

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



**LUẬN VĂN THẠC SĨ
NGUYỄN DUY TẤN**

**NGHIÊN CỨU TỐI ƯU TÍNH NĂNG BỘ NGUỒN PIN
LITHIUM – ION VÀ CHI PHÍ VẬN HÀNH CHO XE
GẮN MÁY TÍCH HỢP TRUYỀN ĐỘNG LẠI**

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC – 60520116



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 10/2019

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ
NGUYỄN DUY TẤN**

**NGHIÊN CỨU TỐI ƯU TÍNH NĂNG BỘ NGUỒN PIN
LITHIUM – ION VÀ CHI PHÍ VẬN HÀNH CHO XE
GẮN MÁY TÍCH HỢP TRUYỀN ĐỘNG LẠI**

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC – 60520116

Hướng dẫn khoa học:

TS. NGUYỄN VĂN TRẠNG

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 10/2019

Số: 1374/QĐ-ĐHSPKT

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 28 tháng 8 năm 2017

QUYẾT ĐỊNH

Về việc giao đề tài luận văn tốt nghiệp và người hướng dẫn năm 2017 HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

Căn cứ Quyết định số 118/2000/QĐ-TTg ngày 10 tháng 10 năm 2000 của Thủ tướng Chính phủ về việc thay đổi tổ chức của Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, tách Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh trực thuộc Bộ Giáo dục và Đào tạo

Căn cứ Quyết định số 70/2014/QĐ-TTg ngày 10/12/2014 của Thủ tướng Chính phủ về ban hành Điều lệ trường Đại học

Căn cứ Thông tư số 15/2014/TT-BGDĐT ngày 15/5/2014 của Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc Ban hành Quy chế đào tạo trình độ thạc sĩ;

Căn cứ vào Biên bản bảo vệ Chuyên đề của ngành Kỹ thuật cơ khí động lực vào ngày 19/08/2017;

Xét nhu cầu công tác và khả năng cán bộ;

Xét đề nghị của Trưởng phòng Đào tạo,

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Giao đề tài Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ và người hướng dẫn Cao học năm 2017 cho:

Học viên : **Nguyễn Duy Tấn** MSHV: 1680512

Ngành : **Kỹ thuật cơ khí động lực**

Tên đề tài : **Nghiên cứu tối ưu tính năng bộ nguồn pin Lithium.ion và chi phí vận hành cho xe gắn máy tích hợp truyền động lai**

Người hướng dẫn : **TS. Nguyễn Văn Trọng**

Thời gian thực hiện: **Từ ngày 28/8/2017 đến ngày 28/02/2018**

Điều 2. Giao cho Phòng Đào tạo quản lý, thực hiện theo đúng Quy chế đào tạo trình độ thạc sĩ của Bộ Giáo dục & Đào tạo ban hành.

Điều 3. Trưởng các đơn vị, phòng Đào tạo, các Khoa quản ngành cao học và các Ông (Bà) có tên tại Điều 1 chịu trách nhiệm thi hành quyết định này.

Quyết định có hiệu lực kể từ ngày ký. /

Nơi nhận :

- BGH (để biết);
- Như điều 2, 3;
- Lưu: VT, SDH (3b).

TS. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG
TRƯỜNG
ĐẠI HỌC SƯ PHẠM
KỸ THUẬT
TP. HỒ CHÍ MINH
PGS.TS. Lê Hiếu Giang

LÝ LỊCH KHOA HỌC

I. LÝ LỊCH SƠ LƯỢC:

Họ và tên: NGUYỄN DUY TẤN

Giới tính: Nam

Ngày, tháng, năm sinh: 11/03/1984

Nơi sinh: Thanh Hóa

Quê quán: Thọ Xuân, Thanh Hóa

Dân tộc: Kinh

Chỗ ở hiện nay: 71 Nguyễn Văn Lượng, Phường 17, Quận Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh

Điện thoại cơ quan: 0283.8940535

ĐTDD: 0972715697

Fax:

Email: duytan719@gmail.com

II. QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO

1. Cao đẳng

Hệ đào tạo: Cao đẳng kỹ thuật

Thời gian đào tạo từ 09/2002 đến 01/2006

Nơi học: Trường CDKT Vinhem Pích, 189 Nguyễn Oanh, Phường 10, Quận Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh

Ngành học: Cơ khí động lực

Chuyên ngành: Kỹ thuật Tăng thiết giáp

2. Đại học

Hệ đào tạo: Liên thông đại học

Thời gian đào tạo từ 09/2013 đến 08/2015

Nơi học: Trường Sĩ quan Kỹ thuật Quân sự (Đại học Trần Đại Nghĩa), 189 Nguyễn Oanh, Phường 10, Quận Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh

Ngành học: Công nghệ kỹ thuật cơ khí

Chuyên ngành: Kỹ thuật Tăng thiết giáp

Tên đề án: Xây dựng phần mềm tính toán kiểm nghiệm ly hợp xe tăng thiết giáp

Ngày và nơi bảo vệ đề án: 6/2015, Trường Đại học Trần Đại Nghĩa

Người hướng dẫn: ThS. Phan Anh Vũ

3. Thạc sĩ:

Hệ đào tạo: Chính qui

Thời gian đào tạo từ 10/2016 đến 10/2019

Nơi học: Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TPHCM, 01 Võ Văn Ngân, Quận Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh

Ngành học: Kỹ thuật cơ khí động lực

Tên luận văn: Nghiên cứu tối ưu tính năng bộ nguồn pin Lithium – ion và chi phí vận hành cho xe gắn máy tích hợp truyền động lai

Ngày và nơi bảo vệ luận văn: 27/10/2019, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TPHCM

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Văn Trọng

4. Ngoại ngữ:

Tiếng Anh, IELTS 5.5 (06/08/2019), British Council

III. QUÁ TRÌNH CÔNG TÁC CHUYÊN MÔN KỂ TỪ KHI TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

Thời gian	Nơi công tác	Công việc đảm nhiệm
08/2015 - nay	Khoa Tăng thiết giáp / Trường Đại học Trần Đại Nghĩa	Giảng viên

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày ... tháng 10 năm 2019

Nguyễn Duy Tấn

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, tác giả xin chân thành cảm ơn tất cả quý thầy cô đã tận tình giảng dạy và truyền đạt kiến thức cũng như kinh nghiệm quý báu, hữu ích trong suốt thời gian học tập và nghiên cứu.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM, Phòng thí nghiệm trọng điểm Động cơ đốt trong thuộc Trường Đại học Bách khoa / Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Phòng thí nghiệm Đo lường điện thuộc Khoa Tiêu chuẩn – Đo lường – Chất lượng / Trường Đại học Trần Đại Nghĩa đã luôn tạo điều kiện hỗ trợ trong việc nghiên cứu, thí nghiệm và thực nghiệm.

Xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến TS. Nguyễn Văn Trạng và TS. Phạm Tuấn Anh đã tận tình giúp đỡ, hướng dẫn trong suốt quá trình tác giả hoàn thành luận văn.

Xin gửi lời cảm ơn đến đồng nghiệp Huỳnh Thịnh đã cung cấp các số liệu cần thiết và hướng dẫn trong việc mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink.

Cuối cùng, xin cảm ơn những người thân trong gia đình, bạn bè, đồng nghiệp đã luôn quan tâm, động viên, khích lệ và tạo điều kiện tốt nhất để tôi học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận văn.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

TÓM TẮT

Nghiên cứu này thực hiện trên xe máy lai xăng điện được cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc với bánh sau được dẫn động bằng động cơ đốt trong thông qua hệ thống truyền lực nguyên bản của xe, bánh trước được dẫn động trực tiếp bằng động cơ điện một chiều không chổi than 48V – 1000W. Nội dung chính của nghiên cứu là tính toán tối ưu, thiết kế, chế tạo, thử nghiệm bộ nguồn điện sử dụng pin Lithium-ion thay thế cho bộ nguồn ắc quy axit – chì đang được lắp đặt. Kết quả mô phỏng, thử nghiệm được dùng làm cơ sở đánh giá tính năng động lực học của xe đồng thời tính toán chi phí cải tạo và vận hành xe.

Nghiên cứu đã hoàn thành tính toán thiết kế, chế tạo một bộ nguồn pin Li-ion 48V – 33Ah với mạch BMS đầy đủ các tính năng bảo vệ để lắp lên xe. Bộ pin có khối lượng 10,84 kg và thể tích 8,11 lit, giảm được 30kg và 12,89 lit so với ắc quy axit – chì. Tuổi thọ của bộ pin lớn hơn 2000 chu kỳ.

Ở chế độ chỉ hoạt động với mình động cơ điện, xe có thể di chuyển được quãng đường dài nhất là 78,77km (nửa tải) và 65,83km (đầy tải). Vận tốc lớn nhất là 52,67km/h (nửa tải) và 48,42 km/h (đầy tải). Ở chế độ hybrid đến khi SOC = 50%, xe đi được quãng đường 64,366 km (nửa tải) và 54,477 km (đầy tải). Tiêu hao nhiên liệu tương ứng trong hai trường hợp là 2,162 và 2,425 lit/100km, giảm hơn 0,5 lit so với xe nền và 0,3 lit so với xe dùng bộ nguồn ắc quy.

Chi phí cho xe đầu tư cho xe hybrid là 56 triệu đồng còn chi phí khai thác là 1106 đ/km, trong khi xe nền là 40 triệu đồng và 1352đ/km. Cứ mỗi km khai thác xe hybrid tiết kiệm được 246,88đ, sau khoảng 3,1 năm sẽ hòa vốn chi phí đầu tư. Nếu khai thác hết vòng đời xe khoảng 200.000km, xe hybrid sẽ tiết kiệm được khoảng 43 triệu đồng.

ABSTRACT

This study presents a research related to a Plug-in Hybrid Electric Motorcycle which renovated from a Honda Lead 110cc with rear wheel is driven by original internal combustion engine and continuously variable transmission, while front wheel is directly-driven by a 48V – 1000W BLDC Hub-Motor. The research focuses on optimal calculating, designing, manufacturing and testing an electric power supply using Lithium-ion battery pack to replace the Lead – Acid battery being installed. Simulation and testing results are used as a basis to evaluate the dynamical characteristics and calculate the cost of renovation and operation.

The study has completed the design calculation and manufacturing a 48V – 33Ah Li-ion battery pack with a full-feature protection BMS circuit for mounting on the vehicle. The battery pack is 10.84kg weight and 8.11 liters volume, which reduce 30 kg and 12.89 liters compared to the lead-acid battery. Battery life is greater than 2000 cycles.

In only electric motor mode, the longest distance of the HEM is 78.77km (half load – only driver) and 65.83km (full load – one driver and one passenger). Maximum speed is 52.67 km/h (half load) and 48.42 km/h (full load). In hybrid mode until SOC reduce to 50%, HEM can travel 64.366 km (half load) and 54.477 km (full load). The fuel consumption in the each case is 2.162 and 2.425 liters/100km, 0.5 liter lower than the original one and 0.3 liter lower than Lead – Acid battery one.

The cost of investment in HEM is VNĐ56 millions and the operating fee is VNĐ1106/km, while the original vehicles are VNĐ40 million and VNĐ1352/km. For every 1 kilometer using hybrid vehicles, VNĐ246.88 will be saved, after about 3.1 years, it will recoup the spending on investment. At the end of the motorcycle life cycle is about 200,000 km, the HEM will save about VNĐ43 millions.

MỤC LỤC

Chương 1: TỔNG QUAN	1
1.1. Tính cấp thiết của đề tài	1
1.2. Tổng quan về tình hình nghiên cứu	10
1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới	10
1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước	13
1.3. Mục tiêu và nhiệm vụ của đề tài	16
1.3.1. Mục tiêu của đề tài	16
1.3.2. Nhiệm vụ của đề tài	16
1.4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	17
1.4.1. Đối tượng nghiên cứu	17
1.4.2. Phạm vi nghiên cứu	17
1.5. Phương pháp nghiên cứu	17
1.5.1. Phương pháp phân tích và tổng hợp lý thuyết	17
1.5.2. Phương pháp tổng quan	17
1.5.3. Phương pháp toán học	17
1.5.4. Phương pháp thực nghiệm	17
1.5.5. Phương pháp mô hình hóa và mô phỏng	18
Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	19
2.1. Xe hybrid, các phương pháp phân phối công suất cho xe hybrid	19
2.1.1. Khái niệm xe hybrid	19
2.1.2. Các chế độ làm việc của xe hybrid	21
2.1.3. Cấu trúc của xe hybrid	22
2.1.4. Các phương pháp phân phối công suất cho xe hybrid	28
2.1.4. Phương pháp cải tạo xe Honda Lead thành xe máy hybrid	32
2.2. Các nguồn lưu trữ năng lượng đang sử dụng cho xe điện và xe lai	36
2.2.1. Ắc quy Axit - chì	37
2.2.2. Pin nhiên liệu (Fuel-cell)	42
2.2.3. Pin Li-ion	44

2.3. Lý thuyết về mô hình hóa và mô phỏng.....	50
2.3.1 Khái niệm, vai trò của mô hình hóa và mô phỏng hệ thống.....	50
2.3.2 Phân loại mô hình hóa.....	51
2.3.3 Phương pháp mô phỏng.....	52
2.4. Lý thuyết tối ưu.....	53
2.4.1. Phương pháp quy hoạch động.....	53
2.4.2. Phương pháp quy hoạch động giải bài toán tối ưu rời rạc.....	55
2.4.3. Ứng dụng phương pháp quy hoạch động giải bài toán tối ưu tính năng bộ nguồn pin Lithium-ion trên xe máy hybrid.....	56
Chương 3: TỐI ƯU TÍNH NĂNG BỘ NGUỒN PIN LI-ION CHO XE GẮN MÁY TÍCH HỢP TRUYỀN ĐỘNG LAI.....	58
3.1. Tính toán, thiết kế, chế tạo bộ nguồn điện cho xe máy lai cải tạo.....	58
3.1.1. Lựa chọn bộ nguồn điện.....	58
3.1.2. Tính toán các thông số.....	59
3.1.3. Thiết kế, chế tạo bộ nguồn.....	60
3.1.4. Thiết kế, chế tạo mạch quản lý pin (BMS).....	64
3.2. Thử nghiệm bộ nguồn điện.....	71
3.2.1 Thử nghiệm cell Li-ion.....	72
3.2.2 Thử nghiệm mạch BMS.....	73
3.3.3 Thử nghiệm bộ nguồn.....	73
3.3. Tính toán, kiểm nghiệm các chế độ làm việc.....	76
3.3.1. Chế độ động cơ điện hoạt động độc lập.....	79
3.3.2. Chế độ động cơ đốt trong hoạt động độc lập.....	82
3.3.3. Chế độ hai nguồn động lực.....	84
3.3.4. Chế độ động cơ đốt trong kéo máy phát nạp pin.....	85
3.4. Mô hình hóa và mô phỏng hoạt động của xe.....	86
3.4.1. Mô hình hóa người lái.....	86
3.4.2. Mô hình hóa động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực.....	87
3.4.3. Mô hình hóa động cơ điện và bộ nguồn.....	88
3.4.4. Mô hình hóa động lực học thân xe và bộ điều khiển.....	89
3.4.5. Mô phỏng hoạt động của xe.....	91

3.5. Thử nghiệm xe với bộ nguồn mới	94
3.5.1. Thử nghiệm xe ở chế độ tốc độ lớn nhất và gia tốc lớn nhất	94
3.5.2. Thử nghiệm xe ở chế độ góc dốc lớn nhất	95
3.5.3. Thử nghiệm xe ở chế độ hành trình lớn nhất.....	96
Chương 4: TÍNH TOÁN CHI PHÍ ĐẦU TƯ KHAI THÁC	99
4.1. Tính toán chi phí đầu tư	99
4.2. Tính toán chi phí khai thác sử dụng.....	99
4.2.1. Khấu hao xe nền và chi phí cải tạo.....	99
4.2.2. Chi phí nhiên liệu.....	100
4.2.3. Khấu hao pin và chi phí sạc điện của xe hybrid	100
4.2.4. Các chi phí và khấu hao cơ bản khác	101
4.3. Đánh giá chi phí đầu tư khai thác.....	102
Chương 5.....	104
5.1. Kết luận	104
5.1.1. Các kết quả đã đạt được	104
5.1.2. Các hạn chế	105
5.2. Kiến nghị.....	105
TÀI LIỆU THAM KHẢO	107
PHỤ LỤC 1	113
PHỤ LỤC 2.....	119

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

A_f	Diện tích cản gió (m^2)
α	Góc dốc (rad)
C_d	Hệ số cản khí động học
λ	Hệ số ảnh hưởng chi phí dự kiến
f	Hệ số cản lăn
F_{aero}	Lực cản khí động học (N)
F_{demand}	Lực kéo cần thiết (N)
F_{grade}	Lực cản dốc (N)
F_{load}	Tổng lực cản (N)
$F_{rolling}$	Lực cản lăn (N)
g	Gia tốc trọng trường (m/s^2)
g_e	Hàm chi phí tức thời
g_{fuel}	Suất tiêu hao nhiên liệu (g/s)
G_{fuel}	Tổng lượng tiêu hao nhiên liệu (g)
i	Tỉ số truyền
I	Dòng điện
I_n	Dòng điện nạp
I_p	Dòng điện phóng
J	Gia tốc xe (m/s^2)
J_p	Gia tốc phanh (m/s^2)
m	Khối lượng xe (kg)
η	Hiệu suất hệ thống truyền lực
η_m	Hiệu suất động cơ điện
ρ	Khối lượng riêng không khí (kg/m^3)
P_e	Công suất động cơ đốt trong (W)
P_f	Công suất cản lăn (W)
P_i	Công suất cản dốc (W)

P_j	Công suất cản quán tính (W)
$P_k = P_{\text{demand}}$	Công suất kéo yêu cầu (W)
$P_m = P_{\text{elec}}$	Công suất động cơ điện (W)
P_w	Công suất cản gió (W)
ω_e	Tốc độ động cơ đốt trong
ω_m	Tốc độ động cơ điện
AC	Dòng điện xoay chiều (Alternating Current)
BLDC	Động cơ điện một chiều không chổi than (BrushLess DC Motor)
BMS	Hệ thống quản lý pin (Battery Management System)
BSFC	Suất tiêu hao nhiên liệu có ích (Brake Specific Fuel Consumption)
CVT	Hộp số vô cấp (Continuously Variable Transmission)
DC	Dòng điện một chiều (Direct Current)
ESS	Hệ thống lưu trữ năng lượng (Energy Storage System)
EPA FTP75	Chu trình chạy thử xe do Cục bảo vệ môi trường Liên bang Mỹ ban hành (US Environmental Protection Agency Federal Test Procedure Cycle)
EV	Xe điện (Electric Vehicle)
HEM	Xe máy lai điện (Hybrid Electric Motor)
HEV	Xe lai điện (Hybrid Electric Vehicle)
ICE	Động cơ đốt trong (Internal Combustion Engine)
LPG	Khí đốt hóa lỏng (Liquified Petroleum Gas)
PHEV	Xe lai sạc bằng điện ngoài (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
PMS	Hệ thống phân phối công suất (Power Management System)
SOC	Mức dung lượng, tình trạng sạc (State Of Charge)
TPHCM	Thành phố Hồ Chí Minh
WVUCITY	Chu trình chạy thử xe máy đường đô thị do Đại học Tây Virginia ban hành (West Virginia University – City Cycle)

DANH SÁCH CÁC HÌNH

Hình 1.1: Sản lượng dầu, khí tìm thấy và lượng tiêu thụ hàng năm	1
Hình 1.2: Biểu đồ so sánh nguồn phát thải CO và NOx	2
Hình 1.3: Tăng trưởng phương tiện giai đoạn 2011 – 2015 ở TPHCM.....	3
Hình 1.4: Xe máy điện Peugeot Scoot'Elec	5
Hình 1.5: Mẫu xe MBI X, MBI S, MBI V tại Vietnam Auto Expo 2019.....	7
Hình 1.6: Sơ đồ hệ thống truyền lực xe máy hybrid LPG – điện	14
Hình 1.7: Sơ đồ hệ thống truyền lực của xe máy hybrid	14
Hình 2.1: Bản đồ suất tiêu hao nhiên liệu ở đường đô thị EPA FTP75	19
Hình 2.2: Sơ đồ nguyên lý chung hệ thống hybrid	20
Hình 2.3: Một số loại khớp nối mô men	23
Hình 2.4: Một số loại khớp nối tốc độ	24
Hình 2.5: Cấu tạo động cơ BLDC	25
Hình 2.6: Nguyên lý điều khiển động cơ BLDC	26
Hình 2.7: Động cơ điện xoay chiều cảm ứng trên Toyota Prius	27
Hình 2.8: Đồ thị mô men xoắn ứng với độ trượt	27
Hình 2.9: Động cơ BLDC đặt trong bánh xe (Hub BLDC)	28
Hình 2.10: Cấu trúc truyền lực Hybrid nối tiếp	29
Hình 2.11: Cấu trúc truyền lực Hybrid song song	30
Hình 2.12: Cấu trúc truyền lực Hybrid hỗn hợp	31
Hình 2.13: Phương án cải tạo xe Honda Lead 110cc thành xe hybrid	33
Hình 2.14: Cấu trúc của xe sau cải tạo.....	34
Hình 2.15: Nguyên lý hoạt động của Fuel cell Hydro và Fuel cell Methanol	43
Hình 2.16: Cấu tạo pin Li-ion hình trụ	44
Hình 2.17: Quá trình nạp pin Li-ion	46
Hình 2.18: Quá trình xả pin Li-ion	46
Hình 2.19: Chu trình nạp pin Li-ion	47
Hình 2.20: Thị trường pin Li-ion 2008 – 2014	49
Hình 2.21: Ví dụ bài toán tìm đường đi ngắn nhất	53
Hình 3.1: Sơ đồ ghép nối theo phương án 1.....	61
Hình 3.2: Sơ đồ ghép nối theo phương án 2.....	61
Hình 3.3: Sơ đồ ghép nối theo phương án 3.....	62
Hình 3.4: Các vật tư ghép nối bộ pin	63
Hình 3.5: Ghép nối các cell pin lại với nhau bằng đế nhựa	63
Hình 3.6: Nguyên lý mạch BMS TP4056	64
Hình 3.7: Sơ đồ khối mạch BMS	65
Hình 3.8: Sơ đồ mạch điện khối điều khiển cân bằng cell.....	66

Hình 3.9: Khối khuếch đại công suất và bộ lọc	66
Hình 3.10: Cụm thu thập tín hiệu điện áp của cell thứ 3	67
Hình 3.11: Khối MCU, ổn áp nguồn và giao tiếp USB	67
Hình 3.12: Khối giám sát và thu thập dữ liệu cell.....	68
Hình 3.13: Khối thu thập và xử lý dữ liệu nhiệt độ.....	68
Hình 3.14: Sơ đồ bố trí linh kiện mạch BMS.....	69
Hình 3.15: Sơ đồ đi dây mặt trên mạch BMS	69
Hình 3.16: Sơ đồ đi dây mặt dưới mạch BMS	69
Hình 3.17: Board mạch sau khi gia công	70
Hình 3.18: Bộ pin sau khi đóng gói và vỏ hộp.....	70
Hình 3.19: Bộ pin hoàn chỉnh và lắp lên xe	71
Hình 3.20: Đặc tính phóng C_1 của cell Li-ion.....	72
Hình 3.21: Đặc tính phóng C_5 và C_{10} của cell Li-ion.....	73
Hình 3.22: Đặc tính xả ở các chế độ dòng xả của bộ nguồn.....	74
Hình 3.23: Đặc tính nạp CC-CV của bộ nguồn	75
Hình 3.25: Bản đồ động cơ và hệ thống truyền lực	87
Hình 3.26: Lưu đồ thuật toán phân phối công suất	90
Hình 3.27: Mô hình xe máy hybrid trong Matlab/Simulink	91
Hình 3.28: Đáp ứng vận tốc	91
Hình 3.29: Phân bố công suất cần thiết của xe	92
Hình 3.30: Phân bố năng lượng tiêu thụ	92
Hình 3.31: Tỷ lệ phân bố năng lượng	93
Hình 3.32: Suất tiêu hao nhiên liệu và lượng tiêu hao nhiên liệu	93
Hình 3.33: SOC của pin Li-ion	93
Hình 4.1: So sánh chi phí đầu tư khai thác xe hybrid và xe nền	102

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 1.1: Thống kê các mẫu xe máy điện điển hình giai đoạn 2000 – 2012.....	5
Bảng 1.2: Thông số cơ bản xe máy điện Vinfast Klara.....	6
Bảng 2.1: Thông số của xe Honda Lead 110cc trước và sau cải tạo.....	35
Bảng 2.2: Xác định đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{3i} đến nút đích.....	54
Bảng 2.3: Xác định đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{2i} đến nút đích.....	54
Bảng 2.4: Xác định đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{1i} đến nút đích.....	55
Bảng 3.1: Thông số cell Sanyo UR18650F-SCUD-3.....	59
Bảng 3.2: Kết quả thử nghiệm mạch BMS.....	73
Bảng 3.3: Giá trị các thông số tính toán.....	77
Bảng 3.4: Thông số kỹ thuật của motor BLW-16B.....	77
Bảng 3.5: Giá trị công suất và moment xoắn có ích của động cơ của xe Honda Lead 110cc từ số vòng quay 5000 rpm.....	78
Bảng 3.6: Kết quả thử nghiệm xe ở chế độ vận tốc lớn nhất.....	95
Bảng 3.7: So sánh kết quả thực nghiệm và tính toán quãng đường lớn nhất.....	97
Bảng 3.8: Tính năng động lực học của xe khi sử dụng bộ nguồn pin Li-ion.....	97
Bảng 4.1: Chi phí đầu tư cải tạo xe Honda Lead.....	99
Bảng 4.2: So sánh chi phí đầu tư khai thác xe nền và xe hybrid.....	102

Chương 1

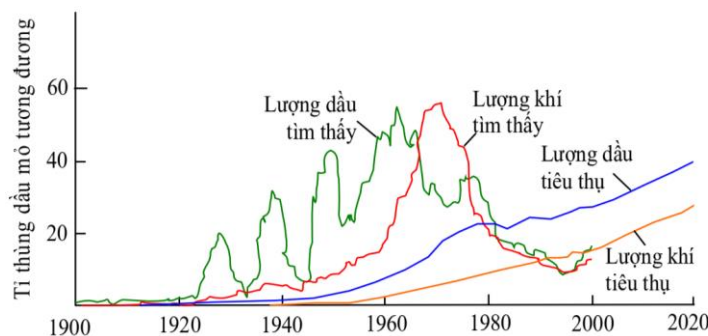
TỔNG QUAN

1.1. Tính cấp thiết của đề tài

Trên thế giới, ở bất kỳ quốc gia nào thì hệ thống giao thông đều là huyết mạch của nền kinh tế bởi khả năng đáp ứng cho việc vận chuyển hàng hóa và phục vụ nhu cầu đi lại của người dân. Hiện nay, phần lớn các phương tiện giao thông đều sử dụng động cơ đốt trong với nhiều ưu điểm là: công suất riêng lớn; có thể chế tạo nhiều kích cỡ động cơ khác nhau, từ cỡ nhỏ có công suất một vài mã lực (động cơ xe máy, các máy công cụ cầm tay...) cho đến các động cơ cỡ lớn có công suất vài ngàn hay vài chục ngàn mã lực (động cơ tàu hỏa, tàu thủy...); sử dụng nhiên liệu hóa thạch có trị nhiệt riêng lớn nên có thể giảm khối lượng và thể tích bình chứa nhiên liệu mà phương tiện vẫn có dự trữ hành trình dài, dễ dàng bổ sung nhiên liệu với thời gian rất ngắn.

Tuy nhiên, ngoài ưu điểm mà các phương tiện giao thông nói chung và xe máy nói riêng mang lại cho đời sống thì nhược điểm đáng chú ý của các phương tiện này là: nguồn nhiên liệu hóa thạch ngày càng cạn kiệt, hiệu suất nhiệt của động cơ đốt trong thấp và khí thải của chúng gây ảnh hưởng rất lớn đến môi trường.

Từ những năm 80 của thế kỷ trước, sản lượng dầu khí được tìm thấy ngày càng giảm trong khi nhu cầu tiêu thụ của thị trường thế giới ngày càng tăng lên, từ đó gây ra các cuộc khủng hoảng về giá dầu mỏ và đó cũng chính là nguyên nhân dẫn đến các cuộc khủng hoảng kinh tế [1].

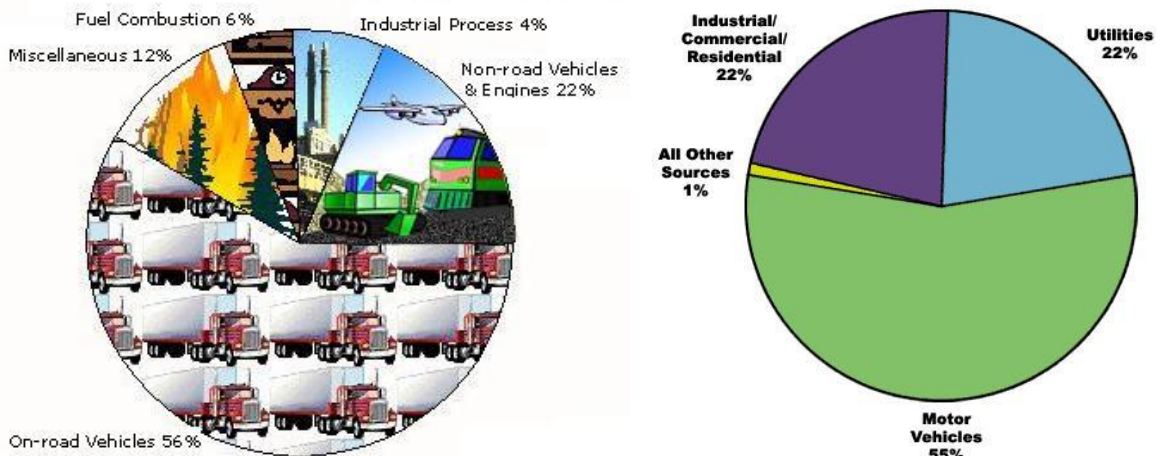


Hình 1.1: Sản lượng dầu, khí tìm thấy và lượng tiêu thụ hàng năm [1]

Theo ThS. Phạm Mai Chi [2], trữ lượng dầu thô thế giới năm 2015 ước tính còn khoảng 1.686 tỷ thùng. Cũng trong năm này, tốc độ khai thác ước đạt khoảng 87 triệu thùng/ngày. Nếu giữ nguyên tốc độ khai thác đó mà không tìm ra các mỏ dầu mới thì chỉ chưa đầy 60 năm nữa, nguồn dầu thô trên thế giới sẽ cạn kiệt.

Bên cạnh việc cạn kiệt dần nguồn nhiên liệu, khí thải của động cơ đốt trong cũng là nguồn phát thải trực tiếp gây ô nhiễm môi trường, là nguyên nhân gây giảm chất lượng không khí và ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người [3], gây nên các bệnh nguy hiểm như ung thư hoặc đột biến gen [4]. Silva [5] cùng các cộng sự đã nghiên cứu và đưa ra kết luận là quá trình cháy của động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu hóa thạch thải ra gần một phần ba khí thải nhà kính trên thế giới làm gây nên hiện tượng biến đổi khí hậu toàn cầu và nóng lên của trái đất.

Kết quả nghiên cứu 6 tháng đầu năm 2017 [6] cho thấy, khí thải của phương tiện giao thông đường bộ tạo ra 55% khí NO_x, 56% khí CO, 6% khí SO₂.



a. Sources of CO emissions

b. Sources of NOx emissions

Hình 1.2: Biểu đồ so sánh nguồn phát thải CO (a) và NO_x (b) [7]

Mặc dù với lượng khí thải độc hại như vậy nhưng vì nhu cầu thiết yếu của nền kinh tế, số lượng phương tiện giao thông không ngừng tăng lên qua các năm. Việc tăng lượng phương tiện giao thông này đã làm tăng lượng khí xả hàng năm: CO tăng 18%/năm, SO_x là 24%/năm, NO_x tăng đến 90%/năm [8]. Sự phát thải của các phương tiện xe cơ giới không chỉ phụ thuộc vào số lượng mà còn phụ thuộc vào chất lượng

và các loại xe. Đối với các phương tiện như xe ô tô, xe máy qua nhiều năm sử dụng đã xuống cấp, hiệu quả sử dụng năng lượng thấp, nồng độ chất gây ô nhiễm và bụi trong khí xả ngày càng tăng.

Xét trên cùng một chiều dài quãng đường di chuyển, xe máy có lượng tiêu hao nhiên liệu và phát thải thấp hơn so với xe ô tô. Nhưng xét về mặt hiệu quả năng lượng, suất tiêu hao nhiên liệu của xe máy lại cao hơn ô tô, nguyên nhân chủ yếu là do kết cấu động cơ dung tích nhỏ kém tối ưu hơn. Đồng thời xe máy chủ yếu được sử dụng trong điều kiện đường thành phố với các quãng đường di chuyển ngắn ở dải tốc độ và tải thấp, tăng giảm tốc độ liên tục. Do đó động cơ xăng hầu như không thể duy trì hoạt động ở vùng hiệu suất cao. Cùng với việc không có trang bị bộ xử lý khí thải như trên xe ô tô nên khí thải của xe máy chứa nhiều thành phần độc hại không được xử lý trước khi phát thải trực tiếp ra môi trường. Tuy vậy, ở châu Á nói chung và Việt Nam nói riêng, đặc biệt là ở các thành phố lớn thì phương tiện giao thông chủ yếu của người dân vẫn là xe máy [9] vì xe máy có tính cơ động cao, di chuyển nhanh, dễ dàng đỗ xe....

Trong bối cảnh cơ sở hạ tầng giao thông tại Thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM) và nước ta còn thấp, giá ô tô khá cao so với khu vực và trên thế giới, không phù hợp với thu nhập, trong khi phương tiện giao thông công cộng chưa phát triển đáp ứng được nhu cầu đi lại của người dân thì xe máy đã và đang là một phương tiện giao thông cá nhân phổ biến bởi chi phí đầu tư thấp, tiện dụng và phù hợp với mức sống.



Hình 1.3: Tăng trưởng phương tiện giai đoạn 2011 – 2015 ở TPHCM [10]

Theo số liệu thống kê của Sở Giao thông vận tải TPHCM, cuối năm 2015 toàn thành phố có 6,86 triệu xe máy và 0,56 triệu ô tô nhưng đến quý II năm 2017 đã tăng lên khoảng 7,6 triệu xe máy và 0,7 triệu ô tô, đến cuối năm 2018 có khoảng 8,5 triệu xe máy [11]. Đó là chưa kể đến khoảng hơn 1 triệu xe máy của nhân dân các địa phương khác chuyển đến TPHCM làm ăn sinh sống.

Khi so sánh tỉ lệ phương tiện giao thông cá nhân tại TPHCM ta thấy số lượng xe máy nhiều gấp hơn 12 lần xe ô tô nhưng chính sách của TPHCM là tiếp tục chưa cấm xe máy đến năm 2030 [12], trong khi đó tại Việt Nam chưa có chế tài nào qui định việc kiểm định định kỳ đối với chất lượng khí thải của động cơ đốt trong lắp trên các loại xe máy. Do vậy, tính kinh tế nhiên liệu và giảm thiểu phát thải là bài toán cấp thiết đặt ra đối với phương tiện giao thông, đặc biệt là đối với xe máy.

Chính điều này đã tạo động lực cho các nghiên cứu xoay quanh việc phát triển các dòng xe máy sử dụng nguồn năng lượng mới “sạch” hơn và tiết kiệm hơn, trong đó xe điện (EV) 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.

Mặc dù bằng sáng chế xe máy điện đầu tiên đã được cấp cho H. W. Libbey từ năm 1895, và trong suốt thế kỷ 20, một số mẫu xe máy điện đã được nghiên cứu bởi nhiều công ty khác nhau và có một số bước phát triển đáng kể như: chiếc Quick Silver của Mike Corbin đã đạt được tốc độ 266 km/h vào năm 1974 hay chiếc KillaCycle có thể chạy được quãng đường 400 m chỉ mất 9,45 giây vào năm 2000 [13]. Tuy nhiên vì nhiều lý do như giá thành cao, công nghệ chế tạo phức tạp, tổng dự trữ hành trình nhỏ, thời gian nạp quá lâu... nên các mẫu xe trên chưa thể thương mại hóa.

Mãi đến năm 1996, hãng xe Peugeot của Pháp đã cho ra đời và bắt đầu thương mại hóa sản phẩm xe máy điện đầu tiên trên thế giới là Peugeot Scoot'Elec dựa trên nguyên bản xe gắn máy dùng động cơ đốt trong Zenith. Scoot'Elec có khối lượng 115 kg, được lắp động cơ điện một chiều (DC) có công suất 3,8 Hp (2,8 kW), sử dụng pin Niken – Cadimi (Ni-Cd) 18V – 100Ah cho hành trình tối đa 40 km (ở tốc độ 45 km/h), hành trình này có thể dài hơn nếu chạy ở chế độ kinh tế (30 km/h) [14]. Tuy

giá thành còn cao (khoảng 2500 \$) nhưng trong vòng 10 năm (1996 - 2006), số lượng mẫu xe bán ra đạt khoảng 3.500 chiếc.



Hình 1.4: Xe máy điện Peugeot Scoot'Elec [14]

Theo sau Peugeot, trong những năm đầu thế kỷ 21, các mẫu xe máy điện liên tục được tung ra thị trường với nhiều tính năng được cải thiện và mức giá khác nhau cho từng phân khúc, các mẫu xe điển hình được liệt kê như bảng dưới:

Bảng 1.1: Thống kê các mẫu xe máy điện điển hình giai đoạn 2000 – 2012 [15-20]

Kiểu loại	Nhà SX	Hành trình (km)	Giá bán (\$)	Chi tiết
Passol	Yamaha	32	1.625	2002 – 2007
EC-02	Yamaha	64	2.000	2005 – 2007
Enertia	Brammo	64	7.995	2009
Urban-S	Evoke	200	12.000	2008
Zero-S	Zero	80	10.995	2009
Zero-X	Motorcycles	64	7.495	
VX-1	Vectrix	89	10.495	2012
EC-03	Yamaha	43	2.915	2011
Empulse	Brammo	195 (EPA City)	16.995	2012
EmpulseR		90 (ở 110km/h)	18.995	

Các dòng xe trên chủ yếu được thương mại ở các thị trường các nước phát triển như: Nhật Bản, Trung Quốc, Châu Âu và Bắc Mỹ... vì giá thành quá cao nên chỉ có một số lượng rất ít được nhập khẩu về Việt Nam dưới dạng hàng mẫu hoặc quà biếu.

Từ đầu năm 2019, thị trường xe điện Việt nam bắt đầu có dấu hiệu ấm lên với sự kiện tập đoàn Vin Group đã chính thức chào bán xe máy điện Vinfast Klara kể từ ngày 20/10/2018 và chính thức giao xe vào 21/11/2018, với hai phiên bản Klara A₁ (ắc quy Axit – chì) và Klara A₂ (pin Li – ion) có kiểu dáng tương tự các mẫu xe tay ga chạy xăng với các thông số cơ bản:

Bảng 1.2: Thông số cơ bản xe máy điện Vinfast Klara [21]

Thông số	Klara A₁ (ắc quy axit – chì)	Klara A₂ (pin Li-ion)
Bộ nguồn	ắc quy 12V – 20Ah x 5	60V-22Ah
Thời gian sạc (giờ)	12	7
Động cơ	BLDC 60V – 800W	BLDC 60V – 1000W
Tốc độ tối đa (km/h)	50	50
Hành trình (km)	55	70
Giá niêm yết (triệu đồng)	34	57

Tiếp sau Vinfast, trong những tháng đầu năm 2019, một số hãng đã cho ra mắt một số mẫu xe điện mới với tính năng và giá bán khá tương đồng so với Vinfast Klara, nổi bật trong đó là:

- Ngày 05/4/2019, Công ty TNHH Green Speed khai trương Showroom đầu tiên tại Quận 3, TPHCM với 2 mẫu xe nhập khẩu theo tiêu chuẩn Châu Âu là Niu – NSport trang bị động cơ BLDC 1500W, bộ nguồn Li-ion 60V-29Ah, hành trình tối đa 90 km, vận tốc tối đa đạt 70 km/h với giá chào bán 58 triệu đồng và mẫu thứ hai là Niu – NGT được trang bị 2 bộ nguồn cho hành trình đến 170-180 km với giá chào bán 78 triệu đồng.

- Ngày 01/5/2019, tại triển lãm ô tô quốc tế Indonesia đã cho ra mắt mẫu xe máy điện Gesits trang bị động cơ có công suất 5 kW và pin Lithium-ion cho dự trữ hành

trình tối đa 100 km, xe có giá dự kiến khoảng 1800 \$ trước thuế tại Indonesia, dự kiến giá lăn bánh tại thị trường Việt Nam của mẫu xe này khoảng 2800 – 3000\$ (đã bao gồm các loại thuế phí). Cũng trong triển lãm này, các công ty xe máy lớn như Honda, Yamaha và Piaggio cũng ra mắt một số sản phẩm xe máy điện. Tuy nhiên tính năng còn thấp, giá thành cao và chưa dự định ngày mở bán nên ít được quan tâm.

- Ngày 12/6 tại Hà Nội, trong khuôn khổ triển lãm về phương tiện giao thông, vận tải và công nghiệp hỗ trợ Việt Nam 2019 (Vietnam Auto Expo 2019) Mbiigo - hãng xe máy điện Hàn Quốc trình làng 3 mẫu xe MBI X, MBI S, MBI V. MBI X có kiểu dáng tương đồng Honda Vario trong khi MBI S giống Yamaha NM-X còn MBI V có kiểu dáng giống Honda Giorno. Cả ba mẫu xe đều được trang bị động cơ BLDC với công suất định mức 6,7 Hp đi kèm bộ nguồn 2 pin Lithium-ion 35 Ah, hộp số 2 cấp. Xe có 3 chế độ chạy gồm Eco (50 km/h), Drive (70 km/h) và Sport (110 km/h). Giá bán dự kiến lần lượt là 60 – 70 – 50 triệu đồng.



Hình 1.5: Mẫu xe MBI X, MBI S, MBI V tại Vietnam Auto Expo 2019

Mặc dù thị trường xe điện bắt đầu ấm lên và nhận được sự quan tâm của nhà nước và người dân nhưng 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 lại nguồn điện; chưa có hệ thống trạm nạp nhanh và đổi pin đồng bộ theo hệ thống giao thông; mức độ tiện dụng,... nên số lượng bán ra rất hạn chế. Tính đến tháng 6/2019, mặc dù đã được trợ giá liên tục với giá bán ưu đãi có lúc chỉ 21 và 35 triệu đồng cho hai phiên bản nhưng số lượng xe Vinfast Klara đăng ký mới vẫn rất hạn chế chỉ mới đạt khoảng 6.000 xe, chủ yếu tập trung ở hai thành phố lớn là Hà Nội và TPHCM [22] và vẫn

đang có xu hướng giảm. Điều này chứng tỏ trong tương lai gần xe điện vẫn có nhiều nhược điểm và chưa đủ sức thuyết phục người dân thay đổi thói quen sử dụng.

