

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP CAPSTONE PROJECT

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ
CHUYÊN NGÀNH: CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

ĐỀ TÀI:

KHẢO SÁT, TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐỘNG LỰC XE TOYOTA CAMRY HYBRID

Giảng viên hướng dẫn: TS Nguyễn Quang Trung

Giảng viên phản biện: ThS Thái Thị Ngọc Hằng

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Đăng Anh 103200074

Dương Hùng Phong 103200096

Lớp: 20C4CLC1

Đà Nẵng, 06/2025

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG**



**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CAPSTONE PROJECT**

**NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ
CHUYÊN NGÀNH: CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC**

ĐỀ TÀI:

**KHẢO SÁT, TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM VÀ
MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐỘNG LỰC XE
TOYOTA CAMRY HYBRID**

Giảng viên hướng dẫn: TS Nguyễn Quang Trung

Giảng viên phản biện: ThS Thái Thị Ngọc Hằng

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Đăng Anh 103200074

Dương Hùng Phong 103200096

Lớp: 20C4CLC1

Đà Nẵng, 06/2025

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Nguyễn Đăng Anh	103200074	20C4CLC1	Kỹ Thuật Cơ Khí
2	Dương Hùng Phong	103200096	20C4CLC1	Kỹ Thuật Cơ Khí

1. Tên đề tài đồ án:

Khảo sát, tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.

2. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

3. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Đăng Anh	Chương 3. Khảo sát và tính toán kiểm nghiệm hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid. 3.4. Tính toán động học, động lực học hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid. Chương 4. Mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid bằng Matlab Simulink.
2	Dương Hùng Phong	4.1. Giới thiệu về phần mềm Matlab/Simulink. 4.2. Giới thiệu mô hình. 4.3. Thiết lập thông số mô phỏng. 4.4. Kết quả mô phỏng. Kết Luận

b. Phần riêng:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Đăng Anh	Chương 2. Tổng quan về xe Hybrid. 2.1. Xe sử dụng động cơ đốt trong. 2.2. Tìm hiểu về xe Hybrid.

		<p>2.3. Tình hình và xu thế xe Hybrid.</p> <p>2.4. Các bộ phận chính xe Hybrid.</p> <p>2.5. Tính kinh tế của xe Hybrid.</p> <p>Chương 3. Khảo sát và tính toán kiểm nghiệm hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.</p> <p>3.2. Giới thiệu động cơ A25A- FXS Toyota Camry Hybrid</p> <p>3.4. Giới thiệu hệ thống điều khiển xe Toyota Camry Hybrid.</p>
2	Dương Hùng Phong	<p>Chương 1. Tổng quan.</p> <p>1.1. Lý do chọn đề tài.</p> <p>1.2. Mục tiêu của đề tài.</p> <p>1.3. Đối tượng nghiên cứu.</p> <p>1.4. Nội dung nghiên cứu.</p> <p>Chương 3. Khảo sát và tính toán kiểm nghiệm hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.</p> <p>3.1. Giới thiệu chung về xe Toyota Camry Hybrid.</p> <p>3.3. Khảo sát hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.</p>

4. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):

TT	Tên bản vẽ	Kích thước bản vẽ
1	Đồ thị đặc tính kéo xe Hybrid.	A3
2	Bản vẽ tổng thể xe Hybrid.	A3
3	Bản vẽ tổng thể hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.	A3
4	Sơ đồ hóa hộp số P710.	A3
5	Sơ đồ hóa hệ thống truyền động xe Hybrid.	A3
6	Bản vẽ tổng thể ắc quy Hybrid.	A3
7	Hệ thống làm mát ắc quy.	A3

8	Sơ đồ hệ thống điều khiển xe Hybrid.	A3
9	Sơ đồ hệ thống điều khiển xe Hybrid.	A3
10	Sơ đồ điều khiển bộ biến đổi điện.	A3
11	Sơ đồ mạch bộ biến tần.	A3
12	Sơ đồ mạch điện Boost Converter.	A3
13	Sơ đồ mạch phát hiện rò rỉ.	A3
14	Sơ đồ mạch điều khiển động cơ đốt trong.	A3
15	Sơ đồ mạch ngắt điện cao áp.	A3
16	Sơ đồ điều khiển tính toán lực dẫn động.	A3
17	ECU điều khiển hệ thống xe Hybrid.	A3

5. <i>Họ tên người hướng dẫn:</i>	<i>Phân/ Nội dung:</i>
TS Nguyễn Quang Trung	Toàn bộ

6. Ngày giao nhiệm vụ đồ án:/...../2025

7. Ngày hoàn thành đồ án:/...../2025

Đà Nẵng, ngày tháng 6 năm 2025

Trưởng Bộ môn.....

Người hướng dẫn

ĐỀ CƯƠNG ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ-CHUYÊN NGÀNH CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

GVHD: TS Nguyễn Quang Trung

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Dương Hùng Phong	103200096	20C4CLC1	Kỹ Thuật Cơ Khí
2	Nguyễn Đăng Anh	103200074	20C4CLC1	Kỹ Thuật Cơ Khí

A. Tên đề tài đồ án:

KHẢO SÁT, TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐỘNG LỰC XE TOYOTA CAMRY HYBRID.

- Đề tài thuộc diện: Có kỹ kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện
- Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

B. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

(Trình bày theo bố cục Chương)

Chương 1: Tổng quan.

- Lý do chọn đề tài
- Mục tiêu của đề tài.
- Đối tượng nghiên cứu
- Phương pháp nghiên cứu.

...

Chương 2: Tổng quan về xe Hybrid.

- Xe sử dụng động cơ đốt trong.
- Tìm hiểu về xe hybrid.
- Tình hình và xu thế xe hybrid.

1	Tổng quan về xe Hybrid
2	Tổng quan về xe Hybrid

2.4. Các bộ phận chính của xe hybrid.

2.5. Tính kinh tế của xe hybrid.

...

Chương 3: Khảo sát và tính toán kiểm nghiệm hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.

3.1. Giới thiệu chung về xe Toyota Camry Hybrid

3.2. Giới thiệu về động cơ A25A-FXS xe Toyota Camry Hybrid

3.3. Khảo sát hệ thống động lực xe xe Toyota Camry Hybrid

3.4. Giới thiệu hệ thống điều khiển xe Toyota Camry Hybrid

3.5. Tính toán động học, động lực học hệ thống truyền lực xe xe Toyota Camry Hybrid

...

Chương 4: Mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid bằng Matlab Simulink.

4.1. Giới thiệu về phần mềm Matlab.

4.2. Các thông số mô phỏng

4.3. Mô hình mô phỏng

4.3.1. Khối động cơ.

4.3.2. Khối Power- Split Device

4.3.3. Khối Body Vehicle

4.4. Kết quả mô phỏng.

Kết luận.

C. Phân công nhiệm vụ

1. Thuyết minh.

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Dương Hùng Phong	Chương 3: 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5...
2	Nguyễn Đăng Anh	Chương 4 : 4.1; 4.2; 4.3; 4.4... Kết luận

b. *Phần riêng:*

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Dương Hùng Phong	Chương 1: 1.1; 1.2; 1.3; 1.4;...
2	Nguyễn Đăng Anh	Chương 2: 2.1; 2.2; 2.3; 2.4;...

2. **Bản vẽ.**

STT	Nội dung bản vẽ	Số lượng và kích thước bản vẽ	SVTH
1	Bản vẽ tổng thể xe.	1- A3	Dương Hùng Phong
2	Bản vẽ sơ đồ hệ thống truyền lực.	1- A3	Dương Hùng Phong
3	Bản vẽ sơ đồ hệ thống điều khiển.	1- A3	Nguyễn Đăng Anh
4	Bản vẽ đồ thị động học.	1- A3	Nguyễn Đăng Anh
5	Bản vẽ đồ thị động lực học.	1- A3	Nguyễn Đăng Anh

(Faint text and signatures are visible in the background of the page, including the name NGUYỄN VĂN THỰC HIỆP and the name NGUYỄN VĂN HỒNG BÀ.)

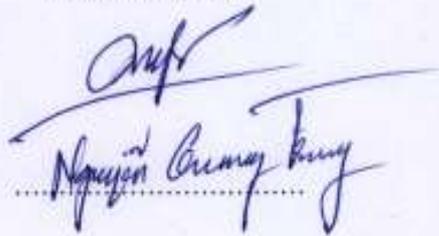
E. TÀI LIỆU THAM KHẢO (Trình bày theo đúng format)

- [1] Bùi Văn Ga, Trần Văn Nam: Ô tô không truyền thống, NXB Giáo Dục Việt Nam.
- [2] Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng: Lý thuyết ô tô máy kéo, NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [3] Peng Li, Dongwei He & Wenbin Yang: MODELING AND SIMULATION OF HYBRID ELECTRIC VEHICLE BASED ON MATLAB/SIMULINK
- [4] MathWorks. (n.d.). Hybrid Electric Vehicle (HEV) Model
- [5] Nguyễn Khắc Trai : Cấu tạo hệ thống truyền lực ô tô con , NXB khoa học và kỹ thuật 2001.
- [6] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Ali Emadi: Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamental, Theory and Design. CRC Press, 2010
- [7] Toyota Vietnam. (n.d.). Toyota Camry Hybrid. Toyota Việt Nam.
- [8] CÁC TÀI LIỆU ĐÀO TẠO NỘI BỘ TOYOTA.

Đà Nẵng, ngày 8 tháng 4 năm 2025

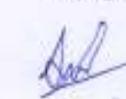
GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

(Ký, ghi rõ họ tên)


Nguyễn Công Hưng

SINH VIÊN THỰC HIỆN

(Ký, ghi rõ họ tên)


Nguyễn Đăng Anh


Đặng Hùng Phong

THÔNG QUA BỘ MÔN

Ngày 30 tháng 07 năm 2025


Lê Minh Đức

PHIẾU CHẤM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP CAPSTONE PROJECT

(Mẫu dùng cho Giảng viên hướng dẫn để đánh giá cho từng SV khi hoàn thành ĐATN)

I. Thông tin chung:

- Họ tên sinh viên: Dương Hùng Phong Lớp: 20C4CLC1
- Tên đề tài: Khảo sát, tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.
- Nhiệm vụ cá nhân: Tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.

Nhận xét đồ án tốt nghiệp:

- Về tính cấp thiết, tính mới, khả năng ứng dụng của đề tài:
 - Đề tài có tính cấp thiết, tính mới và khả năng ứng dụng cao đặc biệt là trong xu thế chuyển đổi xanh và tiết kiệm nhiên liệu trong ngành ô tô như hiện nay.
- Về kết quả giải quyết các nội dung nhiệm vụ yêu cầu của đồ án:
 - Đề tài đã giải quyết tốt các nội dung nhiệm vụ yêu cầu từ nghiên cứu lý thuyết, khảo sát, xác định cơ sở tính toán đến tính toán và mô phỏng hệ thống động lực xe Hybrid.
- Về hình thức, cấu trúc, bố cục của đồ án tốt nghiệp:
 - Hình thức và cấu trúc trình bày hợp lý, rõ ràng, đúng quy định, theo trình tự. Gồm 4 chương với các nội dung được trình bày theo bố cục khoa học, logic giữa các chương mục, giúp người đọc dễ dàng theo dõi và hiểu rõ tiến trình thực hiện đề tài.
- Đề tài có giá trị khoa học/ có bài báo/ giải quyết vấn đề đặt ra của doanh nghiệp hoặc nhà trường:
 - Đề tài có giá trị khoa học, có thể làm tài liệu tham khảo... Đồng thời đáp ứng chương trình đào tạo của nhà trường và có thể hỗ trợ doanh nghiệp nghiên cứu về hybrid...
- Các tồn tại, thiếu sót cần bổ sung, chỉnh sửa:
 - Phân tích đầy đủ, chuyên sâu hơn nữa hệ thống động lực xe Hybrid
 - Mô phỏng thêm trường hợp như: lên dốc, chạy cao tốc, đường trơn trượt.v.v..

III. Tinh thần, thái độ làm việc của sinh viên:

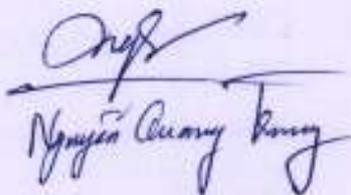
- Thực hiện nghiêm túc, chủ động, có tinh thần học hỏi, hoàn thành tốt nhiệm vụ.

IV. Đánh giá của Giảng viên hướng dẫn:

- Điểm chấm của Giảng viên hướng dẫn: 7,0/10 (lấy đến 1 số lẻ thập phân)
- Đề nghị: Được bảo vệ đồ án Không được bảo vệ
- Ý kiến khác:

Đà Nẵng, ngày 09 tháng 6 năm 2025

Họ tên & chữ ký
Giảng viên hướng dẫn


Nguyễn Quang Trung

PHIẾU CHẤM ĐÓNG AN TỐT NGHIỆP CAPSTONE PROJECT

(Mẫu dùng cho Giảng viên hướng dẫn để đánh giá cho từng SV khi hoàn thành ĐATN)

I. Thông tin chung:

- Họ tên sinh viên: Nguyễn Đăng Anh Lớp: 20C4CLC1
- Tên đề tài: Khảo sát, tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.
- Nhiệm vụ cá nhân: Khảo sát hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.

Nhận xét đồ án tốt nghiệp:

- Về tính cấp thiết, tính mới, khả năng ứng dụng của đề tài:
 - Đề tài có tính cấp thiết, tính mới và khả năng ứng dụng cao đặc biệt là trong xu thế chuyển đổi xanh và tiết kiệm nhiên liệu trong ngành ô tô như hiện nay.
- Về kết quả giải quyết các nội dung nhiệm vụ yêu cầu của đồ án:
 - Đề tài đã giải quyết tốt các nội dung nhiệm vụ yêu cầu từ nghiên cứu lý thuyết, khảo sát, xác định cơ sở tính toán đến tính toán và mô phỏng hệ thống động lực xe Hybrid.
- Về hình thức, cấu trúc, bố cục của đồ án tốt nghiệp:
 - Hình thức và cấu trúc trình bày hợp lý, rõ ràng, đúng quy định, theo trình tự. Gồm 4 chương với các nội dung được trình bày theo bố cục khoa học, logic giữa các chương mục, giúp người đọc dễ dàng theo dõi và hiểu rõ tiến trình thực hiện đề tài.
- Đề tài có giá trị khoa học/ có bài báo/ giải quyết vấn đề đặt ra của doanh nghiệp hoặc nhà trường:
 - Đề tài có giá trị khoa học, có thể làm tài liệu tham khảo... Đồng thời đáp ứng chương trình đào tạo của nhà trường và có thể hỗ trợ doanh nghiệp nghiên cứu về hybrid...
- Các tồn tại, thiếu sót cần bổ sung, chỉnh sửa:
 - Phân tích đầy đủ, chuyên sâu hơn nữa hệ thống động lực xe Hybrid
 - Mô phỏng thêm trường hợp như: lên dốc, chạy cao tốc, đường trơn trượt.v.v..

III. Tinh thần, thái độ làm việc của sinh viên:

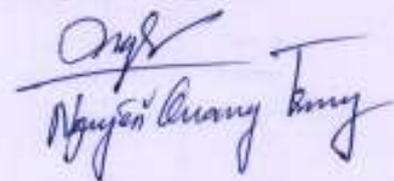
- Thực hiện nghiêm túc, chủ động, có tinh thần học hỏi, hoàn thành tốt nhiệm vụ.

IV. Đánh giá của Giảng viên hướng dẫn:

- Điểm chấm của Giảng viên hướng dẫn: 9,0/10 (lấy đến 1 số lẻ thập phân)
- Đề nghị: Được bảo vệ đồ án Không được bảo vệ
- Ý kiến khác:

Đà Nẵng, ngày 19 tháng 6 năm 2025

Họ tên & chữ ký
Giảng viên hướng dẫn


Nguyễn Quang Trung

TÓM TẮT

Tên đề tài: Khảo sát, tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Đăng Anh, Dương Hùng Phong

Số thẻ SV: 103200074, 103200096
20C4CLC1

Lớp :

Đầu tiên đề tài đã tìm hiểu nghiên cứu về các vấn đề liên quan xung quanh về xe Hybrid như: nguyên nhân và lịch sử ra đời, khái niệm và phân loại, và phân loại các kiểu xe Hybrid... Tiếp theo tập trung nghiên cứu khảo sát về cấu trúc, nguyên lý hoạt động, hiệu suất của hệ thống động lực trên mẫu xe Toyota Camry Hybrid 2023. Mục tiêu chính là tìm hiểu về những chi tiết chính trong hệ thống động lực của xe Hybrid như: động cơ đốt trong (ICE), các động cơ điện (MG1, MG2), hộp số xuyên trục hybrid, ắc quy hybrid... và đặc biệt một số hệ thống điều khiển trên xe Toyota Camry Hybrid.

Từ những khảo sát đó, nhóm đã thực hiện tính toán công suất, mô men của động cơ đốt trong và động cơ điện, dung lượng ắc quy... và xây dựng đường đặc tính kéo cho xe Hybrid. Trên những cơ sở đã tính toán, nhóm tiến hành xây dựng mô hình truyền động bao gồm các khối mô phỏng tượng trưng cho những thành phần chính trong hệ thống động lực trên xe Hybrid bằng phần mềm Matlab Simulink. Mô hình được kiểm nghiệm thông qua các chu trình thử như FTP-75... từ đó nhằm đánh giá khả năng vận hành trong các điều kiện hoạt động khác nhau, mức tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát khí xả...

Đề tài không chỉ giúp nhóm có cơ hội tìm hiểu sâu về các công nghệ Hybrid hiện đại mà còn mở ra tiềm năng phát triển các nghiên cứu về tính toán hệ thống động lực, xây dựng các thuật toán điều khiển năng lượng và mô phỏng các tình huống phức tạp cho xe Hybrid trong nhiều điều kiện khác nhau. Đây là cơ sở quan trọng để hướng tới các giải pháp giao thông xanh và bền vững trong tương lai.

LỜI NÓI ĐẦU

Sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp ô tô hiện đại đang chứng kiến bước chuyển mình mang tính cách mạng – từ các hệ truyền động truyền thống sang các giải pháp thân thiện hơn với môi trường, tiêu biểu là công nghệ hybrid. Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu và hiểu rõ về cấu trúc, nguyên lý hoạt động cũng như khả năng mô phỏng của hệ thống động lực hybrid không chỉ mang ý nghĩa học thuật, mà còn là bước đệm quan trọng cho những người kỹ sư trẻ trên con đường hội nhập với nền công nghệ toàn cầu. Trong số đó, Toyota Camry Hybrid là một trong những mẫu xe tiêu biểu ứng dụng công nghệ truyền động lai tiên tiến, mang lại hiệu suất vận hành cao cùng mức tiêu hao nhiên liệu tối ưu.

Với mong muốn tìm hiểu sâu hơn về cấu trúc và nguyên lý hoạt động của hệ thống hybrid, đồng thời nâng cao năng lực phân tích và mô phỏng các hệ thống kỹ thuật phức tạp, nhóm thực hiện đã chọn đề tài: "Khảo sát, tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid bằng MATLAB/Simulink". Đề tài nhằm mục tiêu tiếp cận tổng quan hệ truyền động hybrid, từ đó xây dựng mô hình mô phỏng trong môi trường MATLAB/Simulink để kiểm nghiệm và đánh giá hiệu suất vận hành của hệ thống.

Trong quá trình thực hiện, nhóm đã không ngừng tìm tòi tài liệu, nghiên cứu lý thuyết và thực hành mô phỏng để hoàn thiện nội dung một cách chính xác và khoa học nhất. Tuy nhiên, do hạn chế về thời gian kiến thức, và đặc biệt đây là xu hướng nghiên cứu còn mới nên đề án không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Nhóm rất mong nhận được sự góp ý, chỉ dẫn từ quý thầy cô để đề án được hoàn thiện hơn.

Nhóm xin chân thành cảm ơn sự hướng dẫn tận tình của TS Nguyễn Quang Trung, cùng sự hỗ trợ quý báu từ các thầy cô trong khoa và nhà trường trong suốt quá trình thực hiện đề án.

