

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



**LUẬN VĂN THẠC SĨ
TRẦN CAO CƯỜNG**

**NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM
HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG XE LẠI CÓ TÍNH
ĐẾN TRƯỜNG HỢP PHANH TÁI SINH**

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
TRẦN CAO CƯỜNG**

**NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM
HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG XE LẠI CÓ TÍNH ĐẾN
TRƯỜNG HỢP PHANH TÁI SINH**

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC – 60520116

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 10/2019

Số: 310/QĐ-ĐHSPKT

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 28 tháng 02 năm 2018

QUYẾT ĐỊNH

Về việc giao đề tài luận văn tốt nghiệp và người hướng dẫn năm 2018

HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

Căn cứ Quyết định số 426/TTg ngày 27 tháng 10 năm 1976 của Thủ tướng Chính phủ về một số vấn đề cấp bách trong mạng lưới các trường đại học và Quyết định số 118/2000/QĐ-TTg ngày 10 tháng 10 năm 2000 của Thủ tướng Chính phủ về việc tổ chức lại Đại học Quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh, tách Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh trực thuộc Bộ Giáo dục và Đào tạo;

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

Căn cứ Quyết định số 937/QĐ-TTg ngày 30 tháng 6 năm 2017 về việc phê duyệt đề án thí điểm đổi mới cơ chế hoạt động của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh;

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 03/02/2018;

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 2018 cho:

Học viên : *Trần Cao Cường* MSHV: 1680503

Ngành : *Kỹ thuật cơ khí động lực*

Tên đề tài : *Nghiên cứu mô phỏng và thực nghiệm hệ thống truyền động xe lai có tính đến trường hợp phanh tái sinh*

Người hướng dẫn : *TS. Phạm Tuấn Anh; TS. Nguyễn Văn Trọng*

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

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).



LÝ LỊCH KHOA HỌC

I. LÝ LỊCH SƠ LƯỢC:

Họ và tên: TRẦN CAO CƯỜNG

Giới tính: Nam

Ngày, tháng, năm sinh: 18/11/1988

Nơi sinh: Đồng Nai

Quê quán: Ninh Bình

Dân tộc: Kinh

Chỗ ở hiện nay: 2117/27A Phạm Thế Hiển, Phường 6, Quận 8, Thành phố Hồ Chí Minh

ĐTDD: 0907012425

Email: cuongtran.kn@gmail.com

II. QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO

1. Cao đẳng

Hệ đào tạo: Cao đẳng chính qui Thời gian đào tạo từ 09/2006 đến 07/2009

Nơi học: Trường Đại học Công nghiệp TP Hồ Chí Minh, Số 12 Nguyễn Văn Bảo, Phường 4, Quận Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh

Ngành học: Công nghệ động lực

2. Đại học

Hệ đào tạo: Liên thông đại học Thời gian đào tạo từ 09/2010 đến 08/2012

Nơi học: Trường Đại học Công nghiệp TP Hồ Chí Minh, Số 12 Nguyễn Văn Bảo, Phường 4, Quận Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh

Ngành học: Công nghệ động lực

3. Thạc sĩ

Hệ đào tạo: Chính quy 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 mô phỏng và thực nghiệm hệ thống truyền động xe lai có tính đến trường hợp phanh tái sinh.

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

Người hướng dẫn: TS. Phạm Tuấn Anh; TS. Nguyễn Văn Trọng

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

Thời gian	Nơi công tác	Công việc đảm nhiệm
08/2012 - nay	Công ty TNHH Hình Tượng Ô Tô Sài Gòn	Kỹ thuật viên, Tư vấn dịch vụ

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 16 tháng 10 năm 2019

Trần Cao Cường

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, đã luôn tạo điều kiện hỗ trợ trong việc nghiên cứu, thí nghiệm và hoàn thành luận văn.

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

Cảm ơn Thạc sĩ Huỳnh Thịnh đã cùng đồng hành với tác giả về mô hình, mô phỏng. Cảm ơn học viên cao học, kỹ sư Nguyễn Duy Tấn đã cho phép tác giả sử dụng số liệu về bộ Pin để sử dụng trong mô hình hóa và mô phỏng để tác giả hoàn thành luận văn.

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 Honda Lead 110cc đã được cải tạo thành xe hybrid xăng điện với hai nguồn công suất. Nguồn công suất thứ nhất là động cơ xăng 110cc nguyên bản với bộ truyền vô cấp dẫn động bánh sau, nguồn công suất thứ hai là động cơ điện một chiều không chổi than BLDC 48V-1000W dẫn động trực tiếp bánh trước được cung cấp điện bởi bộ nguồn Lithium-ion 48V-33Ah. Nội dung chính của nghiên cứu là tính toán, thiết kế hệ thống phanh tái sinh, mô hình hóa và mô phỏng chế độ hoạt động của xe có xét đến sự thu hồi năng lượng của phanh tái sinh. Kết quả của nghiên cứu được dùng làm cơ sở đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của xe cải tạo so với xe nền.

Nghiên cứu đã tập trung vào nghiên cứu lý thuyết quá trình phanh và lý thuyết phanh tái sinh. Mô hình hóa và mô phỏng chế độ hoạt động của xe khi xét đến phanh tái sinh. Sau đó lựa chọn phương án, tính toán thiết kế, chế tạo một hệ thống phanh tái sinh cho xe hybrid theo nguyên lý sử dụng động cơ điện ở chế độ máy phát để chuyển năng lượng phanh thu hồi được thành điện năng nạp cho bộ nguồn Lithium-ion.

Theo kết quả mô phỏng xe hybrid ở chu trình ECE-R15, năng lượng phanh thu hồi chiếm 16,43% và 13,95% tổng năng lượng tiêu thụ của xe trong hai trường hợp nửa tải và đầy tải. Vì vậy, việc lắp đặt phanh tái sinh để thu hồi năng lượng phanh cho xe là cần thiết để tăng hiệu quả tính kinh tế nhiên liệu.

Ở chế độ nửa tải, quãng đường di chuyển tối đa của xe lai có phanh tái sinh là 78,5 km, tiêu hao nhiên liệu là 2,204 lit/100km; so với xe không có hệ thống phanh tái sinh là 53,8 km và 2,66 lit/100km.

Ở chế độ đầy tải, quãng đường di chuyển tối đa của xe lai có phanh tái sinh là 62,8 km, tiêu hao nhiên liệu là 2,35 lit/100km; so với xe không có hệ thống phanh tái sinh là 47,8 km và 2,94 lit/100km.

ABSTRACT

This study presents a research on a Honda Lead 110cc which has been renovated into a Plug-in Hybrid Electric Motorcycle (P-HEM) with two power sources. The first power source is 110cc original gasoline internal combustion engine and a continuously variable transmission (CVT) drives rear wheel, The second one is a 48V-33Ah Lithium-ion battery pack and 48V-1000W Hub-BLDC motor drives front wheel directly. The main contents of research are calculating, designing an energy regenerative braking system (ERBS), modeling and simulating operation modes with ERBS. Research results are used as a basis to evaluate the HEM dynamical characteristics and calculate the fuel economy efficiency.

The study focuses on brake and ERB theory. Modeling and simulating the operating mode of the HEM when considering regenerative braking. Then choose the plan to calculating, designing, manufacturing a completed ERB system based on principle “Used Hub-BLDC to work in generator mode” to convert mechanical energy into electricity to recharge Li-ion battery pack.

According to the results of HEM simulation in ECE-R15 cycle, regenerative braking energy accounted for 16,43% total energy consumption in half-load mode and 13,95% in full-load mode. Therefore, the installation of regenerative brakes to recover brake energy for vehicles is needed to increase fuel economy efficiency.

In half-load mode, maximum travel distance of HEM mouted ERBS is 78.5km, fuel consumption is 2.204 liters/100km while the HEM without ERBS is 53.8km and 2.66 liters/100km.

In full-load mode, maximum travel distance of HEM mouted ERBS is 62.8km, fuel consumption is 2.35 liters/100km while the HEM without ERBS is 47,8km and 2.94 liters/100km.

MỤC LỤC

Chương 1: TỔNG QUAN	1
1.1. Đặt vấn đề	1
1.2. Tình hình nghiên cứu có liên quan	2
1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới.....	2
1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước.....	6
1.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	8
1.4. Mục tiêu và nhiệm vụ của đề tài	8
1.4.1. Mục tiêu của đề tài	8
1.4.2. Nhiệm vụ của đề tài.....	8
1.5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	9
1.5.1. Đối tượng nghiên cứu.....	9
1.5.2. Phạm vi nghiên cứu.....	9
1.6. Phương pháp nghiên cứu.	9
1.6.1. Phương pháp phân tích và tổng hợp lý thuyết.	9
1.6.2. Phương pháp tham vấn chuyên gia	9
1.6.3. Phương pháp mô hình hóa và mô phỏng	10
1.6.4. Phương pháp so sánh.	10
Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	11
2.1. Khái niệm xe hybrid.....	11
2.2. Cấu trúc, thành phần của hệ thống truyền lực và lưu trữ năng lượng.....	12
2.2.1. Cấu trúc hệ thống truyền lực Hybrid xăng điện.....	12
2.2.2. Các thành phần của hệ thống truyền lực và lưu trữ năng lượng.....	14
2.3. Phương pháp cải tạo xe nền Honda Lead thành xe Honda Lead 110cc hybrid	16
2.3.1. Thông số xe Honda Lead nguyên bản.....	16
2.3.2. Yêu cầu thiết kế và phương án cải tạo xe	17
2.3.3. Thông số của xe sau cải tạo	22

2.4. Cơ sở lý thuyết về phanh tái sinh và các phương pháp lưu trữ năng lượng phanh tái sinh	25
2.4.1. Công dụng, yêu cầu, phân loại phanh.....	25
2.4.2. Lý thuyết phanh	27
2.4.3. Lý thuyết phanh tái sinh	31
2.4.4. Các phương pháp lưu trữ năng lượng khi phanh tái sinh	38
2.5. Giới thiệu cụm motor điện BLDC	48
2.5.1. Cấu tạo động cơ BLDC	48
2.5.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC	49
2.5.3. Nguyên lý điều khiển động cơ BLDC.....	50
2.6. Lựa chọn mô hình mô phỏng	52
2.7. Cơ sở lý thuyết về mô hình hóa và mô phỏng.....	53
2.7.1. Khái niệm và vai trò của mô hình hóa và mô phỏng hệ thống.....	53
2.7.2. Phân loại mô hình hóa.....	54
2.7.3. Phương pháp mô phỏng	56
Chương 3: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ, MÔ HÌNH HÓA, MÔ PHỎNG HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG LAI CÓ TÍNH ĐẾN PHANH TÁI SINH	57
3.1. Lựa chọn phương án thiết kế hệ thống phanh tái sinh.....	57
3.1.1. Lựa chọn phương án thiết kế hệ thống phanh tái sinh	57
3.1.2. Tính toán thiết kế hệ thống phanh tái sinh.	58
3.1.3. Xác định trọng tâm xe sau khi cải tạo.	61
3.1.4. Tính toán phanh.....	63
3.1.5. Phương án điều khiển thu hồi công suất phanh.	72
3.2. Mô hình hóa xe hybrid có phanh tái sinh.	75
3.2.1. Mô hình hóa người lái	75
3.2.2. Mô hình hóa động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực.....	76
3.2.3. Mô hình hóa động cơ điện.....	78
3.2.4. Mô hình hóa hệ thống lưu trữ năng lượng	79
3.3. Mô phỏng xe máy Hybrid có hệ thống phanh tái sinh.....	80
Chương 4: KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THIẾT KẾ BỘ CHUYỂN ĐỔI ĐỘNG CƠ ĐIỆN BLDC THÀNH MÁY PHÁT	82

4.1. Kết quả mô phỏng	82
4.2. Chế tạo mạch điều khiển động cơ BLDC có thu hồi công suất.....	90
4.2.1. Nguyên lý mạch điều khiển.....	90
4.2.2. Thiết kế sơ đồ nguyên lý.....	91
4.2.3. Chế tạo mạch điện của bộ điều khiển	93
Chương 5: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	94
5.1. Kết luận	94
5.1.1. Các kết quả đã đạt được	94
5.1.2. Các hạn chế	94
5.2. Kiến nghị.....	95
TÀI LIỆU THAM KHẢO	96
PHỤ LỤC 1.....	101
PHỤ LỤC 2	103
PHỤ LỤC 3.....	108

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 2.1: Xe Toyota Hybrid	11
Hình 2.2: Hệ thống truyền lực hybrid kiểu song song	12
Hình 2.3: Hệ thống truyền lực hybrid kiểu nối tiếp	13
Hình 2.4: Hệ thống truyền lực hybrid kiểu hỗn hợp	13
Hình 2.5: Đặc tính phóng 1h của cell.....	19
Hình 2.6: Đặc tính phóng 5h của cell.....	19
Hình 2.7: Đặc tính phóng 10h của cell.....	19
Hình 2.8: Đặc tính xả của bộ nguồn 48V-33Ah.....	20
Hình 2.9: Đặc tính nạp CC-CV	20
Hình 2.10: Đặc tính tuổi thọ của bộ nguồn	21
Hình 2.11: Bố trí các thiết bị lắp trên xe Honda Lead 110cc cải tạo	21
Hình 2.12: Cấu trúc của xe hybrid sau khi cải tạo	22
Hình 2.13: Giảm đồ phanh	28
Hình 2.14: Quãng đường dừng và vận tốc dừng	31
Hình 2.15: Tổng năng lượng kéo và năng lượng sử dụng bởi lực cản và phanh ở chu kỳ làm việc đô thị FTP 75	32
Hình 2.16: Sơ đồ hệ thống truyền lực xe hybrid có phanh tái sinh	34
Hình 2.17: Cấu trúc hệ thống phanh tái sinh trên xe điện.....	36
Hình 2.18: Cấu trúc hệ thống phanh tái sinh trên xe chỉ có động cơ đốt trong hoặc xe hybrid.....	36
Hình 2.19: Cấu trúc hệ thống phanh tái sinh hoàn chỉnh trên xe ô tô hybrid	37
Hình 2.20: Một số loại siêu tụ.....	41
Hình 2.21: Nguyên lý hoạt động của pin Li-ion	43
Hình 2.22: Các giai đoạn của quá trình nạp pin li-ion	46
Hình 2.23: Ảnh hưởng của dòng nạp – xả đến tuổi thọ pin Li-ion	46
Hình 2.24: Cấu tạo động cơ Hub-BLDC.....	48
Hình 2.25: Từ trường tạo ra trên stator	49
Hình 2.26: Lực từ trong động cơ BLDC	49
Hình 2.27: Nguyên lý tạo từ trường quay 6 bước trong động cơ BLDC	50
Hình 2.28: Giá trị trả về của cảm biến Hall ở các vị trí	51
Hình 2.29: Chu trình ECE-R15	52
Hình 3.1: Xác định vị trí trọng tâm L_g theo phương dọc	61
Hình 3.2: Xác định chiều cao trọng tâm H_g	62
Hình 3.3: Các lực và mô men tác động lên xe khi phanh	63
Hình 3.4: Đặc tính phanh lý tưởng của xe.	66
Hình 3.5: Phân bố lực phanh tối ưu theo điều kiện bám.....	66

Hình 3.6: Động năng khi phanh xe ở các dải vận tốc khác nhau.....	67
Hình 3.7: Thời gian phanh xe tối thiểu	68
Hình 3.8: Công suất phanh theo vận tốc	69
Hình 3.9: Công suất phanh tại bánh trước và bánh sau.....	69
Hình 3.10: Công cản của máy phát theo vận tốc.....	70
Hình 3.11: Hiệu suất động cơ điện theo vận tốc	71
Hình 3.12: Hiệu suất thu hồi năng lượng phanh	73
Hình 3.13: Gia tốc phanh tái sinh.....	74
Hình 3.14: Bản đồ động cơ và hệ thống truyền lực	77
Hình 3.15: Bản đồ công suất và mô men xoắn của động cơ điện	78
Hình 3.16: Sơ đồ khối động cơ điện trong Matlab Simulink.....	79
Hình 3.17: Mô hình xe hybrid không có phanh tái sinh.....	81
Hình 3.18: Mô hình xe hybrid có tính đến phanh tái sinh.....	81
Hình 4.1: Đồ thị đáp ứng vận tốc	82
Hình 4.2: Đồ thị công suất cần thiết không có phanh tái sinh	83
Hình 4.3: Đồ thị công suất cần thiết có phanh tái sinh	83
Hình 4.4: Đồ thị công suất thu hồi khi chạy nửa tải	84
Hình 4.5: Đồ thị công suất thu hồi khi chạy đầy tải.....	84
Hình 4.6: Biểu đồ so sánh tỉ lệ năng lượng thu hồi với tổng năng lượng phanh	84
Hình 4.7: Mức độ giảm SOC khi chạy nửa tải không có phanh tái sinh	85
Hình 4.8: Mức độ giảm SOC khi chạy nửa tải có phanh tái sinh	85
Hình 4.9: Quãng đường tối đa ở chế độ nửa tải không có phanh tái sinh.....	86
Hình 4.10: Quãng đường tối đa ở chế độ đầy tải không có phanh tái sinh.....	86
Hình 4.11: Quãng đường tối đa ở chế độ nửa tải có phanh tái sinh.....	87
Hình 4.12: Quãng đường tối đa ở chế độ đầy tải có phanh tái sinh.....	87
Hình 4.13: Biểu đồ so sánh quãng đường di chuyển tối đa ở các chế độ	88
Hình 4.14: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ nửa tải không có phanh tái sinh	88
Hình 4.15: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ nửa tải có phanh tái sinh	89
Hình 4.16: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ đầy tải không có phanh tái sinh	89
Hình 4.17: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ đầy tải có phanh tái sinh	89
Hình 4.18: Biểu đồ so sánh lượng tiêu hao nhiên liệu ở các chế độ	90
Hình 4.19: Sơ đồ khối bộ điều khiển động cơ.....	91
Hình 4.20: Sơ đồ nguyên lý khối điều khiển và tạo tín hiệu.....	92
Hình 4.21: Sơ đồ nguyên lý khối công suất	92
Hình 4.22: Mặt trên bộ điều khiển	93
Hình 4.23: Mặt dưới bộ điều khiển	93

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 2.1: Thông số của xe Honda Lead 110cc	16
Bảng 2.2: Thông số của xe Honda Lead hybrid sau cải tạo	23
Bảng 2.3: Công thức tính thời gian và quãng đường dừng	29
Bảng 2.4: Quãng đường dừng khi phanh xe ở các tốc độ và gia tốc khác nhau	29
Bảng 2.5: Các thông số lực kéo, lực cản và phanh trên 100km quãng đường đi chuyển ở những chu kỳ làm việc khác nhau	33
Bảng 2.6: Ưu nhược điểm của pin Li-ion.....	47
Bảng 2.7: Số liệu so sánh công suất phanh tái sinh và tổng công suất phanh.....	51
Bảng 3.1: Giá trị các thông số tính toán	59
Bảng 3.2: Công suất và mô men xoắn có ích trong vùng hoạt động hiệu quả của động cơ Honda Lead 110cc.....	60
Bảng 3.3: Tọa độ trọng tâm theo phương dọc.....	62
Bảng 3.4: Chiều cao trọng tâm H_g	63
Bảng 3.5: Thông số động cơ điện.....	71
Bảng 3.6: Số liệu so sánh công suất phanh tái sinh và tổng công suất phanh.....	72

Chương 1

TỔNG QUAN

1.1. Đặt vấn đề

Ngày nay, phương tiện phục vụ con người ngày càng nhiều và hiện đại, nhưng nguồn tài nguyên thiên nhiên ngày càng cạn kiệt. Người ta phải tìm nguồn năng lượng khác thay thế. Vì vậy các loại động cơ sử dụng các nguồn nhiên liệu khác ra đời.

Xe hybrid, thường được gọi là xe lai hay xe lai điện, là loại xe sử dụng hai nguồn động lực: Động cơ đốt trong và động cơ điện là một trong số đó. Sự hoạt động của xe này là sự kết hợp hoạt động của động cơ đốt trong và động cơ điện sao cho tối ưu. Một bộ điều khiển sẽ quyết định khi nào động cơ đốt trong hoạt động, khi nào động cơ điện hoạt động và khi nào cả hai cùng hoạt động.

Ngày nay, trên thế giới, các nhà khoa học cũng đã nghiên cứu khá nhiều về xe lai, về các tính năng cũng như thiết kế tối ưu cho sự hoạt động của nó. Các nghiên cứu về xe lai điện được áp dụng trên nhiều loại phương tiện khác nhau như là: xe du lịch, xe bán tải, xe tải, xe bus điện, xe đạp, xe máy...

Rất nhiều nghiên cứu liên quan đến hiệu suất của Pin, ắc qui được tìm hiểu, như là: tìm nguồn Pin vĩnh cửu, thiết kế hệ thống Pin-Siêu tụ, hướng khác lại nghiên cứu để thu hồi các năng lượng mất mát trong quá trình sử dụng.

Nói về sự mất mát năng lượng trong quá trình sử dụng, dễ dàng nhận thấy rằng: mỗi lần hãm phanh đối với xe dùng hệ thống phanh đĩa, thì má phanh kẹp vào đĩa phanh và dưới lực ma sát xe sẽ dừng lại, gây mòn má phanh và đĩa; đồng thời ở vị trí bề mặt tiếp xúc, nhiệt tỏa ra khá nhiều. Động năng của chiếc xe chuyển thành nhiệt năng rồi thải ra môi trường; việc này không những gây tổn phí năng lượng, mà còn gây hao mòn về vật liệu của xe.

Chính vì lý do đó, năng lượng tổn hao trên được nghiên cứu để thu hồi và các hệ thống phanh tái sinh đã được nghiên cứu và phát triển. Hệ thống này sử dụng chính nguồn năng lượng khi phanh để nạp vào motor điện hay tụ điện. Sau đó năng lượng này được chuyển đổi và nạp vào Pin, ắc quy hay tụ điện.

Trong nghiên cứu trước đây của nhóm, xe Honda Lead 110cc đã được cải tạo thành xe lai 02 bánh và cơ chế hoạt động của xe đã được đề xuất thông qua việc mô hình hóa và mô phỏng các hệ thống động lực học của xe. Tuy nhiên, nghiên cứu trước đây chưa xét đến việc thu hồi phanh tái sinh để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của xe. Trong đề tài này, tác giả sẽ nghiên cứu mô phỏng, mô hình hóa hệ thống truyền động xe lai có tính đến trường hợp phanh tái sinh và thiết kế hệ thống thu hồi năng lượng phanh tái sinh.

1.2. Tình hình nghiên cứu có liên quan

1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Trong một nghiên cứu của nhóm, Asaei và đồng sự [1] thiết kế, mô phỏng, và chuyển đổi một chiếc xe máy động cơ đốt trong (ICE) 125cc thông thường sang xe điện lai (HEM) với công suất danh nghĩa là 6,6 kW cho động cơ đốt trong (ICE) và 500W cho động cơ một chiều không chổi than (BLDC) với việc sử dụng công cụ phần mềm ADVISOR2002. Nghiên cứu này chỉ ra rằng: Xe máy nền với bộ truyền vô cấp (CVT) là sự lựa chọn tốt nhất cho việc cải tạo thành xe điện lai vì nó có thể hoạt động ở chế độ xử lý tự động với hiệu quả cao nhất. Hơn nữa, bằng cách sử dụng bộ truyền vô cấp, động cơ đốt trong có thể được vận hành nhanh trong khi xe máy chạy trong các giai đoạn.

Chung và cộng sự [2] sau khi nghiên cứu về hệ thống truyền động vô cấp điện tử (e-CVT) trên xe máy lai được đề xuất để tiến hành mô phỏng hiệu suất so với hệ thống xe cơ sở sử dụng CVT truyền thống và đánh giá tính khả thi và tiềm năng của nó. Các kết quả mang lại cho thấy hiệu năng lái xe cao hơn và tiết kiệm nhiên liệu hơn cho xe máy được đề xuất (tiết kiệm nhiên liệu tối đa 32% so với xe truyền thống). Và do đó nó cung cấp một cơ sở để hỗ trợ thuận lợi cho việc phát triển hơn nữa trong tương lai.

Khi nghiên cứu về Pin, cũng như trạng thái nạp (Stage Of Charge – SOC), Hsu và cộng sự [3] sử dụng một bộ điều khiển điện tử (ECU) để tích hợp hai hệ thống chính với nhau: động cơ đốt trong 125cc và một động cơ điện. Hệ thống điện lai do đó được thực hiện có thể nạp lại pin của riêng mình với điện được cung cấp bởi hệ thống nạp điện và do đó tăng quãng đường di chuyển. Các kết quả thử nghiệm thu được bằng cách sử dụng dựa trên nền tảng thử nghiệm được đề xuất cho thấy các bản cực trong ắc quy axit chì có thể làm tăng trạng thái nạp (SOC) lên khoảng 4% khi vận hành theo chế độ lai cho bốn chu kỳ lái xe (khoảng 1600 giây) với bộ sạc lại theo tiêu chuẩn ECE-40. Kết quả của các bài kiểm tra trên đường cũng cho thấy rõ ràng rằng lượng phát thải chất ô nhiễm của động cơ có thể giảm xuống ở tốc độ thấp hoặc điều kiện không tải, và quãng đường cho xe máy điện cũng có thể được tăng lên đáng kể.

Jones và cộng sự [4] thì nghiên cứu khảo sát ưu tiên của các hộ gia đình tại Hà Nội, Việt Nam để phân tích việc áp dụng mô-tơ điện hai bánh trên xe hai bánh chạy điện thay thế cho xe máy chạy xăng. Kết quả cho thấy cải tiến công nghệ và ưu đãi về kinh tế, đặc biệt là thuế thu nhập ảnh hưởng đáng kể đến việc áp dụng. Huang và đồng sự [5] thì nghiên cứu, mô phỏng về khả năng leo dốc của một chiếc xe tay ga sử dụng pin nhiên liệu. Các mô phỏng tập trung đặc biệt vào các ảnh hưởng của góc dốc, tốc độ leo dốc và trọng lượng người lái trên mức tiêu thụ năng lượng, mức tiêu hao nhiên liệu cũng như phạm vi di chuyển tối đa của xe tay ga. Kết quả mô phỏng cho thấy điện năng tiêu thụ và mức tiêu hao nhiên liệu tăng với góc dốc ngày càng tăng, tốc độ lái và trọng lượng người lái. Hơn nữa, nghiên cứu cho thấy rằng với khối lượng hydro ban đầu là 90g, vận tốc không đổi 40 km/h và trọng lượng 60 kg, phạm vi di chuyển tối đa giảm từ 47 còn 5 km theo góc dốc tăng từ 0 độ đến 40 độ.

Các nghiên cứu trên trình bày cách tiếp cận của các nhà nghiên cứu, từ đó trình bày được việc dùng phương pháp mô phỏng để chứng minh tính hiệu quả của việc cải tiến xe nên thành xe lai với hiệu quả sử dụng năng lượng nhưng chưa tính đến năng lượng thu hồi từ phanh tái sinh.

Sheu [6] khi nghiên cứu, mô hình trên một chiếc xe tay ga (scooter) cho thấy: Các mô hình thành phần chi tiết cho mô-tơ điện lai được thiết lập sử dụng phần mềm Matlab Simulink thì hiệu suất của hệ thống hybrid được đề xuất nghiên cứu sử dụng trên mô hình theo bốn chu kỳ lái xe cho ra các kết quả mô phỏng xác minh khả năng hoạt động của hệ thống xe lai đề xuất đồng thời hiển thị cả động cơ đốt trong và động cơ điện trong một trạng thái tối ưu trong các điều kiện hoạt động khác nhau.

Về các nghiên cứu phanh tái sinh, trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu trên tàu lửa, ô tô điện, xe máy điện, xe máy lai...

Đối với hệ thống phanh tái sinh trên tàu điện cao tốc, Frilli và đồng sự [7] đã nghiên cứu trên mô hình tàu cao tốc ETR 1000, sử dụng mô phỏng Matlab-Simscape TM thu được kết quả rằng hệ thống phanh tái sinh là một cách tiết kiệm năng lượng tuyệt vời. Trước đó, một nghiên cứu về độ bền mỏi của đĩa phanh đối với đường sắt dưới sự ảnh hưởng từ năng lượng phanh của Li và cộng sự [8] cho thấy: Đĩa phanh sẽ dễ bị nứt khi phanh ở tốc độ 300 km/h và rạn rỗ thường xuất hiện khi phanh ở 200 km/h lập đi lập lại. Điều này khá nguy hiểm và xảy ra trên hệ thống phanh thường, nó thúc đẩy cho nhu cầu cần phải phát triển các hệ thống phanh khác như phanh tái sinh.

Tại Thụy Điển, Björnsson và cộng sự [9] đã nghiên cứu rằng: Phanh tái sinh có khả năng thu hồi đến 27% của tổng năng lượng trung bình cung cấp tại từng bánh xe trên xe ô tô trong điều kiện giao thông tại Thụy Điển.

Đối với xe điện dẫn động hai bánh trước, Itani và cộng sự [10] đã so sánh 2 phương pháp kiểm soát phanh: phương pháp phanh thường và phương pháp mô phỏng ECE R13H. Kết quả thu được rằng phương pháp thứ hai có thể thu hồi năng lượng thêm 3,7%, 11,2% và 6,6% trên các loại mặt đường ma sát nhiều, trung bình và ma sát ít.

Về xe điện minivan, Junzhj và cộng sự [11] đã kết luận sau khi mô phỏng và kiểm tra vòng lặp HIL trên xe điện Minivan dẫn động cầu sau là: hiệu quả của phanh tái sinh với phương pháp cải tạo đạt 47%, tức là cao hơn 15% so với phương

pháp cơ bản; và việc tiết kiệm nhiên liệu đạt thêm 10% với phương pháp cải tạo, còn phương pháp cơ bản thì đạt ít hơn với 7%.

Đối với xe Bus điện, Perrotta và cộng sự [12] đã mô phỏng và phân tích để tìm ra mức tiêu thụ năng lượng, đồng thời tìm ra được tiềm năng phục hồi năng lượng khi phanh bằng việc sử dụng các siêu tụ.

Trên xe Ô tô lai điện (Hybrid), Kim và cộng sự [13] đã mô phỏng và xây dựng mô hình dựa trên Matlab Simulink để so sánh hai phương pháp phanh tái sinh và phanh thủy lực. Nhóm kết luận rằng, quãng đường phanh ngắn hơn, gặp ít lỗi hơn của góc trượt và hệ số trượt của hệ thống phanh tái sinh so với hệ thống phanh thủy lực thường.

Trên mô hình xe ba bánh, Boisvet và cộng sự [14] cho rằng: Phanh tái sinh ít bị ảnh hưởng bởi những thay đổi của tham số dựa trên bộ điều khiển trượt khi mô phỏng Matlab Simulink. Clarke và cộng sự [15] lại nghiên cứu về khí thải và kết luận rằng: lượng khí thải Carbon giảm đáng kể đồng thời đạt hiệu quả nhiên liệu cao hơn khi đặt song song motor điện với động cơ đốt trong để khai thác tận hết năng lượng từ phanh tái sinh. Trong phương pháp sử dụng phanh tái sinh, Kim và cộng sự [16] nghiên cứu rằng: Khi sử dụng thêm 1 máy phát điện, hiệu quả được cải thiện thêm 24% so với khi sử dụng motor. Một nghiên cứu khác cho rằng: 21% năng lượng lưu trữ ở trong siêu tụ, 15% thì lưu trữ trong Pin; việc tích trữ năng lượng tái sinh trên siêu tụ thì nhanh hơn nhiều so với Pin, nghiên cứu trên được Kim và cộng sự [17] thực hiện về phanh tái sinh trên động cơ điện 3000 RPM.

Zou và cộng sự [18] cho thấy rằng: Để nâng cao hiệu quả của việc chuyển đổi năng lượng và tăng phạm vi lái xe điện, năng lượng tái tạo thu được trong quá trình phanh được lưu trữ trong các thiết bị lưu trữ năng lượng và sau đó sẽ được tái sử dụng. Do mật độ công suất cao của các siêu tụ, chúng được sử dụng để chịu được dòng điện cao trong thời gian ngắn và chủ yếu thu được năng lượng tái tạo. Các phương pháp đo cho năng lượng tái sinh nên được điều tra để ước lượng hiệu quả chuyển đổi năng lượng và hiệu suất của các phương tiện điện. Dựa trên phân tích hệ thống năng lượng phanh tái tạo của một chiếc siêu tụ, một hệ thống đánh giá phục

hồi năng lượng trong quá trình phanh được thiết lập sử dụng các thiết bị thu thập dữ liệu di động USB, các thí nghiệm trong điều kiện phanh khác nhau được thực hiện. Các kết quả xác minh hiệu quả cao hơn của hệ thống tái tạo năng lượng bằng cách sử dụng tụ điện siêu cao và hiệu quả của phương pháp đo lường được đề xuất. Nó cũng chứng minh rằng hiệu quả chuyển đổi năng lượng tái tạo tối đa có thể đạt đến 88%.

Các kết quả nghiên cứu từ các công trình nghiên cứu trên cho thấy cách tiếp cận để nghiên cứu sử dụng phần mềm Matlab Simulink để mô hình hóa, mô phỏng sẽ đưa ra hiệu quả cao nhất; đồng thời việc sử dụng nguồn năng lượng thu hồi từ phanh tái sinh có thể áp dụng trên rất nhiều loại phương tiện bằng nhiều cách khác nhau như nạp vào ắc quy, siêu tụ hay pin.

1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

Năm 2012, trong luận văn Thạc sĩ “*Nghiên cứu, thiết kế hệ thống cung cấp điện xe gắn máy bằng siêu tụ*” của Nguyễn Khắc Bằng [19], tác giả đã cho thấy việc ứng dụng siêu tụ để thay thế nguồn lưu trữ của bình ắc quy chì là hoàn toàn có thể.

Tại Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về cơ khí động lực, Hà Nội, ngày 13-10-2016, Huỳnh Thịnh và cộng sự [20] đã trình bày nghiên cứu về xe máy xăng lai điện cải tạo dựa trên xe Honda Lead với động cơ điện được đặt tại bánh trước. Nghiên cứu này đã tính toán và mô phỏng hoạt động hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng trên xe. Đồng thời xây dựng nên cơ sở đánh giá tính năng động lực học cũng như tính hiệu quả kinh tế của xe lai này. Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa áp dụng trong trường hợp sử dụng lại năng lượng mất mát từ phanh

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. Điều này được thể hiện rõ trong đề tài số C2015-20-35 của Phạm Tuấn Anh và đồng sự [21].

Trong đề tài của Bùi Văn Ga và Nguyễn Quân [22], nhóm 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. Ngoài ra còn 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: 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; còn tốc độ cực đại là 80 km/h, trọng lượng xe: 120 kg, quãng đường tự hành khi chạy bằng điện 50-60km.. Tuy nhiên nghiên cứu chưa chế tạo nguyên mẫu nào để thực nghiệm chứng minh kết quả mà chỉ dừng lại ở việc thiết kế và tính toán.

Huỳnh Thịnh [23] đã nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai để giải bài toán tối ưu phân phối công suất. Ngoài ra, nghiên cứu trên đã cơ bản giới thiệu việc mô hình hóa và mô phỏng các khối của xe cải tạo dựa trên xe nền Honda Lead 110cc trên sơ đồ bằng phần mềm Matlab Simulink, làm nền tảng cho sự kế thừa và phát triển của các nghiên cứu sau này. Đề tài trên dựa trên nền tảng từ đề tài mã số C2015-20-35, Trường Đại học Bách khoa TP HCM của tác giả Phạm Tuấn Anh và các cộng đồng đã nghiên cứu khả năng tích hợp công nghệ hybrid cho xe máy 02 bánh dựa trên nền xe Honda Lead 110cc. 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. Kết quả chỉ dừng lại ở mức thử nghiệm, chưa đưa ra được phương pháp điều khiển phân phối công suất và bộ nguồn phù hợp cho xe nền.

Trên đây là những nghiên cứu nổi bật về xe máy lai và phanh tái sinh trên thế

thế giới và trong nước. Các nghiên cứu này tập trung chủ yếu vào thiết kế tối ưu hóa và hoạt động hiệu quả của xe máy lai. Tuy nhiên, chưa có nhiều nghiên cứu nào nổi bật về việc sử dụng hiệu quả phanh tái sinh; đồng thời, các nghiên cứu trên chưa mô hình hóa, mô phỏng trên xe máy lai. Vì vậy, đề tài nghiên cứu dưới đây sẽ trình bày về **“Nghiên cứu mô phỏng và thực nghiệm hệ thống truyền động xe lai có tính đến trường hợp phanh tái sinh”** đề nạp lại Pin, ắc quy hoặc siêu tụ trên xe máy lai phát triển dựa trên xe nền Honda Lead 110cc; mô phỏng để nghiên cứu về hiệu quả của nó trong điều kiện Việt Nam.

1.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Ý nghĩa khoa học: từ các kết quả mô phỏng chứng minh được thu hồi năng lượng tái sinh trên xe hybrid trong quá trình phanh giúp tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của xe máy lai.

Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả của đề tài là cơ sở ứng dụng vào thực tế để thiết kế xe lai có tính đến sử dụng phanh tái sinh.

1.4. Mục tiêu và nhiệm vụ của đề tài

1.4.1. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu của đề tài gồm:

- Mô hình hóa động lực học của hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng của xe gắn máy hybrid được tích hợp thêm hệ thống phanh tái sinh.

- Mô phỏng hoạt động của xe máy lai theo chu trình ECE-R15 có tính đến trường hợp phanh tái sinh để so sánh được tính hiệu quả của xe khi có thêm hệ thống phanh tái sinh với xe nền và xe cải tạo khi không có phanh tái sinh.

- Thiết kế mô hình, hệ thống thu hồi năng lượng từ phanh tái sinh.

1.4.2. Nhiệm vụ của đề tài

- Nghiên cứu lý thuyết về xe hybrid, phân loại, cấu trúc và hoạt động của xe hybrid.

- Tìm hiểu cơ sở lý thuyết mô hình hóa và mô phỏng.

- Nghiên cứu lý thuyết về động lực học khi phanh, giảm tốc.

- Nghiên cứu lý thuyết về phanh tái sinh, các ưu nhược điểm; phân tích và lựa chọn phương án thiết kế hệ thống phanh tái sinh phù hợp với xe nền.

- Nghiên cứu lý thuyết về các phương pháp lưu trữ năng lượng phanh tái sinh, phân tích ưu nhược điểm và lựa chọn phương pháp lưu trữ phù hợp cho phương án thiết kế, mô phỏng.

- Thực hiện mô hình hóa, mô phỏng xe hybrid bằng Matlab Simulink.

1.5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.5.1. Đối tượng nghiên cứu

- Hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng trên xe máy hybrid được cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc.

- Hệ thống chuyển đổi motor điện 48V-1000W thành máy phát để thu hồi năng lượng phanh tái sinh.

- Phần mềm mô phỏng MatlabSimulink để mô hình hóa, mô phỏng xe máy lai.

1.5.2. Phạm vi nghiên cứu

Đề tài chỉ tập trung nghiên cứu lý thuyết sử dụng phương pháp mô phỏng để đưa ra giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của xe máy lai 02 bánh cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc có xét đến thu hồi năng lượng từ phanh tái sinh.

1.6. Phương pháp nghiên cứu.

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

Tìm hiểu cơ sở lý thuyết về xe hybrid, mô hình hóa, mô phỏng, hệ thống phanh tái sinh qua việc nghiên cứu, tham khảo, sưu tầm những tài liệu, các công trình trong và ngoài nước đã được công bố.

1.6.2. Phương pháp tham vấn chuyên gia

Phương pháp chuyên gia là phương pháp sử dụng trí tuệ của đội ngũ chuyên gia có trình độ cao của một chuyên ngành để xem xét, nhận định bản chất một sự kiện khoa học hay thực tiễn phức tạp, để tìm ra giải pháp tối ưu cho các sự kiện đó hay đánh giá một sản phẩm khoa học.

Đó là phương pháp thu thập thông tin khoa học, nhận định, đánh giá một sản phẩm khoa học giáo dục, bằng cách sử dụng trí tuệ một đội ngũ chuyên gia giáo dục có trình độ cao, ý kiến của từng người sẽ bổ sung lẫn nhau, kiểm tra lẫn nhau cho ta một ý kiến đa số, khách quan về một vấn đề giáo dục.

1.6.3. Phương pháp mô hình hóa và mô phỏng

Mục đích: Xây dựng mô hình toán học các bộ phận trong hệ thống nhằm tiết kiệm thời gian và công sức, đồng thời định hướng đúng phương pháp nghiên cứu.

Tiến hành: Tính toán, xây dựng mô hình toán hệ thống phanh tái sinh trên xe hybrid. Tiến hành mô phỏng mô hình toán này dựa trên công cụ Matlab Simulink.

1.6.4. Phương pháp so sánh.

Kết quả mô phỏng được xử lý cho 03 trường hợp: Xe nền nguyên bản, xe lai cải tạo, và xe lai cải tạo có tính đến phanh tái sinh. Từ đó chứng minh được tính hiệu quả của xe sau cải tạo có phanh tái sinh.

Chương 2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Khái niệm xe hybrid

Trong khi động cơ đốt trong trên các xe ô tô truyền thống cho thời gian hoạt động lâu dài và đặc tính hoạt động tốt với ưu điểm từ nguyên liệu dầu mỏ. Tuy nhiên, các phương tiện này có khuyết điểm là tính kinh tế và gây ô nhiễm môi trường. Chính những nhược điểm này thúc đẩy con người tìm những hướng khác để thay thế, và xe Hybrid được cho ra đời.

Xe hybrid, thường được gọi là xe lai hay xe lai điện, là loại xe sử dụng hai nguồn động lực: Động cơ đốt trong và động cơ điện. Sự hoạt động của xe này là sự kết hợp hoạt động giữa động cơ đốt trong và động cơ điện sao cho tối ưu. Một bộ điều khiển sẽ quyết định khi nào động cơ đốt trong hoạt động, khi nào động cơ điện hoạt động và khi nào cả hai cùng hoạt động.

Ví dụ một lợi ích rõ ràng của xe lai ở điều kiện đường sá Việt Nam là: khi gặp đèn đỏ, hay khi kẹt xe, trên xe lai, không có động cơ nào hoạt động do đó không mất mát công suất vô ích.