Tóm lại, dù đã và đang tiếp tục nghiên cứu và tiến hành nhiều biện pháp nhằm cải thiện khí xả và tính hiệu quả nhiên liệu cho phương tiện giao thông nói chung và xe máy nói riêng như:

- Hoàn thiện quá trình cháy;
- Điều khiển can thiệp thông minh vào chu trình nhiệt;
- Cải tiến quá trình cung cấp nhiên liệu, đánh lửa, tăng tỉ số nén;
- Sử dụng các loại nhiên liệu thay thế như LPG, CNG, khí thiên nhiên...;
- Nghiên cứu điều chế, sản xuất và sử dụng nhiên liệu sinh học như Methanol, Ethanol, Biodiesel;
- Chuyển sang sử dụng xe chạy bằng năng lượng điện từ ắc quy, pin Li-ion, pin nhiên liệu, pin mặt trời...

Tất cả các giải pháp trên đều có những ưu nhược điểm riêng nhưng không bổ sung được cho nhau. Từ đó một ý tưởng mới được đề xuất là xe lai (hybrid), loại xe 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 hybrid xăng - điện là loại phổ biến và thực tiễn nhất hiện nay. Xe hybrid 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 và mức độ tiện dụng 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.

Bên cạnh các mẫu xe 04 bánh hybrid được tập trung nghiên cứu phát triển mạnh thì các nghiên cứu về xe máy lai 02 bánh cũng thu hút được sự quan tâm của các hãng sản xuất xe máy và các nhà khoa học trên thế giới. Năm 1997, Honda Motors là hãng đi tiên phong trong công nghệ này và đã giới thiệu mẫu xe máy hybrid có khả năng cắt giảm được 60% khí CO₂ và tăng 2,5 lần về hiệu quả sử dụng nhiên liệu [23]. Năm

2009, mẫu xe máy Piaggio MP3 hybrid [24] cũng đã được hãng xe của Ý giới thiệu tại TPHCM trong một triển lãm về giải pháp kinh doanh xanh của liên minh châu Âu. Năm 2012, hãng xe máy Ấn Độ Hero Motor đã giới thiệu dòng xe tay ga mới Hero Leap hybrid [25], động cơ chạy xăng có thể vừa dẫn động bánh xe, vừa chạy máy phát để sạc lại pin.

Với điều kiện hiện tại ở TPHCM, việc chế tạo mới hoặc nhập khẩu gần 10 triệu xe hybrid để thay đổi toàn bộ lượng xe máy hiện có sẽ tốn rất nhiều thời gian và tiền của vì chi phí của một xe máy hybrid là khá cao nên giải pháp đặt ra là cải tạo xe máy truyền thống thành xe máy lai (HEM) là một giải pháp khả thi, tận dụng được lượng lớn xe máy vẫn đang hoạt động, chuyển đổi để đạt hiệu quả kinh tế nhiên liệu và phát thải tốt hơn mà không cần thiết phải nhập khẩu hay chế tạo một số lượng lớn phương tiện giao thông hoàn toàn mới.

Tuy nhiên, các vấn đề đặt ra khi cải tạo xe máy nguyên bản thành xe máy tích hợp truyền động lai thì xảy ra sự thay đổi về kích thước, trọng lượng, công suất... của xe sau cải tạo, liệu xe có đáp ứng được tính năng động lực học yêu cầu như xe nguyên bản hay không? Nguồn điện sử dụng là gì? Động cơ điện nào là phù hợp? Phương án điều khiển phân phối công suất và hiệu quả kinh tế nhiên liệu cũng như phát thải của xe sau cải tạo ra sao? Thuật toán điều khiển nào tốt nhất? Chi phí cải tạo và khai thác có lợi hơn hay không?

Xuất phát từ những yêu cầu đó, trong khuôn khổ đề tài mã số C2015-20-35, Trường Đại học Bách khoa TPHCM đề xuất phương án tích hợp công nghệ hybrid trên xe nền Honda Lead 110cc. Phương án đưa ra là sử dụng phương pháp phân phối công suất phức hợp với bánh trước được dẫn động trực tiếp bằng động cơ điện làm nguồn động lực thứ hai, bánh sau được dẫn động bằng động cơ đốt trong với bộ truyền vô cấp (CVT) nguyên bản. Bộ nguồn điện của xe gồm 4 ắc quy axit – chì 12V-30Ah làm cho khối lượng xe sau khi cải tạo tăng lên rất nhiều so với xe nền, trong đó, khối lượng cụm ắc quy chì – acid chiếm phần lớn.

Từ đó đặt ra yêu cầu cấp thiết là cần phải giải bài toán tối ưu nguồn cung cấp năng lượng cho xe máy lai cải tạo, đồng thời tính toán chi phí đầu tư khai thác là một

trong các vấn đề cấp thiết cần nghiên cứu tính toán trước khi thi công cải tạo, chuyển đổi xe nền thành xe hybrid để đánh giá tính khả thi và hiệu quả của việc chuyển đổi, tránh việc thực hiện mò mẫm, lãng phí.

1.2. Tổng quan về tình hình nghiên cứu

1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Trên thế giới, các nghiên cứu về mô hình hóa và mô phỏng xe lai đã được thực hiện nhiều cho cả ô tô và xe máy; trong đó, các nghiên cứu về xe máy lai chủ yếu tập trung ở các quốc gia có lượng phương tiện này cao như Trung Quốc, Ấn Độ, Đài Loan. Hầu hết các công trình công bố chưa đưa ra được đáp án tổng thể cho bài toán tối ưu nguồn năng lượng, chi phí đầu tư và khai thác; hơn nữa, các mô phỏng thực hiện theo các điều kiện vận hành có thể không phù hợp với điều kiện giao thông tại Việt Nam. Một số công trình tiêu biểu là:

Chen [26] cùng các cộng sự đã nghiên cứu xe máy hybrid xăng – điện với động cơ điện đặt trực tiếp ở bánh trước. Bánh sau được dẫn động bằng động cơ đốt trong thông qua hệ thống truyền lực đã được điều chỉnh kết cấu. Cấu trúc của xe là kiểu hybrid song song. Cả hai bánh xe có thể cung cấp lực kéo đồng thời để dẫn động xe khi cần thiết. Thuật toán Rule – based control được sử dụng để thiết kế bộ điều khiển phân phối công suất. Đặc tính kinh tế của xe được đánh giá thông qua mô phỏng trong Matlab/Simulink theo chu trình chạy thử ECE R40. Kết quả cho thấy xe máy hybrid xăng – điện cho hiệu quả tiêu hao nhiên liệu tốt hơn xe nền nhưng không đáng kể. Kết quả chỉ thu được khi mô phỏng theo một chu trình nên chưa thuyết phục. Nghiên cứu cũng chưa đưa ra được phương pháp phân phối công suất hiệu quả hơn và cũng chưa tính tới cấu hình plug – in hybrid (xe hybrid có tích hợp máy phát điện để nạp lại cho cho ắc quy theo chu trình khép kín).

Yap và Karri [27] đã trình bày mô hình xe hybrid xăng – điện đã được phát triển và mô phỏng bằng phần mềm Matlab/Simulink. Xe có cấu trúc hybrid song song, với hai nguồn động lực gồm động cơ đốt trong hai thì dẫn động bánh sau qua bộ truyền lực CVT và động cơ điện đặt đồng trục bánh xe trước. Phương pháp để đánh giá và phát triển phương pháp điều khiển phân phối công suất là mô phỏng trên nhiều chu

trình khác nhau. Các kết quả chỉ ra rằng mô hình được phát triển khả thi và có giá trị. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc phân tích các chế độ hoạt động, sự phân phối công suất trong quá trình chạy theo chu trình. Tính kinh tế nhiên liệu chưa được đánh giá và phương pháp điều khiển tối ưu chưa được xây dựng.

Sheu [8] đã mô tả các mô hình toán học, phân tích và mô phỏng một hệ thống truyền lực mới được xây dựng cho xe tay ga. Điểm nổi bật của hệ thống truyền lực hybrid này là sử dụng một bộ phân phối công suất gồm một bộ bánh răng hành tinh một bậc tự do và một bộ bánh răng hành tinh hai bậc tự do để kết hợp công suất từ hai nguồn động lực. Mô hình chi tiết các bộ phận được thiết lập trong Matlab/Simulink và đề xuất một phương pháp điều khiển phân phối công suất đơn giản. Hiệu quả được đánh giá qua việc mô phỏng theo bốn chu trình. Các kết quả mô phỏng chứng minh cấu trúc xe hybrid đề xuất có khả năng hoạt động hiệu quả dưới nhiều điều kiện khác nhau.

He và Hodgson [29] đã xây dựng một mô hình dành cho mô phỏng xe hybrid xăng điện song song và mô hình cụm pin trên xe. Mô hình cũng được mở rộng cho cả xe điện và xe ô tô truyền thống. Qua đó, định hướng các kết quả dự đoán về hiệu suất xe và phát triển hệ thống điều khiển thông minh cho xe và hệ thống nguồn. Tuy nhiên, phạm vi của nghiên cứu chỉ tập trung nhiều vào bộ nguồn cao áp trên xe ô tô hybrid truyền lực song song.

Shetty và Dawnee [30] đã trình bày mô hình toàn bộ hệ thống truyền lực điện của xe hybrid, chủ yếu là lựa chọn, thử nghiệm motor điện có đặc tính phù hợp nhất với hoạt động của xe hybrid. Trong nghiên cứu này là động cơ điện một chiều dòng nam châm vĩnh cửu. Các mô hình và mô phỏng được xây dựng bằng Matlab Simulink và kết quả thu được là một hệ thống truyền công suất điện hiệu quả cho các ứng dụng trên xe hybrid xăng điện. Tuy nhiên công suất và hiệu suất của loại động cơ điện này không cao.

Cross [31] đã đưa ra một phương pháp mô hình hóa và mô phỏng xe hybrid nối tiếp bằng Matlab Simulink. Mô hình này đã được sử dụng để thử nghiệm nhiều chiến lược quản lý năng lượng trên xe hybrid nối tiếp. Tuy nhiên mô hình chỉ giới

hạn động cơ đốt trong ở 2 trạng thái là “tắt” và “mở”. Trong khi đó, việc điều khiển sao cho động cơ đốt trong hoạt động ở vùng hiệu suất tối ưu là mục tiêu cao nhất cho xe hybrid.

Wishar [32] đã xây dựng các mô hình toán các khối bộ phận trong cấu trúc xe hybrid. Với sự giúp đỡ của phần mềm ADVISOR. Kết quả đề tài là phương pháp xây dựng chiến lược quản lý năng lượng và điều khiển để đạt mức tiêu hao nhiên liệu thấp nhất. Tuy nhiên, đề tài mới chỉ là mô phỏng với công cụ ADVISOR, vẫn chưa đề ra phương pháp điều khiển động cơ đốt trong tối ưu trong thực tế.

Zhou [33] đã xây dựng các mô hình toán và mô phỏng hệ thống truyền lực hybrid trên 2 nền tảng Matlab/Simulink và Modelica/Dymola. Tuy nhiên, mô hình tích hợp cả hệ thống vẫn chưa được hoàn thiện và tác giả chỉ mới đánh giá được hiệu quả ở 2 chế độ hoạt động của xe.

Tóm lại, mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về lĩnh vực xe lai điện và xe điện tuy nhiên việc tính toán tối ưu nguồn năng lượng, chi phí đầu tư khai thác của xe máy lai cải tạo vẫn chưa được hoàn thiện để bắt tay chế tạo sao cho có hiệu quả.

Molenda [34] đã trình bày mô hình điện hóa của pin Li-ion và viễn cảnh về việc ứng dụng pin Li-ion cho thị trường xe điện.

Etacheri và các cộng sự [35] đã tổng quan về công nghệ pin Li-ion và ứng dụng của nó đặc biệt là giải pháp và các hướng tương lai quan trọng cho nghiên cứu và phát triển pin Li-ion tiên tiến cho yêu cầu sử dụng trên EV, HEV và các hệ thống cân bằng tải.

Sun [36] đã trình bày phương pháp lọc Kalman không có bậc thích ứng để ước lượng SOC của pin lithium-ion cho xe điện. Sự điều chỉnh thích ứng của nhiễu hiệp phương sai trong quá trình ước tính SOC được thực hiện dựa trên ý tưởng về sự kết hợp hiệp phương sai trong ngữ cảnh bộ lọc Kalman không bậc. Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng thuật toán dựa trên bộ lọc Kalman không bậc thích ứng có hiệu suất tốt trong ước lượng SOC.

D. Notter [37] và các cộng sự đã đánh giá chi tiết về tác động đến môi trường của việc sản xuất, sử dụng và tiêu hủy, tái chế pin Li-ion, từ đó cung cấp cái nhìn

khách quan và đầy đủ hơn trong quá trình đánh giá, so sánh ảnh hưởng môi trường của Pin Li-ion với động cơ đốt trong.

Kim [38] và các cộng sự đã nghiên cứu và chế tạo thành công mạch điều khiển của hệ thống quản lý Pin (BMS) với tính năng kết nối, điều khiển nạp xả cân bằng cho các tế bào Pin (Cells) nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng, tuổi thọ và tính an toàn cho Pin Li-ion.

Khaligh và Li [39] đã trình bày các phương pháp lưu trữ năng lượng mới cho HEV và plug-in HEV (PHEVs), so sánh và thảo luận công nghệ pin, ắc quy, siêu tụ và pin nhiên liệu. Ngoài ra còn kết hợp hai hoặc nhiều thiết bị lưu trữ năng lượng điện (ESS) và tính toán tổng dự trữ hành trình điện cho các phương pháp lai khác nhau.

Như vậy, với sự phát triển của công nghệ, việc lưu trữ điện năng cho xe lai được thực hiện bằng nhiều phương pháp nhưng Pin Li-ion đã được chứng minh là một trong những phương pháp rất hiệu quả. Tuy nhiên việc tính toán và giải bài toán cụ thể cho việc ứng dụng pin Li-ion vào xe máy lai cải tạo sao cho hiệu quả nhất thì chưa được tính đến.

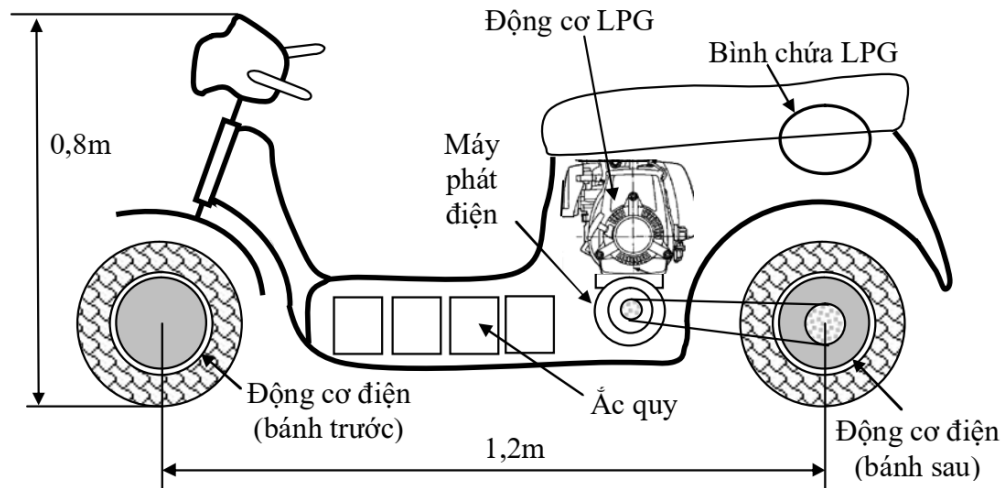
1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

Trong lĩnh vực xe hybrid hai bánh trong nước, đã có một số nghiên cứu, đề tài tiến hành tính toán, chế tạo, cải tạo và đánh giá hiệu quả của sản phẩm. Các công trình nghiên cứu tiêu biểu trong nước trong thời gian gần đây:

Bùi Văn Ga và Nguyễn Quân [40] đã đề xuất mô hình và thiết kế xe máy hybrid LPG – điện kiểu nối tiếp với hai động cơ DC 500W và 1000W dẫn động trực tiếp bánh trước và bánh sau với bộ nguồn là 4 ắc quy 12V – 30Ah mắc song song. Xe được tích hợp một máy phát điện công suất 1500W được dẫn động bằng động cơ đốt trong dùng nhiên liệu LPG được cải tiến từ động cơ xăng Honda 50cc. Một bộ truyền động đai nối bánh sau với máy phát qua ly hợp từ để hoạt động khi phanh tái sinh.

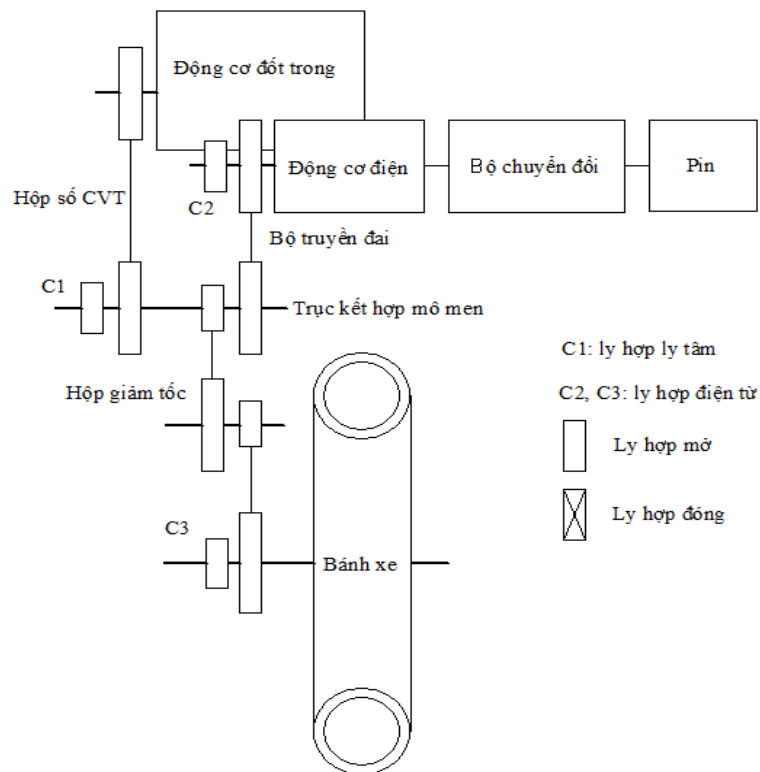
Kết quả tính toán dự kiến: Tốc độ cực đại 80 km/h, trọng lượng xe: 120 kg, quãng đường tự hành khi chạy bằng điện 50-60km. Xe không phát ô nhiễm khi chạy bằng điện và khi chạy bằng LPG, mức độ phát thải ô nhiễm của nó tối đa bằng 20% mức độ phát thải của xe gắn máy chạy bằng xăng cùng cỡ. Tuy nhiên nghiên cứu chỉ dừng

lại ở việc thiết kế và tính toán chứ chưa chế tạo nguyên mẫu nào để thực nghiệm chứng minh kết quả.



Hình 1.6: Sơ đồ hệ thống truyền lực xe máy hybrid LPG – điện [40]

Năm 2012, Phạm Văn Minh [41] đã tính toán thiết kế hệ thống truyền lực hybrid song song cho xe hai bánh:



Hình 1.7: Sơ đồ hệ thống truyền lực của xe máy hybrid [41]

Thiết kế trên sử dụng động cơ xăng 97cc với bộ truyền CVT làm nguồn công suất thứ nhất, nguồn công suất thứ hai là động cơ điện DC MY1020 36V-800W được nuôi bằng nguồn điện 3 ắc quy 12V-30Ah mắc nối tiếp. Sự kết hợp hai nguồn công suất nhờ bộ tổng hợp công suất kiểu mô men thông qua một hộp giảm tốc hai cấp để dẫn động bánh sau. Nghiên cứu này đã đưa ra được nguyên lý điều khiển các chế độ làm việc khác nhau của xe nhưng thiết kế còn quá phức tạp, chưa đưa ra được kết quả tính toán cuối cùng về suất tiêu hao nhiên liệu, khả năng giảm ô nhiễm và các tính năng động lực học của xe khi vận hành nên chưa bắt tay vào chế tạo.

Tháng 9 năm 2015, Nguyễn Trí Thành và Nguyễn Văn Nhận [42] đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo, thử nghiệm bộ phân phối công suất (Power split device - PSD) trang bị trên mô hình xe hybrid kiểu hỗn hợp có cấu trúc và hoạt động tương tự như một hộp số hành tinh, hoạt động như một cơ cấu truyền động biến đổi liên tục. Cụm bánh răng hành tinh có vai trò như một bộ chia công suất từ động cơ thành hai thành phần cung cấp cho hệ truyền động và máy phát điện. Mặc dù đã chế tạo và lắp đặt nhưng chỉ lắp trên mô hình thử nghiệm, chưa đo được mô men trên các trục nên chưa có tính ứng dụng vào thực tế.

Phạm Tuấn Anh [43] và các cộng đã nghiên cứu khả năng tích hợp công nghệ hybrid cho xe máy 02 bánh dựa trên nền xe Honda Lead 110cc dựa trên nền tảng đề tài mã số C2015-20-35, Trường Đại học Bách khoa TPHCM. Các nội dung bao gồm lựa chọn phương án bố trí chung để gắn các trang thiết bị lên xe; lựa chọn động cơ điện, máy phát và ắc quy; nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển và phân phối công suất (Power Management System - PMS) theo các chế độ hoạt động khác nhau của xe máy lai. Kết quả ban đầu 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, trong khi độ dốc lớn nhất xe có thể leo được là 3,54% cho trường hợp 50% tải. Mặc dù kết quả khá khả quan nhưng chưa đưa ra được phương pháp điều khiển phân phối công suất và bộ nguồn phù hợp cho xe nên chỉ dừng lại ở mức thử nghiệm.

Huỳnh Thịnh [44] đã nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai cải tạo theo mô hình của Phạm Tuấn Anh đề xuất, giải bài toán tối ưu phân phối công suất,

tuy nhiên vì công suất riêng của ắc quy nhỏ nên vướng mắc là khối lượng ắc quy quá lớn làm tăng tổn hao công suất và giảm công suất riêng của xe đồng thời thể tích ắc quy quá lớn chiếm hết ngăn chứa đồ (UBox) của xe, như vậy bài toán tối ưu nguồn năng lượng và chi phí đầu tư, khai thác chưa được xét đến.

Nói rộng ra cho cả lĩnh vực xe điện và xe hybrid, nước ta hiện đang rất thiếu các công trình nghiên cứu cả về lý thuyết và thực nghiệm. Mặc dù đã có một số nghiên cứu đi trước nhằm tạo tiền đề và giải quyết một số vướng mắc trong việc cải tạo xe Honda Lead 110cc thành xe lai xăng - điện. Tuy nhiên tính khả thi trong thực tiễn chưa cao vì vẫn còn vướng mắc chưa giải quyết được là vấn đề tối ưu nguồn năng lượng, chi phí khai thác cho xe máy lai cải tạo này để có thể tiến hành chế thử, tiến tới hoàn thiện quy trình công nghệ để cải tạo hàng loạt.

1.3. Mục tiêu và nhiệm vụ của đề tài

1.3.1. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu của đề tài gồm:

- Nghiên cứu tối ưu tính năng bộ nguồn điện mà cụ thể là thay thế bộ nguồn ắc quy thành bộ nguồn pin Li-ion trên xe máy lai cải tạo.
- Nghiên cứu các chế độ phân phối công suất của xe, các đặc tính của bộ nguồn pin Li-ion để đưa ra được chế độ sử dụng bộ nguồn hiệu quả nhất.
- Tính toán chi phí đầu tư, khai thác của xe gắn máy tích hợp truyền động lai và so sánh với chi phí khai thác xe nguyên bản.

1.3.2. Nhiệm vụ của đề tài

- Nghiên cứu lý thuyết về xe hybrid, phân loại, cấu trúc và hoạt động của xe hybrid, xe máy hybrid.
- Nghiên cứu về các phương pháp phân phối công suất của xe máy tích hợp truyền động lai.
- Nghiên cứu về các nguồn năng lượng đã, đang và có khả năng sử dụng trên xe máy lai.
- Nghiên cứu đặc tính của tế bào pin Li-ion.
- Tính toán, thiết kế, chế tạo bộ nguồn pin Li-ion và mạch quản lý pin BMS.

- Thử nghiệm bộ nguồn.
- Tính toán chi phí đầu tư khai thác, so sánh, đánh giá kết quả và đưa ra kết luận

1.4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.4.1. Đối tượng nghiên cứu

- Hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng trên xe máy hybrid xăng điện được cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc.
- Các nguồn năng lượng đang và có khả năng sử dụng trên xe máy lai
- Mô hình toán học các bộ phận trong hệ thống truyền lực và lưu trữ năng lượng trên xe cải tạo.
- Phương pháp giải bài toán tối ưu.
- Công cụ tính toán và mô phỏng

1.4.2. Phạm vi nghiên cứu

Đề tài chỉ tập trung vào hai vấn đề chính là nghiên cứu tối ưu tính năng làm việc của bộ nguồn pin Li-ion và tính toán chi phí đầu tư, khai thác trên xe máy lai hybrid xăng điện được cải tạo trên nền Honda Lead 110cc đang được nghiên cứu tại phòng thí nghiệm trọng điểm động cơ đốt trong tại trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh theo điều kiện hoạt động tại Thành phố Hồ Chí Minh.

1.5. Phương pháp nghiên cứu.

1.5.1. Phương pháp phân tích và tổng hợp lý thuyết.

Nghiên cứu phân tích và tổng hợp các kiến thức về xe hybrid, xe máy hybrid, lý thuyết về tối ưu, lý thuyết về phân phối công suất và điều khiển.

1.5.2. Phương pháp tổng quan.

Nghiên cứu tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan, từ đó rút ra những điểm mà những nghiên cứu trước đã và chưa đạt được, định hướng các vấn đề cần tiếp tục tập trung nghiên cứu.

1.5.3. Phương pháp toán học.

Xây dựng và giải quyết phương trình tối ưu, mô hình hóa và tính toán các mô hình toán học đã được xây dựng.

1.5.4. Phương pháp thực nghiệm.

Thí nghiệm đo kiểm bộ nguồn pin Li-ion và ắc quy để rút ra nguyên lý bộ điều khiển công suất (PMS), bộ điều khiển nạp xả (BMS) và định mức nạp xả cho từng nguồn năng lượng điện (SOC) tại Phòng thí nghiệm Đo lường hữu tuyến điện, Khoa Tiêu chuẩn – Đo lường – Chất lượng, Trường Đại học Trần Đại Nghĩa.

Thí nghiệm kiểm tra khả năng hoạt động của bộ nguồn mới trên xe máy lai cải tạo tại ở các chế độ hoạt động khác nhau.

1.5.5. Phương pháp mô hình hóa và mô phỏng

Mô phỏng hoạt động phân phối công suất của bộ nguồn mới cho xe máy lai cải tạo theo các chu trình chạy thử có điều kiện hoạt động tương tự điều kiện hoạt động tại Thành phố Hồ Chí Minh.

Chương 2

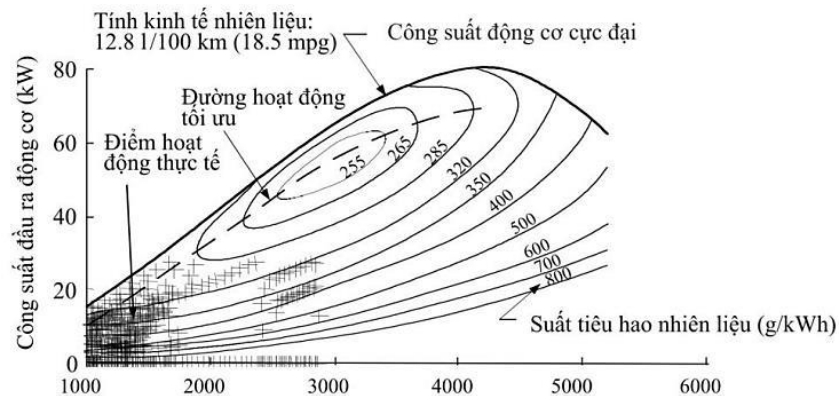
CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Xe hybrid, các phương pháp phân phối công suất cho xe hybrid.

2.1.1. Khái niệm xe hybrid

Các phương tiện giao thông sử dụng động cơ đốt trong (ICE – Internal Combustion Engine) sử dụng nhiên liệu hóa thạch nên có ưu điểm về thời gian hoạt động liên tục lâu dài, dự trữ hành trình lớn và thời gian nạp lại nhiên liệu trong thời gian ngắn nhưng lại có nhược điểm là hiệu quả sử dụng nhiên liệu kém và gây ô nhiễm không khí. Các lý do chính làm cho hiệu quả sử dụng nhiên liệu kém là:

- Hiệu suất nhiệt của chu trình làm việc nhỏ (thường không quá 45% kể cả đã áp dụng nhiều biện pháp nhằm tăng hiệu suất nhiệt của động cơ).
- Đặc tính kéo của động cơ không phù hợp với đặc tính kéo lý tưởng của xe khi hoạt động trên đường nên bắt buộc hệ thống truyền lực phải có thêm hộp số, gây tăng tổn hao trong hệ thống truyền lực đặc biệt là với hộp số thủy lực hoặc thủy cơ.
- Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ không phù hợp với yêu cầu hoạt động thực tế của xe.
- Động năng của xe trong quá trình phanh là năng lượng tổn hao vô ích, đặc biệt là khi xe hoạt động trong thành thị với dải tốc độ thay đổi liên tục.



Hình 2.1: Bản đồ suất tiêu hao nhiên liệu ở đường đô thị EPA FTP75 [45]

Ở hướng phát triển khác, xe điện (EV – Electric Vehicle) có một số ưu điểm hơn động cơ đốt trong truyền thống như hiệu suất năng lượng cao hơn, đặc tính sát với đặc tính lý tưởng và ít gây ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, xe điện có nhược điểm là giá thành cao do sử dụng kim loại màu nhiều, dự trữ hành trình nhỏ do năng lượng riêng chứa của ắc quy thấp và thời gian cần thiết để nạp lại nguồn điện rất lâu.

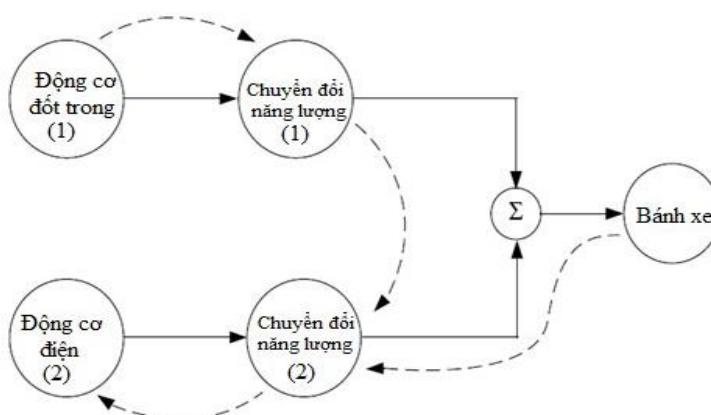
Để phát huy ưu điểm và cải thiện nhược điểm của mỗi nguồn công suất, người ta đã tích hợp cả hai nguồn đó lên trên cùng một xe gọi là xe hybrid hoặc xe lai.

Xe hybrid là xe sử dụng hai nguồn động lực (hay nguồn năng lượng) như động cơ đốt trong – fuel cell, động cơ đốt trong – pin, ắc quy... kết hợp với bộ chuyển đổi, phân phối công suất. Nếu một trong hai nguồn động lực ấy là điện thì gọi là xe lai điện (HEV – Hybrid Electric Vehicle). Ngoài ra, nếu HEV có tích hợp thêm khả năng sạc từ nguồn điện ngoài thì cấu hình đó gọi là Plug-in Hybrid (P-HEVs).

Nhờ sự kết hợp như vậy mà HEV có khả năng tăng hiệu quả sử dụng nhiên liệu và giảm ô nhiễm môi trường do các nguồn động lực được điều khiển sao cho hoạt động ở điều kiện có hiệu suất cao nhất. Đồng thời, động năng tổn hao trong quá trình phanh xe được thu hồi và nạp lại cho nguồn điện hoặc tái sử dụng sau đó.

Trên thực tế, do có nhiều ưu điểm nên cấu trúc HEV được sử dụng rộng rãi. Trong giới hạn của nghiên cứu này, các xe hybrid được nói đến là kiểu HEV.

Sơ đồ nguyên lý hoạt động chung của các loại xe HEVs được thể hiện như sơ đồ sau:



Hình 2.2: Sơ đồ nguyên lý chung hệ thống hybrid

2.1.2. Các chế độ làm việc của xe hybrid

Với sơ đồ nguyên lý chung như vậy, các chế độ làm việc của HEV bao gồm:

- Chế độ mình động cơ đốt trong: chế độ này được sử dụng trong vùng tối ưu về hiệu suất nhiệt và suất tiêu hao nhiên liệu cũng như giảm thiểu khí thải của động cơ đốt trong, khi xe đạt đến một tốc độ đã được xác định từ đặc tính động cơ, động cơ sẽ được khởi động và khi động cơ đạt được số vòng quay ở vùng tối ưu thì động cơ điện sẽ ngắt và xe được dẫn động hoàn toàn bằng động cơ đốt trong.

- Chế độ mình động cơ điện: chế độ này được sử dụng khi xe chạy ở chế độ một mình khởi hành, vận hành xe ở tốc độ thấp, hay địa hình hạn chế phát thải ô nhiễm như trong thành phố. Do đặc tính của động cơ điện có mô men lớn ở số vòng quay thấp nên tận dụng được mô men, khi ở số vòng quay thấp động cơ đốt trong có mức tiêu hao nhiên liệu lớn do đó sử dụng động cơ điện sẽ tiết kiệm nhiên liệu và không phát sinh khí thải.

- Chế độ cả hai động cơ cùng dẫn động xe: chế độ này được sử dụng trong quá trình tăng tốc hay leo dốc. Khi xe tăng tốc đến tốc độ hoặc vùng công suất mà động cơ đốt trong vượt ra khỏi dải tối ưu thì động cơ điện lại được khởi động bổ sung năng lượng. Công suất hai động cơ được kết nối đẩy xe tăng tốc cực đại hay cần mô men lớn để vượt dốc. Lúc này nhờ sự đóng góp công suất của động cơ điện nên công suất cần thiết của động cơ đốt trong giảm, đưa về dải tối ưu.

- Chế độ nạp lại nguồn điện: Khi trạng thái dung lượng lưu trữ (SOC) của nguồn điện giảm đến mức tối thiểu mà xe dừng hoặc tải của xe ở mức thấp và trung bình. Động cơ đốt trong hoạt động trong vùng kém hiệu quả, lúc này dòng công suất từ động cơ đốt trong được chia làm hai nhánh, một nhánh dẫn động bánh xe, nhánh còn lại kéo máy phát (hoặc động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát) để phát điện nạp lại cho bộ nguồn điện. Việc nạp lại nguồn điện sẽ ngắt nếu tải của xe tăng làm động cơ đốt trong quá vùng công suất tối ưu.

- Chế độ phanh tái sinh: Trường hợp xe thả dốc, giảm tốc độ hoặc phanh, động năng của xe lúc này được truyền tới máy phát (hoặc động cơ điện hoạt động ở chế độ

máy phát) để phát điện nạp lại cho nguồn điện hoặc lưu trữ vào siêu tụ để cấp ngược lại cho động cơ điện khi xe cần công suất.

2.1.3. Cấu trúc của xe hybrid

So với một chiếc xe truyền thống, cấu trúc của một chiếc xe hybrid xăng – điện bao gồm: hệ thống lưu trữ năng lượng, động cơ điện, động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực và bộ điều khiển điện tử.

a) Hệ thống lưu trữ năng lượng

Hệ thống lưu trữ năng lượng là một trong những hệ thống quan trọng nhất trong chiếc xe hybrid, trực tiếp ảnh hưởng đến hiệu quả của chiếc xe. Có nhiều loại thiết bị tích trữ năng lượng đã được đề xuất ứng dụng trên xe hybrid như: pin, ắc quy hóa học, siêu tụ và bánh đà cao tốc. Hiện nay, ắc quy hóa học và pin vẫn là thiết bị lưu trữ năng lượng phổ biến của xe lai điện. Có rất nhiều các yêu cầu cho các thiết bị tích trữ năng lượng ứng dụng trên một phương tiện giao thông như: chỉ số năng lượng riêng, công suất riêng, hiệu suất, yêu cầu bảo dưỡng, bảo quản, giá cả, sự thích ứng thân thiện với môi trường, và an toàn. Đối với trên HEV thì chỉ số năng lượng riêng ít quan trọng hơn và chỉ số công suất riêng thì được quan tâm đầu tiên. Bởi vì tất cả năng lượng thì xuất phát từ nguồn hóa năng của nhiên liệu nên việc tạo ra đủ công suất là cần thiết để đảm bảo cho tính năng hoạt động của xe, đặc biệt trong suốt quá trình tăng tốc, leo dốc, và phanh tái sinh.

Các loại ắc quy và pin sử dụng hiệu quả trên EV và HEV bao gồm ắc quy axit-chì, pin Nickel (Ni/Fe, Ni/Cd và Ni/Mh) và pin Lithium như Lithium – polymer và pin Lithium-ion.

b) Nguồn công suất chính

Nguồn công suất chính là nguồn công suất ổn định trên xe hybrid, thông thường là động cơ đốt trong hay fuel cells. Việc lựa chọn nguồn công suất chính phụ thuộc chủ yếu vào yêu cầu về tính năng lái, kinh tế nhiên liệu và ô nhiễm môi trường. Động cơ xăng là loại động cơ phổ biến nhất để chuyển đổi năng lượng hóa thạch để thành cơ năng để cung cấp năng lượng cho xe. Các ưu điểm chính của động cơ xăng là công

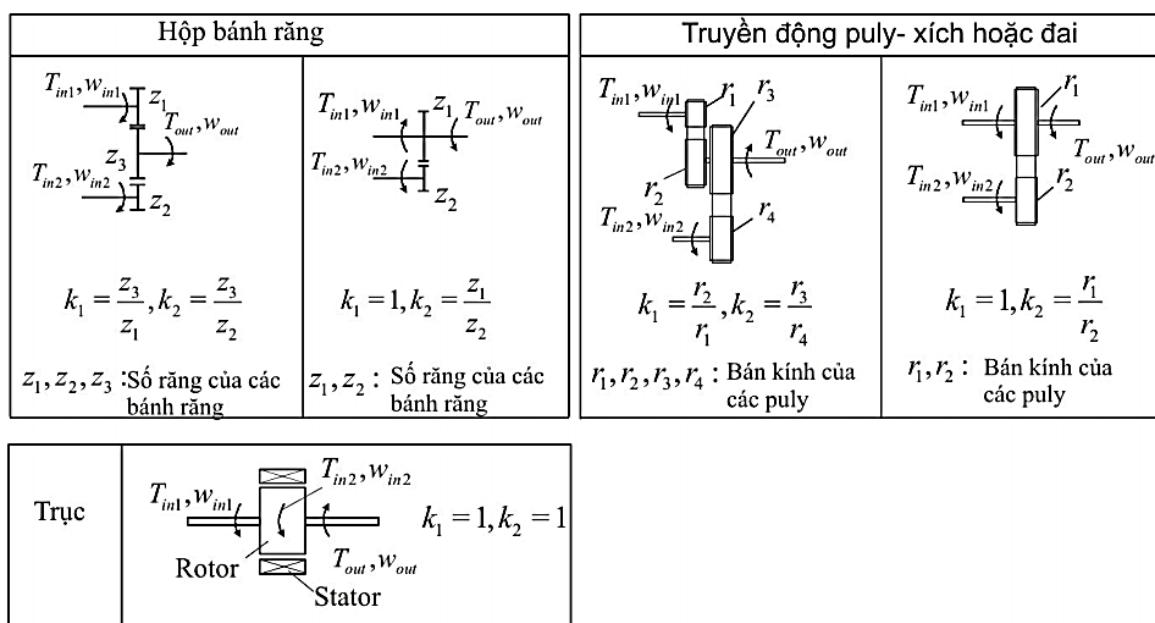
suất riêng cao (tỉ lệ công suất/trọng lượng), dải tốc độ lớn, dự trữ hành trình dài, nạp lại nhiên liệu nhanh.

c) Hệ thống truyền lực

Vì trên xe hybrid có hai hoặc nhiều nguồn động lực với các đặc tính khác nhau, hệ thống truyền lực đóng một vai trò quan trọng hơn so với xe thông thường để có thể đạt được hiệu quả tối đa và hiệu suất tối ưu.

Hệ thống truyền lực trên xe hybrid có nhiệm vụ:

- Truyền và biến đổi mô men và tốc độ từ nguồn động lực đến cơ cấu vận hành theo các điều kiện làm việc khác nhau của xe.
- Thay đổi chiều quay để xe tiến hoặc lùi
- Phối hợp các nguồn động lực để đạt tính kinh tế nhiên liệu cao nhất và giảm lượng khí thải gây ô nhiễm ra môi trường trong khi vẫn đáp ứng được yêu cầu động lực học.

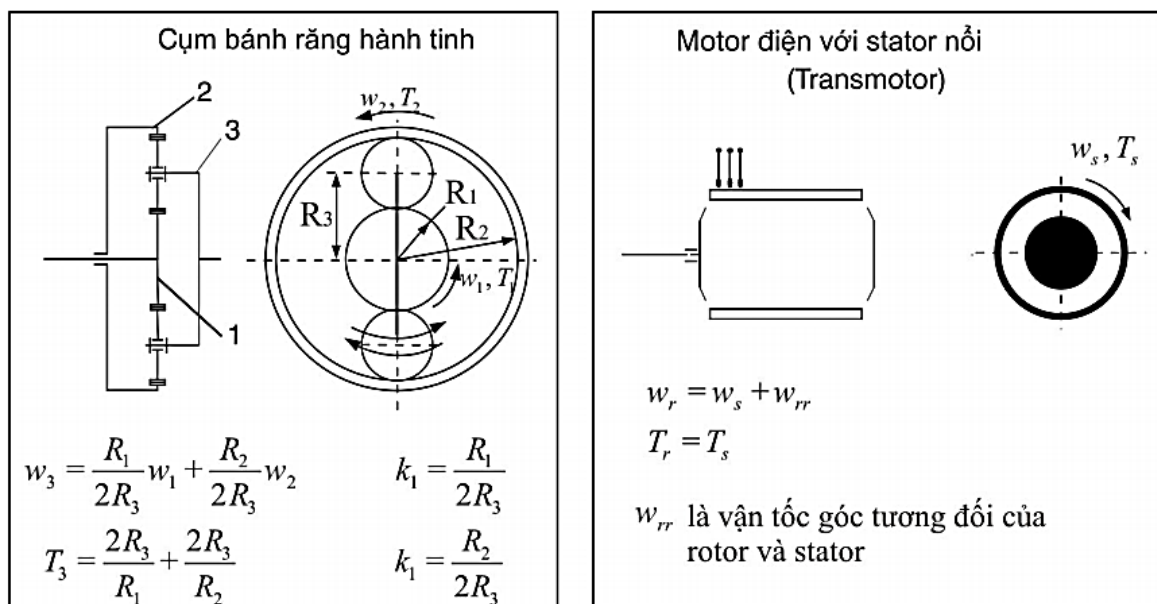


Hình 2.3: Một số loại khớp nối mô men [46]

Đối với cấu trúc xe hybrid song song có động cơ điện đặt trước hộp số hoặc động cơ điện đặt ở bánh xe, cấu tạo hệ thống truyền lực không khác nhiều so với xe

truyền thống. Nhưng đối với hybrid phức hợp hay kiểu song song mà động cơ điện đặt sau hộp số, cấu trúc bộ truyền trở nên phức tạp hơn do phải tích hợp thêm bộ PSD.

