN toàn quốc về cơ khí – động lực, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2016.
- [11]. Leaf Motor Technology Co. Ltd, “Performance Data”, Internet: www.leafmotor.com/electric-bikemotors/pblw-16b-electric-motorcycle-motor.pdf, Mar. 06, 2011
- [12]. CSB Battery Co., “EVX 12300 – 12V 30Ah”, Internet: www.csbbattery.com/upfiles/dow01404181500.pdf,
- [13]. SCUD(Fujian) Electronics Co.,Ltd, “Sanyo Lithium Ion Battery UR18650F-SCUD-3”. Internet: www.batteryonestop.com/baotongusa/products/datasheets/li-ion/sanyo-ur18650f-26a.pdf, Sep. 9, 2005.
- [14]. Chol-Ho Kim, Moon-Young Kim, Gun-Woo Moon, “A Modularized Charge Equalizer Using a Battery Monitoring IC for Series-Connected Li-ion Battery Strings in Electric Vehicles”. *IEEE Transactions on power electronics*; Vol. 28, No.8, pp. 3779-3787, 2013
- [15]. Linear Technology, “Standalone Linear Li-ion Battery Charger with Programmable Termination”, Internet: <http://cds.linear.com/docs/en/>

datasheet/405642f.pdf

- [16]. Linear Technology Co, “LTC4007 - 4A, High Efficiency, Standalone Li-ion Battery Charger”, Internet: www.linear.com/product/LTC4007
- [17]. Vishay Siliconix Co., “Third generation Power switching MOSFETs IRF9540”, Internet: www.vishay.com/docs/91078/91078.pdf
- [18]. Nguyễn Văn Trọng, Pyung Hwang, Huỳnh Thịnh, “Computational Analysis on Hybrid Electric Motorcycle with Front Wheel Electric Motor using Lithium-Ion Battery”, *IEEE International Conference on System Science and Engineering*, Ho Chi Minh city, Viet Nam, July 2017. DOI: 10.1109/ICSSE.2017.8030896
- [19]. Marshall Brain, “How Lithium-ion Batteries Work”, Internet: <https://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ionbattery1.htm>

năng lượng tái tạo, sản xuất Hydro từ điện phân, ô tô điện và ô tô lai.

E-mail: anh195vn@hcmut.edu.vn



Nguyễn Duy Tấn tốt nghiệp Cao Đẳng tại trường Cao Đẳng Kỹ Thuật Vinhempich (2006), nhận bằng Kỹ sư tại Học viện Kỹ thuật Quân sự (2015). Hiện tại đang theo học Thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật Cơ khí Động lực của trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh. Hướng nghiên cứu chính của Nguyễn Duy Tấn tập trung vào các thiết bị điều khiển tự động, ứng dụng hệ thống điện – điện tử trên xe điện và xe lai.

E-mail address: duytan719@gmail.com



Nguyễn Văn Trọng tốt nghiệp Kỹ sư Cơ khí ô tô tại Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG Tp. HCM năm 2002, Thạc sĩ Kỹ thuật Cơ khí Động lực (2005) tại trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh và Tiến sĩ Kỹ

thuật Cơ khí (ô tô) tại trường Đại học Yeungnam, Hàn Quốc (2014), hiện đang là Giảng viên của khoa Cơ khí Động lực, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh. Các hướng nghiên cứu chính hiện nay tập trung vào Động cơ đốt trong, xe điện, xe lai và động lực học kết cấu cơ khí.

E-mail: trangnv@hcmute.edu.vn



Phạm Tuấn Anh nhận bằng Kỹ sư Cơ khí Ô tô tại Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG Tp. HCM (2007), Thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật Cơ khí tại Viện Kỹ thuật Bandung, Indonesia (2009), Tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật Cơ khí

tại trường Đại học Metromolitan Tokyo, Nhật Bản (2013). Các hướng nghiên cứu chính hiện nay tập trung vào Động cơ đốt trong, nhiên liệu thay thế,

Study on the optimal operating characteristics for lithium-ion batteries used in hybrid electric motorcycle

Nguyen Van Trang, Pham Tuan Anh, Nguyen Duy Tan

Abstract - This study presents a short overview about Lithium-Ion (Li-ion) batteries and its applicability on either hybrid-electric vehicles (HEVs) or motorcycle with the hybrid transmission in particular. This study deals with optimal operating characteristics calculation, comparison, and experiment Li-ion battery for HEM (Hybrid Electric Motorcycle) application, which is renovated from Honda Lead 110cc with the direct-driven front wheel by Brushless DC Electric Motor, the rear wheel is driven by internal combustion engine with the original continuously variable transmission (CVT). Both of them are able to provide torque independently or concurrently. The results of this research can be used to study optimal power source and the operating cost of the vehicle after renovation.

Index Terms - *Lithium-ion battery, Hybrid Electric Motorcycle, Electric Vehicle*