Hình 2.1: Xe Toyota Hybrid [24]

Mục đích cơ bản của xe lai là mặc dù nó không tiết kiệm được nhiên liệu nhưng chủ yếu để hỗ trợ sự hoạt động của động cơ đốt trong ở mức hiệu quả

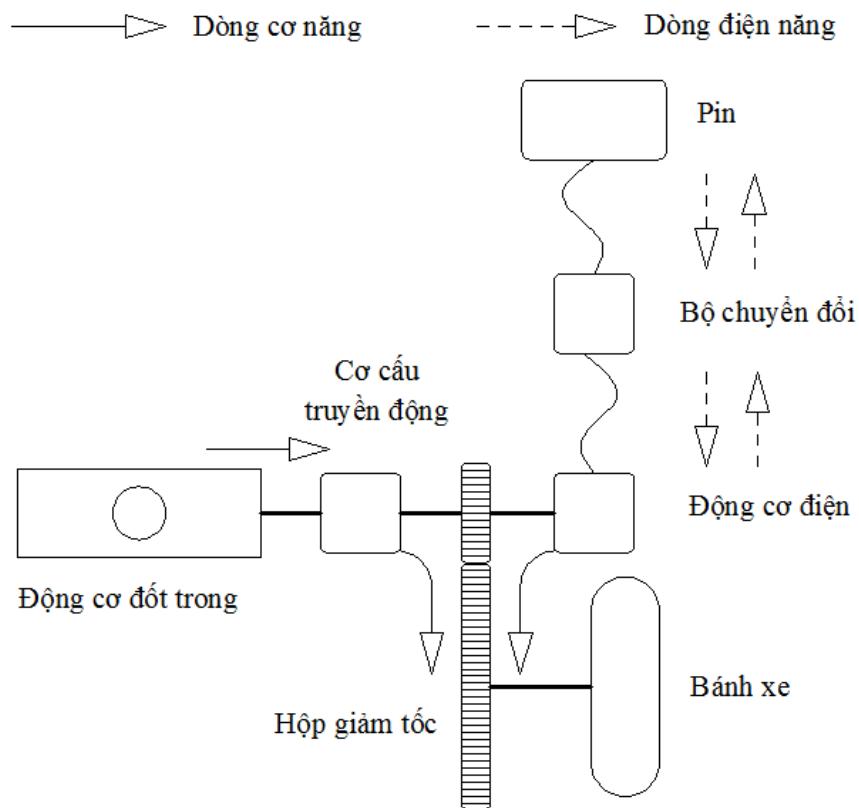
hơn. Trong thời gian gần đây kỹ thuật động cơ đốt trong phát triển ít hơn so với kỹ thuật trên động cơ điện.

2.2. Cấu trúc, thành phần của hệ thống truyền lực và lưu trữ năng lượng.

2.2.1. Cấu trúc hệ thống truyền lực Hybrid xăng điện

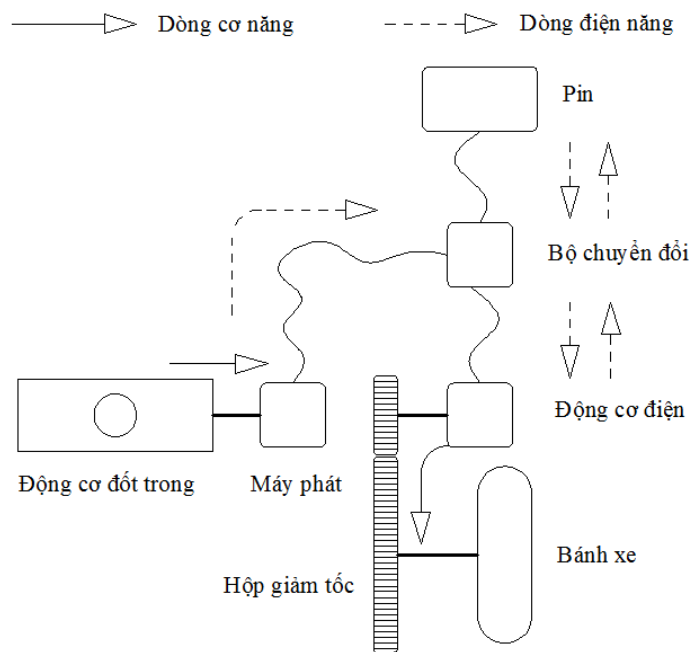
Về cơ bản có 3 loại cấu trúc truyền lực hybrid xăng điện khác nhau

- Truyền lực hybrid điện song song: động cơ hoặc motor điện, hoặc cả hai sẽ cung cấp moment cho bánh xe. Khi động cơ bị dư lực, nó sản sinh nhiều động năng hơn nhiều so với lực đẩy xe đi, hoặc trong khi hãm tái sinh thì động cơ điện hoạt động như một máy phát để nạp lại nguồn (pin, ắc quy hay siêu tụ...)



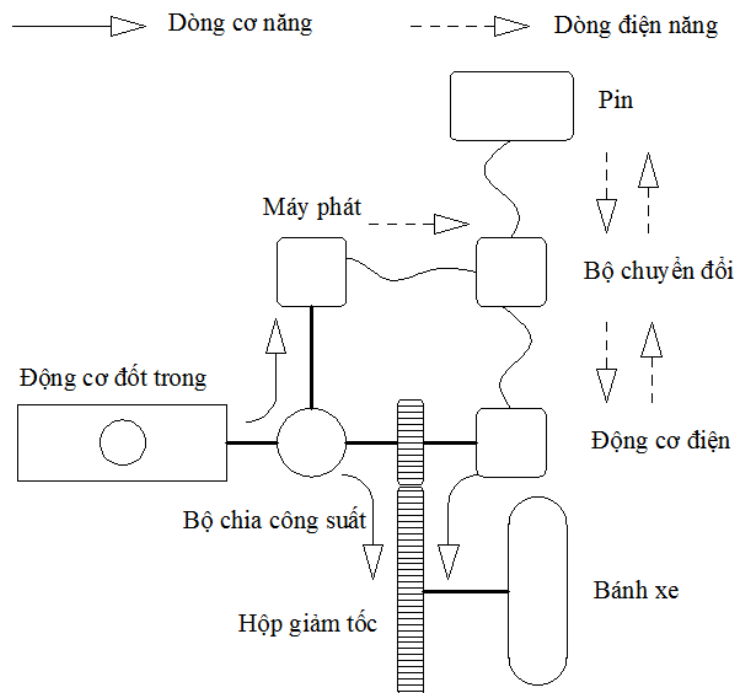
Hình 2.2: Hệ thống truyền lực hybrid kiểu song song [25]

- Truyền lực hybrid điện kiểu nối tiếp: Động cơ dẫn động một máy phát điện, công suất đầu ra của máy phát điện sẽ được dùng để nạp vào pin và/hoặc cung cấp năng lượng điện cho motor điện. Và sau đó moment xoắn được truyền đến các bánh xe chỉ thông qua motor điện này.



Hình 2.3: Hệ thống truyền lực hybrid kiểu nối tiếp [25]

- Truyền lực hybrid kiểu hỗn hợp: Tuy kết cấu, thiết kế và chế tạo khá phức tạp và tốn kém, nhưng bù lại chúng sở hữu những ưu điểm của hai kiểu truyền lực trên.



Hình 2.4: Hệ thống truyền lực hybrid kiểu hỗn hợp [26]

Ngoài ra, còn có thêm loại xe hybrid dạng Plug-in-hybrid. Dạng này nằm trong kiểu vừa nối tiếp, vừa song song có thể được xem như một kiểu xe điện với phạm vi hoạt động được mở rộng nhờ có động cơ đốt trong dẫn động máy phát. Loại này có động cơ điện nhỏ, pin nhỏ, nên chi phí hệ thống giảm nhưng vẫn linh hoạt trong việc tối ưu hóa kinh tế nhiên liệu trong các điều kiện khác nhau.

2.2.2. Các thành phần của hệ thống truyền lực và lưu trữ năng lượng

Các thành phần chính của một chiếc xe hybrid xăng điện bao gồm: Động cơ điện, động cơ đốt trong, hệ thống truyền lực, hệ thống lưu trữ năng lượng và bộ điều khiển phân phối công suất.

a. Nguồn công suất chính

Đây là nguồn công suất ổn định trên xe, thường là động cơ đốt trong hay fuel cells. Việc lựa chọn nguồn công suất chính chủ yếu phụ thuộc vào những yêu cầu về tính năng động lực học, tính năng lái, mức tiêu thụ nhiên liệu hay giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Hiện tại, trên xe máy và trên xe hơi thì động cơ xăng là loại phổ biến nhất được lựa chọn. Các ưu điểm chính của động cơ xăng là công suất riêng cao (tỉ lệ công suất trên trọng lượng), hiệu suất cao và dải tốc độ lớn.

b. Động cơ điện

Là nguồn công suất thứ hai trong hệ thống truyền lực xe hybrid. Hai loại motor được sử dụng phổ biến nhất hiện nay là motor điện một chiều không chổi than (BLDC) và motor điện xoay chiều cảm ứng. Chúng được sử dụng thường xuyên do mang đặc điểm hiệu suất cao, ít bảo dưỡng và tuổi thọ lâu dài. Ngoài ra, xu hướng mới trong thiết kế nguồn động lực điện xe hybrid là sử dụng các loại động cơ điện nêu trên những tích hợp trong các bánh xe.

c. Hệ thống truyền lực

Hệ thống truyền lực trên xe hybrid có các nhiệm vụ sau:

Chuyển đổi moment xoắn và tốc độ quay từ các nguồn động lực để đáp ứng công suất kéo theo yêu cầu của phương tiện.

Cung cấp công suất để xe tiến và lùi.

Phối hợp công suất của các nguồn động lực để đạt tính kinh tế nhiên liệu và giảm lượng khí thải mà vẫn đáp ứng các yêu cầu động lực học.

d. Hệ thống lưu trữ năng lượng

Đây là một trong những hệ thống quan trọng nhất trên xe hybrid, nó ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả của chiếc xe. Có nhiều loại thiết bị lưu trữ năng lượng đã được đề xuất để ứng dụng trên xe hybrid xăng điện gồm: ắc quy kiềm, ắc quy chì-axit, siêu tụ, pin, bánh đà cao tốc, hệ thống nén khí hoặc nén thủy lực... Tuy nhiên, các nguồn lưu trữ năng lượng thông dụng nhất hiện nay trên xe hybrid là nguồn lưu trữ điện năng như: ắc quy chì-acid, pin Lithium-ion, siêu tụ.

e. Bộ điều khiển và phân phối công suất

Bộ điều khiển và phân phối công suất được ví như não bộ của chiếc xe hybrid, có nhiệm vụ xác nhận các tín hiệu đầu vào từ các cảm biến và người lái để xác định điều kiện hoạt động của xe và từ đó điều khiển phân phối công suất từ các nguồn động lực vừa để đáp ứng yêu cầu tính năng động lực học cần thiết, vừa đáp ứng tiêu chí về tính kinh tế nhiên liệu và ô nhiễm môi trường.

Bộ điều khiển phân phối công suất thường hoạt động theo một thuật toán được lập trình trước với tất cả hoặc một vài chế độ trong các chế độ làm việc sau:

- 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 hoặc pin để cấp ngược lại cho động cơ điện khi xe cần công suất.

2.3. Phương pháp cải tạo xe nền Honda Lead thành xe Honda Lead 110cc hybrid

Xe máy lai 02 bánh đã được nhóm nghiên cứu và trình bày ở nghiên cứu trước của Phạm Tuấn Anh [27], xe này được cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc.

2.3.1. Thông số xe Honda Lead nguyên bản

Thông số xe Honda Lead nguyên bản được thể hiện ở bảng dưới:

Bảng 2.1: Thông số của xe Honda Lead 110cc [28]

Tên sản phẩm	HONDA LEAD 110
Trọng lượng bản thân	115 kg
Kích thước (Dài x Rộng x Cao)	1.835 mm x 670 mm x 1.125 mm
Khoảng cách trục bánh xe	1.275 mm

Độ cao yên	740 mm
Khoảng cách gầm so với mặt đất	120 mm
Dung tích bình xăng	6,5 lít
Phuộc trước	Ống lồng, lò xo trụ, giảm chấn thủy lực
Phuộc sau	Lò xo trụ, giảm chấn thủy lực
Loại động cơ	PGM-FI, Xăng, 4 kỳ, 1 xy-lanh, làm mát bằng dung dịch
Dung tích xi lanh	108 cm ³
Đường kính x hành trình pít tông	50 mm x 55 mm
Tỷ số nén	11:01
Công suất tối đa	6,4 kW / 7.500 vòng/phút
Cỡ lốp trước/sau	Trước: 90/90-12 Sau: 100/90-10
Mô men cực đại	9,2 N.m / 6.000 vòng/phút
Truyền động	Dây đai
Hệ thống ly hợp	Ma sát khô
Khởi động máy	Điện
Dung tích nhớt máy	0,8 lít khi rã máy; 0,7 lít khi thay nhớt
Phanh trước / sau	Phanh đĩa/ Phanh cơ

2.3.2. Yêu cầu thiết kế và phương án cải tạo xe

Tùy vào yêu cầu của điều kiện hoạt động, tính năng của xe nền, công nghệ đáp ứng, giá thành mà lựa chọn phương án cải tạo sao cho hợp lý.

a. Yêu cầu

Xe 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 nền, 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 sau cải tạo phải đáp ứng:

- 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 dải vận tốc thấp, xe có khả năng leo được góc dốc 2%.

- Thời gian 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.

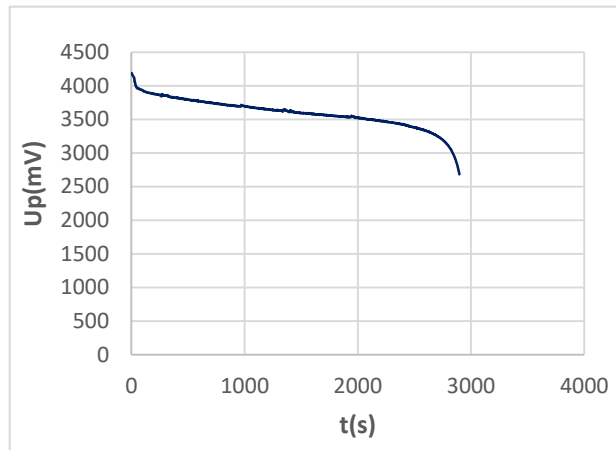
b. Phương án cải tạo

Do kết cấu truyền động của xe nền Honda Lead 110cc có trục bánh xe sau quay cùng với cụm bánh xe và yêu cầu thiết kế phải ít thay đổi kết cấu của xe nền để giảm giá thành xe cải tạo nên cấu trúc hệ thống truyền lực của động cơ đốt trong 110cc với bộ truyền vô cấp dẫn động bánh sau được giữ nguyên.

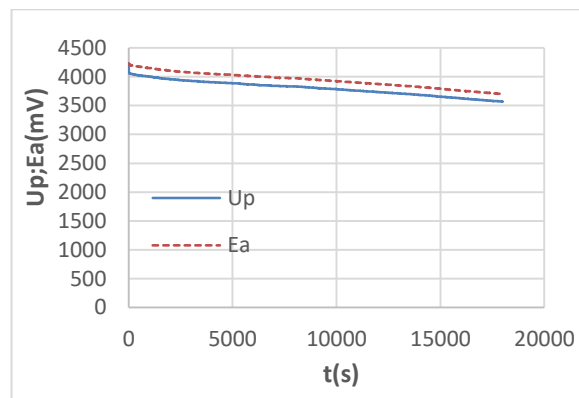
Động cơ điện một chiều không chổi than loại gắn liền với bánh xe (BLDC Hub Motor) được chọn để tích hợp cho xe máy hybrid do tính tiện lợi của khi tích hợp cho các phương tiện không có nhiều khoảng không. Động cơ điện này được đặt trực tiếp tại bánh trước, Động cơ điện một chiều không chổi than BLW-16B của hãng Leaf Motor Technology Co. Ltd [29], với công suất 1000W được lựa chọn.

Do bộ lưu trữ nguồn điện là cụm bốn ắc quy CSB-EVX12300 [30] 12V 30Ah mắc nối tiếp nhau đặt trong hộc chứa đồ của xe có khối lượng lớn, nhóm nghiên cứu

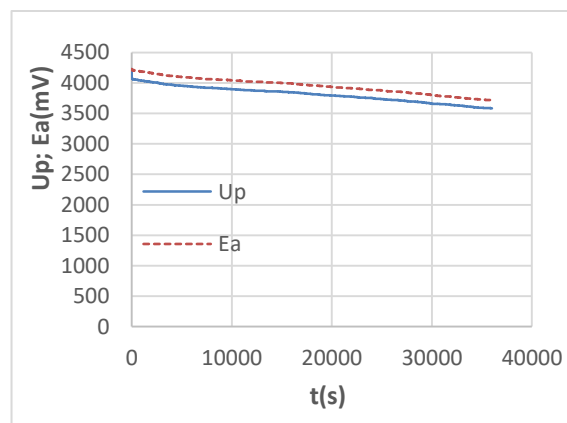
đã thay bằng pin Lithium-ion [31] để đạt được hiệu quả cao hơn.



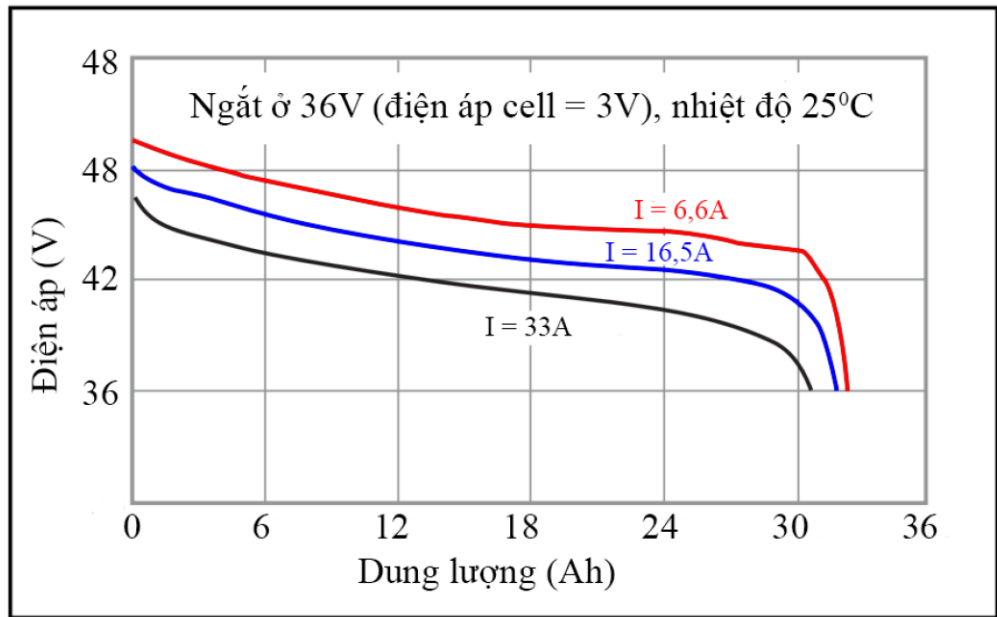
Hình 2.5: Đặc tính phóng 1h của cell



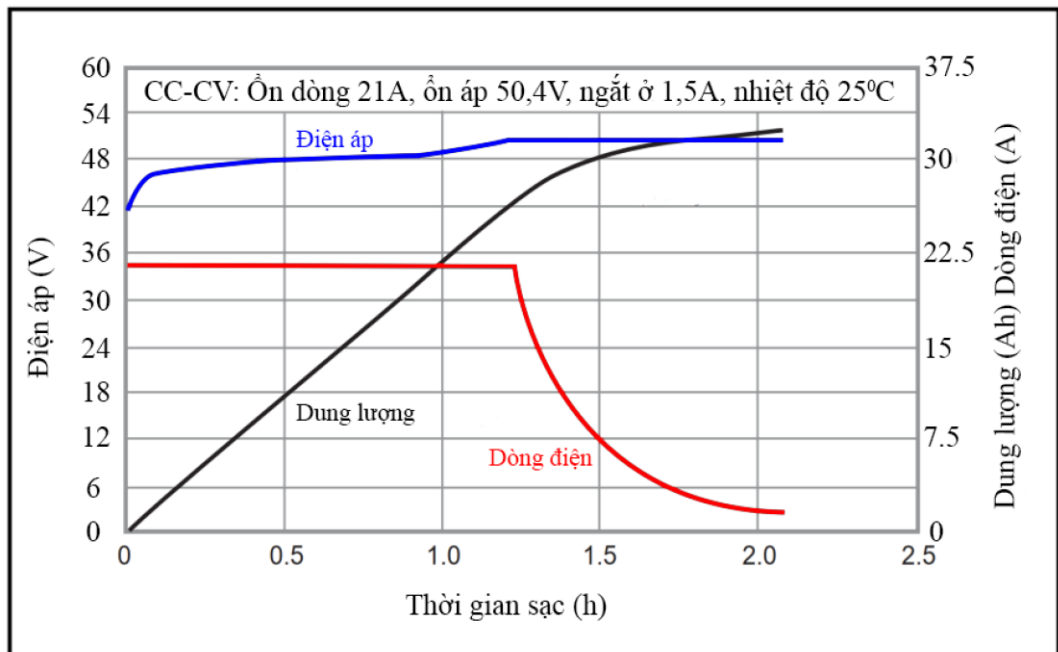
Hình 2.6: Đặc tính phóng 5h của cell



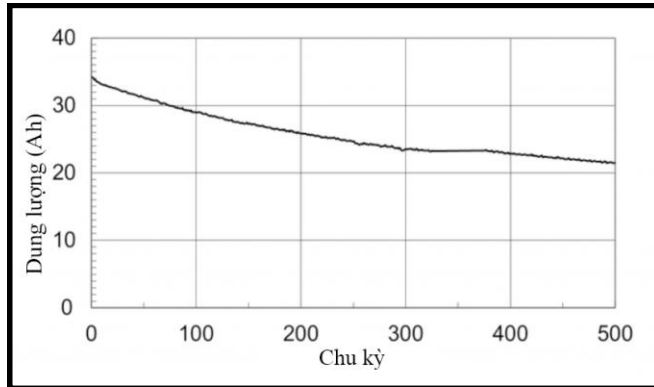
Hình 2.7: Đặc tính phóng 10h của cell



Hình 2.8: Đặc tính xả của bộ nguồn 48V-33Ah



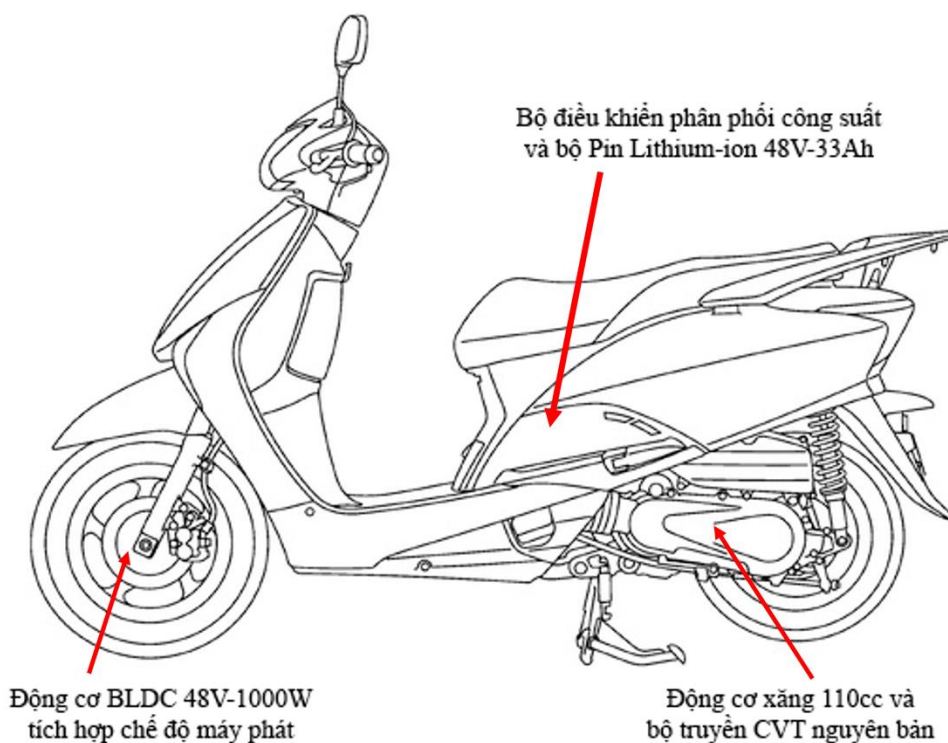
Hình 2.9: Đặc tính nạp CC-CV



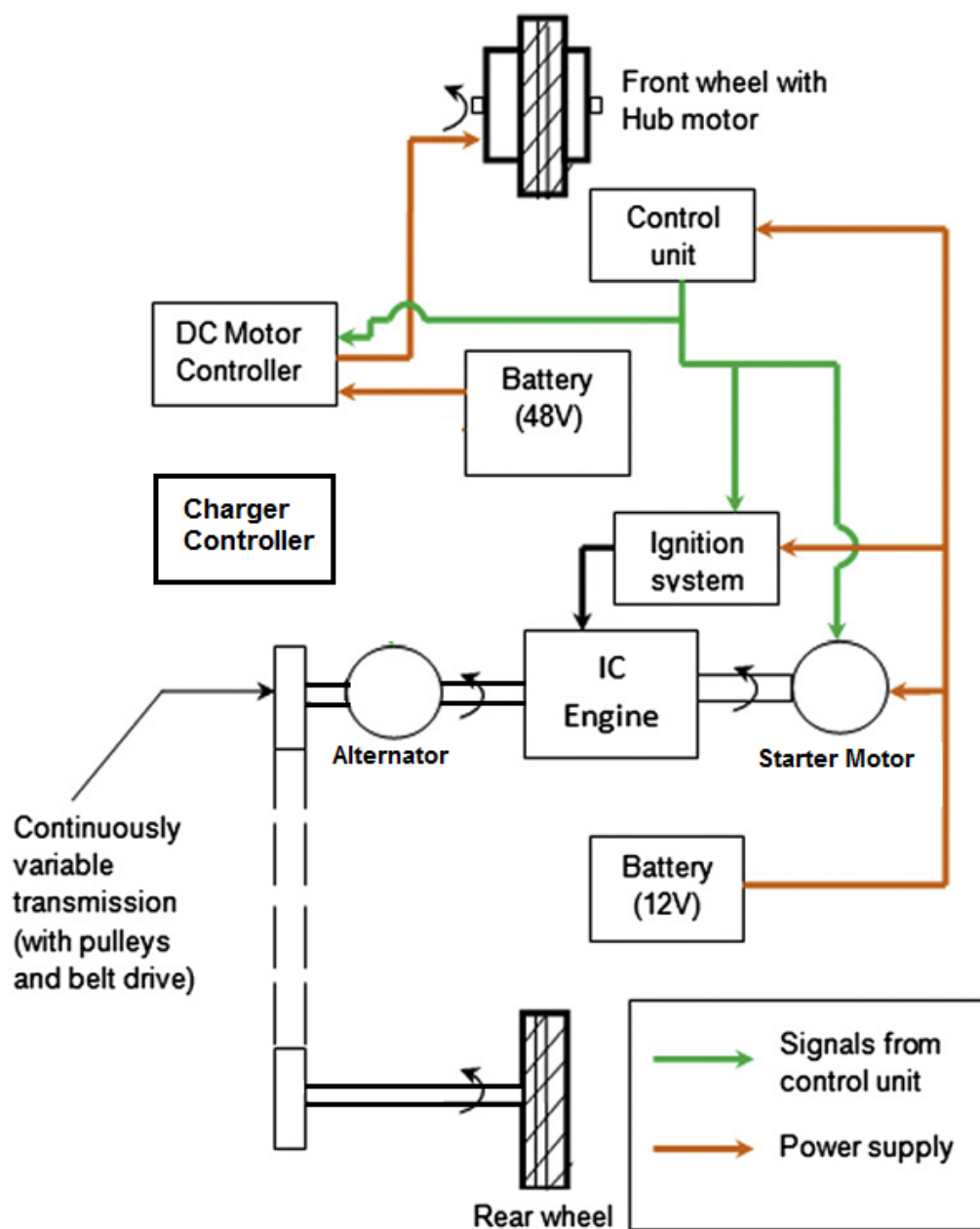
Hình 2.10: Đặc tính tuổi thọ của bộ nguồn

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.

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 2.11: Bố trí các thiết bị lắp trên xe Honda Lead 110cc cải tạo



Hình 2.12: Cấu trúc của xe hybrid sau khi cải tạo [27]

2.3.3. Thông số của xe sau cải tạo

Các thông số cơ bản của xe sau cải tạo được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 2.2: Thông số của xe Honda Lead hybrid sau cải tạo

Thông số		Xe Honda Lead 110cc	Xe Honda Lead hybrid	Xe Honda Lead có phanh tái sinh
Kích thước Khối lượng	Chiều dài (mm)	1838	1838	1838
	Chiều rộng (mm)	668	668	668
	Chiều cao (mm)	1125	1125	1125
	Chiều dài cơ sở (mm)	1274	1225	1225
	Khoảng sáng gầm xe (mm)	115	115	115
	Trọng lượng (kg)	115	173	143
Khung sườn	Bán kính bánh xe trước	234,3 mm	203 mm	203 mm
	Bán kính bánh xe sau	217 mm	217 mm	217 mm
	Hệ thống phanh bánh trước	Phanh đĩa thủy lực	Phanh đĩa thủy lực	Phanh đĩa thủy lực
	Hệ thống phanh bánh sau	Phanh guốc tang trống	Phanh guốc tang trống	Phanh guốc tang trống
	Dung tích bình xăng	6,5 l	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	PGM – FI, xăng, 4 kỳ, 1 xy lanh, làm mát bằng dung dịch
	Đường kính piston	50 mm	50 mm	50 mm
	Hành trình piston	55 mm	55 mm	55 mm
	Dung tích xy lanh	108 cm ³	108 cm ³	108 cm ³
	Tỷ số nén	11:1	11:1	11:1
	Công suất cực đại	6,4 kW tại 7500 rpm	6,4 kW tại 7500 rpm	6,4 kW tại 7500 rpm
	Moment cực đại	9,2 Nm tại 6000	9,2 Nm tại 6000	9,2 Nm tại

		rpm	rpm	6000
	Hệ thống ly hợp	Ma sát khô	Ma sát khô	Ma sát khô
	Hệ thống khởi động	Điện	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	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.	Động cơ BLDC tích hợp máy phát đặt trong bánh xe trước.
	Công suất cực đại		1037,72 W/497 rpm	1037,72 W/497 rpm
	Moment cực đại		24,09 Nm	24,09 Nm
	Điện áp định mức		48 V	48 V
	Dòng điện cực đại		25,55 A	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	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	2,59:1 – 0,88:1
	Tỉ số truyền truyền lực cuối cùng	9,432	9,432	9,432
Hệ thống lưu trữ năng lượng	Loại ắc quy		Ắc quy chì – acid 12V-30Ah	Lithium-ion 48V-33Ah
	Khối lượng		10,4 kg	10,84 kg
	Kích thước (D x R xC)		166 x 175 x 125 mm	308 x 183 x 144 mm
	Dòng phóng cực đại		400 A (5s)	330
	Dòng nạp cực đại		9 A	66A (tức thời 2C) 24,75a (liên

				tục 0.75C)
	Số lượng		4 ắc quy mắc nối tiếp	01
	Nguồn điện sạc ắc quy		Máy phát 250W (HEM) hoặc lưới điện dân dụng (PHEV)	lưới điện dân dụng (PHEV)

2.4. Cơ sở lý thuyết về phanh tái sinh và các phương pháp lưu trữ năng lượng phanh tái sinh

2.4.1. Công dụng, yêu cầu, phân loại phanh

a. Khái niệm quá trình phanh

Quá trình phanh là quá trình dùng ngoại lực tác động lên một cơ cấu nhằm tạo ra lực cản tác động hệ thống truyền lực của xe một cách có kiểm soát để giảm tốc độ của xe đến một mức nào đó hoặc đến khi xe dừng hẳn.

Cơ cấu, hệ thống nhằm tạo ra và điều khiển lực cản đó gọi là hệ thống phanh.

b. Công dụng của hệ thống phanh

- Dùng để giảm tốc độ của xe cho đến một tốc độ nào đó hoặc dừng hẳn
- Giữ cố định xe khi dừng xe trong thời gian dài
- Giữ cho xe đứng yên khi dừng xe trên dốc

Nhờ các công dụng đó, hệ thống phanh bảo đảm cho xe có khả năng di chuyển an toàn ở tốc độ cao, cho phép lái xe điều chỉnh được tốc độ xe phù hợp với điều kiện di chuyển, nâng cao được vận tốc trung bình của xe.

c. Yêu cầu đối với hệ thống phanh

Hệ thống phanh phải có chất lượng phanh tốt, tuổi thọ và độ tin cậy cao, phân bố mô men trên các bánh xe phải theo quan hệ tận dụng triệt trọng lượng bám khi phanh với bất kỳ cường độ nào

- Mô men phanh phải đủ lớn nhưng kích thước nhỏ gọn;

- Quãng đường phanh ngắn nhất khi phanh đột ngột, đảm bảo gia tốc phanh cực đại, thời gian phanh cực tiểu.

- Quá trình phanh êm, không xảy ra hiện tượng tự phanh;

- Dẫn động điều khiển phanh phải nhẹ nhàng.

- Cơ cấu phanh thoát nhiệt tốt

- Có khả năng dừng xe trong thời gian dài.

- Thời gian tác động nhỏ.

d. Phân loại phanh

- Phân loại theo công dụng:

+ Phanh dừng: dùng để giảm tốc độ hoặc dừng xe

+ Phanh đỗ: dùng để đỗ xe trong thời gian dài hoặc dừng xe trên dốc

- Phân loại theo vị trí bố trí

+ Cơ cấu phanh bố trí ở bánh xe: các phanh chính

+ Cơ cấu phanh bố trí ở trục truyền: phanh tay

+ Cơ cấu phanh bố trí ở cơ cấu chuyển hướng: các loại xe xích

- Phân loại theo kết cấu

+ Phanh guốc

+ Phanh đĩa

+ Phanh dải

- Phân loại theo phần tử trợ lực

+ Phanh trợ lực chân không

+ Phanh trợ lực khí nén

+ Phanh trợ lực điện

+ Phanh không có trợ lực

- Phân loại theo dẫn động phanh

+ Phanh dẫn động cơ khí

- +phanh dẫn động thủy lực
- +phanh dẫn động khí nén
- +phanh dẫn động thủy – khí (khí nén kết hợp thủy lực)

2.4.2. Lý thuyết phanh

Trong quá trình điều khiển phương tiện tham gia giao thông. Người lái có thể cảm nhận thấy một hiện tượng bất thường xảy ra (bỗng nhiên có người xuất hiện sau vật cản bằng qua đường, đường bị hẹp lại; có phương tiện quá khổ, quá tải đi ngược chiều; bất ngờ xuất hiện các chướng ngại vật trên đường...) cần phải phanh để từ đó ra quyết định phanh xe. Quá trình phanh xe được chia làm các giai đoạn như sau:

Tùy theo mức độ chú ý quan sát, kinh nghiệm của mỗi người, mà họ có thể có nhận thức về sự nguy hiểm bất ngờ xảy ra khác nhau cả về tính chất sự việc xảy ra và mức độ nhanh nhạy (thời gian) cảm nhận của mỗi người, cơ thể người lái xe chưa có bất kỳ phản ứng nào, phương tiện vẫn hoạt động bình thường. Thời gian của giai đoạn này khoảng 0,2 giây.

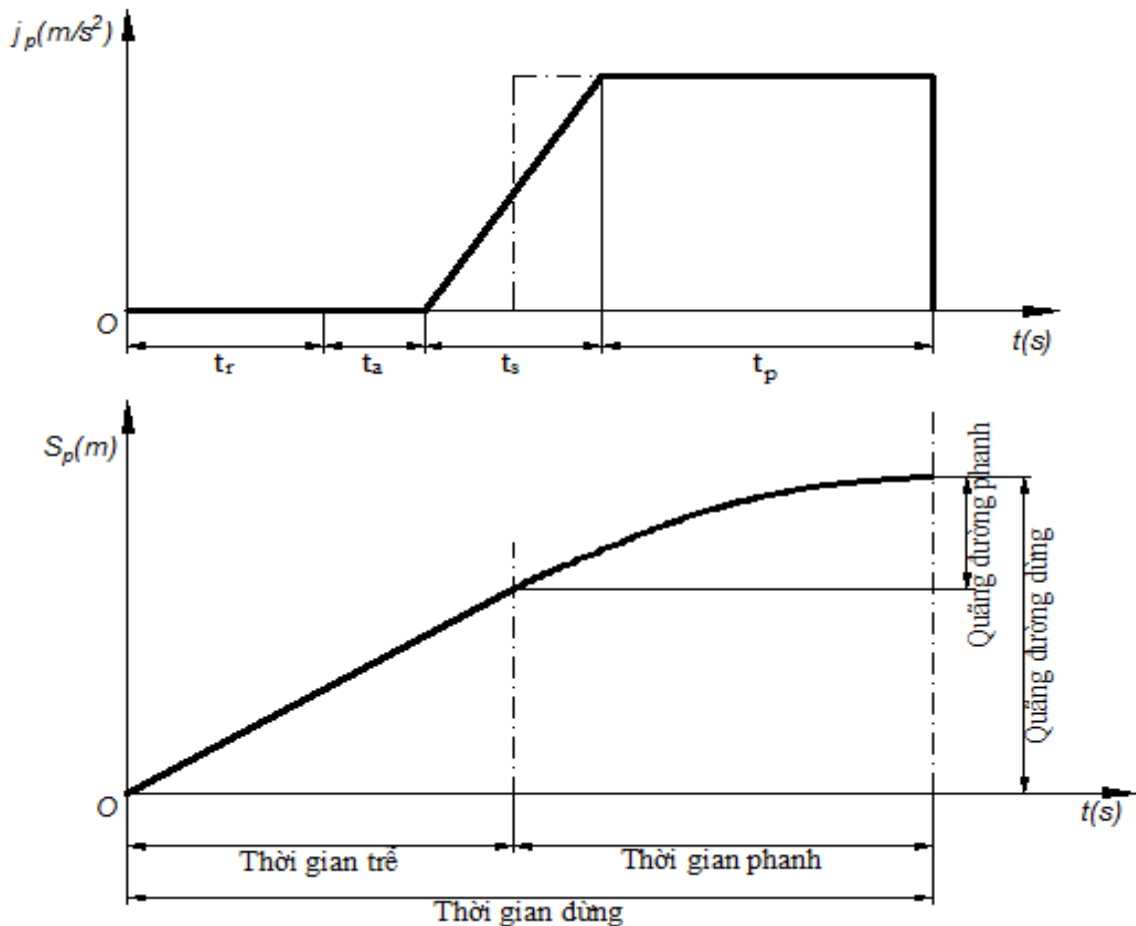
Giai đoạn nhận thức hoặc có thể gọi là giai đoạn phản xạ. Trong giai đoạn này những người tham gia giao thông đã thực sự nhận thức được một nguy cơ, một hiện tượng khác thường đã xảy ra, trực tiếp đe dọa sẽ gây nguy hiểm cho bản thân họ hoặc cho một người nào đó. Giai đoạn phản xạ thường diễn ra qua 3 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Sau khi người điều khiển phương tiện nhận thức có nguy hiểm xảy ra, thần kinh trung ương chỉ đạo hệ cơ bắp của toàn thân thực hiện các động tác phòng tránh như kêu la, đạp phanh hoặc đánh lái... để đề phòng tai nạn xảy ra. Thời gian này là khoảng 0,6 giây. Như vậy, từ khi nhận thức được nguồn nguy hiểm đến khi có phản xạ để thực hiện các biện pháp phanh đối với người bình thường là 0,8 giây. Và trong quá trình đó, hoạt động phương tiện vẫn diễn ra bình thường.

- Giai đoạn 2: Là giai đoạn chậm tác dụng của hệ thống phanh đến khi các phanh bắt đầu có tác dụng, thời gian này khoảng 0,2÷0,4 giây. Xe vẫn chuyển động bình thường.

- Giai đoạn 3: Được tính từ thời điểm phanh bắt đầu có hiệu lực cho đến thời điểm xe dừng hẳn. Giai đoạn này thường có những diễn biến cơ bản sau: Mặc dù, bộ phận phanh hãm đã có hiệu lực (bánh xe ngừng quay nhưng do quán tính làm cho phương tiện vẫn bị đẩy, trượt trên đường tạo nên những vết trượt, vết phanh. Vết trượt, vết phanh dài hay ngắn, lực gây rê ngang mạnh hay yếu, khoảng cách rê ngang ngắn hay dài, thậm chí lật đổ xe... phụ thuộc vào: Tốc độ; Trọng lượng của xe; Phản xạ và kỹ thuật của người điều khiển; Chất lượng phanh; Tính chất mặt đường (độ dốc dọc, độ nghiêng mặt đường, mặt đường nhựa, đá, khô, ướt; đường ray).

Đồ thị dưới đây mô tả các giai đoạn xảy ra trong quá trình phanh xe:



Hình 2.13: Giảm độ phanh [32]

Trong đó:

t_r : Thời gian phản ứng của người lái

t_a : Thời gian chậm tác dụng của hệ thống phanh

t_s : Thời gian gia tốc phanh tăng từ 0 đến cực đại.

t_p : Thời gian phanh với gia tốc phanh cực đại.