Bộ PSD thường là khớp nối cơ khí gồm hai loại là khớp nối mô men (Hình 2.3) và khớp nối tốc độ (Hình 2.4).



Hình 2.4: Một số loại khớp nối tốc độ [46]

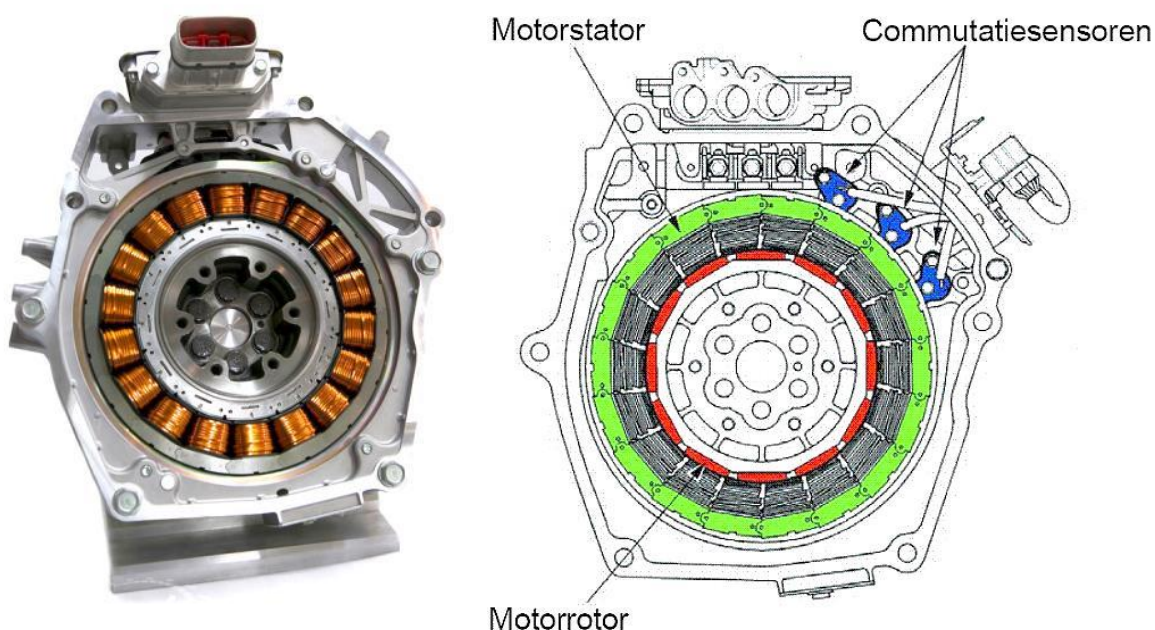
d) Động cơ điện

Động cơ điện là nguồn công suất thứ hai trong hệ thống truyền lực xe hybrid. Hiện nay, hai loại động cơ điện được sử dụng phổ biến nhất là động cơ điện một chiều không chổi than (BLDC) và động cơ điện xoay chiều cảm ứng (AC Induction Motor) là vì các ưu điểm hiệu suất cao, làm việc tin cậy hơn, công suất riêng lớn hơn, ít cần bảo dưỡng và tuổi thọ lâu dài nhưng nhược điểm là giá thành đắt hơn. Chi phí chênh lệch này chủ yếu là do các chi phí sản xuất các thiết bị điều khiển điện tử.

Ngoài ra, động cơ điện tích hợp trong bánh xe (Hub Motor) được sử dụng khá nhiều trong các xe điện và xe hybrid hai bánh và đang là xu hướng mới trong thiết kế nguồn động lực điện xe hybrid bốn bánh.

- Động cơ BLDC: có cấu tạo và nguyên lý hoạt động tương tự động cơ DC có chổi than, nhưng chức năng của rotor và stator được đảo ngược. Rotor được tạo thành từ một bộ nam châm vĩnh cửu và stator là nam châm điện được điều khiển. Động cơ

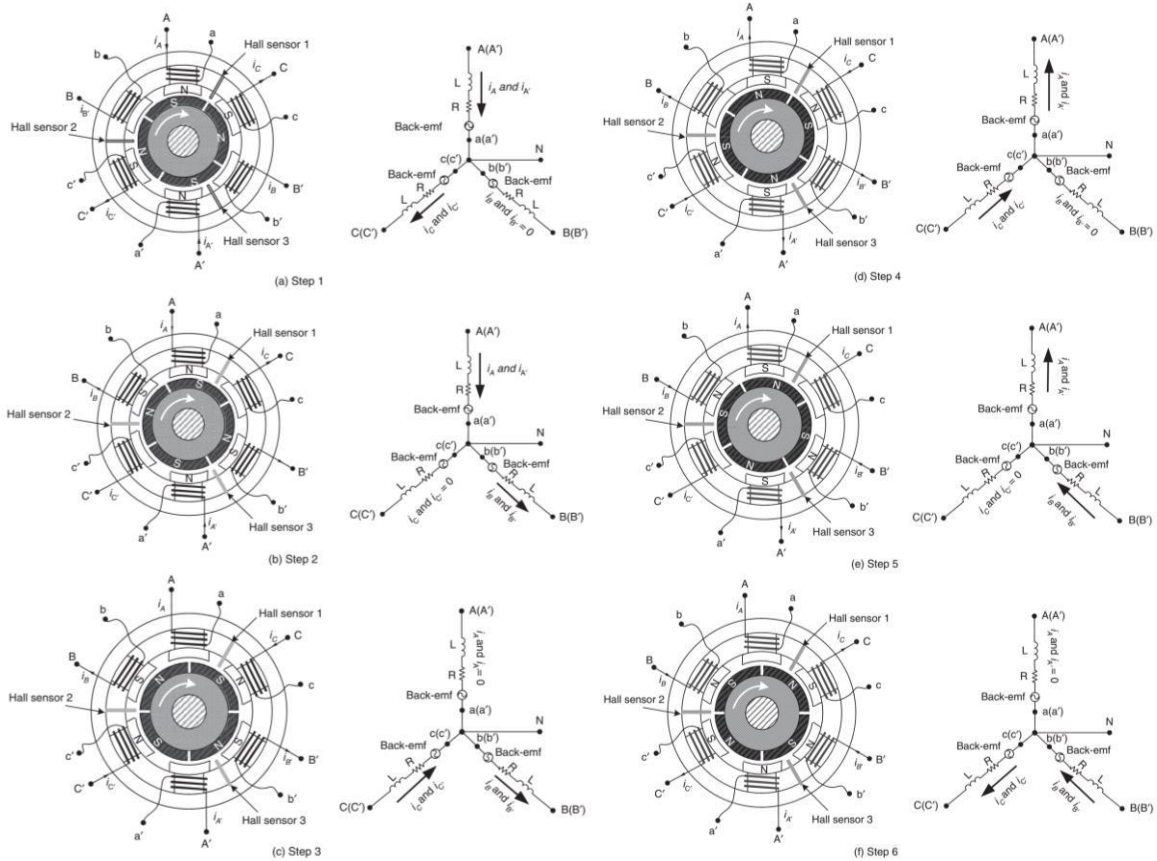
BLDC loại bỏ được chổi than và cổ góp nên loại bỏ được tia lửa điện sinh ra. Tia lửa điện này không chỉ làm giảm tuổi thọ sử dụng của động cơ, mà còn tạo ra nhiễu điện từ làm ảnh hưởng xấu các hệ thống điều khiển bán dẫn hiện đại.



Hình 2.5: Cấu tạo động cơ BLDC

Để thay thế cho kểu cấu chổi than – cổ góp mà vẫn cung cấp và đảo chiều được dòng điện trong cuộn kích từ của stator, một mạch điện tử điều khiển các transistor công suất (hoặc MOSFET) đóng mở dòng điện vào các cuộn dây stator khác nhau ứng với vị trí của rotor để giữ cho rotor quay liên tục. Việc đảo chiều dòng điện qua các cuộn dây được thực hiện bởi các cặp transistor công suất thuận nghịch điều khiển đóng mở luân phiên N-P. Nhiều động cơ BLDC sử dụng cảm biến Hall để xác định vị trí của rotor. Một số động cơ khác giám sát BEMF trong cuộn dây để xác định vị trí của rotor.

Hiện nay để điều khiển tốc độ động cơ BLDC, người ta thay đổi dòng điện qua các cuộn dây stator khác nhau bằng phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM – Pulse Width Modulation).



Hình 2.6: Nguyên lý điều khiển động cơ BLDC [45]

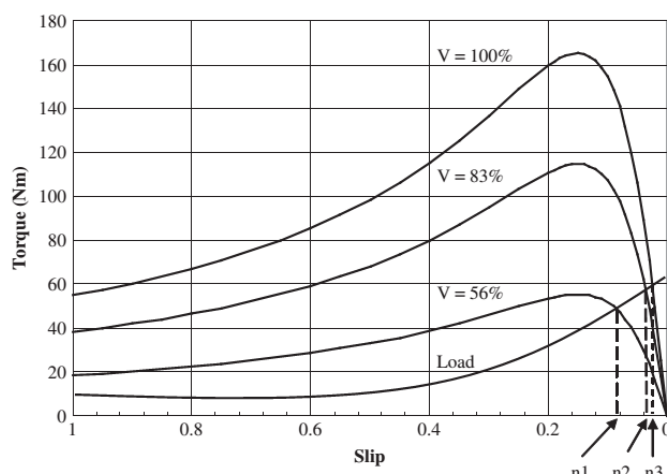
- Động cơ điện xoay chiều cảm ứng: hay còn gọi là loại động cơ điện ba pha không đồng bộ, động cơ loại này được dùng phổ biến trong công nghiệp do có chi phí thấp và kết cấu đơn giản. Động cơ hoạt động trên nguyên tắc thay đổi từ trường trong các cuộn dây stator. Stator có ba cuộn dây phân cách bằng 120° và được cấp dòng điện xoay chiều 3 pha tạo ra một từ trường quay xung quanh stator. Rotor là các nam châm vĩnh cửu hoặc các cuộn dây quấn khép kín trên lõi từ (rotor lồng sóc) và là trục ra của động cơ.

Trong động cơ xoay chiều cảm ứng, rotor luôn quay ở tốc độ chậm hơn so với từ trường quay. Sự khác biệt giữa tốc độ này được gọi là trượt. Sự trượt tỷ lệ thuận với tải trọng đặt lên động cơ. Khi tải trọng trên trục của rotor tăng, rotor có xu hướng chậm lại và độ trượt tăng. Sự trượt này làm tăng dòng điện cảm ứng trong rotor và làm moment xoắn của rotor, nhưng tốc độ chậm hơn và do đó tạo ra ít CEMF.

Các động cơ xoay chiều cảm ứng dựa vào cảm biến vị trí rotor để bắt đầu và duy trì rotor xoay. Các cảm biến báo cho bộ điều khiển chính xác vị trí rotor đang quay bên trong stator. Bộ điều khiển cấp điện áp AC tới stator. Khi rotor bắt đầu quay, các cảm biến theo dõi vị trí của rotor và liên tục gửi tín hiệu đến bộ điều khiển. Bộ điều khiển tiếp tục điều khiển thích hợp để duy trì moment xoắn của motor.



Hình 2.7: Động cơ điện xoay chiều cảm ứng trên Toyota Prius



Hình 2.8: Đồ thị mô men xoắn ứng với độ trượt [47]

- Động cơ điện tích hợp trong bánh xe (Hub Motor) với tiêu chí nhỏ gọn, kết cấu đơn giản. Với kết cấu này, động cơ sẽ dẫn động trực tiếp lên bánh xe, bỏ qua được các bộ truyền trong hệ thống truyền lực và được vận hành trực tiếp theo kiểu dẫn động không có trục cơ khí (drive – by – wire) giúp giảm khối lượng và tăng không gian trống của xe.

Động cơ điện được sử dụng để tích hợp trong bánh có thể là động cơ điện một chiều, xoay chiều hoặc một số loại động cơ đã được giới thiệu như trên...



Hình 2.9: Động cơ BLDC đặt trong bánh xe (Hub BLDC)

e). Bộ điều khiển điện tử

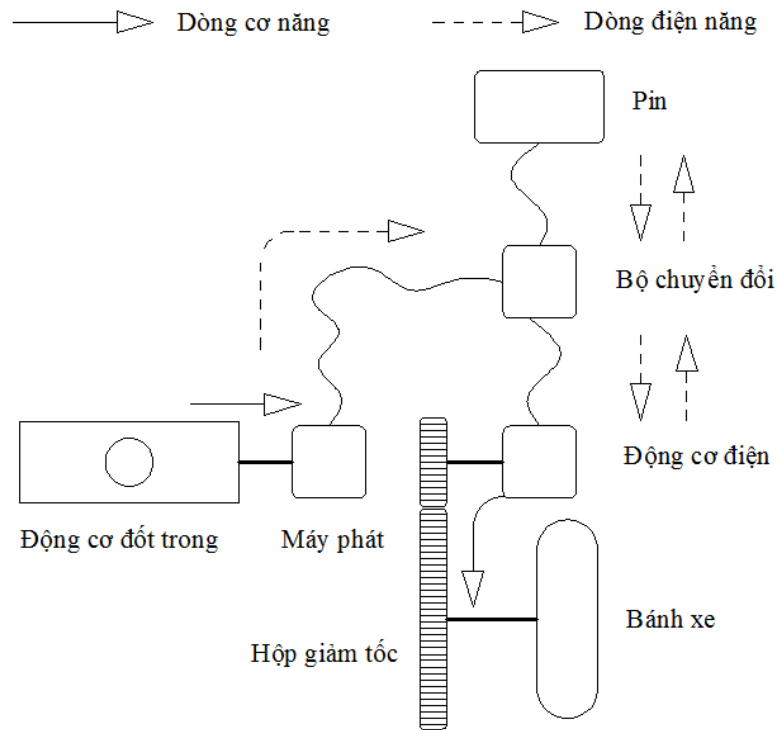
Tương tự như ắc quy, động cơ điện, động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực, các bộ chuyển đổi DC – DC và biến tần DC – AC cũng là một bộ phận quan trọng trên xe hybrid. Bộ chuyển đổi DC – DC trong xe điện và xe hybrid điện thực hiện chức năng chuyển đổi điện áp cao được cung cấp bởi hệ thống lưu trữ năng lượng thành điện áp thấp đến các thiết bị dùng điện áp thấp, thường 12 V. Chức năng của biến tần là để chuyển đổi điện một chiều của ắc quy thành điện xoay chiều cao áp để dẫn động động cơ điện. Khi phanh tái sinh, quá trình này được đảo ngược: Điện áp ra xoay chiều từ động cơ điện, lúc này hoạt động như một máy phát điện, được chuyển đổi sang nguồn DC để sạc lại pin. Hiệu quả của các thiết bị điện tử công suất có tác động đáng kể đến hiệu quả tổng thể của chiếc xe.

2.1.4. Các phương pháp phân phối công suất cho xe hybrid.

a) Kiểu nối tiếp

Động cơ điện truyền lực đến các bánh xe chủ động, công việc duy nhất của động cơ nhiệt là sẽ kéo máy phát điện để phát sinh ra điện năng nạp cho ắc quy hoặc cung cấp cho động cơ điện. Dòng điện sinh ra chia làm hai phần, một để nạp ắc quy và một

sẽ dùng chạy động cơ điện. Động cơ điện ở đây còn có vai trò như một máy phát điện (tái sinh năng lượng) khi xe xuống dốc và thực hiện quá trình phanh.



Hình 2.10: Cấu trúc truyền lực Hybrid nối tiếp

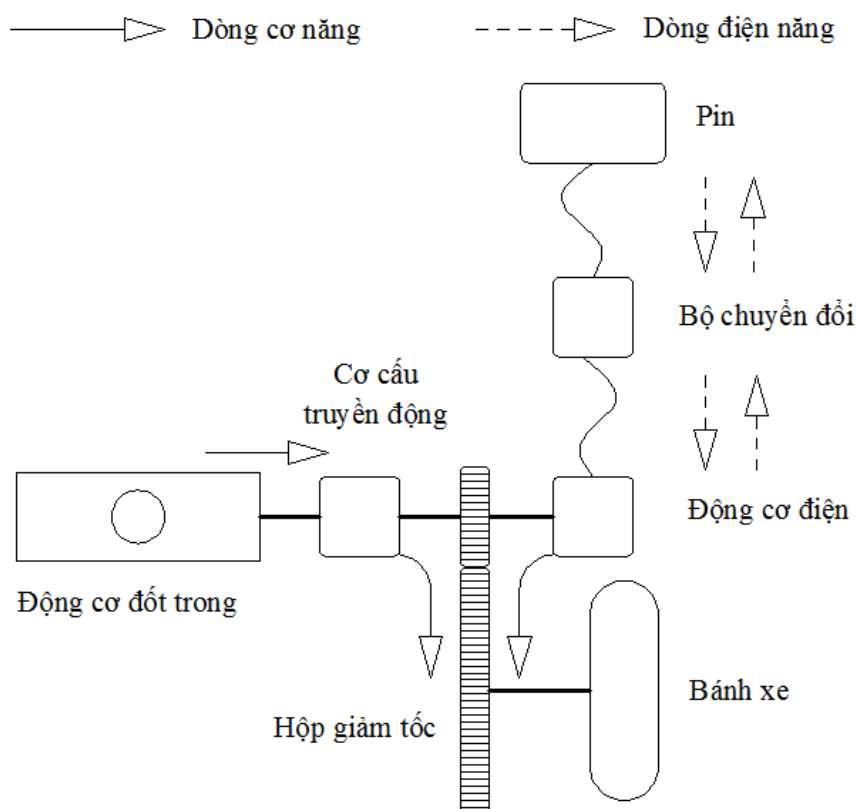
Ưu điểm: Hệ thống truyền lực của xe được điều khiển như một hệ thống truyền lực điện. Ở sơ đồ này không cần bố trí hộp số cơ khí nhiều cấp số truyền (hoặc là không cần hộp số). Có thể sử dụng động cơ ở từng bánh xe thay cho bộ truyền vi sai, tạo ra truyền động kiểu 4WD. Động cơ đốt trong có thể chọn ở chế độ hoạt động tối ưu và không khi nào hoạt động ở chế độ không tải nên giảm được ô nhiễm môi trường. Mặt khác động cơ đốt trong chỉ hoạt động nếu xe chạy đường dài quá quãng đường đã quy định dùng cho ắc quy.

Nhược điểm: Năng lượng từ động cơ bị biến đổi 2 lần làm giảm hiệu suất truyền động, bố trí thêm máy phát làm tăng khối lượng xe, kích thước và dung tích ắc quy có kích thước lớn hơn so với kiểu truyền động song song, động cơ đốt trong luôn làm việc ở chế độ nặng nhọc, động cơ điện có khối lượng lớn (để đáp ứng được công suất lớn nhất mà xe yêu cầu).

b) Kiểu song song

Dòng năng lượng truyền tới bánh xe chủ động đi song song. Cả động cơ nhiệt và động cơ điện cùng truyền lực tới trục bánh xe chủ động với mức độ tùy theo các điều kiện hoạt động khác nhau. Ở hệ thống này động cơ nhiệt đóng vai trò là nguồn năng lượng truyền mô men chính còn động cơ điện chỉ đóng vai trò trợ giúp khi tăng tốc, vượt dốc hoặc ở chế độ chuyển động với tốc độ thấp.

Kiểu này không cần dùng máy phát điện riêng do động cơ điện có tính năng giao hoán lưỡng dụng sẽ làm nhiệm vụ nạp điện cho ắc quy trong các chế độ hoạt động bình thường, ít tổn thất cho các cơ cấu truyền động trung gian, nó có thể khởi động động cơ đốt trong và dùng như một máy phát điện để nạp điện cho ắc quy.



Hình 2.11: Cấu trúc truyền lực Hybrid song song

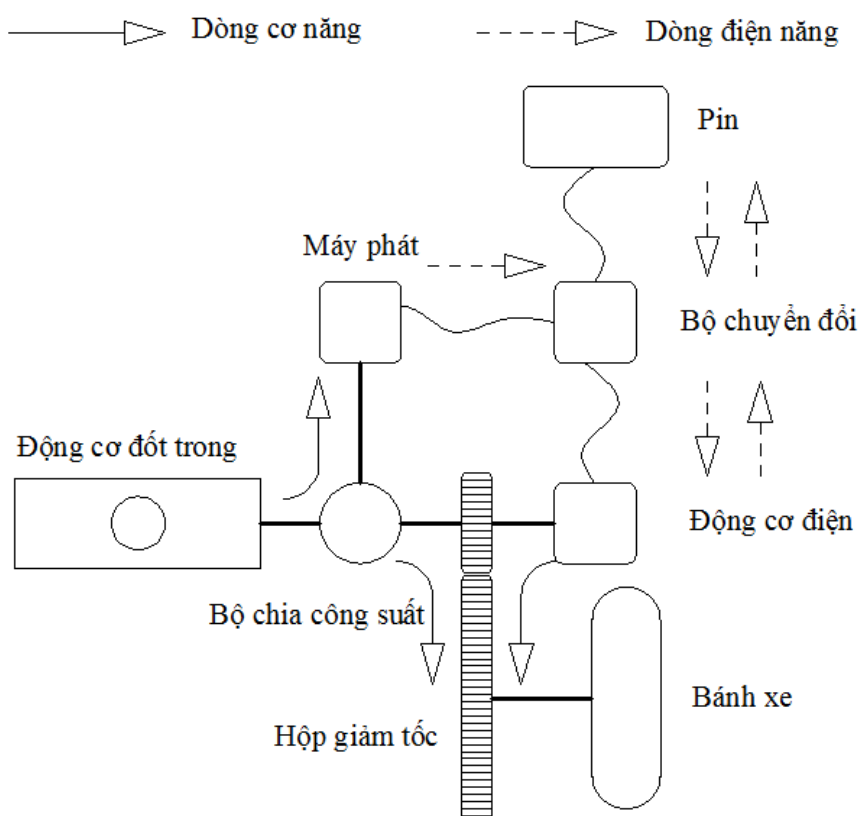
Ưu điểm: Công suất tổng của xe sẽ được tăng lên do có thể sử dụng cả hai nguồn năng lượng cùng lúc, mức độ hoạt động của động cơ điện ít hơn động cơ nhiệt nên dung lượng bình ắc quy nhỏ và gọn nhẹ, trọng lượng bản thân của xe nhẹ hơn so với kiểu ghép nối tiếp và hỗn hợp.

Nhược điểm: Động cơ điện cũng như bộ phận điều khiển có kết cấu phức tạp, giá thành đắt và động cơ nhiệt phải thiết kế công suất lớn hơn kiểu hybrid nối tiếp.

c) Kiểu hỗn hợp

Hệ thống này kết hợp cả hai hệ thống nối tiếp và song song nhằm tận dụng tối đa các lợi ích được sinh ra. Hệ thống hybrid hỗn hợp có một bộ phận gọi là thiết bị phân chia công suất chuyển giao một tỷ lệ biến đổi liên tục công suất của động cơ nhiệt và động cơ điện đến các bánh xe chủ động. Hệ thống này chiếm ưu thế trong việc chế tạo xe hybrid.

Luôn hoạt động ở chế độ tối ưu nên khắc phục được các nhược điểm của truyền động nối tiếp và song song như: sử dụng phương pháp tái sinh năng lượng để tạo ra dòng điện nạp cho ắc quy, giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu.



Hình 2.12: Cấu trúc truyền lực Hybrid hỗn hợp

Ưu điểm: Trong cấu trúc hybrid hỗn hợp thì động cơ điện được dùng trong các chế độ gia tốc hoặc tải lớn nên động cơ đốt trong chỉ cần cung cấp công suất vừa đủ

do đó có thể thiết kế động cơ có kích thước nhỏ gọn, công suất và mô men của động cơ đốt trong được chọn trong vùng hoạt động tối ưu (do tính toán chọn trước dãy tốc độ phù hợp), nguồn công suất và mô men sau khi phối hợp giữa hai động cơ được gần như lý tưởng.

Nhược điểm: cấu trúc hybrid hỗn hợp có kết cấu phức tạp và giá thành cao.

2.1.4. Phương pháp cải tạo xe Honda Lead thành xe máy hybrid

Xe Honda Lead 110cc được lựa chọn làm đối tượng để nghiên cứu, cải tạo từ một chiếc xe chạy xăng thông thường thành xe máy hybrid 02 bánh dùng 02 nguồn năng lượng xăng – điện. Để thiết kế cải tạo một chiếc xe máy thông thường thành xe máy hybrid, tùy vào cấu hình truyền động được lựa chọn mà các thiết bị gắn thêm lên xe nên như: động cơ điện, ắc quy/pin, máy phát, bộ chuyển đổi điện, mạch điều khiển và phân phối công suất, v.v...

a) Yêu cầu

Xe Hondalead sau cải tạo cần phải đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Xe sau cải tạo phải có khả năng giảm suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ nhiệt và giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường, đồng thời xe vẫn phải đáp ứng các tính năng động lực học như của xe trước cải tạo khi sử dụng trong điều kiện giao thông đường bộ tại Việt Nam.

- Có kích thước phù hợp các tiêu chuẩn hiện hành quy định bởi luật giao thông đường bộ Việt Nam.

- Hạn chế thay đổi kết cấu của xe nên, xe cải tạo cần có kết cấu đơn giản, giá thành cải tạo phải thấp và phù hợp với trình độ công nghệ của Việt Nam.

- Ít phải bảo trì, bảo dưỡng.

Khi chỉ hoạt động với động cơ điện xe máy lai phải đáp ứng các tính năng:

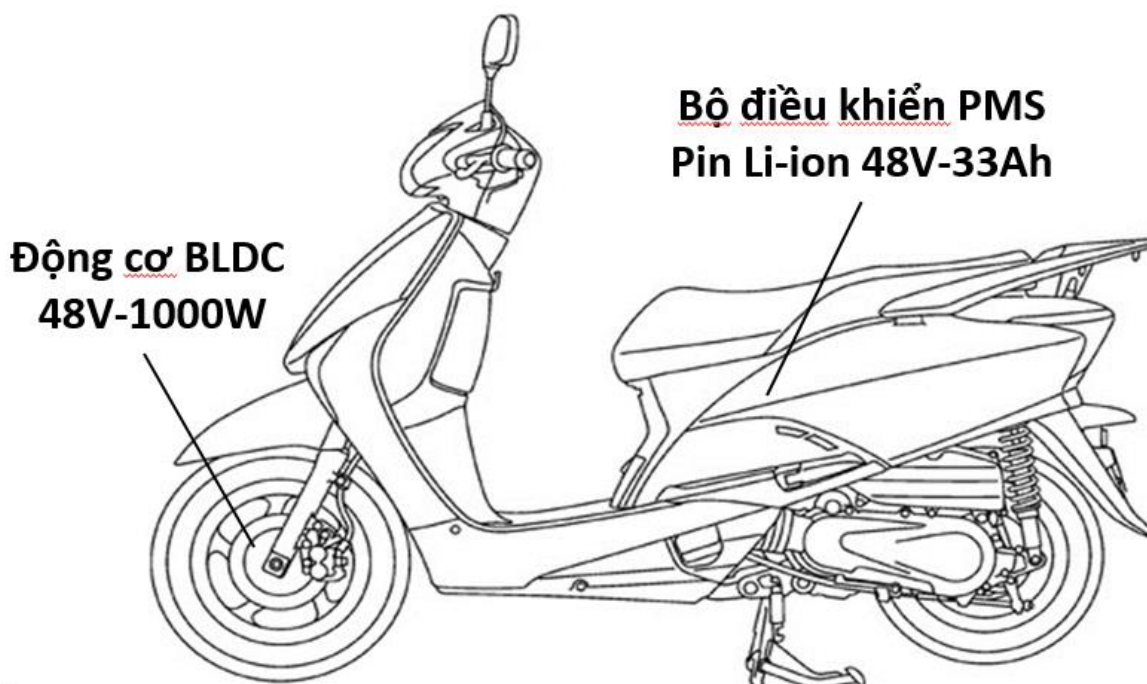
- Xe có khả năng đạt được vận tốc 40 km/h trong điều kiện đường bằng, đầy tải (02 người), và hệ số cản lăn $f=0,018$.

- Ở chế độ hoạt động ở vận tốc thấp, xe có khả năng leo dốc với độ dốc là 2%.

- Quãng đường hoạt động liên tục: xe cải tạo có thể di chuyển ít nhất 40 km trong điều kiện giao thông đô thị Việt Nam mà không cần sạc lại ắc quy.

b) Phương án cải tạo

Trong nghiên cứu này, động cơ điện một chiều không chổi than loại gắn liền với bánh xe (BLDC Hub-Motor) được chọn để tích hợp cho xe máy hybrid do tính tiện lợi của khi tích hợp cho các phương tiện không có nhiều khoảng không.



Hình 2.13: Phương án cải tạo xe Honda Lead 110cc thành xe hybrid

Do kết cấu truyền động của xe nên Honda Lead 110cc có trục bánh xe quay cùng với cụm bánh xe và yêu cầu thiết kế phải ít thay đổi kết cấu của xe nên để giảm giá thành xe cải tạo, động cơ điện được đặt trực tiếp tại bánh trước, bánh sau được dẫn động bằng hệ dẫn động nguyên bản của xe.

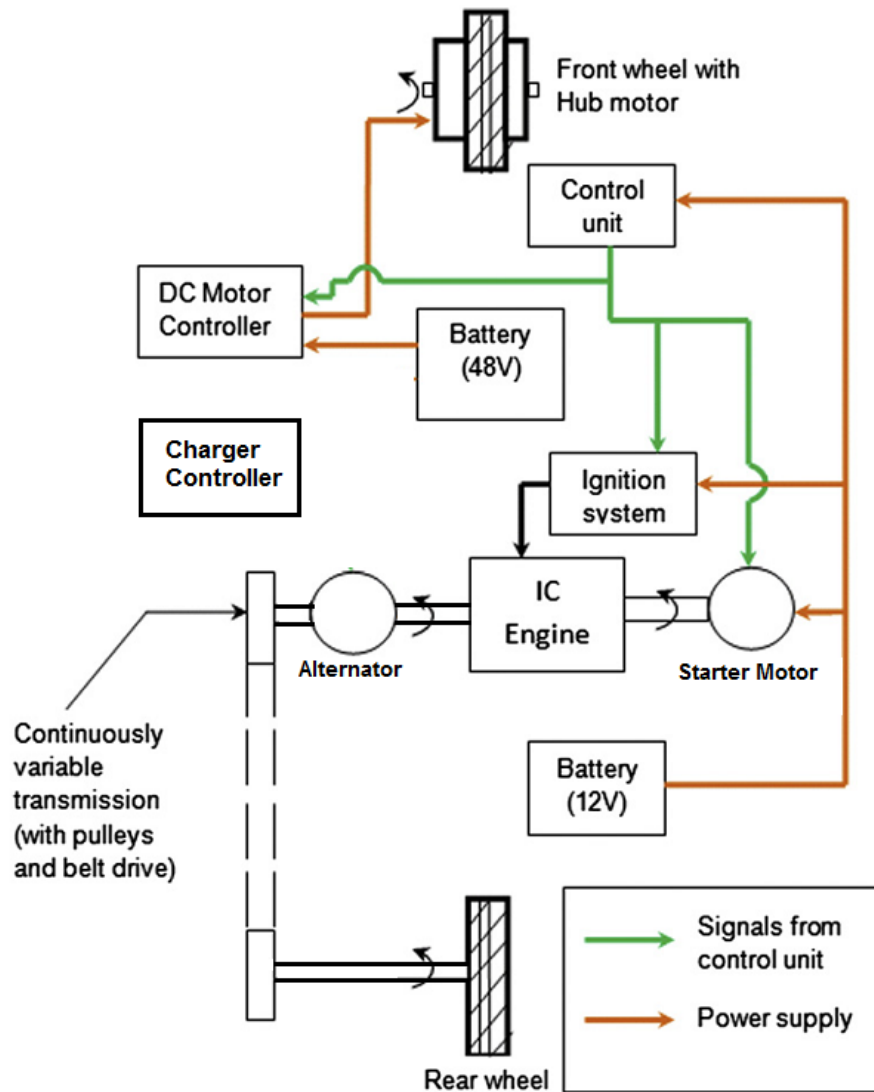
Động cơ điện một chiều không chổi than BLW-16B [48] của hãng Leaf Motor Technology Co. Ltd., với công suất 1000W được lựa chọn đặt vào vị trí bánh trước.

Động cơ điện trước đây được cấp nguồn bằng 04 ắc quy CSB-EVX12300 12V-30Ah mắc nối tiếp nhau đặt trong hộc chứa đồ của xe. Nay thay thế bằng bộ pin Li-ion 48V-33Ah.

Ắc quy (pin) được sạc bằng máy phát do động cơ đốt trong dẫn động. Máy phát này có công suất bằng tổng công suất của máy phát nguyên bản và công suất nạp cho ắc quy (pin) là 250W. Tuy nhiên việc thiết kế bố trí thêm máy phát là không khả thi nên trong nghiên cứu này chọn cấu hình Plug-in Hybrid.

Cả hai bánh đều có thể cung cấp lực kéo riêng rẽ hoặc đồng thời tùy vào điều kiện hoạt động của xe.

Như vậy, hệ thống hybrid kiểu song song với hai bánh dẫn động bởi hai nguồn động lực độc lập được lựa chọn làm phương án thiết kế để cải tạo xe nền Honda Lead 110cc thành xe máy hybrid.



Hình 2.14: Cấu trúc của xe sau cải tạo [43]

c) Thông số của xe trước và sau cải tạo

Bảng 2.1: Thông số của xe Honda Lead 110cc trước và sau cải tạo [49]

Thông số		Xe Honda Lead 110cc	Xe Honda Lead hybrid
Kích thước Khối lượng	Chiều dài (mm)	1838	1838
	Chiều rộng (mm)	668	668
	Chiều cao (mm)	1125	1125
	Chiều dài cơ sở (mm)	1274	1274
	Khoảng sáng gầm xe (mm)	115	115
	Trọng lượng (kg)	115	173
Khung sườn	Bán kính bánh xe trước	234,3 mm	234,3 mm
	Bán kính bánh xe sau	217 mm	217 mm
	Hệ thống phanh bánh trước	Phanh đĩa thủy lực	Phanh đĩa thủy lực
	Hệ thống phanh bánh sau	Phanh guốc tang trống	Phanh guốc tang trống
	Dung tích bình xăng	6,5 l	6,5 l
Động cơ	Loại động cơ	PGM – FI, xăng, 4 kỳ, 1 xy lanh, làm mát bằng dung dịch	PGM – FI, xăng, 4 kỳ, 1 xy lanh, làm mát bằng dung dịch
	Đường kính piston	50 mm	50 mm
	Hành trình piston	55 mm	55 mm
	Dung tích xy lanh	108 cm ³	108 cm ³
	Tỷ số nén	11:1	11:1
	Công suất cực đại	6,4 kW tại 7500 rpm	6,4 kW tại 7500 rpm
	Moment cực đại	9,2 Nm tại 6000 rpm	9,2 Nm tại 6000 rpm
	Hệ thống ly hợp	Ma sát khô	Ma sát khô
	Hệ thống khởi động	Điện	Điện
	Hệ thống cung cấp điện	Máy phát xoay chiều 3 pha 220 W tại 5000 rpm	Máy phát xoay chiều 3 pha 220 W tại 5000 rpm

Động cơ điện	Loại động cơ điện		Động cơ BLDC đặt trong bánh xe trước.
	Công suất cực đại		1037,72 W/497 rpm
	Moment cực đại		24,09 Nm
	Điện áp định mức		48 V
	Dòng điện cực đại		25,55 A
Hệ thống truyền lực	Ly hợp	Ly hợp khô, kiểu ly hợp ly tâm tự động	Ly hợp khô, kiểu ly hợp ly tâm tự động
	Tỉ số truyền hộp số CVT	2,59:1 – 0,88:1	2,59:1 – 0,88:1
	Tỉ số truyền truyền lực cuối cùng	9,432	9,432
Hệ thống lưu trữ năng lượng	Loại ắc quy		Ắc quy chì – acid 12V 30Ah
	Khối lượng		10,4 kg
	Kích thước (D x R xC)		166 x 175 x 125 mm
	Dòng phóng cực đại		400 A (5s)
	Dòng nạp cực đại		9 A
	Số lượng		4 ắc quy mắc nối tiếp
	Nguồn điện sạc pin		Máy phát 250W (HEM) hoặc lưới điện dân dụng (PHEV)

2.2. Các nguồn lưu trữ năng lượng đang sử dụng cho xe điện và xe lai.

Với sự phát triển của công nghiệp điện, điện tử và cũng như các vật dụng cầm tay và di động, các nguồn lưu trữ năng lượng điện cũng được nghiên cứu để chế tạo ra những bộ nguồn điện với kích thước, khối lượng nhỏ gọn, mật độ năng lượng cao, giá thành rẻ, hoạt động tin cậy, có tuổi thọ lâu dài đồng thời ít gây ô nhiễm môi trường và an toàn cho người sử dụng. Hiện nay các nguồn năng lượng được dung cho xe điện

và xe lai chủ yếu là ắc quy axit – chì. Tuy nhiên do mật độ năng lượng riêng không cao và chất thải gây ô nhiễm môi trường nên pin nhiên liệu (Fuel cell) và pin Lithium – ion đang ngày càng được sử dụng để thay thế.

2.2.1. Ắc quy Axit - chì

Ắc quy axit - chì là một thiết bị điện hoá thuận nghịch, dùng để biến đổi năng lượng dưới dạng điện năng thành hoá năng (khi nạp) và ngược lại biến hoá năng thành điện năng (khi phóng). Với các điện cực được làm bằng chì (Pb) và Ô xít chì (PbO₂) được đặt trong dung dịch axit Sulfuric (H₂SO₄).

a). Cấu tạo

Bình ắc quy được chia thành nhiều ngăn, thông thường là 3, 6, 12 ngăn nhưng thường gặp nhất là loại 6 ngăn. Mỗi ngăn ắc quy đơn cho điện áp là 2V. Như vậy, nếu đem đầu nối tiếp cả 6 ngăn với nhau ta sẽ có bộ nguồn ắc quy là 12V.

Vỏ bình ắc quy được chế tạo bằng vật liệu cứng có tính chịu axit, chịu nhiệt, do đó mà người ta đúc bằng nhựa cứng hoặc ebonite. Phía trong vỏ bình có các vách ngăn để tạo thành các ngăn riêng biệt, mỗi ngăn riêng biệt gọi là một ắc quy đơn. Dưới đáy bình ta làm hai yên đỡ gọi là yên đỡ bản cực. Mục đích là để các bản cực tỳ lên đó, tránh bị ngắn mạch khi trong đáy bình có lắng đọng các cặn bẩn.

Các bản cực thường có cấu trúc phẳng, dẹp, dạng khung lưới được làm bằng hợp kim Pb-Sb (Chì- Antimon) có nhồi chất độn là các hạt hóa chất tích cực. Trên mặt bản cực có gắn các xương dọc và xương ngang để tăng độ cứng vững và tạo ra các ô cho chất hoạt tính bám trên bản cực. Nếu bản cực dương thì chất hoạt tính để phủ vào khung ô trên bản cực là đioxit chì. Nếu là bản cực âm thì chất hoạt tính được sử dụng là chì xốp. Khi ắc quy hoạt động chất hoạt tính tham gia đồng thời vào các phản ứng hoá học càng nhiều càng tốt, do đó để tăng bề mặt tiếp xúc của các chất hoạt tính với dung dịch điện phân, người ta chế tạo chất hoạt tính có độ xốp, đồng thời đem ghép những tấm cực cùng tên song song với nhau thành một chùm cực ở trong mỗi ngăn của ắc quy đơn.

Chùm bản cực dương và chùm bản cực âm được lồng xen kẽ nhau nhưng giữa hai bản cực khác tên lại được đặt thêm một tấm cách, tấm cách được làm từ chất cách điện để cách điện giữa hai bản cực như nhựa xốp, thủy tinh hay gỗ.

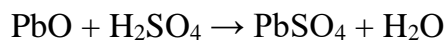
Phần nắp của ắc quy để che kín những bộ phận bên trong bình, ngăn ngừa bụi và các vật khác từ bên ngoài rơi vào bên trong bình, đồng thời giữ cho dung dịch điện phân không bị tràn ra ngoài. Trên nắp bình có các lỗ để đổ và kiểm tra dung dịch điện phân, các lỗ này được nút kín bằng các nút có lỗ thông hơi nhỏ. Ở một số loại ắc quy lỗ thông hơi có thể được chế tạo riêng biệt.

Để đảm bảo về độ kín của bình ắc quy, xung quanh mép của nắp ắc quy và xung quanh các lỗ cực đầu ra, người ta thường trát nhựa chuyên dụng. Dung dịch điện phân dùng trong ắc quy thường là hỗn hợp axit sunfuric H_2SO_4 được pha chế theo tỷ lệ nhất định với nước cất.

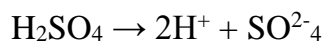
b). Nguyên lý hoạt động

- *Quá trình nạp:*

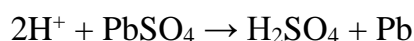
Khi ắc quy đã được lắp ráp xong, ta đổ dung dịch axit sunfuric H_2SO_4 vào các ngăn bình thì trên các bản cực sẽ sinh ra lớp mỏng chì sunfat $PbSO_4$. Vì chì tác dụng với axit theo phản ứng:



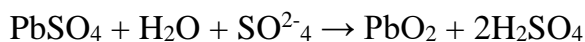
Đem nối nguồn điện một chiều vào hai đầu cực của ắc quy thì dòng điện một chiều được khép kín qua mạch ắc quy và dòng điện đi theo chiều: Cực dương của nguồn một chiều đi đến dung dịch điện phân rồi qua đầu cực hai của ắc quy đến cực âm của nguồn điện một chiều. Dòng điện một chiều sẽ làm cho dung dịch điện phân (Dung dịch điện phân là dung dịch có nồng độ $(1.22 \div 1.27) \text{ g/cm}^3$, hoặc $(1.29 \div 1.31) \text{ g/cm}^3$ nếu ở vùng khí hậu lạnh) phân ly theo phương trình sau:



Cation H^+ theo dòng điện đi về phía bản cực nối với âm nguồn điện và tạo thành phản ứng tại đó:



Các anion SO_4^{2-} chạy về phía chũm bản cực nối với dương nguồn điện và cũng tạo thành phản ứng tại đó:



Kết quả là ở bản cực nối với dương nguồn điện có chì đioxit PbO_2 và ở chũm bản cực kia có chì Pb , như vậy ở hai chũm bản cực đã có sự khác nhau về cực tính.

Từ các phản ứng hóa học trên ta thấy quá trình nạp điện đã tạo ra lượng axit sunfuric H_2SO_4 bổ sung vào dung dịch điện phân, đồng thời trong quá trình nạp điện dòng điện còn phân tích ra trong dung dịch điện phân khí hydro H_2 và oxy O_2 , lượng khí này sủi lên như bọt nước và bay đi, do đó nồng độ của dung dịch điện phân trong quá trình nạp điện được tăng lên.