Đà Nẵng, ngày tháng 6 năm 2025

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Đăng Anh

Dương Hùng Phong

MỤC LỤC

TÓM TẮT	13
LỜI NÓI ĐẦU.....	i
MỤC LỤC	ii
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	vii
DANH MỤC BẢNG	xiii
DANH MỤC CÁC KÍ HIỆU	xiv
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT	xvi
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN	1
1.1. Lý do chọn đề tài.	1
1.2. Mục tiêu của đề tài.....	3
1.3. Đối tượng nghiên cứu.....	4
1.4. Phương pháp nghiên cứu.....	4
1.5. Nội dung nghiên cứu.	4
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN VỀ XE HYBRID.....	5
2.1. Xe sử dụng động cơ đốt trong.....	5
2.1.1. Nguồn gốc ra đời của xe sử dụng động cơ đốt trong.....	5
2.1.2. Phân loại động cơ đốt trong.	7
2.1.3. Vấn đề ô nhiễm khí thải hiện nay.	9
2.1.4. Tìm hiểu tiêu chuẩn khí thải EURO.	10
2.2. Tìm hiểu về xe hybrid.....	11
2.2.1. Nguyên nhân và lịch sử ra đời xe Hybrid.	12
2.2.2. Khái niệm ô tô Hybrid.....	14
2.2.3. Nguyên lý hoạt động của xe Hybrid.	15
2.2.4. Hệ thống động lực ô tô hybrid điện.	16
2.2.5. Ưu/nhược điểm của xe Hybrid.	18
2.2.5.1. Ưu điểm.	18

2.2.5.2.	Nhược điểm.	19
2.2.6.	<i>Các kiểu truyền động Hybrid.</i>	19
2.2.6.1.	Hệ thống Hybrid nối tiếp.	19
2.2.6.2.	Hệ thống Hybrid song song.	21
2.2.6.3.	Hệ thống Hybrid hỗn hợp.	22
2.2.7.	<i>Phân loại xe Hybrid.</i>	22
2.2.7.1.	FHEV.	22
2.2.7.2.	MHEV.	23
2.2.7.3.	PHEV.	24
2.2.7.4.	REX.	24
2.3.	<i>Tình hình và xu thế của xe Hybrid</i>	25
2.3.1.	<i>Xu thế xe hybrid.</i>	25
2.3.2.	<i>Tình hình xe hybrid trên thế giới.</i>	26
2.3.3.	<i>Tình hình xe Hybrid ở Việt Nam.</i>	27
2.4.	<i>Các bộ phận chính của xe Hybrid.</i>	28
2.5.	<i>Tính kinh tế của xe Hybrid.</i>	29
CHƯƠNG 3: KHẢO SÁT VÀ TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM HỆ THỐNG ĐỘNG LỰC XE TOYOTA CAMRY HYBRID.		31
3.1.	<i>Giới thiệu chung về xe Toyota Camry Hybrid.</i>	31
3.1.1.	<i>Tổng quan về xe Toyota Camry Hybrid.</i>	31
3.1.2.	<i>Khảo sát về xe Toyota Camry Hybrid 2023.</i>	33
3.1.3.	<i>Thông số kỹ thuật.</i>	36
3.1.4.	<i>TNGA- Toyota New Global Architecture.</i>	38
3.1.5.	<i>THS II (Toyota Hybrid System II).</i>	39
3.2.	<i>Giới thiệu động cơ A25A- FXS xe Toyota Camry Hybrid.</i>	42
3.2.1.	<i>Khối động cơ.</i>	43
3.2.2.	<i>Chu trình Atkinson.</i>	44
3.2.2.	<i>Công nghệ Dual VVT-i.</i>	45
3.2.2.	<i>Công nghệ phun xăng D- 4S.</i>	48

3.3. Khảo sát hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.	49
3.3.1. Động cơ đốt trong.	51
3.3.2. Cụm hộp số Hybrid P710.	51
3.2.2.1. Bộ giảm chấn hộp số.	54
3.2.2.2. Bộ truyền bánh răng hành tinh chia công suất.	54
3.2.2.3. Bộ bánh răng giảm tốc mô tơ.	55
3.2.2.4. Bộ bánh phức hợp.	56
3.2.2.5. MG1 và MG2.	66
3.3.3. Các bộ phận khác trong hệ thống truyền lực.	70
3.3.3.1. Cơ cấu vi sai.	70
3.3.3.2. Hệ thống bán trục.	71
3.3.3.3. Hệ thống cầu xe phía trước.	71
3.3.3.4. Hệ thống cầu xe phía sau.	72
3.3.4. Ấc quy Hybrid.	72
3.4. Giới thiệu hệ thống điều khiển xe Toyota Camry Hybrid.	75
3.4.1. Hệ thống ECU điều khiển ô tô hybrid.	75
3.4.2. Bộ chuyển đổi điện (Inverter with converter).	79
3.4.3. ECU điều khiển xe hybrid.	82
3.4.4. Tính toán lực dẫn động.	83
3.4.5. Điều khiển tình trạng SOC.	85
3.4.6. Điều khiển động cơ.	86
3.4.7. Điều khiển MG1 và MG2.	86
3.4.8. Điều khiển ngắt điện cao áp.	88
3.5. Tính toán động học, động lực học hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.	90
3.5.1. Cơ sở tính toán xác định công suất của hệ thống động lực xe Hybrid.	90
3.5.2. Chiến lược phối hợp các nguồn động lực trên xe Hybrid.	91
3.5.3. Tính toán các trạng thái hoạt động của xe Hybrid.	92
3.5.3.1. Xe bắt đầu khởi hành 0- 40 (km/h).	93

3.5.3.2.	Chạy với tốc độ đều và ga nhẹ 40- 60 (km/h) với gia tốc $j=1.5m/s^2$	95
3.5.3.3.	Chạy tăng tốc mạnh 60- 100 (km/h) với gia tốc $j=1.8 (m/s^2)$	96
3.5.3.4.	Chạy với tốc độ tối đa (180 km/h).....	97
3.5.3.5.	Khi xe leo dốc (Chế độ đầy tải θ_{max}).	98
3.5.3.6.	Chạy với chế độ giảm tốc, phanh tái sinh.	99
3.5.4.	Kiểm nghiệm lại động cơ đốt trong.....	100
3.5.5.	Kiểm nghiệm động cơ điện DCD- Máy phát.....	102
3.5.6.	Tính toán kiểm nghiệm ắc quy Hybrid.	104
3.5.7.	Tính toán bộ chia công suất.	106
3.5.8.	Tính toán tỉ số truyền.	106
3.5.9.	Xây dựng đường đặc tính kéo.....	108
CHƯƠNG 4: MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐỘNG LỰC XE TOYOTA CAMRY		
HYBRID BẰNG MATLAB SIMULINK.		
		110
4.1.	<i>Giới thiệu về phần mềm Matlab / Simulink.....</i>	111
4.2.	<i>Giới thiệu về mô hình.</i>	112
4.2.1.	<i>Khối Kph Demand.....</i>	112
4.2.2.	<i>Khối Control Strategy.</i>	114
4.2.3.	<i>Khối PSD- Power Split Device.</i>	117
4.2.3.	<i>Khối Electrical.</i>	117
4.2.3.1.	<i>Khối Battery.....</i>	118
4.2.3.2.	<i>Khối DC- DC Converter.....</i>	119
4.2.3.3.	<i>Khối Generator và Motor.....</i>	120
4.2.3.	<i>Khối Engine.....</i>	121
4.2.3.	<i>Khối Vehicle Body.....</i>	122
4.2.4.	<i>Fuel Economy.....</i>	123
4.2.5.	<i>Mức độ phát thải.</i>	124
4.3.	<i>Thiết lập thông số mô phỏng.</i>	126
4.3.1.	<i>Thông số khối Kph Demand.....</i>	126
4.3.1.1.	<i>Theo tín hiệu bướm ga.....</i>	126

4.3.1.2.	Chu trình thử FTP-75.	127
4.3.1.3.	Chu trình thử ECE 15.	128
4.3.1.4.	Chu trình thử EUDC.	129
4.3.2.	<i>Thông số Khối Engine.</i>	<i>129</i>
4.3.3.	<i>Thông số Khối Vehicle Body.</i>	<i>130</i>
4.3.4.	<i>Thông số Khối Battery.</i>	<i>131</i>
4.3.5.	<i>Thông số Khối DC-DC Converter.</i>	<i>132</i>
4.3.6.	<i>Thông số Khối Motor và Generator.</i>	<i>133</i>
4.4.	<i>Kết quả mô phỏng.</i>	<i>134</i>
4.4.1.	<i>Kết quả mô phỏng theo bướm ga.</i>	<i>134</i>
4.4.2.	<i>Kết quả mô phỏng theo chu trình FTP- 75.</i>	<i>142</i>
4.4.3.	<i>Kết quả mô phỏng theo chu trình ECE 15.</i>	<i>150</i>
4.4.4.	<i>Kết quả mô phỏng theo chu trình EUDC.</i>	<i>156</i>
4.4.5.	<i>So sánh kết quả mô phỏng.</i>	<i>163</i>
KẾT LUẬN	166
TÀI LIỆU THAM KHẢO	1

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình	Tên Hình	Trang
Hình 1.1	Lượng phát thải CO2 từ quá trình đốt cháy toàn cầu.	1
Hình 1.2	Xu thế phát triển xe trong tương lai.	3
Hình 2.1	Động cơ Lenoir chạy bằng gas.	5
Hình 2.2	Động cơ Otto.	6
Hình 2.3	Sơ đồ phân loại động cơ đốt trong.	8
Hình 2.4	Khí xả từ các nhà máy công nghiệp.	9
Hình 2.5	Tiêu chuẩn khí thải EURO.	10
Hình 2.6	System Lohner-Porsche Mixte.	13
Hình 2.7	Toyota Prius phát hành cuối năm 1997.	13
Hình 2.8	Honda Insight 1999.	14
Hình 2.9	Xe Toyota Camry Hybrid 2025.	15
Hình 2.10	Nguyên lý hoạt động cơ bản của xe Hybrid.	16
Hình 2.11	Minh họa hệ thống động lực ô tô Hybrid điện.	16
Hình 2.12	Cơ cấu nối tiếp.	19
Hình 2.13	Cơ cấu kiểu song song.	21
Hình 2.14	Cơ cấu kiểu hỗn hợp.	22
Hình 2.15	Hệ thống FHEV.	23
Hình 2.16	Hệ thống Mild- Hybrid.	24
Hình 2.17	Hệ thống Plug- In Hybrid.	24
Hình 2.18	Xe BMW I3 2016 REX.	25
Hình 2.19	Xu hướng thị trường xe Hybrid tại U.S.	26
Hình 2.20	Thị trường xe Hybrid tăng trưởng tiềm năng.	27
Hình 2.21	Doanh số ô tô các nước ĐNÁ.	28
Hình 2.22	Các thành phần của xe Hybrid.	29
Hình 3.1	Các thể hệ xe Toyota Camry Hybrid.	31

Hình 3.2 Toyota Camry Hybrid.....	34
Hình 3.3. Lợi ích công nghệ Hybrid của Toyota.....	34
Hình 3.4 Khả năng tương thích của hiệu suất môi trường và công suất.	40
Hình 3.5 So sánh hệ thống cấp nguồn cao áp của THS và THS II.....	41
Hình 3.6 So sánh công suất của máy phát THS và THS II.	41
Hình 3.7 So sánh tỉ trọng OUTPUT của pin THS và THS II.....	42
Hình 3.8 Động cơ A25A- FXS.....	42
Hình 3.9 Khối động cơ.	43
Hình 3.10 Động cơ A25A- FXS với hành trình piston dài.....	44
Hình 3.11 So sánh đồ thị P-V và T-S giữa chu trình Otto và Atkinson.	44
Hình 3.12 Các chi tiết của hệ thống Dual VVT-i.....	46
Hình 3.13 Hệ thống điều khiển VVT-i.....	47
Hình 3.14 Cấu tạo hệ thống phun xăng D- 4S.....	48
Hình 3.15 Vùng hoạt động của kim phun theo tải.....	48
Hình 3.16 Sơ đồ hệ thống phun xăng D- 4S.....	49
Hình 3.17 Tổng thể hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.	50
Hình 3.18 Cụm hộp số P710 Toyota Camry Hybrid.	52
Hình 3.19 Bộ giảm chấn hộp số P710 Toyota Camry Hybrid.	54
Hình 3.20 Vị trí của bộ truyền bánh răng hành tinh chia công suất.....	55
Hình 3.21 Cấu tạo của bộ giảm tốc mô tơ.....	56
Hình 3.22 Sơ đồ cấu tạo bộ bánh răng phức hợp hộp số P710.....	57
Hình 3.23 Sơ đồ trạng thái READY- ON khi khởi động động cơ xe.....	58
Hình 3.24 Biểu đồ hướng quay và tốc độ Rpm của các thành phần trong bộ bánh răng hành tinh tại trạng thái READY- ON khi khởi động xe.....	58
Hình 3.25 Sơ đồ trạng thái READY- ON khi dừng xe.....	59
Hình 3.26 Biểu đồ hướng quay và tốc độ Rpm của các thành phần trong bộ bánh răng hành tinh tại trạng thái READY- ON khi dừng xe.....	60
Hình 3.27 Sơ đồ trạng thái khởi động và xe chạy tại trường hợp tải thấp.	60

Hình 3.28 Biểu đồ hướng quay và tốc độ Rpm của các thành phần trong bộ bánh răng hành tinh tại trạng thái khởi động và chạy tại tải thấp.	61
Hình 3.29 Sơ đồ trạng thái khởi động và xe chạy tại trường hợp tải thấp khi SOC thấp.	62
Hình 3.30 Sơ đồ trạng thái xe chạy với trạng thái bình thường.	63
Hình 3.31 Sơ đồ trạng thái xe chạy với trạng thái bình thường khi SOC thấp.	63
Hình 3.32 Sơ đồ trạng thái khi bướm ga mở hoàn toàn.	64
Hình 3.33 Sơ đồ trạng thái khi xe giảm tốc độ.	65
Hình 3.34 Sơ đồ trạng thái khi xe đi lùi.	66
Hình 3.35 Hình ảnh minh họa nguyên lý hoạt động của MG1 và MG2.	67
Hình 3.36 Cảm biến xoay kiểu Resolver.	68
Hình 3.37 Dạng sóng lý thuyết phát ra từ cảm biến xoay khi rotor quay 180 độ theo chiều dương (+).	69
Hình 3.38 Cơ cấu bộ vi sai.	70
Hình 3.39 Mối quan hệ giữa mô men giới hạn của bánh răng vi sai và mô men của bánh răng bao	70
Hình 3.40 Bán trục cầu trước.	71
Hình 3.38. Cầu xe phía trước.	71
Hình 3.41 Cầu xe phía sau.	72
Hình 3.42 Các bộ phận của ắc quy hybrid.	73
Hình 3.43 Nhiệt điện trở của ắc quy Hybrid.	74
Hình 3.44 Hệ thống làm mát ắc quy Hybrid.	75
Hình 3.45 Sơ đồ hệ thống của ECU điều khiển xe ô tô hybrid.	75
Hình 3.46 Bộ chuyển đổi điện.	79
Hình 3.47 Sơ đồ điều khiển của bộ biến đổi điện.	80
Hình 3.48 Sơ đồ mạch điện bộ biến tần.	81
Hình 3.49 Sơ đồ mạch điện Boost converter.	82
Hình 3.50 Tín hiệu ECU theo dõi từ tình trạng SOC của pin HV.	82
Hình 3.51 Sơ đồ mạch phát hiện rò rỉ.	83
Hình 3.52 Sơ đồ nguyên lý hệ thống ngắt mạch điện cao áp khi va chạm.	83

Hình 3.53 Sơ đồ tính toán lực dẫn động.....	84
Hình 3.54 Sơ đồ điều khiển tình trạng SOC.....	85
Hình 3.55 Sơ đồ điều khiển động cơ.....	86
Hình 3.56 Trạng thái mô tơ.....	87
Hình 3.57 Trạng thái máy phát.....	88
Hình 3.58 Sơ đồ mạch điện mạch ngắt điện áp cao.....	89
Hình 3.59 Sơ đồ phân tích lực của xe.....	90
Hình 3.60 Chiến lược điều khiển tổng quát xe hybrid.....	92
Hình 3.61 Chế độ chỉ động cơ điện hoạt động.....	94
Hình 3.62 Chế độ chỉ động cơ đốt trong hoạt động.....	95
Hình 3.63 ĐCĐT và ĐCĐ cùng hoạt động.....	96
Hình 3.64 Khi xe chạy ở tốc độ tối đa.....	97
Hình 3.65 Khi xe chạy leo dốc.....	98
Hình 3.66 SOC tăng lên khi đạp phanh.....	99
Hình 3.67 Động cơ A25A- FXS trên xe Toyota Camry Hybrid 2023.....	100
Hình 3.68 Đồ thị đặc tính mô men động cơ đốt trong.....	101
Hình 3.69 Đồ thị đặc tính công suất động cơ đốt trong.....	102
Hình 3.70 Đồ thị đặc tính công suất động cơ đốt trong.....	103
Hình 3.71 Đồ thị đặc tính mô men động cơ điện.....	104
Hình 3.72 Bộ bánh răng hành tinh kết nối tốc độ.....	106
Hình 3.73 Đồ thị lực kéo tại các bánh xe chủ động.....	108
Hình 3.74 Đồ thị lực kéo khi xe sử dụng động cơ điện.....	109
Hình 3.75 Đồ thị lực kéo xe.....	110
Hình 4.1 Logo biểu tượng của phần mềm Matlab.....	111
Hình 4.2 Model tổng thể về hệ thống mô phỏng trong Matlab Simulink.....	112
Hình 4.3 Khối Kph Demand.....	113
Hình 4.4 Chi tiết bộ điều khiển của khối Kph Demand.....	113
Hình 4.5 Khối Control Strategy.....	114

Hình 4.6 Chi tiết khối Control Strategy.....	115
Hình 4.7 Khối Mode Logic.	116
Hình 4.8 Khối bán răng hành tinh.	117
Hình 4.9 Khối Electrical.....	118
Hình 4.10 Bên trong khối Electrical.....	118
Hình 4.11 Khối Pin.....	119
Hình 4.12 Khối DC – DC Converter.	120
Hình 4.13 Sơ đồ Khối Motor.....	121
Hình 4.14 Sơ đồ khối máy phát điện.	121
Hình 4.15 Khối động cơ.	122
Hình 4.16 Khối Vehicle Body.....	123
Hình 4.17 Khối Fuel Economy.....	124
Hình 4.18 Khối tính toán mức độ phát thải.	125
Hình 4.19 Tín hiệu bướm ga đầu vào.	127
Hình 4.20 Chu trình thử FTP- 75.	128
Hình 4.21 Các chu trình thử ở khối Kph Demand.....	128
Hình 4.22 Chu trình thử ECE 15.	129
Hình 4.23 Chu trình thử EUDC.....	129
Hình 4.24 Thông số cho khối Engine sau khi được thiết lập.	130
Hình 4.25 Khối Vehicle Body.....	131
Hình 4.26 Thông số khối Battery sau khi thiết lập.....	132
Hình 4.27 Thông số khối DC-DC Converter sau khi thiết lập.....	133
Hình 4.28 Thông số khối Motor MG2 và Generator MG1 sau khi thiết lập.....	133
Hình 4.29 Vận tốc xe theo độ mở bướm ga.	135
Hình 4.30 Tốc độ Motor theo bướm ga.....	136
Hình 4.31 Tốc độ Generator theo bướm ga.....	137
Hình 4.32 Tốc độ động cơ đốt trong theo bướm ga.	138
Hình 4.33 Điện áp ắc quy Hybrid theo bướm ga.....	139
Hình 4.34 Điện áp DC-DC Converter theo bướm ga.	140

Hình 4.35 Đồ thị vận tốc của xe theo chu trình thử FTP- 75.	142
Hình 4.36 Đồ thị tốc độ của MG2 theo chu trình thử FTP- 75.	143
Hình 4.37 Đồ thị mô men của MG2 theo chu trình thử FTP- 75.	143
Hình 4.38 Đồ thị tốc độ của MG1 theo chu trình thử FTP- 75.	144
Hình 4.39 Đồ thị mô men của MG1 theo chu trình thử FTP- 75.	145
Hình 4.41 Đồ thị tốc độ của động cơ theo chu trình thử FTP- 75.....	146
Hình 4.42 Đồ thị mô men của động cơ theo chu trình thử FTP- 75.....	147
Hình 4.43 Đồ thị điện áp ắc quy Hybrid theo chu trình FTP 75.	147
Hình 4.44 Đồ thị điện áp DC-DC Converter theo chu trình thử FTP- 75.	148
Hình 4.44 Đồ thị vận tốc của xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.	150
Hình 4.45 Đồ thị vận tốc của Motor xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.	151
Hình 4.46 Đồ thị vận tốc của Generator xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.	152
Hình 4.47 Đồ thị tốc độ động cơ xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.....	153
Hình 4.48 Đồ thị điện áp ắc quy Hybrid theo chu trình thử ECE 15.	154
Hình 4.49 Đồ thị điện áp DC-DC Converter theo chu trình thử ECE 15.....	154
Hình 4.50 Đồ thị nhiệt độ DC-DC Converter theo chu trình ECE 15.....	155
Hình 4.51 Đồ thị vận tốc xe Hybrid theo chu trình EUDC.	157
Hình 4.52 Đồ thị tốc độ Motor theo chu trình EUDC.	158
Hình 4.53 Đồ thị tốc độ Generator theo chu trình EUDC.	158
Hình 4.54 Đồ thị tốc độ động cơ theo chu trình EUDC.	159
Hình 4.55 Đồ thị điện áp ắc quy Hybrid theo chu trình EUDC.	160
Hình 4.56 Đồ thị điện áp DC-DC Converter theo chu trình EUDC.....	161
Hình 4.57 Đồ thị nhiệt độ DC-DC Converter theo chu trình EUDC.	162