Gọi t_{vz} là tổng thời gian trễ, t_h là thời gian dừng xe, S_h là quãng đường dừng

$$t_{vz} = t_r + t_a + \frac{t_s}{2} \quad (2.1)$$

Bảng 2.3: Công thức tính thời gian và quãng đường dừng

	V, m/s	V, km/h
Thời gian dừng, t_h	$t_h = t_{vz} + \frac{V}{j_p}$	$t_h = t_{vz} + \frac{V}{3,6 \cdot j_p}$
Quãng đường dừng, S_h	$S_h = V \cdot t_{vz} + \frac{V^2}{2 \cdot j_p}$	$S_h = \frac{V}{3,6} \cdot t_{vz} + \frac{V^2}{254 \cdot j_p}$

Từ đó ta tính toán và lập được bảng sau:

Bảng 2.4: Quãng đường dừng khi phanh xe ở các tốc độ và gia tốc khác nhau

J_p (m/s^2)	Tốc độ xe trước khi phanh (km/h)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Quãng đường di chuyển của xe trong thời gian trễ 1s (m)								
	2,8	5,6	8,3	11,2	14	17	19	22	25
Quãng đường dừng (m)									
4,4	3,7	8,9	16,1	26,3	36	48	62	78	96
5	3,5	8,5	15,3	24,8	33	44	57	71	87
5,8	3,4	8,1	14,6	23,3	30	40	52	65	79
7	3,3	7,7	13,9	21,8	28	36	46	57	70
8	3,3	7,3	13,3	20,3	26	34	43	53	64
9	3,2	7,0	12,7	18,9	25	32	40	50	60

Khi tính toán phanh cho xe, điều kiện tiên quyết là lực phanh tối đa không được lớn hơn lực bám ở mỗi bánh xe để tránh các bánh xe bị trượt lết, lực phanh cực đại tác dụng lên các bánh xe cho trường hợp phanh trên đường bằng được tính như sau:

Bánh trước là:

$$P_{p1} = \frac{G_1}{2} m_1 \varphi = \frac{Gb}{2L} m_1 \varphi \quad (2.2)$$

Bánh sau là:

$$P_{p2} = \frac{G_2}{2} m_2 \varphi = \frac{Gb}{2L} m_2 \varphi \quad (2.3)$$

Trong đó:

- G: là trọng lượng xe khi đầy tải
- G₁, G₂: là trọng lượng bám (phản lực mặt đường) tác dụng lên bánh xe trước và sau ở trạng thái tính trên mặt phẳng ngang.
- a: khoảng cách từ trọng tâm đến bánh trước
- b: khoảng cách trọng tâm đến bánh sau
- φ: hệ số bám
- L: Chiều dài cơ sở của xe

Mômen phanh tính toán cần sinh ra ở cơ cấu phanh bánh trước là:

$$M'_p = \frac{G_1}{2} m_1 \varphi r_{bx} = \frac{G}{2L} (b + \varphi' h_g) \cdot \varphi \cdot r_{bx} \quad (2.4)$$

Mômen phanh tính toán cần sinh ra ở cơ cấu phanh bánh sau là:

$$M''_p = \frac{G_2}{2} m_2 \varphi r_{bx} = \frac{G}{2L} (b + \varphi' h_g) \cdot \varphi \cdot r_{bx} \quad (2.5)$$

Trong đó:

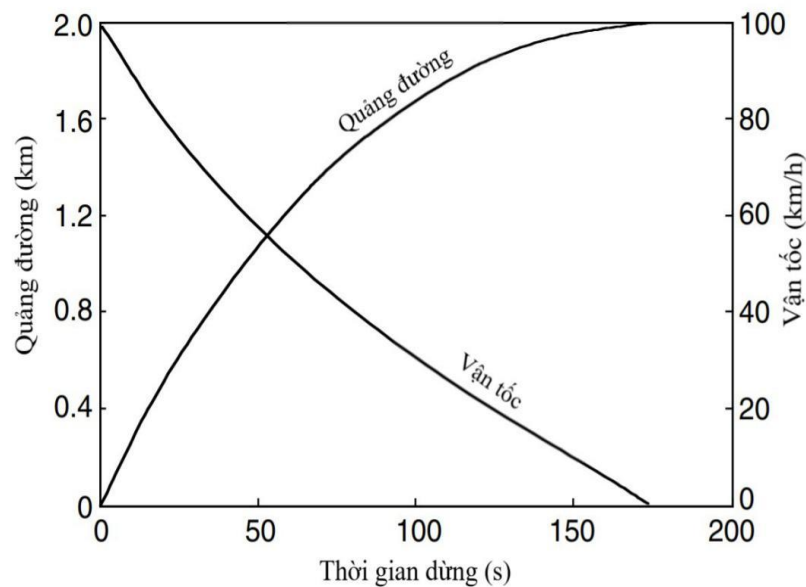
φ' là hệ số bám của bánh sau (nếu khác bánh trước)

2.4.3. Lý thuyết phanh tái sinh

a. Tính cần thiết của phanh tái sinh

Hầu hết các loại phanh sử dụng lực ma sát để chuyển động năng thành nhiệt năng để triệt tiêu động năng của xe. Lượng nhiệt này làm nóng đĩa phanh (trống phanh) và má phanh (guốc phanh) rồi tỏa ra môi trường, đây là điều không mong muốn vì vừa gây giảm tuổi thọ của hệ thống phanh, vừa gây tăng tiêu hao nhiên liệu vì phần động năng để chuyển thành nhiệt năng này là phần năng lượng tiêu hao vô ích.

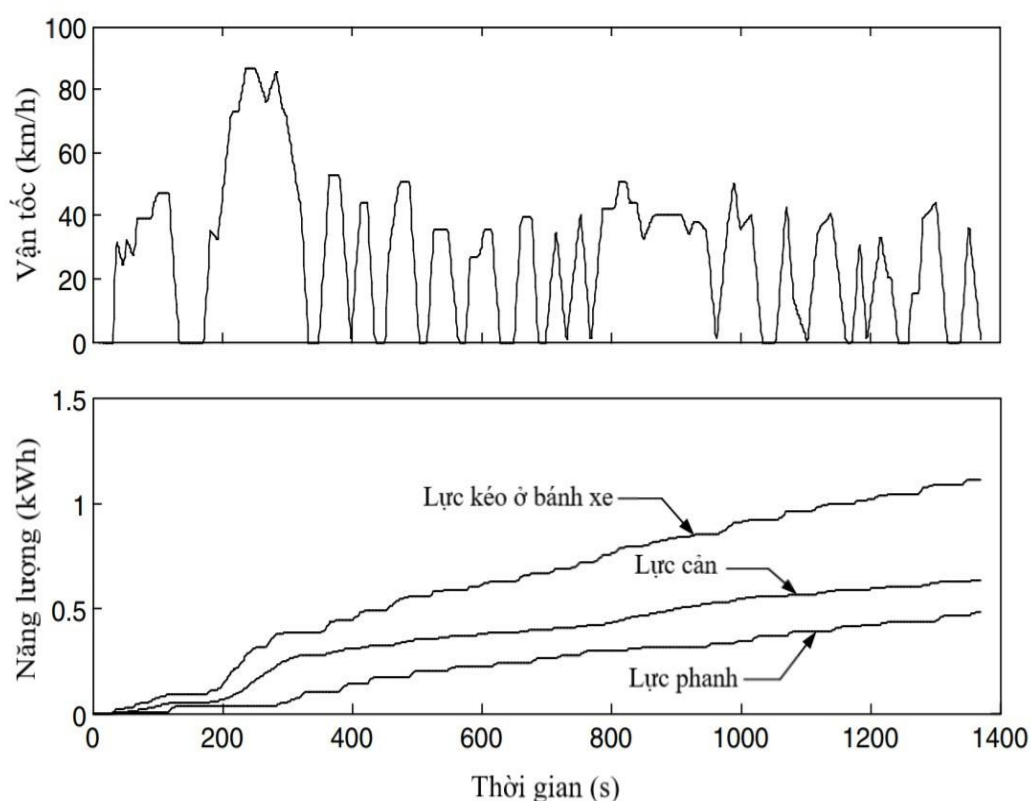
Xét ví dụ sau: phanh dừng hẳn một chiếc xe có khối lượng 1500kg đang chạy với vận tốc 100km/h cần triệt tiêu hết động năng của xe $T = 0,5 \times m \times v^2 = 578,7 \text{ kJ}$ chuyển thành nhiệt năng tỏa ra môi trường, năng lượng này tương đương một động cơ có công suất khoảng 1,6 kW hoạt động trong 6 phút. Nếu lượng năng lượng này được sử dụng trong lúc chuyển động đều ở 100 km/h (chỉ để thắng lực cản lăn và lực cản không khí), xe sẽ đi được quãng đường khoảng 2 km như mô tả sau:



Hình 2.14: Quãng đường dừng và vận tốc dừng

Như phân tích ở trên, để tận dụng nguồn năng lượng khi phanh này. Từ lâu đã có những phương pháp sử dụng hệ thống phanh để chuyển đổi nhiệt năng sang các dạng năng lượng khác, ví dụ: chuyển đổi động năng sang điện năng, chuyển đổi động năng thành thế năng dưới dạng khí nén hoặc dùng năng lượng này để làm quay bánh đà nhằm tích trữ nguồn năng lượng này để dùng cho nhiều mục đích khác. Ta gọi các hệ thống phanh đó là phanh tái sinh.

Để minh chứng cho lợi ích năng lượng hay lợi ích về hiệu suất nhiên liệu, Mehrdad [33] và các cộng sự đã mô hình hóa và mô phỏng hoạt động của xe du lịch nặng 1500 kg để tính toán và so sánh vận tốc cực đại, vận tốc trung bình, tổng năng lượng kéo, và năng lượng được dùng bởi lực cản và phanh trên 100km quãng đường di chuyển ở những chu kỳ làm việc khác nhau như đồ thị và bảng dưới đây:



Hình 2.15: Tổng năng lượng kéo và năng lượng sử dụng bởi lực cản và phanh ở chu kỳ làm việc đô thị FTP 75 [33]

Bảng 2.5: Các thông số lực kéo, lực cản và phanh trên 100km quãng đường di chuyển ở những chu kỳ làm việc khác nhau [33]

	FTP 75 Đô thị	FTP 75 Cao tốc	US06	ECE -1	New York
Vận tốc cực đại (km/h)	86.4	97.7	128.5	120	44.6
Vận tốc trung bình (km/h)	27.9	79.3	77.5	49.9	12.2
Năng lượng kéo ở bánh xe chủ động. (kWh)	10.47	10.45	17.03	11.79	15.51
Năng lượng cản ở bánh xe chủ động. (kWh)	5.95	9.47	11.73	8.74	4.69
Năng lượng phanh, ở bánh xe chủ động. (kWh)	4.52	0.98	5.30	3.05	10.82
Tỷ lệ năng lượng phanh với năng lượng kéo (%)	43.17	9.38	31.12	25.87	69.76

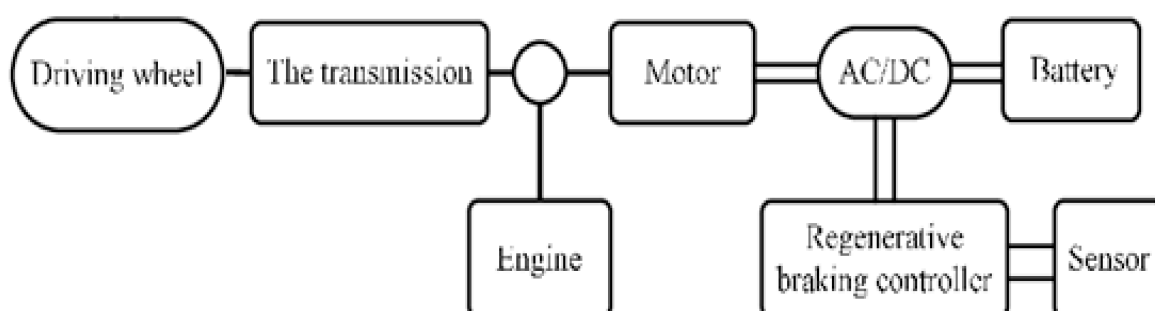
Từ tính toán trên ta thấy, khi xe đang hoạt động với kiểu ngừng và chạy trong điều kiện thành phố, một lượng lớn năng lượng được sử dụng cho việc phanh thường xuyên, điều này dẫn đến kết quả là sự tiêu thụ nhiên liệu cao. Năng lượng phanh ở khu vực thành phố tiêu biểu có thể chiếm tới hơn 43% tổng năng lượng kéo. Ở những thành phố lớn, mật độ xe đông và di chuyển chậm, như New York, có thể đạt tới 70%.

Nghiên cứu này đã chứng minh rằng phanh tái sinh không chỉ có tác dụng để giảm tốc độ hay dừng xe mà việc thu hồi lại một phần năng lượng vô ích trong quá trình phanh có thể cải thiện đáng kể tính kinh tế nhiên liệu của EVs và HEVs.

b. Nguyên lý hoạt động

Phanh tái sinh có thể được thiết kế trên nhiều dòng xe. Tuy nhiên, với các xe chỉ có một nguồn năng lượng là động cơ đốt trong thì việc thiết kế thêm một máy phát điện và hệ thống dẫn động và điều khiển để thu hồi năng lượng phanh rất phức

tạp. Riêng trên xe điện (Evs – Electric Vehicles), xe lai (EHV_s - Electric Hybrid Vehicles) và xe pin nhiên liệu (FCV_s- Fuel Cell Vehicles) thì phanh tái sinh có tính khả thi cao hơn vì động cơ điện trên xe có thể được điều khiển để hoạt động ở chiều nghịch như máy phát điện nhằm chuyển đổi động năng hay quán tính của xe thành năng lượng điện lưu trữ trong bộ lưu trữ năng lượng ESS (ắc quy hoặc siêu tụ điện) và sau đó tái sử dụng.



Hình 2.16: Sơ đồ hệ thống truyền lực xe hybrid có phanh tái sinh [34]

Tuy nhiên trong quá trình thiết kế hệ thống phanh tái sinh thì hiệu suất phanh là một yếu tố quan trọng đảm bảo tính an toàn của một chiếc xe. Một hệ thống phanh tốt luôn phải đáp ứng được yêu cầu giảm nhanh tốc độ xe và duy trì khả năng điều khiển hướng đi của xe. Yêu cầu trước hết là hệ thống phanh phải cung cấp đủ mô men phanh trên tất cả các bánh xe. Tiếp đến là phải phân bố lực phanh hợp lý trên các bánh xe. Nhìn chung, mômen phanh cần thiết lớn hơn nhiều so với mômen cản mà máy phát điện hoặc động cơ điện (khi làm việc ở chế độ máy phát) có thể tạo ra, đặc biệt là trong lúc phanh gấp. Do đó, trên các dòng xe điện, xe lai và xe pin nhiên liệu (EVs, HEVs, FCVs) hệ thống phanh cơ khí phải cùng tồn tại với phanh tái tạo điện nên thường gọi đây là một hệ thống phanh lai. Mặc dù, trong hệ thống động cơ của xe lai, xe điện, có rất nhiều kiểu và phương pháp điều khiển song mục tiêu cuối cùng của việc thiết kế và điều khiển các hệ thống phanh là phải đảm bảo hiệu suất phanh và khả năng thu hồi năng lượng phanh nhiều nhất có thể.

Thiết kế hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh là một vấn đề tương đối phức tạp khi thiết kế hệ thống phanh của xe điện, xe lai và xe pin nhiên liệu. Có 2 vấn đề cần phải giải quyết: thứ nhất, là phải phân bố lực phanh tổng thành lực phanh tái tạo (phần sẽ thu hồi) và lực phanh ma sát (phần không thu hồi) như thế nào để có thể tái tạo năng lượng nhiều nhất có thể; hai là phải phân bố tổng lực phanh như thế nào trên trục trước, sau để đảm bảo sự ổn định và hiệu quả phanh. Thông thường, lực phanh tái tạo chỉ hiệu quả trên trục chủ động. Động cơ điện sẽ phải được điều khiển để tạo ra một lượng lực phanh phù hợp sao cho năng lượng thu hồi là lớn nhất có thể, đồng thời, tổng lực phanh để làm xe giảm tốc độ cũng phải phù hợp với lệnh của người lái.

Hệ thống máy tính sẽ tính toán lực phanh cần thiết đang được đưa đến các bánh xe bị động tương ứng với mức độ đạp bàn đạp phanh của tài xế.

Tiếp theo nó sẽ tính toán lực phanh cho bánh xe chủ động tương ứng với lực phanh của bánh xe bị động, lực phanh phục hồi lớn nhất mà hệ thống có thể tạo ra ứng với tình trạng hoạt động hiện tại của xe (lực phanh phục hồi khả thi).

Sau đó việc phanh bánh xe chủ động sẽ được thực hiện bằng chỉ phanh phục hồi hoặc cả phanh phục hồi và phanh thủy lực. Điều này còn tùy thuộc và lực phanh phục hồi khả thi mà hệ thống có thể tạo ra tại thời điểm đó.

c. Cấu trúc hệ thống phanh tái sinh

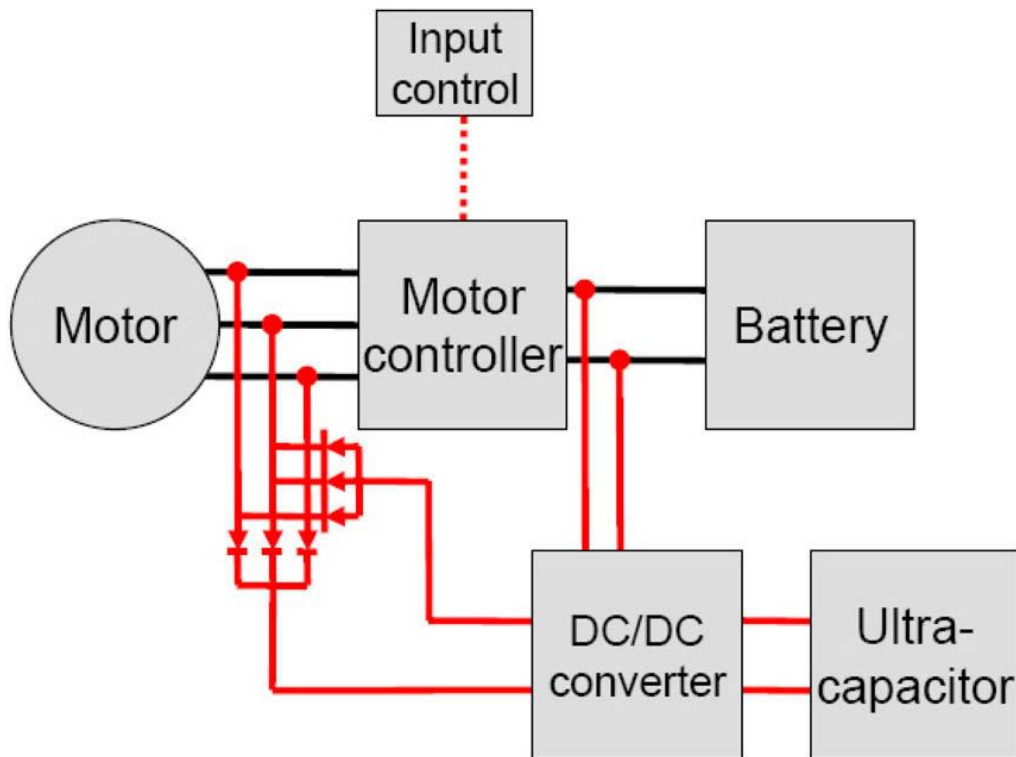
Các thiết bị cơ bản nhất cần có cho một xe sử dụng năng lượng điện được trang bị hệ thống phanh tái sinh gồm:

- Máy phát điện và cơ cấu dẫn động máy phát điện từ hệ thống truyền lực của xe (trong trường hợp xe chỉ có động cơ đốt trong hoặc động cơ điện không thể hoạt động ở chế độ máy phát)

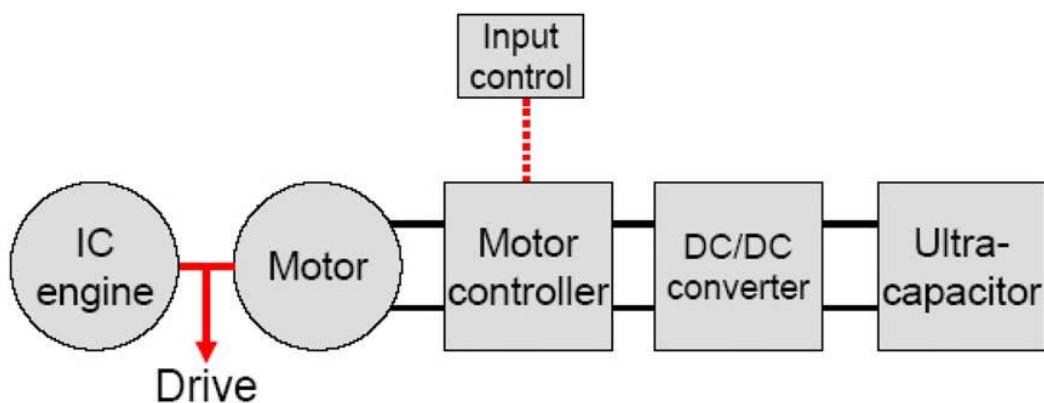
- Động cơ điện để dẫn động bánh xe chủ động và tạo ra moment phanh cho bánh xe (trong trường hợp động cơ điện có thể hoạt động ở chế độ máy phát).

- Một thiết bị để lưu trữ năng lượng thu hồi được trong quá trình phanh (bánh đà, ắc quy, pin, siêu tụ...) và cung cấp năng lượng cho động cơ điện hoặc các hệ thống khác trên xe.

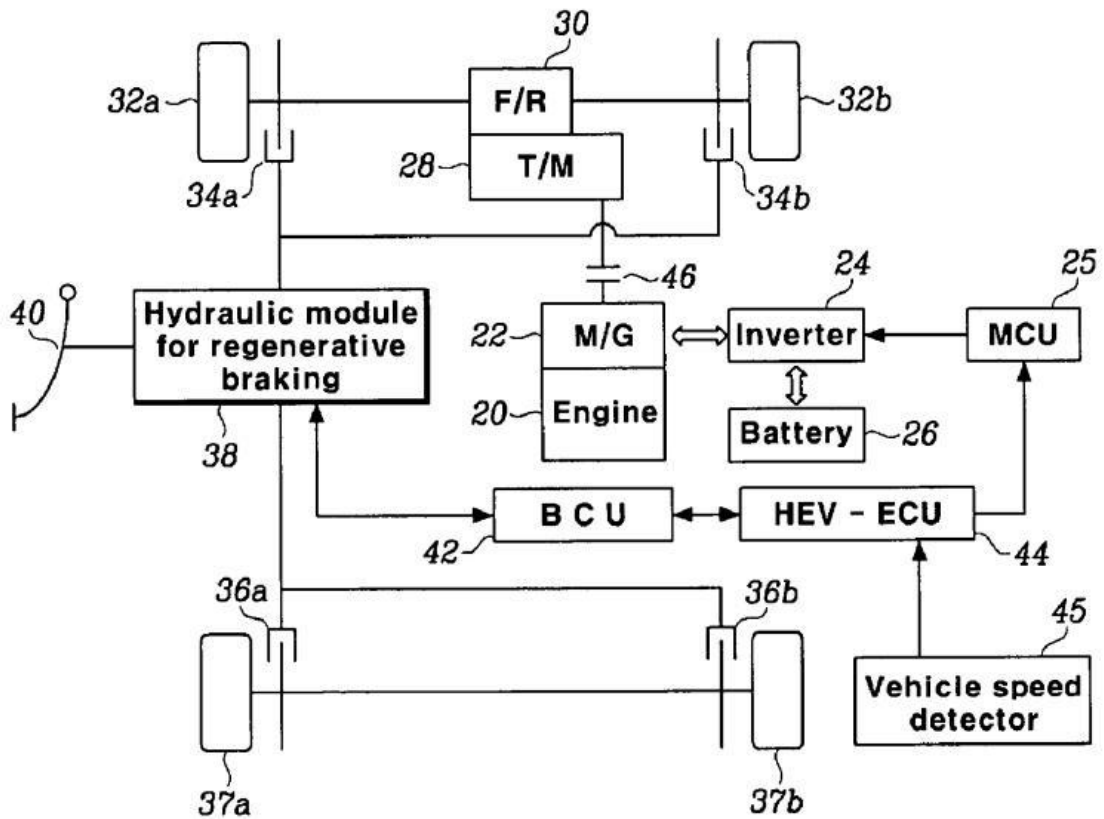
- Một hệ thống phanh thủy lực để phanh các bánh xe để đảm bảo hiệu suất phanh của xe.



Hình 2.17: Cấu trúc hệ thống phanh tái sinh trên xe điện [35]



Hình 2.18: Cấu trúc hệ thống phanh tái sinh trên xe chỉ có động cơ đốt trong hoặc xe hybrid [35]



Hình 2.19: Cấu trúc hệ thống phanh tái sinh hoàn chỉnh trên xe ô tô hybrid [36]

Giải thích ký hiệu dùng trong Hình 2.19:

20-Engine: Động cơ đốt trong; 22-M/G (Motor/Generator): Động cơ điện (máy phát) dẫn động bánh xe chủ động và thực hiện chức năng phanh bằng moment điện từ để thu hồi năng lượng; 24-Inverter: thiết bị điện-điện tử công suất điều khiển trực tiếp M/G; 25-MCU (Motor Control Unit): máy tính điều khiển bộ hoạt động của M/G thông qua điều khiển Inverter; 26-Battery: Bình ắc-quy dùng để lưu trữ năng lượng được phục hồi và cung cấp năng lượng cho M/G và các thiết bị khác; 28-T/M (Transmission): hộp số, có thể là có cấp hoặc vô cấp, sử dụng bánh răng thường hoặc hệ bánh răng hành trình; 30-F/R: truyền lực cuối cùng cầu chủ động (vi sai); 32a-32b: các bánh xe trái-phải phía trước; 37a-37b: các bánh xe phía sau ; 34a-34b: cơ cấu phanh ma sát của các bánh xe trước ; 36a-36b: cơ cấu phanh ma sát của các bánh xe sau ; 38-Hydraulic braking for regenerative braking: bộ phận phanh thủy lực hỗ trợ cho phanh phục hồi; 40-Brake pedal: Bàn đạp chân phanh; 42-BCU

(Brake Control Unit): Máy tính điều khiển hệ thống phanh; 44-HEV-ECU (Hybrid Electric Vehicle – Electronic Control Unit): máy tính điều khiển hệ thống điện cao áp trên xe hybrid; 45-Vehicle Speed detect: bộ cảm biến tốc độ xe; 46-Ly hợp.

2.4.4. Các phương pháp lưu trữ năng lượng khi phanh tái sinh

Có nhiều phương pháp để lưu trữ năng lượng thu hồi được trong quá trình phanh tái sinh như chuyển thành điện năng để lưu trữ vào pin (ắc quy, siêu tụ), chuyển thành thế năng để lưu trữ trong bình khí nén hoặc chuyển thành động năng lưu trữ trong bánh đà. Tuy nhiên, xét phạm vi và đối tượng của đề tài là là xe máy Honda Lead cải tạo thành xe máy lai nên việc lưu trữ bằng khí nén và bánh đà là không khả thi. Ở đây chỉ xét đến các phương pháp lưu trữ năng lượng phanh tái sinh thu hồi được chuyển thành năng lượng điện để nạp cho ắc quy axit - chì, pin Li-ion và siêu tụ.

a. Ắc quy axit – chì

Ắc quy là một thiết bị điện hóa chuyển đổi năng lượng điện thành năng lượng hóa học trong suốt quá trình nạp, và chuyển đổi năng lượng hóa học thành năng lượng điện trong quá trình phóng điện.

Ắc quy chì có năng lượng sạc xả chỉ là 32Wh/kg, mật độ năng lượng thấp dòng xả nhỏ dẫn đến khả năng chịu tải kém không phù hợp với xe máy hay ô tô điện. Ắc quy chì có khả năng tái tạo năng lượng chậm mất hàng giờ đồng hồ do dòng nạp tối đa nhỏ, nếu tăng dòng nạp sẽ gây hỏng ắc quy. Đồng thời nếu bị xả quá 50% mà không được sạc đầy ắc quy sẽ hỏng sau 1-2 tháng sử dụng. Nếu bị xả tới tận đáy sẽ xuất hiện $PbSO_4$ dạng tinh thể bám vào bản cực gây hỏng bản cực và chết ắc quy, đặc biệt muối $PbSO_4$ này bám vào đầu cực có thể gây han gỉ đầu cực dẫn tới tự phóng điện và cháy nổ.

Dải nhiệt hoạt động của ắc quy chì chỉ từ $0^{\circ}C-50^{\circ}C$, tại nhiệt độ $50^{\circ}C$ tuổi thọ của ắc quy chỉ khoảng 1 năm.

Do cấu tạo bởi chì và axit nên ắc quy gây ô nhiễm nghiêm trọng với môi trường và sức khỏe con người. Lượng accu phế thải là nguồn gây ô nhiễm môi

trường với hậu quả hết sức nặng nề vì chì (Pb) được coi là chất thải cực kỳ độc hại, với hàm lượng vài ppm/kg trọng lượng cơ thể đã gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe.

Về mặt hiệu quả kinh tế, ắc quy chì có tuổi thọ chỉ khoảng 1 năm do hiệu suất sử dụng thấp, nội trở cao làm cho tổn kém nhiên liệu khi vận hành, giảm tuổi thọ động cơ xe. Chi phí để trang bị một bộ ắc quy ban đầu khá rẻ nhưng theo thời gian khai thác xe thì chi phí sẽ tăng lên do phải thường xuyên thay ắc quy.

Accu chì có nhược điểm căn bản là tuổi thọ thấp. Loại accu chì hoàn hảo nhất hiện nay cũng chỉ có thể làm việc không quá 5 năm. Như vậy, một lượng rất lớn các loại accu hết thời hạn sử dụng bị thải loại và trở thành phế thải.

Do vậy ắc quy axit – chì ít được dùng làm thành phần lưu trữ năng lượng trong hệ thống phanh tái sinh mà chỉ thường được dùng để chạy máy khởi động điện và nguồn điện bổ trợ cho các thiết bị điện trên xe với thời gian hoạt động ngắn.

b. Siêu tụ

Thông thường, khi muốn lưu trữ điện năng chúng ta thường nghĩ đến pin hoặc ắc quy là những nguồn điện hóa quen thuộc. Các nguồn điện hóa mặc dù rất phổ biến nhưng có nhược điểm chung là có dung lượng hạn chế, các sản phẩm phế thải của chúng không thân thiện với môi trường, thời gian nạp đòi hỏi nhiều giờ...

Tụ điện là một thiết bị dùng để tích trữ điện năng bằng các tương tác vật lý giữa các điện cực và điện tích. Bởi vậy, tụ điện có khả năng phóng và nạp điện rất nhanh nhưng nhược điểm là có dung lượng rất nhỏ chỉ vài nano hay pico Fara (nF hay pF). Một số tụ điện hóa học lớn cũng chỉ có dung lượng đến vài chục microFara (μ F).

Năm 1957, khi các kỹ sư của General Electric sử dụng than hoạt tính để chế tạo điện cực, người ta đã tình cờ phát hiện siêu tụ điện (Super Capacitor). Vào thời điểm đó người ta chưa giải thích được cơ chế hoạt động của nó. Tuy nhiên, rất tiếc là sau đó General Electric ngừng phát triển nghiên cứu này. Mãi cho đến năm 1966 siêu tụ điện được nghiên cứu trở lại khi các kỹ sư Standard Oil của Ohio nghiên cứu

phát triển pin nhiên liệu. Người ta sử dụng hai lớp than hoạt tính được phân cách bằng chất cách điện xốp, tuy nhiên không có siêu tụ điện nào được thương mại hóa do giá thành chế tạo khá đắt và kích thước khá cồng kềnh. Từ năm 1990 do sự phát triển của công nghệ vật liệu tiên tiến cỡ nano (1 nano mét bằng một phần tỷ mét đã cho phép khắc phục được những nhược điểm này. Ngày nay người ta đã chế tạo được các siêu tụ điện có điện dung tới 5000 Fara. cao hơn điện dung của các tụ điện thông thường hàng tỷ lần, thời gian nạp chỉ khoảng 10 giây. Các sản phẩm siêu tụ điện đã được thương mại hóa với thị trường lên đến 400 triệu USD vào năm 2005. Trong lĩnh vực nguồn điện cho ô tô điện dựa trên công nghệ CMOS kích cỡ 22 nm, siêu tụ điện đã có bước tiến rất đáng kể và mở ra triển vọng ứng dụng vô cùng to lớn cho ngành công nghiệp lưu trữ năng lượng nói chung và ứng dụng cho xe điện và xe lai nói riêng.

Siêu tụ, bản chất là tụ điện, vẫn giữ được đặc tính này, do đó siêu tụ có mật độ công suất rất lớn. Bên cạnh đó, điện dung lớn tới hàng nghìn Fara cho phép siêu tụ tích trữ một lượng điện năng lớn, điều này cho phép siêu tụ có thể hoạt động như một nguồn chứa năng lượng trong khi các tụ điện thông thường chỉ có vai trò là phần tử phóng – nạp trong quá trình trao đổi năng lượng.

Tuy nhiên, các siêu tụ có điện dung hàng nghìn Fara trên thị trường hiện nay chỉ có mức điện áp khoảng vài Volt, lý do là các lớp cách điện trong siêu tụ không chịu được điện áp cao. Khi muốn sử dụng với điện áp cao, chẳng hạn như vài trăm Volt như trong ô tô điện, thì siêu tụ phải được mắc nối tiếp thành các module. Ta biết rằng khi mắc nối tiếp, điện dung của siêu tụ nhỏ đi. Do đó, trên thị trường hiện nay, module có điện áp lớn nhất (125V) chỉ có điện dung 63F theo danh mục sản phẩm của công ty Maxwell Technology, một trong những nhà sản xuất siêu tụ hàng đầu thế giới hiện nay. Với công nghệ tại thời điểm hiện tại, siêu tụ điện chưa đủ khả năng cung cấp nguồn cho ô tô điện chạy trên một quãng đường dài như ắc quy, pin hay fuel cell. Nó chỉ được dùng như một nguồn phụ, đặc biệt hữu dụng trong quá trình hâm tái sinh năng lượng do có khả năng nạp rất nhanh.

Một số loại siêu tụ hiện nay:

- Siêu tụ graphene
- Siêu tụ giấy
- Siêu tụ thể rắn
- Các loại siêu tụ khác (siêu tụ nano xốp, siêu tụ li-ion...)

Siêu tụ có các đặc điểm:

- Cho phép nạp rất nhanh (nạp đầy trong khoảng 10 giây).
- Cho phép phóng nạp nhiều lần (hàng vạn lần) so với từ 200 đến 1000 lần của ắc quy và pin.

- Phương pháp nạp đơn giản, không cần mạch cảnh báo nạp đầy, khi quá tải không gây ảnh hưởng tới tuổi thọ.

- Tuổi thọ cao, trên 10 năm.

- Nhược điểm của siêu tụ điện là điện áp mỗi tụ nguyên tố thấp hơn, hiện tượng tự phóng nhanh hơn so với pin điện hóa do có nội trở lớn hơn.

Thông số kỹ thuật đặc trưng của siêu tụ:

- Điện dung C (F, μ F).
- Điện thế làm việc – Working Voltage (V)

Thời gian phóng điện τ (s) là tích số của điện trở cách điện R và điện dung C. Tụ điện có τ càng lớn thì chất lượng càng tốt, giá trị của τ thường trong khoảng 1000s đến 10000s.



Hình 2.20: Một số loại siêu tụ

Từ đó, ta có thể kết luận: Siêu tụ có thể nạp và phóng cung cấp dòng điện với công suất lớn hơn so với pin và ắc quy, nhưng tổng lượng điện năng tích trữ được lại ít hơn ít hơn. Nhờ tốc độ nạp – xả của siêu tụ là rất lớn nên thường được ứng dụng làm nguồn năng lượng khẩn cấp cho máy tính hay nguồn năng lượng bổ trợ trong xe điện để lưu trữ năng lượng thu được trong quá trình phanh tái sinh.

c. Pin Lithium - ion

Pin Lithium- ion hay pin Li-ion là loại pin điện hóa thuận nghịch có thể sạc lại. Trong đó các ion lithium di chuyển từ điện cực âm đến cực dương trong quá trình xả, và ngược lại khi sạc.

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

- 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.

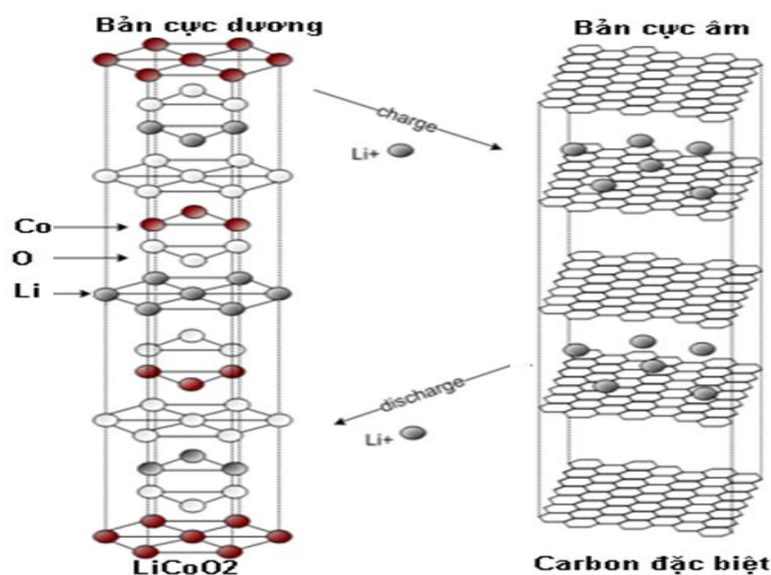
- Chất điện phân (Electrolyte): thường là chất lỏng chứa hỗn hợp của cacbonat hữu cơ như ethylene cacbonat hoặc cacbonat diethyl chứa phức hợp của các ion lithium. Tùy thuộc vào vật liệu chế tạo mà điện áp, công suất, số chu kỳ phóng-nạp và an toàn của pin Li-ion có thể thay đổi đáng kể. Gần đây, kiến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

Pin Li-ion có tốc độ tự phóng điện thấp ($2\% \div 8\%$ mỗi tháng) và có dải nhiệt độ hoạt động rộng (nạp điện ở nhiệt độ từ $-20^\circ\text{C} \div 60^\circ\text{C}$, phóng điện được ở nhiệt độ

từ $40^{\circ}\text{C} \div 65^{\circ}\text{C}$) cho phép chúng được ứng dụng một cách đa dạng và rộng rãi. Điện thế của pin Li-ion có thể đạt trong khoảng 2,5V đến 4,2V, lớn gần gấp 3 lần so với pin NiCd hay pin NiMH, và cần ít đơn vị cấu tạo hơn cho một pin. Pin Li-ion có thể cho khả năng phóng điện tốc độ cao. Phóng điện với tốc độ liên tục 5C, hoặc ở chế độ xung là 25C.

Nguyên tắc hoạt động của pin Li-ion dựa vào sự tách các ion Li^+ từ vật liệu điện cực dương điền kẽ vào các "khoảng trống" ở vật liệu điện cực âm. Các vật liệu dùng làm điện cực thường được quét lên bộ góp bằng đồng (với vật liệu điện cực âm) hoặc bằng nhôm (với vật liệu điện cực dương) tạo thành các điện cực cho pin Li-ion, các cực này được đặt cách điện để đảm bảo an toàn và tránh bị tiếp xúc dẫn đến hiện tượng đoản mạch. Trong quá trình nạp, vật liệu điện cực dương đóng vai trò là chất oxi hoá còn vật liệu điện cực âm đóng vai trò là chất khử, tại cực dương, các ion Li^+ được tách ra và điền kẽ vào giữa các lớp graphite carbon.

Trong quá trình phóng thì quá trình xảy ra ngược lại, ion Li^+ tách ra từ cực âm và điền kẽ vào khoảng trống giữa các lớp oxi trong vật liệu điện cực dương. Các quá trình phóng và nạp của pin Li-ion không làm thay đổi cấu trúc của các vật liệu dùng làm điện cực.



Hình 2.21: Nguyên lý hoạt động của pin Li-ion [31]

Pin Lithium-ion là loại pin được sử dụng rất nhiều trong các thiết bị như điện thoại di động, máy tính xách tay, xe điện, quân sự, và các ứng dụng hàng không vũ trụ... Khác với pin nikel, Pin Li-ion đắt tiền hơn nhưng bù lại số lần sạc, xả gấp 3 lần so với ắc quy thông thường khi sử dụng cho xe điện, nó có tuổi thọ cao hơn, trọng lượng nhẹ hơn, thể tích nhỏ gọn hơn và cho phép nạp với tốc độ nhanh hơn rất nhiều lần so với ắc quy. Do bản chất hóa học đặc biệt nên Pin Li-ion có quy trình sạc riêng, không giống các loại ắc quy hay pin nikel khác. Quá trình sạc pin Li-ion gồm 2 giai đoạn cơ bản: sạc dòng không đổi (sạc ổn dòng) và sạc bão hòa (sạc ổn áp). Toàn bộ quá trình sạc kéo dài khoảng 3 giờ.

- Sạc ổn dòng: Đây là quá trình sạc với dòng không đổi, trong giai đoạn này dòng sạc nằm trong khoảng 0,1-0,7C. Tăng dòng sạc giúp đẩy nhanh giai đoạn nạp dòng nhưng lại kéo dài thời gian nạp ổn áp nên tổng thời gian sạc không thay đổi vì mặc dù pin đạt đến đỉnh điện áp nhanh hơn với sạc nhanh nhưng sạc bão hòa sẽ mất nhiều thời gian cho phù hợp. Mức dòng sạc áp dụng chỉ đơn giản là thay đổi thời gian cần thiết cho từng giai đoạn; Giai đoạn 1 sẽ ngắn hơn nhưng giai đoạn bão hòa 2 sẽ mất nhiều thời gian. Sạc dòng cao sẽ nhanh chóng đáp ứng pin đến khoảng 70%.

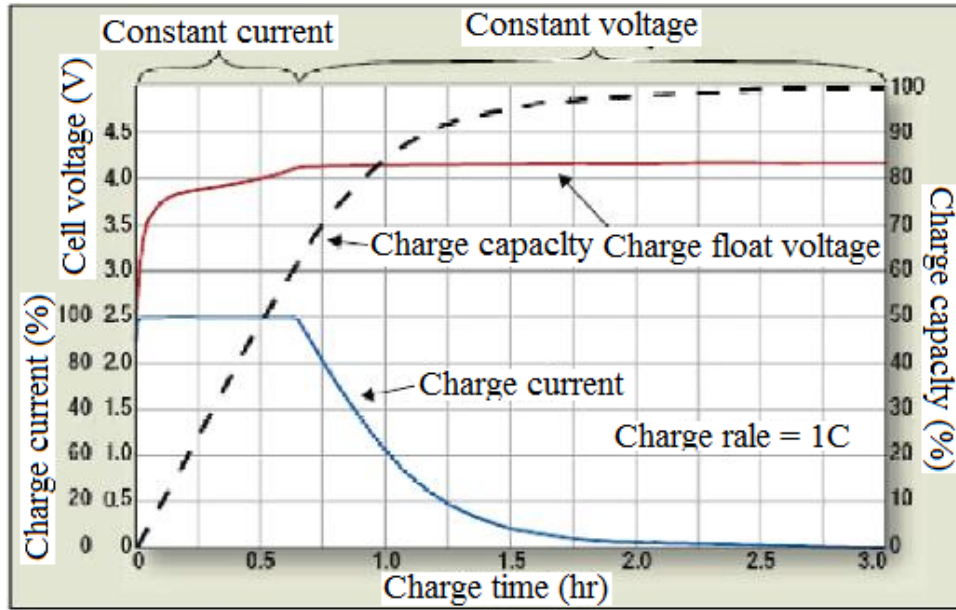
Dòng điện sạc càng lớn thì sẽ làm tăng nhiệt độ pin. Trong quá trình sạc cần theo dõi nhiệt độ sát sao vì nhiệt độ quá cao sẽ có thể làm cho pin bốc cháy hoặc phát nổ. Thông thường, nhiệt độ không nên vượt quá 45°C. Một số pin Li-ion sử dụng công nghệ Lithium-Ferro-Phosphat (LiFePO₄) có thể đẩy nhiệt độ khi sạc lên đến 60°C. Nếu sử dụng bộ sạc nhanh (quick charge) chỉ thực hiện bơm dòng ổn định vào pin (sạc ổn dòng) do đó, giới hạn về nhiệt độ lớn hơn đồng nghĩa với việc dòng điện sạc lớn hơn hay thời gian sạc nhanh sẽ ngắn hơn.