Ắc quy được coi là đã nạp đầy khi quan sát thấy dung dịch sủi bọt đều (gọi đó là hiện tượng sôi). Lúc đó ta có thể ngắt nguồn nạp và xem như quá trình nạp điện cho ắc quy đã hoàn thành.

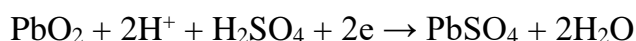
- Quá trình phóng:

Trong quá trình phóng điện, hai bản cực từ Pb và PbO_2 biến thành PbSO_4 . Như vậy khi phóng điện axit sulfuric bị hấp thụ để tạo thành PbSO_4 , nước được tạo ra làm cho axit sulfuric bị loãng. Cực dương nhận thêm electron và cực âm thiếu electron. Khi nối hai cực với tải điện, dòng electron tự do sẽ từ cực dương theo dây dẫn qua tải về cực âm và tạo thành dòng điện có chiều ngược chiều với chiều chuyển động của các electron tự do.

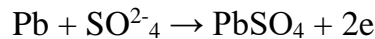
Nếu ta nối hai bản cực của ắc quy đã được nạp điện với một phụ tải ở đây là một bóng đèn thì năng lượng tích trữ trong ắc quy sẽ phóng qua tải, làm cho bóng đèn sáng. Dòng điện của ắc quy sẽ đi theo chiều: Cực dương của ắc quy (đầu cực đã nối với cực dương nguồn nạp) đi đến tải (bóng đèn) rồi đến cực âm của ắc quy tiếp tục qua dung dịch điện phân rồi chạy về cực dương của ắc quy.

Quá trình phóng điện, phản ứng hoá học xảy ra trong ắc quy như sau:

Tại cực dương:



Tại cực âm:



Như vậy khi ắc quy phóng điện, chì sunfat PbSO_4 lại được hình thành ở hai bản cực, làm cho các bản cực dần trở lại giống nhau, còn dung dịch H_2SO_4 bị phân thành cation 2H^+ và anion SO_4^{2-} , đồng thời quá trình cũng tạo ra nước trong dung dịch, do đó nồng độ của dung dịch giảm dần và sức điện động của ắc quy cũng giảm dần.

c). *Nạp ắc quy*

Có nhiều phương pháp nạp ắc quy, đối với ắc quy axit – chì thì thường sử dụng ba phương pháp là nạp dòng không đổi, nạp áp không đổi và nạp hỗn hợp:

- *Nạp dòng không đổi*: cho phép chọn dòng điện nạp thích hợp với mỗi loại ắc quy, đảm bảo cho ắc quy được nạp đầy. Đây là phương pháp sử dụng trong các xưởng bảo dưỡng sửa chữa để nạp điện cho các ắc quy mới hoặc nạp sửa chữa cho các ắc quy bị sunfat hoá. Với phương pháp này, các ắc quy được mắc nối tiếp nhau và điện áp máy nạp phải thỏa mãn điều kiện:

$$U_n = 2,7 N_{aq}$$

$$I_n = (0,05 \div 0,1) C_{20}$$

Trong đó:

U_n : Điện áp nạp

I_n : Dòng điện nạp

N_{aq} : Số ngăn ắc quy cần nạp

C_{20} : Dung lượng ắc quy tính theo chế độ phóng 20 giờ

Nhược điểm: Trong quá trình nạp, sức điện động của ắc quy tăng dần, để duy trì dòng điện nạp không đổi ta phải bố trí trong mạch nạp biến trở R để thay đổi dòng nạp. Phương pháp nạp với dòng không đổi là thời gian nạp kéo dài và yêu cầu các ắc quy đưa vào nạp có cùng cỡ dung lượng định mức. Để khắc phục nhược điểm thời gian nạp kéo dài người ta sử dụng phương pháp nạp với dòng điện nạp thay đổi hai hay nhiều nấc.

Trong trường hợp nạp hai nấc, dòng điện nạp ở nấc thứ nhất chọn bằng $(0,3 \div 0,5) C_{20}$ và kết thúc nạp ở nấc một khi ắc quy bắt đầu sôi. Dòng điện nạp ở nấc thứ hai bằng $0,05 C_{20}$ và kết thúc khi điện áp ắc quy đạt 2,7 V.

- *Nạp áp không đổi*: yêu cầu các ắc quy được mắc song song với nguồn nạp. Hiệu điện thế của nguồn nạp không đổi và được tính bằng $(2,3 \div 2,5) V$ cho một ngăn ắc quy đơn. Đây là phương pháp nạp điện chủ yếu cho ắc quy lắp trên trường tiện giao thông như ô tô hoặc xe máy.

Ưu điểm: Phương pháp nạp với điện áp nạp không đổi có thời gian nạp ngắn, dòng điện nạp tự động giảm theo thời gian.

Nhược điểm: Phương pháp này ắc quy không được nạp đầy, vậy nạp với điện áp không đổi chỉ là phương pháp nạp bổ xung cho ắc quy trong quá trình sử dụng.

- *Nạp hỗn hợp (nạp dòng áp)*: Đây là phương pháp tổng hợp của hai phương pháp trên. Với phương pháp này nó tận dụng được những ưu điểm của mỗi phương pháp.

Để đảm bảo cho thời gian nạp cũng như hiệu suất nạp thì trong khoảng thời gian $t_n = 8$ giờ tương ứng với $(75 \div 80)\%$ dung lượng ắc quy ta nạp với dòng điện không đổi là $I_n = 0,1 C_{10}$. Vì theo đặc tính nạp của ắc quy trong đoạn nạp chính thì khi dòng điện không đổi thì điện áp, sức điện động tải ít thay đổi, do đó bảo đảm tính đồng đều về tải cho thiết bị nạp. Sau thời gian 8 giờ ắc quy bắt đầu sôi lúc đó ta chuyển sang nạp ở chế độ ổn áp. Khi thời gian nạp được 10 giờ thì ắc quy bắt đầu đầy, ta nạp bổ sung thêm 2-3 giờ.

d). Các chú ý trong sử dụng và bảo quản

- Suất điện động của ắc quy:

$$E_{ao} = 0,84 + \gamma_o$$

$$\gamma_o = \gamma - 0,0007(25 - t)$$

- Hiệu điện thế của ắc quy

+ Khi phóng điện: $U_p = E_a - R_a \cdot I_p$

+ Khi nạp điện: $U_n = E_a + R_a \cdot I_n$

- Điện trở trong của ắc quy : $R_a = R_{\text{điện cực}} + R_{\text{bán cực}} + R_{\text{tám ngăn}} + R_{\text{dung dịch}}$

$$\% Q = \frac{\gamma_n - \gamma_o}{\gamma_n - \gamma_p}$$

- Độ phóng điện của ắc quy :

- Năng lượng ắc quy

+ Năng lượng ắc quy lúc phóng điện: $W_p = 3600 \cdot Q_p \cdot U_p$ (J)

+ Năng lượng ắc quy lúc nạp điện: $W_n = 3600 \cdot \frac{I_n \cdot t_n}{m} \sum_i^m U_{pi}$

- Dung lượng ắc quy Q_p phụ thuộc vào cường độ dòng phóng I_p

- Dung lượng ắc quy phụ thuộc vào nhiệt độ

- Dung lượng của ắc quy phụ thuộc vào nồng độ của dung dịch điện phân

- Dung lượng ắc quy phụ thuộc vào thời gian sử dụng

- Hiện tượng tự phóng điện trong ắc quy axit – chì.

2.2.2. Pin nhiên liệu (Fuel-cell)

Các tế bào nhiên liệu (fuel cell), hay còn gọi là pin nhiên liệu, biến đổi năng lượng hóa học của nhiên liệu (như Hydro, Methanol...) trực tiếp thành năng lượng điện. Không giống như pin hoặc ắc quy, tế bào nhiên liệu không bị mất điện và cũng không có khả năng tích điện, hoạt động liên tục khi nhiên liệu và chất oxy hóa được đưa từ ngoài vào.

Pin nhiên liệu là loại thiết bị năng lượng có mức thải ô nhiễm gần như bằng không, không thải ra các chất gây ô nhiễm môi trường tuy nhiên công nghệ chế tạo phức tạp nên giá thành khá đắt.

a). Cấu tạo

Một pin nhiên liệu hydro có cấu tạo đơn giản bao gồm ba lớp nằm trên nhau:

- Lớp thứ nhất là điện cực nhiên liệu (cực dương)

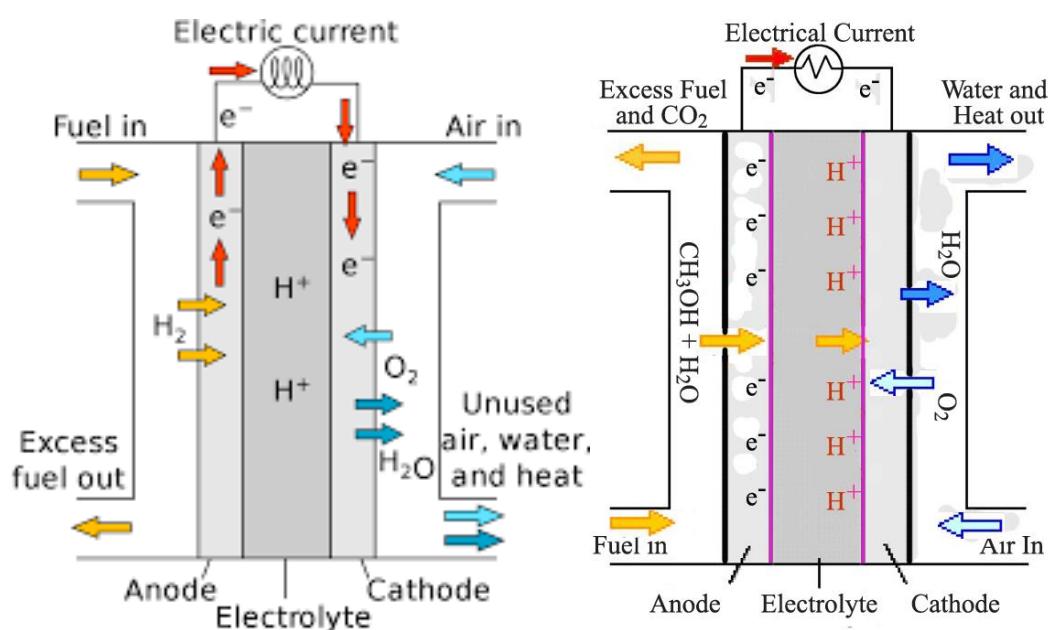
- Lớp thứ hai là chất điện phân dẫn ion
- Lớp thứ ba là điện cực khí oxy (cực âm).

Hai điện cực được làm bằng chất dẫn điện (kim loại than chì).

Ngoài ra, hệ thống đầy đủ cần có các thiết bị phụ trợ như máy nén, máy bơm, để cung cấp các khí đầu vào, máy trao đổi nhiệt, hệ thống kiểm tra các yêu cầu, sự chắc chắn của sự vận hành máy, hệ thống dự trữ và điều chế tái sử dụng nhiên liệu.

b). Nguyên lý hoạt động

Về phương diện hóa học, nguyên lý hoạt động của tế bào pin nhiên liệu là phản ứng ngược lại của sự điện phân. Trong quá trình điện phân nước bị tách ra thành khí hiđrô và khí oxy nhờ vào năng lượng điện. Fuel cell thực hiện việc tổng hợp chính hai chất này biến đổi chúng thành nước, đồng thời phát ra dòng điện và tỏa nhiệt.



Hình 2.15: Nguyên lý hoạt động của Fuel cell Hydro và Fuel cell Methanol

c). Ứng dụng của pin nhiên liệu

Do có giá thành cao nên pin nhiên liệu ban đầu được ứng dụng hạn chế trong những lĩnh vực mà giá thành không đóng vai trò quan trọng như quân sự, thông tin viễn thông, y tế...

Pin nhiên liệu nhẹ và hiệu quả hơn ắc quy đồng thời đáng tin cậy và ít ô nhiễm tiếng ồn cũng như khí thải hơn động cơ đốt trong nên đang được đẩy mạnh vào lĩnh vực giao thông vận tải sạch và bền vững do lượng dầu mỏ trên Trái Đất là có hạn. Nhiều hãng sản xuất xe đã nghiên cứu về xe có nhiên liệu là hiđrô, sử dụng pin nhiên liệu để chuyển hóa năng lượng và dùng động cơ điện để vận hành. Kỹ thuật này đã được phát triển cho xe buýt, xe du lịch, xe tải nhẹ.

Do việc tỏa nhiệt đi kèm với phát điện nên pin nhiên liệu sử dụng khí đốt đang có sự chiếm lĩnh thị trường mạnh trong việc kết hợp phát điện và sưởi.

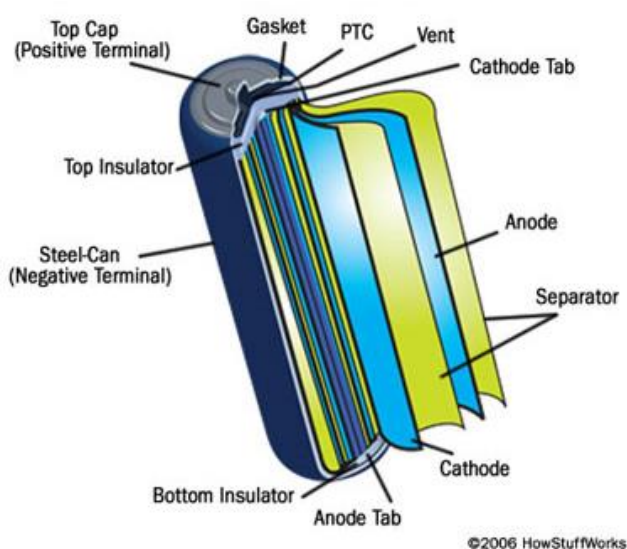
Một số vật dụng cầm tay như điện thoại di động máy vi tính xách tay, máy quay phim, vật liệu cắm trại hay quân sự cũng đang tiến tới ứng dụng loại nguồn cung cấp năng lượng này.

2.2.3. Pin Li-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.

a). 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 2.16: Cấu tạo pin Li-ion hình trụ [34]

- Điện cực âm (Anode): 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 (Cathode) 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 diethyl cacbonat 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.

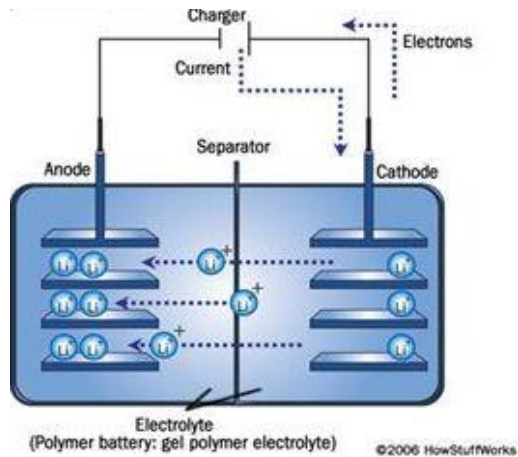
Lithium tinh khiết phản ứng mạnh với nước để tạo thành lithium hydroxide và khí hydro. Vì vậy, pin Li-ion luôn sử dụng chất điện phân không có nước (thấp hơn 0.001%) và được đóng gói trong một lớp vỏ kín và chắc chắn. Ngoài ra, pin Li-ion có thể được chế tạo có lỗ thoát khí để tránh pin bị nổ khi áp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

b). Nguyên lý hoạt động

- *Quá trình nạp*: đặt một điện áp một chiều vào hai cực pin, quá trình nạp diễn ra như sau:

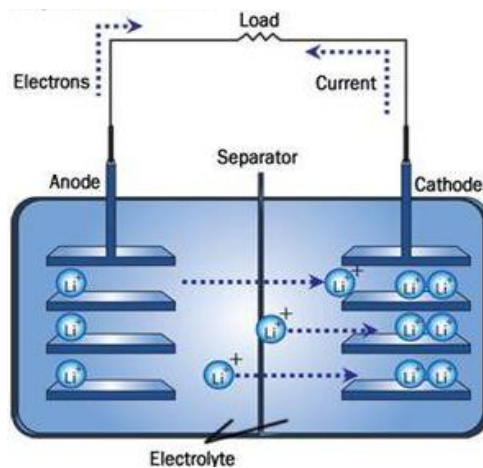
Tại cực dương xảy ra hiện tượng điện phân khiến nguyên tử Li bị tách ra tạo thành ion Li^+ . Dưới tác động của điện trường tạo ra do hiệu điện thế một chiều áp lên cực dương và âm khiến các ion Li^+ chuyển động từ cực dương sang cực âm và bị giữ lại trong các mạng tinh thể cacbon tại cực âm.

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 2.17: Quá trình nạp pin Li-ion [34]

- Quá trình phóng (xả): 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.



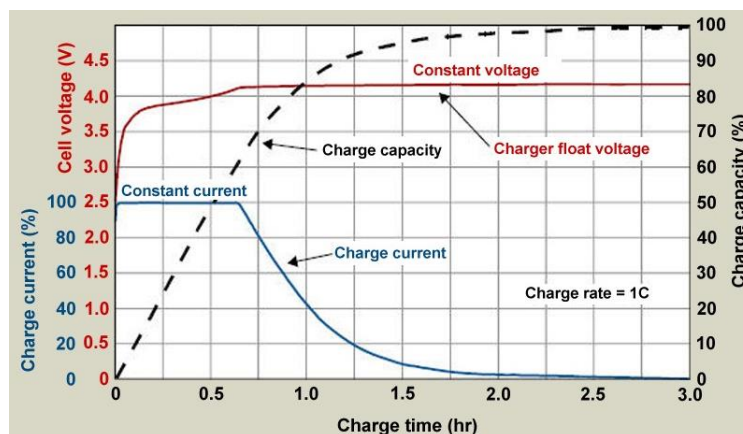
Hình 2.18: Quá trình xả pin Li-ion [34]

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 khi xả không được xả khi điện áp cell xuống dưới 3V các thiết bị nạp pin Li-ion thường duy trì điện áp nạp cao nhất là 4.2 V.

c). Chế độ nạp

Do bản chất hóa học nên pin Li-ion không thể nạp theo phương pháp bình thường như ắc quy hay pin Nikel mà có chu trình nạp riêng.

Chu trình nạp pin Li-ion gồm 02 giai đoạn: Giai đoạn nạp ổn dòng và giai đoạn nạp ổn áp



Hình 2.19: Chu trình nạp pin Li-ion [39]

- *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%.

- *Nạp ổn áp*: trong chế độ nạp ổn áp, điện áp nạp thường được giữ không đổi bằng 4,2V/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 và khí CO₂ 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 (3 ÷ 4.2V/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 4.3V. Lúc này, pin gọi là bị over-charging.

Khi điện áp pin nằm ngoài vùng làm việc an toàn (trên 4.2V/cell hoặc dưới 2.5V/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 CO₂ 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 CO₂ 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, lúc này nhiệt độ pin đạt khoảng 130⁰ C – 150⁰C, 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 [39].

Trong một số thiết bị di động hoặc xe điện, nhiều trường hợp cần thiết phải bổ sung năng lượng cho pin trong thời gian ngắn, người ta có thể sử dụng phương pháp sạc nhanh (quick-charge hay charge-and-run), phương pháp này chỉ nạp ổn dòng và dung lượng pin có thể được nạp đầy đến 80 – 90% trong thời gian khoảng 1h. Điều này mặc dù giảm được 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, nhà sản xuất thường đưa ra khuyến cáo yêu cầu phải tiến hành cả giai đoạn nạp ổn áp, việc này thường mất thời gian hơn rất nhiều so với sạc nhanh.

d). Đặc điểm và tiềm năng ứng dụng

Ưu điểm:

- Pin Li-ion có khối lượng và kích thước nhỏ.
- Có số chu kỳ nạp-xả lớn, khoảng 500-3000 lần.

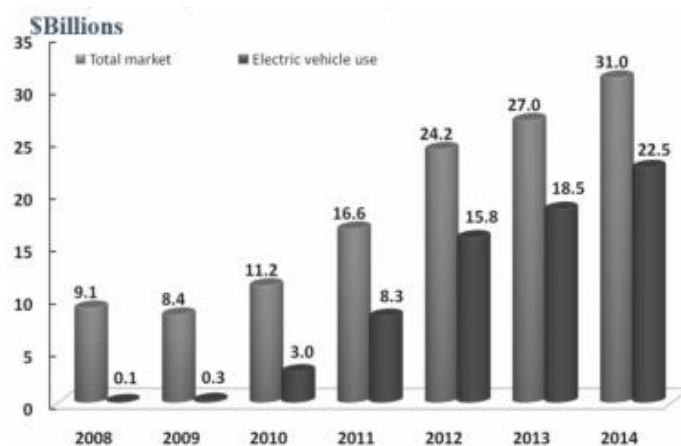
- Pin có tuổi thọ khoảng 5 – 10 năm.
- Là loại pin có mật độ năng lượng cao ($> 500\text{Wh/kg}$), một số loại pin Li-ion có thể đạt trên 1800Wh/kg [34].
- Không có hiệu ứng nhớ nên có thể sạc bất kỳ lúc nào mà không nhất thiết phải đợi xả hết dung lượng mới nạp lại.
- Dòng xả lớn, có thể lên đến 30-35 lần dung lượng (C) trong thời gian ngắn.
- Dòng nạp tức thời có thể lớn đến 10C.

Nhược điểm:

- 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 $-10 - 45^{\circ}\text{C}$ và không được vượt quá 60°C .

Tiềm năng ứng dụng:

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 2.20: Thị trường pin Li-ion 2008 – 2014 [50]

2.3. Lý thuyết về mô hình hóa và mô phỏng.

2.3.1 Khái niệm, vai trò của mô hình hóa và mô phỏng hệ thống

a). Các khái niệm

Mô hình hóa là hành động dùng để chỉ việc dùng các mô hình để thay thế cho một đối tượng gốc nhằm tiến hành tính toán và thực nghiệm trên mô hình để thu thập các thông tin về đối tượng sao cho quá trình tính toán thực nghiệm xảy ra trên mô hình thế nào thì xảy ra trên đối tượng gốc như vậy.

Trong đó:

- Đối tượng là tất cả những sự vật, hiện tượng mà hoạt động của con người tác động hoặc mong muốn tác động tới nhằm tìm ra quy luật hoạt động hoặc thuộc tính để nghiên cứu, tìm hiểu, cải tạo đối tượng đó.

- Hệ thống là tập hợp những đối tượng có mối quan hệ nhất định với nhau trong vấn đề nghiên cứu.

- Trạng thái của hệ thống là tập hợp các thuộc tính, tham số, biến số để miêu tả hệ thống tại một thời điểm với những điều kiện nhất định

- Mô hình là các sơ đồ, vật mẫu để phản ánh một, một nhóm hoặc tất cả các thuộc tính của đối tượng mà con người cần nghiên cứu để thay thế cho việc nghiên cứu trên đối tượng thật.

Mô phỏng là quá trình xây dựng mô hình của hệ thống thực và tiến hành tính toán thực nghiệm trên mô hình nhằm tìm ra trạng thái của hệ thống ở một thời điểm nào đó để giải thích, dự đoán hành vi và đáp ứng của hệ thống thực.

b). Vai trò của mô hình hóa và mô phỏng

- Cho phép nghiên cứu hệ thống ngay cả khi chưa có hệ thống thực. Trong trường hợp này, việc nghiên cứu trên mô hình là giải pháp duy nhất để đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống, lựa chọn cấu trúc và thông số tối ưu của hệ thống...

- Cho phép quan sát, phân tích, đánh giá độ mức độ đáp ứng của hệ thống khi thay đổi tham số đầu vào hoặc cấu trúc của hệ thống cũng như thay đổi tín hiệu điều

hiện. Những số liệu này dùng để thiết kế hệ thống hoặc lựa chọn thông số tối ưu để vận hành hệ thống hoạt động một cách hiệu quả nhất.

- Trong một số trường hợp, nghiên cứu trên hệ thống thật không khả quan do nhiều nguyên nhân như: giá thành nghiên cứu trên hệ thống thực quá đắt, đòi hỏi thời gian quá dài, tốn nhiều công sức, hoặc không thể làm thực nghiệm trên hệ thống thực... thì lúc này phương pháp mô hình hóa và mô phỏng hệ thống được sử dụng.

2.3.2 Phân loại mô hình hóa

Trong phương pháp mô hình hóa, mô hình phải đạt được hai tính chất cơ bản là tính đồng nhất và tính thực dụng:

- Tính đồng nhất: mô hình phải đồng nhất với đối tượng mà nó thay thế trong hệ thống theo những tiêu chuẩn định trước.
- Tính thực dụng: Sử dụng mô hình phải nghiên cứu được các thuộc tính cần nghiên cứu của đối tượng.

Muốn tăng tính đồng nhất trong mô hình phải đưa vào nhiều yếu tố phản ánh đầy đủ các thuộc tính của đối tượng. Nhưng điều đó lại làm cho mô hình trở nên quá phức tạp thậm chí không thể tính toán được, mất đi tính chất thực dụng của nó. Nhưng nếu quá chú trọng tính thực dụng, xây dựng mô hình quá đơn giản thì sai lệch giữa mô hình và đối tượng thực sẽ lớn, điều đó sẽ dẫn đến kết quả thu được khi nghiên cứu, tính toán, mô phỏng không chính xác.

Vì vậy, tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu mà người ta lựa chọn tính đồng nhất và tính thực dụng của mô hình một cách thích hợp.

Trong nghiên cứu, mô hình hóa được chia làm hai phương pháp điển hình là mô hình vật lý và mô hình toán học.

- Mô hình vật lý: là loại mô hình được cấu tạo bởi các phần tử vật lý. Các thuộc tính của đối tượng phản ánh các định luật vật lý xảy ra trong mô hình. Nhóm mô hình vật lý được chia thành mô hình thu nhỏ và mô hình tương tự. Mô hình vật lý thu nhỏ có cấu tạo giống đối tượng thực nhưng có kích thước nhỏ hơn cho phù hợp với điều kiện của phòng thí nghiệm. Mô hình vật lý tương tự được cấu tạo bằng các phần tử

vật lý không giống với đối tượng thực nhưng các quá trình xảy ra trong mô hình tương đương với quá trình xảy ra trong đối tượng thực

- Mô hình toán học: là loại mô hình trừu tượng. Các thuộc tính được phản ánh bằng các biểu thức, phương trình toán học. Mô hình toán học được chia thành mô hình giải tích và mô hình số.

+ Mô hình giải tích được xây dựng bởi các biểu thức giải tích. Ưu điểm của loại mô hình là cho ta kết quả rõ ràng, tổng quát. Nhược điểm của mô hình giải tích là thường phải chấp nhận một số giả thiết đơn giản hóa để có thể biểu diễn đối tượng thực bằng các biểu thức giải tích, vì vậy loại mô hình này chủ yếu được dùng cho các hệ tiền định và tuyến tính

+ Mô hình số được xây dựng theo phương pháp số tức là bằng các chương trình chạy trên máy tính số. Ngày nay, nhờ sự phát triển của kỹ thuật máy tính và công nghệ thông tin, người ta đã xây dựng được các mô hình số có thể mô phỏng được quá trình hoạt động của đối tượng thực. Các mô hình loại này được gọi là mô hình mô phỏng. Ưu điểm của mô hình mô phỏng là có thể mô tả các yếu tố ngẫu nhiên và tính phi tuyến của đối tượng thực, do đó mô hình càng gần với đối tượng thực và kết quả khi mô phỏng càng sát với thực nghiệm.

Ngày nay, do sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin đã cho ra đời nhiều máy tính, thậm chí là các siêu máy tính có khả năng xử lý nhiều bài toán phức tạp trong thời gian ngắn mà nếu tính toán thủ công sẽ tốn rất nhiều thời gian và công sức nên mô hình mô phỏng được ứng dụng rất rộng rãi.

2.3.3 Phương pháp mô phỏng

Phương pháp mô phỏng được ứng dụng vào nhiều giai đoạn khác nhau của việc nghiên cứu, thiết kế và vận hành hệ thống:

- Giai đoạn nghiên cứu: nhằm tính toán, khảo sát, đánh giá một số thuộc tính của hệ thống trước khi tiến hành thiết kế nhằm xác định khả năng đáp ứng của hệ thống đối với sự thay đổi cấu trúc và tham số của hệ thống

- Giai đoạn thiết kế hệ thống: nhằm phân tích và tổng hợp các phương án thiết kế hệ thống, lựa chọn cấu trúc hệ thống thỏa mãn các chỉ tiêu cho trước.

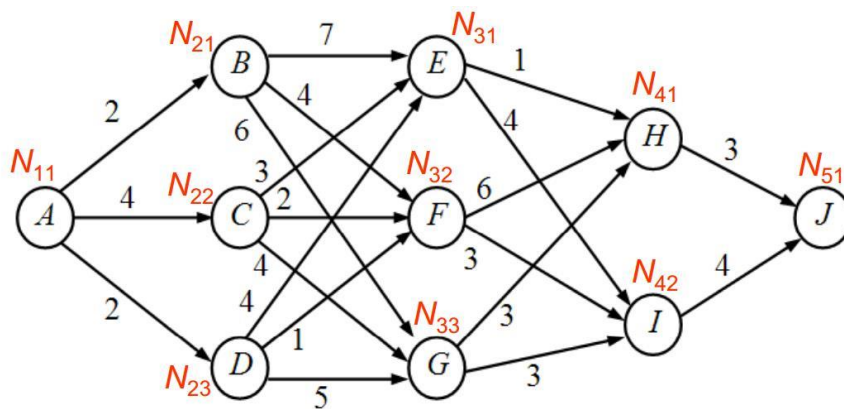
- Giai đoạn vận hành hệ thống: nhằm đánh giá khả năng hoạt động, tăng khả năng vận hành tối ưu, chẩn đoán các trạng thái ở một thời điểm hay một vị trí đặc biệt của hệ thống.

2.4. Lý thuyết tối ưu.

2.4.1. Phương pháp qui hoạch động.

Phương pháp quy hoạch động do Bellman đề xuất năm 1957, là một dạng thuật toán xác định dãy giá trị điều khiển tối ưu để tối thiểu chi tiêu chất lượng thông qua việc chia bài toán tối ưu hóa toàn cục thành các bài toán con tương tự hoặc các bài toán con gộp nhau. Phương pháp này dựa trên nguyên lý tối ưu do Bellman giới thiệu. Nguyên lý tối ưu Bellman được phát biểu như sau: “Mỗi đoạn cuối của quỹ đạo trạng thái tối ưu cũng là một quỹ đạo trạng thái tối ưu”.

Bài toán tối ưu hóa điển hình cho phương pháp quy hoạch động là bài toán tìm đường đi ngắn nhất: “Tìm đường đi ngắn nhất từ A đến J, cho biết mạng lưới đường như hình vẽ:”



Hình 2.21: Ví dụ bài toán tìm đường đi ngắn nhất

Áp dụng nguyên lý tối ưu Bellman, đường đi ngắn nhất được tìm từ nút đích đến nút đầu. Bài toán được phân tích thành các bước từ 1 đến 5. Kí hiệu N_{ki} là nút thứ i ở bước k , $J_k^*(N_{ki})$ là khoảng cách ngắn nhất từ nút N_{ki} đến nút J, $d(N_{ki}, N_{k+1,j})$ là khoảng cách từ nút N_{ki} đến nút $N_{k+1,j}$.

Phương trình Bellman thể hiện đường đi ngắn nhất từ nút N_{ki} đến nút J như sau:

$$J_k^*(N_{ki}) = \min\{d(N_{ki}, N_{k+1,j}) + J_{k+1}^*(N_{k+1,j})\} \quad (2.1)$$

Để giải phương trình Bellman, thực hiện theo hai vòng

- Vòng ngược: đi ngược từ nút cuối đến nút đầu để tìm đoạn đường cuối ngắn nhất.

Bước 5: bắt đầu từ nút đích: $J_5^*(N_{51}) = 0$

Bước 4: đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{41} hoặc N_{42} đến đích:

$$J_4^*(N_{41}) = d(N_{41}, N_{51}) + J_5^*(N_{51}) = 3 \quad (2.2)$$

$$J_4^*(N_{42}) = d(N_{42}, N_{51}) + J_5^*(N_{51}) = 4 \quad (2.3)$$

Bước 3: đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{3i} đến nút đích, sử dụng kết quả tối ưu tìm được ở bước 4:

$$J_3^*(N_{3i}) = \min\{d(N_{3i}, N_{4j}) + J_4^*(N_{4j})\} \quad (2.4)$$

Bảng 2.2: Xác định đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{3i} đến nút đích

Từ nút N_{3i}	$d(N_{3i}, N_{4j}) + J_4^*(N_{4j})$		$J_3^*(N_{3i})$	Đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{3i} đến N_{4j}
	N_{41}	N_{42}		
N_{31}	1+3=4	4+4=8	4	N_{41}
N_{32}	6+3=9	4+3=7	7	N_{42}
N_{33}	3+3=6	3+4=7	3	N_{41}

Bước 2: Xác định đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{2i} đến nút đích, sử dụng kết quả tối ưu tìm được ở bước 3

$$J_2^*(N_{2i}) = \min\{d(N_{2i}, N_{3j}) + J_3^*(N_{3j})\} \quad (2.5)$$

Bảng 2.3: Xác định đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{2i} đến nút đích

Từ nút N_{2i}	$d(N_{2i}, N_{3j}) + J_3^*(N_{3j})$			$J_2^*(N_{2i})$	Đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{2i} đến N_{3j}
	N_{31}	N_{32}	N_{33}		
N_{21}	7+4=11	4+7=11	6+6=12	11	N_{31} hoặc N_{32}
N_{22}	3+4=7	2+7=9	4+6=10	7	N_{31}

N ₂₃	4+4=8	1+7=8	5+6=11	8	N ₃₁ hoặc N ₃₂
-----------------	-------	-------	--------	---	--------------------------------------

Bước 1: Tìm đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{1i} đến nút đích, sử dụng kết quả tối ưu tìm được ở bước 2

$$J_1^*(N_{1i}) = \min\{d(N_{1i}, N_{2j}) + J_2^*(N_{2j})\} \quad (2.6)$$

Bảng 2.4: Xác định đoạn đường ngắn nhất từ nút N_{1i} đến nút đích

Từ nút N _{1i}	$d(N_{1i}, N_{2j}) + J_2^*(N_{2j})$			$J_2^*(N_{2i})$	Đoạn đường ngắn nhất từ nút N _{1i} đến N _{2j}
	N ₂₁	N ₂₂	N ₂₃		
N ₁₁	2+11=13	4+7=11	2+8=10	10	N ₂₃

- Vòng xuôi: đi từ nút đầu đến nút cuối để tìm đường đi tối ưu.

Đường đi tối ưu: N₁₁→N₂₃→N₃₁→N₄₁→N₅₁

Hoặc: N₁₁→N₂₃→N₃₂→N₄₂→N₅₁

2.4.2. Phương pháp quy hoạch động giải bài toán tối ưu rời rạc.

a). Bài toán điều khiển tối ưu rời rạc

Cho đối tượng được mô tả bởi phương trình:

$$x(k+1) = f(x(k), u(k))$$

Trong đó, $x(k)$ là véc tơ trạng thái của đối tượng và $u(k)$ là véc tơ tín hiệu điều khiển.

Trạng thái ban đầu $x(0) = 0$, trạng thái cuối $x(N) = x_N$

Bài toán điều khiển tối ưu là bài toán tìm tín hiệu điều khiển $u(k)$ sao cho :

$$J = \Phi(N, x_N) + \sum_{k=0}^{N-1} L(x(k), u(k)) \rightarrow \min \quad (2.7)$$

Trong đó:

$\Phi(N, x_N) = J_N^*(x_N) = 0$ nếu bài toán tối ưu điểm cuối cố định, $\Phi(N, x_N) \neq 0$ nếu bài toán điểm cuối tự do;

$L(x(k), u(k))$ là hàm chi phí tại trạng thái thứ k.

b). Phương pháp quy hoạch động giải bài toán tối ưu rời rạc

Đặt hàm mục tiêu tối ưu cho đoạn quỹ đạo trạng thái cuối kể từ trạng thái $x(k)$:

$$J_k^*(x(k)) = \min_{u(k), \dots, u(N-1)} \{ \Phi(N, x_N) + \sum_{i=k}^{N-1} L(x(i), u(i)) \}, k = \overline{0, N-1} \quad (2.8)$$

Biểu diễn $J_k^*(x(k))$ dưới dạng:

$$J_k^*(x(k)) = \min_{u(k), \dots, u(N-1)} \left\{ L(x(k), u(k)) + \Phi(N, x_N) + \sum_{i=k+1}^{N-1} L(x(i), u(i)) \right\}$$

$$\Rightarrow J_k^*(x(k)) = \min_{u(k)} \{ L(x(k), u(k)) + J_{k+1}^*(x(k+1)) \} \quad (2.9)$$

$$\Rightarrow J_k^*(x(k)) = \min_{u(k)} \{ L(x(k), u(k)) + J_{k+1}^*(f(x(k), u(k))) \} \quad (2.10)$$

Như vậy hàm tối ưu cho đoạn quỹ đạo trạng thái chính là phương trình tối ưu Bellman. Giải phương trình Bellman theo thứ tự từ N-1 đến 0 sẽ tìm được tín hiệu điều khiển tối ưu.

2.4.3. Ứng dụng phương pháp quy hoạch động giải bài toán tối ưu tính năng bộ nguồn pin Lithium-ion trên xe máy hybrid.

Đối với bài toán điều khiển phân phối công suất trên xe máy plug – in hybrid xăng – điện để tối ưu tính năng bộ nguồn pin Li-ion, vector trạng thái của đối tượng gồm ba đầu vào của bộ điều khiển (P_{demand}, V, SOC) , tín hiệu điều khiển là công suất phân phối ra bánh sau P_e . Chỉ tiêu cần tối ưu hóa là kinh tế nhiên liệu, quãng đường di chuyển tối đa mà không cần sạc, cả hai chỉ tiêu trên.

Mục tiêu của bài toán này là tìm quy luật π điều khiển công suất động cơ theo trạng thái $x = (P_{demand}, V, SOC)$, với công suất kéo cần thiết $P_e = \pi(x)$ đã biết trước khi cho xe chạy theo một chu trình cho trước, ví dụ chu trình chạy thử JAPAN 10 – 15 MODE, lúc này hàm mục tiêu J_π được xác định theo công thức:

$$J_\pi(x_0) = \left(\sum_{k=0}^{N-1} g_e(x_k, \pi(x_k)) \right) \rightarrow \min \quad (2.11)$$

Trong đó:

g_e là hàm chi phí tức thời ở trạng thái thứ k. Hàm chi phí này bao gồm: lượng tiêu hao nhiên liệu G_{fuel} (g), và quãng đường đi bị rút ngắn do sự giảm SOC so với

trạng thái trước đó. (Trong phạm vi nghiên cứu này không xét đến yêu cầu tối ưu khí xả nên bỏ qua các hệ số ảnh hưởng đến khí xả trong hàm chi phí)

$$g_e = G_{fuel} + \gamma \Delta SOC^2 \quad (2.12)$$

Biểu diễn hàm mục tiêu J_π theo phương trình tối ưu Bellman, ta có:

$$J_k^*(x_{(k)}) = \min_{\pi(k)} \{g_e(x_k, \pi(x_k)) + J_{k+1}(x_{k+1})\} \quad (2.13)$$

Đồng thời để bảo đảm tính năng động lực học cần thiết của xe khi vận hành, ta phải bảo đảm tuân thủ các điều kiện sau để bảo đảm tính hợp lý và đúng đắn của thuật toán điều khiển:

$$\omega_{emin} \leq \omega_e \leq \omega_{emax}$$

$$T_{emin} \leq T_e \leq T_{emax}$$

$$SOC_{min} \leq SOC \leq SOC_{max}$$

$$T_{mmin} \leq T_m \leq T_{mmax}$$

Bằng cách thực hiện theo vòng ngược để tìm giá trị nhỏ nhất J_k tại từng trạng thái và xuôi theo vòng lặp để cập nhật giá trị của hàm mục tiêu, bài toán tối ưu hóa sẽ được giải. Thuật toán điều khiển tối ưu π được tính như sau:

$$\pi(x_k) = \underset{P_{emin}^k \leq P_e^k \leq P_{emax}^k}{\arg \min} (g_e(x_k, P_e^k) + J_{k+1}(x_{k+1})) \quad (2.14)$$

Chương 3

TỐI ƯU TÍNH NĂNG BỘ NGUỒN PIN LI-ION CHO XE GẮN MÁY TÍCH HỢP TRUYỀN ĐỘNG LAI

3.1. Tính toán, thiết kế, chế tạo bộ nguồn điện cho xe máy lai cải tạo.

3.1.1. Lựa chọn bộ nguồn điện

Trong các nghiên cứu trước [43,44] đã lựa chọn và tiến hành cải tạo xe Honda Lead 110cc thành xe hybrid xăng – điện. Bài toán bố trí chung, chọn động cơ điện, phương án cải tạo hệ thống truyền lực, phân phối công suất và các chế độ làm việc đã được giải. Tuy nhiên vấn đề vướng mắc lớn nhất là khối lượng xe sau cải tạo lớn, 173/115kg. Điều này làm thay đổi đáng kể tính năng động lực học của xe. Nguyên nhân do bộ nguồn 04 ắc quy axit – chì có khối lượng 41,6 kg, không những làm tăng khối lượng, bộ nguồn ắc quy còn chiếm phần lớn thể tích ngăn chứa đồ của xe gây bất tiện trong việc sử dụng.

Xe sau cải tạo có tính năng cơ bản sau khi chỉ hoạt động bằng động cơ điện:

- Vận tốc lớn nhất ở chế độ động cơ điện: 44,2 km/h (50% tải) và 43,2 km/h (đầy tải);
- Độ dốc lớn nhất vượt được ở chế độ mình động cơ điện: 3,54% (50% tải) và 2,39% (đầy tải);
- Quãng đường lớn nhất đi được ở chế độ mình động cơ điện cho đến khi SOC=20%: 47,6 km (50% tải) và 42,4 km (đầy tải);
- Quãng đường lớn nhất đi được trước khi sạc lại nguồn điện khi hoạt động ở chế độ hybrid cho đến khi SOC=50% theo chu trình WVUCITY: 44,75 km (50% tải) và 41,3 km (đầy tải).

Vì vậy việc lựa chọn bộ nguồn điện mới phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Trọng lượng và thể tích nhỏ hơn bộ nguồn ắc quy;
- Công suất phải lớn hơn hoặc bằng công suất bộ nguồn ắc quy;
- Các thông số và tính năng động lực học của xe phải được cải thiện đáng kể;

- Giá thành đầu tư có thể tăng so với bộ nguồn ắc quy nhưng tổng chi phí khai thác xe phải nhỏ hơn;
- Thời gian sạc lại nguồn điện nhỏ hơn;
- Có dòng nạp tức thời lớn để thu hồi năng lượng khi phanh tái sinh mà không ảnh hưởng đến tuổi thọ bộ nguồn;
- Ít phải chăm sóc, bảo quản.