DANH MỤC BẢNG

Bảng	Tên Bảng	Trang
Bảng 3.1	So sánh đặc điểm các thế hệ xe Toyota Camry Hybrid.	31
Bảng 3.2	Thông số kích thước- trọng lượng xe Toyota Camry 2.5HV.....	36
Bảng 3.3	Thông số động cơ – vận hành xe Toyota Camry 2.5HV.	37
Bảng 3.4	Thông số truyền lực – khung gầm xe Toyota Camry 2.5HV.....	37
Bảng 3.5	Các lợi ích của TNGA.....	38
Bảng 3.6	Thông số động cơ A25- FXS.	42
Bảng 3.7	Thông số kỹ thuật hộp số P710 Toyota Camry Hybrid.	53
Bảng 3.8	Mối quan hệ giữa chiều quay của mô tơ máy phát điện và momen xoắn.....	57
Bảng 3.9	Thông số kỹ thuật MG1 và MG2.....	66
Bảng 3.11	Thông số cơ bản của xe thiết kế Toyota Camry Hybrid.	92
Bảng 3.12	Các thông số kỹ thuật của ĐCĐT A25A- FXS.....	100
Bảng 3.13	Thông số ĐCĐ.	102
Bảng 4.1	Phân tích các thông số.....	134
Bảng 4.2	Mức tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải trong mô phỏng với bướm ga. ...	141
Bảng 4.3.	Mức tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải của chu trình FTP- 75.	149
Bảng 4.4	Thông số tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải phỏng theo chu trình ECE 15.	155
Bảng 4.5	Thông số tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải theo chu trình EUDC.....	162
Bảng 4.6	So sánh thông số mô phỏng của các chu trình.	163

DANH MỤC CÁC KÍ HIỆU

Kí hiệu	Đại lượng
Nm	Công suất động cơ đốt trong
M_e	Mô men của động cơ đốt trong
P	Công suất động cơ điện
M_e	Mô men của động cơ điện
n	Số vòng quay trục khuỷu
V	Vận tốc của xe
V_{max}	Vận tốc cực đại của xe
n_t	Hiệu suất của hệ truyền lực
B_0	Chiều rộng xe
H	Chiều cao của xe
L	Chiều dài cơ sở của xe
G	Trọng lượng xe
g	Gia tốc trọng trường
F_f	Lực cản lăn
F_k	Lực kéo tại bánh chủ động
F_i	Lực cản leo dốc
F_ω	Lực cản không khí
F_j	Lực cản quán tính
ρ	Khối lượng riêng không khí
S	Diện tích cản chính diện của xe
C_x	Hệ số cản không khí
f	Hệ số cản lăn trên đường nhựa tốt
δ_i	Hệ số tính đến ảnh hưởng của các khối lượng vận động quay
j	Gia tốc của xe
M_v	Tổng khối lượng của ô tô
t_a	Thời gian tăng tốc ước tính
V_b	Tốc độ cuối cùng của ô tô tương ứng với tốc độ cơ bản của động cơ
V_f	Tốc độ cuối cùng của ô tô sau khi tăng tốc

Q_p	Dung lượng của ắc quy
I_p	Dòng phóng
t_p	Thời gian phóng
U	Điện áp động cơ điện
Q_n	Điện dung nạp
I_n	Dòng nạp
t_n	Thời gian nạp
r_{bx}	Bán kính bánh xe
i_0	Tỉ số truyền lực chính
i_{h1}	Tỉ số truyền tay số 1
i_{h2}	Tỉ số truyền tay số 2
i_{h3}	Tỉ số truyền tay số 3
i_r	Tỉ số truyền tay số lùi
G_b	Trọng lượng bám trên bánh xe chủ động
φ	Hệ số bám dọc đường giữa bánh xe và mặt đường

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
ĐCĐT		Động cơ đốt trong
ĐCĐ		Động cơ điện
R&D	Research and Development	Nghiên cứu và phát triển
HEV	Hybrid Electric Vehicle	Xe điện lai
ICE	Internal Combustion Engine	Động cơ đốt trong
DPF	Diesel Particulate Filter	Độ lọc hạt Diesel
SCR	Selective Catalytic Reduction	Hệ thống xúc tác chọn lọc khử NO_x
EGR	Exhaust Gas Recirculation	Tuần hoàn khí thải
EV	Electric Vehicle	Xe điện
DC	Direct Current	Dòng điện xoay chiều
AC	Alternating Current	Dòng điện một chiều
AC/DC	Alternating Current / Direct Current	Chuyển đổi dòng điện xoay chiều thành một chiều
FHEV	Full Hybrid Electric Vehicle	Xe điện lai toàn phần
MHEV	Mild Hybrid Electric Vehicle	Xe điện lai nhẹ
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	Xe điện lai cắm sạc
REX	Range Extender	Xe điện mở rộng
CO	Carbon Monoxide	
CO ₂	Carbonic Dioxide	
HC	Hydro Carbon	
U.S	United States	Nước Hoa Kỳ
USD	United States Dollar	Đồng đôla Mỹ
CARG	Compound Annual Growth Rate	Tỉ lệ tăng trưởng kép hàng năm
ĐNA		Đông Nam Á
HSD	Hybrid Synergy Drive	Hệ thống truyền động lai
ABS	Anti-lock Braking System	Hệ thống chống bó cứng phanh
EBD	Electronic Brakeforce Distribution	Phân phối lực phanh điện tử

TSS	Toyota Safety Sense	Cảm nhận an toàn chủ động
TNGA	Toyota News Global Architecture	Kiến trúc thiết kế toàn cầu mới
FWD	Front Whell Drive	Dẫn động cầu trước
AWD	All Whell Drive	Dẫn động 4 bánh toàn thời gian
Ni-Mh	Nickel-Metal Hydride	Pin Nickel-Kim loại Hidrua
LED	Led Emitting Diode	Đi ốt phát quang
E- CVT	Electronic- Continuously Variable Transmission	Hộp số biến thiên vô cấp điện tử
PCS	Pre-Collision System	Hệ thống cảnh báo và phanh tự động trước va chạm
LDA	Lane Departure Alert	Cảnh báo lệch làn đường
RCTA	Rear Cross Traffic Alert	Cảnh báo phương tiện cắt sau
BA	Braking Assist	Hỗ trợ phanh khẩn cấp
VSC	Vehicle Stability Control	Hệ thống kiểm soát ổn định xe
TRC	Traction Control System	Hệ thống kiểm soát lực kéo
D-4S	Direct injection 4-stroke Superior version	Hệ thống phun nhiên liệu trực tiếp 4 thì thế hệ cao cấp
VVT-i	Variable Valve Timing with intelligence	Hệ thống điều chỉnh thời điểm đóng/mở van biến thiên thông minh
THS II	Toyota Hybrid System II	Hệ thống Hybrid thế hệ 2
DOHC	Double Overhead Camshaft	Động cơ 2 trục cam trên đầu
MPI	Multi-Point Injection	Phun nhiên liệu đa điểm
GDI	Gasoline Direct Injection	Phun nhiên liệu trực tiếp
MG1	Motor Generator 1	
MG2	Motor Generator 2	
SOC	State of Charge	Trạng thái sạc
ECU	Electronic Control Unit	Bộ điều khiển điện tử
ECM	Engine Control Module	Bộ điều khiển động cơ
ETCS	Electronic Throttle Control System	Hệ thống điều khiển bướm ga điện tử
FTP- 75	Federal Test Procedure- 75	Chu trình kiểm tra liên bang -75

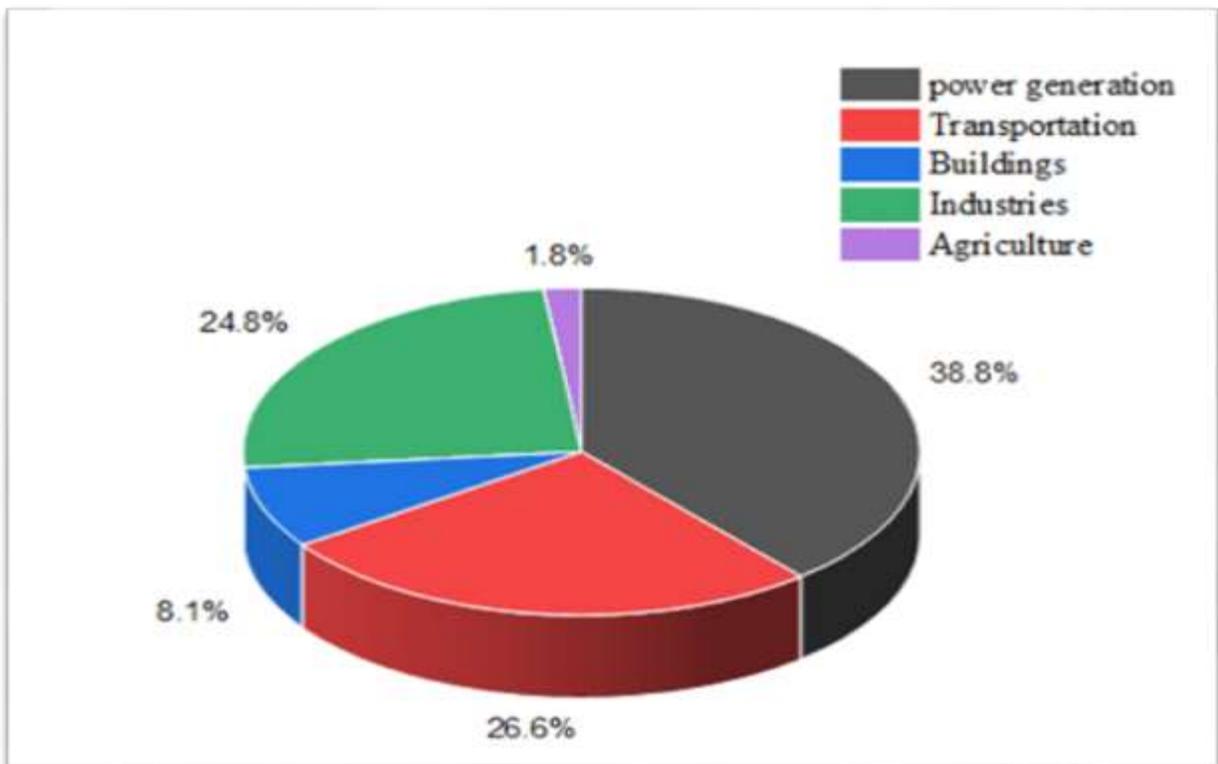
PMSM	Permanent Magnet Synchronous Motor	Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu
ECE	Economic Commission For Europe	Ủy ban kinh tế châu âu của Liên hợp quốc
EUDC	Extra Urban Driving Cycle	Chu trình thử nghiệm đô thị mở rộng

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. Lý do chọn đề tài.

Với sự phát triển nhanh chóng của xã hội, toàn cầu hóa và sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ, ngành công nghiệp ô tô không chỉ là biểu tượng của sự tiến bộ mà còn là động lực thúc đẩy sự phát triển của nhiều ngành kinh tế khác. Từ việc tạo ra hàng triệu việc làm, đến việc cung cấp phương tiện di chuyển thiết yếu cho cuộc sống hiện đại, ô tô đã và đang đóng vai trò không thể thay thế trong xã hội.

Nhu cầu sử dụng các phương tiện giao thông ngày càng tăng cao về số lượng, đa dạng về các chủng loại khác nhau. Trong đó những phương tiện sử dụng động cơ đốt trong (ĐTCT) vẫn được coi là nguồn động lực chính cho nhiều ngành kinh tế, đặc biệt là giao thông vận tải. Song song với sự phát triển này cũng đi kèm với những thách thức không nhỏ, đặc biệt là vấn đề môi trường.



Hình 1.1 Lượng phát thải CO₂ từ quá trình đốt cháy toàn cầu.

Với việc tiêu thụ hơn 60 triệu thùng dầu mỡ mỗi ngày bởi hơn sự hiện diện hơn 1 tỷ ô tô. Ô nhiễm không khí chủ yếu là do ngành giao thông vận tải, ngoài các ngành công nghiệp sản xuất năng lượng và nhiệt. Năm 2015, các ngành công nghiệp sản xuất năng lượng và nhiệt chiếm 42% lượng khí thải CO₂ trên toàn thế giới. Trong khi riêng ngành

giao thông vận tải chiếm 24% lượng khí thải CO₂. 75% lượng khí thải liên quan đến giao thông đến từ đường bộ.

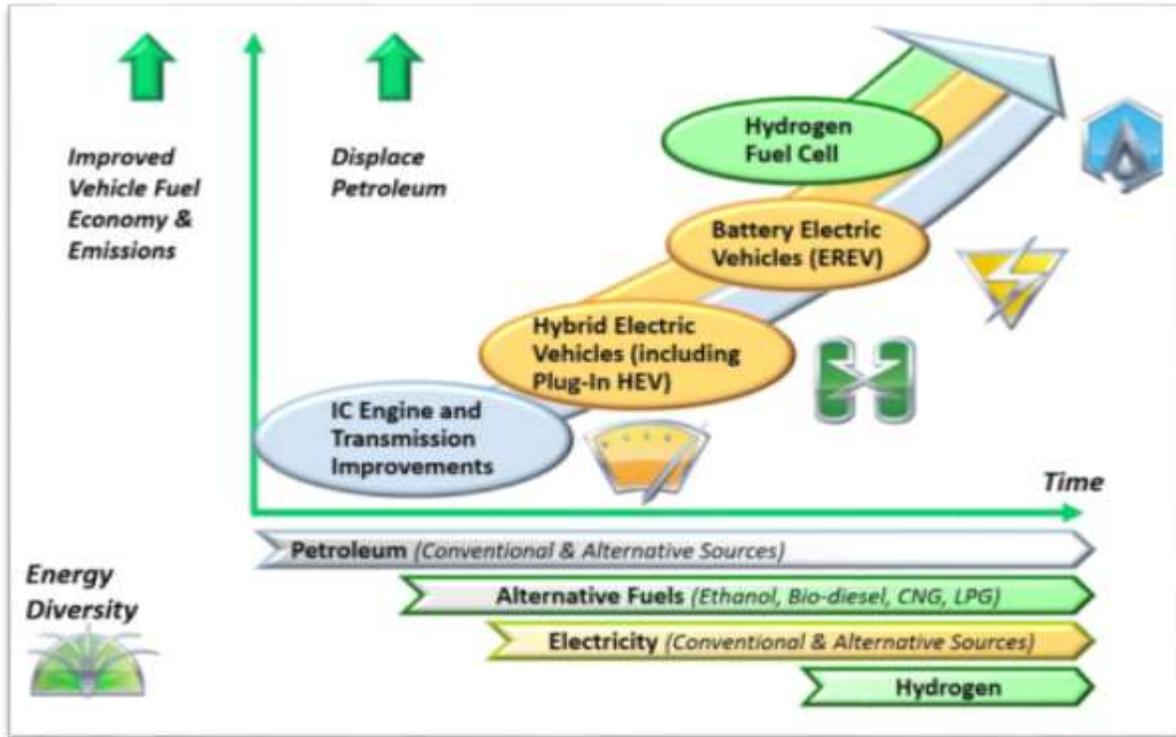
Sự phụ thuộc quá lớn và lượng tiêu thụ ngày càng tăng trữ lượng nhiên liệu hóa thạch đã dẫn đến tình trạng cạn kiệt tài nguyên và gia tăng đáng kể lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính, làm trầm trọng thêm vấn đề biến đổi khí hậu. Các đô thị lớn trên thế giới đang phải đối mặt với tình trạng ô nhiễm không khí nghiêm trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của người dân. Đồng thời, sự gia tăng không ngừng của số lượng xe cộ cũng tạo ra áp lực lớn lên hệ thống giao thông, gây ra tình trạng ùn tắc và lãng phí thời gian. Tiết kiệm nhiên liệu hóa thạch và giảm ô nhiễm môi trường do khí thải của ĐCĐT đã và đang là một bài toán rất lớn đối với các nhà thiết kế và các nhà sản xuất xe.

Trước những thách thức này, việc tìm kiếm các giải pháp thay thế là vô cùng cấp thiết. Xe sử dụng nguồn động lực động cơ điện ĐCĐ, với khả năng không phát thải trực tiếp, được xem là một trong những giải pháp tiềm năng. Tuy nhiên, việc chuyển đổi hoàn toàn sang xe sử dụng nguồn động lực ĐCĐ đòi hỏi sự đầu tư lớn vào cơ sở hạ tầng, cũng như giải quyết các vấn đề liên quan đến pin và nguồn điện, và hệ thống trạm sạc.

Còn đối với các nhà sản xuất xe truyền thống thì phải hủy bỏ nhiều dây chuyền chế tạo và lắp ráp và số tiền đã nghiên cứu R&D cho lĩnh vực này thì ảnh hưởng không ít. Trong bối cảnh đó, xe hybrid nổi lên như một giải pháp chuyển tiếp thông minh, kết hợp ưu điểm của cả động cơ đốt trong và động cơ điện.

Xe hybrid không chỉ giúp giảm lượng khí thải và tiết kiệm nhiên liệu, mà còn tận dụng được cơ sở hạ tầng hiện có. Sự linh hoạt trong việc sử dụng hai nguồn năng lượng cho phép xe hybrid hoạt động hiệu quả trong nhiều điều kiện khác nhau, từ đô thị đông đúc đến đường trường. Đồng thời, sự phát triển của công nghệ hybrid cũng mở ra cơ hội cho việc nghiên cứu và ứng dụng các giải pháp tiên tiến khác, như xe plug-in hybrid và xe điện nhiên liệu hydro.

Nhà sản xuất phương tiện hàng đầu thế giới là Toyota đang được xem là nhà sản xuất tiên phong trong lĩnh vực xe Hybrid, với nhiều dòng xe như: Toyota Corolla Cross Hybrid, Toyota Inova Cross Hybrid, Toyota Camry Hybrid....



Hình 1.2 Xu thế phát triển xe trong tương lai.

Tại Việt Nam, thị trường ô tô đang chứng kiến sự tăng trưởng mạnh mẽ, đi kèm với đó là những thách thức về môi trường và giao thông. Việc nghiên cứu và phát triển công nghệ xe hybrid không chỉ giúp giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, mà còn góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành công nghiệp ô tô trong nước.

Đề tài "Khảo sát, tính toán thiết kế và mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid" nhằm mục tiêu đóng góp vào quá trình này, thông qua việc khảo sát, tính toán thiết kế, mô phỏng và đánh giá hiệu quả của xe hybrid, từ đó tạo nền tảng cho sự phát triển bền vững của ngành công nghiệp ô tô Việt Nam."

1.2. Mục tiêu của đề tài.

Những mục tiêu nghiên cứu bao gồm:

- Tìm hiểu tổng quan về xe hybrid.
- Nghiên cứu, giới thiệu về xe Toyota Camry Hybrid.
- Khảo sát về hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.
- Nghiên cứu, tính toán hệ thống động lực xe Hybrid.
- Mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid bằng phần mềm Matlab Simulink.
- Đánh giá suất tiêu hao nhiên liệu, lượng phát thải khí thải... qua các chu trình thử.

1.3. Đối tượng nghiên cứu.

- Nghiên cứu trên dòng xe Toyota Camry Hybrid.
- Nghiên cứu, tính toán hệ thống về hệ thống động lực xe Hybrid.
- Nghiên cứu mô phỏng hệ thống động lực bằng phần mềm Matlab.

1.4. Phương pháp nghiên cứu.

Đề án sử dụng phương pháp kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết, tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng.

- Nghiên cứu lý thuyết đưa ra để tìm hiểu về cấu tạo... của xe hybrid và tìm hiểu về xe Toyota Camry Hybrid.
- Tính toán kiểm nghiệm hệ thống động lực xe Hybrid.
- Nghiên cứu mô phỏng mô hình xe hybrid bằng phần mềm Matlab Simulink.

1.5. Nội dung nghiên cứu.

- Chương 1. Tổng quan về đề tài nghiên cứu.
- Chương 2. Tổng quan về xe hybrid
- Chương 3. Khảo sát và tính toán kiểm nghiệm hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.
- Chương 4. Mô phỏng hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.
- Kết luận.

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN VỀ XE HYBRID

2.1. Xe sử dụng động cơ đốt trong.

Loài người đã nghĩ đến việc biến nhiệt năng thành cơ năng từ rất sớm nhưng mãi đến những thập niên đầu của thế kỉ thứ 19, việc áp dụng động cơ nhiệt vào thực tiễn mới được thực hiện. Gần 2 thế kỉ qua, động cơ đốt trong được xem là nguồn động lực chủ yếu của ô tô, chưa có giải pháp nào có khả năng thay thế.