Trong quá trình sạc ổn dòng, điện áp trên hai đầu cực pin tăng dần. Khi điện áp đạt bằng sức điện động của pin lúc đầy, bộ sạc kết thúc quá trình sạc ổn dòng và chuyển sạc chế độ sạc ổn áp. Toàn bộ thời gian sạc ổn dòng thường kéo dài tối đa khoảng 1h (tùy thuộc vào dung lượng còn lại ban đầu của pin). Kết thúc của quá trình sạc ổn dòng, dung lượng pin đã phục hồi được khoảng 70%. Trong nhiều

trường hợp sạc nhanh (quick-charge) người ta có thể đem sử dụng ngay (“charge-and-run”). Điều này mặc dù làm giảm bớt thời gian sạc đồng thời làm cho thiết kế của bộ sạc 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 sạc ổn áp, giai đoạn này thường mất thời gian hơn rất nhiều so với giai đoạn sạc ổn dòng.

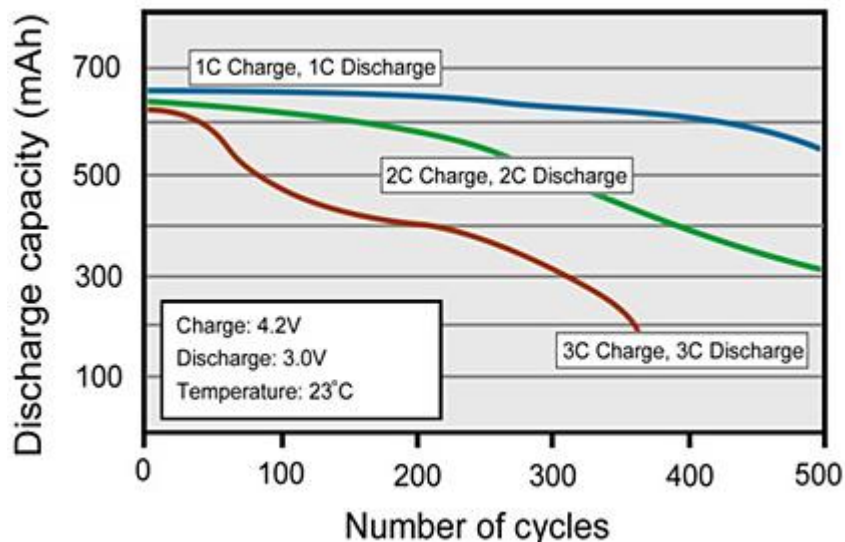
- Sạc ổn áp: Trong chế độ sạc ổn áp, điện áp sạc thường được giữ không đổi bằng 4,2 V/cell. Do dung lượng của pin được phục hồi dần, sức điện động của nó tăng lên làm cho dòng điện giảm dần. Khi dòng điện giảm về nhỏ hơn 3%C, chế độ sạc ổn áp kết thúc. Lúc này, dung lượng pin đạt khoảng 99%. Khác với pin nikel hoặc acid-chì, pin Li-ion không cần và không được phép duy trì áp sạc sau khi pin đã đầy (dòng điện sạc giảm nhỏ hơn 3%C) vì tính chất của Lithium-ion không cho phép over-charge; nếu vẫn cố over-charge có thể sẽ làm nóng và gây ra nổ. Ngoài ra, theo các chuyên gia, không nên sạc pin Li-ion vượt quá 100% dung lượng vì như vậy sẽ làm giảm tuổi thọ của pin.

Nếu pin được sạc đầy, sau khi ngừng sạc, điện áp hở mạch của pin sẽ giảm dần về mức ổn định khoảng 3,6 – 3,9 V/cell. Trái lại, nếu chỉ sạc nhanh (sạc ổn dòng) thì sau khi ngừng sạc, điện áp pin sẽ giảm nhanh hơn về khoảng 3,3 – 3,5 V/cell. Do pin Lithium-ion cũng có tính chất tự phóng điện khi không sử dụng (self-discharge) nên trong một số trường hợp, để điền đầy pin, ngoài việc sử dụng quá trình ổn dòng, ổn áp, người ta thường kết hợp thêm kỹ thuật sạc xung ngắn. Chẳng hạn, khi áp áp quy đạt 4,2V/cell, quá trình sạc sẽ dừng ngay. Lúc này, điện áp pin sẽ giảm dần; khi điện áp pin giảm còn 4,05V/cell hệ thống sạc lại tiếp tục đóng áp sạc 4,2V/cell vào để tiếp tục quá trình sạc áp. Việc đóng cắt như vậy sẽ được diễn ra liên tục. Nhờ vậy, điện áp pin sẽ được giữ ổn định trong khoảng 4,05 – 4,2V/cell, do đó, làm pin được nạp sâu hơn, tránh được hiện tượng over-charging và kéo dài tuổi thọ pin.



Hình 2.22: Các giai đoạn của quá trình nạp pin li-ion [31]

So sánh chu kỳ tuổi thọ của pin Li-ion khi sạc và xả tại 1C, 2C và 3C. Chu kỳ sạc và xả 1C gây ra sự sụt giảm dung lượng từ 650mAh xuống 550mAh sau 500 chu kỳ, phản ánh sự sụt giảm còn 84%. Chu kỳ sạc và xả 2C thì dung lượng mất dần còn 310mAh tức là giảm còn 47% và với 3C pin hỏng sau 360 chu kỳ với dung lượng còn lại 26%.



Hình 2.23: Ảnh hưởng của dòng nạp – xả đến tuổi thọ pin Li-ion [31]

Sạc và xả pin Li-ion trên 1C làm giảm tuổi thọ. Các nhà sản xuất khuyến cáo nên sử dụng sạc và xả chậm hơn nếu có thể và điều này áp dụng cho hầu hết các pin. Mặc dù pin vận hành tốt với tốc độ sạc chậm của 1C và ít hơn, chúng ta phải ghi nhớ rằng một số ứng dụng đòi hỏi tốc độ sạc và xả cao và người dùng buộc phải chấp nhận tuổi thọ pin giảm.

Ưu nhược điểm của pin Li-ion được thể hiện ở bảng dưới:

Bảng 2.6: Ưu nhược điểm của pin Li-ion

Ưu điểm	Nhược điểm
<ul style="list-style-type: none"> -Kín, không cần bảo trì. -Chu kỳ sống dài. -Dải nhiệt độ hoạt động rộng. -Thời gian hoạt động dài. -Tốc độ tự phóng chậm. -Khả năng nạp nhanh. -Khả năng phóng điện có tốc độ và công suất cao. -Hiệu quả năng lượng, điện lượng cao. -Năng lượng riêng và mật độ năng lượng cao. -Không có hiệu ứng nhớ. 	<ul style="list-style-type: none"> -Giá trung bình ban đầu cao. -Giảm khả năng ở nhiệt độ cao. -Cần phải bảo vệ hệ thống mạch điện. -Dung lượng bị giảm hoặc nóng lên khi bị quá tải. -Bị thủng và có thể bị toả nhiệt khi bị ép. -Thiết kế dạng trụ điển hình cho mật độ năng lượng thấp hơn NiCd hoặc NiMH.

Như vậy: pin Li – ion có mật độ năng lượng cao, thời gian nạp ngắn (sạc nhanh), dòng xả cao (1C hoặc lớn hơn), tuổi thọ 7-10 năm, nhiệt độ làm việc phù hợp nên có thể sử dụng làm thiết bị lưu trữ năng lượng phanh tái sinh.

*** Kết luận**

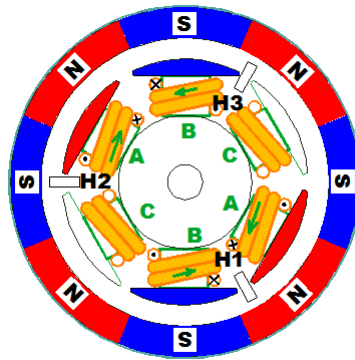
Do thực tế cải tạo xe Honda Lead thành xe lai đã được tích hợp một bộ nguồn pin Lithium – ion để lưu trữ và cung cấp năng lượng cho động cơ điện [31] nên

trong nghiên cứu này, tác giả chọn chính bộ Pin Lithium – ion này làm nguồn lưu trữ năng lượng thu hồi được trong quá trình hoạt động của hệ thống phanh tái sinh.

2.5. Giới thiệu cụm motor điện BLDC

2.5.1. Cấu tạo động cơ BLDC

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.



Hình 2.24: Cấu tạo động cơ Hub-BLDC [31]

Cấu tạo chính của động cơ BLDC gồm: Rotor, stator, cảm biến vị trí rotor...

- Rotor được tạo thành từ một bộ nam châm vĩnh cửu, thường là 3 nam châm với 6 cực từ xem kẽ nhau.

- Stator là nam châm điện có điều khiển, mỗi cực từ gồm một cuộn dây quấn trên một lõi thép từ. Số cực từ tương ứng với số cực từ của rotor. Độ lớn và chiều của dòng điện trong các cuộn dây có thể điều khiển được bằng Transistor công suất hoặc Mosfet thông qua một bộ điều khiển điện tử. Các cuộn dây stator được nối với nhau thành mạch điện ba pha hình sao.

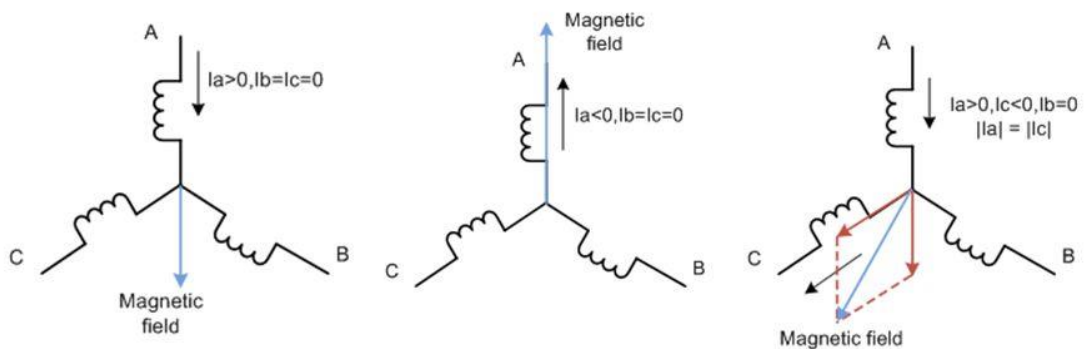
- Cảm biến vị trí rotor thường dùng 3 cảm biến Hall đặt trên stator lệch nhau 120° , tùy thuộc vào vị trí của rotor mà giá trị điện áp của các cảm biến sẽ khác nhau.

Tùy theo mục đích sử dụng mà khi chế tạo, các nhà sản xuất sẽ thiết kế rotor nằm trong (trục quay) hoặc rotor nằm ngoài (vỏ quay như Hub-BLDC).

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 tác động xấu các hệ thống điều khiển điện tử.

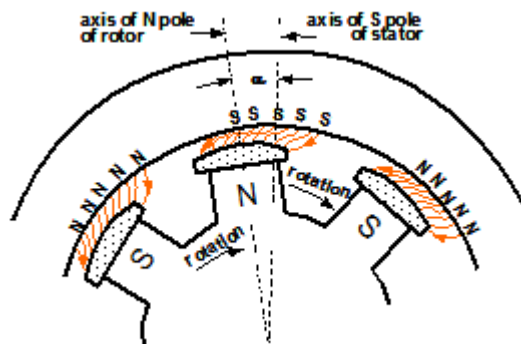
2.5.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC

Khi cấp một nguồn điện cho cuộn dây stator, một từ trường trong lõi thép của stator được tạo ra, tùy theo cuộn dây nào được cấp điện và chiều dòng điện mà phương của từ trường thay đổi.



Hình 2.25: Từ trường tạo ra trên stator [31]

Từ trường của stator tác động lên từ trường nam châm vĩnh cửu trên rotor tạo nên một lực từ làm rotor quay.



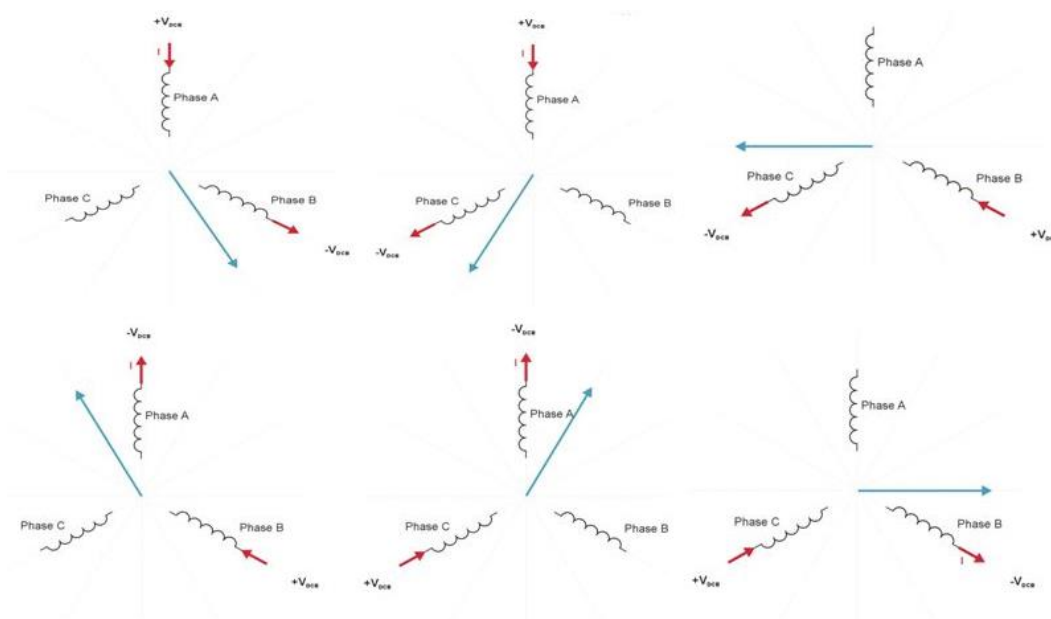
Hình 2.26: Lực từ trong động cơ BLDC [31]

Vì vậy muốn động cơ BLDC quay liên tục thì phương của từ trường trong stator cũng phải liên tục thay đổi. Do đó, chiều dòng điện trong các cuộn dây cũng

phải thay đổi liên tục. Trong động cơ DC có chổi than, việc thay đổi chiều dòng điện do chổi than và cổ góp đảm nhiệm, còn trong động cơ BLDC, việc này được thực hiện thông qua một mạch điều khiển điện tử.

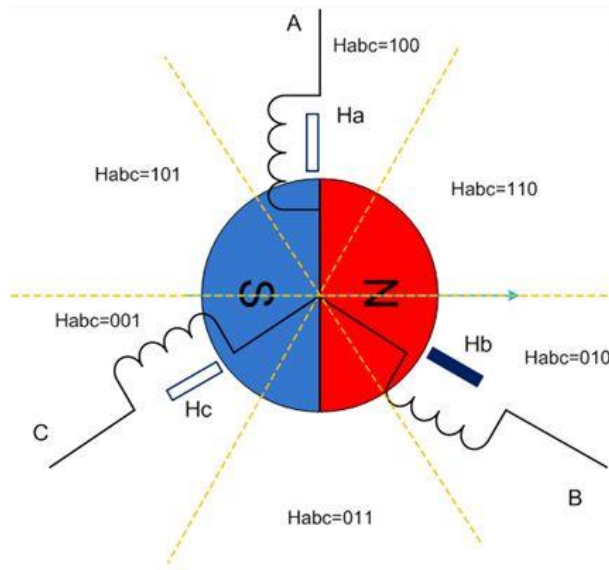
2.5.3. Nguyên lý điều khiển động cơ BLDC

Như đã nói ở trên, để rotor có thể quay liên tục thuận chiều hay ngược chiều thì trên stator phải tạo ra một từ trường quay tương ứng. Trên hình 4.2 cho ta thấy, nếu mỗi cuộn dây có chiều dòng điện khác nhau thì chiều từ trường khác nhau, các cuộn dây pha đặt lệch nhau 120° nên tổng hợp từ trường của các cuộn dây theo quy tắc hình bình hành ta được từ trường tổng. Vì vậy, muốn tạo ra một từ trường quay ta chỉ cần điều khiển đóng ngắt và/hoặc đảo chiều dòng điện qua các cuộn dây theo nguyên lý 6 bước [37]



Hình 2.27: Nguyên lý tạo từ trường quay 6 bước trong động cơ BLDC [37]

Ba cảm biến Hall H_a , H_b , H_c đặt lệch nhau 120° để xác định vị trí rotor bằng cách thay đổi mức logic mỗi khi ở gần cực bắc hoặc cực nam của nam châm vĩnh cửu trên rotor. Tín hiệu trả về của 3 cảm biến Hall là một dãy số nhị phân 3 bit, có 8 giá trị từ 000 đến 111, tuy nhiên do cách bố trí cảm biến Hall và các cực từ của rotor thì không có giá trị nào là 000 và 111 nên giá trị trả về chỉ có 6 giá trị từ 001 đến 110.



Hình 2.28: Giá trị trả về của cảm biến Hall ở các vị trí [37]

Như vậy, ở một trạng thái bất kỳ thì dòng điện trên một cực luôn có giá trị bằng không, một cực đi vào và một cực đi ra. Để rotor quay liên tục, việc đảo trạng thái dòng điện được thực hiện ngay khi giá trị trả về của cảm biến Hall thay đổi với thứ tự như sau: AC → BC → BA → CA → CB → AB → AC

Giá trị dòng điện của các pha theo tín hiệu trả về của cảm biến Hall Được thể hiện như sau:

Bảng 2.7: Số liệu so sánh công suất phanh tái sinh và tổng công suất phanh

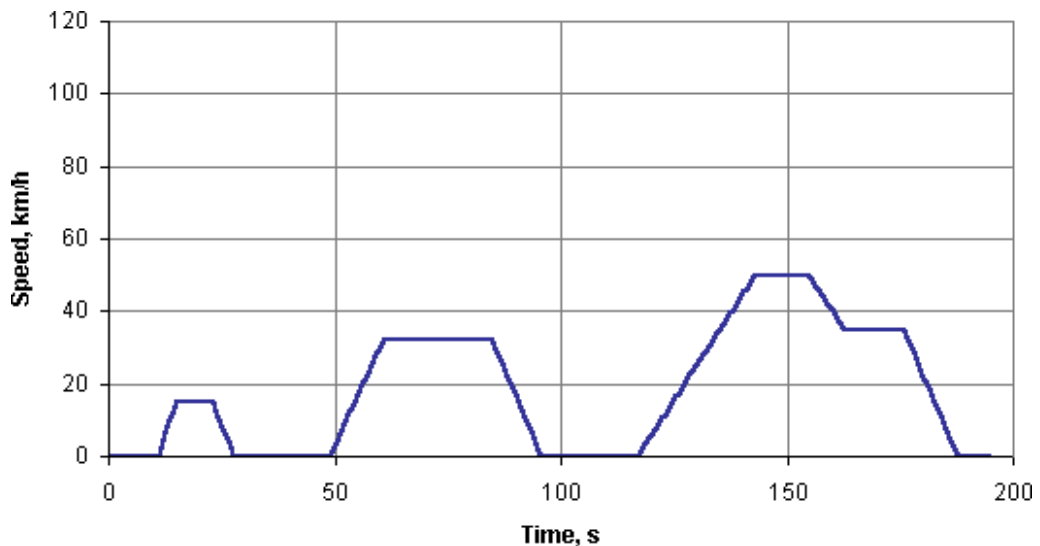
Cảm biến Hall			Pha		
a	b	c	A	B	C
0	1	1	N/C	+	-
0	0	1	-	+	N/C
1	0	1	-	N/C	+
1	0	0	N/C	-	+
1	1	0	+	-	N/C
0	1	0	+	N/C	-

Để điều khiển động cơ BLDC quay theo chiều ngược lại, chỉ cần đảo dấu của dòng điện ở các trạng thái tương ứng của bảng 2.7.

Do động cơ BLDC sử dụng nam châm vĩnh cửu nên có tính thuận nghịch, khi hoạt động ở chế độ máy phát có nguyên lý hoạt động tương tự máy phát xoay chiều 3 pha nam châm vĩnh cửu. Để thu hồi nung lượng điện phát ra này chỉ cần bộ chỉnh lưu 6 diode để đưa dòng điện về dòng điện một chiều sạc cho pin.

2.6. Lựa chọn mô hình mô phỏng

Chu kỳ thử nghiệm ECE + EUDC, còn được gọi là chu kỳ MVEG-A, được sử dụng để thử nghiệm tại thị trường châu Âu (EU) về khí thải và mức tiêu thụ nhiên liệu từ các phương tiện vận tải hạng nhẹ (Chỉ thị EEC 90/C81/01). Các thử nghiệm được thực hiện trên một hệ thống khung gầm. Toàn bộ chu trình bao gồm bốn phân đoạn ECE được lặp lại mà không bị gián đoạn. Trước khi thử nghiệm, chiếc xe được phép thí nghiệm trong ít nhất 6 giờ ở nhiệt độ thử nghiệm từ 20-30°C. Sau đó nó được bắt đầu lại và nghỉ trong 40 giây.



Hình 2.29: Chu trình ECE-R15

Bắt đầu từ năm 2000, thời gian nghỉ đã được loại bỏ, tức là, động cơ bắt đầu từ 0 giây và việc lấy mẫu phát thải bắt đầu cùng một lúc. Quy trình khởi động nguội

được sửa đổi này được gọi là Chu kỳ lái xe châu Âu mới *New European Driving Cycle* (NEDC) hoặc là chu trình thử nghiệm MVEG-B

Thử nghiệm đầy đủ bắt đầu với bốn lần lặp lại của chu trình ECE. ECE là một chu kỳ lái xe đô thị, còn được gọi là UDC. Nó đã được nghiên cứu để đại diện cho điều kiện lái xe trong thành phố, ví dụ: ở Paris hoặc Rome. Nó được đặc trưng bởi tốc độ xe thấp, tải động cơ thấp và nhiệt độ khí thải thấp.

Chu trình ECE-R15 được áp dụng trong những điều kiện dưới đây phù hợp với các điều kiện xuyên suốt của đề tài nên chu trình ECE-R15 này đã được chọn để mô phỏng:

- Vận tốc tối đa theo chu trình là 50,4 km/h phù hợp với tốc độ tối đa cho phép tại Thành phố Hồ Chí Minh là 50 km/h.

- Chế độ hoạt động của chu trình là tăng tốc và giảm tốc thường xuyên, ngắt quãng liên tục. Điều này cũng tương ứng và phù hợp với điều kiện đô thị của Thành phố Hồ Chí Minh hiện tại.

- Đối với thị trường giao thông tại Châu Âu, xe điện được sử dụng nhiều, kết quả của chu trình ECE-R15 này đã được nghiên cứu và mô phỏng rất nhiều và đã thu được nhiều kết quả khả quan. Do đó, việc áp dụng chu trình này vào trong nghiên cứu của đề tài này hoàn toàn phù hợp.

2.7. Cơ sở lý thuyết về mô hình hóa và mô phỏng

2.7.1. Khái niệm và vai trò của mô hình hóa và mô phỏng hệ thống

a. Các khái niệm

Mô hình hóa là thay thế đối tượng gốc bằng một mô hình nhằm các thu nhận thông tin quan trọng về đối tượng bằng cách tiến hành các thực nghiệm trên mô hình. Nếu các quá trình xảy ra trong mô hình đồng nhất (theo các chỉ tiêu định trước) với các quá trình xảy ra trong đối tượng gốc thì người ta nói rằng mô hình đồng nhất với đối tượng. Lúc này người ta có thể tiến hành các thực nghiệm trên mô hình để thu nhận thông tin về đối tượng.

Trong đó:

- Mô hình là một sơ đồ phản ánh đối tượng, con người dùng sơ đồ đó để nghiên cứu, thực nghiệm nhằm tìm ra quy luật hoạt động của đối tượng hay nói cách khác mô hình là đối tượng thay thế của đối tượng gốc để nghiên cứu về đối tượng gốc.

- Đối tượng là tất cả những sự vật, sự kiện mà hoạt động của con người có liên quan tới. Hệ thống là tập hợp các đối tượng, sự kiện mà giữa chúng có những mối quan hệ nhất định. Trạng thái của hệ thống là tập hợp các tham số, biến số dùng để mô tả hệ thống tại một thời điểm và trong điều kiện nhất định.

Mô phỏng là quá trình xây dựng mô hình toán học của hệ thống thực và sau đó tiến hành tính toán thực nghiệm trên mô hình để mô tả, giải thích và dự đoán hành vi 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 khiển. 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.

2.7.2. Phân loại mô hình hóa

Trong phương pháp mô hình hóa thì mô hình phải đạt được hai tính chất cơ bản sau:

- 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 nghiên cứu 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.

a. Mô hình vật lý

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.

b. Mô hình toán học

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 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.

2.7.3. 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, tang khả năng vận hành tối ưu, chẩn đoán các trạng thái ở một thời điểm hay một vị trí đặc biệt của hệ thống.

Chương 3

LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ, MÔ HÌNH HÓA, MÔ PHỎNG HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG LAI CÓ TÍNH ĐẾN PHANH TÁI SINH

3.1. Lựa chọn phương án thiết kế hệ thống phanh tái sinh.

3.1.1. Lựa chọn phương án thiết kế hệ thống phanh tái sinh

a. Yêu cầu

Khi thiết kế hệ thống phanh tái sinh cần đáp ứng các yêu cầu sau:

- Tuân thủ nguyên tắc không ảnh hưởng nhiều đến thiết kế ban đầu;
- Khối lượng toàn bộ không hơn quá nhiều so với xe nguyên bản;
- Đáp ứng đầy đủ các tính năng động lực học giống với xe trước cải tạo trong quá trình sử dụng ở điều kiện giao thông Việt Nam;
- Có kích thước phù hợp với các qui định hiện hữu được áp dụng theo luật giao thông đường bộ;
- Thiết kế đơn giản, chi phí chế tạo thấp;
- Chế độ vận hành đơn giản, ít bảo dưỡng, bảo trì;

Có nhiều phương án để thiết kế hệ thống phanh tái sinh cho xe Honda Lead 110cc. Tuy nhiên, dựa trên các yêu cầu thiết kế ở trên, có hai phương án khả thi nhất để thiết kế gồm: Một là lắp thêm một máy phát rời với bộ truyền động kết nối với đĩa phanh của bánh trước. Hai là sử dụng động cơ điện BLDC hoạt động ở chế độ máy phát để thu hồi năng lượng phanh.

b. Phương án 1: Lắp thêm một bộ máy phát rời

Ưu điểm:

- Máy phát vận hành độc lập với động cơ điện;
- Thiết bị hư hỏng không ảnh hưởng tới thiết bị khác;

Nhược điểm:

- Cần phải thiết kế thêm một bộ bánh răng truyền động với tỉ số truyền theo tính toán phù hợp với máy phát rời;
- Cần thiết kế thêm bộ giá đỡ, lắp ráp các chi tiết rời của bộ bánh răng và máy phát rời;
- Tăng kích thước và trọng lượng hơn nhiều so với thiết kế ban đầu;
- Thiết kế phức tạp, cần phải bảo dưỡng bộ truyền và máy phát thường xuyên

c. Phương án 2: Sử dụng động cơ BLDC ở chế độ máy phát khi phanh

Ưu điểm:

- Thiết bị gọn, nhẹ, không cồng kềnh do không phải lắp thêm các thiết bị rời, mà tận dụng motor làm máy phát điện khi phanh phù hợp với yêu cầu thiết kế đặt ra của xe là không tăng thêm khối lượng của xe nên.

Nhược điểm:

- Chế tạo thêm bộ mạch chuyển đổi để chuyển chế độ động cơ sang máy phát

Phương án 2 được lựa chọn sử dụng động cơ điện BLDC tích hợp chế độ máy phát khi phanh để thiết kế và áp dụng cho hệ thống phanh tái sinh cho xe máy lai được cải tạo từ xe nền Honda Lead 110cc.

3.1.2. Tính toán thiết kế hệ thống phanh tái sinh.

Việc tính toán các chế độ 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. Phương trình cân bằng công suất:

$$P_k + P_m = P_f + P_w + P_i + P_j \quad (3.1)$$

Trong đó:

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

$$P_k = P_e \cdot \eta \quad (3.2)$$

P_e là công suất kéo của động cơ

P_m : Công suất kéo của motor điện

P_f : Công suất tiêu hao để thắng lực cản lăn

$$P_f = f \cdot G \cdot v \cdot \cos\alpha \text{ (W)} \quad (3.3)$$

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

$$P_w = K \cdot S \cdot v^3 \text{ (W)} \quad (3.4)$$

P_i : Công suất tiêu hao để thắng lực cản dốc

$$P_i = G \cdot v \cdot \sin\alpha \text{ (W)} \quad (3.5)$$

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

$$P_j = \frac{G}{g} \cdot \delta_i \cdot J \cdot v \text{ (W)} \quad (3.6)$$

Các thông số tính toán được chọn theo bảng 3.1 và các thông số của động cơ đốt trong theo bảng 3.2:

Bảng 3.1: 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	$v = \frac{2\pi \cdot n_e \cdot r_b}{i_t \cdot 60 \cdot 10^3} \text{ m/s}^2$
Khối lượng xe sau khi cải tạo	143 kg
Khối lượng xe khi chỉ có người lái	208 kg
Khối lượng xe khi có một người lái và một hành khách	273 kg

Đối với xe nền khối lượng khi không có người lái, chỉ có người lái và có cả người lái và người ngồi sau thì có các khối lượng tương ứng là 115 kg, 180 kg và 245 kg.

Đối với xe cải tạo khối lượng khi không có người lái, chỉ có người lái và có cả người lái và người ngồi sau thì có các khối lượng tương ứng là 173 kg, 238 kg, 303 kg.

Bảng 3.2: Công suất và mô men xoắn có ích trong vùng hoạt động hiệu quả của động cơ Honda Lead 110cc

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

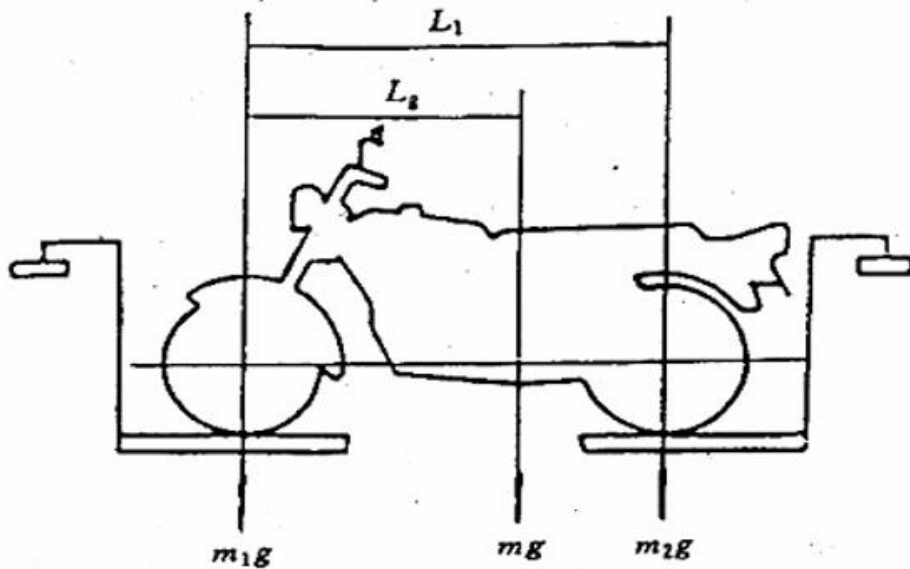
3.1.3. Xác định trọng tâm xe sau khi cải tạo.

Để xác định trọng tâm của xe sau cải tạo, tác giả sử dụng phương pháp “Đo kích thước – khối lượng” áp dụng cho xe hai bánh và ba bánh đối xứng theo TCVN-7353:2003.

a. Xác định trọng tâm xe theo phương dọc L_g

Bước 1: Cân tổng khối lượng xe m .

Bước 2: Đặt xe trên mặt phẳng ngang và cân để đo khối lượng đặt trên mỗi bánh m_1, m_2 bằng cảm biến load cell.



Hình 3.1: Xác định vị trí trọng tâm L_g theo phương dọc [38]

Vị trí trọng tâm xe theo phương dọc L_g được tính theo công thức

$$L_g = L \frac{m_2}{m} \quad (3.7)$$

Trong đó L là chiều dài cơ sở của xe (khoảng cách giữa hai trục bánh xe)

Kết quả như sau:

Bảng 3.3: Tọa độ trọng tâm theo phương dọc

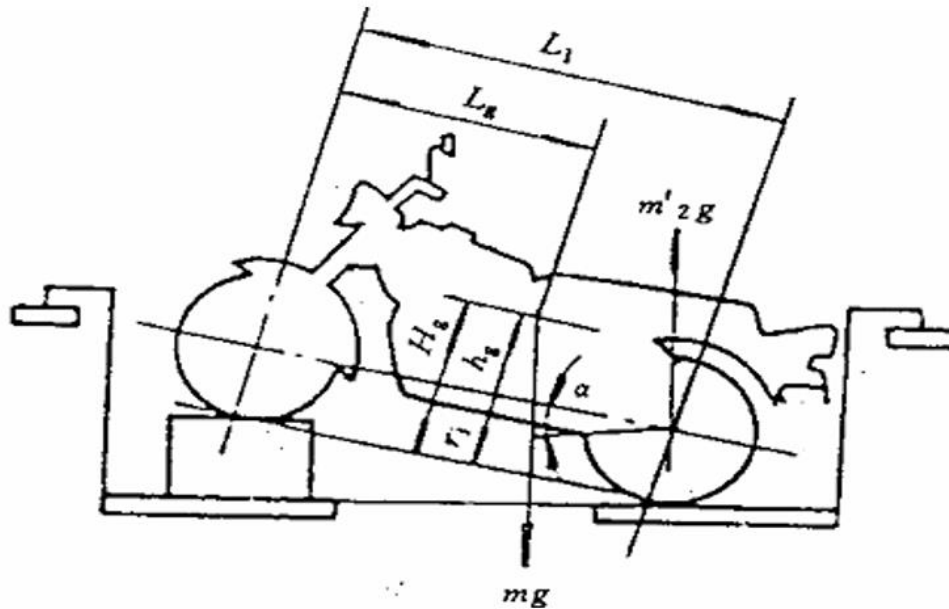
Thông số	Giá trị	Đơn vị
Tổng trọng lượng của xe m	143	kg
Trọng lượng phân bố ra cầu sau m_2	81,5	kg
Trọng lượng phân bố ra cầu trước m_1	61,5	kg
Khoảng cách giữa 2 trục bánh xe L	1225	mm
Khoảng cách trọng tâm của xe L_g	698	mm

Trong khi đó, tổng trọng lượng bản thân xe nền và xe đã cải tạo trước đây là 115 kg và 173 kg

b. Chiều cao trọng tâm H_g

Bước 1: Đặt xe trên mặt phẳng ngang và cân để đo khối lượng đặt trên mỗi bánh m_1, m_2 bằng cảm biến load cell.

Bước 2: Đặt xe trên mặt phẳng nghiêng một góc α và cân để đo khối lượng đặt trên mỗi bánh m'_1, m'_2 .



Hình 3.2: Xác định chiều cao trọng tâm H_g [38]

Chiều cao trọng tâm được tính theo công thức:

$$H_g = r_j + \frac{L(m'_2 - m_2)}{m \operatorname{tg} \alpha} \quad (3.8)$$

Kết quả như sau:

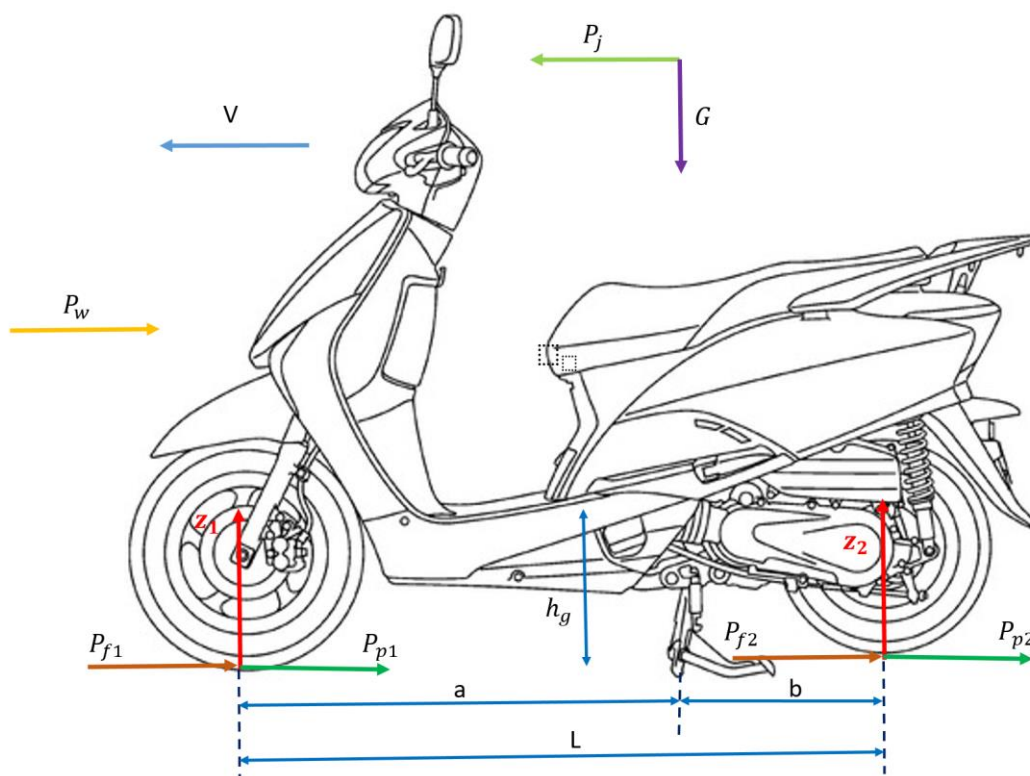
Bảng 3.4: Chiều cao trọng tâm H_g

Lần đo	m2 (kg)	$\Delta m2$ (kg)	h (m)	Góc α	r_j (m)	H_g (m)
Lần 1	80,795	0,705	0.08	3,744430013	0,19304	0.289
Lần 2	80,509	0,991	0.118	5,527674606	0,19304	0.284
Lần 3	80,08	1,42	0.156	7,316308815	0,19304	0.288
Trung bình các lần đo						0.287

3.1.4. Tính toán phanh.

a. Các lực và mô men tác dụng lên xe khi phanh

Giả thiết phanh xe trên đường bằng, trước khi phanh đã cắt truyền lực từ động cơ đến bánh xe. Các lực và mô men tác động lên xe khi phanh như hình dưới:



Hình 3.3: Các lực và mô men tác động lên xe khi phanh

Trong đó:

G - trọng lượng của xe (N);

P_f – Lực cản lăn của bánh xe (P_{f1}, P_{f2}) (N);

P_p – Lực phanh sinh ra ở bánh xe (P_{p1}, P_{p2}) (N);

P_j – Lực quán tính của xe sinh ra trong quá trình phanh, có chiều cùng với chiều chuyển động của xe (N);

Z_1, Z_2 – Phản lực thẳng góc mặt đường lên các bánh trước và sau (N);

v - Vận tốc chuyển động của xe (m/s);

L, a, h_g – là các thông số xác định kích thước và tọa độ trọng tâm của xe.

P_w - lực cản không khí (không đáng kể bỏ qua trong quá trình tính toán).

Để tính các phản lực Z_1, Z_2 ta chỉ cần lập phương trình cân bằng mômen tại điểm A và B.

Ta có phương trình cân bằng momen tại điểm A:

$$\sum M_A = Z_2 \cdot L - G \cdot a + P_j \cdot h_g \quad (3.9)$$

$$Z_2 = \frac{1}{L} (G \cdot a - P_j \cdot h_g) \quad (3.10)$$

Tương tự với phương trình cân bằng mô men tại điểm B ta tính được:

$$Z_1 = \frac{1}{L} (G \cdot b + P_j \cdot h_g) \quad (3.11)$$

Nhận xét: Các phản lực tiếp tuyến tại bánh xe là hàm bậc nhất đối với lực phanh và phụ thuộc vào trọng lượng xe khi phanh và tọa độ trọng tâm

Lực quán tính P_j được xác định theo biểu thức sau:

$$P_j = \frac{G}{g} j_p \delta_i \quad (3.12)$$

Trong đó:

g : Gia tốc trọng trường ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

j_p : Gia tốc chậm dần khi phanh

δ_i : Hệ số tính đến ảnh hưởng của các chi tiết chuyển động quay

Khi phanh thì lực cản không khí P_w và lực cản lăn P_{f1} và P_{f2} không đáng kể, có thể bỏ qua. Sự bỏ qua này chỉ gây sai số $1,5 \div 2\%$ [39]

b. Tính toán phanh

Bằng cách lập các phương trình cân bằng mô men của các lực tác dụng lên xe khi phanh đối với các điểm tiếp xúc giữa bánh xe với mặt đường A và B, ta có thể xác định các phản lực thẳng góc Z_1 và Z_2 như sau:

Với:

$$P_j = J_p \cdot \frac{G_a}{g} \quad (3.13)$$

$$Z_1 = \frac{G_a}{L} \left(b + \frac{j_p \cdot h_g}{g} \right) \quad (3.14)$$

$$Z_2 = \frac{G_a}{L} \left(a - \frac{j_p \cdot h_g}{g} \right) \quad (3.15)$$

Để sử dụng hết trọng lượng bám của xe thì cơ cấu phanh được bố trí ở các bánh xe trước và sau. Lực phanh lớn nhất đối với toàn bộ xe tức là phanh có hiệu quả nhất khi lực phanh sinh ra ở các bánh xe tỉ lệ thuận với tải trọng tác dụng lên chúng.