Qua những phân tích về tính năng và đánh giá ưu nhược điểm của các loại nguồn điện sử dụng trên xe điện và xe lai cũng như phân tích ưu nhược điểm của các loại pin Li-ion trên thị trường hiện có [34]. Tác giả chọn bộ nguồn điện để tính toán thiết kế là bộ nguồn điện Lithium-ion với tế bào (cell) pin là loại Sanyo UR18650F-SCUD-3 [51] của SCUD Electronics Co., Ltd. với các thông số cơ bản sau:

Bảng 3.1: Thông số cell Sanyo UR18650F-SCUD-3

Thông số	Giá trị
Dung lượng	2200 mAh
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	< 0,1 Ω
Dòng điện nạp tối đa	1,75A
Thời gian nạp đầy	3h
Trọng lượng	48g
Kích thước	Φ18×65mm

3.1.2. Tính toán các thông số

Để có được bộ nguồn 48V-30Ah, ta ghép nối 180 cell pin với nhau, theo chiều nối tiếp có 12 dãy cho điện áp tối đa 50,4V và theo chiều song song có 15 cell cho dung lượng 33 Ah:

- Điện áp tối đa của bộ nguồn là: $12 \times 4.2 = 50,4 \text{ V}$
- Dung lượng: $15 \times 2.2 = 33 \text{ Ah}$
- Với trọng lượng: $48 \times 1805 = 8640 \text{ g}$
- Kích thước (DxRxH): $4 \times 195 \times 90 \times 54 \text{ mm} = 3.792 \text{ lit}$

- Trọng lượng vỏ hộp + mạch điều khiển: = 2200g

Theo tính toán trên, thông số bộ nguồn có được là 50,4V-33Ah. Với trọng lượng chỉ 8,64 kg và thể tích chiếm thấp hơn 4 lít, thấp hơn so với ắc quy có giá trị thông số tương đương, thể hiện ưu điểm của bộ nguồn Lithium-ion về mặt thiết kế so với ắc quy thông thường.

Với việc bố trí, lắp đặt pin Lithium-ion và động cơ điện lên xe Honda Lead 110cc sẽ làm cho xe thay đổi các thông số về khối lượng, bán kính bánh xe trước nơi gắn động cơ điện so với xe cơ sở. Từ các thông số sau:

- Tự trọng xe nền	115kg
- Khối lượng bán tải 50%	180kg
- Khối lượng đầy tải 100%	245kg
- Khối lượng pin Li-ion	8,64kg
- Khối lượng vỏ hộp pin	2,2kg
- Khối lượng động cơ điện	12kg
- Các cơ cấu khác	4,4kg

Ta tính được khối lượng của xe sau cải tạo là 143 kg (tự trọng thân xe), 208 kg (một người lái) và 273 kg (một người lái và một người ngồi sau).

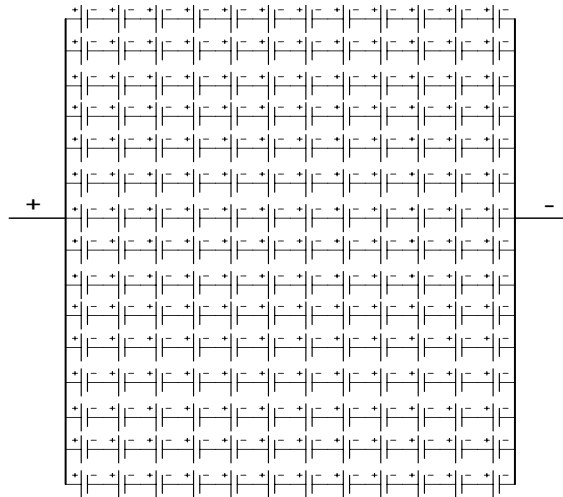
3.1.3. Thiết kế, chế tạo bộ nguồn

a). Lựa chọn phương án thiết kế

Từ các phân tích và chọn lựa ở trên ta có 3 phương án ghép nối:

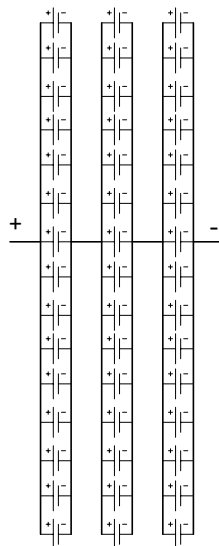
- *Phương án 1*: Ghép nối tiếp 12 cell pin thành một dãy, ghép 15 dãy song song với nhau.

Phương án này có ưu điểm là dễ bố trí các dãy tách xa nhau để tận dụng các không gian trống khác trong xe làm nơi bố trí bộ nguồn phân tán. Nhược điểm là không cân bằng được điện áp các cell, phải thiết kế lắp đặt 15 mạch BMS 48V-2,2Ah, mỗi mạch BMS điều khiển nạp xả cho một dãy 12 cell mắc nối tiếp.



Hình 3.1: Sơ đồ ghép nối theo phương án 1

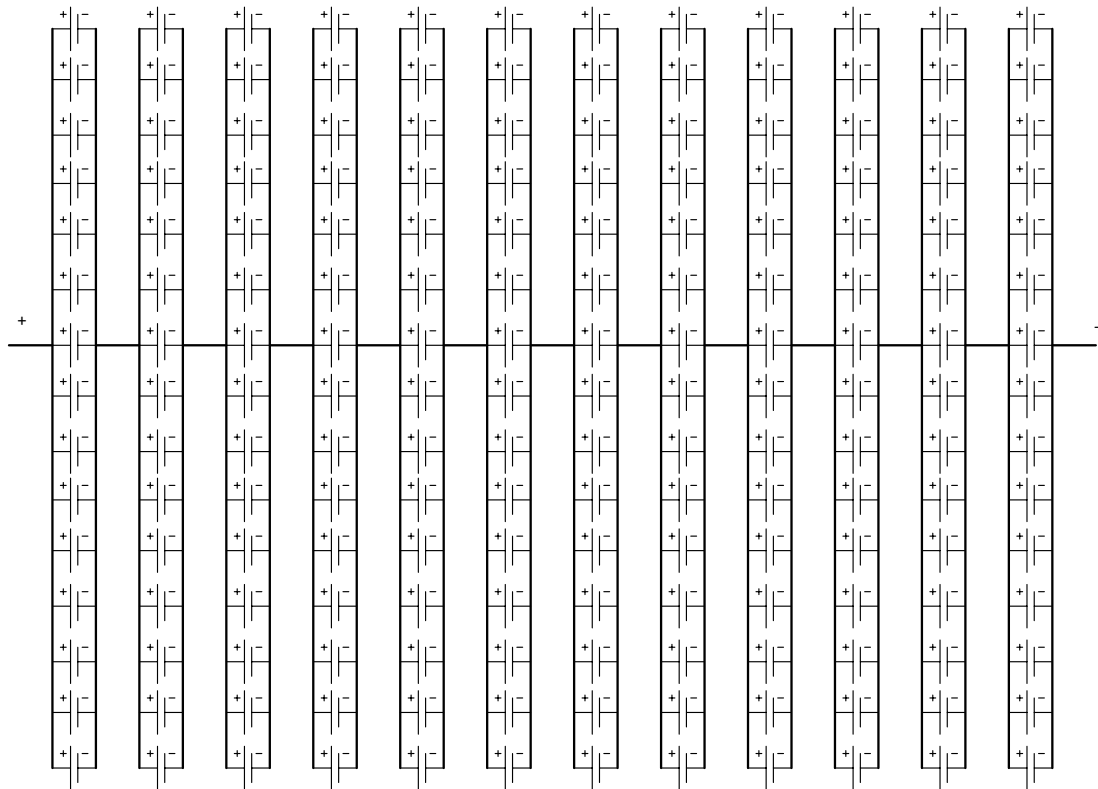
- *Phương án 2:* Ghép thành 4 bộ nguồn 12V-30Ah với nhau. Mỗi bộ gồm 45 cell với 3 cụm nối tiếp, mỗi cụm có 15 cell ghép song song để tận dụng khả năng cân bằng dung lượng chủ động cho các cell.



Hình 3.2: Sơ đồ ghép nối theo phương án 2

Phương án này có ưu điểm là cân bằng cell tốt, khả năng tách rời thành 4 bộ nguồn cho phép bố trí phân tán bộ nguồn, nhược điểm là kết nối phức tạp, cần 4 mạch BMS cho 4 bộ nguồn 12V-33Ah

- *Phương án 3:* ghép nối bộ nguồn thành 12 cụm nối tiếp, mỗi cụm có 15 cell ghép song song.



Hình 3.3: Sơ đồ ghép nối theo phương án 3

Phương án này có ưu điểm là cân bằng cell tốt, ghép nối đơn giản, chỉ cần sử dụng một mạch BMS 48V-33Ah cho cả bộ nguồn, nhược điểm là bộ nguồn kết nối thành một khối nên khó bố trí phân tán để tận dụng không gian trống của xe. Tuy nhiên theo tính toán ở trên, thể tích bộ nguồn chỉ chiếm khoảng 4 lit (chưa có vỏ hộp cho bộ nguồn) trong khi ngăn chứa đồ của xe Honda Lead có dung tích 37 lit nên bố trí bộ nguồn trong ngăn chứa đồ là hợp lý.

Sau khi đánh giá ưu nhược điểm của cả ba phương án trên, tác giả chọn phương án 3 để thiết kế, chế tạo bộ nguồn.

b). Chế tạo bộ nguồn

Chuẩn bị các vật tư cần thiết gồm cell pin, dây hàn bấm, đế nhựa, miếng dán cách điện đầu cực, máy hàn bấm...



Hình 3.4: Các vật tư ghép nối bộ pin

Cố định các cell vào đế nhựa và dùng máy hàn bấm hàn các dây nối đầu cực của các cell thành các cụm theo đúng sơ đồ của phương án ghép nối đã chọn.



Hình 3.5: Ghép nối các cell pin lại với nhau bằng đế nhựa

Căn cứ vào kích thước ngăn chứa đồ của xe Honda Lead 110, ta chọn phương án ghép bộ pin thành hai tầng để dễ dàng bố trí.

Bộ pin sau khi lắp ghép có kích thước (chưa tính vỏ hộp) như sau:

- Chiều dài: $12 \times (18+2) = 240$ mm
- Chiều rộng: $10 \times (18+2) = 200$ mm
- Chiều cao: $2 \times (65+3) = 136$ mm
- Thể tích: $2,4 \times 2 \times 1,36 = 6,528$ lít

Thể tích bộ pin tăng lên gần 2 lít so với dự kiến ban đầu do khi lắp vào đế cố định cell thì khoảng cách các cell tăng lên 2 mm. Tuy nhiên thể tích này vẫn không

đáng kể so với dung tích ngăn chứa đồ của xe là 37 lít. Đồng thời khe hở giữa các cell giúp thoát nhiệt tốt hơn và dễ dàng lắp đặt các cảm biến nhiệt của mạch BMS.

3.1.4. Thiết kế, chế tạo mạch quản lý pin (BMS)

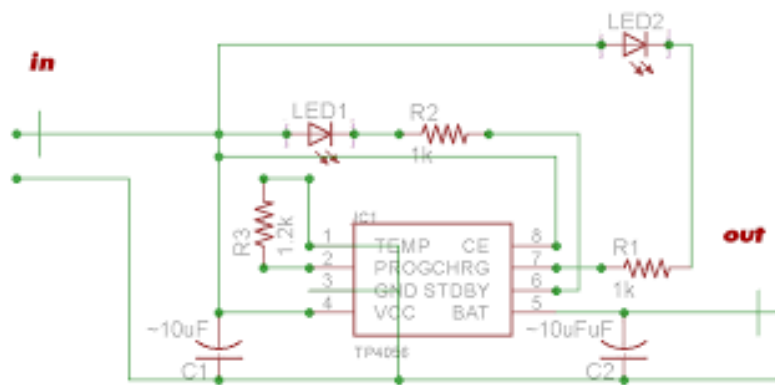
a). Yêu cầu đối với mạch BMS

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 dòng – áp, ngắt nạp đúng điện áp;
- Bảo vệ quá dòng, quá áp, thấp áp;
- Bảo vệ quá nhiệt;
- Duy trì SOC ở mức >20%;
- Cân bằng dung lượng các cell [38];

b). Thiết kế mạch BMS

Các nghiên cứu trước đã chỉ ra mạch BMS sử dụng cho 01 cell Li-ion 4.2V-2.2Ah sử dụng IC TP4056 [52] với sơ đồ sau:

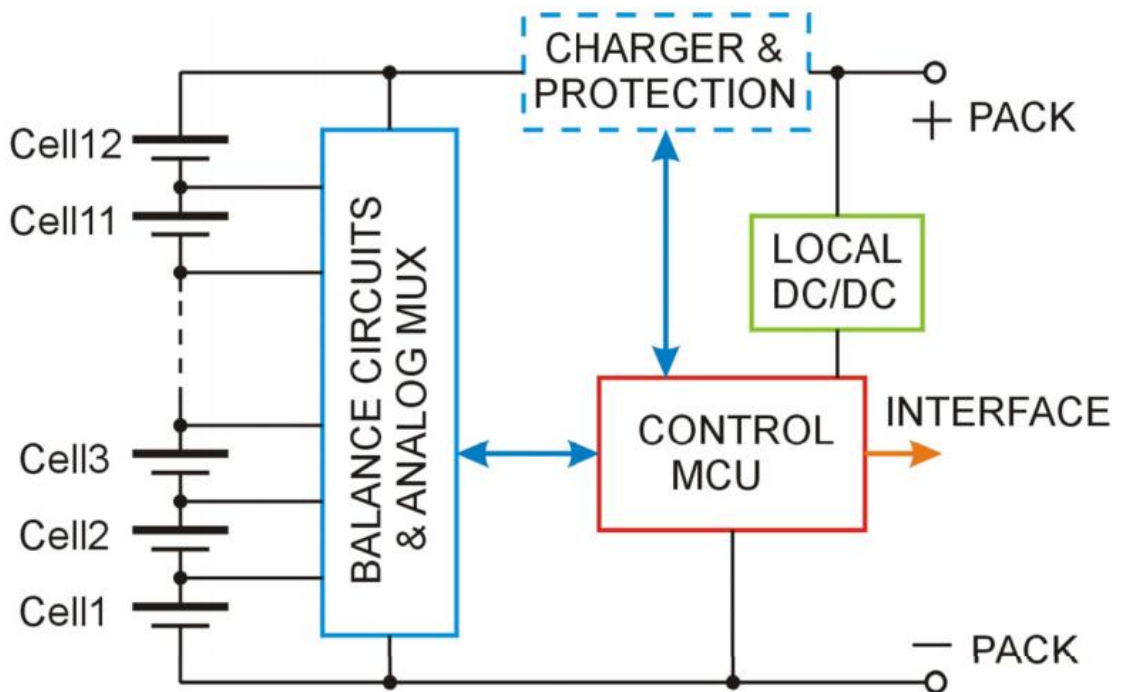


Hình 3.6: Nguyên lý mạch BMS TP4056

Tuy nhiên với bộ pin 48V-33Ah gồm 180 cell ghép nối với nhau thì việc chế tạo và lắp đặt 180 mạch BMS cho mỗi cell rất phức tạp, tốn rất nhiều thời gian và chi phí, làm tăng đáng kể thể tích và khối lượng của bộ nguồn mà không thể cân bằng cho các cell, làm cho dung lượng và tuổi thọ bộ pin giảm nhanh chóng trong quá trình sử dụng.

Trong nghiên cứu này, xuất phát từ yêu cầu và tính năng phải đạt được của bộ nguồn, tác giả đề xuất thiết kế chế tạo một mạch BMS 48V-33Ah cho cả bộ nguồn gồm các khối:

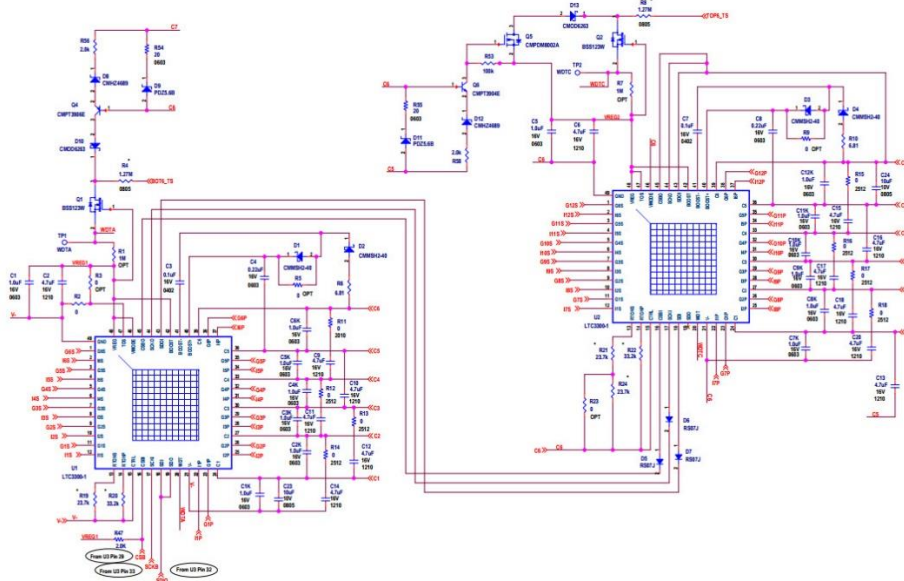
- Khối điều khiển cân bằng cell và gom kênh tín hiệu analog điện áp;
- Khối ổn áp và cung cấp nguồn
- Khối điều khiển trung tâm;
- Khối giao tiếp.
- Khối bảo vệ quá dòng, quá áp, quá nhiệt khi nạp – xả;



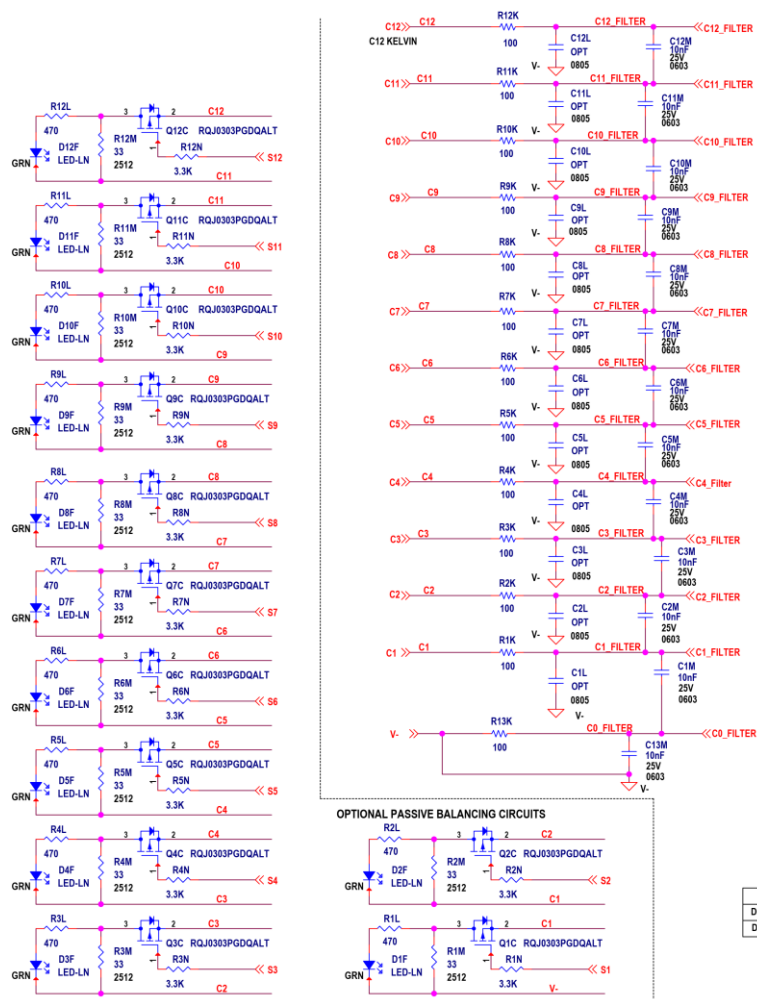
Hình 3.7: Sơ đồ khối mạch BMS

(Chi tiết bản vẽ thiết kế xem **Phụ lục 1**).

Khối cân bằng cell: sử dụng 2 IC điều khiển cân bằng cell LTC3300 của Linear Technology. Mỗi IC nhận tín hiệu và điều khiển 6 nút nối tiếp. 12 bộ cảm biến điện áp cell và 12 bộ chấp hành để nhận tín hiệu và điều khiển cân bằng cell. (Hình 3.8, 3.9, 3.10).

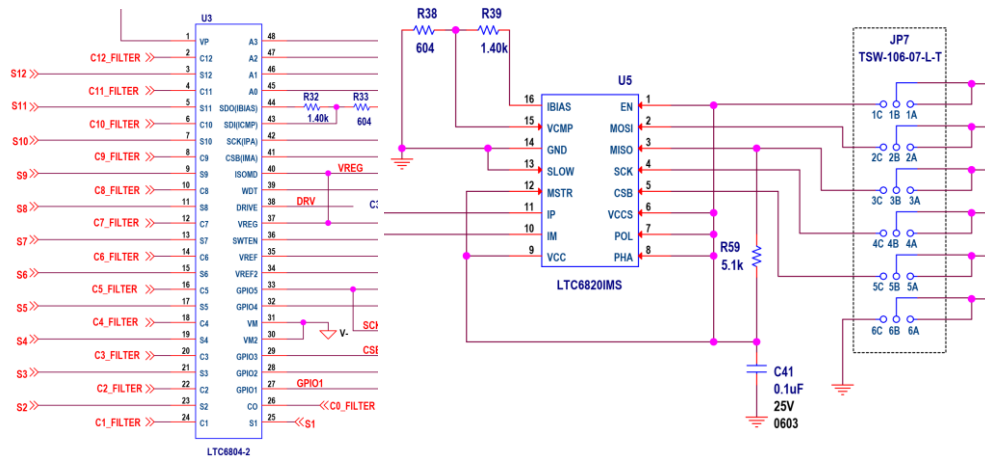


Hình 3.8: Sơ đồ mạch điện khối điều khiển cân bằng cell



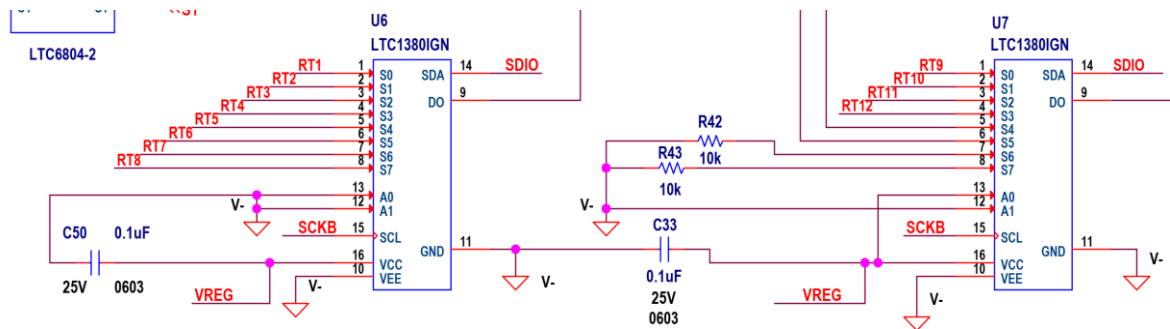
Hình 3.9: Khối khuếch đại công suất và bộ lọc

Khởi điều khiển và bảo vệ nạp – xả: Để theo dõi, giám sát điện áp và dòng điện nạp – xả của các cell, tác giả sử dụng cặp IC LTC 6804 và LTC 6802



Hình 3.12: Khối giám sát và thu thập dữ liệu cell

Cụm thu thập và gom kênh tín hiệu analog nhiệt độ gồm 2 IC LTC1380IGN, mỗi IC nhận tín hiệu từ 6 cảm biến nhiệt.



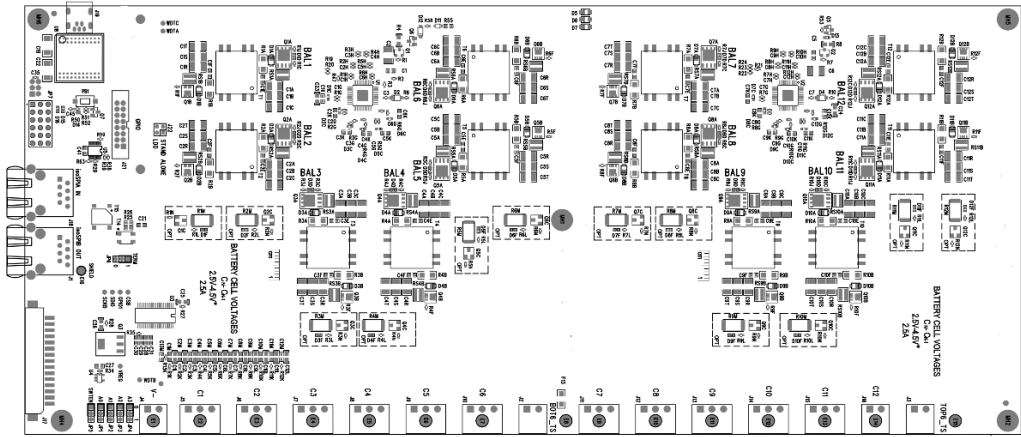
Hình 3.13: Khối thu thập và xử lý dữ liệu nhiệt độ

Khối khuếch đại công suất điều khiển cân bằng cell gồm 12 MOSFET RQJ3003PGDQALT có điện áp hoạt động 30V, dòng điện 3A, kết hợp với bộ lọc thông thấp kiểu RC để lọc tín hiệu điện áp của cell.

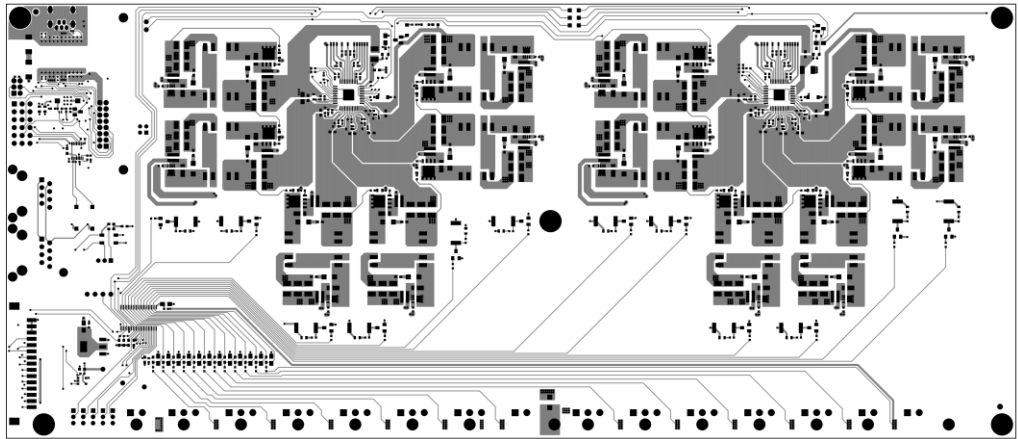
Ngoài ra, để đảm bảo các tính năng hoạt động và tính năng an toàn, mạch BMS được bố trí các linh kiện phụ trợ khác như: cảm biến đo dòng, cầu chì tự phục hồi, các bộ lọc nguồn...

c). Chế tạo và thử nghiệm mạch BMS

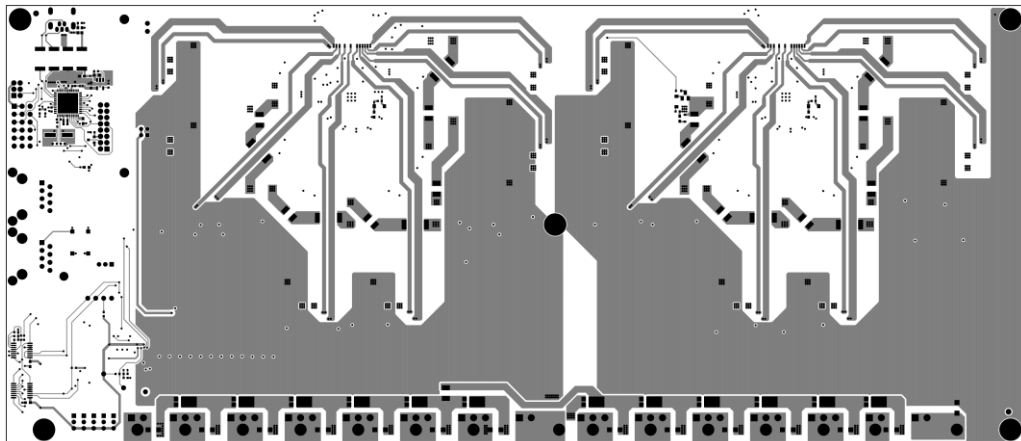
Sau khi thiết kế và hiệu chỉnh, xuất định dạng mạch in của BMS như sau:



Hình 3.14: Sơ đồ bố trí linh kiện mạch BMS

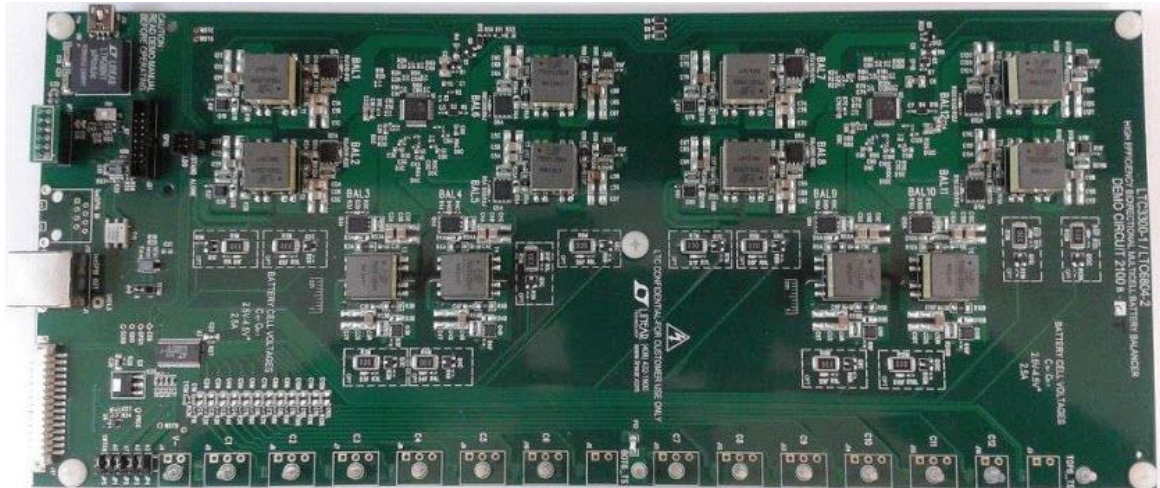


Hình 3.15: Sơ đồ đi dây mặt trên mạch BMS



Hình 3.16: Sơ đồ đi dây mặt dưới mạch BMS

Đặt hàng gia công board mạch và gia công SMT để hàn các linh kiện lên board, lắp tản nhiệt và các giắc cắm, board mạch có dạng sau:



Hình 3.17: Board mạch sau khi gia công

Đấu nối mạch BMS và bộ pin và hàn mạch và các giắc đấu nối nguồn điện, giắc giao tiếp và đèn báo mức dung lượng pin. Sau đó bao gói bộ pin bằng giấy cách điện.



Hình 3.18: Bộ pin sau khi đóng gói và vỏ hộp

Chọn hộp nhựa đựng dụng cụ xách tay có kích thước vừa với bộ pin và gia công lại vỏ hộp. Vì bộ pin và mạch BMS cần tản nhiệt nên nắp hộp được gia công bằng nhôm tằm có độ dày 3mm, khoan các lỗ bắt vít, lỗ bắt tay xách và phay lỗ bắt giắc cắm nguồn. Sau đó lắp bộ pin vào vỏ hộp. Bộ pin hoàn chỉnh có khối lượng 10,84kg và kích thước 308 x 183 x 144 mm (Dài x Rộng x Cao), thể tích 8,11 lit bao gồm cả vỏ hộp.



Hình 3.19: Bộ pin hoàn chỉnh và lắp lên xe

3.2. Thử nghiệm bộ nguồn điện.

Bộ nguồn pin Li-ion 48V – 33Ah 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 cell;
- Thử nghiệm mạch BMS;
- Thử nghiệm bộ nguồn.

Các trang thiết bị phục vụ cho thử nghiệm gồm:

- Máy hiện sóng Analog PINTEK PS-100;
- Máy hiện sóng Digital Gw INSTRON GOS-1022
- Đồng hồ VOM UAT – DDT9205A
- Bộ nguồn DC QJE – QJ6040S-60V/30A;
- Bộ nguồn DC SUPPLY PS-3010D 30V/10A;
- Bộ điện trở chuẩn Vonfram của W. M. Scientific Co. USA
- Cảm biến dòng điện ACS712 kiểu hiệu ứng Hall.
- Mạch thu thập dữ liệu giao tiếp máy tính Arduino Nano, giao tiếp Serial Monitor;
- Mạch thu thập dữ liệu giao tiếp máy tính HDL9090 qua LabVIEW.

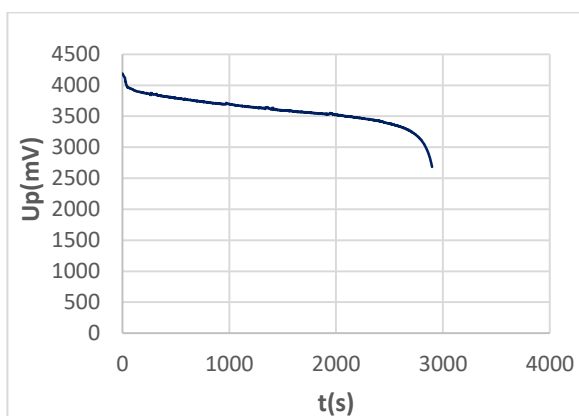
Trong đó các bộ nguồn, máy hiện sóng và đồng hồ VOM đã được kiểm định và hiệu chỉnh tại Chi cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng/Sở KH-CN TPHCM, còn hạn kiểm định đến tháng 11/2019.

3.2.1 Thử nghiệm cell Li-ion

Thử nghiệm đo đặc tính nạp – xả cell Li-ion ở các chế độ dòng phóng khác nhau

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:

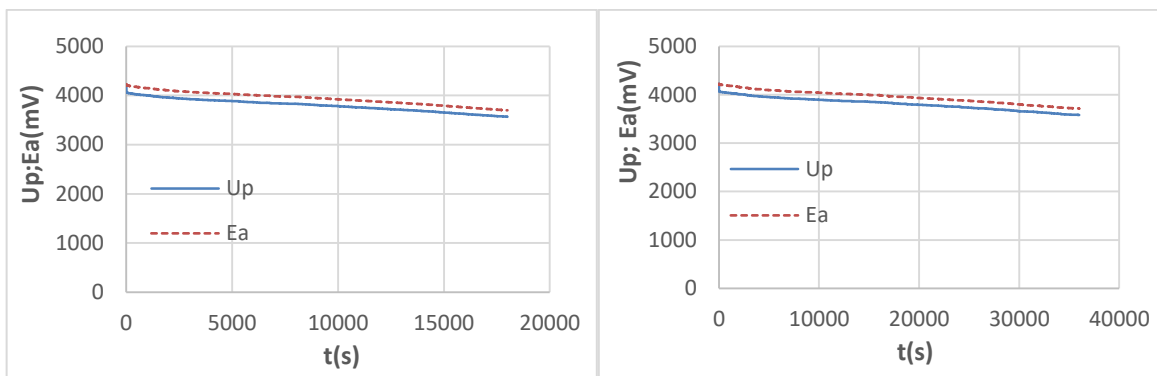
- Thử nghiệm nạp – xả cell Li-ion đơn ở chế độ C_1 với dòng phóng $I_p = C = 2200 \text{ mA}$, kết quả cho thấy khi điện áp cell xuống đến $3,25\text{V}$ thì SOC còn 20% và lúc này điện áp cell giảm rất nhanh. Khi nạp lại dung lượng tối đa của cell giảm 0,065% sau mỗi chu kỳ phóng nạp (dung lượng của cell sau khoảng 500 chu kỳ phóng nạp với chế độ 1h còn khoảng 67%).



Hình 3.20: Đặc tính phóng C_1 của cell Li-ion

- Ở chế độ phóng C_5 với $I_p = C/5 = 0,44\text{A}$, đặc tính của cell tốt hơn khi SOC còn 20% thì điện áp của cell không xuống quá thấp, chỉ $3,56\text{V}$ và sau mỗi chu kỳ phóng nạp, dung lượng cell giảm 0.033%. Sau 1000 lần phóng nạp ở chế độ 5h, dung lượng cell còn 67%

- Ở chế độ phóng C_{10} với $I_p = C/10 = 0,22\text{A}$, khi SOC=20% thì điện áp cell còn 3.58V và sau mỗi chu kỳ phóng nạp, dung lượng pin giảm 0,021%. Sau 2000 lần phóng nạp ở chế độ 10h thì dung lượng cell còn 58%



Hình 3.21: Đặc tính phóng C_5 và C_{10} của cell Li-ion

3.2.2 Thử nghiệm mạch BMS

Mạch BMS được thử nghiệm bằng phương pháp dùng bộ nguồn DC 60V – 40A để giả lập nguồn nạp, bộ điện trở Vonfram để giả lập tải. Thử nghiệm các chế độ đóng ngắt nạp và bảo vệ quá dòng, quá áp. Chế độ bảo vệ quá nhiệt được thử nghiệm bằng cách gia nhiệt cưỡng bức các cảm biến nhiệt.

Kết quả thử nghiệm mạch BMS đạt các tiêu chí sau:

Bảng 3.2: Kết quả thử nghiệm mạch BMS

Chỉ tiêu	Giá trị
Chu trình nạp dòng – áp	Max 21,5 A ngắt ở 50,4 V Ổn áp 51 V, ngắt ở 1,5 A
Bảo vệ thấp áp	$\leq 36^{\pm 0,5}$ V
Bảo vệ quá dòng	≥ 40 A
Bảo vệ quá nhiệt	$\geq 65^0$ C
Thời gian trễ đóng	16 ns
Thời gian trễ ngắt	34 ns
Cầu chì tự phục hồi	Sau $40^{\pm 3}$ s

3.3.3 Thử nghiệm bộ nguồn

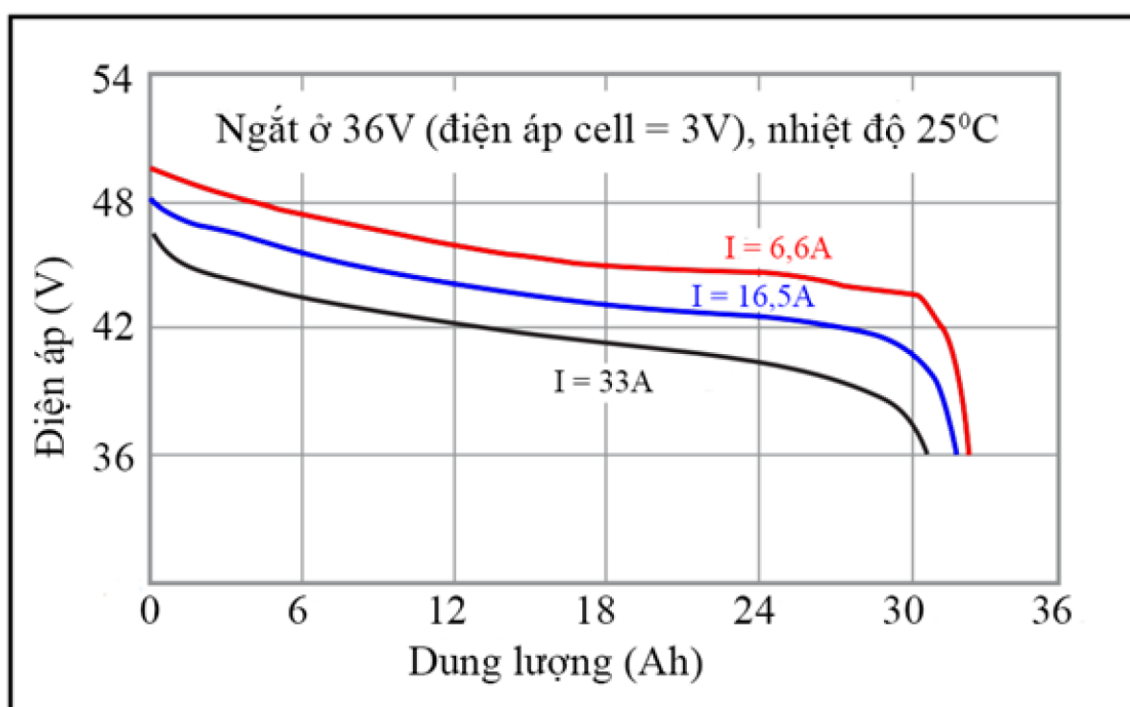
Lắp ráp bộ cell với mạch BMS, sử dụng bộ nguồn DC 60V – 40A để cấp giả lập nguồn nạp, bộ điện trở Vonfram để tạo tải. Thử nghiệm xác định các đặc tính phóng – nạp, xác định độ cần bằng cell, thử nghiệm tuổi thọ, thử nghiệm độ tăng nhiệt

độ khi xả với dòng cao. Do điều kiện thí nghiệm không thể giữ nhiệt độ của phòng cố định ở 25°C nên tác giả chọn phương án đóng kín phòng và bật máy điều hòa nhiệt độ ở 25°C để thử nghiệm.

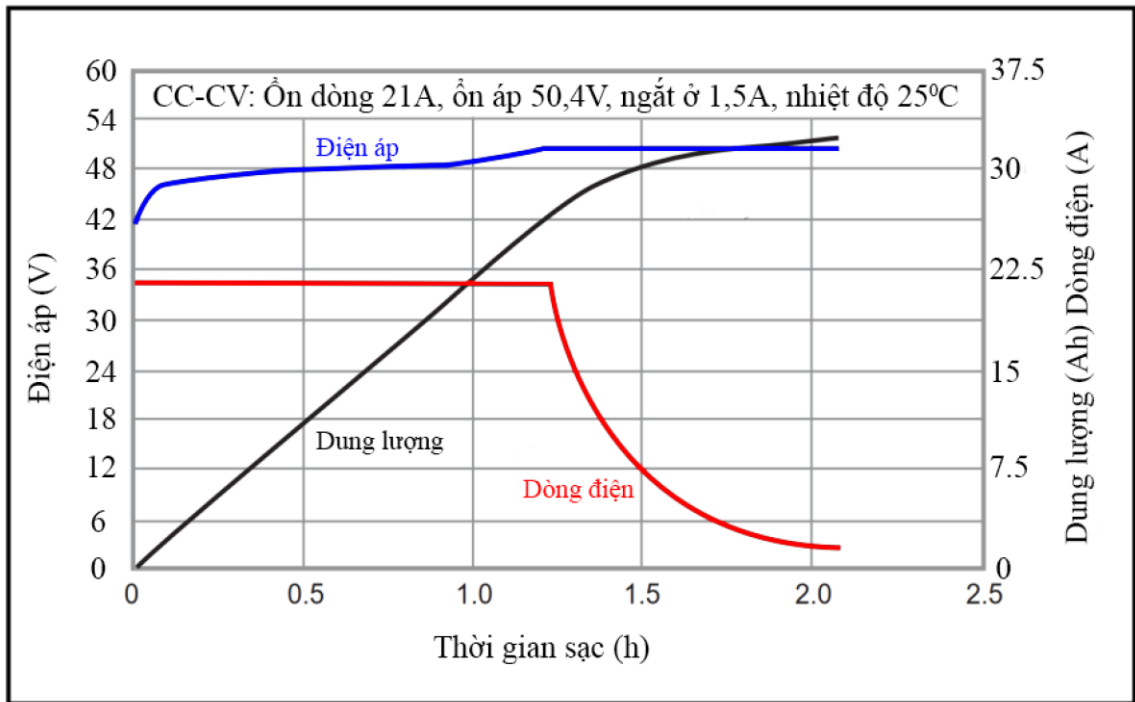
Kết quả thu được bao gồm:

- Bảo vệ quá áp cell $4.25 \pm 0.025\text{V}$.
- Tự động cân bằng cell ở hai trạng thái nạp và trạng thái xả với độ chênh lệch tối đa 0.03V .