Ô tô truyền thống là ô tô sử dụng duy nhất động cơ đốt trong làm nguồn động lực.

2.1.1. Nguồn gốc ra đời của xe sử dụng động cơ đốt trong.

Những động cơ đốt trong đầu tiên không có kì nén, hỗn hợp không khí/nhiên liệu được thổi vào động cơ đầu kì nạp. Khác biệt chủ yếu giữa động cơ hiện đại và động cơ nguyên thủy là thêm kì nén hỗn hợp trong xi lanh.

* 1206: Al-Jazari giới thiệu cơ cấu chuyển đổi chuyển động quay sang chuyển động tịnh tiến.

* 1509: Leonardo da Vinci mô tả động cơ không có kì nén.

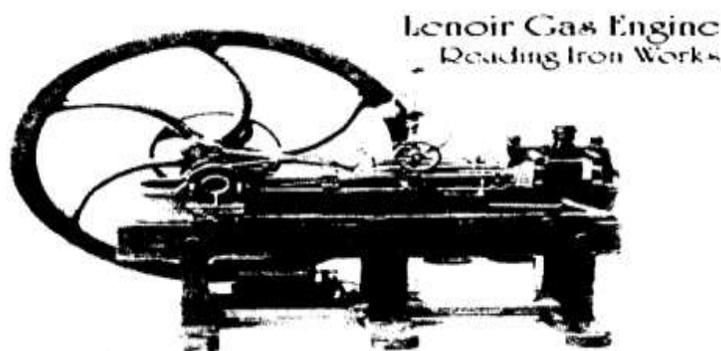
* 1673: Christian Huygens thực hiện động cơ không có kì nén.

* Thế kỉ thứ 17: Nhà phát minh người Anh Samuel Morland sử dụng thuốc súng để chạy bơm nước, phôi thai của động cơ đốt trong.

* 1780's: Alessandro Volta chế tạo súng điện đồ chơi, trong đó một tia lửa điện đốt cháy hỗn hợp hydrogen không khí.

* 1794: Robert Street chế tạo động cơ không kì nén mà nguyên lý hoạt động của nó thống trị gần một thế kỉ.

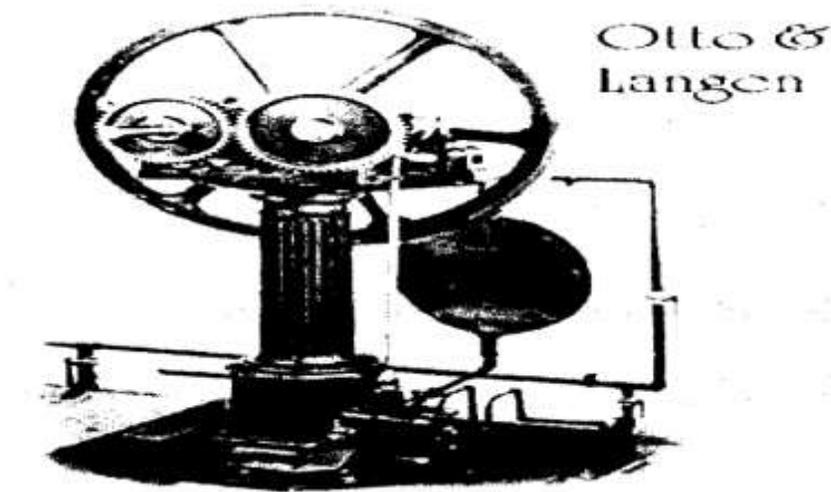
* 1806: Kỹ sư người Thụy Sĩ Francois Isaac de Rivaz chế tạo một động cơ đốt trong chạy bằng hỗn hợp hydrogen và oxygen.



Hình 2.1 Động cơ Lenoir chạy bằng gas.

* 1823: Samuel Brown được cấp bằng sáng chế về động cơ đốt trong đầu tiên dùng trong công nghiệp. Đó là động cơ không kì nén mà Hardenberg gọi là “ chu trình Leonardo”.

* 1824: Nhà vật lý người Pháp Sadi Carnot thiết lập lí thuyết nhiệt động học của động cơ nhiệt lí tưởng. Lí thuyết này cho thấy cần bổ sung kì nén để tăng mức chênh lệch giữa nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp của môi chất công tác.



Hình 2.2 Động cơ Otto.

* 1826: Samuel Morey người Mỹ được cấp bằng sáng chế về động cơ “ ga hơi bay” không kì nén.

*1838: William Barnet người Anh được cấp bằng sáng chế về động cơ đầu tiên có kì nén trong xi lanh.

* 1854: Hai người Ý Eugenio Barsanti và Felice Matteucci được cấp bằng phát minh về động cơ đốt trong làm việc hiệu quả đầu tiên nhưng không đưa ra sản xuất.

*1856: Pietro Benini thực hiện một mẫu động cơ Barsanti-Matteucci SHP. Sau đó thực hiện tiếp những động cơ khác có công suất lớn hơn với 1 hay 2 xi lanh được sử dụng thay cho động cơ hơi nước.

*1860: Jean Joseph Etienne Lenoir (1822-1900) người Bỉ chế tạo động cơ đốt trong chạy bằng gas tương tự như động cơ hơi nước nằm ngang tác động kép có xy lanh, piston, thanh truyền, bánh đà và gas thay thế cho hơi nước. Đây là động cơ đốt trong đầu tiên được sản xuất với số lượng lớn.

*1862: Nhà phát minh người Đức Nikolaus Otto thiết kế động cơ không kì nén với piston tự do tác động gián tiếp và hiệu suất cao hơn của nó chiếm lĩnh phần lớn thị trường động cơ tĩnh tại cỡ nhỏ chạy bằng khí thấp.

* 1870: Tại Vienna, Siegfried Marcus lắp động cơ chạy xăng đầu tiên lên xe.

* 1876: Nikolaus Otto, cùng với Gottlieb Daimler và Wilhelm Maybach, đã phát triển động cơ 4 kì theo chu trình Otto. Tuy nhiên, tòa án Đức không công nhận phát minh của ông bao trùm mọi động cơ nén trong xi lanh ngay cả đối với động cơ 4 kì, và sau phán quyết đó, động cơ nén trong xi lanh trở thành phổ biến.

* 1879: Karl Benz, được cấp bằng phát minh về chiếc động cơ đốt trong của ông, động cơ 2 kì chạy bằng gas, dựa trên ý tưởng của Nikolaus Otto về động cơ 4 kì. Sau đó Benz đã thiết kế động cơ 4 kì riêng của ông và lắp đặt trên ô tô và ô tô này trở thành chiếc ô tô đầu tiên chạy bằng động cơ đốt trong.

* 1882: James Atkinson phát minh động cơ làm việc theo chu trình Atkinson. Động cơ Atkinson có một kì sinh công đối với mỗi vòng quay với thể tích nạp và giãn nở khác nhau, nhờ vậy, hiệu suất động cơ cao hơn hiệu suất chu trình Otto.

* 1891: Herbert Akroyd Stuart phát triển động cơ chạy bằng dầu và giao quyền chế tạo cho công ti Anh Hornsby. Đó là động cơ đầu tiên khởi động nguội nén và đánh lửa. Năm 1892, họ lắp đặt những chiếc động cơ đầu tiên ở trạm bơm. Trong cùng năm đó, kiểu động cơ thử nghiệm tự cháy do nén đã được tiến hành nghiên cứu.

* 1892: Rudolf Diesel phát triển động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot sử dụng bột than làm nhiên liệu.

* 1893: ngày 23 tháng 2: Rudolf Diesel được cấp bằng phát minh cho chiếc động cơ Diesel của mình.

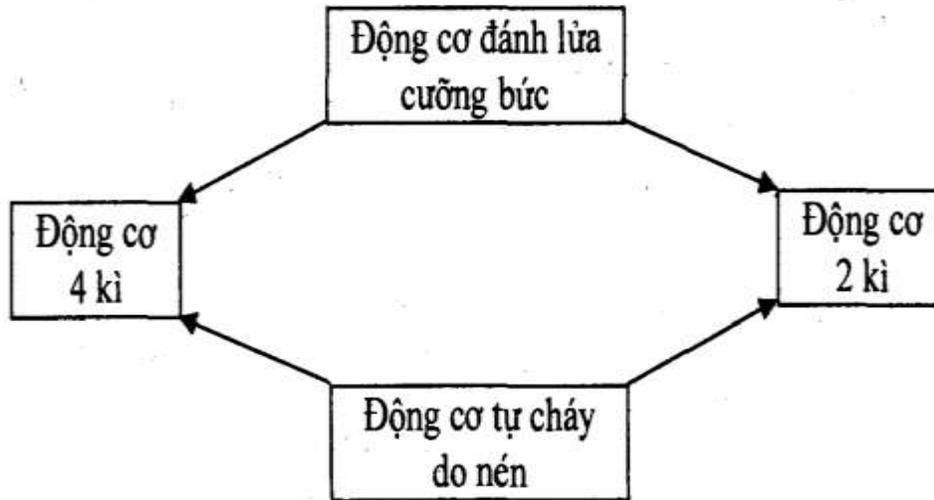
* 1896: Karl Benz phát minh động cơ kiểu "boxer", đó là động cơ đối xứng nằm ngang, trong đó các piston đến điểm chết trên cùng lúc, vì vậy tính cân bằng được đảm bảo.

* 1900: Rudolf Diesel giới thiệu động cơ Diesel sử dụng dầu đậu phụng (biodiesel).

* 1900: Wilhelm Maybach thiết kế một động cơ ô tô ở Hãng Daimler Motoren Gesellschaft đặt tên là Daimler-Mercedes theo tên cô con gái của ông.. Năm 1902, ô tô với động cơ này được đưa vào sản xuất hàng loạt bởi DMG.

2.1.2. Phân loại động cơ đốt trong.

Ở đây, chúng ta chỉ nghiên cứu động cơ đốt trong kiểu piston. Có nhiều cách phân loại động cơ khác nhau nhưng nhìn chung, chúng ta có thể phân loại theo sơ đồ dưới đây:



Hình 2.3 Sơ đồ phân loại động cơ đốt trong.

Về đặc điểm của quá trình cháy, chúng ta có thể phân loại thành hai nhóm động cơ đốt trong, đó là động cơ đánh lửa cưỡng bức và động cơ tự cháy do nén.

Động cơ đánh lửa cưỡng bức sử dụng hỗn hợp đồng nhất hòa trộn trước. Quá trình cháy được khởi động nhờ tia lửa điện. Màng lửa được dịch chuyển lan dần từ điểm đánh lửa đến điểm xa nhất của buồng cháy. Động cơ xăng, động cơ gas làm việc theo nguyên lý này.

Động cơ tự cháy do nén sử dụng quá trình cháy khuếch tán với hỗn hợp không đồng nhất. Quá trình cháy diễn ra song song với quá trình chuẩn bị hỗn hợp. Quá trình cháy được khởi động không phải bằng tia lửa điện mà do hiện tượng tự cháy của một bộ phận hỗn hợp đạt được điều kiện lý hóa tối ưu trong môi trường không khí ở nhiệt độ cao cuối quá trình nén. Động cơ Diesel làm việc theo nguyên lý này.

Động cơ phối hợp hai nguyên lý tổ chức quá trình cháy trên đây gọi là động cơ dual fuel. Động cơ này nạp hỗn hợp đồng nhất được chuẩn bị trước (như động cơ đánh lửa cưỡng bức) và quá trình đánh lửa được thực hiện bằng cách phun một lượng nhỏ nhiên liệu mỗi (như trường hợp động cơ tự cháy do nén).

Để tăng hiệu suất và giảm mức độ phát ô nhiễm, động cơ đánh lửa cưỡng bức ngày nay có thể làm việc với hỗn hợp chuẩn bị trước nhưng không đồng nhất. Đó là động cơ tạo hỗn hợp phân tầng lớn (stratified).

Cả hai loại động cơ này đều có thể làm việc theo nguyên lý 4 kì hay 2 kì. Chu trình của động cơ 4 kì gồm hai vòng quay trục khuỷu và một lần sinh công. Chu trình của động cơ hai kì gồm 1 vòng quay trục khuỷu và một lần sinh công.

2.1.3. Vấn đề ô nhiễm khí thải hiện nay.

Ô nhiễm khí thải là cụm từ mà không còn xa lạ đối với cuộc sống hiện nay, nó gây ra hàng triệu ca tử vong trên thế giới, và Việt Nam cũng không phải là ngoại lệ. Nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường chủ yếu từ khí thải của nhà máy không được xử lý, từ các phương tiện giao thông sử dụng động cơ đốt trong, từ quá trình phát triển của đất nước và từ quá trình sinh hoạt của con người.



Hình 2.4 Khí xả từ các nhà máy công nghiệp.

Các nguyên nhân đó sinh ra các loại chất độc hại, điển hình như NO_2 hay CO_2 , làm thủng tầng ozone, gây hiệu ứng nhà kính. Trách nhiệm hiện nay là hạn chế tối đa việc ô nhiễm môi trường, bằng cách hạn chế các chất độc hại, ban hành các quy định cũng như các tiêu chuẩn, ý thức của bản thân mỗi người. Đối với phương tiện giao thông, giảm thiểu khí thải bằng cách ban hành nhưng tiêu chuẩn khí thải như tiêu chuẩn EURO; tìm kiếm, phát triển những nguồn nhiên liệu sạch như điện, gió, năng lượng mặt trời hay các loại động cơ mới như động cơ điện, động cơ chạy bằng khí tự nhiên để giảm bớt phần nào khí thải độc hại thải ra.

Các hãng xe nổi tiếng trên thế giới như Toyota, Honda, Suzuki cũng góp phần nghiên cứu những động cơ mới, giảm thiểu tổn đa khí thải cũng như loại bỏ hoàn toàn động cơ đốt trong. Và Việt Nam ta cũng bắt kịp xu hướng khi Ông Phạm Nhật Vượng (Chủ tịch Vinfast) cho ra đời dòng xe Vinfast sử dụng động cơ điện và loại bỏ hoàn toàn động cơ đốt trong truyền thống, điển hình như dòng xe VF e34, VF8, VF5 hay VF9. Và trong tương lai, xe điện hay xe sử dụng nhiên liệu sạch sẽ là xu hướng phát triển của phương tiện giao thông nói chung và ô tô nói riêng.

2.1.4. Tìm hiểu tiêu chuẩn khí thải EURO.

Tiêu chuẩn khí thải được giới thiệu đầu tiên tại châu Âu vào năm 1970, sau 22 năm, năm 1992 tiêu chuẩn khí thải đầu tiên được ra đời mang tên Euro 1. Cho đến hiện nay, đã có 6 tiêu chuẩn Euro được áp dụng nhằm giảm thiểu tối đa lượng khí thải nằm ở mức cho phép.



Hình 2.5 Tiêu chuẩn khí thải EURO.

Euro 1 (EC93): Đây là tiêu chuẩn đầu tiên được Châu Âu áp dụng cho các dòng ô tô của họ được đưa ra vào tháng 7 năm 1992. Tại thời điểm đó, việc quy định khí thải không nghiêm ngặt như hiện nay, tiêu chuẩn yêu cầu toàn bộ xe được sản xuất ra phải lắp đặt bộ chuyển đổi xúc tác và nhiên liệu xăng sử dụng phải là xăng không chì. Ban đầu chỉ có hai chất hydrocarbon, oxit nito trên động cơ xăng và các hạt trong động cơ diesel được thử nghiệm. Qua nhiều năm, các quy định trở nên khắt khe hơn và giới hạn khí thải dần được hạ thấp.

Euro 2 (EC 96): Vào tháng 1-1996, tiêu chuẩn Euro 2 ra đời nhằm yêu cầu các xe phải giảm tiếp lượng khí thải carbon monoxit phát ra, đồng thời giảm giới hạn kết hợp cho hydrocacbon không cháy và oxit nito cho cả xe chạy bằng xăng và diesel.

Euro 3 (EC2000): Tiêu chuẩn Euro 3 được áp dụng trong năm 2000 và tiếp tục sửa đổi quy trình thử nghiệm để loại bỏ thời gian khởi động của động cơ khởi thủ tục kiểm tra, đồng thời làm giảm các giới hạn hạt cacbon monoxide và dầu được phép. Tiêu chuẩn Euro 3 cũng bổ sung thêm giới hạn Nox riêng cho động cơ diesel và giới thiệu các giới hạn HC và NOx riêng biệt cho động cơ xăng.

Euro 4 (EC2005): Đây là tiêu chuẩn thứ tư của tiêu chuẩn khí thải được Liên minh châu Âu quy định, được áp dụng từ năm 2005 yêu cầu tiếp tục thắt chặt các giới hạn về phát thải hạt từ động cơ diesel. Tiêu chuẩn Euro 4 tập trung yêu cầu làm sạch khí thải từ

xe diesel, đặc biệt phải giảm các hạt vật chất (PM) và Nox cùng với đó tất cả các xe diesel phải trang bị bộ lọc hạt mới nhất.

Euro 5: Tháng 9-2009, Euro 5 ra đời tiếp tục thắt chặt các giới hạn về phát thải hạt từ động cơ diesel và tất cả các xe diesel đều phải có các bộ lọc hạt, gọi là DPF, DPFs chiếm 99% tất cả các hạt và được trang bị cho mỗi chiếc xe diesel để đáp ứng các yêu cầu mới này. Euro 5 cũng có một số giới hạn về độ chặt NOx (giảm 28% so với Euro 4) cũng như lần đầu tiên, một giới hạn hạt cho động cơ xăng (chỉ áp dụng cho động cơ phun xăng trực tiếp). Euro 5 giải quyết được các tác động phát thải hạt, đồng thời giới thiệu một giới hạn về số lượng hạt cho động cơ diesel ngoài giới hạn trong lượng hạt.

Euro 6: Đây là tiêu chuẩn mới nhất được áp dụng cho toàn bộ xe hiện nay, nó được áp dụng từ tháng 9-2014, tiêu chuẩn này bắt buộc các dòng xe phải giảm lượng phát thải Nox từ động cơ diesel và thiết lập các tiêu chuẩn tương tự cho xăng và dầu diesel. Để đáp ứng các mục tiêu mới, một số nhà sản xuất ô tô đã giới thiệu SCR, trong đó một chất lỏng dung môi được bơm qua một chất xúc tác vào khí thải của một chiếc xe diesel. Một phản ứng hóa học chuyển đổi oxit nitơ thành nước và nitơ vô hại, chúng được thải ra qua ống xả.

Phương pháp thay thế đáp ứng các tiêu chuẩn của Euro 6 là Thoát tuần hoàn khí thải (EGR). Một phần khí thải được trộn với không khí nạp để giảm nhiệt độ đốt. ECU của xe kiểm soát EGR phù hợp với tải động cơ hoặc tốc độ.

2.2. Tìm hiểu về xe hybrid.

Ô tô truyền thống sử dụng động cơ đốt trong (ICE) có tính năng tốt và phạm vi hoạt động rộng bằng cách tận dụng lợi thế mật độ năng lượng cao của nhiên liệu xăng dầu. Tuy nhiên, loại ô tô này có nhược điểm là hiệu quả sử dụng nhiên liệu kém và ô nhiễm môi trường. Những lí do chính khiến hiệu suất sử dụng nhiên liệu kém của chúng là:

- Đặc tính hiệu quả sử dụng nhiên liệu của động cơ không phù hợp với yêu cầu vận hành trong thực tế.
- Tổn thất động năng của xe trong quá trình phanh, đặc biệt là khi xe hoạt động trong các khu vực đô thị.
- Hiệu suất của hệ thống truyền dẫn thủy lực trong xe ô tô hiện nay kém ở chế độ dừng, chạy thường xuyên.

Xe điện chạy bằng acquy (EV), mặt khác, có một số lợi thế hơn so với xe sử dụng động cơ đốt trong, như hiệu suất sử dụng năng lượng cao và không gây ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, tính năng hoạt động của chúng, đặc biệt là phạm vi hoạt động sau mỗi lần nạp điện, thấp hơn rất nhiều so với ô tô sử dụng động cơ đốt trong truyền thống do năng lượng lưu trữ trong acquy thấp hơn nhiều năng lượng lưu trữ trong nhiên liệu. Xe hybrid điện

(HEV), sử dụng hai nguồn năng lượng (nguồn năng lượng sơ cấp và nguồn năng lượng thứ cấp) có những ưu điểm của cả hai loại xe sử dụng động cơ đốt trong và xe sử dụng động cơ điện.