Từ đó ta có lực phanh cực đại tác dụng lên bánh trước và sau là :

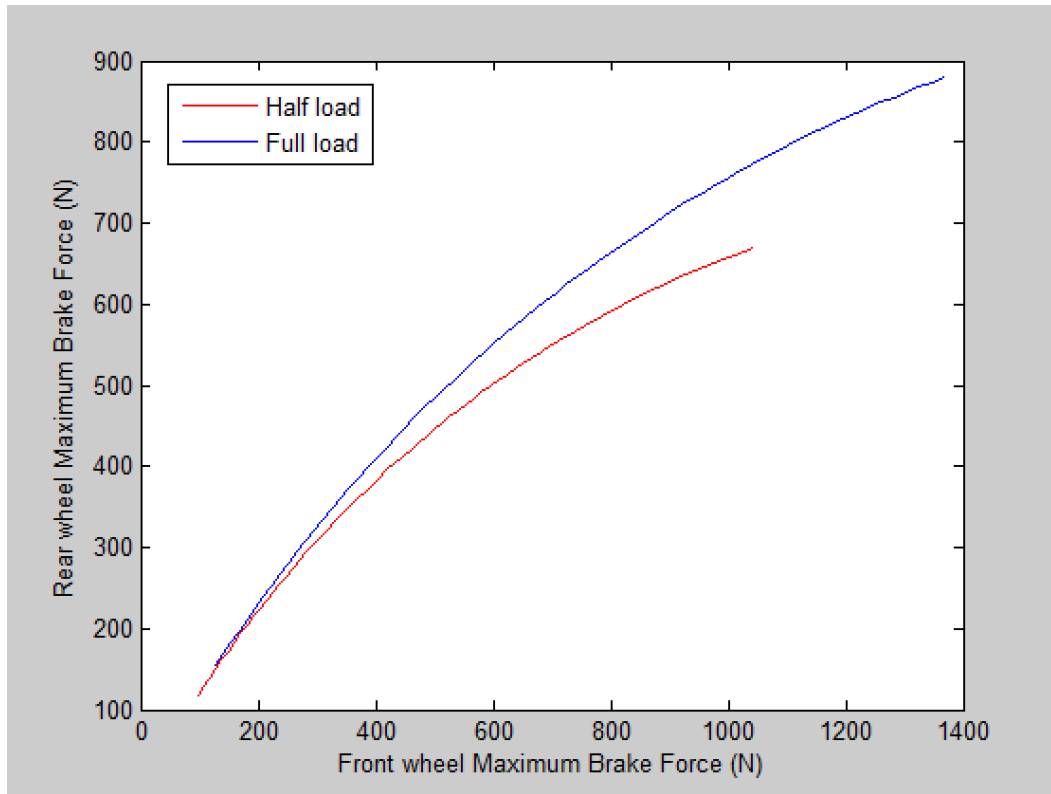
- Lực phanh cực đại sinh ra ở bánh trước:

$$F_{p1} = \varphi \cdot Z_1 \quad (3.16)$$

- Lực phanh cực đại sinh ra ở bánh sau:

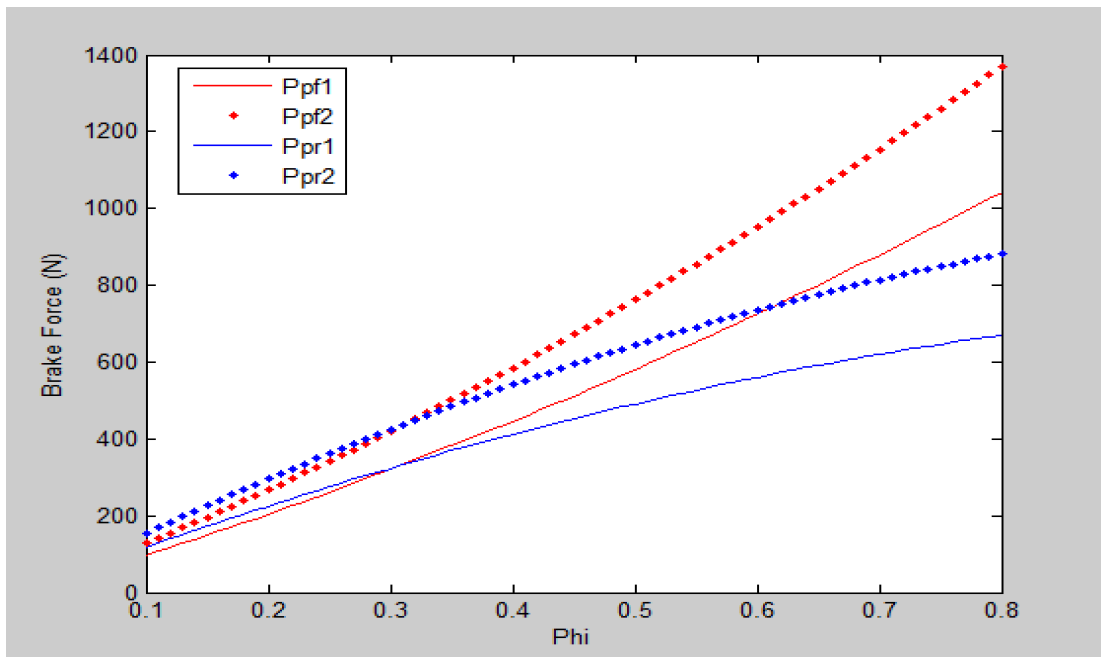
$$F_{p2} = \varphi \cdot Z_2 \quad (3.17)$$

Ta vẽ được đặc tính phanh lý tưởng của xe trong trường hợp đầy tải (273 kg) và trường hợp nửa tải (208 kg) với hệ số bám $\varphi = 0,1-0,8$.



Hình 3.4: Đặc tính phanh lý tưởng của xe.

Biểu đồ phân bố lực phanh tối đa theo điều kiện bám trong cả hai trường hợp đầy tải và nửa tải.



Hình 3.5: Phân bố lực phanh tối ưu theo điều kiện bám.

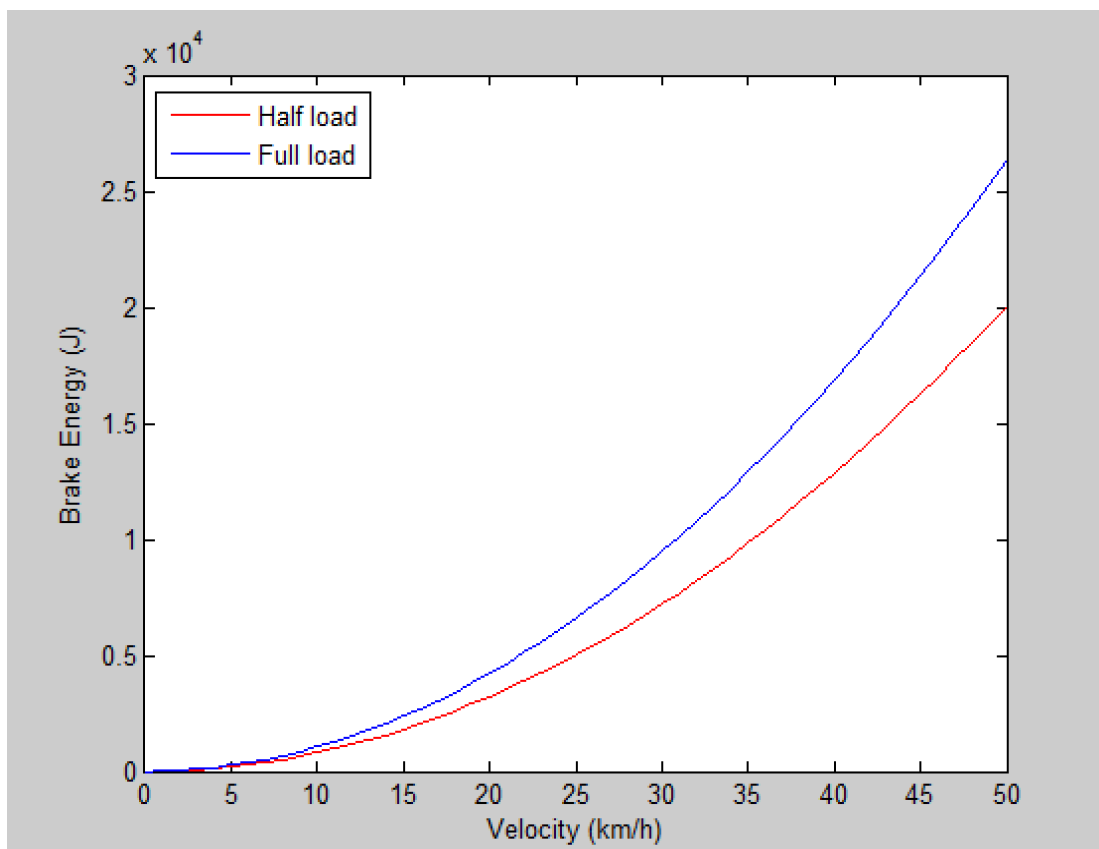
Do đây là xe hai bánh, theo giả thiết phanh xe trên đường nhựa phẳng, thời tiết khô ráo nên chọn hệ số bám $\varphi = 0.7$. Xe hai bánh có phần khối lượng chi tiết quay khi phanh không đáng kể, chỉ có rôto động cơ điện và hai bánh xe trước sau nên chọn hệ số ảnh hưởng quán tính của các chi tiết chuyển động quay $\delta_i = 1,05$.

Thay các thông số vào ta tính được gia tốc phanh tối đa theo điều kiện bám

$$J_{pmax} = g \cdot \varphi / \delta_i = 6.54 \text{ m/s}^2 \quad (3.18)$$

Xét dải vận tốc mà xe cải tạo di chuyển trong điều kiện TP.HCM là 0 – 50 km/h.

Động năng khi phanh xe trong trường hợp đầy tải và nửa tải ở các vận tốc khác nhau được thể hiện như hình dưới.



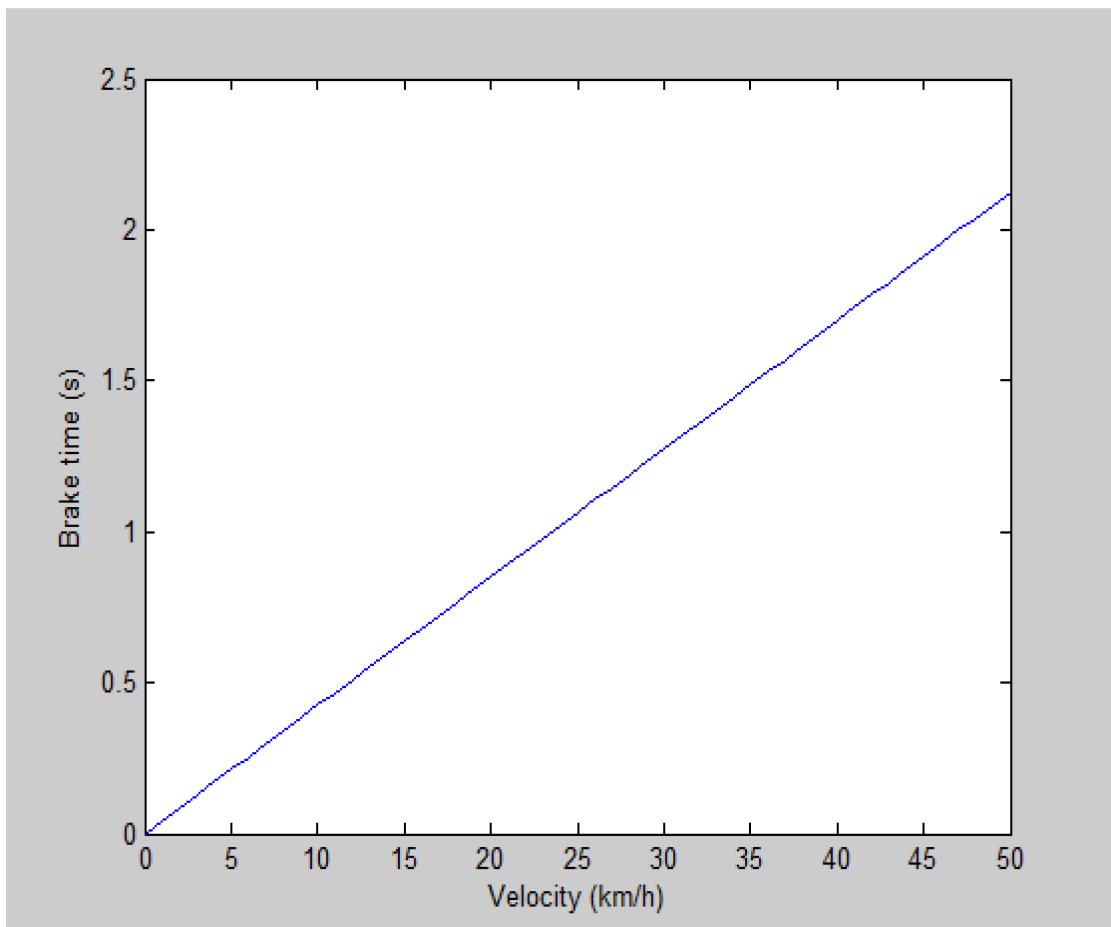
Hình 3.6: Động năng khi phanh xe ở các dải vận tốc khác nhau.

Trong trường hợp đang tính toán năng lượng phanh nên khi phanh tác giả không xét đến độ trễ phản xạ của người điều khiển và độ trễ chậm tác dụng của cơ

cầu phanh, Vì thông số độ trễ đó chỉ ảnh hưởng đến quãng đường phanh, lúc này quá trình phanh là quá trình chuyển động chậm dần đều cho đến khi xe dừng hẳn ($v=0$).

Thời gian phanh tối thiểu cho từng trường hợp tải ứng với các vận tốc từ 0-50km/h.

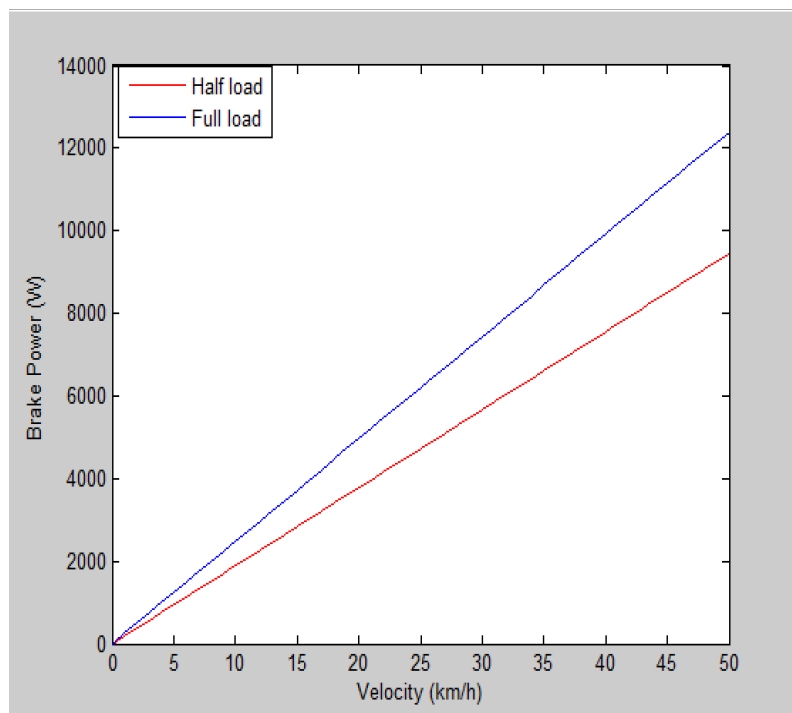
$$t_{pmin} = \frac{v_0}{J_{pmax}} \quad (3.19)$$



Hình 3.7: Thời gian phanh xe tối thiểu

Công suất cần của máy phát và hệ thống phanh cần thiết để hấp thụ hết động năng của xe khi phanh đột ngột trong hai trường hợp tải

$$N_g = \frac{W_t}{t_{pmin}} \quad (3.20)$$

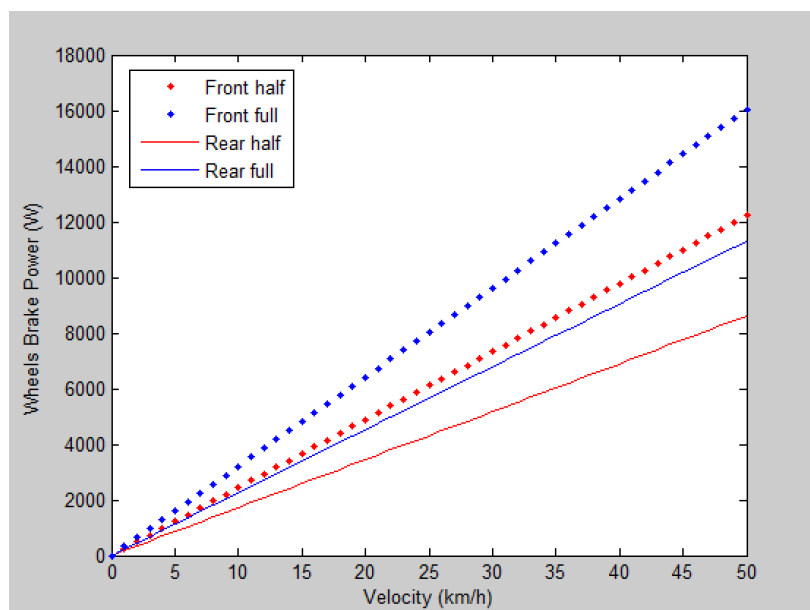


Hình 3.8: Công suất phanh theo vận tốc

Công suất cản của máy phát và phanh trước với công suất cản của phanh sau trong hai trường hợp

$$N_{pf} = P_{pf} \cdot v \quad (3.21)$$

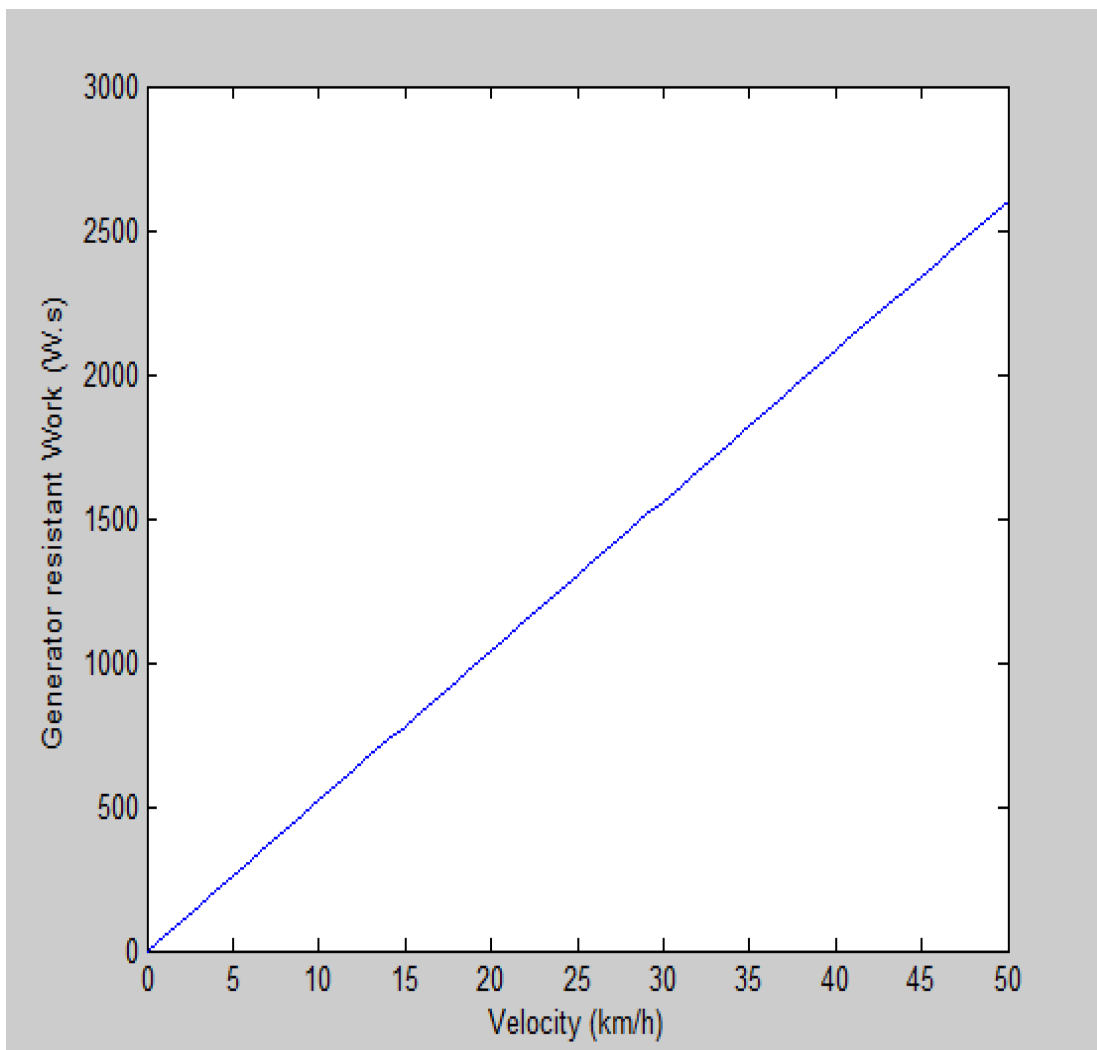
$$N_{pr} = P_{pr} \cdot v \quad (3.22)$$



Hình 3.9: Công suất phanh tại bánh trước và bánh sau

Với công suất tiêu thụ lớn nhất của động cơ điện là 1225W (tra bảng TS-DCĐ) ta thấy rằng với mỗi lần phanh khẩn cấp, động cơ điện chỉ tạo được tối đa công suất cản là 1225W, phần công suất cản còn lại để xe dừng hẳn do hệ thống phanh cơ khí đảm nhiệm.

Mỗi lần cho động cơ điện hoạt động hết công suất ở chế độ máy phát trong thời gian t_{pmin} , công cản lớn nhất của máy phát như sau:



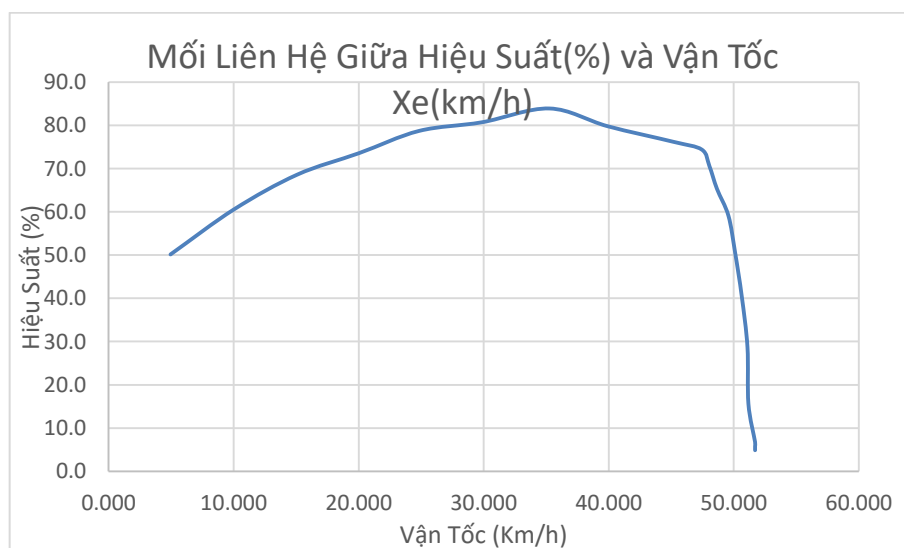
Hình 3.10: Công cản của máy phát theo vận tốc

Tra cứu bảng số liệu động cơ điện để có giá trị hiệu suất của động cơ ở chế độ máy phát ở các giá trị vòng quay có vận tốc tương ứng từ 0-50km/h.

Bảng 3.5: Thông số động cơ điện

Thông số kỹ thuật Motor BLW-16B (BLDC Hub Motor) : 48V-1000W									
STT	V	A	rpm	W_In	W_out	T	Eff. %	Vận tốc xe, (km/h)	Ghi chú
1	49.54	4.37	679	216.49	10.54	1	4.9	51.707	
2	49.54	4.76	679	234.62	13.66	150	5.8	51.707	
3	49.54	8.08	679	251.66	17.06	240	6.8	51.707	
4	49.53	5.665	672	280.64	43.63	620	15.6	51.174	
5	49.54	6.518	671	322.90	92.75	1320	28.7	51.098	
6	49.53	7.725	665	382.66	154.93	2225	40.5	50.641	
7	49.53	9.24	658	457.70	231.51	3360	50.6	50.108	
8	49.53	11.16	651	552.78	326.52	4790	59.1	49.575	
9	49.53	13.491	639	668.18	436.59	6525	65.3	48.661	
10	49.53	16.251	631	804.91	568.23	8600	70.6	48.052	
11	49.53	19.413	623	961.53	715.31	10965	74.4	47.443	
12	49.53	22.944	593	1136.44	865.5	13550	76.2	45.158	
13	49.51	25.551	524	1264.90	1008.96	16415	79.8	39.904	
14	49.47	25.003	463	1236.75	1037.72	19940	83.9	35.258	
15	49.44	24.793	392	1225.77	988.83	24090	80.7	29.852	
16	49.44	24.8	326	1226.11	965	22320	78.7	24.826	
17	49.44	24.76	263	1226.11	902	19253	73.6	20.028	
18	49.42	24.67	198	1226.11	841	17689	68.6	15.078	
19	49.4	24.65	132	1217.71	738	12485	60.6	10.052	
20	49.2	24.48	65	1204.42	604	7746	50.1	4.950	

Ta vẽ được đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa hiệu suất động cơ điện ứng với các dải vận tốc



Hình 3.11: Hiệu suất động cơ điện theo vận tốc

Ta thấy ở dải tốc độ từ 15 – 45 km/h là dải tốc độ mà hiệu suất động cơ điện đạt cao nhất (>70%), Đây cũng là dải tốc độ thường xuyên chuyển động của xe ở điều kiện đường thành phố. Vì vậy chọn động cơ điện ở chế độ máy phát để thu hồi công suất phanh ở dải tốc độ này là phù hợp.

3.1.5. Phương án điều khiển thu hồi công suất phanh.

Xét quá trình phanh khẩn cấp với gia tốc phanh lớn nhất.

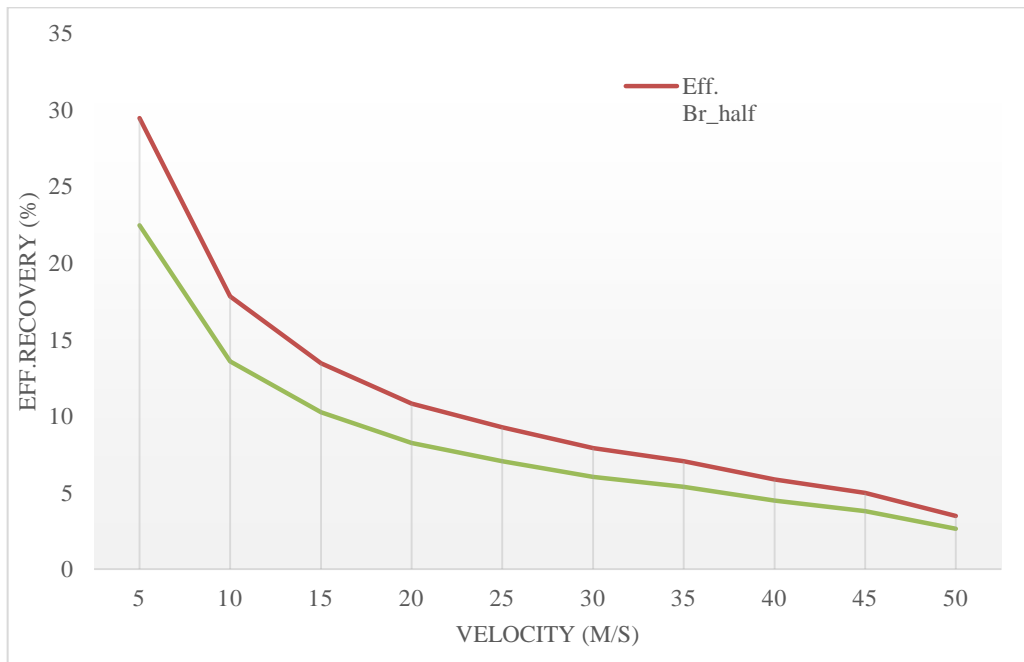
Từ các kết quả ở mục 3.1.4, ta lập được các bảng thông số sau:

Bảng 3.6: Số liệu so sánh công suất phanh tái sinh và tổng công suất phanh

Bảng số liệu so sánh công suất phanh tái sinh thu hồi được với tổng công suất phanh cần thiết để dừng xe												
Vận tốc xe	v(km/h)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Công suất phanh trước nửa tải	Npf1	0	1221	2443	3664	4886	6107	7329	8550	9772	10993	12215
Công suất phanh trước đầy tải	Npf2	0	1603	3206	4809	6413	8016	9619	11222	12825	14428	16032
Công suất phanh sau nửa tải	Npr1	0	861.5	1723.1	2584.6	3446.1	4308	5169.2	6030.8	6892.3	7753.8	8615.4
Công suất phanh sau đầy tải	Nprr	0	1131	2262	3392	4523	5654	6785	7915	9046	10177	11308
Công suất phanh tổng nửa tải	Np1	0	2082.5	4166.1	6248.6	8332.1	10415	12498	14581	16664	18747	20830
Công suất phanh tổng đầy tải	Np2	0	2734	5468	8201	10936	13670	16404	19137	21871	24605	27340
Công suất cản của máy phát	Nger	0	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225
hiệu suất máy phát	Eff.ge	0	50.1	60.6	68.6	73.6	78.7	80.7	83.9	79.8	76.2	59.1
Công suất phát điện	Ngi	0	613.73	742.35	840.35	901.6	964.1	988.58	1027.8	977.55	933.45	723.98

lmax	lgi	0	12.786	15.466	17.507	18.783	20.08	20.595	21.412	20.366	19.447	15.083
Hiệu suất thu hồi nửa tải	Eff.Bh	0	29.471	17.819	13.449	10.821	9.257	7.9097	7.0488	5.8661	4.9792	3.4756
Hiệu suất thu hồi đầy tải	Eff.Bf	0	22.448	13.576	10.247	8.2443	7.052	6.0264	5.3706	4.4696	3.7937	2.648

Từ bảng trên ta vẽ được các đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa hiệu suất phanh tái sinh tương ứng với dải tốc độ của xe.



Hình 3.12: Hiệu suất thu hồi năng lượng phanh

Xét khi giảm tốc chỉ sử dụng phanh tái sinh, công suất cản của máy phát ở chế độ tối đa:

$$N_p = N_{ge} = -1225 \text{ W} \quad (3.23)$$

Lực phanh của máy phát tác động lên thân xe ở các vận tốc khác nhau là:

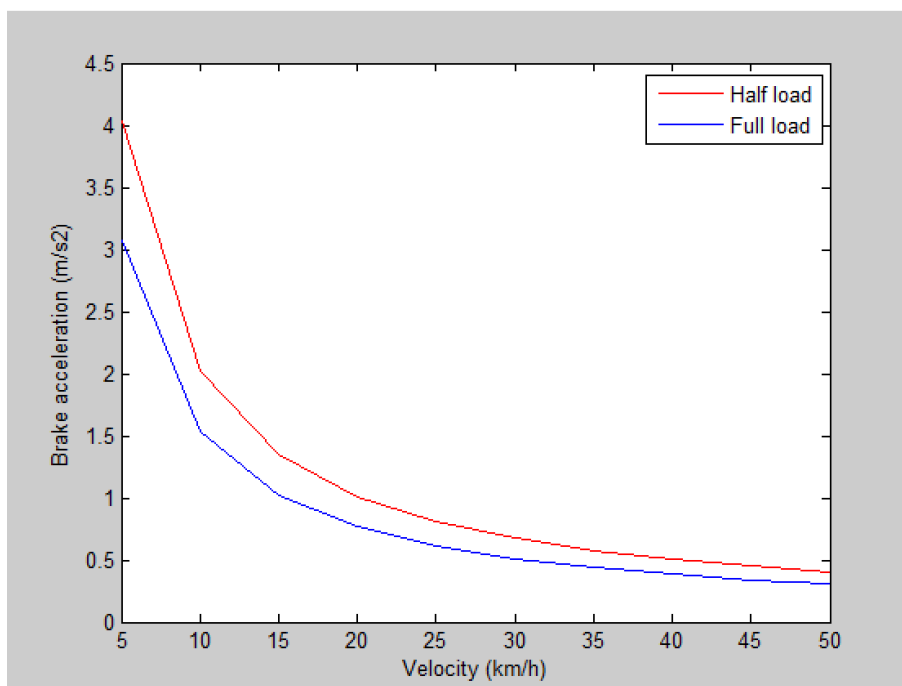
$$F_{pge} = \frac{N_{ge}}{v} \quad (3.24)$$

Gia tốc chậm dần khi chỉ có phanh tái sinh hoạt động:

$$J_{p1} = \frac{F_{pge}}{m_1} \text{ (Trường hợp nửa tải)} \quad (3.25)$$

$$J_{p2} = \frac{F_{pge}}{m_2} \text{ (Trường hợp đầy tải)} \quad (3.26)$$

Ta vẽ được đồ thị biểu diễn



Hình 3.13: Gia tốc phanh tái sinh

Từ các kết quả tính toán trên, tác giả có các nhận định:

- Trong quá trình phanh khẩn cấp hiệu suất thu hồi công suất đạt từ 3%-30%
- Hiệu suất thu hồi công suất phanh tái sinh giảm khi vận tốc ban đầu của xe tăng. Trong khi đó động cơ đã hoạt động ở chế độ máy phát với công suất cao nhất nhưng còn nhỏ, chưa thu hồi hết năng lượng phanh mà cần hệ thống phanh cơ khí tác động để dừng xe. -> Khi phanh khẩn cấp luôn mở chế độ phanh tái sinh ở chế độ cực đại.

- Hiệu suất thu hồi tăng cao nhất khi xe thay đổi tốc độ không lớn với thời gian chậm, điều này rất phù hợp cho việc phanh tái sinh khi di chuyển ở đường đô thị, cần tăng giảm tốc độ liên tục. Mỗi khi có tín hiệu giảm tốc độ của người lái, ngay lập tức cần bật chế độ phanh tái sinh -> bật phanh tái sinh ngay khi người lái tác động vào tay phanh (công tắc phanh đóng)

- Gia tốc phanh khi chỉ có mình phanh tái sinh hoạt động lớn nhất khi xe chạy tốc độ chậm và giảm dần ở tốc độ cao, với tốc độ cao nhất là 50km/h, gia tốc phanh

do phanh tái sinh sinh ra chỉ khoảng $0,5\text{m/s}^2$, điều này bảo đảm độ êm dịu của chuyển động xe khi bật phanh tái sinh ngay khi người lái cần giảm tốc độ. Phù hợp với điều kiện chuyển động ở đường đô thị.

3.2. Mô hình hóa xe hybrid có phanh tái sinh.

Trong khuôn khổ nghiên cứu của Huỳnh Thịnh [23] đã tiến hành mô hình hóa xe Honda Lead và người lái, trong nội dung này tác giả trình bày lại phương pháp mô hình hóa người lái và mô hình hóa động lực học thân xe, có bổ sung thêm phần mô hình hóa hệ thống phanh tái sinh.

Để giản hóa mô hình, một số tồn thất được bỏ qua, một số tính toán phức tạp thay bằng các mô hình đơn giản, cấu trúc và thuật toán điều khiển đơn giản hơn thực tế xe mà vẫn đáp ứng được tính chính xác tương đối của phép tính.

3.2.1. Mô hình hóa người lái

Người lái đưa ra yêu cầu về lực kéo và tốc độ xe thông qua vị trí tay ga. Đó là giá trị ngẫu nhiên, phụ thuộc vào quyết định của người lái khi lưu thông trên đường. Trong mô hình của hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng xe máy lai, nếu xét một cách rời rạc, lực kéo hay công suất yêu cầu có thể xem là một xích Markov, tức là xác suất của chúng chỉ phụ thuộc vào thời điểm hiện tại (t). Thông qua các chu trình chạy thử (ECE R15), tại mỗi thời điểm t , tổng lực cản (F_{load}) tại vận tốc theo chu trình ($V_{demand}(t)$) được tính toán. Sau đó, thuật toán PI được sử dụng để đưa tốc độ thực (V_{act}) tiến đến tốc độ yêu cầu (V_{demand}) theo chu trình. Kết quả khi kết hợp hai thành phần này là sự mô phỏng sự thay đổi lực (F_{demand}) và công suất yêu cầu (P_{demand}) khi người lái chạy xe chỉ theo biến thời gian t . Khi (F_{demand}) = 0 thì tín hiệu phanh tái sinh (Brake) được bật.

Các liên hệ toán học được thể hiện như sau:

$$F_{demand}(t) = F_{load}(t) + F_{PI}(t) \quad (3.27)$$

$$F_{load}(t) = F_{rolling}(t) + F_{aero}(t) + F_{grade}(t) \quad (3.28)$$

$$F_{PI}(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) \quad (3.29)$$

$$e(t) = V_{demand}(t) - V_{act}(t) \quad (3.30)$$

$$P_{demand}(t) = F_{demand}(t) \times V_{demand}(t) \quad (3.31)$$

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

Bánh sau của xe máy lai được dẫn động bằng động cơ, thông qua hệ thống truyền lực gồm ly hợp, hộp số CVT, truyền lực cuối cùng rồi tới bánh xe để sinh ra moment kéo. Để xây dựng mô hình toán học cho động cơ và hệ thống truyền lực, có hai phương pháp tiếp cận như sau:

- Mô hình hóa từng bộ phận: Động cơ, ly hợp, hộp số, truyền lực cuối cùng và bánh xe, mỗi bộ phận được đặc trưng bằng một mô hình. Liên hệ giữa các mô hình là hai thông số: tốc độ và moment (hoặc công suất). Các thông số cơ bản cần thiết cho việc xây dựng mô hình từng bộ phận gồm:

+ Bản đồ moment T_e theo tốc độ động cơ ω_e và độ mở bướm ga θ_{th} :

$$T_e = (\omega_e, \theta_{th}) \quad (3.32)$$

+ Bản đồ suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ:

$$BSFC = f(T_e, \omega_e) \quad (3.33)$$

+ Bảng chế độ đóng – ngắt của ly hợp.

+ Bản đồ tỉ số truyền hộp số CVT theo tốc độ pulley chủ động và moment cản tại pulley bị động:

$$i_h = f(\omega_{in_CVT}, T_{out_CVT}) \quad (3.34)$$

+ Bản đồ hiệu suất hộp số:

$$\eta_h = f(\omega_{in_CVT}, T_{out_CVT}) \quad (3.35)$$

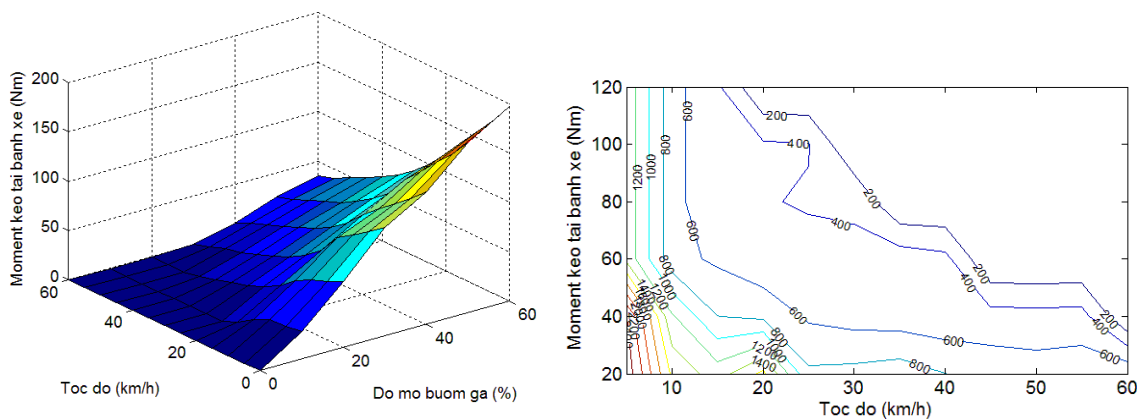
+ Tỉ số truyền lực cuối cùng.

+ Bán kính bánh xe.

- Mô hình hóa cả cụm hệ thống: Việc mô phỏng từng bộ phận rất phức tạp, yêu cầu phải khảo sát chi tiết từng bộ phận. Phương pháp mô hình hóa cho biết hoạt động của từng bộ phận trong từng chế độ mô phỏng, từ đó giúp đề ra giải pháp cải tiến bộ phận đó. Tuy nhiên, việc thực hiện phức tạp, dễ gây nhầm lẫn và số mô hình

tăng lên khiến sai số cộng dồn cũng tăng theo. Đối với phương pháp cải tạo đề xuất, có một nguyên tắc là “Ít là thay đổi kết cấu xe nền”. Do đó, kết cấu từ động cơ đến bánh xe sau được giữ nguyên và không có nhu cầu phải thay đổi. Mặt khác, khi xe được thử nghiệm trên băng thử, chạy theo chu trình kiểm tra tiêu chuẩn, như Japan 10 – 15 Mode chẳng hạn, thì khi mô phỏng trường hợp này, ta có thể giả thiết rằng động cơ chỉ hoạt động ở hai chế độ: cầm chừng và sinh công suất kéo trong số 4 chế độ: Khởi động, cầm chừng, sinh công suất kéo và ngắt. Xe chỉ khởi động một lần trước khi chạy và không tắt máy trong quá trình chạy thử nghiệm. Vì vậy, có thể mô hình hóa cả cụm hệ thống mà không cần quan tâm chi tiết đến từng bộ phận.

Tại thời điểm t , công suất kéo phân phối ra bánh sau là P_e tại tốc độ V . Vì hệ thống truyền lực bánh sau được giữ nguyên nên tại trạng thái (P_e, V) , các thông số hệ thống truyền lực gồm độ mở bướm ga (θ_{th}) , tốc độ động cơ (ω_e) , tỉ số truyền hộp số CVT (i_h) , hiệu suất (η_h) , trạng thái ly hợp, v.v... có giá trị nhất định và không đổi. 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, hai bản đồ $T_k(\theta_{th}, v)$ và $g_{fuel}(T_k, v)$ (hoặc BSFC(T_k, V)) ta xây dựng được mô hình cho hệ thống truyền lực từ động cơ đốt trong đến bánh sau.