Đặc tính xả với các chế độ dòng xả C_1, C_2, C_5 :

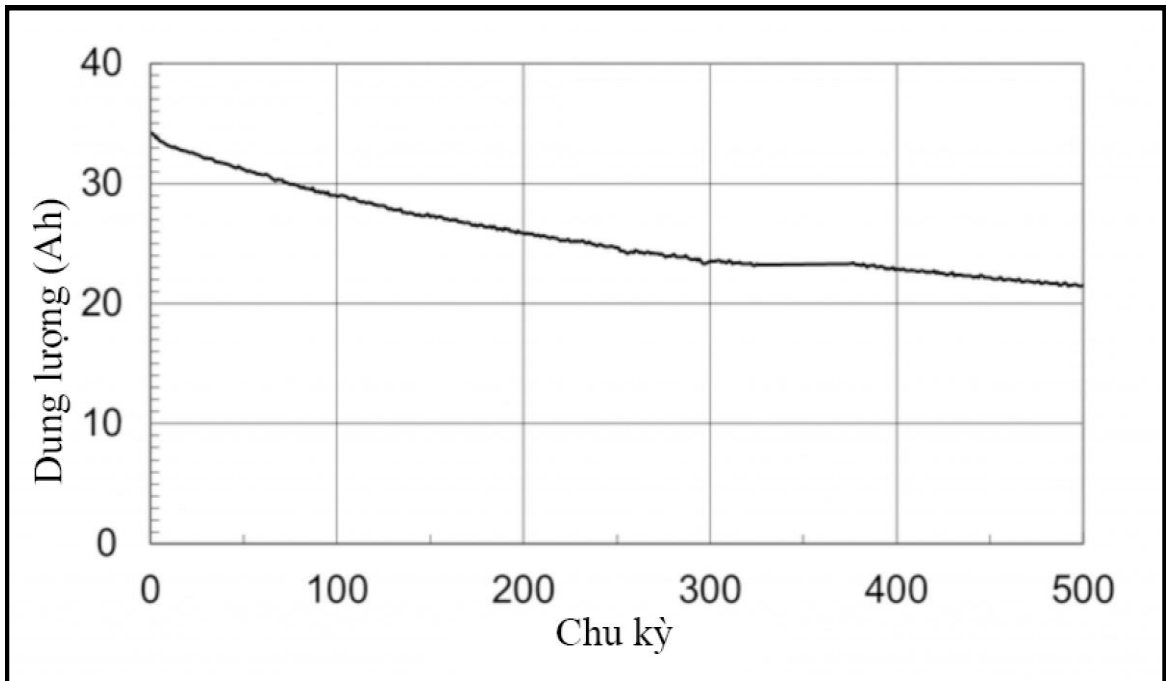


Hình 3.22: Đặc tính xả ở các chế độ dòng xả của bộ nguồn



Hình 3.23: Đặc tính nạp CC-CV của bộ nguồn

Với chế độ nạp dòng – áp, ổn dòng ở 21A, ổn áp ở 50,4 V, ngắt nạp ở 1.5A trong điều kiện nhiệt độ phòng là 25°C thì bộ nguồn được sạc đầy đến 98-99% với thời gian khoảng 2 giờ.



Hình 3.24: Đặc tính tuổi thọ của bộ nguồn

Nạp với chế độ dòng – áp như trên và xả ở chế độ C_1 ($I=33A$) đến khi SOC = 20% thì ngưng, liên tục trong 500 chu kỳ thì dung lượng bộ nguồn còn khoảng 23Ah (69,7% dung lượng ban đầu). Kết quả này sai lệch không nhiều so với khi thử nghiệm phóng – nạp cell ở mục 3.2.1. Như vậy ta có thể kết luận, nếu xả với chế độ C_5 hoặc C_{10} , và dung lượng đến 50% thì tuổi thọ của bộ nguồn có thể đạt trên 2000 chu kỳ mà dung lượng của bộ pin vẫn còn khoảng 60% so với dung lượng ban đầu.

3.3. Tính toán, kiểm nghiệm các chế độ làm việc.

Việc tính toán kiểm nghiệm các chế độ hoạt động của xe được dựa trên phương trình cân bằng công suất. Tùy vào từng chế độ làm việc của xe mà ta có thể đơn giản phương trình bằng cách bỏ qua các công suất cản không đáng kể. Trong quá trình tính toán đã xét đến hiệu suất của hệ thống truyền lực và hiệu suất của động cơ điện nên để đơn giản, tác giả bỏ qua tổn thất trên dây dẫn và trên mạch BMS, đồng thời coi như nhiệt độ bộ pin không đổi trong quá trình hoạt động.

Phương trình cân bằng công suất:

$$P_k + P_m = P_f + P_w + P_i + P_j$$

Trong đó:

P_k : Công suất kéo của động cơ đốt trong xe nền Honda Lead 110cc

$$P_k = P_e \cdot \eta \quad (W) \text{ Với } P_e \text{ là công suất kéo của động cơ}$$

P_f : Công suất tiêu hao để thắng lực cản lăn

$$P_f = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha \quad (W)$$

P_w : Công suất tiêu hao để thắng lực cản không khí

$$P_w = K \cdot S \cdot v^3 \quad (W)$$

P_i : Công suất tiêu hao để thắng lực cản dốc

$$P_i = G \cdot v \cdot \sin\alpha \quad (W)$$

P_j : Công suất tiêu hao để thắng lực cản quán tính

$$P_j = \frac{G}{g} \cdot \delta_i \cdot J \cdot v \quad (W)$$

Trong đó δ_i là hệ số xét đến ảnh hưởng quán tính của các chi tiết chuyển động quay. Do động cơ điện đặt ở bánh trước nên ta chọn $\delta_i = 1,05$.

Bảng 3.3: Giá trị các thông số tính toán

Thông số	Giá trị lựa chọn
Hệ số cản lăn f	0,018
Hiệu suất truyền động η	0,94
Hệ số cản gió K	0,4 N.s ² /m ⁴
Gia tốc trọng trường g	9,81 m/s ²
Hệ số ảnh hưởng của khối lượng quay δ_i	1,05
Diện tích cản gió S	0,4 m ²
Bán kính bánh trước	203 mm
Bán kính bánh sau	217 mm
Vận tốc xe theo số vòng quay động cơ	$v = \frac{2\pi.n_e.r_b}{i_t.60.10^3} \text{ m/s}^2$

Bảng 3.4: Thông số kỹ thuật của motor BLW-16B [48]

STT	rpm	W_Input	W_output	T (n.M)	Eff., %	Vận tốc xe (km/h)
1	685	225,308	28,690	0,400	12,734	49,850
2	679	226,798	30,930	0,435	13,638	49,414
3	679	234,621	17,060	0,240	7,271	49,414
4	679	251,663	10,660	0,150	4,236	49,414
5	672	280,587	43,630	0,620	15,550	48,904
6	671	322,902	92,750	1,320	28,724	48,832
7	665	382,619	154,930	2,225	40,492	48,395
8	658	457,657	231,510	3,360	50,586	47,886
9	651	552,755	326,520	4,790	59,071	47,376
10	639	668,209	436,590	6,524	65,337	46,503
11	631	804,912	568,230	8,599	70,595	45,921
12	623	961,526	715,310	10,964	74,393	45,338
13	610	1136,416	865,500	13,549	76,160	44,392

14	587	1265,030	1008,960	16,414	79,758	42,719
15	497	1236,898	1037,720	19,939	83,897	36,169
16	392	1225,766	988,830	24,088	80,670	28,528
17	392	1225,766	988,830	24,088	80,670	28,528
18	200	1225,76592	504,505	24,088	41,158	14,555
19	100	1225,76592	252,253	24,088	20,58	7,277
20	10	1225,766	25,225	24,088	2,058	0,727

Bảng 3.5: Giá trị công suất và moment xoắn có ích của động cơ của xe Honda Lead 110cc từ số vòng quay 5000 rpm [49]

Số vòng quay (rpm)	Công suất có ích (kW)	Mômen xoắn (Nm)
5000	4,572	8,733
5100	4,711	8,822
5200	4,847	8,901
5300	4,979	8,971
5400	5,107	9,032
5500	5,232	9,083
5600	5,351	9,125
5700	5,466	9,158
5800	5,576	9,181
5900	5,681	9,195
6000	5,781	9,200
6100	5,874	9,195
6200	5,961	9,181
6300	6,042	9,158
6400	6,116	9,125
6500	6,183	9,083
6600	6,242	9,032
6700	6,294	8,971
6800	6,338	8,901
6900	6,374	8,822
7000	6,401	8,733
7100	6,420	8,635
7200	6,429	8,527

7300	6,429	8,410
7400	6,420	8,284
7500	6,400	8,149

3.3.1. Chế độ động cơ điện hoạt động độc lập

a). Tốc độ lớn nhất đạt được

Để xe đạt tốc độ tối đa thì công suất động cơ điện phải lớn nhất. Xe chạy trên đường bằng với tốc độ không đổi, khi đó $\alpha = 0$ và $J = 0$ nên ta có $P_i = P_j = 0$. Tra bảng 3.4 thì công suất động cơ điện lớn nhất $P_{m_{max}} = 1037,72 \text{ W}$

Từ phương trình cân bằng công suất ta được:

$$P_m = P_f + P_w$$

Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$P_{m_{max}} = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + K \cdot S \cdot v^3$$

$$\Leftrightarrow 1037,72 = 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot v + 0,4 \cdot 0,4 \cdot v^3$$

$$\Rightarrow v = 14,63 \text{ m/s} = 52,67 \text{ km/h}$$

Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$P_{m_{max}} = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + K \cdot S \cdot v^3$$

$$\Leftrightarrow 1037,72 = 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot v + 0,4 \cdot 0,4 \cdot v^3$$

$$\Rightarrow v = 13,45 \text{ m/s} = 48,42 \text{ km/h}$$

b). Quãng đường đi được với vận tốc tối đa

Xe đi được vận tốc tối đa khi công suất đầu ra của động cơ điện lớn nhất

Với công suất đầu ra lớn nhất $P_{m_{output}} = 1037,72 \text{ (W)}$ thì công suất đầu vào $P_{m_{input}} = 1236,90 \text{ (W)}$

Công suất của pin Lithium-ion: $P_{pin} = 33\text{Ah} \cdot 50,04\text{V} = 1663,2 \text{ W}$

$$\text{Thời gian sử dụng: } t = \frac{P_{pin}}{P_{m_{max}}} = \frac{1663,2}{1236,90} = 1,345 \text{ (h)}$$

Quãng đường xe đi được trong thời gian $t = 1,345 \text{ (h)}$

- Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$ và $v = 52,67 \text{ km}$

$$s = v \cdot t = 52,67 \cdot 1,345 = 70,84 \text{ km}$$

- Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$ và $v = 48,42 \text{ km}$
 $s = v \cdot t = 48,42 \cdot 1,345 = 65,13 \text{ km}$

c). Quãng đường đi được khi chạy trong thành phố ($v = 40 \text{ km/h}$)

Xét xe chạy với vận tốc không đổi ($J=0$) và trên đường bằng ($\alpha = 0$)

Ta có: $v = 40 \text{ km/h}$; $P_i = P = 0_j$

Phương trình cân bằng công suất:

$$P_m = P_f + P_w$$

Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} P_m &= f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + K \cdot S \cdot v^3 \\ &= 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot \frac{40}{3,6} + 0,4 \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{40}{3,6}\right)^3 \\ &= 627,57 \text{ W} \end{aligned}$$

Dựa vào bảng 3.4, chọn $P_m \text{ output} = 715,32 \text{ W}$ và

$$P_m \text{ input} = 961,53 \text{ W}$$

Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} P_m &= f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + K \cdot S \cdot v^3 \\ &= 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot \frac{40}{3,6} + 0,4 \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{40}{3,6}\right)^3 \\ &= 755,11 \text{ W} \end{aligned}$$

Dựa vào bảng 3.4, ta chọn $P_m \text{ output} = 865,5 \text{ W}$ và $P_m \text{ input} = 1136,42 \text{ W}$

Quãng đường xe đi được

- Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$\text{Thời gian sử dụng: } t = \frac{P_{pin}}{P_{mmax}} = \frac{1663,2}{961,53} = 1,730 \text{ (h)}$$

Quãng đường đi được: $s = v \cdot t = 40 \cdot 1,73 = 69,2 \text{ km}$

- Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$\text{Thời gian sử dụng: } t = \frac{P_{pin}}{P_{mmax}} = \frac{1663,2}{1136,42} = 1,464 \text{ (h)}$$

Quãng đường đi được; $s = v \cdot t = 40 \cdot 1,464 = 58,56 \text{ km}$

d). Quãng đường đi được ở chế độ tiết kiệm nhất

Xe hoạt động tiết kiệm điện nhất khi động cơ điện đạt hiệu suất cao nhất. Tra bảng 3.4, hiệu suất cao nhất của động cơ điện là 83,897%, khi đó $P_m \text{input} = 1236,90 \text{ W}$, $P_m \text{output} = 1037,72 \text{ W}$ và tốc độ quay $n_m = 497 \text{ rpm}$

Vận tốc xe tại số vòng quay trên là

$$v = \frac{2\pi.n.r_b}{60.10^3} = 10,57 \text{ m/s}$$

Phương trình cân bằng công suất lúc này:

$$P_m = P_f + P_w$$

Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} P_m &= f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + K \cdot S \cdot v^3 \\ &= 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot 10,57 + 0,4 \cdot 0,4 \cdot 10,57^3 \\ &= 577,17 \text{ W} \end{aligned}$$

⇒ Ta chọn $P_m \text{output} = 568,23 \text{ W}$ và có $P_m \text{input} = 804,91 \text{ W}$

Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} P_m &= f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + K \cdot S \cdot v^3 \\ &= 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot 10,57 + 0,4 \cdot 0,4 \cdot 10,57^3 \\ &= 698,50 \text{ W} \end{aligned}$$

⇒ Ta chọn $P_m \text{output} = 715,31 \text{ W}$ và có $P_m \text{input} = 961,53 \text{ W}$

Thời gian sử dụng:

- Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$t = \frac{P_{pin}}{P_m} = \frac{1663,2}{804,91} = 2,07 \text{ (h)}$$

- Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$t = \frac{P_{pin}}{P_m} = \frac{1663,2}{961,53} = 1,73 \text{ (h)}$$

Quãng đường xe đi được

- Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$s = v \cdot t = 10,57 \cdot 3,6 \cdot 2,07 = 78,77 \text{ km}$$

- Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$s = v \cdot t = 10,57 \cdot 3,6 \cdot 1,73 = 65,83 \text{ km}$$

e). Góc dốc lớn nhất

Xe leo được góc dốc lớn nhất tại số vòng quay mà động cơ điện có momen lớn nhất. Đối chiếu với bảng thông số 4.2, momen động cơ điện lớn nhất là $M_{m_{max}} = 24,088 \text{ N.m}$ và có các thông số $P_{m_{output}} = 988,83 \text{ W}$, số vòng quay $n = 392 \text{ rpm}$.

Vì khi leo dốc vận tốc và gia tốc xe không lớn nên công suất để thắng lực cản không khí và công suất cản quán tính không đáng kể ($P_w = P_j = 0$).

Phương trình cân bằng công suất lúc này:

$$P_m = P_f + P_i$$

Tại số vòng quay $n = 392 \text{ rpm}$, vận tốc xe là: $v = \frac{2\pi \cdot n \cdot r_b}{60 \cdot 10^3} = 8,33 \text{ m/s}$

Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$P_m = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + G \cdot v \cdot \sin\alpha$$

$$\Leftrightarrow 988,83 = 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot 8,33 \cdot \cos\alpha + 208 \cdot 9,81 \cdot 8,33 \cdot \sin\alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = 2,3^\circ$$

$$\Rightarrow i = 4\%$$

Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$P_m = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + G \cdot v \cdot \sin\alpha$$

$$\Leftrightarrow 988,83 = 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot 8,33 \cdot \cos\alpha + 273 \cdot 9,81 \cdot 8,33 \cdot \sin\alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = 1,51^\circ$$

\Rightarrow Độ dốc lớn nhất xe có thể vượt được $i = 2,54\%$

3.3.2. Chế độ động cơ đốt trong hoạt động độc lập

a). Khả năng leo dốc

Xe có khả năng leo dốc tối đa khi động cơ truyền momen cực đại đến bánh xe dẫn động. Với xe Honda Lead 110cc này thì động cơ có momen cực đại $9,2 \text{ N.m}$ tại số vòng quay $n = 6000 \text{ rpm}$.

Khi leo dốc thì vận tốc và gia tốc xe không đáng kể nên ta bỏ qua công suất để thắng lực cản không khí và công suất để thắng lực cản quán tính ($P_w = P_j = 0$).

Vận tốc của xe tại $n=6000$ rpm

$$v = \frac{2\pi \cdot n_e \cdot r_b}{i_t \cdot 60 \cdot 10^3} = 5,58 \text{ m/s}$$

Phương trình cân bằng công suất:

$$P_k = P_f + P_i$$

$$\Leftrightarrow P_e \cdot \eta = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + G \cdot v \cdot \sin\alpha$$

Công suất có ích của động cơ tại số vòng quay có moment cực đại:

$$P_e = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60} = \frac{9,2 \cdot 2\pi \cdot 6000}{60} = 5781 \text{ (W)}$$

Khối lượng 50% tải: $G=208$ kg

$$\Leftrightarrow 5781,094 = 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \cos\alpha + 208 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \sin\alpha$$
$$\Rightarrow \alpha = 27,5^\circ$$

Khối lượng 100% tải: $G=273$ kg

$$\Leftrightarrow 5781,094 = 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \cos\alpha + 273 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \sin\alpha$$
$$\Rightarrow \alpha = 20,3^\circ$$

b). Khả năng tăng tốc

Cũng như khi leo dốc, để xe có gia tốc lớn nhất khi động cơ hoạt động với moment lớn nhất. Cho xe hoạt động trên đường bằng nên công suất để thắng lực cản dốc không có ($P_i = 0$). Vì tìm gia tốc quán tính cực đại nên vận tốc xe lúc này thấp nên công suất để thắng lực cản không khí không đáng kể ($P_w = 0$).

Phương trình cân bằng công suất:

$$P_k = P_f + P_j$$

$$\Leftrightarrow P_k = f \cdot G \cdot v + \frac{G}{g} \cdot \delta_i \cdot J \cdot v$$

Vận tốc xe lúc này: $v = 5,58$ m/s

Khối lượng 50% tải: $G=208$ kg

$$\Leftrightarrow 5781,094 = 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot 5,58 + 208 \cdot 1,05 \cdot 5,58 \cdot J$$
$$\Rightarrow J = 4,08 \text{ m/s}^2$$

Khối lượng 100% tải: $G=273$ kg

$$\Leftrightarrow 5781.0,94 = 0,018.273.9,81.5,58 + 273.1,05.5,58.J$$

$$\Rightarrow J = 3,23 \text{ m/s}^2$$

3.3.3. Chế độ hai nguồn động lực

a). Khả năng leo dốc

Ở chế độ Hybrid, xe leo được góc dốc lớn nhất khi tổng momen kéo của hai động cơ lớn nhất. Vì công suất của động cơ đốt trong lớn hơn nhiều so với công suất động cơ điện nên ta lấy tại số vòng quay mà động cơ đốt trong có moment lớn nhất. Ta có, moment lớn nhất của động cơ đốt trong là $M_{m_{max}} = 9,2 \text{ N.m}$ ứng số vòng quay $n = 6000 \text{ rpm}$. Mặt khác, khi leo dốc vận tốc và gia tốc xe không lớn nên công suất để thắng lực cản không khí và công suất cản quán tính không đáng kể nên $P_w = P_j = 0$, ta có phương trình cân bằng công suất:

$$P_k + P_{m_{output}} = P_f + P_w + P_i + P_j$$

$$\Leftrightarrow P_k + P_{m_{output}} = P_f + P_i$$

$$\Leftrightarrow P_k + P_{m_{output}} = f.G.v.\cos\alpha + G.v.\sin\alpha$$

Ứng với $M_{m_{max}} = 9,2 \text{ N.m}$ thì $n = 6000 \text{ rpm}$ ta tính được vận tốc của xe khi leo dốc là $v = 5,58 \text{ m/s}$

Tại vận tốc xe $v = 5,58 \text{ m/s}$, số vòng quay động cơ điện:

$$n = \frac{v.60.10^3}{2\pi.r_b} = \frac{5,58.60.10^3}{2\pi.203} = 262,49 \text{ (rpm)}$$

Đối chiếu bảng 4.2. chọn động cơ điện hoạt động tại số vòng quay $n=392 \text{ rpm}$, $P_{m_{output}} = 988,83 \text{ W}$ và $P_{m_{input}} = 1225,77 \text{ W}$.

Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$\Leftrightarrow 5781.0,94 + 988,83 = 0,018.208.9,81.5,58.\cos\alpha + 208.9,81.5,58.\sin\alpha$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 33,30^\circ$$

Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$\Leftrightarrow 5781.0,94 + 988,83 = 0,018.273.9,81.5,58.\cos\alpha + 273.9,81.5,58.\sin\alpha$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 24,42^\circ$$

b). Khả năng tăng tốc

Xe tăng tốc lớn nhất khi momen kéo tổng lớn nhất, xét trong điều kiện đường bằng và vận tốc xe không lớn nên ta cho $P_w = P_i = 0$. Tương tự như leo dốc, ta có số vòng quay động cơ đốt trong là 6000 rpm ứng với moment 9,2 N.m; vận tốc xe $v = 5,58$ m/s, chọn động cơ điện hoạt động tại số vòng quay $n=392$ rpm, $P_{m\text{output}} = 988,83$ W và $P_{m\text{input}} = 1225,77$ W

Phương trình cân bằng công suất:

$$P_k + P_{m\text{output}} = P_f + P_j$$

$$\Leftrightarrow P_k + P_{m\text{output}} = f \cdot G \cdot v + \frac{G}{g} \cdot \delta_i \cdot J \cdot v$$

Khối lượng 50% tải: $G = 208$ kg

$$\Leftrightarrow 5781,0,94 + 988,83 = 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot 5,58 + 208 \cdot 1,05 \cdot 5,58 \cdot J$$

$$\Leftrightarrow J = 5,1 \text{ m/s}^2$$

Khối lượng 100% tải: $G = 273$ kg

$$\Leftrightarrow 5781,0,94 + 988,83 = 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot 5,58 + 273 \cdot 1,05 \cdot 5,58 \cdot J$$

$$\Leftrightarrow J = 3,85 \text{ m/s}^2$$

3.3.4. Chế độ động cơ đốt trong kéo máy phát nạp pin

a). Khả năng leo dốc

Công suất kéo của xe khi hoạt động ở chế độ sạc được tính bằng hiệu số công suất của động cơ đốt trong hoạt động ở moment lớn nhất 9,2 N.m ứng với số vòng quay 6000 rpm và công suất đầu vào của động cơ điện. Với số vòng quay động cơ đốt trong ta tính được vận tốc xe $v = 5,58$ m/s.

Với vận tốc $v = 5,58$ m/s, và suy ra số vòng quay động cơ điện $n=262,49$ rpm. Đối chiếu bảng 3.4, chọn động cơ điện hoạt động tại số vòng quay $n=392$ rpm, $P_{m\text{output}} = 988,83$ W và $P_{m\text{input}} = 1225,77$ W.

Khi leo dốc vận tốc và gia tốc xe không lớn nên công suất để thắng lực cản không khí và công suất cản quán tính không đáng kể nên $P_w = P_j = 0$

Phương trình bằng công suất:

$$P_k - P_{m\text{input}} = P_f + P_i$$

$$\Leftrightarrow P_k - P_{m\text{input}} = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha + G \cdot v \cdot \sin\alpha$$

Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$\Leftrightarrow 5781,094 - 1225,77 = 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \cos\alpha + 208 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \sin\alpha$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 20,66^\circ$$

Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$\Leftrightarrow 5781,094 - 1225,77 = 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \cos\alpha + 273 \cdot 9,81 \cdot 5,58 \cdot \sin\alpha$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 15,32^\circ$$

b). Khả năng tăng tốc

Cho xe chạy trên đường bằng và có vận tốc không lớn nên không có công suất để thắng lực cản dốc và công suất để thắng lực cản không khí không đáng kể ($P_i = P_w = 0$). Để tăng tốc tốt nhất thì cũng cần moment kéo lớn nhất, ta có được vận tốc xe và chế độ hoạt động của động cơ điện.

Ta có phương trình cân bằng công suất:

$$P_k - P_{m\text{input}} = P_f + P_j$$

$$\Leftrightarrow P_k - P_{m\text{input}} = f \cdot G \cdot v + \frac{G}{g} \cdot \delta_i \cdot J \cdot v$$

Khối lượng 50% tải: $G = 208 \text{ kg}$

$$\Leftrightarrow 5781,094 - 1225,77 = 0,018 \cdot 208 \cdot 9,81 \cdot 5,58 + 208 \cdot 1,05 \cdot 5,58 \cdot J$$

$$\Leftrightarrow J = 3,29 \text{ m/s}^2$$

Khối lượng 100% tải: $G = 273 \text{ kg}$

$$\Leftrightarrow 5781,094 = 0,018 \cdot 273 \cdot 9,81 \cdot 5,58 + 273 \cdot 1,05 \cdot 5,58 \cdot J$$

$$\Leftrightarrow J = 2,64 \text{ m/s}^2$$

3.4. Mô hình hóa và mô phỏng hoạt động của xe

3.4.1. Mô hình hóa người lái

Các thông số đầu vào của mô hình người lái là vận tốc tức thời của xe và vận tốc mong muốn của người lái, đầu ra là công suất kéo cần thiết ở bánh xe. Mô hình người lái được triển khai theo thuật toán điều khiển PI (điều khiển vi phân – tỉ lệ) như sau:

$$F_{demand}(t) = F_{load}(t) + F_{PI}(t)$$

$$F_{load}(t) = F_{rolling}(t) + F_{aero}(t)$$

$$F_{PI}(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)$$

$$e(t) = V_{demand}(t) - V_{act}(t)$$

$$P_{demand}(t) = F_{demand}(t) \times V_{demand}(t)$$

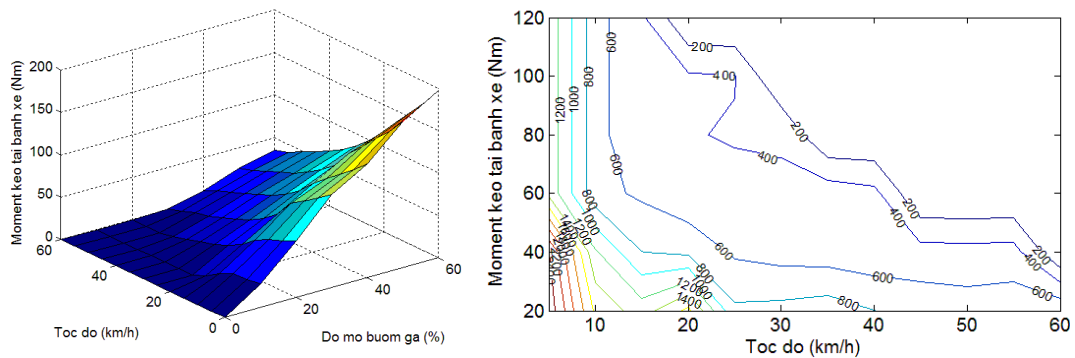
3.4.2. Mô hình hóa động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực

Có hai cách để mô hình hóa động cơ và hệ thống truyền lực: cách thứ nhất là mô hình hóa từng thành phần (động cơ, ly hợp, hộp số, truyền lực cuối và bánh xe), cách thứ hai là mô hình hóa nguyên cụm.

Động cơ có 4 chế độ làm việc: khởi động, không tải (cảm chùng), có tải và tắt. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này mô phỏng xe theo các chu trình chạy thử, động cơ chỉ khởi động một lần và không bao giờ tắt nên chỉ xét đến hai chế độ hoạt động là cảm chùng và có tải.

Với lý do đó tác giả chọn phương án mô hình hóa toàn cụm động cơ và hệ thống truyền lực mà không cần phải mô hình hóa từng thành phần đơn lẻ.

Bằng cách đo moment kéo tại bánh sau và lượng nhiên liệu tiêu hao, mức tiêu hao nhiên liệu g_{fuel} (g/s) khi thay đổi độ mở bướm ga θ_{th} từ 0 – 100% và tốc độ bánh sau V từ 0 – 60 km/h, ta xây dựng được hai bản đồ $T_k(\theta_{th}, V)$ và $g_{fuel}(T_k, V)$ (hoặc $BSFC(T_k, V)$) chính là mô hình cho động cơ và hệ thống truyền lực.



Hình 3.25: Bản đồ động cơ và hệ thống truyền lực [44]

Lượng nhiên liệu tiêu hao (G_{fuel} (g)) tính đến thời điểm t của động cơ được tính:

$$G_{fuel}(t) = \int_0^t g_{fuel}(\tau) d\tau$$

3.4.3. Mô hình hóa động cơ điện và bộ nguồn

a). Mô hình hóa động cơ điện

Động cơ điện có hai chế độ hoạt động là ở chế độ động cơ thì cung cấp lực kéo nhưng ở chiều ngược lại có thể hoạt động như một máy phát để nạp lại pin khi phanh tái sinh. Trong nghiên cứu này, tác giả chưa xét đến quá trình phanh tái sinh nên ở chế độ động cơ thì động cơ điện cung cấp mô men kéo cho bánh trước, giá trị mô men này được tính theo công thức:

$$T_m = T_{m_demand} + T_{loss} + J_{mot} \frac{d\omega_m}{dt}, T_m \leq T_{m_max}$$

Công suất và dòng điện yêu cầu cấp cho động cơ điện:

$$P_{elec} = \frac{P_m}{\eta_m}, \quad I = \frac{P_{elec}}{U_{HV}}$$

Mô men và hiệu suất của động cơ điện được tra bảng 3.5

b). Mô hình hóa bộ nguồn pin Li-ion

Mô hình bộ pin Li-ion để dự đoán tình trạng mức dung lượng (SOC), điện áp và dòng điện cung cấp của pin khi thử nghiệm.

Để phân tích và mô phỏng hiệu suất của xe hybrid cũng như để thiết kế bộ pin, SOC thường được xác định theo công thức sau:

$$SOC(t) = SOC_0 - \frac{1}{3600} \int_{t_0}^t \frac{I(\tau)\eta_{bat}}{Q_i} d\tau$$

Với: $SOC(t_0) = SOC_0$;

Q_i là dung lượng của pin tính theo Ah;

Mối quan hệ giữa sức điện động của pin và dòng xả:

$$U_{HV} = U_{OC} - U_r$$

Trong đó: $U_r = I.R$ là độ sụt áp do nội trở của pin gây ra.

3.4.4. Mô hình hóa động lực học thân xe và bộ điều khiển

a). Mô hình hóa động lực học thân xe

Coi như xe đối xứng theo phương ngang nên ta chỉ cần xét động lực học theo phương dọc để tính toán các lực cản, từ đó xác định vận tốc và gia tốc tức thời của xe. Sau đó, từ vận tốc tức thời của xe (V_{act}) theo mô hình người lái, ta xác định được giá trị các lực cản:

$$\sum F_{wh} = F_{rolling} + F_{aero} + F_{grade} + F_{acce}$$

Trong đó:

$$F_{rolling} = mgf \cos(\alpha)$$

$$F_{aero} = \frac{1}{2} C_d A_f \rho V^2$$

$$F_{grade} = mg \sin(\alpha)$$

$$F_{acce} = m \delta_j \dot{V}$$

$$V_{act}(t) = \int_0^t \dot{V}(\tau) d\tau$$

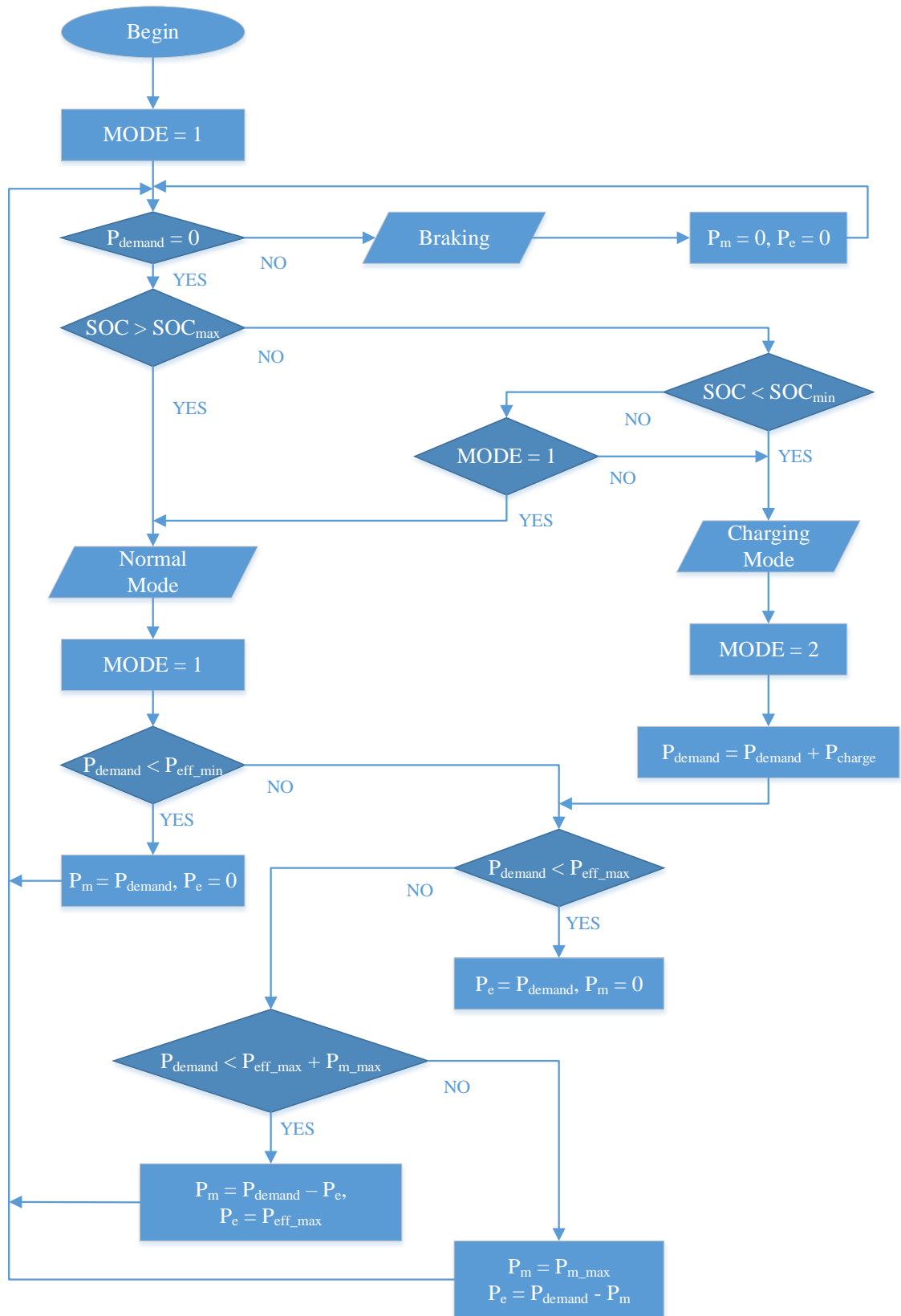
b). Mô hình hóa bộ điều khiển

Thuật toán Rule-based được sử dụng để điều khiển công suất của xe ở chế độ Plug-in hybrid. Có hai điều kiện quan trọng nhất quyết định thuật toán của bộ điều khiển là:

- Động cơ đốt trong phải hoạt động trong vùng hiệu suất tối ưu;
- Bộ pin phải được tối ưu về SOC, SOC luôn được giữ trong khoảng giá trị:

$$SOC_{min} \leq SOC \leq SOC_{max}$$

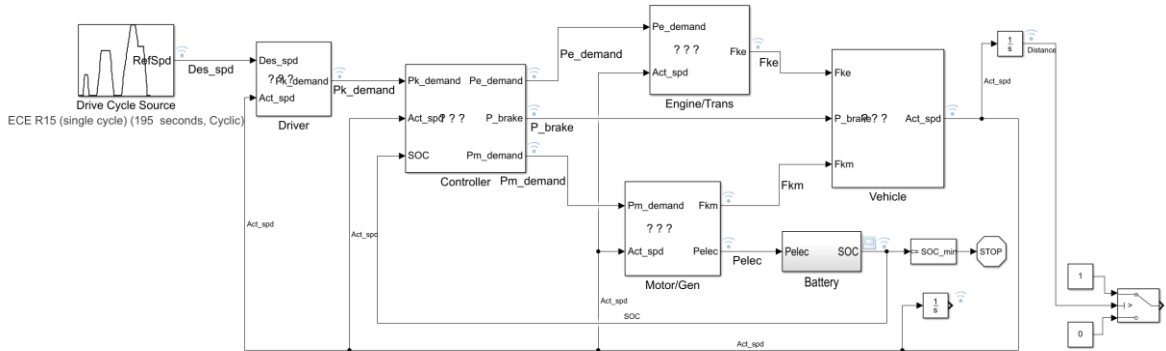
Có ba tín hiệu đầu vào cho bộ điều khiển: Công suất yêu cầu của người lái; Trạng thái dung lượng pin SOC của bộ pin Li-ion; Tốc độ hiện tại của xe. Từ đó tính được công suất yêu cầu đối với động cơ điện và động cơ đốt trong.



Hình 3.26: Lưu đồ thuật toán phân phối công suất

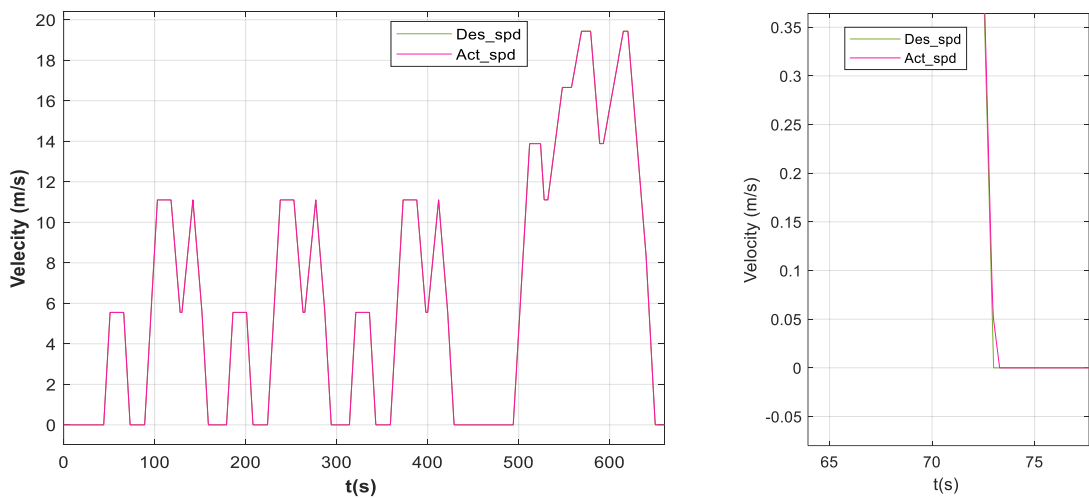
3.4.5. Mô phỏng hoạt động của xe

Nhằm đánh giá các chỉ tiêu tính năng động lực học và tính kinh tế nhiên liệu của HEM khi sử dụng bộ nguồn pin Li-ion. Các mô hình của hệ thống được cụ thể hóa thành các khối trong Matlab/Simulink [53]. Sau đó tiến hành mô phỏng HEM với các chu trình thử nghiệm xe cơ bản như Japan Mode 10-15, FTP75, WVUCITY, ECE, ...



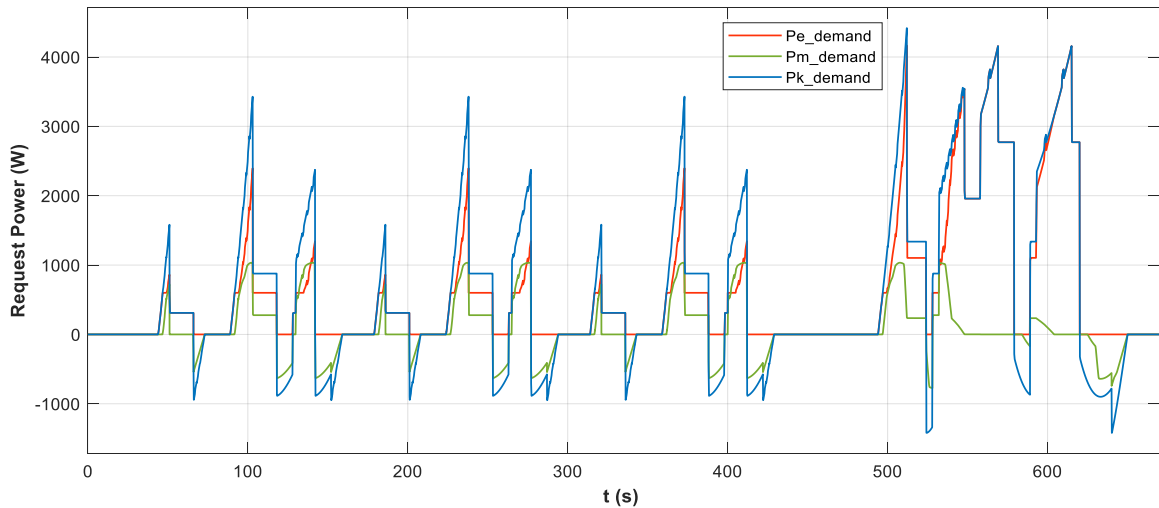
Hình 3.27: Mô hình xe máy hybrid trong Matlab/Simulink

Để tiện so sánh với các kết quả trước đó của xe hybrid sử dụng bộ nguồn axit – chì [43, 44]. Trong nghiên cứu này tác giả tập trung vào kết quả mô phỏng HEM theo chu trình Japan Mode 10-15 theo thời gian từ $t = 0$ với bước tăng thời gian 0.1 đến hết chu trình (660 giây) rồi lặp lại đến khi SOC=50% thì dừng. Các kết quả mô phỏng đặc trưng được thể hiện như sau:



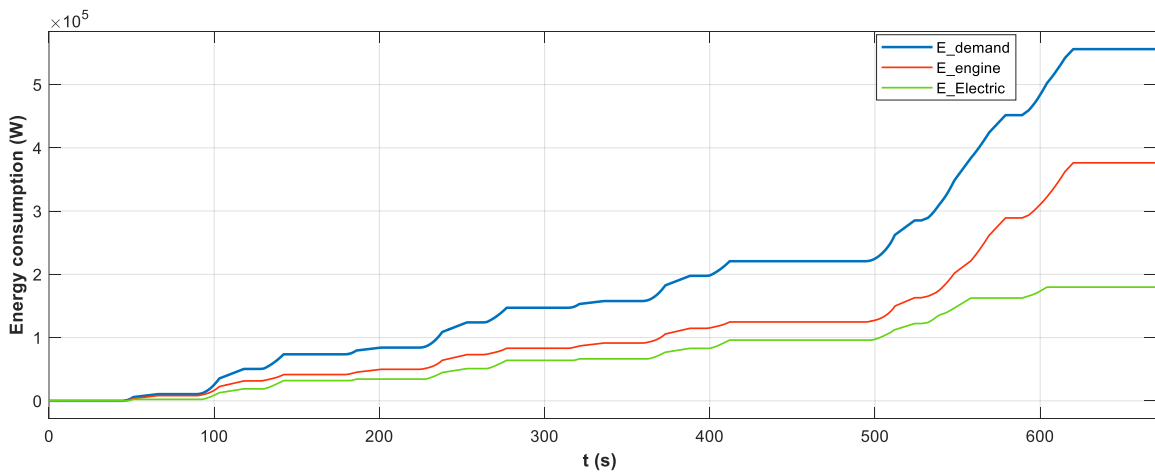
Hình 3.28: Đáp ứng vận tốc

Khi mô phỏng, vận tốc đáp ứng của xe rất sát với vận tốc yêu cầu của chu trình, ở những điểm thay đổi vận tốc đột ngột, vận tốc của xe vẫn còn bị trễ hoặc vọt lố, tuy nhiên mức độ sai lệch dưới 0,5%, tốt hơn nhiều so với độ sai lệch khi xe sử dụng bộ ắc quy axit – chì là $\sim 2\%$ [44]. Nguyên nhân do khối lượng bộ nguồn điện giảm và làm khối lượng xe giảm gần 30kg, dẫn đến quán tính của xe giảm.