2.2.1. Nguyên nhân và lịch sử ra đời xe Hybrid.

❖ Nguyên nhân ra đời:

Ngày nay, tình trạng ô nhiễm không khí trầm trọng do khí thải từ động cơ ô tô đang là vấn đề nhức nhối của nhiều quốc gia. Để giảm thiểu tình trạng đó một cách tối ưu nhất, các công nghệ tiên tiến đã ra đời trên các dòng ô tô điện, ô tô dùng pin v.v... Nhưng vẫn chưa được áp dụng rộng rãi vì còn một số khuyết điểm về kỹ thuật. Đó là trong ô tô điện, việc sạc pin tốn khá nhiều thời gian, đây là mối lo ngại lớn để động cơ chạy bằng điện được sử dụng phổ biến trong đời sống. Đối với công nghệ fuel cell, hydro lỏng cần được bảo quản trong nhiệt độ rất thấp, cho nên chỉ được dùng ở các quốc gia có khí hậu lạnh, công nghệ này càng không phù hợp ở nước ta. Các hạn chế của hai công nghệ trên đã hình thành vách ngăn giữa công nghệ ô tô truyền thống và nhu cầu gìn giữ môi trường.

Công nghệ xe Hybrid được xem là một bước ngoặt vô cùng lớn trong thời điểm hiện tại và đã xâm nhập tràn lan vào thị trường các cường quốc Châu Âu, Châu Mỹ và Nhật Bản v.v... Công nghệ ô tô mới này đã giúp tiết kiệm được năng lượng cũng như góp phần gìn giữ môi trường.

❖ Những chiếc xe Hybrid đầu tiên:

Chiếc xe Hybrid đầu tiên được chế tạo vào những năm 1899 bởi kỹ sư Ferdinand Porsche. Theo nhiều tài liệu thì vào cùng khoảng thời gian này, có nhiều chiếc xe Hybrid được chế tạo với những cái tên khác, tuy nhiên sản phẩm của Ferdinand Porsche nổi bật nhất và cũng là chiếc xe Hybrid được thương mại hóa đầu tiên. Chiếc xe này với tên gọi là System Lohner-Porsche Mixte, nó sử dụng động cơ xăng để cung cấp năng lượng cho động cơ điện dẫn động bánh trước của xe.

Sau đó, Mixte đã được đón nhận nồng nhiệt và hơn 300 chiếc đã được sản xuất. Tuy nhiên, về sau nhu cầu về xe Hybrid đã bắt đầu suy yếu khi Henry Ford lắp đặt dây chuyền lắp ráp ô tô đầu tiên vào năm 1904. Cùng với đó, những quy định thiếu chặt chẽ về khí thải và giá xăng rẻ mạt khiến xe xăng phổ biến, điều đó làm thu hẹp đáng kể thị trường xe Hybrid.



Hình 2.6 System Lohner-Porsche Mixte.

❖ **Những dấu hiệu khởi sắc cho dòng xe Hybrid:**

Những năm 1960, Quốc hội Hoa Kỳ đã ban hành luật khuyến khích nên sử dụng các phương tiện chạy bằng điện trong nỗ lực giảm thiểu ô nhiễm không khí. Trong bối cảnh này, chính phủ Hoa Kỳ đã nỗ lực đầu tư cho sự phát triển tốt hơn của xe Hybrid nhưng cũng không mang nhiều kết quả bởi cuộc khủng hoảng dầu mỏ đã khiến giá xăng tăng cao. Vào cuối những năm 1990, xuất hiện một số loại xe chạy hoàn toàn bằng điện đã được giới thiệu như GM EV1 và Toyota RAV 4EV, nhưng sớm bị loại khỏi sản xuất. Mãi cho đến khi Toyota phát hành Prius tại Nhật Bản vào năm 1997, một giải pháp thay thế khả thi cho các phương tiện chạy bằng khí đốt đã được giới thiệu tới công chúng.



Hình 2.7 Toyota Prius phát hành cuối năm 1997.

❖ **Sự hồi sinh:**

Năm 1999, Honda Insight đã trở thành xe HEV (Hybrid Engine Vehicle) sản xuất hàng loạt đầu tiên được phát hành tại Hoa Kỳ. Cùng với những chiếc sedan Toyota Prius đã mang lại sự hồi sinh cho công nghệ xe Hybrid.

Kể từ khi Toyota Prius được giới thiệu tại Hoa Kỳ năm 2000, Prius đã trở thành đồng nghĩa với thuật ngữ “hybrid”. Đây là loại xe HEV phổ biến nhất và công nghệ của nó làm nền tảng cho vô số các loại xe khác.



Hình 2.8 Honda Insight 1999.

❖ Hướng tới tương lai:

Trong thời đại ngày càng yêu cầu cao về bảo vệ môi trường, Hybrid đang là lợi thế và cũng còn nhiều thách thức cạnh tranh khốc liệt. Khi công nghệ Hybrid tiếp tục được cải thiện, nó sẽ phát triển một chỗ đứng vững chắc hơn nữa trên thị trường ô tô thế giới. Dù trong tương lai có rất nhiều thách thức, thì có một điều luôn chắc chắn rằng, các nhà sản xuất ô tô sẽ tiếp tục phát triển và chế tạo xe Hybrid lên hết tiềm năng của loại xe này.

2.2.2. *Khái niệm ô tô Hybrid.*

Xe Hybrid là kiểu xe không chỉ sử dụng một động cơ đốt trong truyền thống, cũng không sử dụng hoàn toàn một động cơ điện, mà nó sử dụng song song cả hai loại động cơ. Hybrid có nghĩa là lai tạo, hỗn hợp, khi đó, thông thường động cơ đốt trong sẽ cung cấp cho chiếc xe sức mạnh để giúp xe bắt đầu di chuyển vì có lực kéo lớn, sau khi xe chuyển động ổn định thì sẽ chuyển hoàn toàn sang động cơ điện để xe vận hành êm ái và hiệu quả nhất.

Mục đích của xe hybrid là hạn chế việc sử dụng động cơ đốt trong, tránh thải ra khí độc hại giúp bảo vệ môi trường. Hiện nay, đa số xe hybrid sử dụng chủ yếu là động cơ điện và động cơ xăng.



Hình 2.9 Xe Toyota Camry Hybrid 2025.

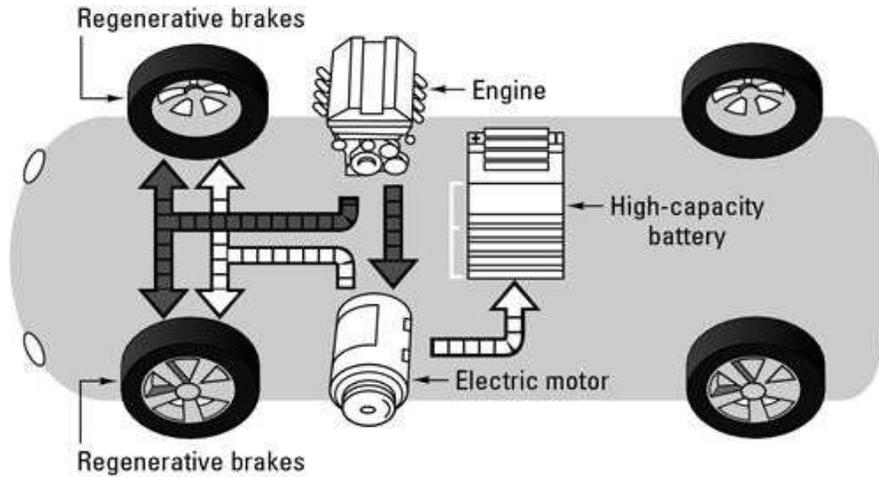
2.2.3. Nguyên lý hoạt động của xe Hybrid.

Mỗi dòng xe hybrid đều có một động cơ điện và động cơ xăng, động cơ điện được sử dụng khi khởi động xe và khi xe bắt đầu tăng tốc. Bởi vì trong khoảng thời gian này, chiếc xe cần có moment xoắn lớn để đẩy chiếc xe đi, động cơ điện của xe đáp ứng được điều đó. Ngay cả khi xe lên dốc, động cơ điện vẫn hoạt động ổn định giúp chiếc xe di chuyển một cách mượt mà nhất.

Đến một khoảng thời gian nào đó, động cơ điện sẽ được chuyển thành động cơ xăng giúp xe chuyển động ổn định, khi đó, động cơ điện sẽ ngừng hoạt động mà thay vào đó được sạc ngược lại. Khi xe phanh, trên xe hybrid sẽ một hệ thống gọi là phanh tái tạo, giúp chiếc xe sạc ngược lại cho pin, đây là tính năng vô cùng hay mà chỉ các dòng xe điện hay hybrid mới có, đối với các động cơ truyền thống thông thường, việc phanh sẽ tạo ra một lực ma sát lớn, đây là những hao phí mà xe thông thường tạo ra.

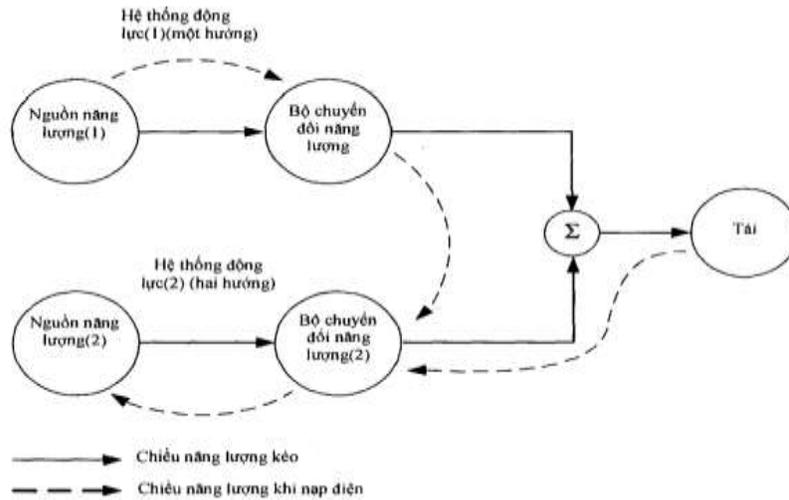
Ngược lại, các xe hybrid cũng như xe điện, phanh tái tạo vừa có chức năng hãm tốc độ của xe, vừa có chức năng sạc ngược lại cũng sạc lại pin cho xe cho quá trình hoạt động sau này. Đối với các xe hybrid hiện nay, không cần phải sạc như xe điện thuần có những cục pin lớn, xe hybrid sẽ tự sạc cho bản thân chúng trong một vòng tuần hoàn khép kín với tuổi thọ của pin vô cùng cao.

Xe hybrid sẽ tiết kiệm phần lớn nhiên liệu truyền thống giúp giảm tải lượng khí thải độc hại ra ngoài môi trường.



Hình 2.10 Nguyên lý hoạt động cơ bản của xe Hybrid.

2.2.4. Hệ thống động lực ô tô hybrid điện.



Hình 2.11 Minh họa hệ thống động lực ô tô Hybrid điện.

Về cơ bản, hệ thống động lực của bất kỳ loại ô tô nào cũng có các yêu cầu:

- Phát năng lượng đủ để đáp ứng nhu cầu về tính năng của xe.
- Mang theo đủ năng lượng đảm bảo cho xe hoạt động được trong phạm vi nhất định.
- Chứng minh được hiệu quả cao và ít gây ô nhiễm môi trường.

Nói rộng ra, một chiếc xe có thể có nhiều hơn một nguồn động năng lượng và bộ chuyển đổi năng lượng, chẳng hạn như động cơ xăng(hoặc dầu diesel), hệ thống động cơ điện chạy bằng pin nhiên liệu hydrogen, hệ thống động cơ điện chạy bằng acquy hóa học,... Một chiếc xe có hai hoặc nhiều hơn các nguồn năng lượng và hệ thống chuyển đổi năng lượng được gọi là xe hybrid. Một chiếc xe hybrid có hệ thống động lực điện (nguồn năng lượng hay hệ thống chuyển đổi năng lượng) được gọi là xe hybrid điện HEV. Thông

thường, ô tô hybrid có không quá hai nguồn động lực. Khi sử dụng hơn hai nguồn động lực, cơ cấu phối hợp công suất trở nên rất phức tạp. Với mục đích thu hồi năng lượng phanh, năng lượng bị mất đi dưới dạng nhiệt năng đối với ô tô sử dụng động cơ đốt trong truyền thống, hệ thống động lực của xe hybrid điện thường có bộ chuyển đổi năng lượng hai chiều. Các hệ thống động lực khác có thể biến đổi năng lượng hai chiều hay một chiều. Hình 2.11 giới thiệu sơ đồ hệ thống động lực ô tô hybrid và chiều của các nguồn công suất khác nhau.

Có nhiều phương án phối hợp công suất khác nhau để đạt được chế độ tải yêu cầu sau đây:

1. Một mình nguồn động lực 1 cung cấp năng lượng cho tải.
2. Một mình nguồn động lực 2 cung cấp năng lượng cho tải.
3. Cả hai nguồn động lực 1 và 2 cung cấp năng lượng cho tải cùng một lúc.
4. Nguồn động lực 2 nhận răng lượng từ tải (phanh tái sinh).
5. Nguồn động lực 2 nhận năng lượng từ nguồn động lực 1.
6. Nguồn động lực 2 nhận năng lượng từ nguồn động lực 1 và từ tải cùng một lúc.
7. Nguồn động lực 1 cung cấp năng lượng cho tải và cho nguồn động lực 2 cùng một lúc.
8. Nguồn động lực 1 cung cấp công suất cho nguồn động lực 2 và nguồn động lực 2 cung cấp năng lượng cho tải.
9. Nguồn động lực 1 cung cấp công suất cho tải và tải cung cấp công suất cho nguồn động lực 2.

Trong trường hợp lai ghép gồm một động cơ đốt trong nhiên liệu lỏng (nguồn động lực 1) và động cơ điện sử dụng acquy (nguồn động lực 2)

Phương án (1) là chế độ một mình động cơ kéo tải. Trường hợp này xảy ra khi acquy hoàn toàn hết điện và động cơ không còn đủ công suất để nạp điện cho acquy hay khi acquy đã được nạp đầy và động cơ có thể cung cấp năng lượng đủ để đáp ứng nhu cầu năng lượng của xe.

Phương án (2) là chế độ chỉ sử dụng động cơ điện, trong đó động cơ nhiệt ở chế độ tắt máy. Phương án này có thể được sử dụng trong trường hợp động cơ không thể hoạt động hiệu quả như khi tốc độ rất thấp hoặc ở những nơi nghiêm cấm sự phát thải.

Phương án (3) là chế độ kéo lai và có thể được sử dụng khi cần năng lượng lớn, chẳng hạn như khi tăng tốc đột ngột hoặc khi xe leo lên đồi dốc.

Phương án (4) là chế độ phanh tái tạo, khi đó động năng hay thế năng của xe được thu hồi thông qua động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát điện. Năng lượng phục hồi được lưu trữ trong acquy.

Phương án (5) là chế độ mà trong đó động cơ nạp điện cho acquy khi xe dừng hoặc xuống dốc có độ nghiêng thấp, khi đó tải không nhận và cũng không phát năng lượng.

Phương án (6) là chế độ trong đó cả năng lượng do phanh tái tạo và động cơ nạp điện cho acquy cùng một lúc.

Phương án (7) là chế độ trong đó động cơ kéo xe và nạp điện cho acquy cùng một lúc.

Phương án (8) là chế độ mà trong đó động cơ nạp điện cho acquy, còn acquy thì cung cấp điện cho tải.

Phương án (9) là chế độ mà trong đó động cơ nạp điện cho acquy thông qua khối lượng xe. Cấu hình tiêu biểu của chế độ này là hai nguồn động lực lắp riêng rẽ trên trục trước và trục sau của xe.

Các chế độ hoạt động khác nhau trên đây của ô tô hybrid tạo ra sự linh hoạt cao hơn đối với ô tô chỉ dùng một nguồn động lực duy nhất. Với cấu hình và hệ thống điều khiển thích hợp, việc áp dụng phương án phối hợp công suất cụ thể cho từng điều kiện hoạt động đặc biệt của ô tô có thể làm tối ưu hóa tính năng tổng thể, hiệu suất và mức độ phát thải. Tuy nhiên, trong thiết kế thực tế, việc quyết định áp dụng phương án nào phụ thuộc vào nhiều yếu tố, chẳng hạn như các cấu hình vật chất của hệ thống truyền động, đặc tính hiệu quả của hệ thống động lực, đặc tính tải,...

2.2.5. Ưu/nhược điểm của xe Hybrid.

2.2.5.1. Ưu điểm.

Các dòng xe xe hybrid được trang bị thêm một động cơ điện giúp giảm bớt một phần hoạt động của động cơ xăng, do đó, hạn chế được lượng lớn khí thải CO₂ mà động cơ xăng phát ra. Cùng với đó, việc tiêu thụ nguồn năng lượng điện thay cho nhiên liệu của động cơ xăng giúp giảm bớt chi phí sử dụng xăng. Ví dụ chiếc xe Toyota Camry HEV chỉ tiêu tốn 4.3L/100km đường trường và 4,9L/100km đường hỗn hợp, nó sẽ tiết kiệm được một phần chi phí đi lại trong thời buổi giá xăng dầu tăng mạnh như hiện nay.

Một ưu điểm lớn nữa của xe hybrid mà được nói ở trên đó là tận dụng nguồn năng lượng khi phanh. Các dòng xe thông thường khi phanh, năng lượng sẽ chuyển đổi thành nhiệt năng, nhiệt năng không được sử dụng bất kì hoạt động gì dẫn đến hao phí. Còn xe hybrid, được trang bị phanh tái tạo, khi người lái đạp chân phanh, phanh tái tạo giúp xe giảm tốc độ, cùng với đó, phanh giúp động cơ điện điện từ quá trình sinh công chuyển sang máy phát điện giúp sạc ngược điện lại cho pin, từ đó pin lại tiếp tục được sạc đầy mà không cần phải tiếp nguồn điện từ bên ngoài.

Động cơ điện giúp xe hoạt động ổn định và mượt mà khi tăng tốc và leo dốc, còn động cơ xăng giúp xe hoạt động ổn định, do đó, động cơ xăng có thiết kế nhỏ gọn giúp xe

nhẹ hơn và gọn hơn, khoang bên trong xe được mở rộng, thuận tiện cho việc chở người và hành lý.

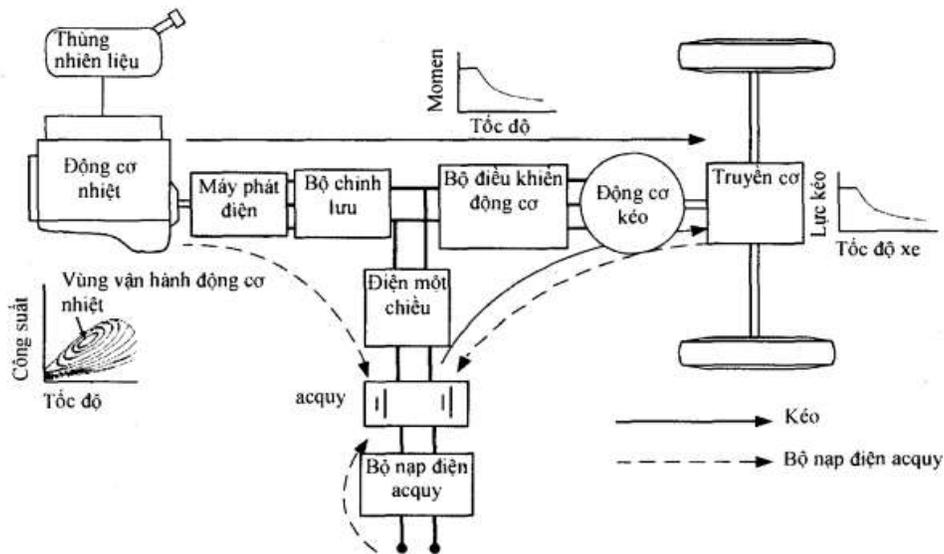
2.2.5.2. Nhược điểm.

Chi phí để sở hữu một chiếc xe hybrid khá cao so với động cơ truyền thống, do xe phải được tính toán kỹ lưỡng cũng như chi phí để sản xuất cao, đặc biệt là những cục pin và máy phát điện. Cùng với đó những chiếc xe hybrid có công suất thấp hơn nhiều so với động cơ chạy xăng thông thường, phù hợp với từng nhu cầu, nếu là quãng đường xa thì nên chọn những dòng xe sử dụng động cơ truyền thống là lựa chọn hợp lý.

Vì xe có cấu tạo phức tạp cùng với việc sử dụng năng lượng điện, dẫn đến việc bảo dưỡng và sửa chữa khá cao, cùng với đó xe sở hữu dòng điện lớn, dẫn đến nếu người sửa chữa không cẩn thận có thể gây nguy hiểm đến tính mạng.

2.2.6. Các kiểu truyền động Hybrid.

2.2.6.1. Hệ thống Hybrid nối tiếp.



Hình 2.12 Cơ cấu nối tiếp.