Hình 3.14: Bản đồ động cơ và hệ thống truyền lực [23]

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

$$G_{fuel}(t) = \int_0^t g_{fuel}(\tau) d\tau \quad (3.36)$$

Các bản đồ khí thải các loại cũng được xây dựng tương tự: $f_{emission} = h(T_k, V)$.
 Nồng độ khí thải sau khi chạy theo chu trình được tính:

$$F_{emission}(t) = \frac{1}{t} \int_0^t f_{emission}(\tau) d\tau \quad (3.37)$$

3.2.3. Mô hình hóa động cơ điện

Khi hoạt động ở chế độ motor, motor cung cấp moment kéo truyền tới các bánh chủ động. Moment motor sinh ra được tính từ các mối liên hệ sau:

$$T_m = T_{m_demand} + T_{loss} + J_{mot} \frac{d\omega_m}{dt} \quad (3.38)$$

Trong đó: $T_m \leq T_{m_max}$

Đơn giản hóa bằng cách bỏ qua tổn thất và moment quán tính:

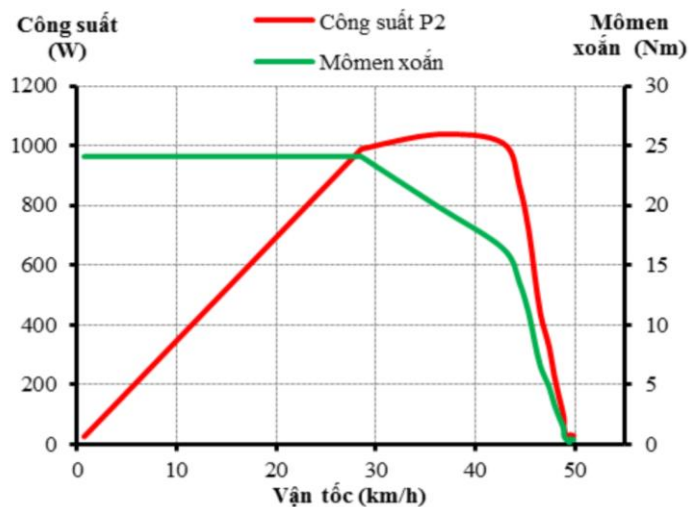
$$T_m = T_{m_demand} \quad (3.39)$$

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

$$P_{elec} = \frac{P_m}{\eta_m} = \frac{P_m}{\eta_m(T_m, \omega_m)} \quad (3.40)$$

$$I = \frac{P_{elec}}{U_{HV}} \quad (3.41)$$

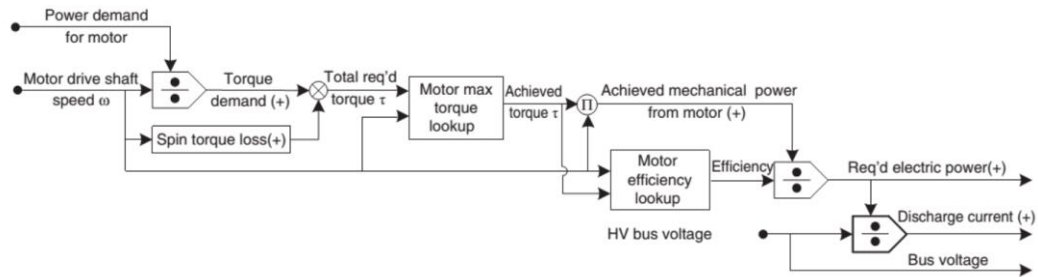
Trong đó các thông số $T_{m_max}, \eta_m(T_m, \omega_m)$ có được từ bảng tra thông số kỹ thuật của motor (Bảng 3.5). Công suất điện motor tiêu thụ P_{elec} có giá trị dương khi hoạt động ở chế độ động cơ điện nên $I > 0$.



Hình 3.15: Bản đồ công suất và mô men xoắn của động cơ điện [23]

Khi động cơ hoạt động ở chế độ máy phát trong quá trình phanh tái sinh, động cơ điện nhận momen từ xe, xét hiệu suất của động cơ khi hoạt động ở chế độ máy phát như đã tính ở mục 3.1.5.

Vì đã xét đến hiệu suất của động cơ điện khi làm việc nên bỏ qua tổn hao ma sát bên trong khi động cơ quay tròn.



Hình 3.16: Sơ đồ khối động cơ điện trong Matlab Simulink

3.2.4. Mô hình hóa hệ thống lưu trữ năng lượng

Do phương án thiết kế là xe Hybrid plug-in, dung bộ nguồn pin Lithium-ion 48V-33Ah nên bộ lưu trữ năng lượng chỉ có chế độ phóng, chế độ sạc lại chỉ xét khi phanh tái sinh hoạt động. Để đơn giản trong tính toán xem nhiệt độ bộ pin là không đổi trong quá trình hoạt động.

Như vậy, SOC thay đổi theo cường độ dòng điện $i_{(t)}$. Khi phóng điện, $I_{(t)} > 0$, U_{HV} , SOC giảm. Khi phanh tái sinh, $I_{(t)} < 0$, U_{HV} , SOC tăng. Mức độ sạc (SOC) của pin có thể được tính dựa vào dung lượng Ah của pin, dòng điện phóng hay nạp theo thời gian hay mức độ tự phóng điện của pin. Trong mô hình toán này, tác giả sử dụng phương pháp tích phân dòng điện phóng – nạp của ắc quy theo thời gian để tính SOC. Mô hình hóa mạch điện thông qua mối liên hệ giữa dòng điện trong mạch và điện áp 2 đầu mạch. Điện áp 2 cực mạch:

$$U_{HV} = U_{OC} + U_r \quad (3.42)$$

Trong đó, điện áp khi hở mạch của nguồn phụ thuộc vào mức :

$$U_{OC} = f(SOC) \quad (3.43)$$

Sụt áp do điện trở trong của pin:

$$U_r = I.r \quad (3.44)$$

$$SOC(t) = SOC_0 - \frac{1}{3600} \int_{t_0}^t \frac{i(\tau)\eta_{bat}}{Q_i} d\tau; SOC(t_0) = SOC_0 \quad (3.45)$$

Với η_{batt} là hệ số Coulombic và Q_i là dung lượng Ah của pin

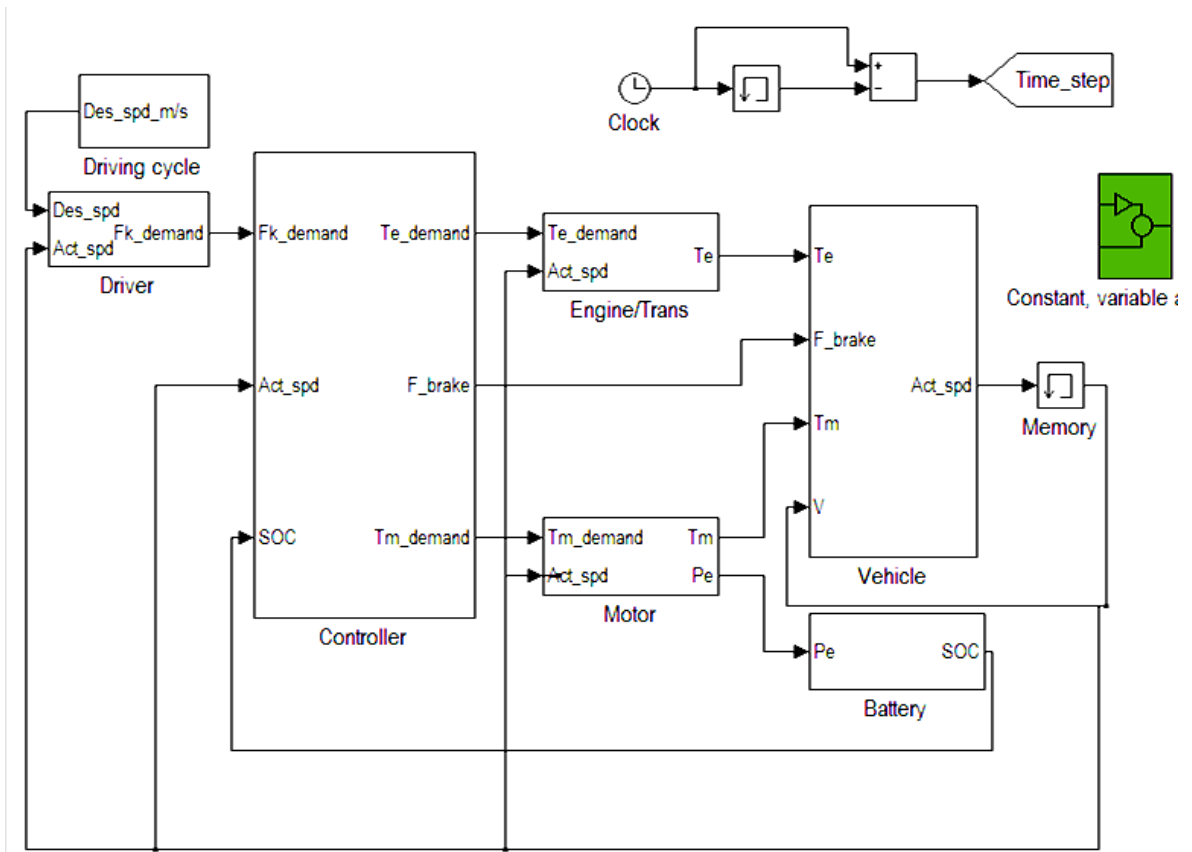
Khi phanh tái sinh: Công suất $P_{elec} < 0$ nên $I < 0$

Lúc này:

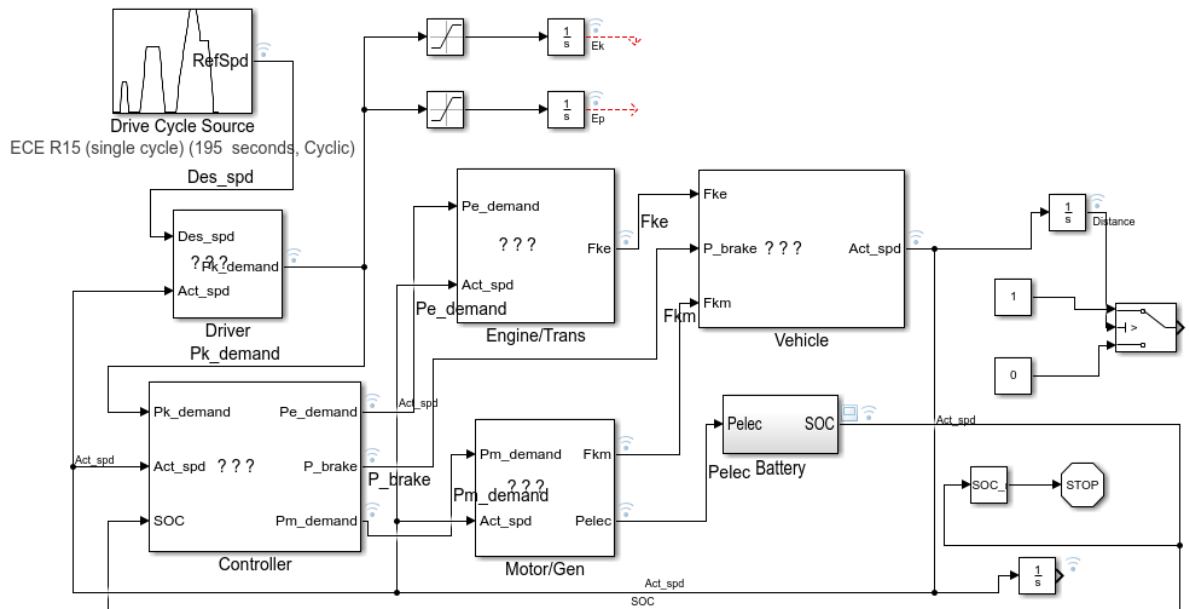
$$SOC(t) = SOC_0 + \frac{1}{3600} \int_{t_0}^t \frac{i(\tau)\eta_{bat}}{Q_i} d\tau \quad (3.46)$$

3.3. Mô phỏng xe máy Hybrid có hệ thống phanh tái sinh.

Mô hình các hệ thống được cụ thể hóa thành các khối trong Matlab/Simulink. Mô phỏng bắt đầu từ vận tốc từ chu trình chạy thử theo thời gian t. Các thông số vận tốc, moment, công suất... được tính theo các liên hệ toán học như trong mô hình. Các bản đồ thực nghiệm là các bảng tra 1 chiều, 2 chiều hoặc 3 chiều. Bước tăng thời gian 1s, thời gian mô phỏng là từ 0 đến khi kết thúc chu trình. Cấu hình xe plug – in hybrid phức hợp được mô phỏng để đánh giá tính hiệu quả và khả thi của phanh tái sinh. Các kết quả quan tâm bao gồm: Mức độ thu hồi công suất của phanh tái sinh, các mức công suất cần thiết, tỉ lệ công suất thu hồi so với tổng công suất của máy phát theo chu trình ECE, mức độ thay đổi SOC của pin sau các chu trình thử nghiệm.



Hình 3.17: Mô hình xe hybrid không có phanh tái sinh [23]



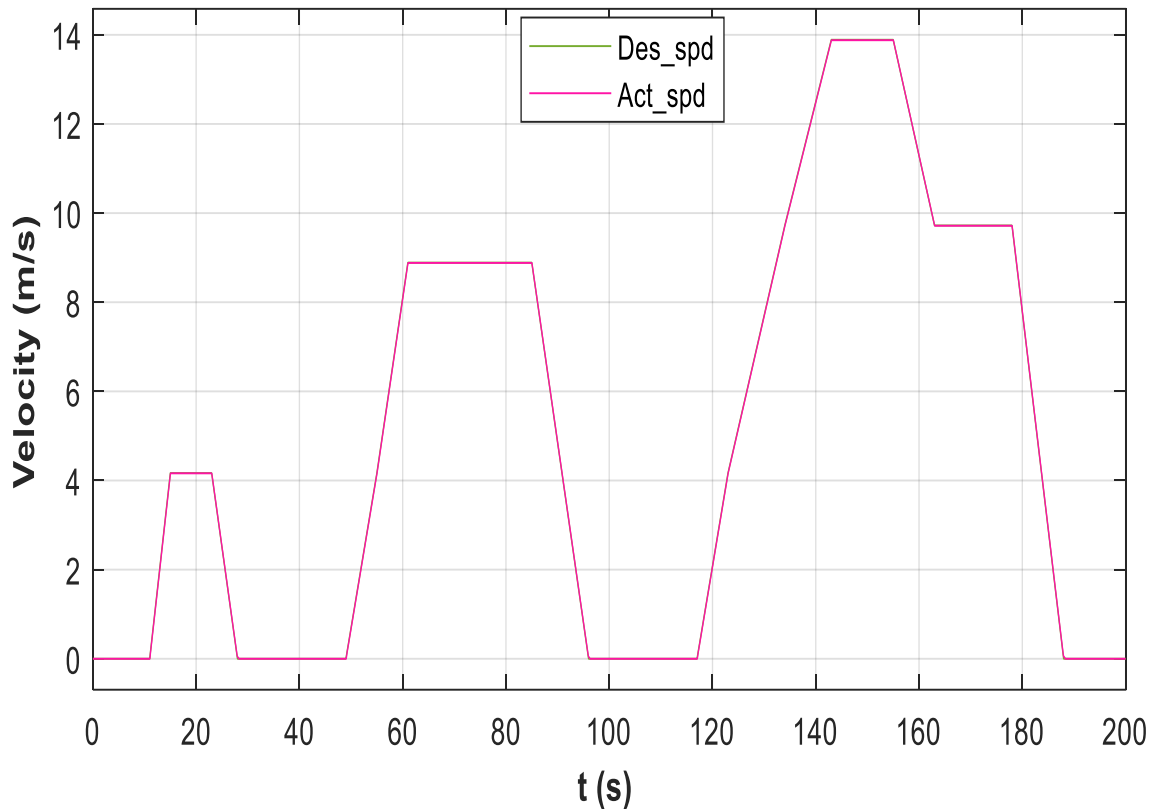
Hình 3.18: Mô hình xe hybrid có tính đến phanh tái sinh

Chương 4

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THIẾT KẾ BỘ CHUYỂN ĐỔI ĐỘNG CƠ ĐIỆN BLDC THÀNH MÁY PHÁT

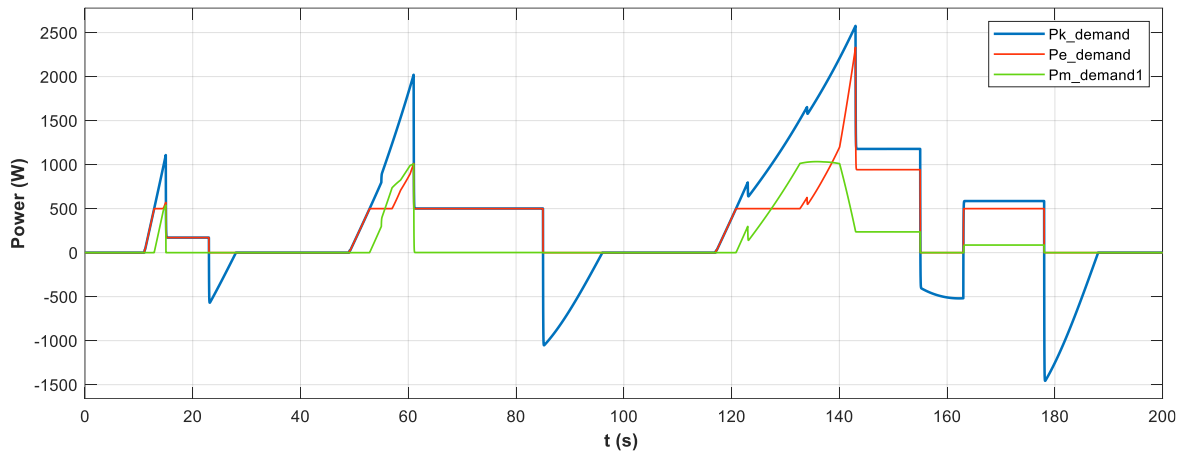
4.1. Kết quả mô phỏng

Khi mô phỏng mô hình xe máy hybrid ở chế độ nửa tải đầy tải với chu trình chạy thử là ECE thì kết quả đạt được như sau:

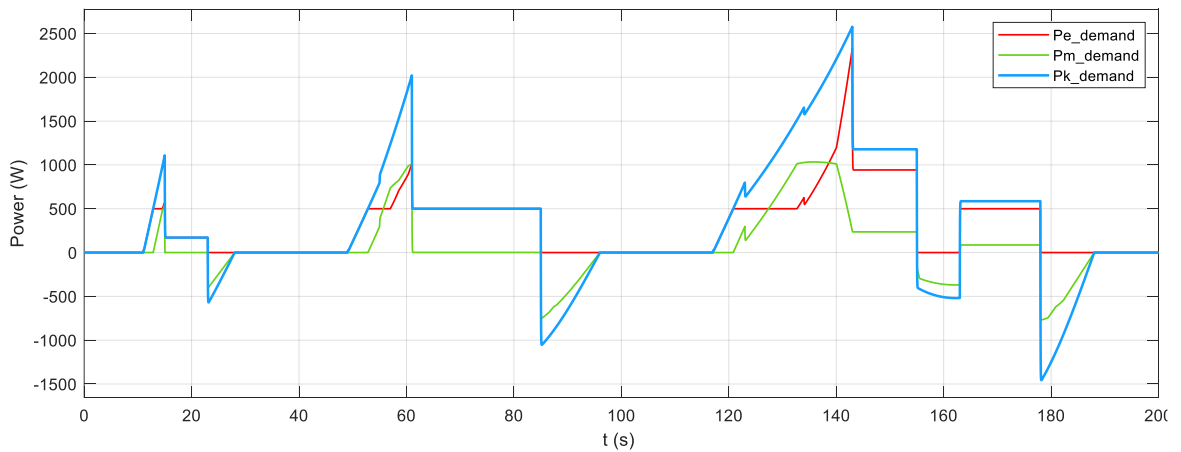


Hình 4.1: Đồ thị đáp ứng vận tốc

Về đáp ứng vận tốc: trong quá trình mô phỏng, xe hybrid có độ vọt lố và độ trễ về vận tốc, tuy nhiên sai lệch tại thời điểm lớn nhất nhỏ hơn 2%, sai số này là không đáng kể và có thể bỏ qua.

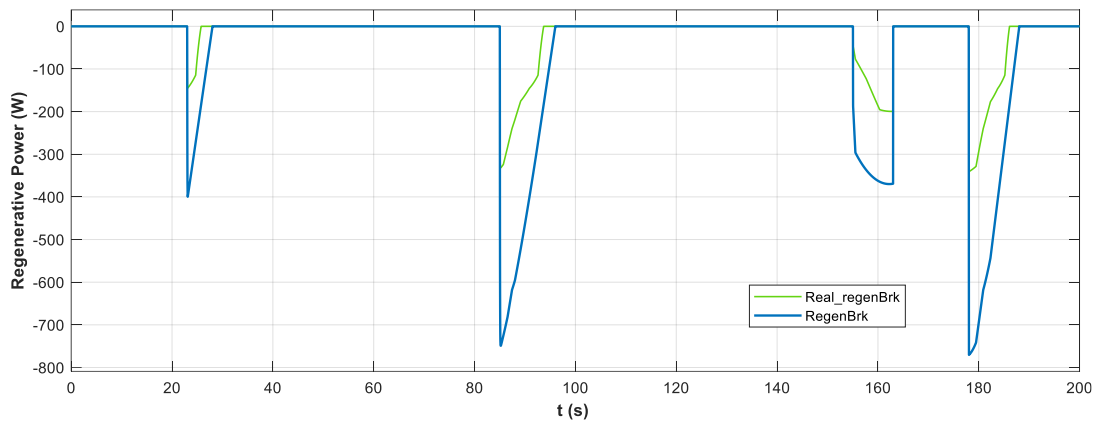


Hình 4.2: Đồ thị công suất cần thiết không có phanh tái sinh

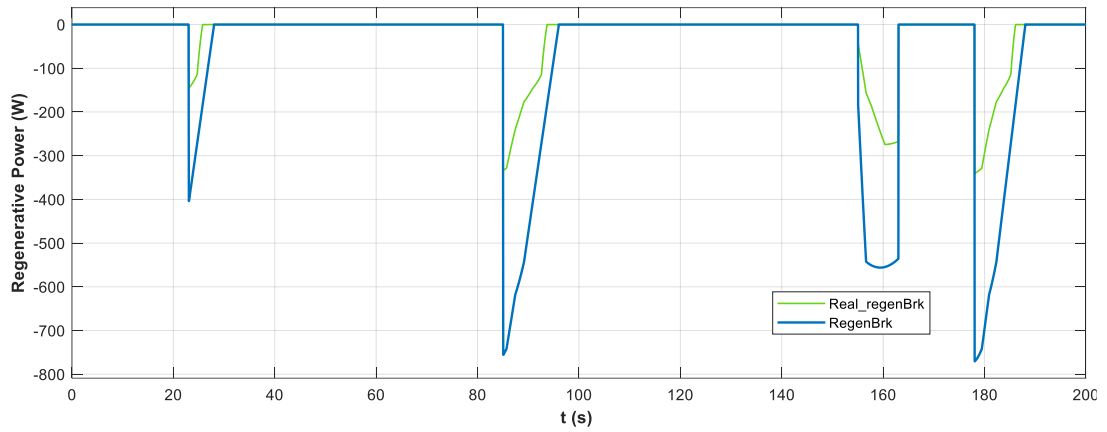


Hình 4.3: Đồ thị công suất cần thiết có phanh tái sinh

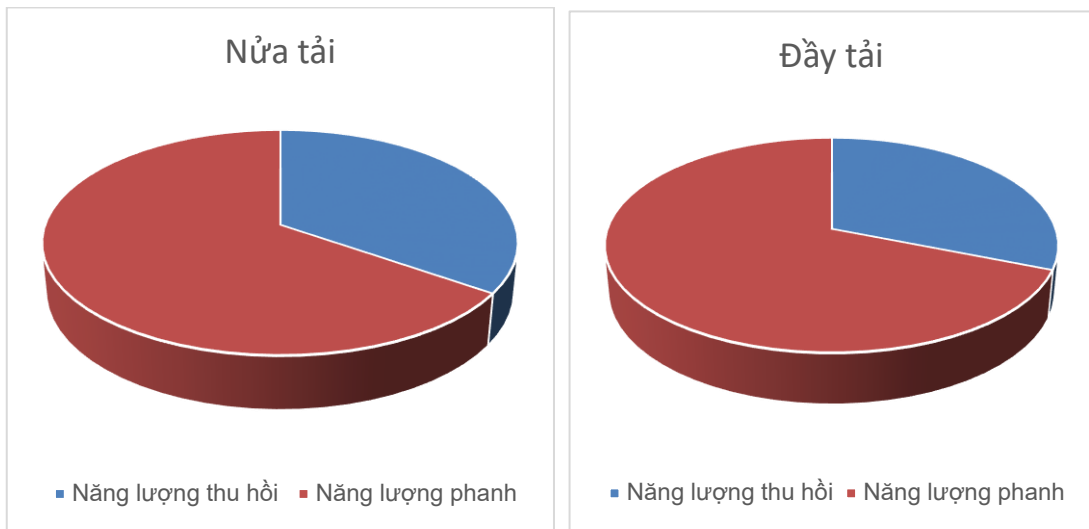
Với chu trình mô phỏng ECE, phần công suất $P_{k_demand} < 0$ là phần công suất tổn thất khi phanh, phần công suất $P_{k_demand} > 0$ là công suất kéo cần thiết để xe hoạt động. Tích phân công suất phanh và công suất kéo theo thời gian ta được năng lượng phanh và năng lượng kéo. Tỷ lệ năng lượng phanh tương đương 31% tổng năng lượng kéo của xe. Như vậy kết quả mô phỏng là hợp lý với kết quả nghiên cứu lý thuyết.



Hình 4.4: Đồ thị công suất thu hồi khi chạy nửa tải



Hình 4.5: Đồ thị công suất thu hồi khi chạy đầy tải

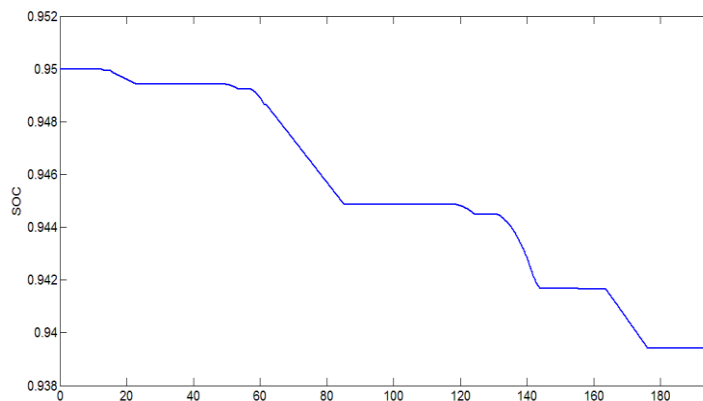


Hình 4.6: Biểu đồ so sánh tỉ lệ năng lượng thu hồi với tổng năng lượng phanh

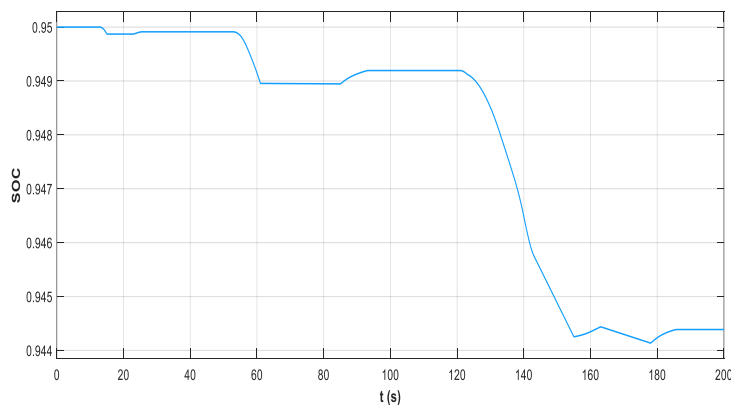
Ở chế độ nửa tải: Tích phân công suất thu hồi (real_regen) và công suất phanh theo thời gian (regen), ta được năng lượng thu hồi và năng lượng phanh. Tỷ lệ năng lượng thu hồi được bằng 53% năng lượng phanh. Như vậy, tỉ lệ năng lượng thu hồi được bằng 16,43% tổng năng lượng kéo của xe.

Ở chế độ đầy tải, năng lượng thu hồi được bằng 45% năng lượng phanh. Tỷ lệ năng lượng thu hồi được bằng 13,95% tổng năng lượng kéo của xe.

Kết quả này cho thấy hiệu quả của phanh tái sinh khi cho động cơ điện làm việc ở chế độ máy phát. Tuy nhiên, hiệu suất của động cơ ở chế độ máy phát thay đổi theo vận tốc và còn hạn chế. Tính trung bình trong chu trình chỉ đạt khoảng 45 – 53%, gây nên tổn thất không đáng có.

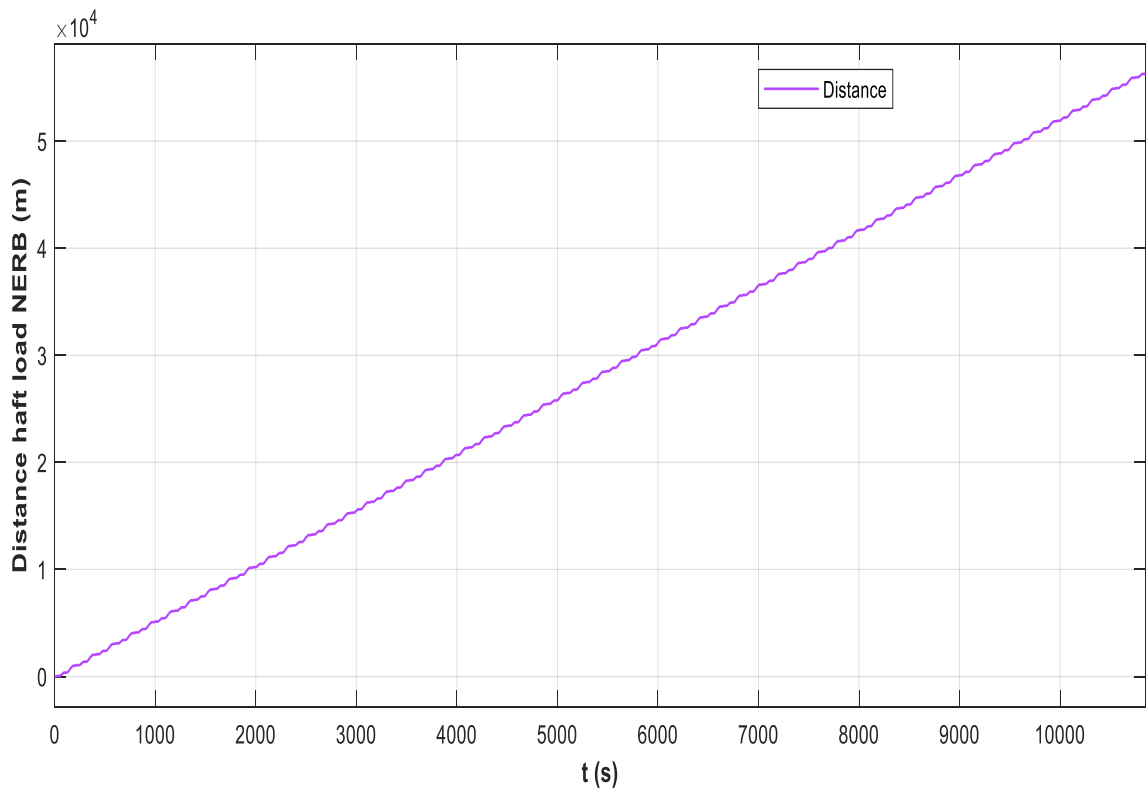


Hình 4.7: Mức độ giảm SOC khi chạy nửa tải không có phanh tái sinh [23]

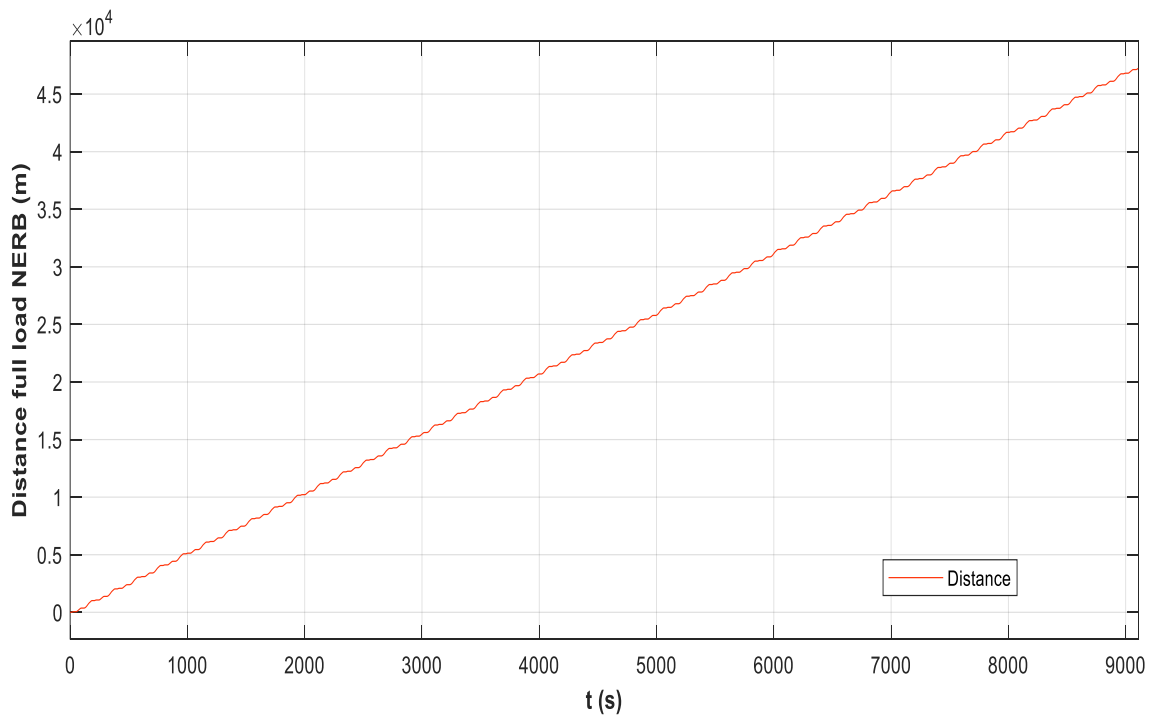


Hình 4.8: Mức độ giảm SOC khi chạy nửa tải có phanh tái sinh

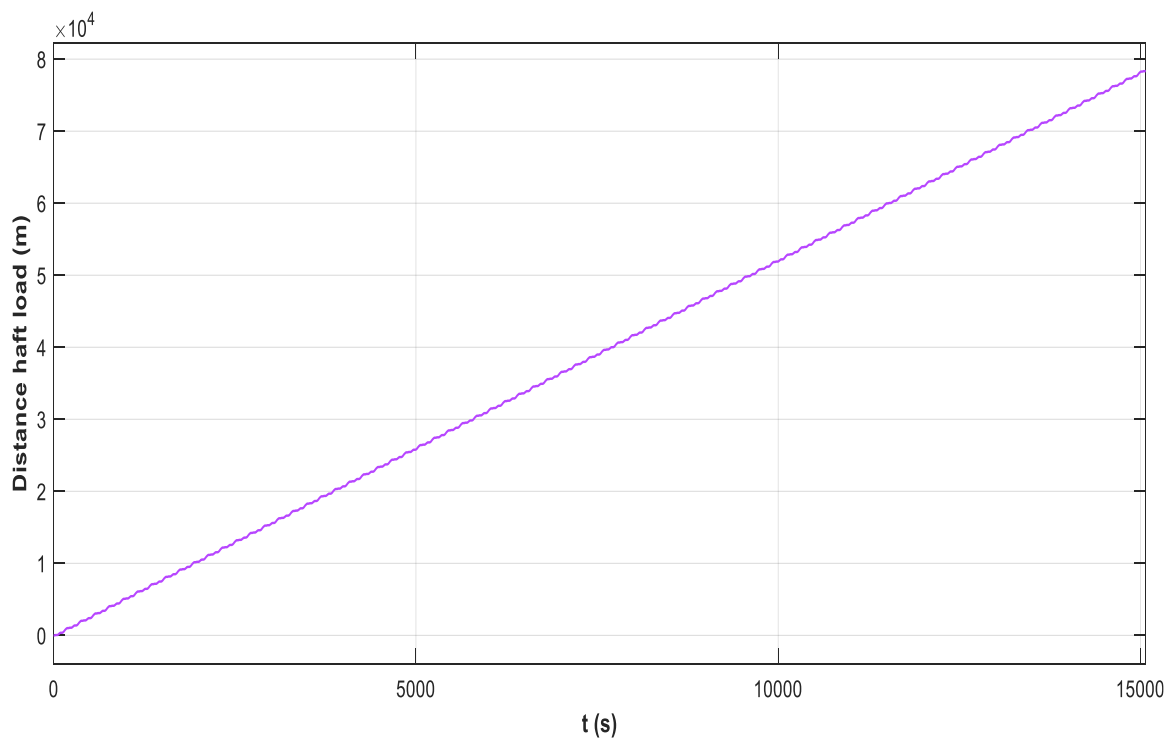
Trong một chu kỳ thử nghiệm ECE-R15 (195 giây), mức giảm SOC của xe HEM không có phanh tái sinh và có phanh tái sinh tương ứng là 0,0105 và 0,0055. Như vậy, mức giảm SOC của xe có phanh tái sinh thấp hơn 47,6% so với xe không có phanh tái sinh.



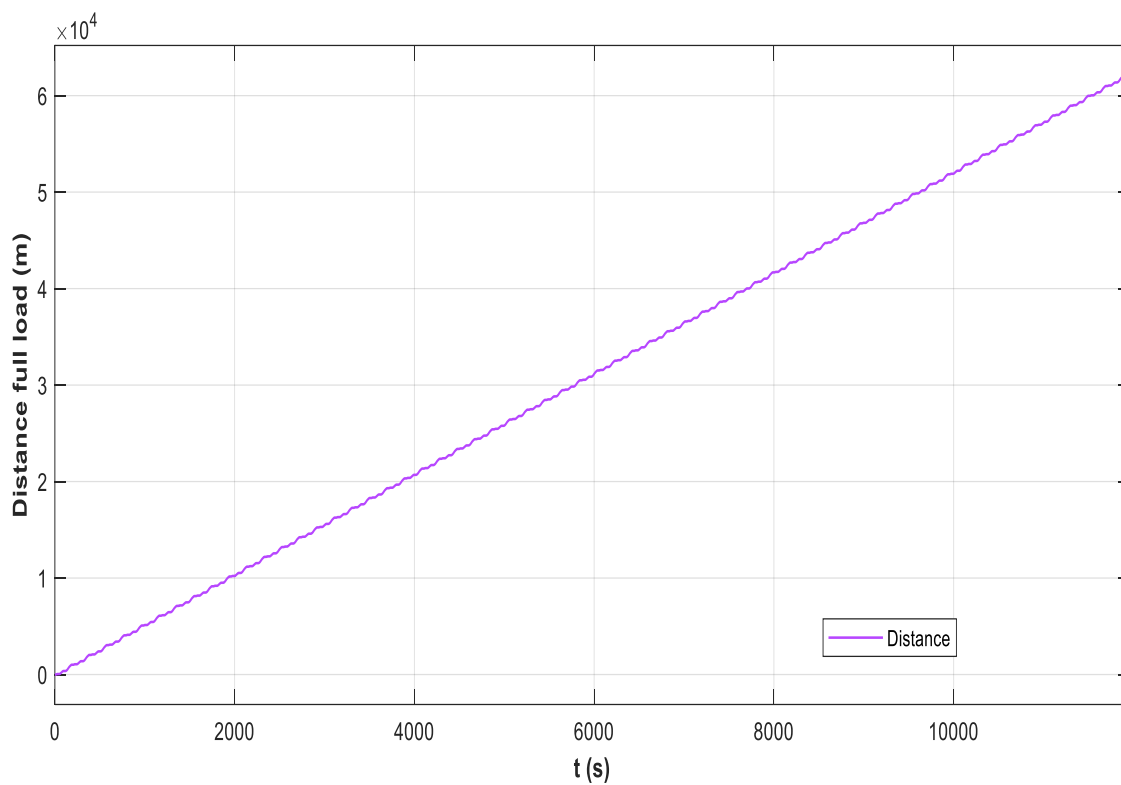
Hình 4.9: Quỹ đường tối đa ở chế độ nửa tải không có phanh tái sinh



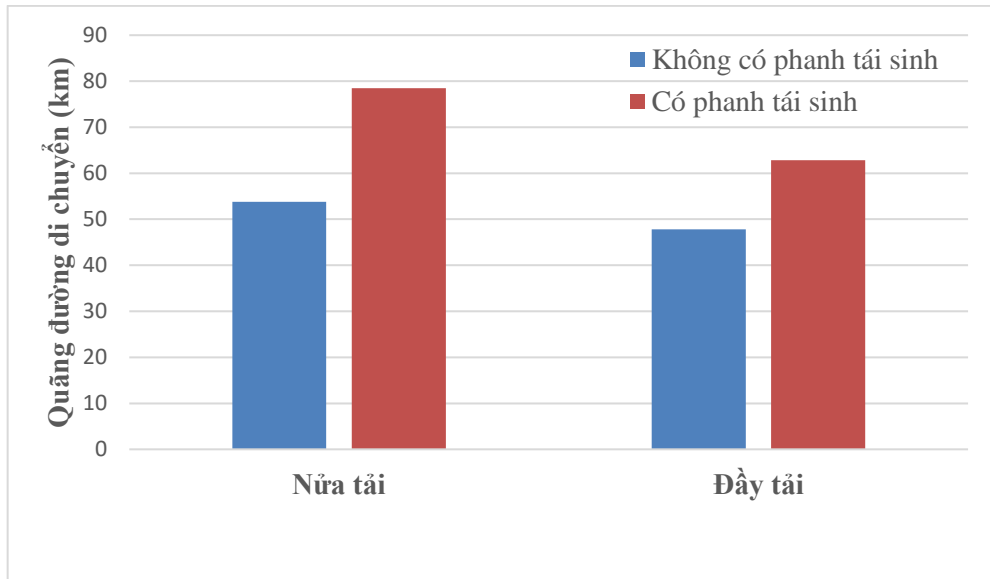
Hình 4.10: Quỹ đường tối đa ở chế độ đầy tải không có phanh tái sinh



Hình 4.11: Quãng đường tối đa ở chế độ nửa tải có phanh tái sinh



Hình 4.12: Quãng đường tối đa ở chế độ đầy tải có phanh tái sinh

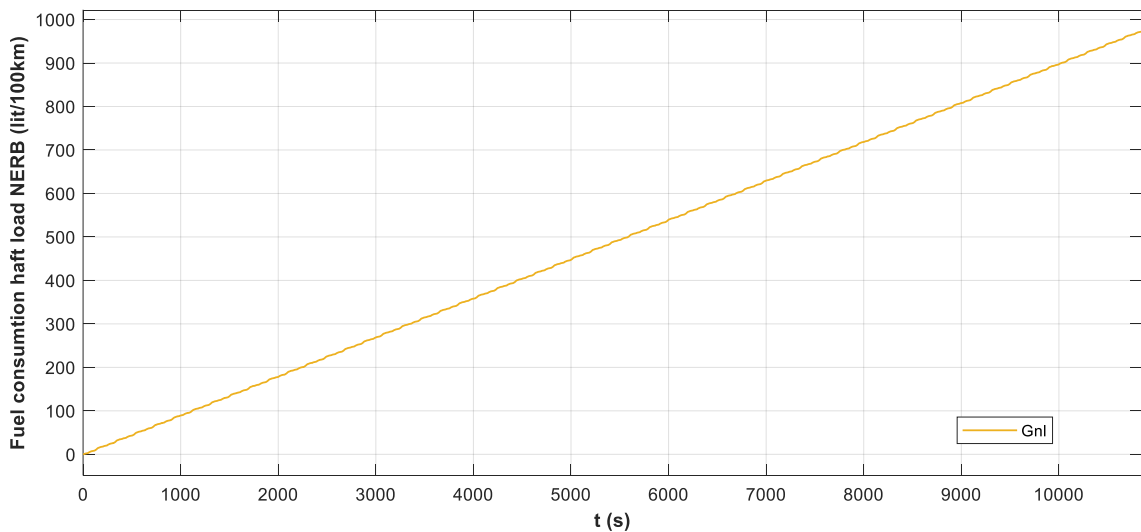


Hình 4.13: Biểu đồ so sánh quãng đường di chuyển tối đa ở các chế độ

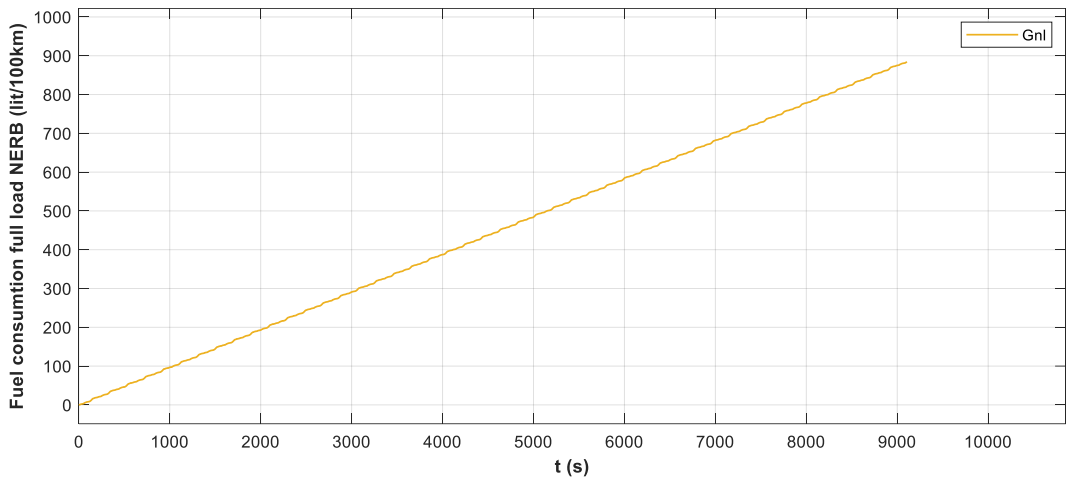
Nhận xét:

Ở chế độ nửa tải, quãng đường di chuyển tối đa của xe lai cải tạo không có phanh tái sinh trong nghiên cứu của Huỳnh Thịnh là 53,8 km; còn quãng đường của xe có phanh tái sinh là 78,5 km.