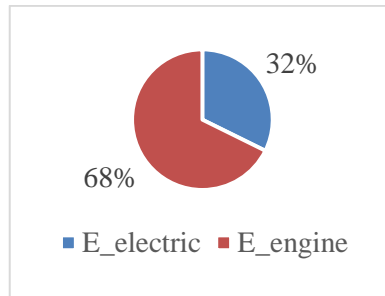


Hình 3.29: Phân bố công suất cần thiết của xe

Khi công suất kéo yêu cầu nằm trong vùng động cơ đốt trong có hiệu suất tối ưu thì mình động cơ đốt trong sẽ kéo xe, nếu nhỏ hơn vùng hiệu suất cao thì mình động cơ điện sẽ kéo xe, nếu lớn hơn vùng hiệu suất tối ưu thì cả hai động cơ cùng hoạt động để bổ sung công suất đưa động cơ đốt trong về ở vùng hiệu suất tối ưu.

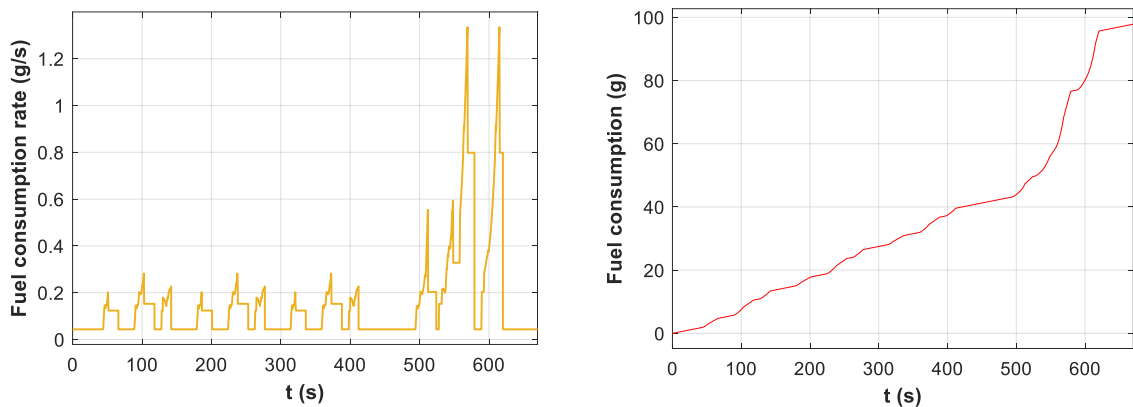


Hình 3.30: Phân bố năng lượng tiêu thụ



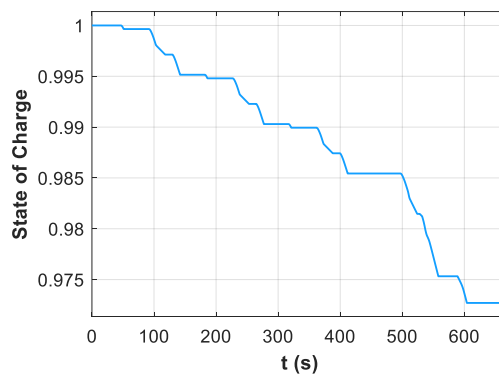
Hình 3.31: Tỷ lệ phân bố năng lượng

Trong quá trình mô phỏng, tổng năng lượng điện tiêu thụ chiếm 32% tổng năng lượng cần cung cấp cho xe. Phần năng lượng còn lại (68%) do động cơ xăng cung cấp. Năng lượng điện tương đương 48,15% năng lượng từ động cơ xăng.



Hình 3.32: Suất tiêu hao nhiên liệu và lượng tiêu hao nhiên liệu

Lượng tiêu hao nhiên liệu của xe là 2,162 lit/100km (nửa tải) và 2,425 lit/100km (đầy tải), suất tiêu hao nhiên liệu này thấp hơn nhiều so với xe nền và xe HEM dùng bộ nguồn ắc quy axit – chì.



Hình 3.33: SOC của pin Li-ion

Nhận xét:

Mô phỏng không xét đến năng lượng thu hồi khi phanh tái sinh tuy nhiên kết quả hoạt động của xe hybrid với bộ nguồn mới rất khả quan.

- Ở chế độ chỉ một người lái, lượng tiêu hao nhiên liệu (lit/100km) của xe hybrid dung bộ nguồn Li-ion giảm còn 2,162; xe hybrid dùng bộ nguồn ắc quy axit chì là 2,521; xe nền là 2,693. Quãng đường xe đi được đến khi SOC = 50% là 64,366 km; xe dùng bộ nguồn ắc quy là 43,431 km.

- Ở chế độ đầy tải lượng tiêu hao nhiên liệu (lit/100km) của xe hybrid Li-ion là 2,425; của xe hybrid ắc quy là 2,866; của xe nền là 3,012. Quãng đường đi được đến lúc SOC=50% của xe hybrid Li-ion là 54,477 km; của xe hybrid ắc quy là 36,487 km.

3.5. Thử nghiệm xe với bộ nguồn mới

Vì lý do khách quan là khi hoàn thành tính toán và chế tạo bộ nguồn Li-ion thì hệ thống băng thử của phòng thí nghiệm trọng điểm động cơ đốt trong/ĐH Bách Khoa TPHCM đang phục vụ thí nghiệm nghiên cứu khác. Đồng thời xe Honda Lead đã cải tạo tại đây đang được tháo rời để nghiên cứu thay thế bộ điều khiển phân phối công suất PMS nên tác giả chỉ lắp đặt bộ nguồn, bộ điều khiển động cơ điện, động cơ điện, tay ga với cảm biến Hall lên một xe Honda Lead khác để thử nghiệm ở chế độ hoạt động mình động cơ điện mà không thử nghiệm xe ở chế độ hybrid.

3.5.1. Thử nghiệm xe ở chế độ tốc độ lớn nhất và gia tốc lớn nhất

Địa điểm thử nghiệm: Đường Nguyễn Văn Lượng nối dài trong phạm vi công viên văn hóa Gò Vấp được trải bê tông nhựa, có độ dốc không đáng kể, đoạn đường thử nghiệm thẳng dài khoảng 400m, mặt đường khô, gió ngang nhẹ.

Xe thử nghiệm: kiểm tra các điều kiện hoạt động của xe như áp suất lốp trước và lốp sau, phanh, nạp pin đầy đến SOC=1 và chạy thử, xả pin đến SOC=0.95.

Phương pháp thử nghiệm: động cơ đốt trong ở chế độ tắt, thử nghiệm ở chế độ 50% tải và 100% tải, mỗi chế độ 3 lần. Khởi xe với tay ga lớn nhất và ghi lại giá trị và thời gian từ lúc xuất phát đến lúc xe đạt tốc độ lớn nhất.

Sau đó, dựa vào công thức: $S = v_0 t + \frac{1}{2} J t^2$, trường hợp này $v_0 = 0$, $t_0 = 0$ và coi như xe chuyển động nhanh dần đều nên $J = \frac{v}{t}$, ta tính được gia tốc lớn nhất của xe. Kết quả thử nghiệm và tính toán trình bày ở bảng sau:

Bảng 3.6: Kết quả thử nghiệm xe ở chế độ vận tốc lớn nhất

Lần thử	Vận tốc lớn nhất (± 2 km/h)	Thời gian ($\pm 0,1$ s)	Gia tốc (m/s ²)
50% tải lần 1	51	12,4	1,142473118
50% tải lần 2	54	13,2	1,136363636
50% tải lần 3	50	12,2	1,138433515
100% tải lần 1	47	14,9	0,876211782
100% tải lần 2	50	15,6	0,89031339
100% tải lần 3	46	15,3	0,835148874

So sánh với kết quả tính toán lý thuyết là 52,76km/h (50% tải) và 48,42 km/h (100% tải). Các nguyên nhân có thể gây sai số giữa thực nghiệm với tính toán bao gồm:

- Ảnh hưởng của sức cản gió và việc chọn hệ số cản gió;
- Chọn hệ số cản lăn chưa sát thực tế thử nghiệm;
- Trọng lượng người ngồi trên xe khi thử nghiệm chưa đúng với lý thuyết (65kg);
- Quá trình tính toán lý thuyết đã bỏ qua một số yếu tố ảnh hưởng nhỏ.

Tuy nhiên sai lệch lớn nhất là 5,07% (50% tải) và 4,97% (100% tải). Sai số này là chấp nhận được và tác giả chấp nhận lấy các kết quả tính toán là thông số động lực học của xe sau cải tạo.

3.5.2. Thử nghiệm xe ở chế độ góc dốc lớn nhất

Theo kết quả tính toán lý thuyết, khi hoạt động với mình động cơ điện xe có khả năng vượt dốc $2,3^0 = 4\%$ (50% tải) và $1,51^0 = 2,54\%$ (khi đầy tải) ở vận tốc 8,33m/s (30 km/h).

Để thử nghiệm cho xe vượt dốc với các độ dốc khác nhau yêu cầu bãi thử rất phức tạp. Trong thử nghiệm này để đơn giản tác giả đã sử dụng cầu dốc 5% của bãi tập lái xe tại Trung tâm dạy nghề và giới thiệu việc làm / Trường Đại học Trần Đại Nghĩa, 189 Nguyễn Oanh, P. 10, Quận Gò Vấp để thử nghiệm tính năng vượt dốc ở chế độ chỉ một người lái.

Làm các bước chuẩn bị xe như mục 3.5.1

Khởi xe cách mép dốc 40m, tăng tốc và giữ tay ga sao cho đồng hồ tốc độ của xe ổn định ở khoảng 30km/h. Giữ nguyên tay ga và tiếp cận dốc, thử nghiệm cho thấy khi xe bắt đầu tiếp cận dốc, tốc độ giảm dần nhưng với chiều dài dốc là 25m thì xe vẫn vượt qua được.

Kết quả này nằm ngoài mong đợi vì theo tính toán xe chỉ vượt được dốc lớn nhất là 4%. Nguyên nhân sai lệch này có thể do khi tính toán góc dốc tác giả đã giả thiết xe chuyển động đều với vận tốc nhỏ nên bỏ qua lực cản gió và lực quán tính. Nhưng trong thực tế thử nghiệm, vận tốc của xe giảm dần sinh ra một lực quán tính có chiều cùng chiều chuyển động và giúp xe vượt được góc dốc lớn hơn góc dốc mà trước đó đã tính toán.

3.5.3. Thử nghiệm xe ở chế độ hành trình lớn nhất

Để thử nghiệm ở chế độ hành trình lớn nhất, vận tốc hoạt động của xe phải giữ cố định ở tốc độ mà xe hoạt động tiết kiệm nhất theo tính toán là $10,57\text{m/s} = 38\text{km/h}$. Với điều kiện này thì việc chạy thử xe trên đường giao thông trong TPHCM khó đáp ứng được nên tác giả chọn địa điểm thí nghiệm là bãi tập lái xe đã nêu ở mục 3.5.2 với đường bằng trải bê tông nhựa, mỗi vòng khoảng 450m.

Chuẩn bị xe như đã nêu ở mục 3.5.1, khởi xe và tăng tốc đến khoảng 38 km/h và giữ cố định tay ga cho xe chuyển động đều đến khi SOC=20% mạch BMS ngắt điện thì ghi lại tổng thời gian xe chuyển động. Thử nghiệm ở chế độ nửa tải một lần và nạp đầy pin, ngày hôm sau thử nghiệm ở chế độ đầy tải một lần. Kết quả thử nghiệm như sau:

Chế độ 50% tải, xe đi được trong thời gian $1\text{h}55\text{p}15\text{s} = 6915\text{ s}$

Chế độ 100% tải, xe đi được trong thời gian $1h36p19s = 5779$ s

Vì xe chuyển động đều với vận tốc $38 \text{ km/h} = 10,57 \text{ m/s}$ nên ta dễ dàng tính được quãng đường lớn nhất mà xe đi được trong hai trường hợp:

- Trường hợp 50% tải: $S_1 = 10,57 \times 6915 = 73091 \text{ m} = 73,091 \text{ km}$

- Trường hợp 100% tải: $S_2 = 10,57 \times 5779 = 61084 \text{ m} = 61,084 \text{ km}$

Bảng 3.7: So sánh kết quả thực nghiệm và tính toán quãng đường lớn nhất

Chế độ	Quãng đường tính toán (km)	Quãng đường thực nghiệm (km)	Sai lệch (%)
50% tải	78,77	73,091	7,2
100% tải	65,83	61,084	7,2

So sánh kết quả thực nghiệm với tính toán với thực nghiệm ta thấy giá trị thực nghiệm trong cả hai trường hợp đều thấp hơn 7,2% so với tính toán. Nguyên nhân sai lệch có thể do trong quá trình thực nghiệm ảnh hưởng bởi sức cản gió, đồng thời trong quá trình thực nghiệm vận tốc xe không cố định mà luôn dao động quanh giá trị 38km/h. Điều này làm cho tổn thất của động cơ điện tăng lên do hiệu suất không đúng ở mức tối ưu và gây ra ảnh hưởng nhỏ bởi lực quán tính.

Bảng 3.8: Tính năng động lực học của xe khi sử dụng bộ nguồn pin Li-ion

Tính năng	Xe hybrid ắc quy axit - chì		Xe hybrid pin Li-ion	
	50% tải	100% tải	50% tải	100% tải
Tiêu hao nhiên liệu (lit/100km)	2,521	2,866	2,162	2,425
Quãng đường đi được ở chế độ hybrid đến khi SOC = 50% (km)	43,431	36,487	64,366	54,477
Quãng đường tối đa khi chỉ sử dụng động cơ điện (km)	47,6	42,4	78,77	65,83
Vận tốc lớn nhất khi chỉ sử dụng động cơ điện (km/h)	44,75	41,3	52,67	48,42

Độ dốc lớn nhất khi chỉ sử dụng động cơ điện (%)	3,54	2,39	4	2,54
Khối lượng xe sau cải tạo (kg)	238	303	208	273
Khối lượng bộ nguồn	41,6		10,84	
Thể tích bộ nguồn (lit)	14,5		6,53	
Thể tích bộ nguồn + vỏ hộp (lit)	21		8,11	

Chương 4

TÍNH TOÁN CHI PHÍ ĐẦU TƯ, KHAI THÁC

4.1. Tính toán chi phí đầu tư

Chi phí đầu tư và cải tạo ban đầu xe Honda Lead 110 cc thành xe hybrid được tính toán như sau:

Bảng 4.1: Chi phí đầu tư cải tạo xe Honda Lead (Tỉ giá \$: 23.400VNĐ)

Nội dung	Số lượng	Đơn giá (\$)	Thành tiền (\$)	Thành tiền (VNĐ)
Chi phí mua xe mới	1	1709	1709	40.000.000
Động cơ BLDC 48V-1000W	1	117	117	2.737.800
Bộ điều khiển DLDC	1	24	24	561.600
Tay ga kết hợp Hall sensor	1	8.2	8.2	191.880
Cell pin li-ion	180	2.3	414	9.687.600
BMS	1	14	14	327.600
PMS	1	12	12	280.800
Gia công cơ khí + nhân công	1	100	100	2.340.000
Tổng cộng				56.127.280

Trong đó:

- Chi phí mua xe mới: 40.000.000đ
- Bộ pin: 9.687.600đ
- Các vật tư và chi phí khác: 6.439.680đ

4.2. Tính toán chi phí khai thác sử dụng

Để tính toán chi phí khai thác cho xe nền và xe cải tạo, tác giả chọn phương án tính toán và quy đổi tất cả các khấu hao và chi phí khai thác cơ bản /1km hoạt động.

4.2.1. Khấu hao xe nền và chi phí cải tạo

Theo nghiên cứu của ông Tùng [54] thì tuổi thọ xe máy phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chất lượng sản xuất, môi trường, địa hình sử dụng, công tác bảo dưỡng sửa chữa và thói quen sử dụng của người dân... Nhưng tính trung bình thì xe máy ở Việt Nam có tuổi thọ khoảng 200.000 km với hai lần sửa chữa lớn ở 100.000 km và ở 150.000 km.

Căn vào kết quả mô phỏng ở chương 3, khi hoạt động ở chế độ hybrid với chu trình Japan 10-15 Mode thì công suất do động cơ điện tạo ra chiếm 48,15% tổng công suất cần thiết của xe nên để đơn giản cho tính toán chi phí khai thác, tác giả chấp nhận giả thiết là tất cả các chi tiết, vật tư của động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực của xe nguyên bản có tần suất hoạt động ít hơn xe nền và tuổi thọ của chúng cũng được kéo dài thêm 48,15%. Như vậy, tuổi thọ của xe hybrid vào khoảng 296.300 km.

- Khấu hao xe nền: $40.000.000\text{đ}/200.000\text{km} = 200 \text{ đ/km}$.
- Khấu hao vật tư cải tạo: $6.439.000/296300 = 21,73 \text{ đ/km}$.
- Khấu hao xe nền chạy ở chế độ hybrid: $40.000.000/296300 = 135 \text{ đ/km}$.

4.2.2. Chi phí nhiên liệu

Chế độ một người lái, xe hybrid tiêu hao 2,162 lit/100km, xe nền tiêu hao 2,693 lit/100km còn ở chế độ toàn tải là 2,425 và 3,012 lit/100km. Theo kết quả của nghiên cứu trước [12], hệ số sử dụng của xe máy ở THHCM là 1,25. Nghĩa là cứ 3 xe chở 1 người thì có 1 xe chở 2 người. Từ đó, ta tính được lượng tiêu hao trung bình của xe hybrid và xe nền là:

Tiêu hao trung bình xe nền: $(2,693 \times 3 + 3,012)/4 = 2,77275 \text{ lit}/100\text{km}$

Tiêu hao trung bình xe hybrid: $(2,162 \times 3 + 2,425)/4 = 2,22775 \text{ lit}/100\text{km}$

Giá xăng A95 tại TPHCM vào tháng 6/2019 làm tròn là 20.000 đ/lit

Chi phí nhiên liệu xe nền là: $2,77275 \times 20.000 / 100 = 554,55 \text{ đ/km}$

Chi phí nhiên liệu xe hybrid là: $2,22775 \times 20.000 / 100 = 445,55 \text{ đ/km}$

4.2.3. Khấu hao pin và chi phí sạc điện của xe hybrid

Với chu trình hoạt động ngừng xả ở SOC=50%, theo đặc tính của cell và bộ nguồn Li-ion đã trình bày ở chương 3, tuổi thọ của pin lớn hơn 2.000 chu kỳ mà vẫn bảo đảm dung lượng pin không tụt dưới 50%. Mỗi chu kỳ nạp xả 50% dung lượng thì xe hybrid đi được 64,336 km, ta tính được tuổi thọ pin là 128.672 km.

Khấu hao pin là $9.687.000/128.672 = 75,284 \text{ đ/km}$

Công suất bộ pin là: $12\text{V} \times 33\text{Ah} = 1584 \text{ Wh}$

Mỗi lần nạp 50% dung lượng tiêu hao điện năng 0,792kWh với đơn giá điện ước tính 2000 đ/kWh

Chi phí nạp điện là: $0,792 \times 2000 / 64,336 = 24,62$ đ/km

4.2.4. Các chi phí và khấu hao cơ bản khác

Theo tài liệu hướng dẫn vận hành và bảo trì Honda Lead 110cc [55], quy định về chu kỳ bảo dưỡng, sửa chữa và tuổi thọ một số phụ tùng vật tư hao mòn tự nhiên của xe. Kết hợp với bảng báo giá các dịch vụ và phụ tùng vật tư của đại lý ủy quyền của Honda Việt Nam tại TPHCM, ta tính được chi phí và các khấu hao sau:

-Ắc quy khởi động: Sử dụng ắc quy khô 12V – 7Ah có đơn giá 450.000đ và tuổi thọ khoảng 30.000 km

Khấu hao ắc quy với xe nền: $450.000/30.000 = 15$ đ/km

Khấu hao ắc quy xe hybrid: $450.000 / 30.000 \times 1,4815 = 10,12$ đ/km

- Bảo dưỡng 1: 2.000 km

Xe nền: $600.000 / 2.000 = 300$ đ/km

Xe hybrid: $600.000 / 2.963 = 202,5$ đ/km

- Bảo dưỡng 2: 5.000 km

Xe nền: $1.100.000/5.000 = 220$ đ/km

Xe hybrid: $1.100.000/7.407 = 148,5$ đ/km

- Sửa chữa lớn lần 1: 100.000 km

Xe nền: $3.000.000/100.000 = 30$ đ/km

Xe hybrid: $3.000.000/148.150 = 20,25$ đ/km

- Sửa chữa lớn lần 2: 150.000 km

Xe nền: $5.000.000 / 150.000 = 33,33$ đ/km

Xe hybrid: $5.000.000/222.225 = 22,5$ đ/km

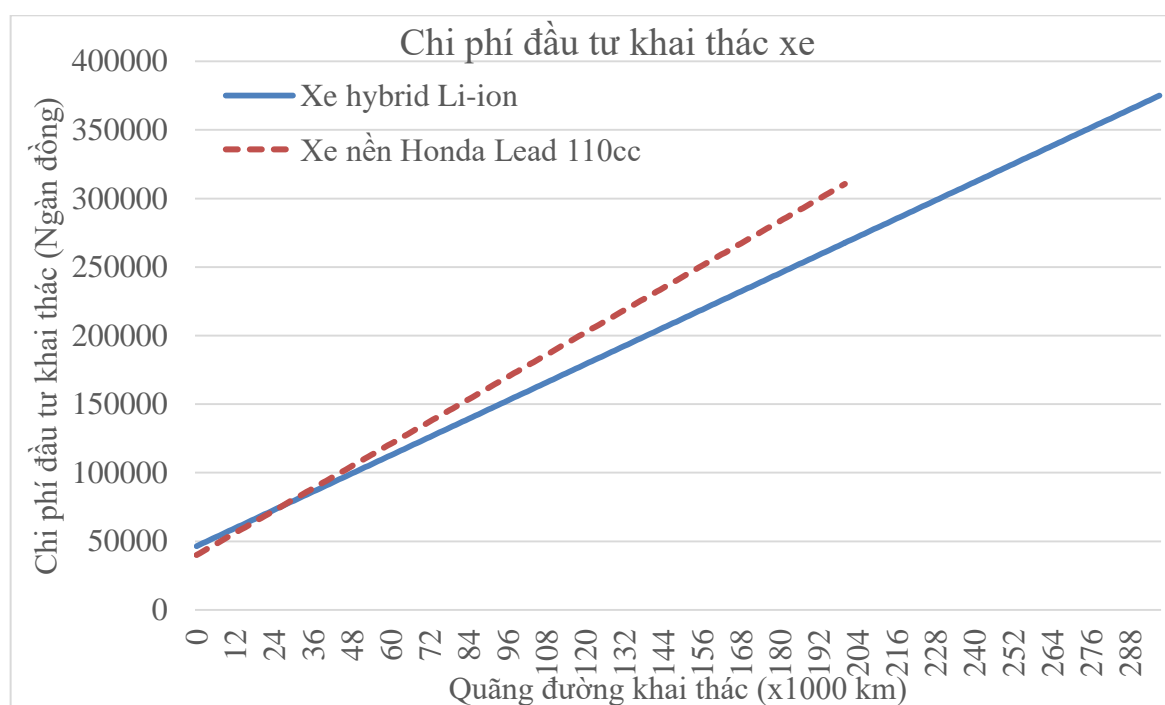
Các chi phí và khấu hao khác giữa hai xe xem như bằng nhau.

4.3. Đánh giá chi phí đầu tư khai thác

Từ kết quả tính toán ở trên, ta lập bảng và vẽ biểu đồ chi phí đầu tư khai thác, xác định điểm hòa vốn khi tiến hành cải tạo và cho xe hoạt động.

Bảng 4.2: So sánh chi phí đầu tư khai thác xe nền và xe hybrid

Nội dung	Chi phí (x 1000đ)		Quãng đường (km)		Chi phí (đ/km)	
	Xe nền	Xe hybrid	Xe nền	Xe hybrid	Xe nền	Xe hybrid
Khâu hao xe nền	40.000	40.000	200.000	296.300	200	135
Khâu hao cải tạo	0	6.439	0	296.300	0	21,73
Nhiên liệu	55,455	44,555	100	100	554,55	445,55
Nạp điện	0	1,584	0	64,336	0	24,62
Pin Li-ion	0	9.687	0	128.672	0	75,28
Ắc quy khởi động	450	450	30.000	44.445	15	10,125
Bảo dưỡng 1	600	600	2.000	2.963	300	202,5
Bảo dưỡng 2	1.100	1.100	5.000	7.407,5	220	148,5
Sửa chữa lớn lần 1	3.000	3.000	100.000	148.150	30	20,25
Sửa chữa lớn lần 2	5.000	5.000	150.000	222.225	33,33	22,5
Tổng					1.352,89	1.106,06



Hình 4.1: So sánh chi phí đầu tư khai thác xe hybrid và xe nền

Qua đồ thị trên, ta có nhận xét:

- Chi phí đầu tư ban đầu của xe hybrid cải tạo cao hơn xe nền gần 16 triệu đồng. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác sử dụng thì cứ khai thác 1km thì chi xe hybrid thấp hơn xe nền 246,88đ. Điểm hòa vốn khi đầu tư cải tạo và khai thác xe hybrid với bộ nguồn Li-ion ở khoảng 26.000 km.

- Nghiên cứu của ông Tùng [54] cho thấy, quãng đường di chuyển trung bình bằng xe máy của người dân TP.HCM là 23 km/ngày, tương đương 8.395 km/năm. Như vậy nếu đầu tư cải tạo xe Honda Lead thành xe hybrid thì sau khoảng 3,1 năm sẽ hòa vốn.

- Sau 3,1 năm, cứ khai thác thêm 1km thì chi phí khai thác giảm được 246,88đ nên tính đến khi khai thác hết tuổi thọ xe nền là 200.000 km tương đương 23,8 năm thì chi phí đầu tư khai thác xe hybrid giảm được 43 triệu đồng, tương đương số tiền để mua một xe mới.

- Tính trên toàn TPHCM với khoảng 8,6 triệu xe máy, nếu đầu tư cải tạo các xe máy dùng nhiên liệu xăng truyền thống thành xe hybrid thì tốn 137.600 tỷ đồng nhưng sau 23,8 năm, chi phí khai thác giảm được 369.800 tỷ đồng, trừ đi tiền đầu tư ban đầu thì số tiền tiết kiệm được là 232.200 tỷ đồng. Nếu so sánh với giá thành đường cao tốc TPHCM – Long Thành – Dầu Giây là 375 tỷ đồng/km (tổng vốn 20.630 cho 55km), số tiền này có thể xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông tương đương khoảng 600 km đường cao tốc. Đồng thời nhu cầu xăng A95 sẽ giảm gần 9,4 triệu m³. So sánh với mức tiêu thụ xăng của cả nước 6 tháng đầu năm 2018 là 4,43 triệu m³ [57]. Lượng xăng dầu tiết kiệm đủ cung cấp xăng cho cả nước trong khoảng 1 năm.

Như vậy, việc cải tạo xe gắn máy sử dụng động cơ đốt trong với nhiên liệu xăng truyền thống thành xe máy hybrid vừa đạt được tính kinh tế nhiên liệu, giảm được lượng tiêu thụ xăng dầu bảo đảm an ninh năng lượng đồng thời giảm phát thải 50% CO và HC ra môi trường [58].

Chương 5

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

5.1.1. Các kết quả đã đạt được

Đề tài “Nghiên cứu tối ưu tính năng bộ nguồn pin Lithium – ion và chi phí vận hành cho xe gắn máy tích hợp truyền động lai” đã giải quyết được những vấn đề sau:

- Nghiên cứu tình hình và xu hướng phát triển xe gắn máy ở các thành phố lớn tại Việt Nam nói chung và TPHCM nói riêng, phân tích ưu nhược điểm của xe xăng và xe điện từ đó đi sâu vào giải pháp cải tạo xe xăng thành xe hybrid.

- Nghiên cứu tổng quan về tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan đến lĩnh vực xe hybrid đặc biệt là xe máy hybrid. Từ đó xem xét các vấn đề còn vướng mắc trong việc cải tạo xe máy thành xe hybrid và đề ra hướng giải quyết hai trong các vướng mắc đó là tối ưu bộ nguồn điện và chi phí đầu tư, khai thác xe sau cải tạo.

- Trình bày cơ sở lý thuyết về xe hybrid, phương án cải tạo xe phương án cải tạo xe nền thành xe hybrid, cơ lý thuyết về mô hình và mô phỏng.

- Phân tích ưu nhược điểm của các hệ thống lưu trữ năng lượng sử dụng trên xe hybrid, lựa chọn phương án, thiết kế, chế tạo và thử nghiệm bộ nguồn pin Li-ion 48V – 33Ah và mạch BMS đáp ứng được yêu cầu tính năng động lực học và phù hợp điều kiện hoạt động của xe.

- Trình bày cơ sở lý thuyết về tối ưu, phương pháp giải bài toán phân phối công suất để tối ưu tính năng bộ nguồn pin Li-ion dựa trên mục tiêu tối ưu hàm chi phí nhưng phải bảo đảm điều kiện về yêu cầu động lực học của xe và tuổi thọ cũng như SOC của bộ nguồn.

- Tính toán, kiểm nghiệm xe ở các điều kiện việc, mô phỏng xe hybrid trong Matlab Simulink, thử nghiệm thực tế để đánh giá tính năng động lực học của xe và tính kinh tế nhiên liệu.

- Tính toán chi phí đầu tư, cải tạo và khai thác xe hybrid cải tạo, so sánh với xe nền và đưa ra các đánh giá.

- Hoàn thành 01 bài báo có độ dài 09 trang đăng trên Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Đại học Quốc gia TP HCM, tập 20, số K6-2017, tr.51 - 59.

5.1.2. Các hạn chế

Mặc dù đạt được nhiều kết quả khả quan tuy nhiên đề tài vẫn còn một số hạn chế sau:

- Khối lượng công việc cần nghiên cứu nhiều, bản thân tác giả vừa công tác vừa học tập nghiên cứu nên đề tài đã không hoàn thành đúng tiến độ.

- Kết quả tính toán và mô phỏng xe hybrid chưa xét đến trường hợp phanh tái sinh để thu hồi năng lượng phanh nạp lại cho bộ pin.

- Điều kiện thực nghiệm chưa tốt nên kết quả thực nghiệm chưa sát kết quả tính toán mô phỏng (có kết quả sai lệch đến 7,2%).

- Quá trình thực nghiệm mới chỉ thực hiện được ở chế độ mình động cơ điện hoạt động mà không thử nghiệm được xe ở chế độ hybrid.

- Chi phí đầu tư khai thác chỉ mới tính theo xe mới trong khi định hướng khách hàng của nghiên cứu là các xe máy chạy động cơ xăng đang sử dụng. Đồng thời tác giả chưa xét đến chi phí chất xám nghiên cứu và chuyển giao.

5.2. Kiến nghị

Với kết quả của đề tài cùng với kết quả của những nghiên cứu trước đã giải quyết hầu hết các vấn đề đặt ra khi cải tạo xe Honda Lead 110cc thành xe hybrid xăng – điện, đó là:

- Lựa chọn phương án cải tạo, bố trí chung;
- Tính toán sự ảnh hưởng của việc cải tạo đến tính năng động lực học của xe;
- Xác định các chế độ làm việc, phương pháp phân phối công suất của bộ điều khiển PMS;
- Tối ưu phân phối công suất;
- Tối ưu nguồn năng lượng;
- Tính toán chi phí đầu tư khai thác;
- Tính toán khí thải.

Để đề tài hoàn thiện hơn, các vấn đề sau đây cần tiếp tục được nghiên cứu:

- Tính toán, mô phỏng, thử nghiệm xe cải tạo ở chế độ phanh tái sinh;
- Tính toán sự ảnh hưởng của việc cải tạo đến độ bám, tính năng lái khi lắp động cơ điện dẫn động bánh trước;
- Hoàn thiện thiết kế và công nghệ chế tạo để có thể tiến hành trên diện rộng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Văn Ga, Trần Văn Nam, Trần Thanh Hải Tùng. *Energy - Environment Issue in Transport of Vietnam*, The 4th Seminar on Environment Science and Technology Issues Related to the Sustainable Development for Urban and Coastal Areas. Japan Vietnam Core University Program, pp. 264-269. Danang 27-28 September 2007.
- [2] Phạm Mai Chi. *Ngành công nghiệp dầu khí thế giới năm 2015*, Tạp chí Dầu khí số 11, phần 2. Viện Kinh tế và quản lý, Đại học Bách khoa Hà nội, 02/2016.
- [3] Syahri, S.; Resosudarmo, B.P.; Tomo, H.S. *Study on Air Quality in Jakarta, Indonesia - Future Trends, Health Impacts, Economic value and PolicyOptions*, Asian Development Bank. Metro Manila Philippines, 2002.
- [4] Phạm Thúy Châu, Takayuki Kameda, Akira Toriba, Kazuichi Hayakawa, *Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in particulates emitted by motorcycles*, Kanazawa University, Japan. Vol. 183, pp. 175-183, 12/2013.
- [5] 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.
- [6] *Integrated Teaching and Learning Program*, Transportation and the Environment, College of Engineering, University of Colorado Boulder, 2017.
- [7] Halter D. *Sources of CO and NOx emissions research*, 24th Com U.S. Environmental Protection Agency, 2017.
- [8] Phan Thị Quỳnh. *Ý tưởng giảm thiểu ô nhiễm không khí ở Tp.Hồ Chí Minh*, 2007.
- [9] Adak, P., Sahu R., Elumalai, S.P. *Development of emission factors for motorcycles and shared auto-rickshaws using real-world driving cycle for a typical Indian city*. Science of the Total Environment 544, 2016.
- [10] *Báo cáo thống kê tăng trưởng phương tiện giao thông 2011-2015*, Sở Giao thông vận tải Tp. Hồ Chí Minh, 03/2016.

- [11] Nguyễn Thanh Phong. *Báo cáo trả lời chất vấn về quy hoạch xây dựng, kiến trúc và hạ tầng đô thị TP HCM*, Kỳ họp thứ 13, Ủy ban thường vụ Quốc hội khóa XIV, 16/08/2017.
- [12] Phạm Hòa Chung. *Đề án tăng cường vận tải hành khách công cộng kết hợp kiểm soát sử dụng xe cá nhân tại TP HCM*, Viện Chiến lược và Phát triển giao thông, Bộ GTVT, 03/2019.
- [13] Wikipedia. Electric motorcycle and electric scooter. Internet: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motorcycles_and_scooters, 20/6/2018.
- [14] AOL Inc. *Peugeot E-Vivacity electric scooter slated for 2011 release*. Internet: <Http://www.autoblog.com>, 05/4/2018.
- [15] *Yamaha unveils its first no-emission electric scooter*, Agence France-Presse (AFP), Space Daily, 10/2002.
- [16] *Glow In The Dark Electric Bike Features Built-in iPod Dock*. Internet: <Http://www.inventorspot.com>, 27/11/2018.
- [17] Bramo. *Enertia*. Internet: <Http://www.brammo.com>, 27/11/2018.
- [18] *2010 Electric Motorcycle of the Year*. Internet: <Http://www.brammo.com>, 27/11/2018.
- [19] Evoke Motorcycles. *Urban S*. Internet: Http://evokrmotorcycle.com/urban_s, 07/2/2017.
- [20] Zero Motorcycles. *Zero S*. Internet: <Https://autopro.com.vn/zero-s.htm>, 25/11/2018.
- [21] Vinfast. *Vinfast – Klara – Thông số kỹ thuật*. Internet: <https://xemaydien.vinfast.vn/klara>, 21/11/2018.
- [22] Cục Đăng kiểm Việt Nam. *Báo cáo thống kê phương tiện đăng ký mới 6 tháng đầu năm*. Bộ Giao thông vận tải, 06/2019.
- [23] W. K. Yap and V. Karri, *Performance simulation and predictive model for a parallel hybrid electric scooter drive*, International Journal of Energy Research, Vol. 34, pp. 67-83. 2010.

- [24] Piaggio MP3. Internet: [Http://en.wikipedia.org/wiki/Piaggio_MP3](http://en.wikipedia.org/wiki/Piaggio_MP3) , 25/4/2018.
- [25] Hero Leap. Internet: [Http://www.heromotocorp.com](http://www.heromotocorp.com), 18/7/2018.
- [26] Bo-Chiuan Chen, Yuh-Yih Wu, Ying-Da Huang, and Chung-Neng Huang. *Modeling and Control of Hybrid Electric Motorcycle with Direct-Driven Wheel Motor*, SAE Technical Paper 2004-01-1054, 2004.
- [27] W. K. Yap, and V. Karri. *Modeling and Simulation of a Hybrid Scooter*. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol.2, No.11, pp.1229-1234, 2008.
- [28] Kuen-Bao Sheu. *Simulation for the analysis of a hybrid electric scooter powertrain*. Applied Energy, Vol. 85, pp.589–606, 2008.
- [29] Xiaoling He, J. W. Hodgson. *Modeling and Simulation for Hybrid Electric Vehicles*, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Vol 3, pp. 235 – 243, 12/2002.
- [30] P. Shetty, S. Dawnee. *Modeling and simulation of the complete electric power train of a Hybrid electric vehicle*. Annual International Conference on Magnetism, Machines & Drives (AICERA/iCMMD), 2014.
- [31] PW Cross. *System modeling and energy management strategy development for series hybrid vehicles*, George W. Woodruff School of Mechanical Engineering, 2008.
- [32] Jeffrey Daniel Wishart. *Modelling, Simulation, Testing, and Optimization of Advanced Hybrid Vehicle Powertrains*. University of Victoria, 2008.
- [33] Yuliang L. Zhou. *Modeling and Simulation of Hybrid Electric Vehicles*. University of Victoria, 2007.
- [34] J.Molenda. *Li-ion batteries for electric vehicles*. Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska Lublin – Polonia, Vol. 66, 2011.
- [35] Vinodkumar Etacheri, Rotem Marom, Ran Elazari, Gregory Salitra, Doron Aurbach. *Challenges in the development of advanced Li-ion batteries*. Energy Environ. Sci, Vol. 4, pp. 3243, 2011.

- [36] Fengchun Sun, Xiaosong Hu, Yuan Zou, Siguang Li. *Adaptive unscented Kalman filtering for state of charge estimation of a lithium-ion battery for electric vehicles*. Energy Science Direct, Vol. 36, pp. 3531-3540, 2011.
- [37] Dominica Notter, Marcel Gauch, Rolf Widmer, Patrick Wager, Anna Stamp, Rainer Zah, Hans-Jorg Althaus. *Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles*. Energy Environ. Sci, Vol. 44, pp. 6550–6556, 2010.
- [38] 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, 8/2013.
- [39] 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*, IEEE Transactions on vehicular technology, Vol. 59, No. 6, 7/2010.
- [40] Bùi Văn Ga, Nguyễn Quân. *Electric – Gas hybrid motorcycle*, The 6th General Seminar of the Core University Program “Environmental Science and Technology for sustainability of Asia, Kumamoto, Japan, 2-4 October 2006, pp. 361-367.
- [41] Phạm Văn Minh. *Tính toán thiết kế xe máy hybrid phù hợp với điều kiện ở Việt Nam*, Đại học Bách khoa Hà Nội, 06/2012.
- [42] Nguyễn Trí Thành, Nguyễn Văn Nhận. *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo, thử nghiệm bộ phân phối công suất trang bị trên mô hình xe hybrid kiểu hỗn hợp*, Tạp chí Khoa học – Công nghệ thủy sản, Trường Đại học Nha Trang, số 03, tr. 138 – 142, 2015.
- [43] 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.
- [44] Huỳnh Thịnh. *Nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng hệ thống truyền lực xe lai*. Luận văn thạc sỹ, Đại học SPKT Thành phố Hồ Chí Minh, 2016.

- [45] Wei Liu. *Introduction to Hybrid Vehicle System Modeling and Control*. John Wiley & Sons Inc., Publication, 2013.
- [46] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay and Ali Emadi. *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*. CRC Press LLC, 2005.
- [47] Chris Mi, M. Abul Masrur and David Wenzhong Gao. *Hybrid electric vehicles: principles and applications with practical perspectives*. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2011.
- [48] Leaf Motor Technology Co. Ltd. *Electric Motorcycle Motors performance data*, Internet: [Http://www.leafmotor.com/electric-bikemotors/pblw-16b-electric-motorcycle-motor](http://www.leafmotor.com/electric-bikemotors/pblw-16b-electric-motorcycle-motor) , 2018.
- [49] Honda Motors Vietnam. *Honda Lead 110cc Service Manual*. Honda Motors, 2009.
- [50] K. Kariatsumari, H. Kume, H. Yomogita, P. Keys. *Analyst of Lithium – ion battery market for electric and hybrid vehicle*, Nikkei Electronics Asia, 2015.
- [51] SCUD (Fujian) Electronics Co.,Ltd.. *Sanyo Lithium Ion Battery UR18650F-SCUD-3*. Internet: [Http://www.batteryonestop.com/baotongusa/products/li-ion/sanyo-ur18650f-26a.pdf](http://www.batteryonestop.com/baotongusa/products/li-ion/sanyo-ur18650f-26a.pdf), 14/7/2017.
- [52] Linear Technology Co, *TP4056 Linear Li-Ion Charger with Termination*. Internet: [Http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/405642f.pdf](http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/405642f.pdf), 20/7/2017.
- [53] Van-Trang Nguyen, Pyung Hwang, and Thinh Huynh. *Computational Analysis on Hybrid Electric Motorcycle with Front Wheel Electric Motor using Lithium-Ion Battery*, IEEE International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), HCMC University of Technology and Education. p.p 56 – 60, 23th – 25th July, 2017.
- [54]. H.D. Tung, H.Y. Tong, N.T. Hung, N.T.N. Anh. *Development of emission factors and emission inventories for motorcycles and light duty vehicles in the urban region in Vietnam*. Science of the Total Environment Vol 409, p.p 2761–2767, 2011.