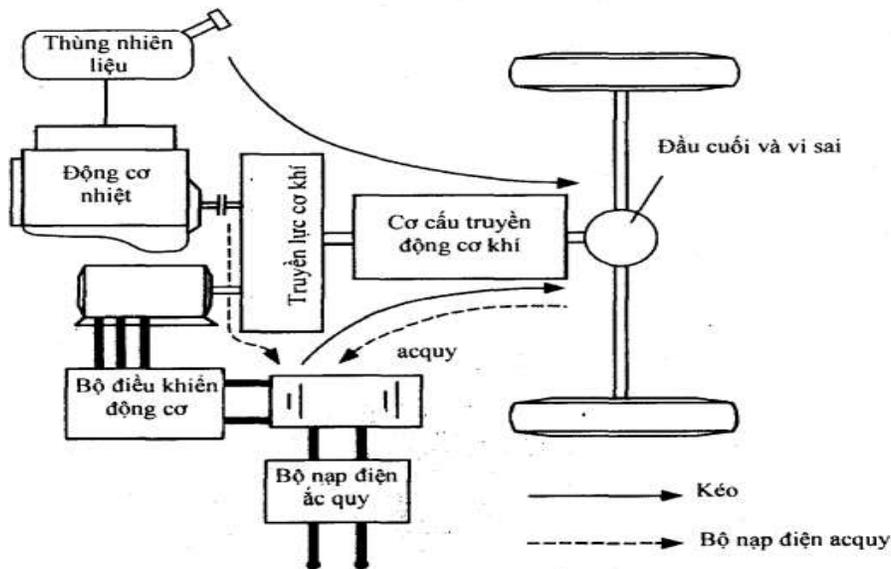
Hệ thống động lực của đại bộ phận ô tô hybrid nối tiếp được giới thiệu trên hình sau. Nguồn năng lượng một chiều ở đây là bình nhiên liệu và bộ chuyển đổi năng lượng một chiều ở đây là một động cơ kéo máy phát điện. Đầu ra của máy phát điện được kết nối với bộ công suất điện thông qua bộ chuyển đổi điện từ (chỉnh lưu). Nguồn năng lượng hai chiều là một bộ ac quy điện hóa, kết nối với bộ công suất điện qua bộ chuyển đổi điện từ (bộ biến đổi AC/DC). Bộ công suất điện được kết nối với bộ điều khiển của động cơ điện. Động cơ điện có thể hoạt động ở chế độ động cơ hay chế độ máy phát, có thể quay xuôi hay quay ngược. Hệ thống động lực này cần có bộ nạp điện cho ac quy sử dụng điện lưới. Ô tô hybrid nối tiếp có các chế độ hoạt động sau đây:

1. Chỉ chạy bằng điện: Động cơ nhiệt tắt, xe hoạt động bằng nguồn acquy.
2. Chỉ chạy bằng động cơ nhiệt: Công suất kéo của xe từ cụm động cơ-máy phát điện, trong khi đó acquy không cung cấp cũng không nhận năng lượng từ hệ thống động lực. Máy điện làm nhiệm vụ như một hệ thống truyền lực điện từ động cơ đến bánh xe chủ động.
3. Chế độ hybrid: Lực kéo được tạo ra từ cụm động cơ-máy phát điện và acquy.
4. Động cơ tạo lực kéo acquy nạp điện: Cụm động cơ-máy phát điện cung cấp điện để nạp acquy và kéo xe.
5. Chế độ phanh tái tạo: Động cơ-máy phát điện tắt, động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát. Công suất điện tạo ra được sử dụng để nạp acquy.
6. Chế độ nạp acquy: Các động cơ điện không nhận công suất, cụm động cơ-máy phát điện nạp điện cho acquy.
7. Chế độ nạp điện acquy hybrid: Cả cụm động cơ-máy phát điện động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát nạp điện cho acquy.
 - ❖ Hệ thống hybrid nối tiếp có một số lợi thế:
 - a. Động cơ hoàn toàn không có liên hệ cơ khí với bánh xe chủ động. Do đó, nó có thể được vận hành tại bất kì điểm nào trên biểu đồ đặc trưng mômen-tốc độ, và vì vậy nó có khả năng vận hành trong vùng hiệu quả tối đa như giới thiệu ở hình trên. Hiệu suất và mức độ phát thải của động cơ có thể được cải thiện hơn nữa bằng cách thiết kế và điều khiển tối ưu cho động cơ vận hành trong khu vực thu hẹp này. Một khu vực hẹp cho phép cải thiện hiệu quả lớn hơn nhiều so với việc tối ưu hóa trên phạm vi toàn bộ. Hơn nữa, việc tách rời quan hệ cơ khí giữa động cơ và bánh xe chủ động cho phép sử dụng động cơ tốc độ cao.
 - b. Vì động cơ điện có đặc tính mômen-tốc độ gần lí tưởng, nó không cần phải sử dụng bộ truyền nhiều cấp. Do đó, việc chế tạo bộ truyền rất đơn giản và giảm thiểu chi phí. Hơn nữa, thay vì sử dụng một động cơ điện và cầu vi sai, ta có thể sử dụng hai động cơ điện, mỗi động cơ dẫn động một bánh xe duy nhất. Điều này cho phép tách rời tốc độ giữa hai bánh xe giống như một cơ cấu vi sai nhưng nó cũng hoạt động như một vi sai trượt giới hạn nhằm kiểm soát lực kéo. Cuối cùng, chúng ta có thể sử dụng bốn động cơ điện cho tất cả bánh xe chủ động mà không cần hệ thống vi sai và các trục dẫn động phức tạp.
 - c. Việc điều khiển đơn giản có thể là hệ quả của việc truyền động điện thay vì truyền động cơ. Tuy nhiên, ô tô hybrid nối tiếp có một số nhược điểm:

- Năng lượng từ động cơ được chuyển đổi hai lần (cơ khí thành điện qua máy phát điện và điện thành cơ khí qua động cơ điện). Sự thiếu hiệu quả của máy phát điện và động cơ điện gây ảnh hưởng đến hiệu suất của xe.
- Sự hiện diện của máy phát điện làm tăng trọng lượng và giá thành của xe.
- Động cơ điện phải đủ lớn để đáp ứng yêu cầu lực kéo tối đa của xe vì chỉ có mình nó tạo ra lực kéo.

2.2.6.2. Hệ thống Hybrid song song.

Hybrid truyền động theo cơ cấu song song: Đối với loại hệ thống này, cả hai nguồn động lực (động cơ xăng và motor/máy phát điện) đều được kết nối trực tiếp vào bánh xe chủ động và có thể truyền động lực một cách độc lập hoặc đồng thời với nhau. Nói một cách đơn giản là bánh xe có thể được xoay một cách riêng biệt bằng động cơ điện hoặc động cơ xăng, hoặc đồng thời cả hai. Động cơ điện đảm nhiệm hai chức năng chính. Chức năng thứ nhất là chuyển hóa điện năng được cung cấp từ pin điện thành cơ năng tới bánh xe chủ động. Chức năng thứ hai là chuyển hóa ngược lại từ cơ năng từ phanh và giảm tốc độ để tạo thành điện năng để nạp lại cho pin. Hầu hết các hãng sản xuất Ô tô Hybrid hiện nay đều cùng thiết kế theo cách này vì tính ưu việt của nó là có thể tận dụng cả hai nguồn năng lượng một cách hiệu quả nhất.



Hình 2.13 Cơ cấu kiểu song song.

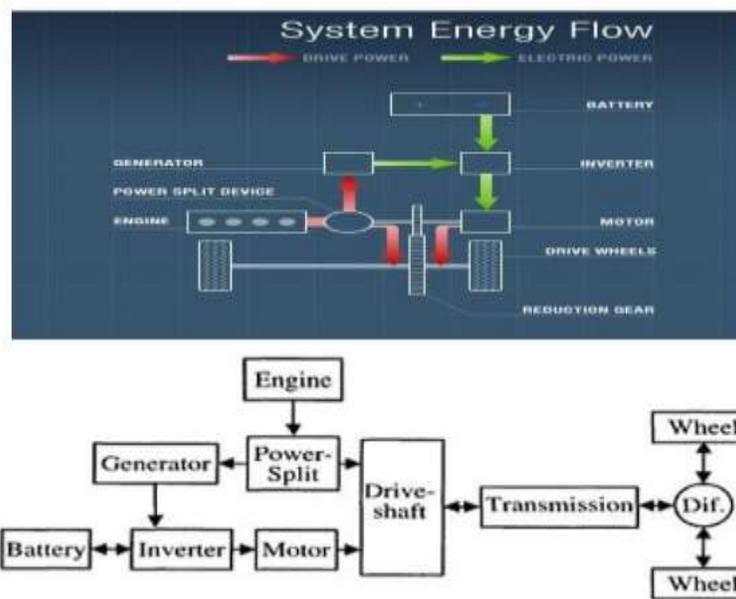
Ưu thế: hệ thống này sử dụng cả hai nguồn năng lượng nên công suất của ô tô sẽ mạnh hơn, mức độ hoạt động của động cơ điện ít hơn động cơ đốt trong nên không gian bình ắc-quy nhỏ và gọn, trọng lượng của xe nhẹ hơn so với kiểu ghép nối tiếp và hỗn hợp.

Tuy nhiên động cơ điện và bộ phận điều khiển motor điện có kết cấu phức tạp, giá thành đắt. Động cơ đốt trong phải thiết kế với công suất lớn hơn kiểu lai nối tiếp. Tính ô nhiễm môi trường cũng như tính kinh tế nhiên liệu không cao.

2.2.6.3. Hệ thống Hybrid hỗn hợp.

Cơ cấu này là sự kết hợp hai cơ cấu nối tiếp và song song nhằm để tối ưu những điểm mạnh của hai hệ thống mang lại. Cơ cấu có hai motor, và tùy vào từng trường hợp truyền động, chỉ cần motor điện hoặc cả motor điện và động cơ, mục đích là để đạt hiệu suất cao nhất. Cơ cấu này được ứng dụng trên xe Hybrid Prius và Hybrid Estima.

Ưu thế của hệ thống này giống với kiểu song song chính là tận dụng tối đa tính năng và công suất, giúp chiếc xe vận hành hiệu quả và tiết kiệm được nhiên liệu sản sinh. Ngày nay, phần lớn các xe hybrid trên thị trường thường sử dụng kiểu hệ thống truyền lực này. Tuy nhiên, hạn chế của nó là giá thành quá cao, chi phí chế tạo và sửa chữa tốn kém, sử dụng nguồn điện lớn dễ gây nguy hiểm nếu không biết xử lý đúng cách.



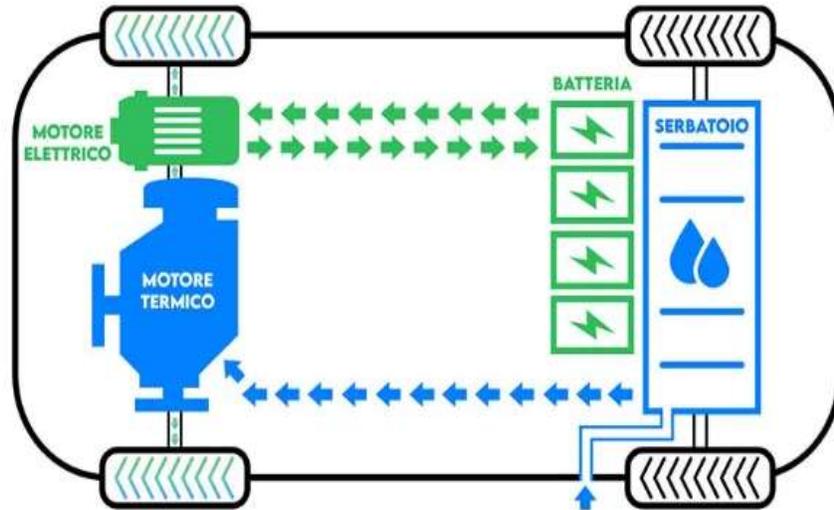
Hình 2.14 Cơ cấu kiểu hỗn hợp.

2.2.7. Phân loại xe Hybrid.

2.2.7.1. FHEV.

FHEV được viết tắt bởi cụm từ Full Hybrid Electric Vehicle, FHEV chạy bằng cả động cơ đốt trong và động cơ điện sử dụng năng lượng được lưu trữ trong pin. Tuy nhiên, không giống như hầu hết các loại xe điện, trình điều khiển HEV sạc pin của chúng được thông qua phanh tái tạo. Hệ thống phanh tái tạo tích trữ động năng dùng để dừng xe để sạc pin và giúp động cơ đốt trong tăng tốc cho xe. Micro hybrid, sử dụng cả pin và động cơ điện để xe chạy.

Mặc dù chúng không thể chạy hoàn toàn bằng năng lượng điện, nhưng chúng tôi đa hóa khả năng tiết kiệm nhiên liệu bằng cách tắt động cơ đốt trong khi dừng hoàn toàn. Hệ thống hybrid hoàn toàn có năng lượng pin để giúp xe di chuyển chỉ bằng điện, nhưng thường chỉ trong khoảng cách ngắn vì năng lượng pin có hạn. Nhưng động cơ đốt trong sẽ nhanh chóng được khởi động để nạp lại năng lượng cho pin.

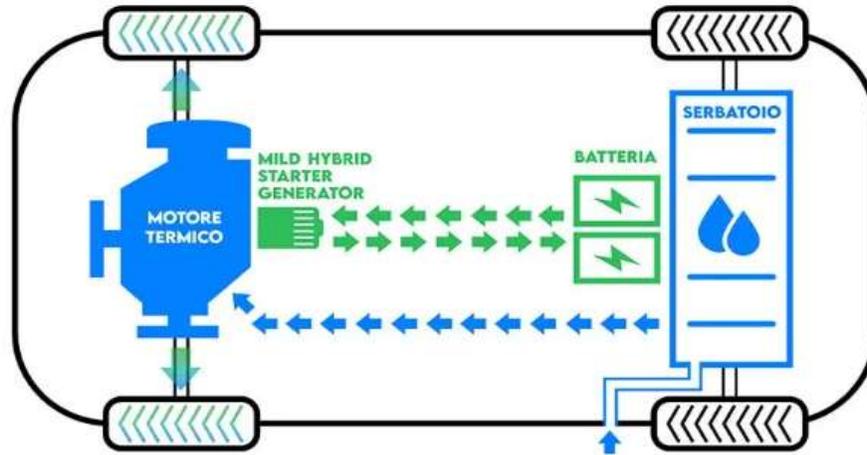


Hình 2.15 Hệ thống FHEV.

2.2.7.2. MHEV.

MHEV- Mild Hybrid Electric Vehicle là cấp độ lai thấp nhất của xe Hybrid. Hệ thống Mild – hybrid là sự kết hợp giữa động cơ đốt trong, pin và động cơ điện, nhưng pin và động cơ điện nhỏ hơn nhiều. MHEV cải thiện mức tiết kiệm xăng bằng cách sử dụng pin 48V khiêm tốn và động cơ điện để tăng hiệu quả của động cơ đốt trong (ICE).

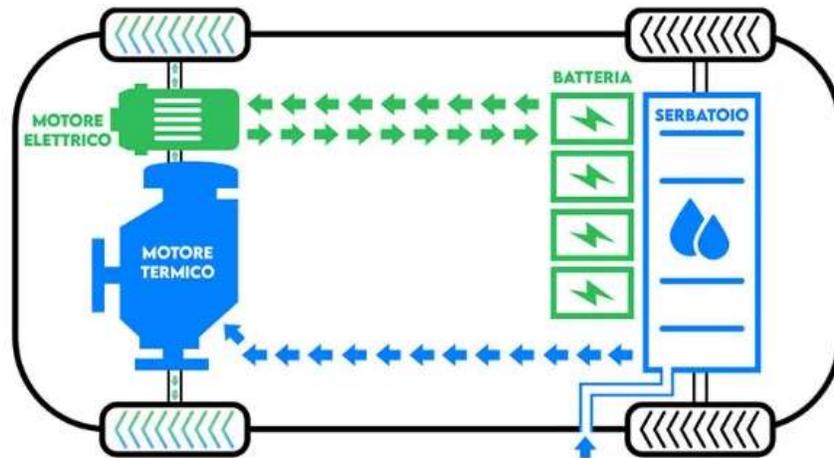
Không giống như xe hybrid điện, MHEV không chỉ chạy bằng năng lượng điện, mặc dù ICE có thể bị tắt trong quá trình phanh, giảm tốc độ và dừng lại. Ngoài ra, ngay cả khi tắt ICE, động cơ điện vẫn có thể cung cấp năng lượng cho các tính năng không cần thiết như điều hòa không khí hoặc sưởi ghế.



Hình 2.16 Hệ thống Mild- Hybrid.

2.2.7.3. PHEV.

PHEV là viết tắt Plug-in Hybrid Electric Vehicle. PHEV mở rộng dựa trên khái niệm về xe hybrid tiêu chuẩn. Chúng có cả động cơ đốt trong và động cơ điện chạy bằng pin và có thể cắm sạc bên ngoài để sạc lại pin. Điều này cho phép pin lưu trữ đủ năng lượng để cung cấp cho động cơ điện và do đó giảm mức sử dụng khí đốt của bạn tới 60%. Điều này có thể giúp bạn tiết kiệm thời gian và tiền bạc tại máy bơm xăng. Xe PHEV có thể di chuyển quãng đường lên tới 40 dặm chỉ bằng năng lượng điện, thay vì một vài dặm với xe hybrid tiêu chuẩn.



Hình 2.17 Hệ thống Plug- In Hybrid.

Xe có thể sạc bằng điện dân dụng với (AC100V/200V) hoặc sạc nhanh DC công suất lớn được bố trí giúp giảm thời gian sạc điện.

2.2.7.4. REX.

REX- Range Extender Hybrid gồm có động cơ điện và động cơ đốt trong. Nhưng động cơ đốt trong không phải chịu trách nhiệm về truyền động cho xe mà chỉ dùng để sạc

pin cho hệ thống. Động cơ điện sẽ tham gia chính chủ yếu vào quá trình hoạt động bánh xe. Động cơ đốt trong sẽ được bố trí bằng một động cơ cỡ nhỏ, còn động cơ điện thì được mở rộng phạm vi hoạt động. REX Hybrid thường không tương thích với các xe ô tô đòi hỏi hiệu suất cao. Một số mẫu xe sử dụng hệ thống REX như BMW I3 REX, một số mẫu xe Chevrolet Volt, và một số mẫu concept từ Nissan và Mazda...



Hình 2.18 Xe BMW I3 2016 REX.

2.3. Tình hình và xu thế của xe Hybrid

2.3.1. Xu thế xe hybrid.

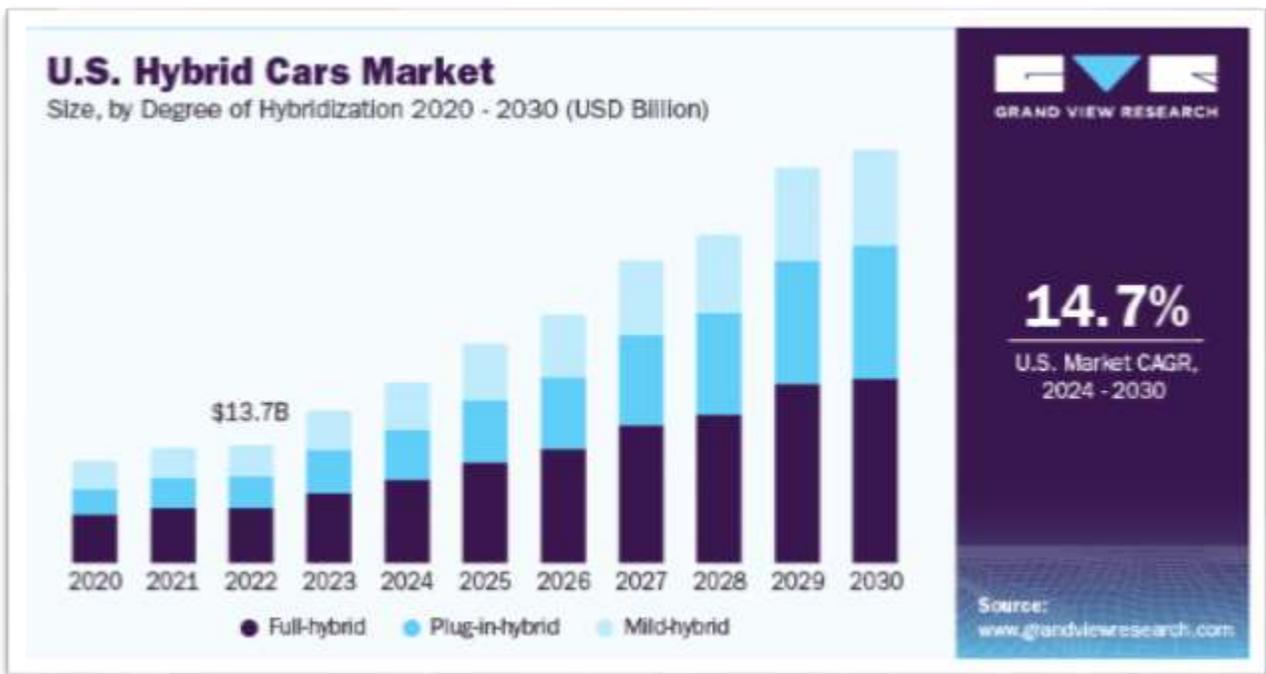
Vào đầu thế kỷ 20 các nhà sản xuất xe của Mỹ đã sử dụng động cơ xăng, điện và hơi nước một cách song song. Họ sớm nhận ra rằng hai hay nhiều động cơ kết hợp lại sẽ làm tăng tính hiệu quả của động cơ. Và kết quả của giả thuyết đó là động cơ Hybrid (động cơ xăng điện) ra đời vào năm 1905 do một kỹ sư người Mỹ phát minh. Thời kỳ đó phát minh này không được mấy người quan tâm bởi vì động cơ đốt trong khi đó còn khá rẻ so với động cơ xăng điện có cùng công suất. Sau 70 năm, khi cuộc khủng hoảng dầu lửa xảy ra, vấn đề tiết kiệm nhiên liệu mới được quan tâm nhiều và đây chính là lý do để động cơ Hybrid được nghiên cứu lại. Tuy nhiên, 30 năm trước, do một số quy định nên động cơ Hybrid đã bị trì hoãn. Ngày hôm nay những chiếc xe như Toyota Prius hay Honda Accord loại Hybrid đã trở nên phổ biến, được nhiều người tiêu dùng yêu thích. Liệu Hybrid có phải là xu hướng của xe trong tương lai?