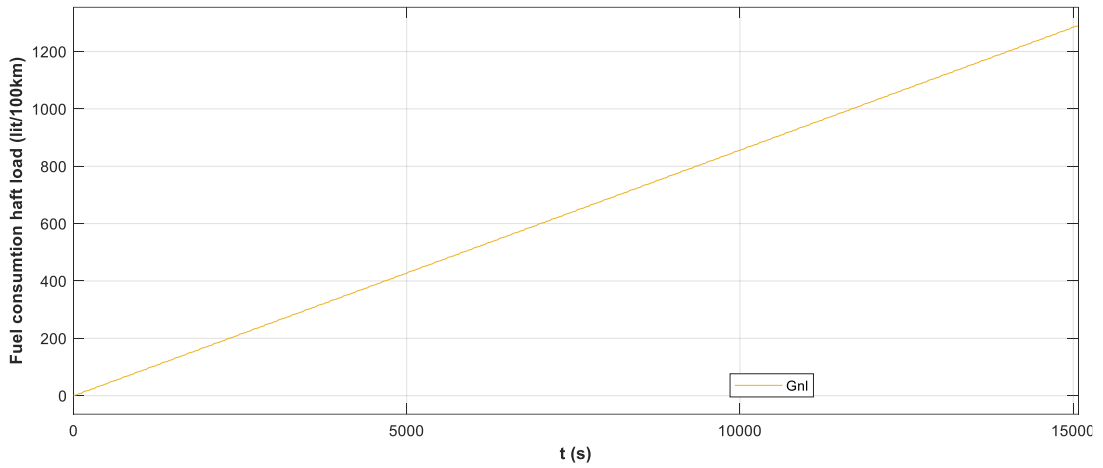
Ở chế độ đầy tải, quãng đường di chuyển tối đa của xe lai ban đầu không có phanh tái sinh là 47,8 km; còn quãng đường di chuyển tối đa của xe lai có phanh tái sinh là 62,8 km.



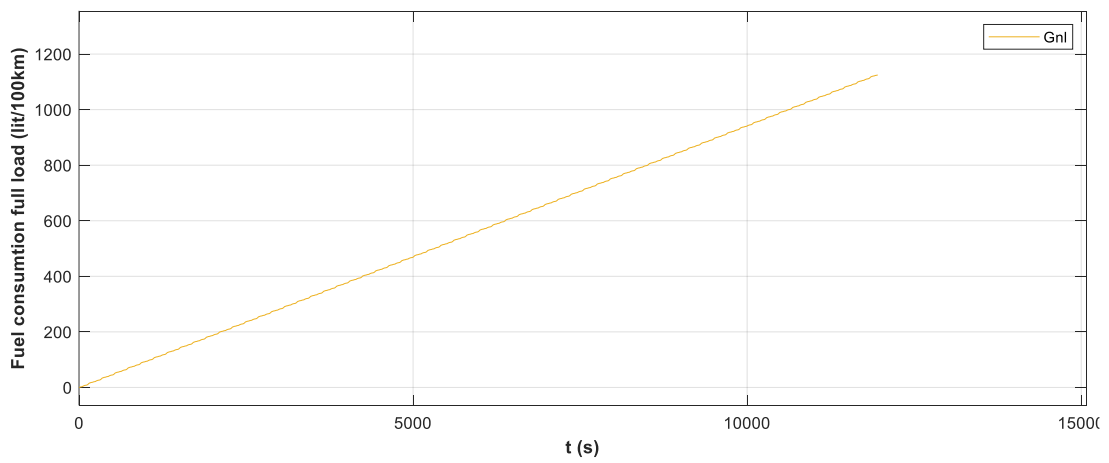
Hình 4.14: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ nửa tải không có phanh tái sinh



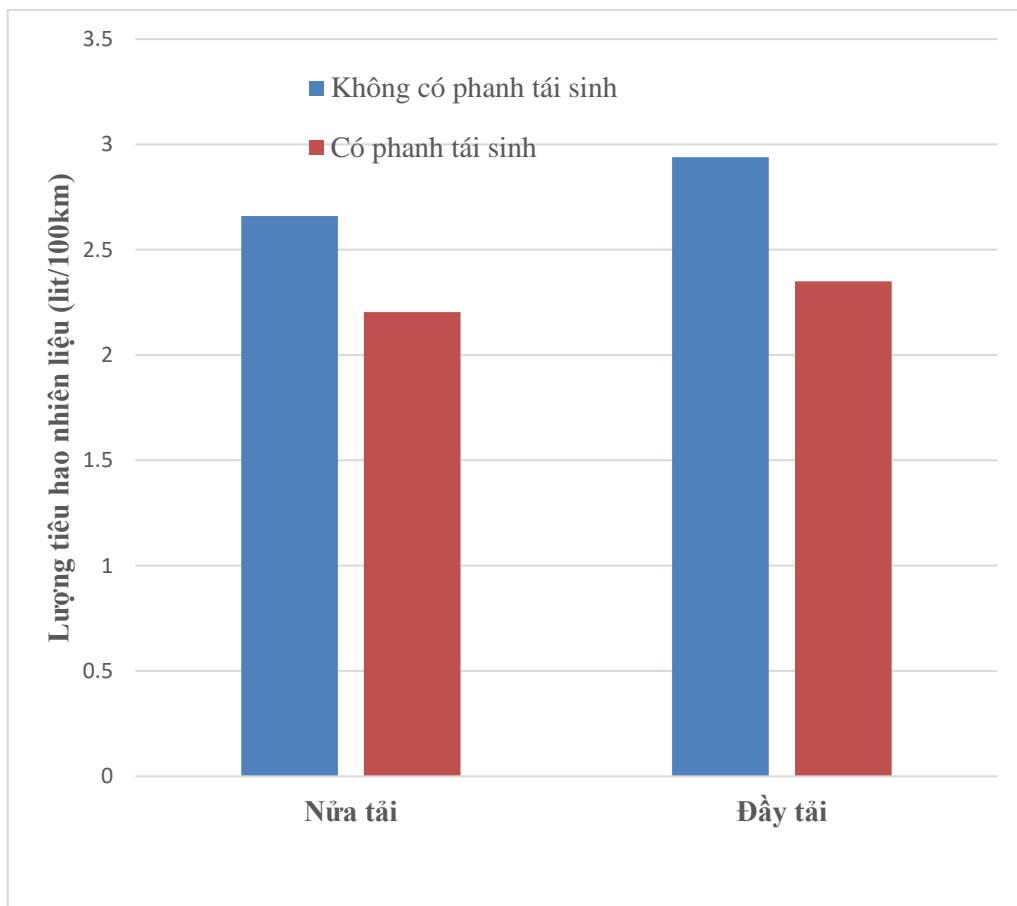
Hình 4.15: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ nửa tải có phanh tái sinh



Hình 4.16: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ đầy tải không có phanh tái sinh



Hình 4.17: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ đầy tải có phanh tái sinh



Hình 4.18: Biểu đồ so sánh lượng tiêu hao nhiên liệu ở các chế độ

Nhận xét:

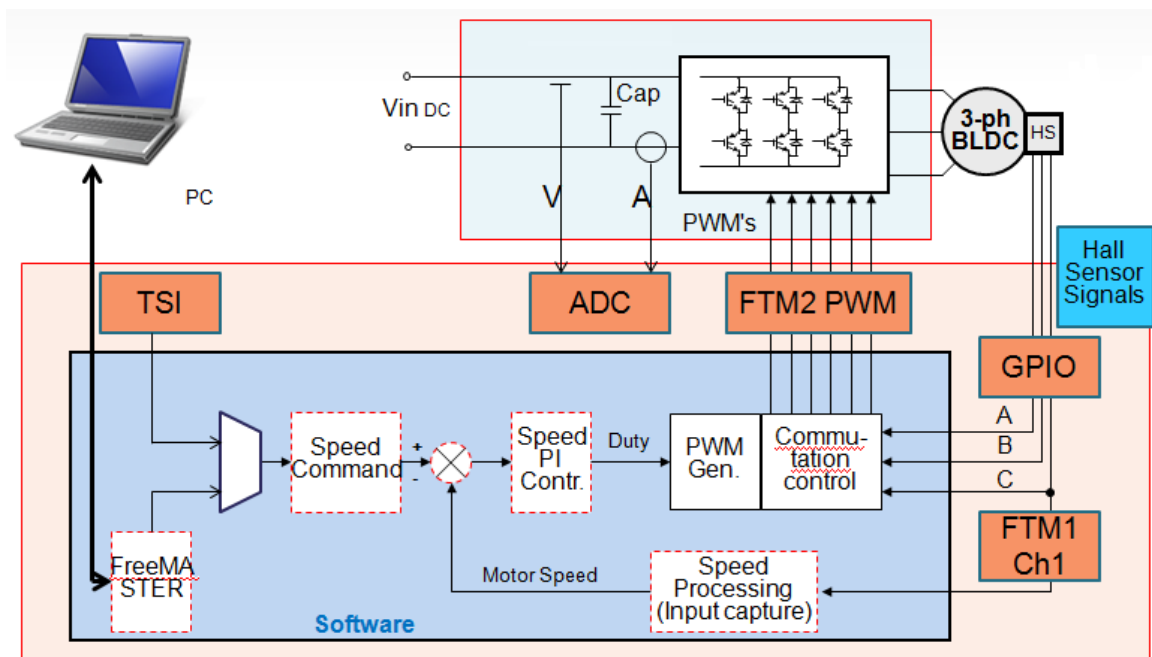
Ở chế độ nửa tải, lượng tiêu hao nhiên liệu đối với xe cải tạo không có tính đến phanh tái sinh là 2,66 lit/100 km và đối với xe cải tạo có tính đến phanh tái sinh là 2,204 lit/100km

Ở chế độ đầy tải, lượng tiêu hao nhiên liệu đối với xe cải tạo không có tính đến phanh tái sinh là 2,94 lit/100km và đối với xe cải tạo có tính đến phanh tái sinh là 2,35 lit/100km.

4.2. Chế tạo mạch điều khiển động cơ BLDC có thu hồi công suất

4.2.1. Nguyên lý mạch điều khiển

Dựa vào các giả thiết và kết quả mô phỏng ở chương 3 và nguyên lý điều khiển động cơ BLDC, tác giả thiết kế sơ bộ mạch điều khiển gồm các khối chức năng như sau:



Hình 4.19: Sơ đồ khối bộ điều khiển động cơ

- Khối điều khiển: Sử dụng MCU STM32F030C8T6 có chức năng nhận các tín hiệu vào, điều khiển tín hiệu ra cho khối công suất, điều khiển giao tiếp ngoại vi và các đèn báo.

- Khối tín hiệu vào: gồm cảm biến điện áp, cảm biến dòng điện và cảm biến Hall của động cơ, có tác dụng cung cấp các tham số để khối điều khiển xử lý và ra lệnh điều khiển khối công suất giúp động cơ hoạt động hoặc ngắt động cơ trong các trường hợp bảo vệ quá dòng, quá áp và thấp áp, quá nhiệt...

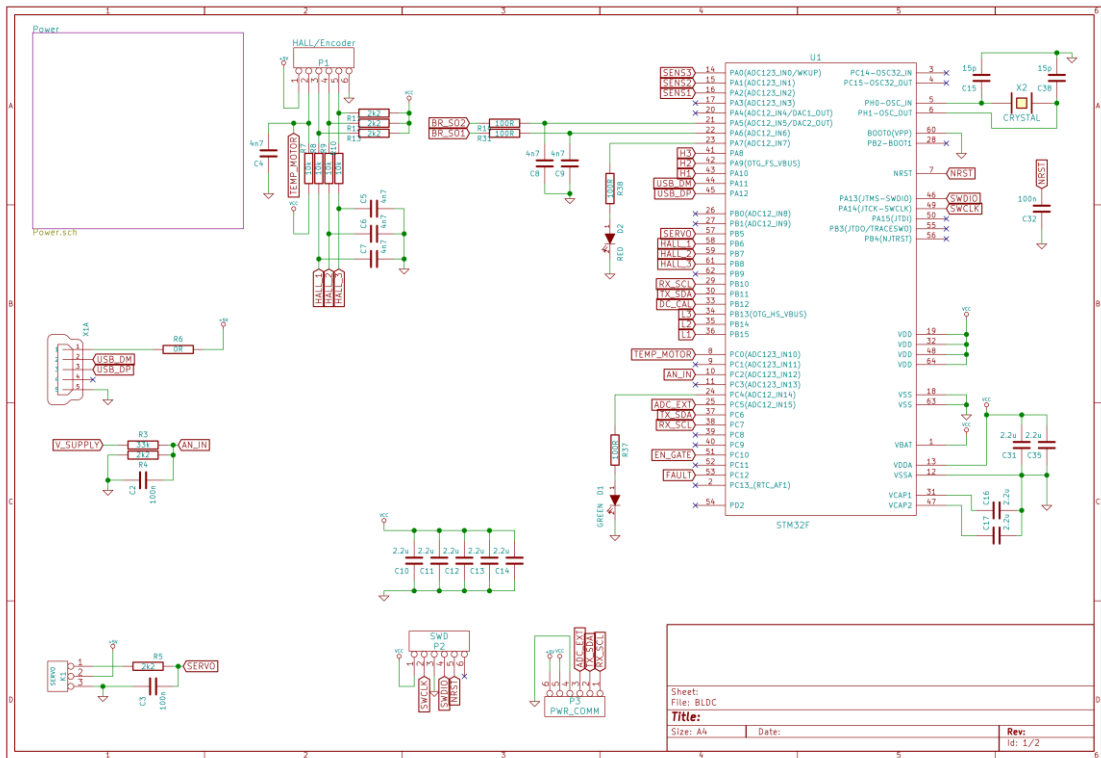
- Khối công suất: Sử dụng 3 Mosfet thuận và 3 Mosfet nghịch để tạo thành 3 nửa cầu H, mỗi nửa cầu điều khiển một pha. 6 Diode dòng lớn để điều hướng và dẫn dòng điện cảm ứng sinh ra khi phanh tái sinh để nạp lại nguồn điện.

- Các khối phụ trợ gồm: Các bộ lọc, ổn áp 12V, ổn áp 3,3V, giao tiếp ngoại vi (với máy tính hoặc ECU qua USB hoặc RS232)...

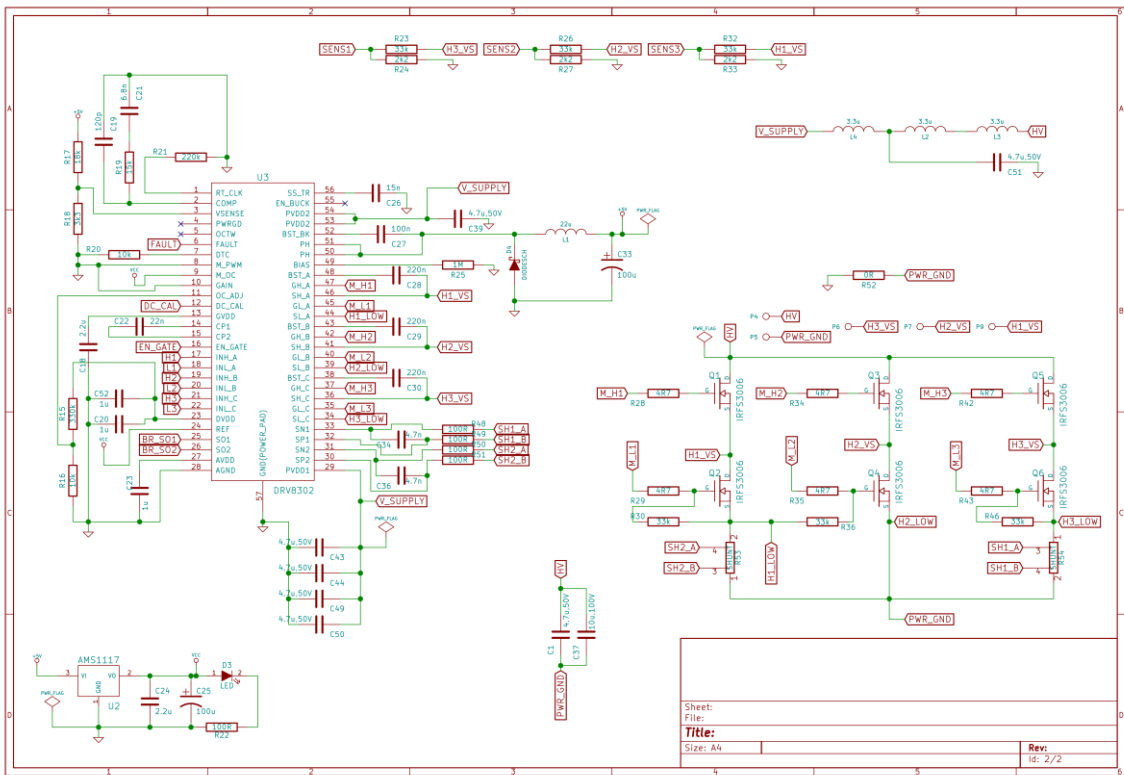
4.2.2. Thiết kế sơ đồ nguyên lý

Với sơ đồ khối như trên, tác giả đã thiết kế sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển động cơ như sau:

Khối điều khiển và tạo tín hiệu:



Hình 4.20: Sơ đồ nguyên lý khối điều khiển và tạo tín hiệu



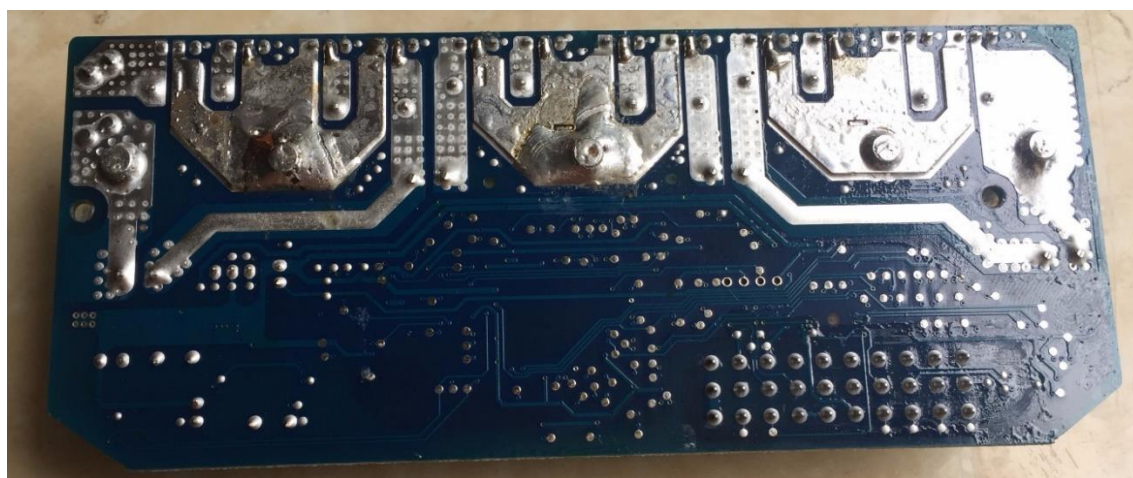
Hình 4.21: Sơ đồ nguyên lý khối công suất

4.2.3. Chế tạo mạch điện của bộ điều khiển

Xuất file mạch in, thuê gia công mạch in và hàn các linh kiện lên board, ta được bộ điều khiển động cơ như hình dưới:



Hình 4.22: Mặt trên bộ điều khiển



Hình 4.23: Mặt dưới bộ điều khiển

Để giảm giá thành và dễ tìm nguồn linh kiện, tác giả đã sử dụng cặp Mosfet IRF540N và IRF9540P để thay thế cho IRF53006. Với dòng điện định mức của IRF540 là 40A, để bảo đảm an toàn cho mạch, trong board mạch này, tác giả lắp song song 2 Mosfet cùng loại ở mỗi vị trí.

Sử dụng bộ thư viện code mẫu cho BLDC [40] phần mềm ST Utility để chỉnh sửa và nạp phần mềm điều khiển cho STM32F030C8T6.

Chương 5

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

5.1.1. Các kết quả đã đạt được

Đề tài 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 một trong các vướng mắc đó là thiết kế hệ thống phanh tái sinh cho xe máy lai 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, lý thuyết phanh và phanh tái sinh.

- Phân tích ưu nhược điểm của các hệ thống phanh tái sinh sử dụng trên xe hybrid, lựa chọn phương án, thiết kế, chế tạo hệ thống phanh tái sinh

- Thiết kế, chế tạo bộ điều khiển động cơ BLDC có tích hợp chế độ phanh tái sinh. Kết quả mô phỏng theo chu trình ECE-R15 cho thấy khi xét đến phanh tái sinh, thì năng lượng phanh thu hồi được khi chạy nửa tải là 16,43%, đầy tải là 13,95%; quãng đường di chuyển là 78,5 km và 62,8 km ở chế độ nửa tải và đầy tải.

5.1.2. Các hạn chế

- Phạm vi của đề tài chỉ dừng lại ở phương pháp nghiên cứu lý thuyết sử dụng phần mềm Matlab Simulink để mô hình hóa và mô phỏng nhằm rút gọn thời gian thiết kế nên đề tài vẫn còn tồn tại một số vấn đề cần cải thiện

- Kết quả tính toán và mô phỏng xe hybrid khi phanh tái sinh chưa xét đến hiệu suất, tổn thất của mạch điều khiển nạp pin.

- Việc nghiên cứu chủ yếu dựa trên kết quả mô phỏng mà chưa có điều kiện thực nghiệm trên xe thật.

5.2. Kiến nghị

Đề tài bước đầu đã đưa ra được phương án cải tạo xe lai có xét thêm trường hợp phanh tái sinh. Kết quả mô phỏng ban đầu đã chứng minh khi tích hợp phanh tái sinh, xe máy lai có thể di chuyển quãng đường xa hơn với cùng một lần sạc pin. Đây là cơ sở để tiếp tục thiết kế xe thực tế. Trong giai đoạn tới, nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành các công việc tiếp theo sau đây:

- Do đặc tính máy phát đang được xây dựng dựa trên lý thuyết do đó để nâng cao độ chính xác của kết quả mô phỏng cần tiến hành đo đường đặc tính của động cơ điện ở chế độ máy phát để xây dựng đường đặc tính làm cơ sở mô hình hóa đặc trưng của máy phát.

- Chế tạo, lắp đặt các thiết bị lắp thêm trên xe máy lai có tính đến trường hợp phanh tái sinh và tiến hành thử nghiệm thực tế trên đường để đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng trong điều kiện giao thông ở Thành phố Hồ Chí Minh.

- Thử nghiệm đo sự êm dịu của quá trình phanh khi phanh tái sinh cho phương án chuyển đổi motor thành máy phát tại bánh trước trong nghiên cứu này

- Hoàn thiện thiết kế và công nghệ chế tạo để có thể tiến hành đánh giá tính khả thi của nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Behzad Asaei, Mahdi Habididoost. Design, simulation, and prototype production of a through the road parallel hybrid electric motorcycle, *Energy Conversion and Management*, Vol. 71, pp. 12-20, 2013.
- [2] Cheng-Ta Chung, Yi-Hsuan Hung. Energy improvement and performance evaluation of a novel full hybrid electric motorcycle with power split e-CVT, *Energy Conversion and Management*, Vol. 86, pp. 216-225, 2014.
- [3] Yuan-Yong Hsu, Shao-Yuan Lu. Design and implementation of a hybrid electric motorcycle management system, *Applied Energy*, Vol. 87, pp. 3546-3551, 2010.
- [4] Luke R. Jones, Christopher R. Cherry, Tuan A. Vu, Quang N. Nguyen. The effect of incentives and technology on the adoption of electric motorcycles: A stated choice experiment in Vietnam, *Transportation Research Part A*, Vol. 57, pp. 1-11, 2013.
- [5] Pei-Hsing Huang, Jenn-Kun Kuo, Cheng-Yun Han. Numerical investigation into slope-climbing capability of fuel cell hybrid scooter, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 110, pp. 921-930, 2017.
- [6] Kuen-Bao Sheu. Simulation for the analysis of a hybrid electric scooter powertrain, *Applied Energy*, Vol. 85, pp. 589-606, 2008.
- [7] Amedeo Frilli, Enrico Meli, Daniele Nocciolini, Luca Pugi, Andrea Rindi. Energetic optimization of regenerative braking for high speed railway systems, *Energy Conversion and Management*, Vol. 129, pp. 200–215, 2016.
- [8] Zhiqiang Li, Jianmin Han, Zhiyong Yang, Like Pan. The effect of braking energy on the fatigue crack propagation in railway brake discs, *Engineering Failure Analysis*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.05.022>, 2014

- [9] Lars-Henrik Björnsson, Sten Karlsson. The potential for brake energy regeneration under Swedish conditions, *Applied Energy*, Vol. 168, pp. 75–84, 2016.
- [10] Khaled Itani, Alexandre De Bernardinis, Zoubir Khatir, Ahmad Jammal. Comparison between two braking control methods integrating energy recovery for a two-wheel front driven electric vehicle, *Energy Conversion and Management*, Vol. 122, pp. 330–343, 2016.
- [11] Zhang Junzhi, Li Yutong, Lv Chen, Yuan Ye. New regenerative braking control strategy for rear-driven electrified minivans, *Energy Conversion and Management*, Vol. 82, pp. 135–145, 2014.
- [12] Deborah Perrotta, Bernardo Ribeiro, Rosaldo J. F. Rossetti, João L. Afonso. On the potential of regenerative braking of electric buses as a function of their itinerary, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 54, pp. 1156 – 1167, 2012.
- [13] Donghyun Kim, Chulsoo Kim, Sungho Hwang, Hyunsoo Kim. Hardware in the Loop Simulation of Vehicle Stability Control using Regenerative Braking and Electro Hydraulic Brake for Hybrid Electric Vehicle. Proceedings of the 17th World Congress, *The International Federation of Automatic Control* Seoul, Korea, July 6-11, 2008.
- [14] M. Boisvert, D. Mammosser, P. Micheau, A. Desrochers. Comparison of two strategies for optimal regenerative braking, with their sensitivity to variations in mass, slope and road condition. 7th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control, *The International Federation of Automatic Control*, Tokyo, Japan, September 4-7, 2013.
- [15] Peter Clarke, Tariq Muneer, Kevin Cullinane. Cutting vehicle emissions with regenerative braking. *Transportation Research, Part D* vol.15, pp. 160–167, 2010.

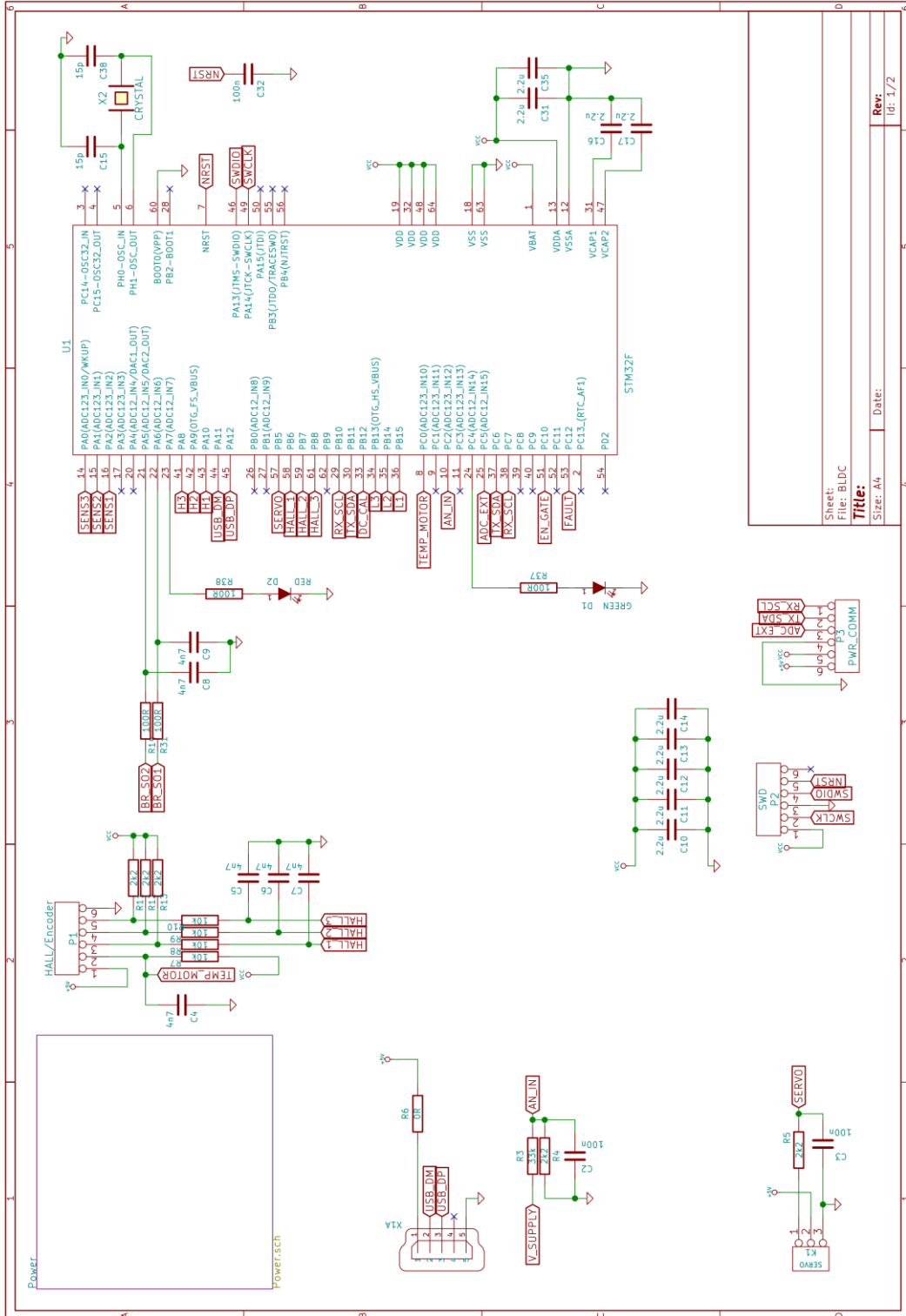
- [16] Seon Hak Kim, Oh Jung Kwon, Deoksu Hyon, Seung Ho Cheon, Jin Su Kim, Byeong Heon Kim, Sung Tack Hwang, Jun Seok Song, Man Taeck Hwang, Byeong Soo Oh. Regenerative braking for fuel cell hybrid system with additional generator, *International journal of hydrogen energy*, Vol. 38, pp. 8415-8421, 2013.
- [17] Byeong Heon Kim, Oh Jung Kwon, Jun Seok Song, Seung Ho Cheon, Byeong Soo Oh. The characteristics of regenerative energy for PEMFC hybrid system with additional generator, *International journal of hydrogen energy*, Vol. 39, pp. 10208-10215, 2014.
- [18] Zhongyue Zou, Junyi Cao, Binggang Cao, Wen Chen. Evaluation strategy of regenerative braking energy for supercapacitor vehicle, *ISA Transactions*, Vol. 55, pp. 234-240, March 2015.
- [19] Nguyễn Khắc Bằng, Nghiên cứu, thiết kế hệ thống cung cấp điện xe gắn máy bằng siêu tụ, *Luận văn Thạc sĩ*, 2012.
- [20] Huỳnh Thịnh. Mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai 02 bánh Honda Lead 110cc với động cơ điện đặt tại bánh trước, *Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về cơ khí động lực*, Hà Nội, 2016.
- [21] 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 khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí - động lực*, Hà Nội, 2016.
- [22] 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, pp. 361-367, 2006.
- [23] Huỳnh Thịnh. Nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng hệ thống truyền lực xe lai. *Luận văn thạc sĩ*, Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, 2016.
- [24] Toyota Hybrid. Internet: <https://www.toyota.com/>, February 2018.

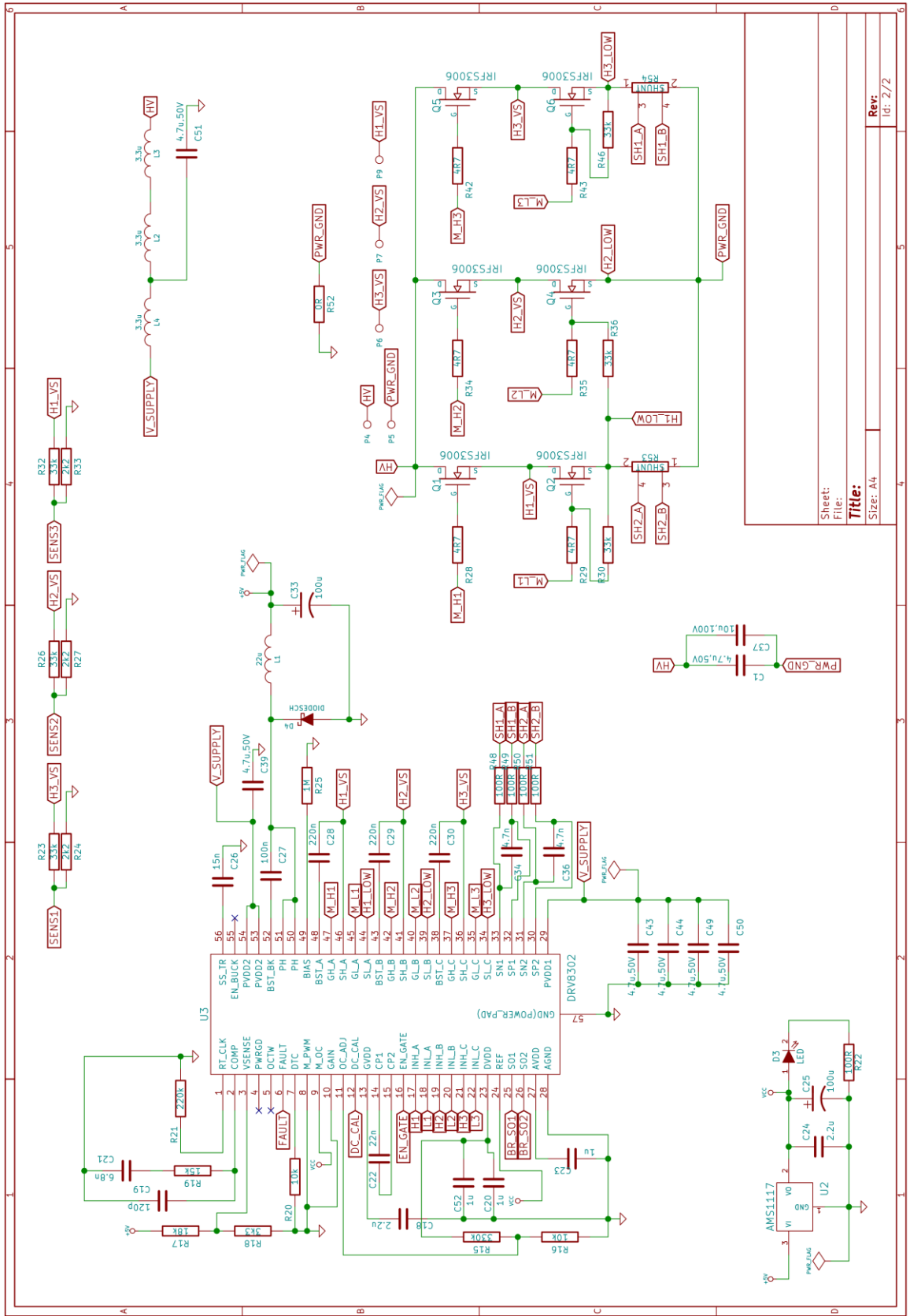
- [25] Nguyễn Văn Trọng, Phạm Tuấn Anh, Nguyễn Duy Tấn. Nghiên cứu tối ưu hóa tính năng làm việc của Pin Lithium-ion trên xe gắn máy tích hợp truyền động lai. *Hội nghị Khoa học Công nghệ về Cơ khí động lực 2017, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG TP Hồ Chí Minh*, 10-2017
- [26] Sheldon S. Williamson. Energy Management Strategies for Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles. *Springer*, New York, 2013.
- [27] 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 Khoa học và Công nghệ toàn quốc về Cơ khí-Động lực*, Hà Nội, 2016.
- [28] Honda Motors Vietnam. Honda Lead 110cc Service Manual, *Honda Motors*, 2009.
- [29] Leaf Motor Technology Co. Ltd. Electric Motorcycle Motors performance data, Internet: <http://www.leafmotor.com/electric-bikemotors/pblw-16b-electric-motorcycle-motor> , 2018.
- [30] CSB-EVX12300. Internet: <http://www.csbbattery.com> , June 2018.
- [31] Nguyễn Văn Trọng, Phạm Tuấn Anh, Nguyễn Duy Tấn. Nghiên cứu tối ưu tính năng làm việc của pin Lithium-ion sử dụng cho xe gắn máy tích hợp truyền động lai, *Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ*, tập 20, số K6-2017.
- [32] Bùi Văn Tấn (*nguồn PGS.TS Nguyễn Văn Bang-ĐH GTVT HN.*, Chuyên mục Khoa học và kỹ thuật, Internet: <http://dangkiemdanang.com.vn/Xemtin.aspx?baivietId=87>, 2018.
- [33] 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.

- [34] Yuantao Sun, Yunlong Wang, Rongfu Zhu, Ruiguang Geng, Jinzhu Zhang, Dehui Fan, Hui Wang, Jianhua Sun, Liang Wang. Development of test bed of hybrid electric vehicle based on chassis dynamometer, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, No.452, 2018.
- [35] Peter Clarke, Tariq Muneer, Kevin Cullinane. Cutting vehicle emissions with regenerative braking, *Transportation Research Part D*, No.15, pp. 160–167, 2010.
- [36] Todd Allen Brown. Independent braking and controllability control method and system for a vehicle with regenerative braking, *Ford Motor Company, United States Patent*, 2002.
- [37] Semiconductor, Inc. BLDC Motor Control with Hall sensor, FRDM-KE02Z, 07/2013.
- [38] Bộ Khoa học Công nghệ. Phương pháp đo kích thước, khối lượng mô tô, xe máy. TCVN-7353:2003.
- [39] Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng. Lý thuyết Ô tô Máy kéo, *Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật*, pp. 274, 2005.
- [40] BLDC Code, STM32F030C8T6, Internet: <https://github.com/vedderb/bldc>, April 2019.