[55] Honda Vietnam. *Operation and maintenance manual for Honda Lead 110cc*, 2011.

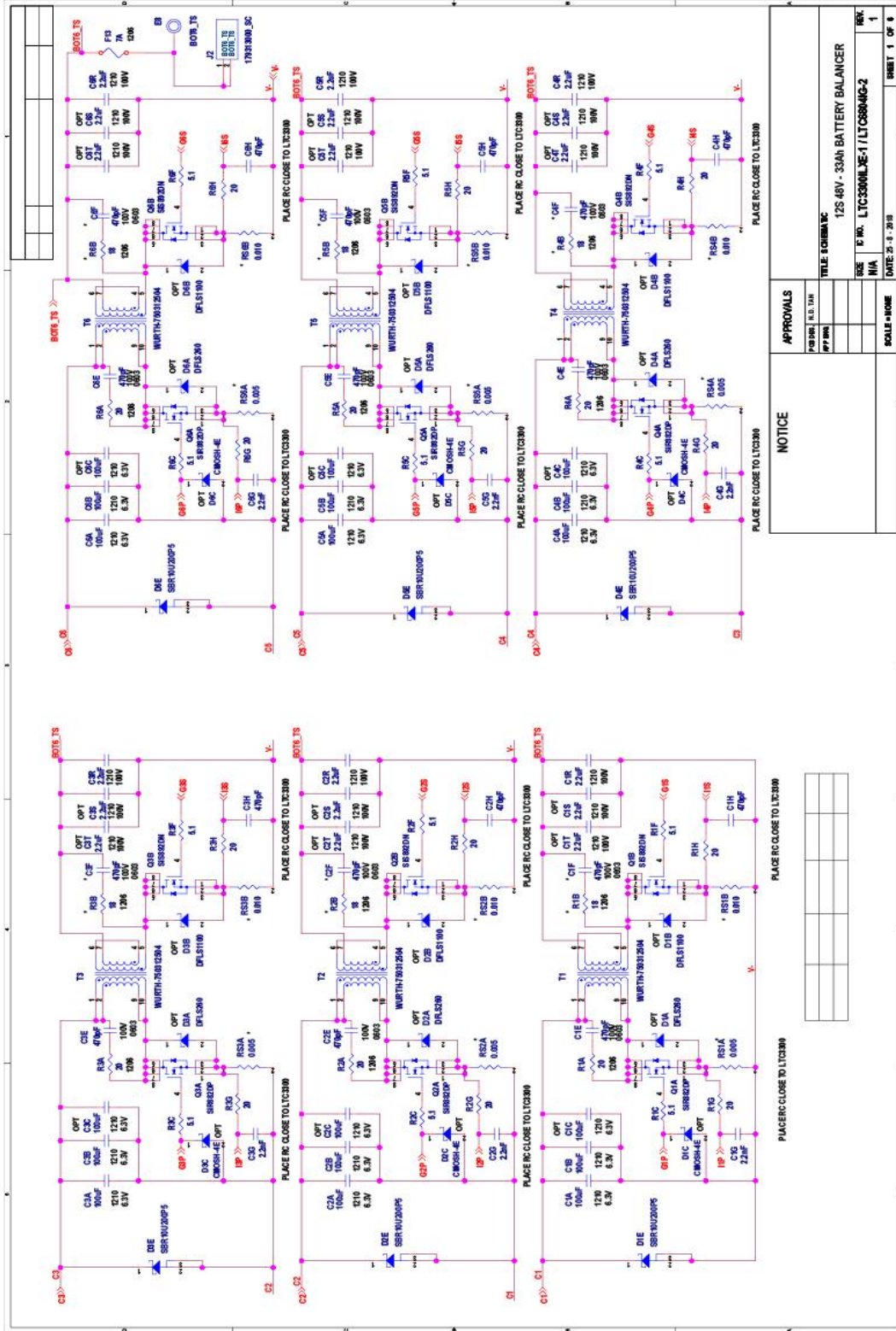
[56] Công ty TNHH MTV TM & DV Chí Dũng (Head Honda Chí Dũng). *Bảng báo giá xe, vật tư phụ tùng và dịch vụ tháng 6*. Internet: <https://honda-chi-dung.business.site/>, 12/6/2019.

[57] Vụ Thị trường trong nước / Bộ Công thương. *Báo cáo tiêu thụ xăng dầu 6 tháng đầu năm 2018*, Hội nghị tuyên truyền về phát triển và sử dụng nhiên liệu sinh học, TPHCM 13/9/2018.

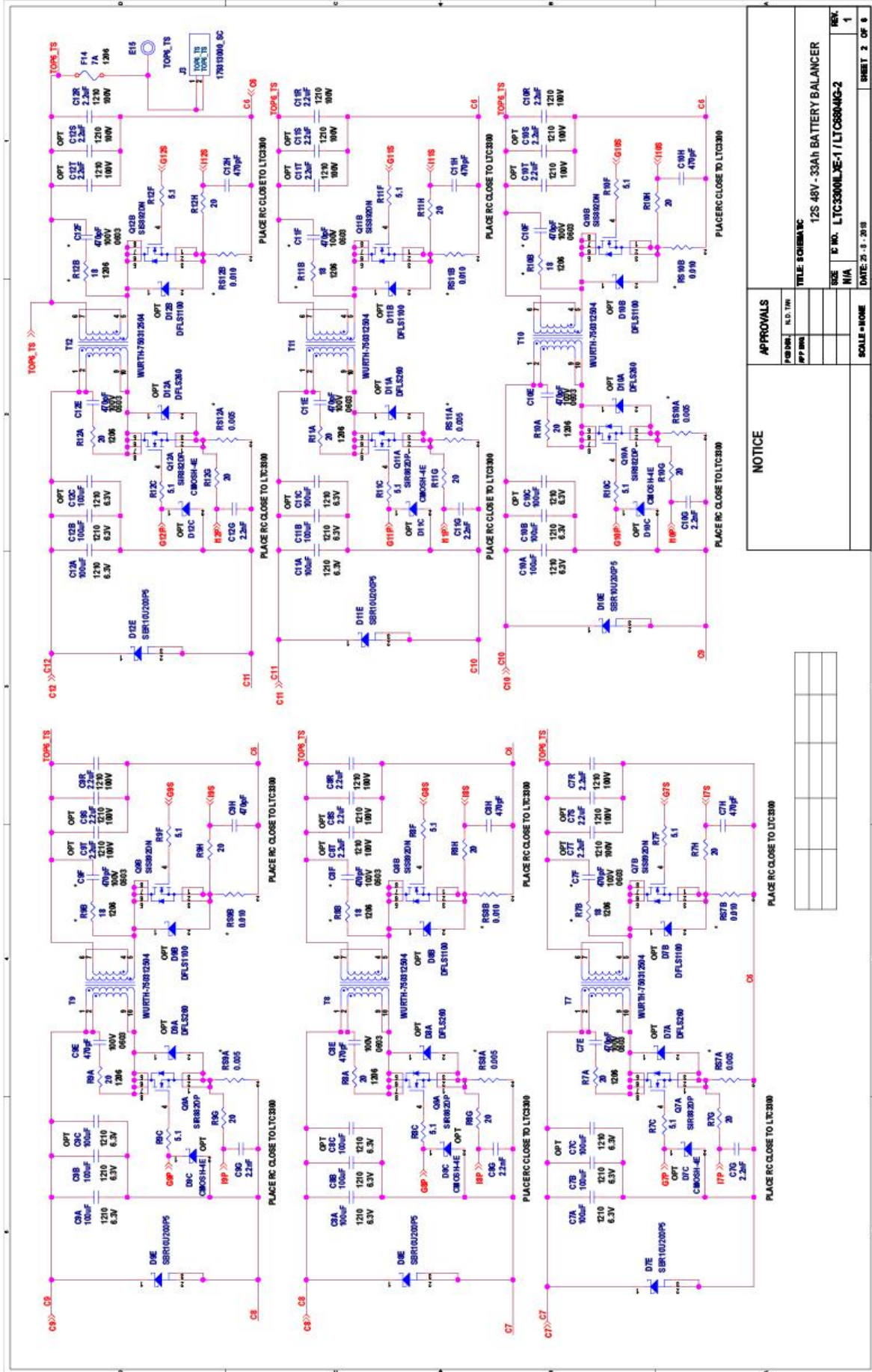
[58] Nguyễn Đức Nam. *Khảo sát tình hình ô nhiễm môi trường do khí thải của xe máy và đề xuất giải pháp khắc phục*, Luận văn Thạc sỹ. Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TPHCM, 2018.

PHỤ LỤC 1

BẢN VẼ THIẾT KẾ MẠCH BMS



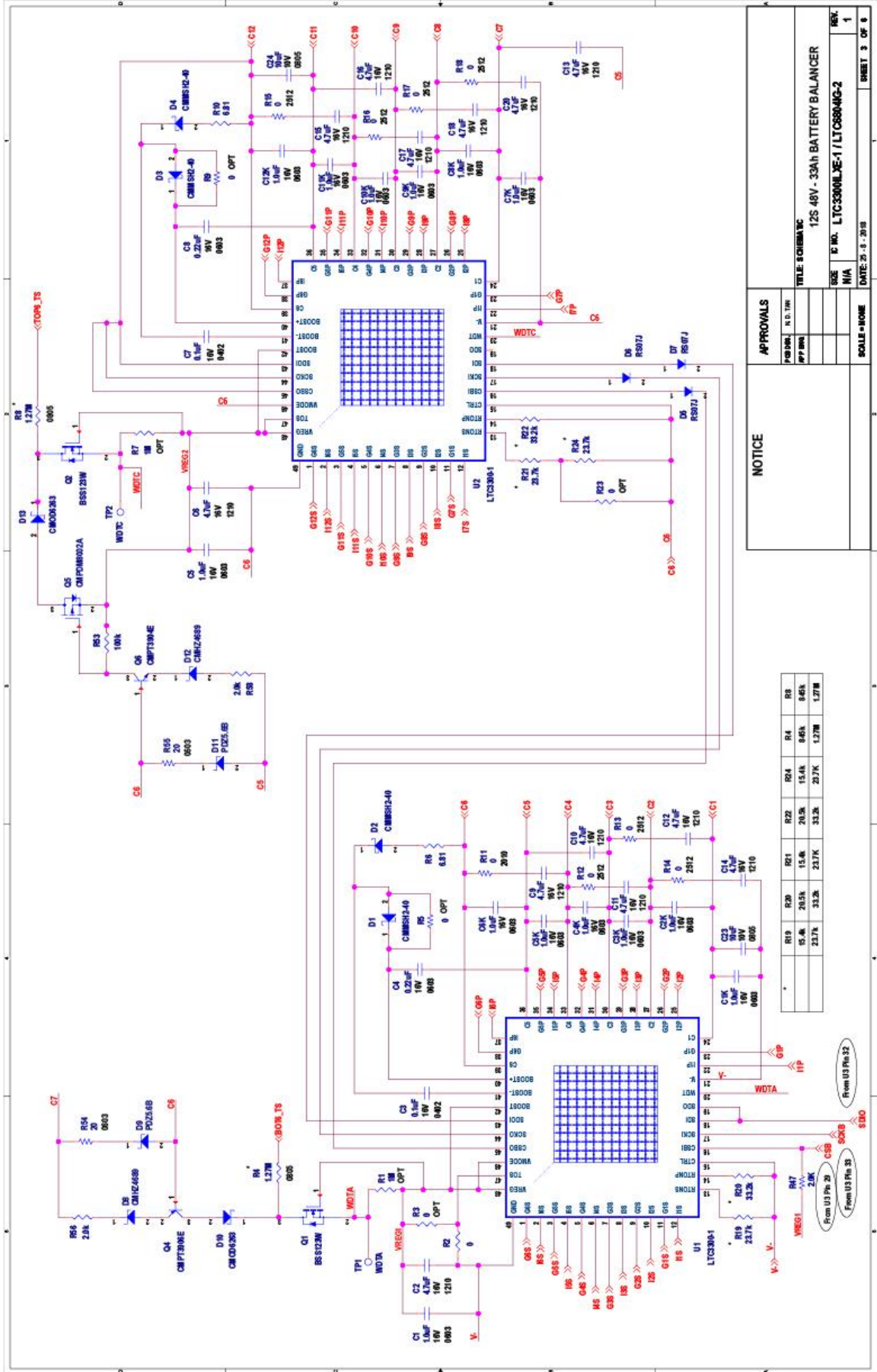
APPROVALS	
DESIGNER	DATE
NOTICE	
TITLE: SCHEMATIC	
12S 48V - 33AH BATTERY BALANCER	
REV	
1	
SCALE	1:1
DATE	25-8-2020
SHEET 1 OF 6	



APPROVALS	
DESIGNER	N.D. TH
APP'D	

NOTICE	
SCALE	NONE

TITLE: SCHEMATIC	
REV.	1
DATE	25-8-2010
DATE	25-8-2010



R19	R20	R21	R22	R24	R8
15.4K	20.5K	15.4K	20.5K	15.4K	8.45K
23.7K	33.2K	23.7K	33.2K	23.7K	1.27M

NOTICE

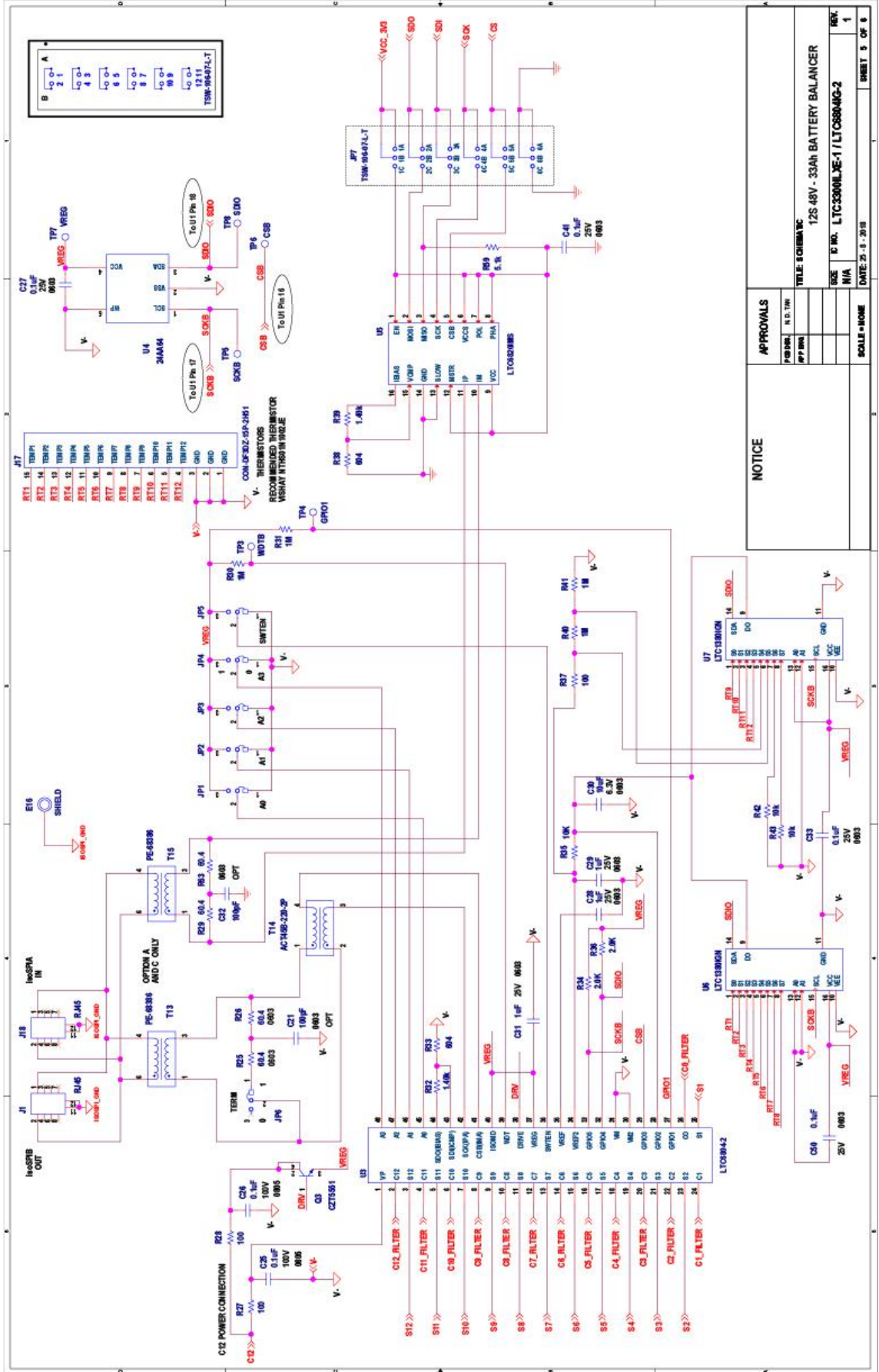
APPROVALS

DESIGNER	N. D. TH
DATE	2018.09.18

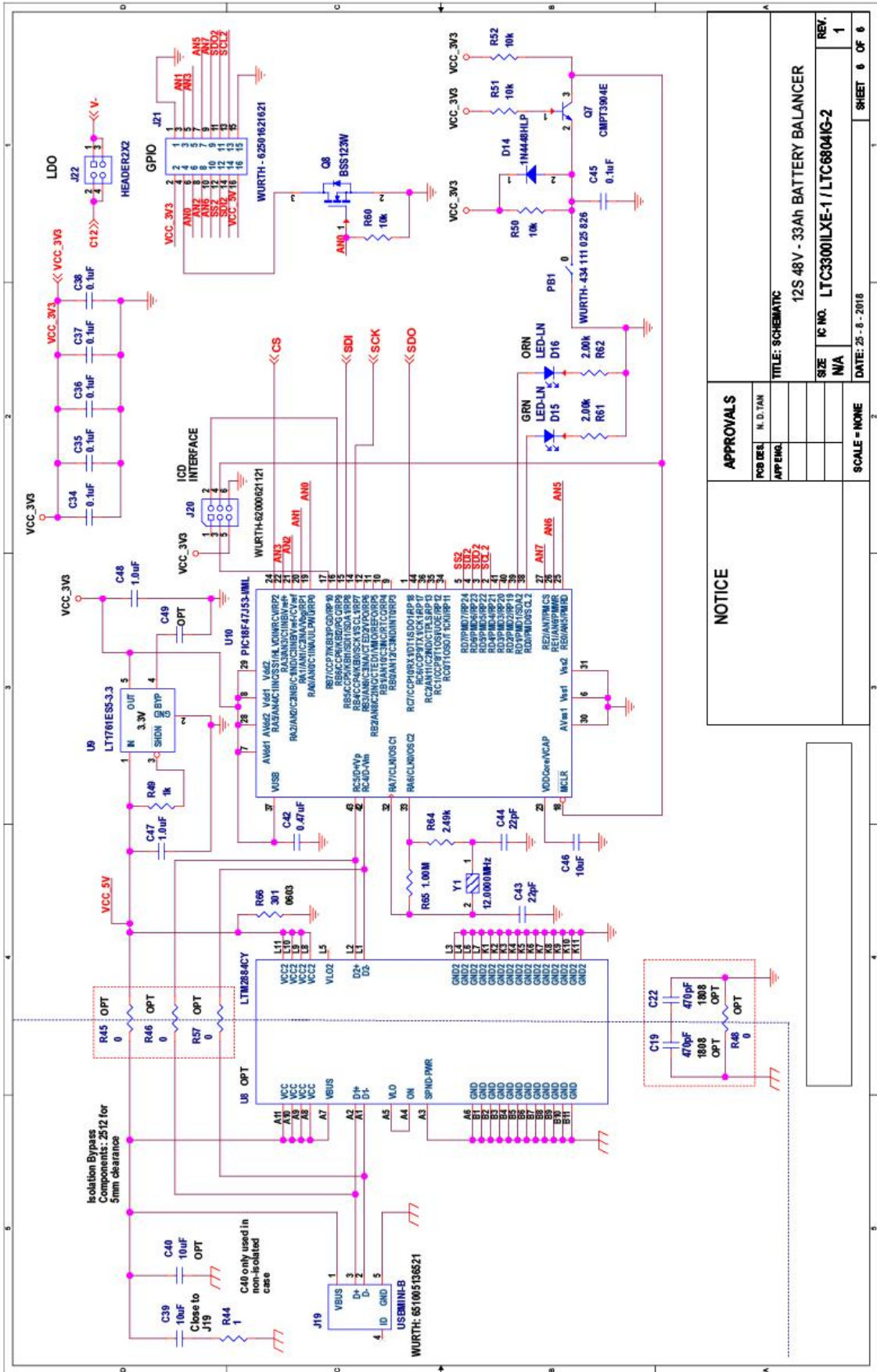
WILEE S CHINA INC
12S 48V - 33Ah BATTERY BALANCER

SIZE	N/A
REV.	1

SCALE = NONE
 SHEET 3 OF 8



APPROVALS		DESIGNED	N. D. TH
		APP'D	
NOTICE		TITLE SHEET	
		12S 48V - 33Ah BATTERY BALANCER	
		SIZE	N/A
		REV	1
SCALE=NONE		DATE: 25.1.2018	
		SHEET 5 OF 6	

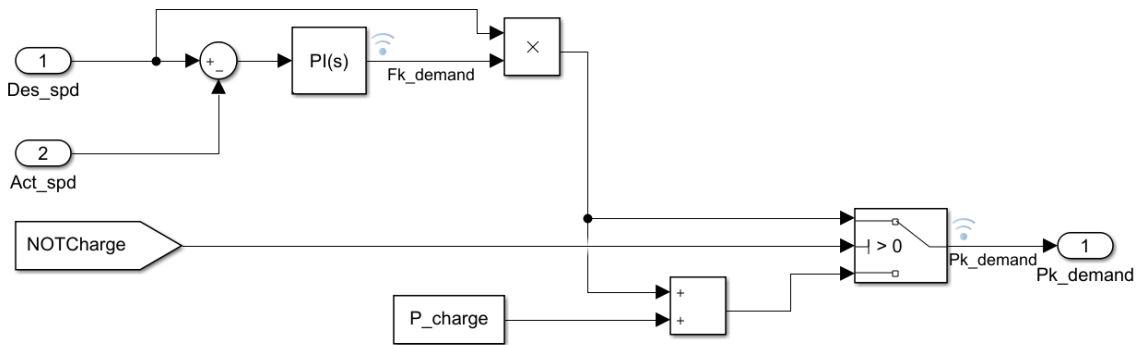


APPROVALS		TITLE: SCHEMATIC	
		DESIGNER: M. D. TAN	DATE: 25 - 8 - 2018
NOTICE		IC NO. L7C3300LXE-1/L7C6804G-2	REV. 1
		SCALE = NONE	SHEET 6 OF 6

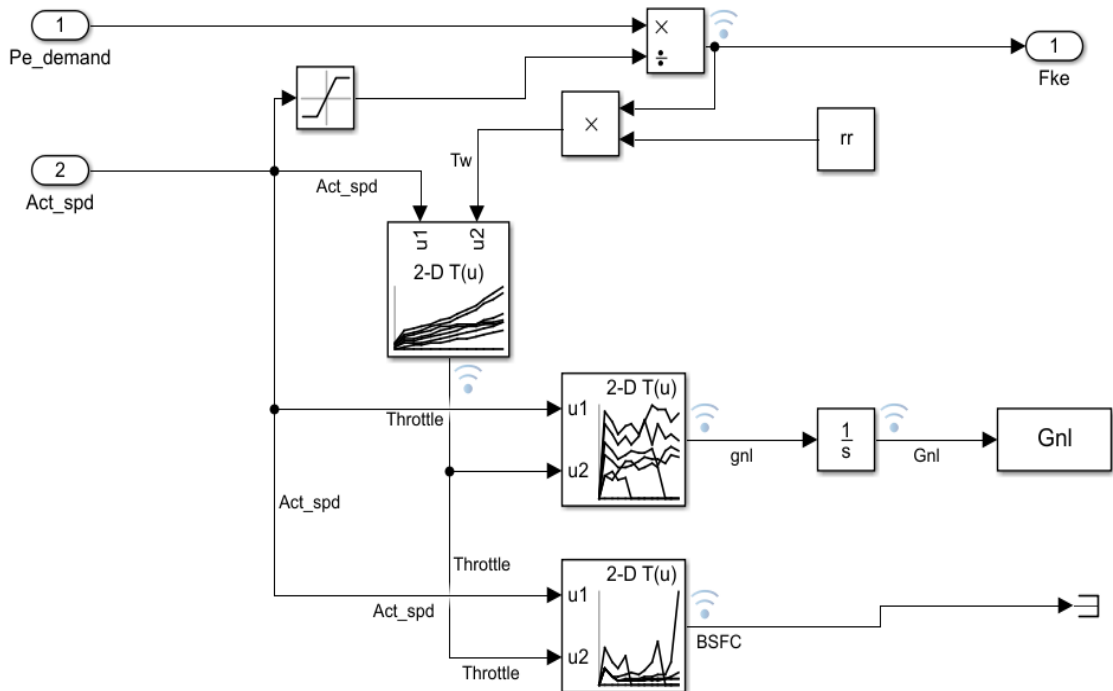
PHỤ LỤC 2

MÔ HÌNH VÀ MÃ NGUỒN MATLAB/SIMULINK

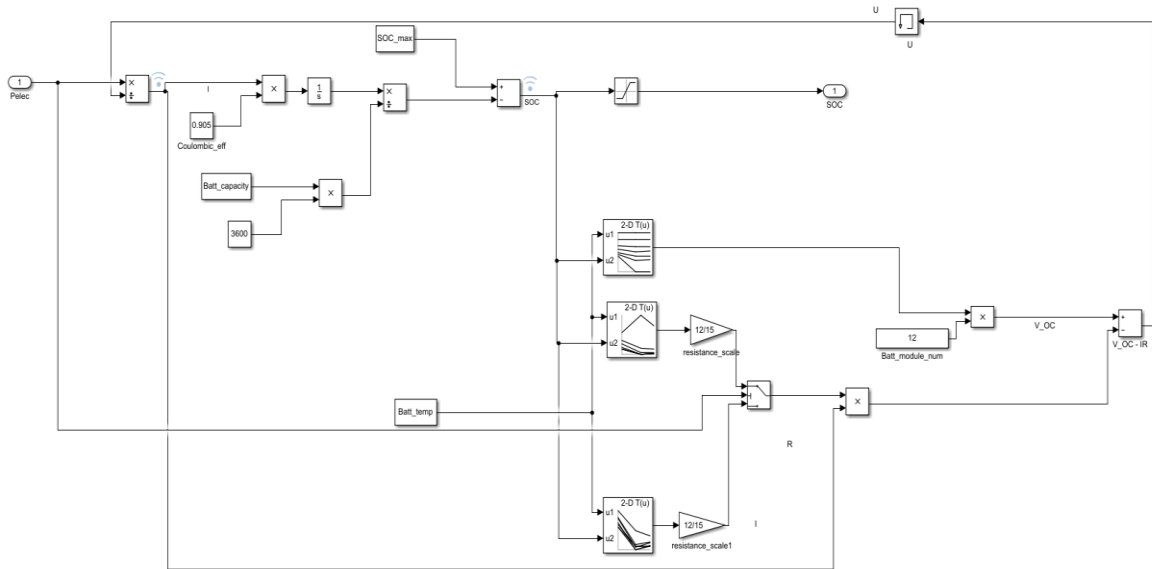
1. Mô hình người lái



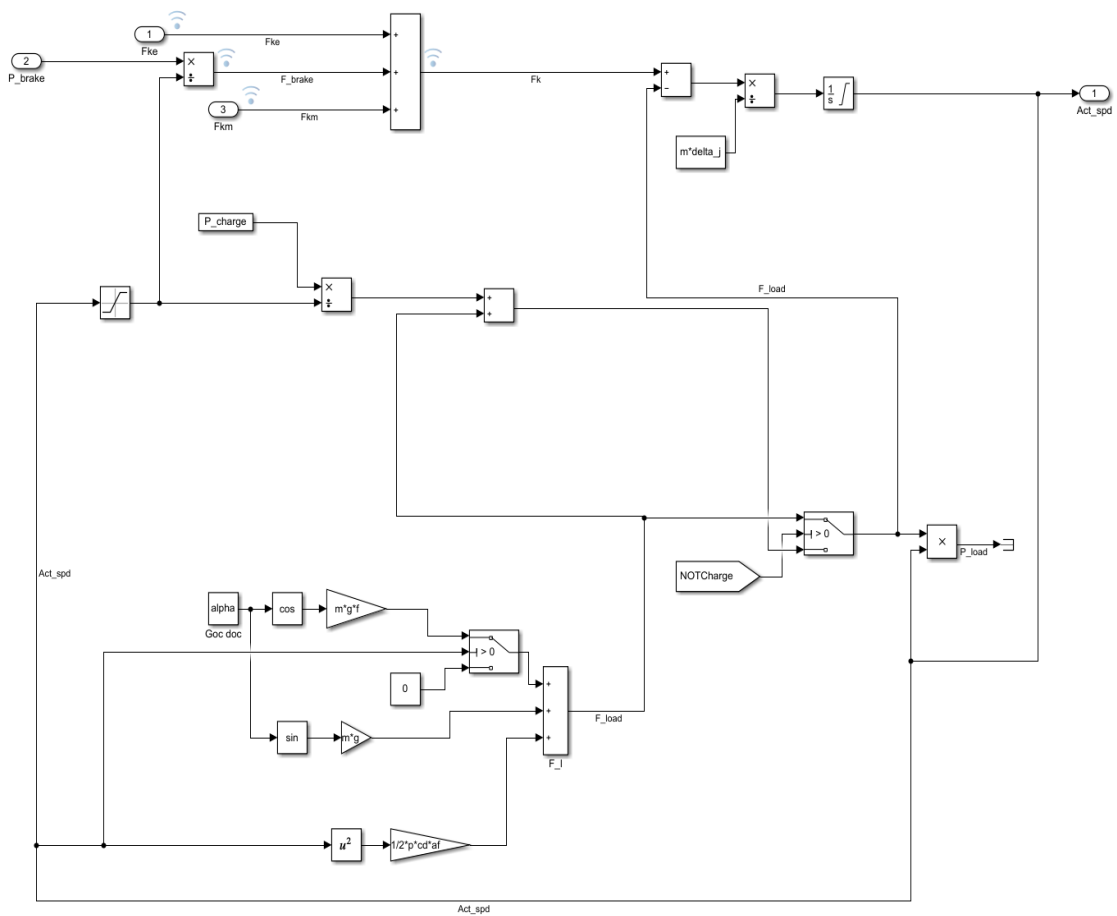
2. Mô hình động cơ và hệ thống truyền lực



5. Mô hình bộ nguồn pin Li-ion



6. Mô hình động lực học thân xe



7. Code chương trình điều khiển công suất Rule – based control

```
function [Pe_demand,Pm_demand, P_brake, MODE_NUM, ModeSet] =
fcu(P_demand, SOC, SOC_min, SOC_max, Peff_max, Peff_min, MODE_NUM1,
Pm_max, P_charge)
    Pm_demand=0;
    P_brake=0;
    Pe_demand=0;
    MODE_NUM=1;
    ModeSet=0;
if SOC<SOC_min
    MODE_NUM=0;
else
    if SOC>SOC_max
        MODE_NUM=1;
    else
        if SOC>=SOC_min && SOC<=SOC_max
            if MODE_NUM1==1
                MODE_NUM=1;
            else
                MODE_NUM=0;
            end
        end
    end
end
if P_demand>=0;
    P_brake=0;
    if MODE_NUM1~=0
        if P_demand<Peff_min
            Pe_demand=0;
            Pm_demand=P_demand;
            ModeSet=11;
        else
            if (P_demand>=Peff_min) && (P_demand<Peff_max)
                Pe_demand=P_demand;
                Pm_demand=0;
                ModeSet=12;
            else
                if(P_demand>=Peff_max) && (P_demand<=(Peff_max+Pm_max))
                    Pe_demand=Peff_max;
                    Pm_demand=P_demand-Peff_max;
                    ModeSet=13;
                else
                    if P_demand>(Peff_max+Pm_max)
                        Pm_demand=Pm_max;
                        Pe_demand=P_demand-Pm_demand;
                        ModeSet=14;
                    end
                end
            end
        end
    end
else
    if P_demand<Peff_max
        Pm_demand=0;
        Pe_demand=P_demand;
        ModeSet=22;
    else
```

```

        Pe_demand=Peff_max;
        Pm_demand=P_demandPe_demand;
        ModeSet=23;
    end
end
if Pm_demand>Pm_max
    Pe_demand=Pe_demand+(Pm_demandPm_max);
    Pm_demand=Pm_max;
    ModeSet=24;
end
if Pm_demand<0
    Pe_demand=P_demand;
    Pm_demand=0;
end
else
    P_brake=P_demand;
    Pe_demand=0;
    Pm_demand=0;
    ModeSet=30;
End

```




ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY - HOCHIMINH CITY
ISSN 1859 - 0128

TẠP CHÍ
Phát triển khoa học & công nghệ
SCIENCE & TECHNOLOGY DEVELOPMENT JOURNAL

KỸ THUẬT & CÔNG NGHỆ
ENGINEERING & TECHNOLOGY

K5
2017

Tập
Vol. 20

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 Trọng, 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 Trọng, 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.

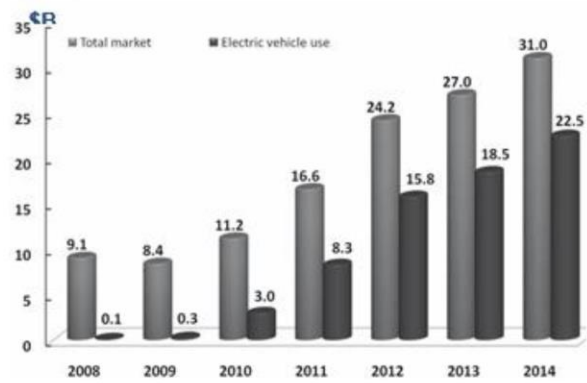
Xe gắn máy hiện đang là phương tiện phổ biến tại các thành phố lớn của các nước Đông Nam Á. Tại Thành phố Hồ Chí Minh (Tp.HCM), tính đến đầu năm 2016 toàn thành phố có khoảng 8,5 triệu xe máy [3] và tiếp tục chưa cấm xe máy đến năm 2030 [4]. Các xe này hoạt động ở điều kiện thành phố với dải tốc độ và 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.

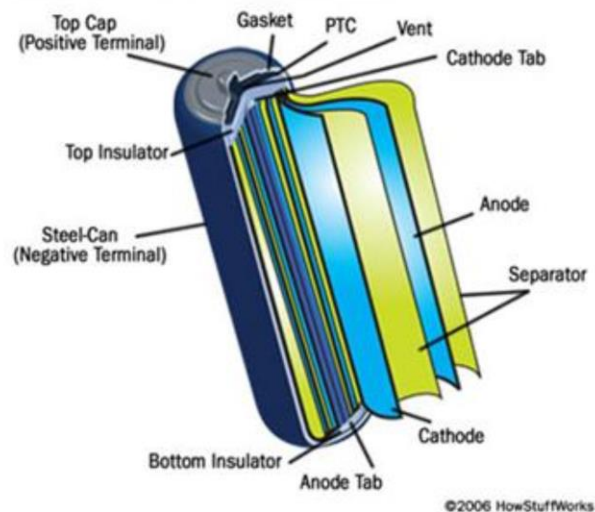


Hình 1. Thị trường pin Li-ion 2008-2014 [7]

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 graphite (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^+

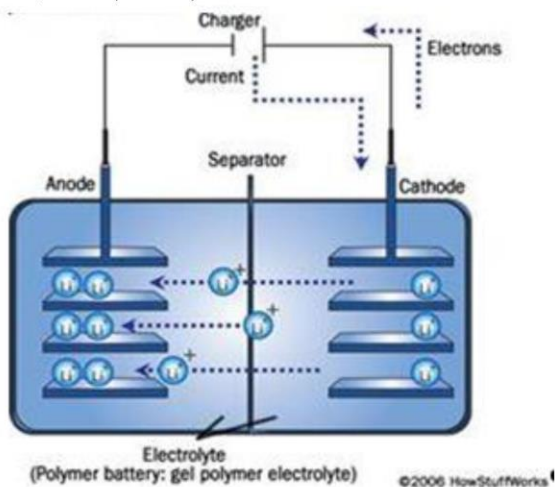
Màng ngăn cách điện (separator) là màng mỏng được làm bằng nhựa PE hoặc PP nằm giữa cực dương và cực âm, có nhiều lỗ nhỏ có chức năng ngăn cách giữa cực dương và cực âm nhưng vẫn cho các ion Li^+ đi qua. Một số pin màng ngăn cách có khả năng khít lại khi nhiệt độ cao, không cho Li^+ đi qua.

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.

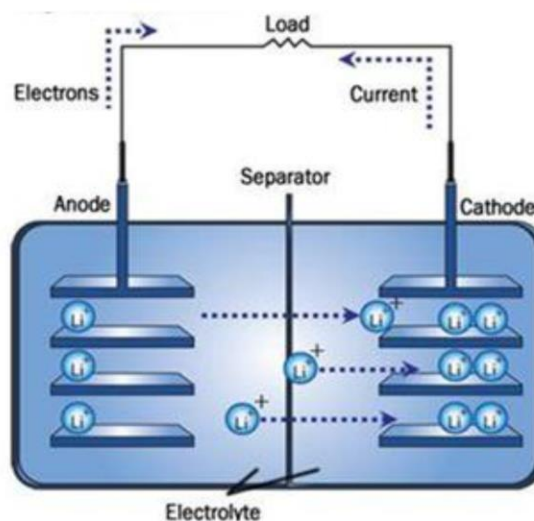
2.2 Nguyên lý hoạt động

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.

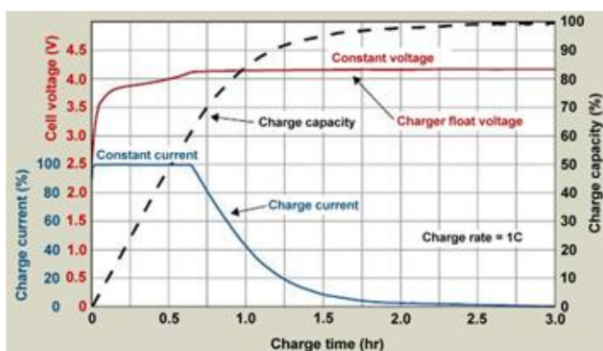
Nhược điểm của pin Li-ion

- 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 < 4lít.

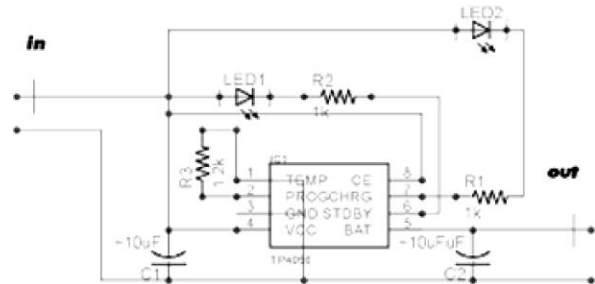
3.2 Thiết kế, chế tạo mạch quản lý pin Li-ion

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].

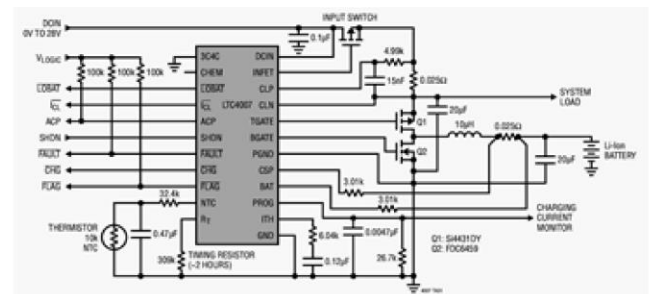
Mạch BMS sử dụng cho 01 cell Li-ion 4,2V-2,2Ah sử dụng IC TP4056 [15] với sơ đồ:



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.

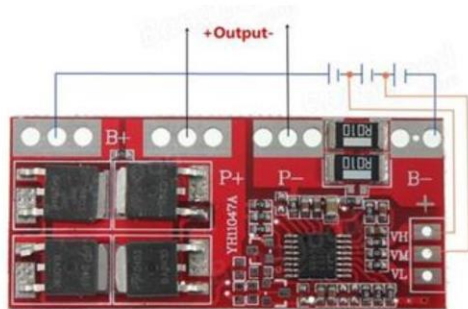
Mạch BMS được thiết kế cho bộ nguồn 12,6V-33Ah sử dụng IC điều khiển nạp - xả pin Li-ion LTC4007 [16] của hãng Linear Technology. Với sơ đồ nguyên lý ở hình 7:



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

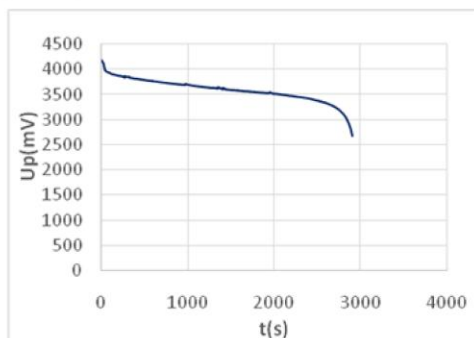
Mạch có các tính năng:

- 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

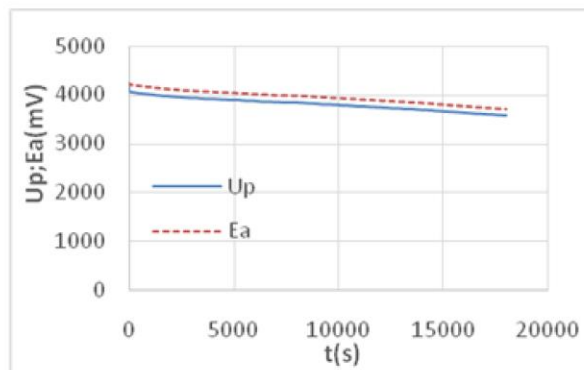
Bộ nguồn pin Li-ion được thử nghiệm tại Phòng thí nghiệm đo lường điện (Khoa Tiêu chuẩn – Đo lường – Chất lượng/Trường Đại học Trần Đại Nghĩa). Các trường hợp thử nghiệm bao gồm:

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%).



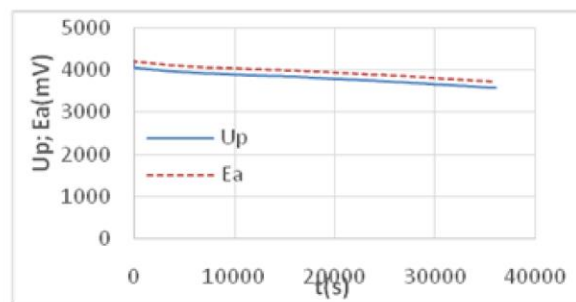
Hình 9. Đặc tính phóng 1h của cell Li-ion

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 Tuan Anh, Nguyen Van Trang, Do Van Dung, Huynh Thinh, “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 Trọng, 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>



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,

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

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