Một trong những lý do nữa khiến Hybrid ngày càng được quan tâm đó là môi trường sống. Như chúng ta biết động cơ đốt trong sẽ thải ra khí carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) và khí hydro-carbon (HC) chưa đốt, đây là những nhân tố chính gây ô nhiễm

môi trường. Các hiện tượng như sự nóng lên của toàn cầu hay hiện tượng “El Nino” xảy ra một phần là hậu quả của việc sử dụng động cơ dầu diesel và xăng.

Sự phát triển của công nghệ Hybrid sẽ giúp hạ giá thành nhiên liệu, theo ước tính lượng xe Hybrid được sản xuất sẽ tăng gấp đôi mỗi năm, một dự báo rất lạc quan là vào năm 2007 hay 2008 sẽ có khoảng một triệu xe Hybrid được tiêu thụ tại thị trường Mỹ. Nhưng chúng ta không nên quên rằng doanh số của các loại xe thông thường cũng sẽ tăng lên, ví dụ như nếu hiện nay có 200 ngàn chiếc xe tại Mỹ, thì sau 20 năm con số đó có thể sẽ là 300 ngàn chiếc.

Năm 2006, thị trường Mỹ có 10 mẫu xe Hybrid khác nhau có giá từ 19,000 đôla tới 53,000 đôla. Chiếc Honda Civic và Toyota Prius được coi là những chiếc xe thông dụng nhất có giá dưới 30,000 đôla. Mức giá đó có thể là không phải là thấp đối với một chiếc compact sedan nhưng cũng không quá cao. Trong vòng 5 năm tới số xe Hybrid sẽ lên đến 50 chiếc gồm nhiều hình dáng, kích thước và giá cả.



Hình 2.19 Xu hướng thị trường xe Hybrid tại U.S.

Quy mô thị trường ô tô hybrid toàn cầu ước tính đạt 203,09 tỷ USD vào năm 2023 và

2.3.2. Tình hình xe hybrid trên thế giới.

So với sự phát triển của xe điện, thì xe hybrid lại là dòng xe đa số được ưa chuộng trên thế giới. Lý do chúng được ưa chuộng vì không phải mất thời gian sạc pin như dòng xe điện, một phần các trạm sạc chưa được phân bố rộng rãi so với trạm xăng. Những dòng

xe hybrid được bổ sung thêm động cơ điện để tăng cường cho động cơ xăng nên chi phí sử dụng xăng được giảm. Đặc biệt, tình hình kinh tế do chiến tranh giữa Ukraina và Nga làm ảnh hưởng đến lượng xăng dầu trên thế giới.

Việc hạn chế lượng xăng tiêu thụ cũng như thời gian để sạc như xe điện nên xe hybrid khá được ưa chuộng. Những dòng xe hybrid được bán chạy nhất trên thế giới bao gồm như Toyota RAV4 Hybrid – chiếc xe được tìm kiếm nhiều nhất tại Mỹ, đứng thứ hai là xe Honda CR – V Hybrid và Toyota Highlander Hybrid ở vị trí thứ 3. Ta có thể thấy Toyota làm rất tốt trong việc phát triển xe Hybrid để tiếp cận đến người dùng.



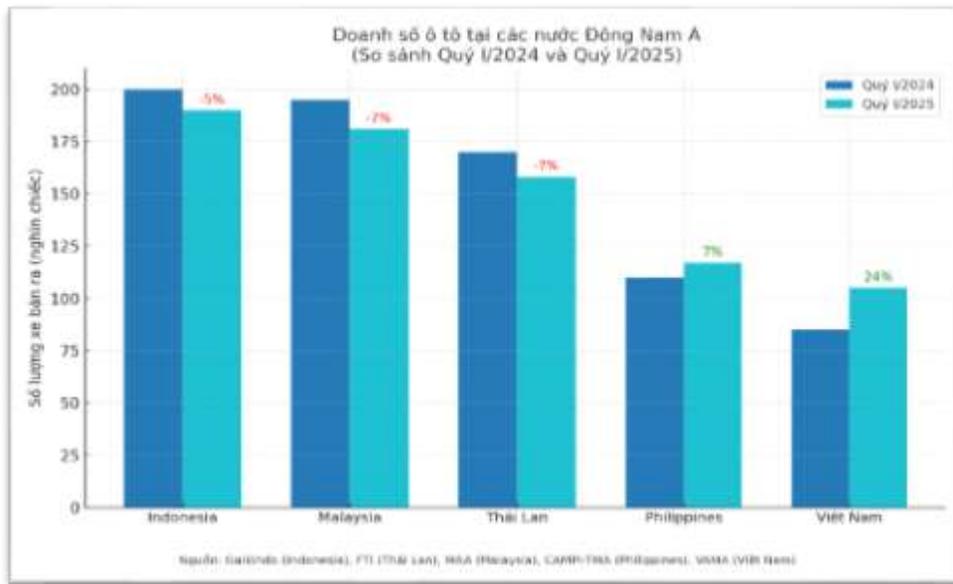
Hình 2.20 Thị trường xe Hybrid tăng trưởng tiềm năng.

Thị trường ô tô hybrid Bắc Mỹ được dự đoán sẽ tăng trưởng với tốc độ CAGR sinh lợi trong giai đoạn dự báo. Với những lo ngại ngày càng tăng về biến đổi khí hậu và ô nhiễm không khí, người tiêu dùng ở Bắc Mỹ ngày càng tìm kiếm các lựa chọn thay thế giao thông xanh hơn. Ý thức về môi trường thúc đẩy sự quan tâm của người tiêu dùng và khuyến khích việc áp dụng ô tô hybrid như một lựa chọn giao thông thân thiện với môi trường hơn.

2.3.3. Tình hình xe Hybrid ở Việt Nam.

Đi cùng với tình hình của thế giới, Việt Nam cũng từng bước chân vào dòng xe hybrid. Ở Việt Nam, xe hybrid vẫn còn khá mới mẻ, do các xe sử dụng động cơ đốt trong truyền thống đã quá rẻ và phù hợp với đại đa số người dùng tại Việt Nam.

Tuy nhiên, Năm 2024, thị trường xe hybrid tại Việt Nam chứng kiến sự tăng trưởng đáng kể, với tổng doanh số đạt gần 10.000 xe, cao hơn nhiều so với năm 2023. Toyota dẫn đầu phân khúc xe hybrid với hơn 5.300 xe bán ra, chiếm khoảng 54% thị phần. Mẫu xe Toyota Innova Cross Hybrid trở thành mẫu xe xăng lai điện bán chạy nhất Việt Nam trong năm 2024, với 2.461 chiếc được giao tới tay người dùng. Honda cũng ghi nhận sự tăng trưởng ấn tượng, với tổng doanh số ô tô đạt 28.267 xe, tăng 19% so với năm 2023. Trong đó, mẫu Honda CR-V, bao gồm cả phiên bản hybrid, đạt doanh số 6.688 xe.



Hình 2.21 Doanh số ô tô các nước ĐNÁ.

Trong quý I năm 2025, doanh số ô tô Việt Nam tăng 24% so với cùng kỳ năm trước. Đây là mức tăng cao hơn nhiều so với các nước trong khu vực. Trong đó, doanh số xe hybrid tăng trưởng với tốc độ nhanh nhất. Doanh số tăng 80% đạt 2.562 xe.

Sự tăng trưởng này cho thấy người tiêu dùng Việt Nam ngày càng quan tâm đến các dòng xe thân thiện với môi trường và tiết kiệm nhiên liệu. Tuy nhiên, thị phần xe hybrid vẫn còn khiêm tốn so với tổng doanh số ô tô, cho thấy tiềm năng phát triển còn rất lớn trong tương lai.

2.4. Các bộ phận chính của xe Hybrid.



Hình 2.22 Các thành phần của xe Hybrid.

Động cơ điện: được cung cấp năng lượng từ ắc quy, sau đó chuyển sang năng lượng cơ học để dẫn động các bánh xe. Điểm mạnh của động cơ điện là tạo ra được mô-men lớn ở số vòng quay nhỏ và vận hành trơn tru.

Hộp số: có thể vận hành với nhiều loại hộp số. Các loại hộp số mà ô tô Hybrid thường dùng là: hộp số vô cấp, hộp số sang số tự động, hộp số tay, hộp số tự động thông thường với bộ chuyển đổi mô-men.

Bộ phận điều khiển: điều khiển các chế độ làm việc sao cho phù hợp với từng cơ chế lái xe và sự phối hợp giữa động cơ điện, ĐCĐT.

Ắc quy: một bộ phận ví như là trái tim của ô tô Hybrid, có vai trò sản sinh điện, nạp điện trong lúc phanh và đảm bảo về mặt tuổi thọ. Hiện nay trong các dòng Hybrid thường sử dụng ắc quy axit chì. Trong tương lai gần hai loại ắc quy ino-lithium và polime- lithium có nhiều triển vọng áp dụng cho xe Hybrid bởi vì tính ưu việt của nó hơn ắc quy axit chì.

Hệ thống làm mát: có chức năng làm mát ĐCĐT, nhiên liệu và ắc qui. Một công dụng khác, có tác dụng sấy nóng cabin xe hoặc làm mát cho một số bộ phận khác.

Hệ thống xử lý khí thải: khí xả ô tô luôn phải đảm bảo tiêu chuẩn thế giới là một mối lo ngại vô cùng lớn. Ô tô Hybrid sản sinh ra lượng khí xả ít vì dùng ít nhiên liệu và thường dùng những nguồn nhiên liệu đạt chuẩn, làm tăng công năng của động cơ, giúp giảm ô nhiễm môi trường.

2.5. Tính kinh tế của xe Hybrid

Tiết kiệm năng lượng trên đường trường, xa lộ với vận tốc ổn định: Khi vận hành ô tô Hybrid trên những đoạn đường này, nguồn động lực chính lại là động cơ đốt trong bởi vì nó đạt hiệu suất cao hơn khi chạy đường dài cũng như mạnh mẽ hơn động cơ điện. Cách

thiết kế này giúp ích rất nhiều cho ô tô Hybrid đạt được gia tốc mạnh và vận tốc cao tương tự như các loại ô tô truyền thống khác.

Kinh tế trong quá trình thu hồi năng lượng: Ngoài tiết kiệm năng lượng trong quá trình sử dụng động cơ đốt trong chuyển hóa năng lượng từ nhiên liệu sang cơ năng một cách hiệu quả hơn, tính ưu việt của ô tô Hybrid còn được thiết kế nhằm thu hồi lượng năng lượng bị hao phí qua quá trình vận hành. Đối với ô tô Hybrid, cơ năng có thể được chuyển hóa thành điện năng và nạp lại vào pin điện, vì thế rất nhiều năng lượng hao phí trong quá trình vận hành xe được thu hồi vào tái sử dụng, tránh lãng phí năng lượng

❖ Giới hạn:

Khuyết điểm lớn nhất của công nghệ ô tô Hybrid là hệ thống pin nạp lại được (Rechargable Battery), điều đó là một vấn đề khó khăn cho các nhà nghiên cứu trên thế giới về xe Hybrid nói riêng và xe điện nói chung

Giá thành pin rất đắt, một bộ pin có giá trị vài nghìn đô, tuổi thọ pin không được cao là mối bận tâm đối với người sử dụng, đặc biệt đối với người sử dụng ô tô Hybrid cũ.

Tuy nhiên hiện nay, các nhà sản xuất vẫn đang nỗ lực tìm kiếm cách khắc phục cho những hạn chế này như: tận dụng tái chế pin cũ, chế tạo pin mới tối ưu hơn với tuổi thọ cao v.v... hứa hẹn đem lại những cải tiến mới, cắt giảm chi phí sản phẩm, tối ưu hóa công nghệ pin đưa kỹ thuật về ô tô Hybrid lên tầng cao bởi những lợi ích mà nó mang lại. Những người có mức sống thấp vẫn có thể mua được, chắc chắn sẽ hưởng đến trong tương lai, sử dụng năng lượng xanh, tiết kiệm chi phí, giảm thiểu lượng khí thải gây ô nhiễm môi trường theo tiêu chuẩn thế giới.

CHƯƠNG 3: KHẢO SÁT VÀ TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM HỆ THỐNG ĐỘNG LỰC XE TOYOTA CAMRY HYBRID.

3.1. Giới thiệu chung về xe Toyota Camry Hybrid.

3.1.1. Tổng quan về xe Toyota Camry Hybrid.

Camry là một cái tên bắt nguồn từ tiếng Nhật “ Kanmuri ” có nghĩa là “ Vương Miện”. Ý nghĩa này nhằm thể hiện sự xuất sắc, đẳng cấp và vị thế hàng đầu của dòng xe trong phân khúc sedan hạng trung. Toyota Camry Hybrid đã khẳng định vị thế của mình trong phân khúc sedan hybrid suốt gần 20 năm qua nhờ sự kết hợp giữa độ tin cậy, hiệu suất nhiên liệu và tính thực dụng.

Ra mắt vào năm 2007, phiên bản Hybrid của Camry mang công nghệ HSD Hybrid Synergy Drive tiên tiến, cho phép tiết kiệm nhiên liệu mà vẫn giữ được những giá trị truyền thống của Camry – biểu tượng của chất lượng, độ bền và sự đáng tin cậy, vốn đã được xây dựng qua hơn 40 năm phát triển.



Hình 3.1 Các thế hệ xe Toyota Camry Hybrid.

Bảng 3.1 So sánh đặc điểm các thế hệ xe Toyota Camry Hybrid.

Thế hệ- Năm SX.	Động cơ- Công nghệ	Kiến trúc- Thiết kế.	Hiệu suất- Tiết kiệm nhiên liệu
1 (2007-2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Hệ thống HSD với động cơ xăng 2.4L 4 xi-lanh (mã 2AZ-FXE) kết hợp với mô-tơ điện. - Công nghệ hybrid được giới thiệu lần đầu của Toyota. 	<ul style="list-style-type: none"> - Thiết kế dựa trên dáng vẻ truyền thống của Camry với phong cách kín đáo, trang nhã. - Trang bị các tính năng an toàn cơ bản (ABS, EBD, cân bằng điện tử). - Các hệ thống hỗ trợ lái xe chưa quá tiên tiến so với các đời sau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Công suất khoảng 187 HP, mức tiêu thụ xăng trung bình khoảng 6.0L/100km. - Đặt nền móng cho công nghệ hybrid của Toyota.
2 (2012-2017)	<ul style="list-style-type: none"> - Nâng cấp sang động cơ xăng 2.5L 4 xi-lanh (mã 2AR-FXE) kết hợp mô-tơ điện. - Hệ thống Hybrid Synergy Drive được cải tiến để tăng hiệu suất. 	<ul style="list-style-type: none"> - Thiết kế được làm mới với đường nét mềm mại, tinh tế hơn và nội thất được cải thiện, tăng tính sang trọng và tiện nghi. - Tích hợp thêm các công nghệ hỗ trợ lái xe tiên tiến, cải thiện hệ thống an toàn so với thế hệ 1. - Hệ thống cảnh báo va chạm và hỗ trợ phanh khẩn cấp bắt đầu xuất hiện. 	<ul style="list-style-type: none"> - Công suất tăng lên khoảng 200 HP, tiêu thụ nhiên liệu giảm xuống khoảng 5.2L/100km. - Nâng cao hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.
3 (2018-2024)	<ul style="list-style-type: none"> - Áp dụng nền tảng TNGA với động cơ 2.5L Dynamic Force (mã A25A-FXS) kết hợp mô-tơ điện. • Công nghệ hybrid được tối ưu hóa để cân bằng giữa hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu 	<ul style="list-style-type: none"> - Thiết kế hiện đại với trọng tâm xe thấp, cải thiện khí động học và khả năng xử lý. Nội thất cao cấp, chi tiết tinh xảo và không gian rộng rãi. - Tích hợp hệ thống an toàn Toyota Safety Sense (TSS) với nhiều tính năng như hỗ trợ giữ làn, cảnh báo va chạm, phanh khẩn cấp tự động và kiểm soát hành trình thích ứng. 	<ul style="list-style-type: none"> - Công suất khoảng 208 HP, mức tiêu thụ giảm xuống khoảng 4.5L/100km, tạo ra trải nghiệm lái xe mạnh mẽ nhưng tiết kiệm nhiên liệu. - Bước nhảy vọt về công nghệ, kết hợp hoàn hảo giữa

		- Hệ thống giải trí và kết nối hiện đại	tiện nghi, an toàn và hiệu suất vượt trội.
4 (2025- nay)	- Mẫu xe Hybrid-only với động cơ 2.5L cải tiến, sản sinh từ 225 đến 232 mã lực (FWD và AWD). - Sử dụng hệ thống pin lithium-ion tiên tiến thay thế pin nickel-metal hydride, cải thiện hiệu suất và giảm trọng lượng.	- Thiết kế hoàn toàn làm mới, tối ưu hóa hiệu suất khí động học và nội thất hiện đại với màn hình kỹ thuật số 12.3 inch, chi tiết tinh xảo và cảm giác cao cấp. - Tích hợp hàng loạt công nghệ an toàn và hỗ trợ lái xe tự động tiên tiến. - Kết nối không dây Apple CarPlay và Android Auto, cùng các tính năng tiện ích khác giúp nâng cao trải nghiệm người dùng.	Mức tiêu thụ được ước tính khoảng 4.2L /100km, với hiệu suất vận hành vượt trội. - Công suất mạnh mẽ, đáp ứng nhu cầu lái xe hiện đại. - Khẳng định camry hybrid tương lai của Toyota với cam kết xanh và đổi mới công nghệ, hướng đến thị trường toàn cầu.

3.1.2. Khảo sát về xe Toyota Camry Hybrid 2023.

Toyota Camry Hybrid 2023 là một chiếc xe cỡ trung do Toyota sản xuất, và được nhập khẩu vào Việt Nam nguyên chiếc từ Thái Lan và được phân phối chính hãng.

Toyota Camry phân phối tại Việt Nam với 4 phiên bản là Camry 2.0G, Camry 2.0Q, Camry 2.5Q và Camry 2.5HV. Phiên bản Camry 2.5HV được định vị là phiên bản cao cấp nhất trong dòng xe Camry, cạnh tranh với các đối thủ trong phân khúc Sedan hạng D.



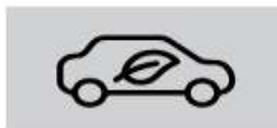
Hình 3.2 Toyota Camry Hybrid.

Toyota Camry Hybrid khẳng định vị thế của dòng Sedan hạng trung với sự kết hợp hoàn hảo giữa thiết kế sang trọng, tiện nghi cao cấp, khả năng vận hành mạnh mẽ và hiệu suất tiết kiệm nhiên liệu nhờ vào việc sử dụng công nghệ Hybrid tiên tiến (kết hợp giữa động cơ xăng và mô- tơ điện) của Toyota. Phiên bản Hybrid mang đến sự trải nghiệm êm ái, tiết kiệm và hàng thiện môi trường với những khách hàng sử dụng.



**TIẾT KIỆM NHIÊN LIỆU
HIỆU QUẢ**

Khả năng vận hành êm ái và tiết kiệm nhiên liệu hiệu quả.



GIẢM PHÁT THẢI

Hướng đến một cuộc sống xanh và bền vững.



**CẢM GIÁC LÁI
TRẦN HỨNG KHỞI**

Là sự lựa chọn tuyệt vời cho những ai muốn tìm sự hứng khởi sau tay lái.



YÊN TĨNH TUYỆT ĐỐI

Đóng lại mọi tiếng ồn không cần thiết, cho bạn thư thái tận hưởng không gian của riêng mình.