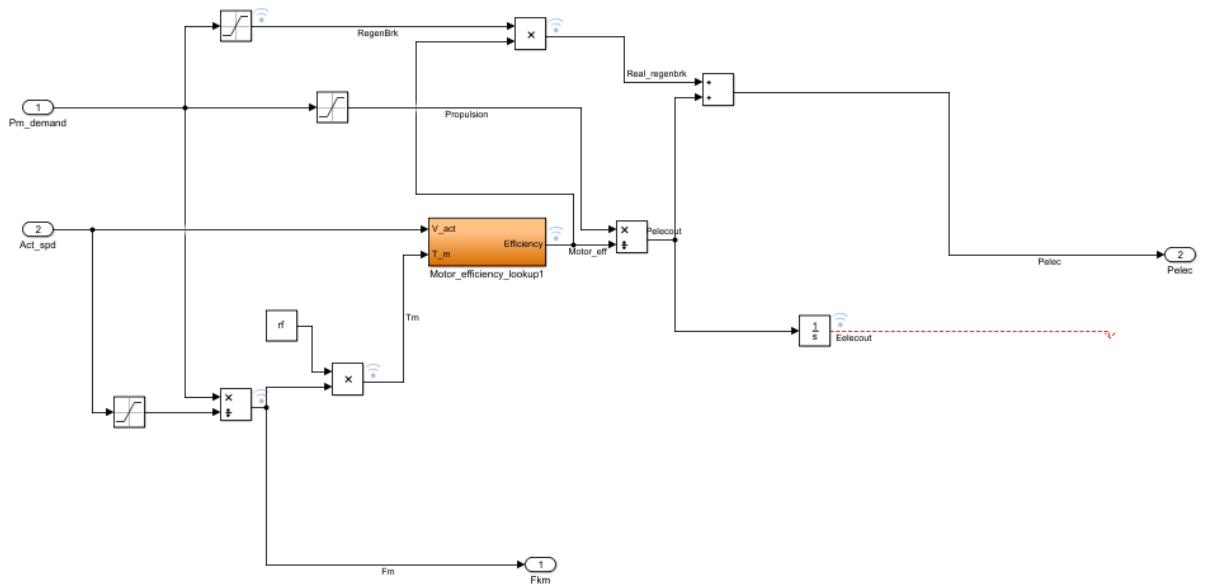
PHỤ LỤC 1

BẢN VẼ THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN BLDC

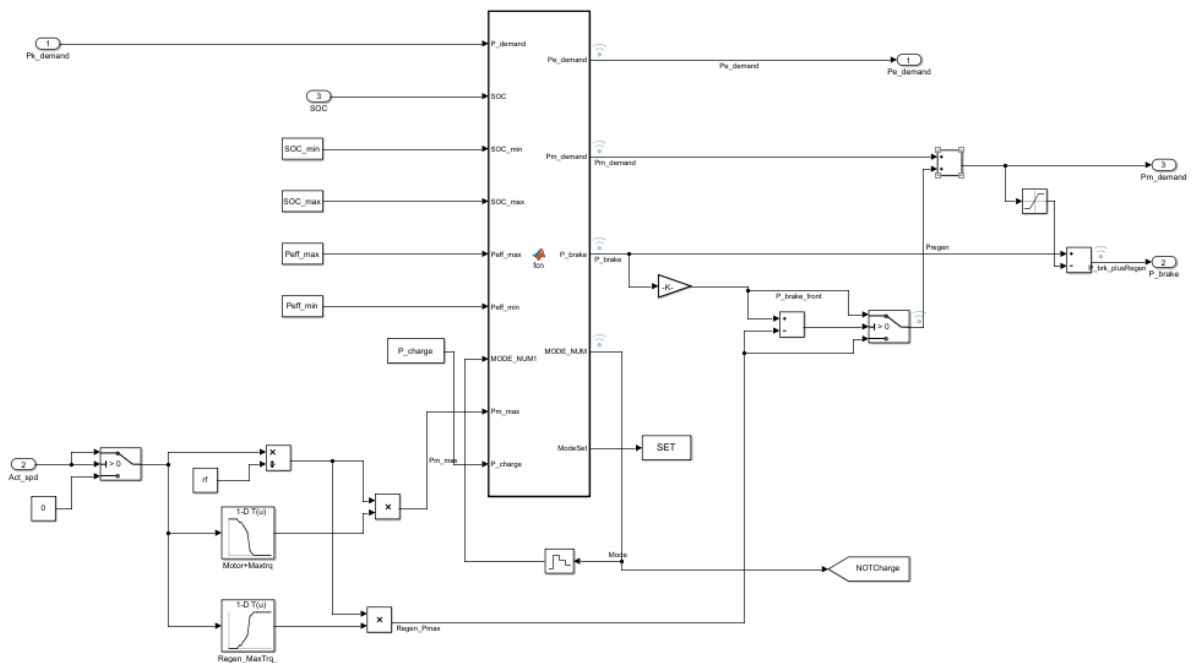




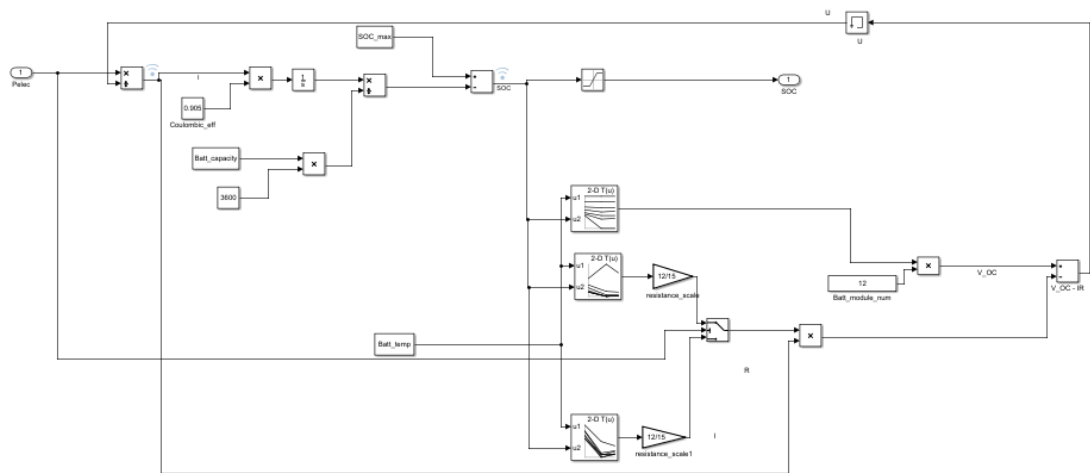
3. Mô hình động cơ điện có phanh tái sinh



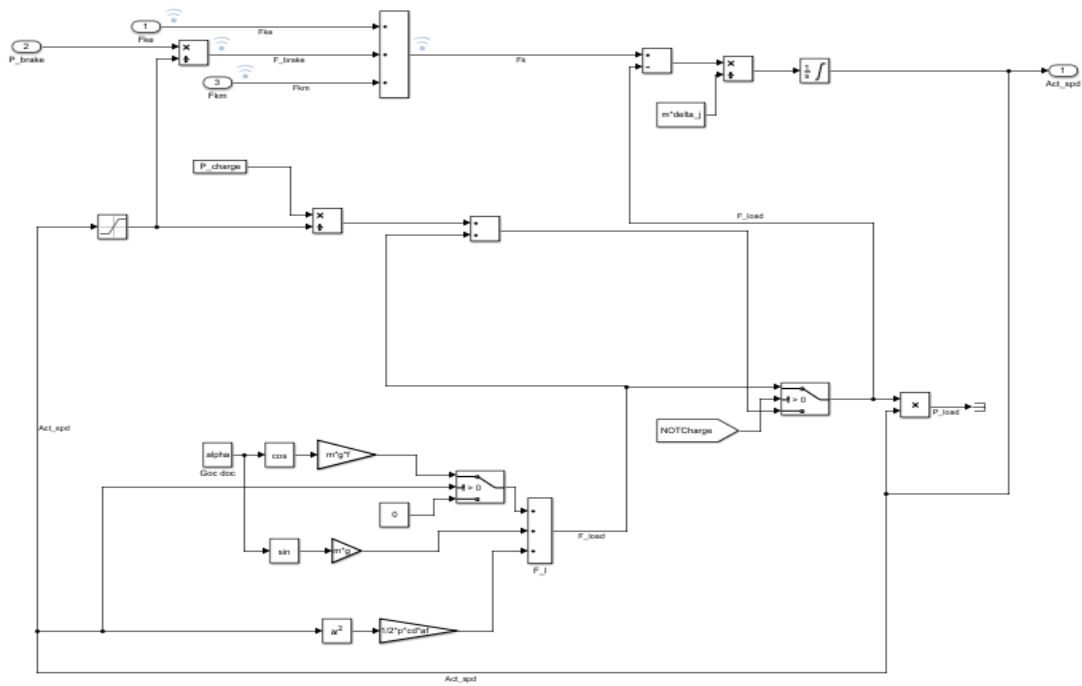
4. Mô hình bộ điều khiển



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] =
fcn(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_demand-Peff_max;
        ModeSet=23;
    end
end
if Pm_demand>Pm_max
    Pe_demand=Pe_demand+(Pm_demand-Pm_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
```

PHỤ LỤC 3

MÃ NGUỒN LẬP TRÌNH MATLAB

```

syms v phi;
a=1.05
g=9.81
L=1.225;
La=0.698;
Lb=L-La;
Hg=0.287
m1=208;
m2=273;
Pphi1=phi*m1*g;
Pphi2=phi*m2*g;
Jmax=phi*g/a
Zf1=(m1*g*a/L)*(Lb+(Jmax*Hg/g));
Zr1=(m1*g*a/L)*(La-(Jmax*Hg/g));
Ppf1=phi*Zf1;
Ppr1=phi*Zr1;
phi1=0.1:0.01:0.8
SubPpf1=double(subs(Ppf1,phi,phi1));
SubPpr1=double(subs(Ppr1,phi,phi1));
figure(1)
plot(SubPpf1,SubPpr1,'red')
hold on
Zf2=(m2*g*a/L)*(Lb+(Jmax*Hg/g));
Zr2=(m2*g*a/L)*(La-(Jmax*Hg/g));
Ppf2=phi*Zf2;
Ppr2=phi*Zr2;

SubPpf2=double(subs(Ppf2,phi,phi1));
SubPpr2=double(subs(Ppr2,phi,phi1));
plot(SubPpf2,SubPpr2,'blue')
xlabel('Front wheel Maximum Brake Force (N)');
ylabel('Rear wheel Maximum Brake Force (N)');
legend('Half load','Full load');

figure(2)
plot(phi1,SubPpf1,'red')
hold on
plot(phi1,SubPpf2,'.red')
plot(phi1,SubPpr1,'blue')
plot(phi1,SubPpr2,'.blue')
xlabel('Phi');
ylabel('Brake Force (N)');
legend('Ppf1','Ppf2','Ppr1','Ppr2');
Wt1=0.5*m1*v^2;

Wt2=0.5*m2*v^2;
v1=[0:5:50];
v2=v1/3.6;
SubWt1=subs(Wt1,v,v2);
SubWt2=subs(Wt2,v,v2);
figure(3)
plot(v1,SubWt1,'red')
hold on
plot(v1,SubWt2,'blue')
xlabel('Velocity (km/h)');
ylabel('Brake Energy (J)');
legend('Half load','Full load');
phi2=0.7;
Jmax1=subs(Jmax,phi,phi2);
tpmin=v/Jmax1;
Subtpmin=subs(tpmin,v,v2);
figure(4)
plot(v1,Subtpmin)
xlabel('Velocity (km/h)');
ylabel('Brake time (s)');
Ng1 = Wt1/tpmin;
SubNg1=subs(Ng1,v,v2);
Ng2 = Wt2/tpmin;
SubNg2=subs(Ng2,v,v2);
figure(5)
plot(v1,SubNg1,'red')
hold on
plot(v1,SubNg2,'blue')
xlabel('Velocity (km/h)');
ylabel('Brake Power (W)');
legend('Half load','Full load');
Fpf1=subs(Ppf1,phi,phi2)
Fpf2=subs(Ppf2,phi,phi2)
Fpr1=subs(Ppr1,phi,phi2)
Fpr2=subs(Ppr2,phi,phi2)
Npf1=Fpf1*v;
Npf2=Fpf2*v;
Npr1=Fpr1*v;
Npr2=Fpr2*v;
SubNpf1=subs(Npf1,v,v2);
SubNpf2=subs(Npf2,v,v2);
dbSubNpf1=double(SubNpf1);
dbSubNpf2=double(SubNpf2);
SubNpr1=subs(Npr1,v,v2);
SubNpr2=subs(Npr2,v,v2);
dbSubNpr1=double(SubNpr1);
dbSubNpr2=double(SubNpr2);
figure(6)
plot(v1,SubNpf1,'.red')
hold on
plot(v1,SubNpf2,'.blue')

```

```

plot(v1,SubNpr1,'red')
plot(v1,SubNpr2,'blue')
xlabel('Velocity (km/h)');
ylabel('Wheels Brake Power
(W)');
legend('Front half','Front
full','Rear half','Rear
full');
Wg=tpmin*1225;
SubWg=subs(Wg,v,v2);

dbSubWg=double(SubWg);
figure(7)
plot(v1,SubWg)
xlabel('Velocity (km/h)');
ylabel('Generator resistant
Work (W.s)');
Fpge=1225/v;
Jp1=Fpge/(m1*a);

```

```

Jp2=Fpge/(m2*a);
v3=[5:5:50];
v4=v3/3.6;
SubJp1=subs(Jp1,v,v4)
SubJp2=subs(Jp2,v,v4)
figure(8)
plot(v3,SubJp1,'red')
hold on
plot(v3,SubJp2,'blue')
xlabel('Velocity (km/h)');
ylabel('Brake acceleration
(m/s2)');
legend('Half load','Full
load');

```

MÔ HÌNH HÓA, MÔ PHỎNG XE GẮN MÁY TÍCH HỢP TRUYỀN ĐỘNG LAI CÓ TÍNH ĐẾN PHANH TÁI SINH

TS. Phạm Tuấn Anh – Trường ĐH Nguyễn Tất Thành

TS. Nguyễn Văn Trọng – Trường ĐHSPKT TPHCM

KS. Trần Cao Cường – HVCH/Trường ĐHSPKT TPHCM

Tóm tắt: Bài viết trình bày các kết quả nghiên cứu của tác giả về hệ thống động truyền lực của xe Honda Lead Hybrid đã cải tiến, dẫn động bánh sau bằng động cơ xăng, dẫn động bánh trước bằng động cơ điện 48V-1000W, có tính đến phanh tái sinh.

Từ khóa: xe máy hybrid, phanh tái sinh.....

I. Đặt vấn đề

Hiện nay, nguồn nhiên liệu hóa thạch ngày càng cạn kiệt, cũng như việc sử dụng nhiên liệu này sẽ phát sinh ra nhiều khí thải ảnh hưởng đến chất lượng môi trường.

Đối với xe sử dụng động cơ đốt trong dù đã có nhiều cải tiến như tối ưu trình cháy, sử dụng động cơ tăng áp, kiểm soát quá trình thải khí nhưng hiệu suất động cơ đốt trong vẫn chưa cao

Từ nhược điểm đó một xu hướng mới ra đời đó là sử dụng xe điện. Tuy nhiên, động cơ điện và bộ nguồn có giá thành cao, hành trình dự trữ ngắn, thời gian sạc lại bộ nguồn lâu, đồng bộ hạ tầng thiếu.

Từ đó để tận dụng ưu điểm và khắc phục nhược điểm của hai loại động cơ khi hoạt động ở chế độ riêng biệt, người ta tích hợp cả hai loại động cơ lên xe thành xe lai điện. Các chế độ hoạt động được điều khiển gồm: chế độ động cơ đốt trong, chế độ động cơ điện, chế độ 2 động cơ cùng hoạt động. Việc chế tạo xe lai mới gặp nhiều khó khăn về mặt kỹ thuật và giá thành cao.

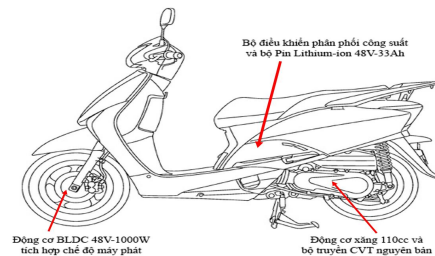
Theo nghiên cứu, Thành phố Hồ Chí Minh có đến hơn 9 triệu xe máy, một ý tưởng mới được đưa ra là cải tạo các xe hiện có thành xe lai điện để giảm chi phí. Trong những năm gần đây, ý tưởng đó đã được cụ thể hóa bằng nhiều nghiên cứu, tiêu biểu là: “Nghiên cứu tích hợp công nghệ hybrid cho xe Honda Lead 110cc”

của Phạm Tuấn Anh; “Mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai hai bánh Honda Lead 110cc với động cơ điện đặt tại bánh trước” của Huỳnh Thịnh; kế tiếp là ‘Nghiên cứu lắp bộ nguồn sạc ngoài bằng pin lithium-ion’ của nhóm tác giả Nguyễn Văn Trọng, Phạm Tuấn Anh, Nguyễn Duy Tân.

Tuy nhiên, các nghiên cứu trước chưa tính đến quá trình phanh tái sinh. Vì vậy, trong nghiên cứu này tác giả đã nghiên cứu bộ điều khiển để điều khiển động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát trong quá trình phanh với mục đích thu hồi năng lượng phanh nhằm tăng hành trình dự trữ và tính kinh tế nhiên liệu của xe trong khi các tính năng động lực học được giữ nguyên.

II. Nội dung nghiên cứu

1. Phương án cải tạo xe Honda Lead



Hình 1.1: Bố trí các thiết bị lắp trên xe Honda Lead 110cc cải tạo

Các thông số xe sau khi cải tạo:

Thông số	Xe nền	Xe lai
Tự trọng(kg)	115	173
Nửa tải(kg)	180	238
Đầy tải(kg)	245	303

2. Mô hình hóa xe trong matlab-simulink

2.1. Mô hình hóa người lái

Người lái đưa ra yêu cầu về lực kéo và tốc độ xe thông qua vị trí tay ga. Đó là giá trị ngẫu nhiên, phụ thuộc vào quyết định của người lái khi lưu thông trên đường. Trong mô hình của hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng xe máy lai, nếu xét một cách rời rạc, lực kéo hay công suất yêu cầu có thể xem là một

xích Markov, tức là xác suất của chúng chỉ phụ thuộc vào thời điểm hiện tại (t). Thông

qua các chu trình chạy thử (ECE R15), tại mỗi thời điểm t , tổng lực cản (F_{load}) tại vận tốc theo chu trình ($V_{demand}(t)$) được tính toán. Sau đó, thuật toán PI được sử dụng để đưa tốc độ thực (V_{act}) tiến đến tốc độ yêu cầu (V_{demand}) theo chu trình. Kết quả khi kết hợp hai thành phần này là sự mô phỏng sự thay đổi lực (F_{demand}) và công suất yêu cầu (P_{demand}) khi người lái chạy xe chỉ theo biến thời gian t . Khi (F_{demand}) = 0 thì tín hiệu phanh tái sinh (Brake) được bật. Các liên hệ toán học được thể hiện như sau:

$$\begin{aligned} F_{demand}(t) &= F_{load}(t) + F_{PI}(t) \\ F_{load}(t) &= F_{rolling}(t) + F_{aero}(t) + F_{grade}(t) \end{aligned} \quad (1)$$

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

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

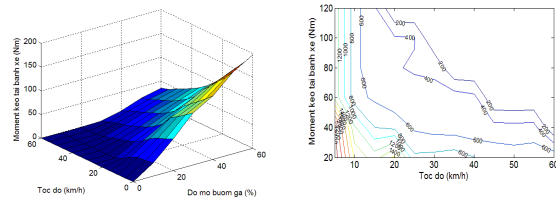
$$P_{demand} = F_{demand}(t) \times V_{demand}(t)$$

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

Lực kéo yêu cầu được phân bố cho bánh trước và sau khác nhau tùy thuộc vào chế độ vận hành của xe. Tại thời điểm t , giá trị lực kéo phân phối ra bánh sau là F_{wr} tại tốc độ V . Vì hệ thống truyền

lực bánh sau được giữ nguyên nên tại trạng thái (F_{wr}, V) các thông số hệ thống truyền lực gồm độ mở bướm ga (θ_{th}), tốc độ động cơ (ω_e), tỉ số truyền của hộp số CVT (i_h), hiệu suất (η_h), trạng thái ly hợp... có giá trị nhất định và không đổi. Bằng cách đo lực kéo F_{wr} tại bánh sau và lượng nhiên liệu tiêu hao $g_{nl}(g/s)$ khi thay đổi độ mở bướm ga từ 0-100% và tốc độ bánh sau V_r từ 0-60 km.h, hai bản đồ $F_{wr}(\theta_{th}, V_r)$ và $g_{nl}(\theta_{th}, V_r)$ đại diện cho hệ thống truyền lực từ động cơ đốt trong đến bánh sau được xây dựng. Lượng nhiên liệu tiêu hao $G_{nl}(g)$ tính đến thời điểm t của động cơ được tính toán là:

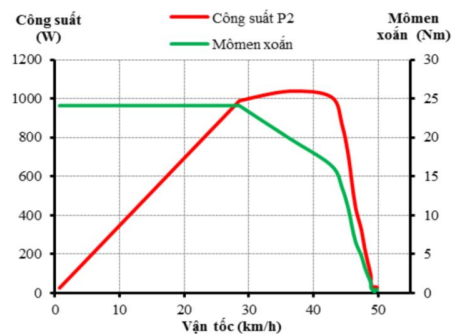
$$G_{nl}(t) = \int_0^t g_{nl}(\tau) d\tau \quad (2)$$



Hình 2.1: Bản đồ động cơ và hệ thống truyền lực

2.3. Mô hình hóa động cơ điện

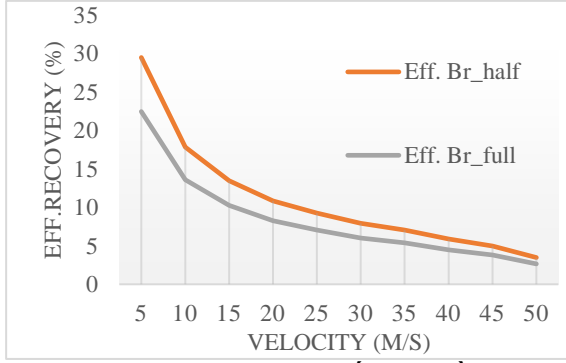
Theo số liệu nhà sản xuất, ta có đặc tính mô men và công suất của động cơ BLDC-48V-1000W như sau:



Hình 2.2: Bản đồ công suất và mô men xoắn của động cơ điện

Khi động cơ hoạt động ở chế độ máy phát trong quá trình phanh tái sinh, động cơ điện nhận momen từ xe, hiệu suất của

động cơ khi hoạt động ở chế độ máy phát:



Hình 2.3: Hiệu suất thu hồi năng lượng phanh

2.4. Mô hình hóa hệ thống lưu trữ năng lượng.

Hệ thống lưu trữ năng lượng là bộ pin lithium-ion 48V-33Ah đặt trong cốp xe. Trong mô hình toán này, tác giả sử dụng phương pháp tích phân dòng điện phóng – nạp của ắc quy theo thời gian để tính SOC (state of charge). Mô hình hóa mạch điện thông qua mối liên hệ giữa dòng điện trong mạch và điện áp 2 đầu mạch. Điện áp 2 cực mạch:

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

Trong đó, điện áp khi hở mạch của nguồn phụ thuộc vào mức :

$$U_{OC} = f(SOC)$$

Sụt áp do điện trở trong của pin:

$$U_r = I \cdot r$$

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

$$SOC(t_0) = SOC_0$$

Với η_{batt} là hệ số Coulombic và Q_i là dung lượng Ah của pin.

Khi phanh tái sinh: Công suất $P_{elec} < 0$ nên $I < 0$.

Lúc này:

$$SOC(t) = SOC_0 + \frac{1}{3600} \int_{t_0}^t \frac{i(\tau)\eta_{bat}}{Q_i} d\tau \quad (3)$$

2.5. Mô hình hóa động lực học dọc trục thân xe

Mô hình động lực học dọc trục của xe cung cấp giá trị lực cản để tính ra gia tốc thực của xe đạt được. Từ đó, vận tốc thực tế V_{act} của xe đạt được tính toán để so sánh với chu trình chạy thử được sử dụng trong mô hình người lái. Mức độ phù hợp giữa hai giá trị tốc độ cho phép đánh giá khả năng động lực học của xe cải tạo và độ tin cậy của mô hình. Các giá trị tính toán theo các phương trình:

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

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

$$F_{aero} = \frac{1}{2} C_d A_f \rho V^2 \quad (4)$$

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

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

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

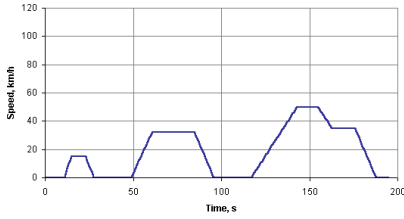
2.6. Mô hình hóa bộ điều khiển

Bộ điều khiển dùng điều khiển phân phối công suất ở các chế độ khác nhau như:

- Chế độ kéo: khi công suất yêu cầu nằm dưới vùng tối ưu của động cơ xăng, xe máy lai chỉ được dẫn động bằng động cơ điện, khi công suất yêu cầu nằm trong vùng tối ưu chỉ có động cơ xăng hoạt động, động cơ điện bị ngắt. Khi công suất yêu cầu vượt quá giới hạn P_{eff_max} , động cơ điện sẽ hoạt động hỗ trợ động cơ xăng.

- Chế độ phanh tái sinh: khi xe cần giảm tốc $P_{demand} < 0$, bộ điều khiển sẽ điều khiển động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát nạp điện cho bộ nguồn.

2.7. Chu trình ECE-R15



Hình 2.4: Chu trình ECE-R15

Chu trình ECE-R15 được áp dụng trong những điều kiện dưới đây phù hợp với các điều kiện xuyên suốt của đề tài nên chu trình ECE-R15 này đã được chọn để mô phỏng:

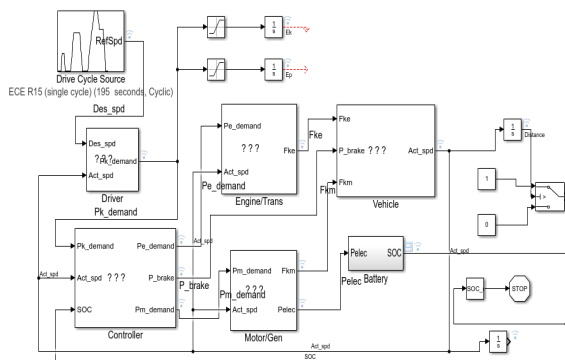
- Vận tốc tối đa theo chu trình là 50,4 km/h phù hợp với tốc độ tối đa cho phép tại Thành phố Hồ Chí Minh là 50 km/h.

- Chế độ hoạt động của chu trình là tăng tốc và giảm tốc thường xuyên, ngắt quãng liên tục. Điều này cũng tương ứng và phù hợp với điều kiện đô thị của Thành phố Hồ Chí Minh hiện tại.

- Đối với thị trường giao thông tại Châu Âu, xe điện được sử dụng nhiều, kết quả của chu trình ECE-R15 này đã được nghiên cứu và mô phỏng rất nhiều và đã thu được nhiều kết quả khả quan.

2.8. Mô hình xe máy lai Honda Lead 110cc có tính phanh tái sinh

Từ các mô hình trên, xây dựng được mô hình sau:



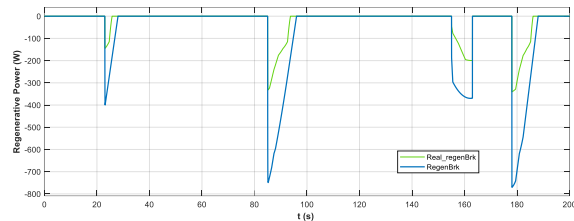
Hình 2.5: Mô hình xe máy lai Honda Lead 110cc có tính đến phanh tái sinh

3. Mô phỏng hoạt động của xe lai

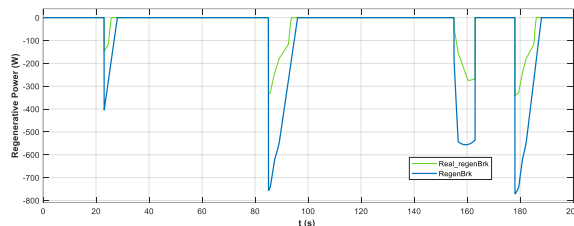
Mô hình các hệ thống được cụ thể hóa thành các khối trong Matlab/Simulink. Mô phỏng bắt đầu từ vận tốc từ chu trình chạy thử theo thời gian t . Các thông số vận tốc, moment, công suất... được tính theo các liên hệ toán học như trong mô hình. Các bản đồ thực nghiệm là các bảng tra 1 chiều, 2 chiều hoặc 3 chiều. Bước tăng thời gian 1s, thời gian mô phỏng là từ 0 đến khi kết thúc chu trình. Cấu hình xe plug – in hybrid phức hợp được mô phỏng để đánh giá tính hiệu quả và khả thi của phanh tái sinh. Các kết quả quan tâm bao gồm: Mức độ thu hồi công suất của phanh tái sinh, các mức công suất cần thiết, tỉ lệ công suất thu hồi so với tổng công suất của máy phát theo chu trình ECE-R15, mức độ thay đổi SOC của pin sau các chu trình thử nghiệm.

4. Kết quả mô phỏng

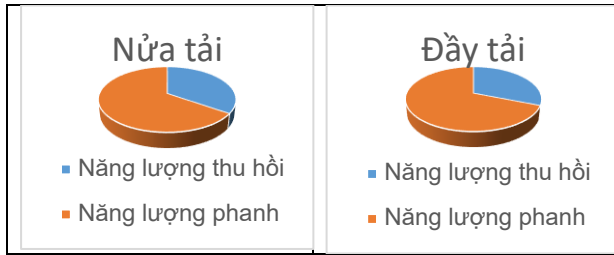
4.1. Công suất thu hồi



Hình 4.1: Đồ thị công suất thu hồi khi chạy nửa tải



Hình 4.2: Đồ thị công suất thu hồi khi chạy đầy tải



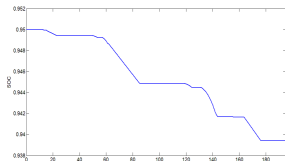
Hình 4.3: Biểu đồ so sánh tỉ lệ năng lượng thu hồi với tổng năng lượng phanh

Ở chế độ nửa tải: Tỉ lệ năng lượng thu hồi được bằng 53% năng lượng phanh. Như vậy, tỉ lệ năng lượng thu hồi được bằng 16,43% tổng năng lượng kéo của xe.

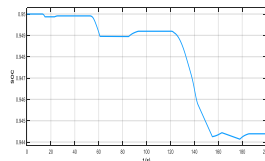
Ở chế độ đầy tải, năng lượng thu hồi được bằng 45% năng lượng phanh. Tỉ lệ năng lượng thu hồi được bằng 13,95% tổng năng lượng kéo của xe.

Kết quả này cho thấy hiệu quả của phanh tái sinh khi cho động cơ điện làm việc ở chế độ máy phát. Tuy nhiên, hiệu suất của động cơ điện ở chế độ máy phát thay đổi theo vận tốc và còn hạn chế. Tính trung bình trong chu trình chỉ đạt khoảng 45 – 53%, gây nên tổn thất không đáng có.

4.2. Tình trạng bộ nguồn SOC



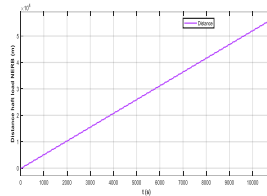
Hình 4.4: Mức độ giảm SOC khi chạy nửa tải không có phanh tái sinh



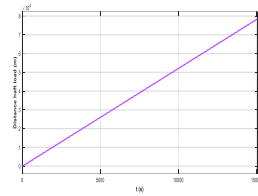
Hình 4.5: Mức độ giảm SOC khi chạy nửa tải có phanh tái sinh

Trong một chu kỳ thử nghiệm ECE-R15 (195 giây), mức giảm SOC của xe máy lai điện không có phanh tái sinh và có phanh tái sinh tương ứng là 0,0105 và 0,0055. Như vậy, mức giảm SOC của xe có phanh tái sinh thấp hơn 47,6% so với xe không có phanh tái sinh.

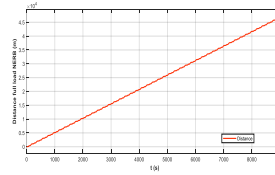
4.3. Quãng đường tối đa



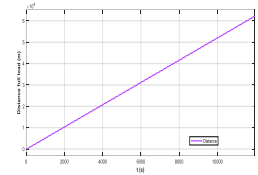
Hình 4.6: Quãng đường tối đa ở chế độ nửa tải không có phanh tái sinh



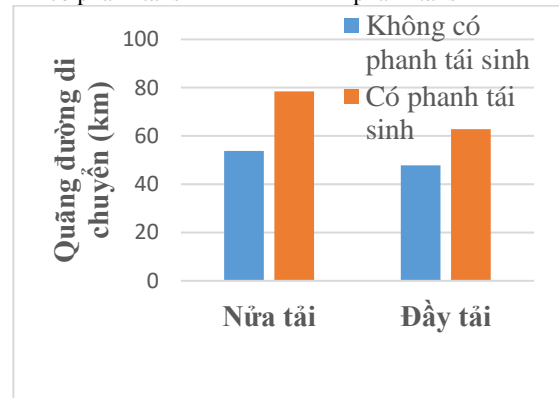
Hình 4.7: Quãng đường tối đa ở chế độ nửa tải có phanh tái sinh



Hình 4.8: Quãng đường tối đa ở chế độ đầy tải không có phanh tái sinh



Hình 4.9: Quãng đường tối đa ở chế độ đầy tải có phanh tái sinh



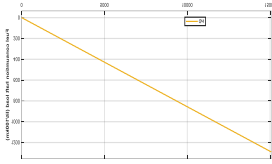
Hình 4.10: Biểu đồ so sánh quãng đường di chuyển tối đa ở các chế độ

Nhận xét:

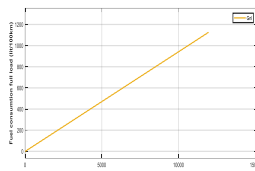
Ở chế độ nửa tải, quãng đường di chuyển tối đa của xe lai cải tạo không có phanh tái sinh là 53,8 km; còn quãng đường của xe có phanh tái sinh là 78,5 km tăng 46% so với khi không có phanh tái sinh.

Ở chế độ đầy tải, quãng đường di chuyển tối đa của xe lai ban đầu không có phanh tái sinh là 47,8 km; còn quãng đường di chuyển tối đa của xe lai có phanh tái sinh là 62,8 km tăng 31,3% so với khi không có phanh tái sinh.

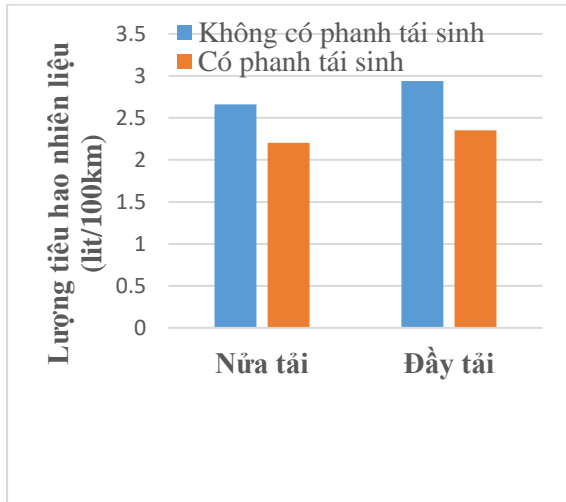
4.4. Lượng tiêu hao nhiên liệu



Hình 4.11: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ đầy tải không có phanh tái sinh



Hình 4.12: Lượng tiêu hao nhiên liệu ở chế độ đầy tải có phanh tái sinh



Hình 4.13: Biểu đồ so sánh lượng tiêu hao nhiên liệu ở các chế độ

Nhận xét:

Ở chế độ nửa tải, lượng tiêu hao nhiên liệu đối với xe cải tạo không có tính đến phanh tái sinh là 2,66 lit/100 km và đối với xe cải tạo có tính đến phanh tái sinh là 2,204 lit/100km giảm 17%.

Ở chế độ đầy tải, lượng tiêu hao nhiên liệu đối với xe cải tạo không có tính đến phanh tái sinh là 2,94 lit/100km và đối với xe cải tạo có tính đến phanh tái sinh là 2,35 lit/100km giảm 20%.

III. Kết luận và kiến nghị

1. Kết luận

Tài liệu tham khảo

- [1] Behzad Asaei, Mahdi Habididoost. Design, simulation, and prototype production of a through the road parallel hybrid electric motorcycle, *Energy Conversion and Management*, Vol. 71, pp. 12-20, 2013.
- [2] Cheng-Ta Chung, Yi-Hsuan Hung. Energy improvement and performance evaluation of a novel full hybrid electric motorcycle with power split e-CVT, *Energy Conversion and Management*, Vol. 86, pp. 216-225, 2014.
- [3] Yuan-Yong Hsu, Shao-Yuan Lu. Design and implementation of a hybrid electric motorcycle management system, *Applied Energy*, Vol. 87, pp. 3546-3551, 2010.

Đề tài đã giải quyết được những vấn đề sau:

- 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, lý thuyết phanh và phanh tái sinh.

- Kết quả mô phỏng theo chu trình ECE-R15 cho thấy khi xét đến phanh tái sinh, thì năng lượng phanh thu hồi được khi chạy nửa tải là 16,43%, đầy tải là 13,95%; quãng đường di chuyển là 78,5 km và 62,8 km tương ứng tăng 46% và 31,3% ở chế độ nửa tải và đầy tải, lượng nhiên liệu tiêu thụ giảm tương ứng 17%

và 20% so với khi không tính phanh tái sinh.

Hạn chế:

- Phạm vi của đề tài chỉ dừng lại ở phương pháp nghiên cứu lý thuyết .

- Kết quả tính toán và mô phỏng xe hybrid khi phanh tái sinh chưa xét đến hiệu suất, tổn thất của mạch điều khiển nạp pin.

2. Kiến nghị và hướng phát triển

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

- 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./.

- [4] Luke R. Jones, Christopher R. Cherry, Tuan A. Vu, Quang N. Nguyen. The effect of incentives and technology on the adoption of electric motorcycles: A stated choice experiment in Vietnam, *Transportation Research Part A*, Vol. 57, pp. 1-11, 2013.
- [5] Pei-Hsing Huang, Jenn-Kun Kuo, Cheng-Yun Han. Numerical investigation into slope-climbing capability of fuel cell hybrid scooter, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 110, pp. 921-930, 2017.
- [6] Kuen-Bao Sheu. Simulation for the analysis of a hybrid electric scooter powertrain, *Applied Energy*, Vol. 85, pp. 589-606, 2008.
- [7] Amedeo Frilli, Enrico Meli, Daniele Nocciolini, Luca Pugi, Andrea Rindi. Energetic optimization of regenerative braking for high speed railway systems, *Energy Conversion and Management*, Vol. 129, pp. 200–215, 2016.
- [8] Zhiqiang Li, Jianmin Han, Zhiyong Yang, Like Pan. The effect of braking energy on the fatigue crack propagation in railway brake discs, *Engineering Failure Analysis*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.05.022>, 2014
- [9] Lars-Henrik Björnsson, Sten Karlsson. The potential for brake energy regeneration under Swedish conditions, *Applied Energy*, Vol. 168, pp. 75–84, 2016.
- [10] Khaled Itani, Alexandre De Bernardinis, Zoubir Khatir, Ahmad Jammal. Comparison between two braking control methods integrating energy recovery for a two-wheel front driven electric vehicle, *Energy Conversion and Management*, Vol. 122, pp. 330–343, 2016.
- [11] Zhang Junzhi, Li Yutong, Lv Chen, Yuan Ye. New regenerative braking control strategy for rear-driven electrified minivans, *Energy Conversion and Management*, Vol. 82, pp. 135–145, 2014.
- [12] Deborah Perrotta, Bernardo Ribeiro, Rosaldo J. F. Rossetti, João L. Afonso. On the potential of regenerative braking of electric buses as a function of their itinerary, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 54, pp. 1156 – 1167, 2012.
- [13] Donghyun Kim, Chulsoo Kim, Sungho Hwang, Hyunsoo Kim. Hardware in the Loop Simulation of Vehicle Stability Control using Regenerative Braking and Electro Hydraulic Brake for Hybrid Electric Vehicle. Proceedings of the 17th World Congress, *The International Federation of Automatic Control* Seoul, Korea, July 6-11, 2008.
- [14] M. Boisvert, D. Mammosser, P. Micheau, A. Desrochers. Comparison of two strategies for optimal regenerative braking, with their sensitivity to variations in mass, slope and road condition. 7th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control, *The International Federation of Automatic Control*, Tokyo, Japan, September 4-7, 2013.
- [15] Peter Clarke, Tariq Muneer, Kevin Cullinane. Cutting vehicle emissions with regenerative braking. *Transportation Research*, Part D vol.15, pp. 160–167, 2010.
- [16] Seon Hak Kim, Oh Jung Kwon, Deoksu Hyon, Seung Ho Cheon, Jin Su Kim, Byeong Heon Kim, Sung Tack Hwang, Jun Seok Song, Man Taek Hwang, Byeong Soo Oh. Regenerative braking for fuel cell hybrid system with additional generator, *International journal of hydrogen energy*, Vol. 38, pp. 8415-8421, 2013.
- [17] Byeong Heon Kim, Oh Jung Kwon, Jun Seok Song, Seung Ho Cheon, Byeong Soo Oh. The characteristics of regenerative energy for PEMFC hybrid system with additional generator, *International journal of hydrogen energy*, Vol. 39, pp. 10208-10215, 2014.
- [18] Zhongyue Zou, Junyi Cao, Binggang Cao, Wen Chen. Evaluation strategy of regenerative braking energy for supercapacitor vehicle, *ISA Transactions*, Vol. 55, pp. 234-240, March 2015.
- [19] Nguyễn Khắc Bằng, Nghiên cứu, thiết kế hệ thống cung cấp điện xe gắn máy bằng siêu tụ, *Luận văn Thạc sĩ*, 2012.
- [20] Huỳnh Thịnh. Mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai 02 bánh Honda Lead 110cc với động cơ điện đặt tại bánh trước, *Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về cơ khí động lực*, Hà Nội, 2016.
- [21] 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 khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí - động lực*, Hà Nội, 2016.
- [22] 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, pp. 361-367, 2006.
- [23] Huỳnh Thịnh. Nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng hệ thống truyền lực xe lai. *Luận văn thạc sĩ*, Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, 2016.
- [24] Toyota Hybrid. Internet: <https://www.toyota.com/>, February 2018.
-