Hình 3.3. Lợi ích công nghệ Hybrid của Toyota.

Toyota Camry Hybrid 2023 được xây dựng trên nền tảng **Toyota New Global Architecture** (TNGA), là nền tảng khung gầm và triết lý thiết kế xe mang tính cách mạng của Toyota ảnh hưởng đáng kể đến thiết kế từ đó mang đến hiệu suất và trải nghiệm lái xe vượt trội hơn. Camry Hybrid 2023 sở hữu ngoại hình sang trọng nhưng không kém phần lịch thiệp với các đường nét được thiết kế trau chuốt tỉ mỉ tạo nên vẻ ngoài cuốn hút.

❖ **Thiết kế ngoại thất:**

- Lưới tản nhiệt: Lưới tản nhiệt lớn với các chi tiết mạ chrome tinh tế, tạo điểm nhấn mạnh mẽ cho phần đầu xe.
- Cụm đèn chiếu sáng: Đèn pha LED sắc sảo với thiết kế vuốt ngược, tích hợp đèn LED ban ngày, mang lại khả năng chiếu sáng tối ưu và tăng tính thẩm mỹ.
- Thân xe: Đường gân dập nổi chạy dọc thân xe tạo cảm giác khỏe khoắn và năng động.
- Mâm xe: Mâm xe hợp kim đa chấu với thiết kế thể thao, tăng thêm vẻ sang trọng và lịch lãm cho xe.
- Đuôi xe: Cụm đèn hậu LED thiết kế tinh tế, kết hợp với các đường nét góc cạnh, tạo nên vẻ ngoài hiện đại và cuốn hút.

❖ **Thiết kế nội thất:** Không gian nội thất của Camry Hybrid 2023 được thiết kế rộng rãi, thoải mái và sang trọng, với sự chú trọng đến từng chi tiết:

- Chất liệu: Nội thất được bọc da cao cấp, kết hợp với các chi tiết ốp gỗ và kim loại, tạo nên không gian sang trọng và ấm cúng.
- Ghế ngồi: Ghế ngồi được thiết kế ôm sát cơ thể, mang lại cảm giác thoải mái cho người lái và hành khách trong những hành trình dài. Ghế lái có chức năng chỉnh điện và nhớ vị trí.
- Bảng điều khiển trung tâm: Bảng điều khiển trung tâm được thiết kế trực quan, dễ sử dụng, với màn hình cảm ứng lớn hiển thị các thông tin về xe và hệ thống giải trí.
- Không gian: Nhờ chiều dài cơ sở lớn, Camry Hybrid 2023 mang lại không gian để chân rộng rãi cho cả hàng ghế trước và sau.

❖ **Động cơ và hiệu suất:**

- Động cơ xăng: Động cơ xăng 2.5L Dynamic Force 4 xi-lanh, sản sinh công suất mạnh mẽ.
- Động cơ điện: Động cơ điện hỗ trợ, cung cấp thêm sức mạnh và giúp giảm tải cho động cơ xăng, đặc biệt khi di chuyển ở tốc độ thấp hoặc khi tăng tốc.

- Hộp số: Hộp số E-CVT (Electronic Continuously Variable Transmission) giúp xe vận hành êm ái, mượt mà và tiết kiệm nhiên liệu.
 - Hệ thống Hybrid Synergy Drive: Hệ thống này tự động điều phối hoạt động giữa động cơ xăng và động cơ điện để tối ưu hóa hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.
- ❖ **Trang bị và tiện nghi:** Camry Hybrid 2023 được trang bị hàng loạt các tính năng và tiện nghi cao cấp, đáp ứng mọi nhu cầu của người dùng:
- Hệ thống thông tin giải trí: Màn hình cảm ứng lớn, tích hợp hệ thống định vị, kết nối Apple CarPlay và Android Auto, cho phép người dùng dễ dàng truy cập các ứng dụng và tính năng yêu thích.
 - Hệ thống âm thanh: Hệ thống âm thanh cao cấp mang đến trải nghiệm âm nhạc sống động và chân thực.
 - Điều hòa tự động: Hệ thống điều hòa tự động hai vùng độc lập, cho phép người lái và hành khách tùy chỉnh nhiệt độ theo sở thích.
 - Các tính năng khác: Cửa sổ trời, chìa khóa thông minh, khởi động bằng nút bấm, sạc không dây, v.v.
- ❖ **An toàn:** Toyota Camry Hybrid 2023 được trang bị các công nghệ an toàn tiên tiến hàng đầu, bảo vệ tối đa cho người lái và hành khách:
- Toyota Safety Sense: Gói công nghệ an toàn chủ động Toyota Safety Sense bao gồm các tính năng như: Hệ thống cảnh báo va chạm (PCS), hệ thống kiểm soát hành trình thích ứng (ACC), hệ thống cảnh báo lệch làn đường (LDA), hệ thống hỗ trợ giữ làn đường (LTA), hệ thống giám sát điểm mù (BSM), hệ thống cảnh báo phương tiện cắt ngang phía sau (RCTA)
 - Các tính năng an toàn khác: Hệ thống chống bó cứng phanh (ABS), hệ thống phân phối lực phanh điện tử (EBD), hệ thống hỗ trợ phanh khẩn cấp (BA), hệ thống cân bằng điện tử (VSC), hệ thống kiểm soát lực kéo (TRC), 7 túi khí, v.v.

3.1.3. Thông số kỹ thuật.

Bảng 3.2 Thông số kích thước- trọng lượng xe Toyota Camry 2.5HV.

Kích thước tổng thể bên ngoài	Dài x Rộng x Cao	mm	4885 x 1840 x 1445
Chiều dài cơ sở		mm	2825
Chiều rộng cơ sở	Trước x Sau	mm	1580 x 1605
Khoảng sáng gầm xe		mm	140

Bán kính vòng quay tối thiểu		m	5.8
Dung tích bình nhiên liệu		L	50
Trọng lượng không tải		kg	1565

Bảng 3.3 Thông số động cơ – vận hành xe Toyota Camry 2.5HV.

Loại động cơ			A25A- FXS
Số xylanh			4xylanh thẳng hàng
Dung tích động cơ		cc	2487
Loại nhiên liệu			Xăng
Hệ thống van biến thiên			VVT- iE
Hệ thống nhiên liệu			Phun xăng trực tiếp (D- 4S)
Công suất tối đa		kw(hp)@rpm	131(176)5700
Momem xoắn tối đa		Nm@rpm	221(3600- 5200)
Động cơ điện	Công suất tối đa	Kw	88
	Momem xoắn tối đa	Nm	202
Ắc quy Hybrid			Nikel Metal
Tiêu chuẩn khí xả			Euro 5 w OBD
Tiêu thụ nhiên liệu	Trong đô thị	(L/100km)	4.9
	Ngoài đô thị	(L/100km)	4.3
	Kết hợp	(L/100km)	4.4

Bảng 3.4 Thông số truyền lực – khung gầm xe Toyota Camry 2.5HV.

Loại dẫn động		Dẫn động cầu trước/ FWD
Hộp số		Số tự động vô cấp E-CVT
Các chế độ lái		3 chế độ (Tiết kiệm, Thường, Thể thao)
Hệ thống lái		Trợ lực điện
Vành & lốp xe	Loại vành	Hợp kim

	Kích thước	235/45R18
Phanh	Trước	Đĩa tản nhiệt
	Sau	Đĩa đặc

3.1.4. TNGA- Toyota New Global Architecture.

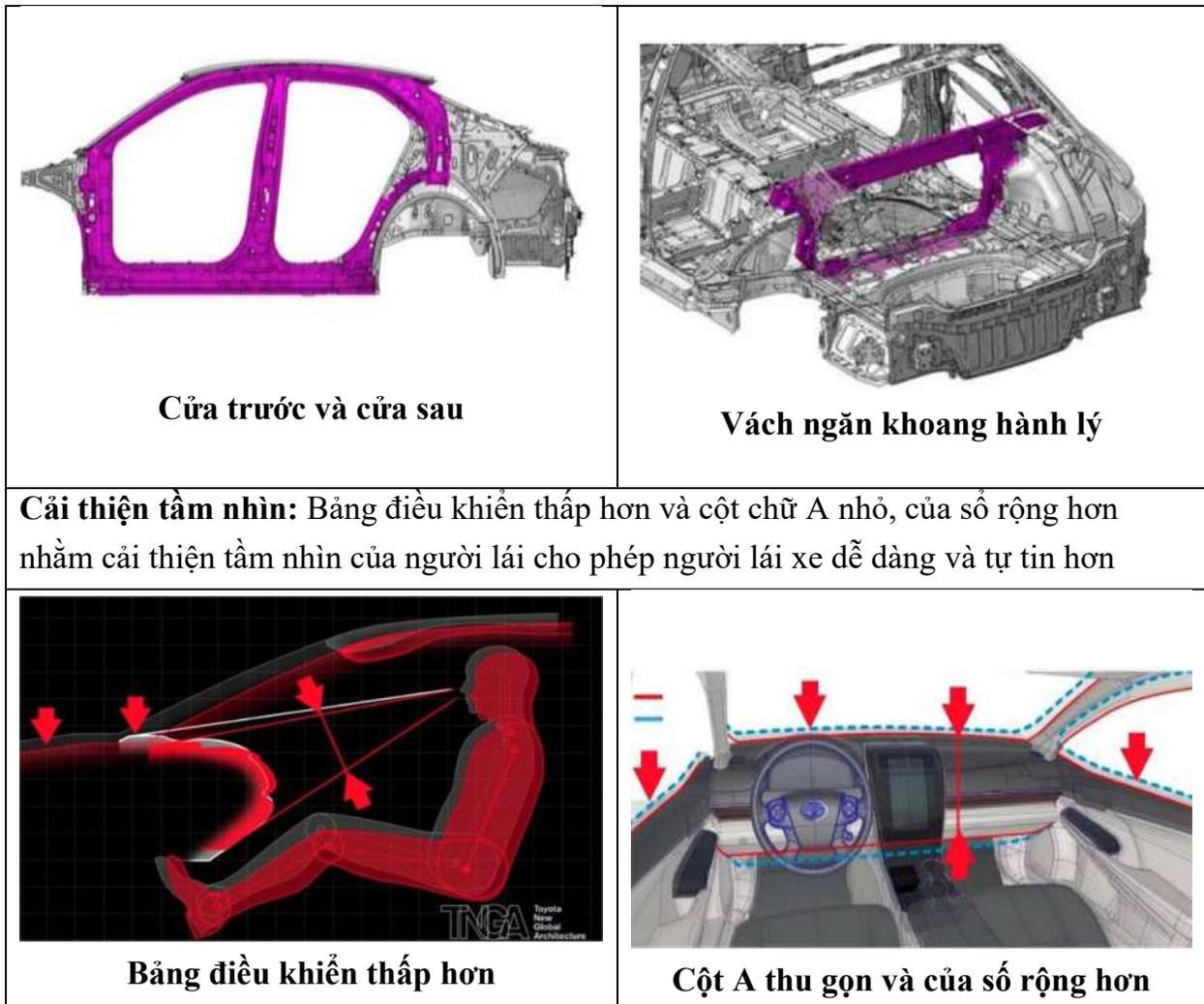
TNGA- là định hướng thiết kế nền tảng toàn cầu mới nhất của Toyota, tái thiết kế hoàn toàn bộ phận truyền động (động cơ, các bộ phận truyền động, HEV), và khung gầm cơ bản nhằm cải tiến về cảm giác lái và sự hứng khởi cho người điều khiển. TNGA được xây dựng trên hai trụ cột

- Sức mạnh cốt lõi (Nền tảng được chia sẻ trên nhiều mẫu xe).
- Nhấn mạnh cá tính (Phần thân trên thay đổi theo từng mẫu xe và thị trường).

Sử dụng TNGA, Toyota đã thay đổi chiếc xe từ chính cấu trúc nền tảng, hạ thấp độ cao của mui xe, hạ thấp trọng tâm của xe và thực hiện các cải tiến khác để cải thiện và nâng cao hiệu suất vận hành.

Bảng 3.5 Các lợi ích của TNGA.

<p>Tính linh hoạt: Giảm thiểu các chuyển động thân xe vặn xoắn, phần trọng tâm thấp hơn và hệ thống treo hoàn toàn mới để vận hành hiệu quả, sắc sảo và khả năng xử lý nhanh nhạy hơn khi vào cua..</p>	
 <p>Trọng tâm được hạ thấp nhằm giảm lực xô ngang.</p>	 <p>Hệ thống treo hoàn toàn mới làm tăng cảm giác lái và cải thiện độ êm ái.</p>
<p>Tính ổn định: Cải tiến hệ thống khung gầm đạt được cấu trúc tròn làm tăng độ cứng của thân xe nhằm tăng cường độ cứng vững.</p>	



3.1.5. THS II (Toyota Hybrid System II).

Hệ thống Toyota Hybrid System (THS) là một hệ thống truyền động hybrid kết hợp giữa động cơ xăng và động cơ điện được giới thiệu lần đầu vào tháng 12 năm 1997 trên mẫu xe Toyota Prius. Tại triển lãm ô tô New York 2003 đã giới thiệu một hệ thống THS II với một khái niệm hoàn toàn mới Hybrid Synergy Drive (HSD) được gọi là Hệ thống dẫn động Hiệp Lực, với hiệu suất vượt trội và khả năng tiết kiệm nhiên liệu. THS II được trang bị trên các dòng xe Hybrid của Toyota hiện nay như: Toyota Camry Hybrid, Toyota Altis Hybrid, Toyota Corolla Cross Hybrid....

THS II sử dụng bộ chia công suất -Power Split Hybrid, công suất từ động cơ được truyền trực tiếp đến bánh xe, và công suất từ động cơ cũng chuyển đổi thành điện bởi máy phát điện để dẫn động động cơ điện hoặc pin. Cấu hình này giúp dừng động cơ khi không tải, dừng động cơ xăng khi xe chạy, chạy xe bằng động cơ điện, hỗ trợ động cơ ở mọi dải tốc độ và tái tạo năng lượng hiệu quả mà không cần sử dụng ly hợp hoặc hộp số. Đạt được điều này nhờ vào việc sử dụng mô tơ điện có mô men xoắn và công suất lớn ở dải tốc độ thấp.



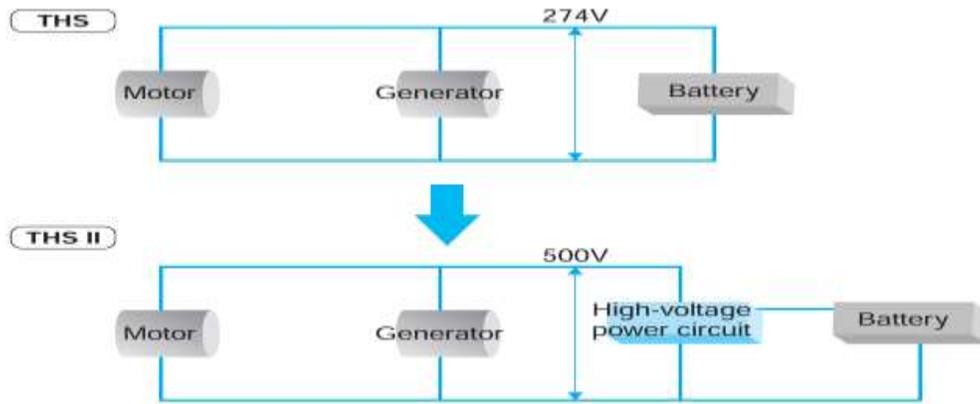
Hình 3.4 Khả năng tương thích của hiệu suất môi trường và công suất.

THS II còn sử dụng hệ thống mới sử dụng mạch điện áp cao giữa động cơ và máy phát điện, đồng thời làm giảm tổn thất năng lượng trong quá trình truyền năng lượng nhằm mang lại việc tối ưu hóa hiệu suất năng lượng.

Trong điều kiện hiệu suất động cơ cao, THS II vận hành động cơ ở hiệu suất nhiên liệu tối ưu và tạo ra điện tối ưu. Nó cũng đạt được khả năng tái tạo năng lượng lớn hơn trong quá trình giảm tốc và phanh, do đó làm tăng hiệu quả đầu vào/đầu ra điện.

Công suất mô tơ gấp 1,5 lần nhờ vòng tua cao hơn của động cơ, mô tơ và máy phát điện. Nó áp dụng mạch điện áp cao và pin hiệu suất cao hơn để tăng nguồn cung cấp điện. Kết quả là, công suất mô tơ và công suất động cơ cùng nhau mang lại hiệu suất chạy mạnh mẽ hơn nhưng êm ái hơn.

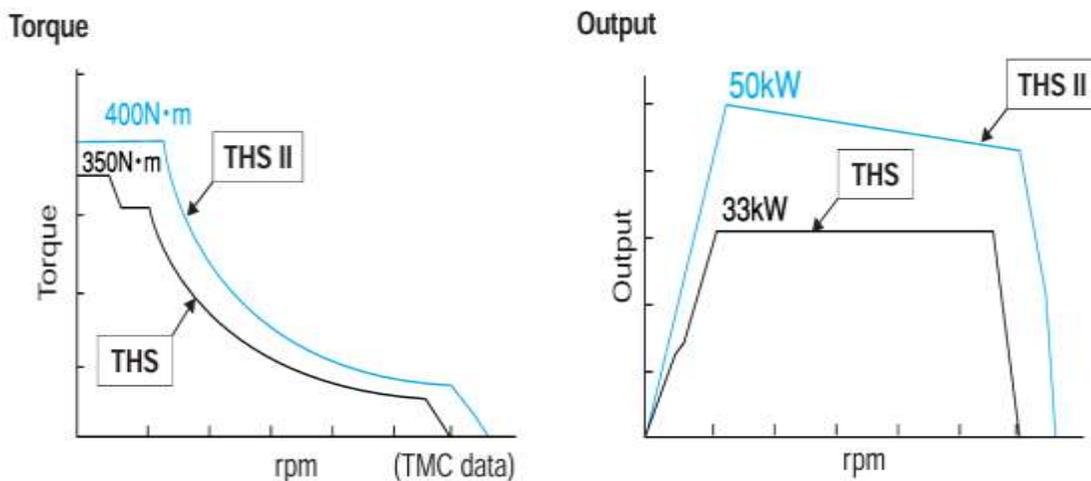
Mạch điện áp cao là một công nghệ mới hỗ trợ hệ thống THS II mới. Bằng cách cung cấp mạch điện áp cao mới được phát triển bên trong bộ điều khiển công suất, điện áp của động cơ và máy phát điện đã tăng từ 274V trong THS lên tối đa 500V trong THS II. Kết quả là, điện năng có thể được cung cấp cho động cơ bằng dòng điện nhỏ hơn, do đó góp phần tăng hiệu suất



Hình 3.5 So sánh hệ thống cấp nguồn cao áp của THS và THS II.

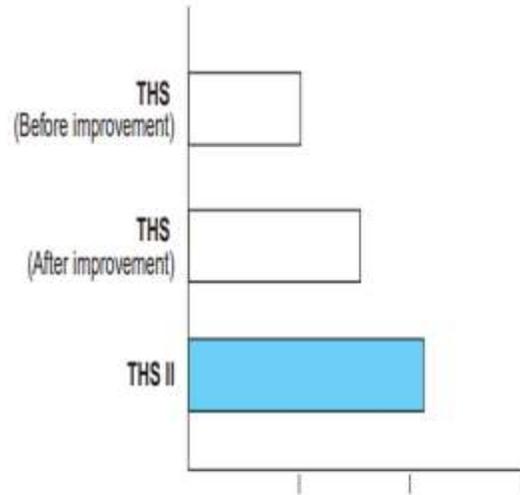
Động cơ và máy phát điện đều sử dụng là loại đồng bộ xoay chiều AC. Động cơ điện sử dụng là động cơ không chổi than DC hiệu suất cao với dòng điện xoay chiều. Sử dụng nam châm vĩnh cửu và rotor bằng các tấm thép từ xếp chồng lên nhau tạo thành động cơ điện có hiệu suất cao. Với việc sắp xếp các các nam châm vĩnh cửu theo hình chữ V tối ưu, mô men xoắn dẫn động được cải thiện và công suất đầu ra được tăng lên. Kết hợp với nguồn cung cấp điện lớn hơn đạt được nhờ tăng điện áp nguồn, đã tăng công suất đầu ra lên khoảng 1,5 lần từ 33 kW lên đến 50 kW so với THS.

Máy phát điện đã được tăng độ bền của roto dẫn đến số vòng tua máy tối đa mà máy phát có thể chịu được tăng từ 6500 vòng/phút (ở phiên bản THS) đến 10000 vòng/phút. Vòng quay cao này đã tăng đáng kể nguồn cung cấp năng lượng lên phạm vi tốc độ trung bình, cải thiện hiệu suất tăng tốc ở tốc độ thấp/trung bình.



Hình 3.6 So sánh công suất của máy phát THS và THS II.

Trong THS II, những cải tiến hơn nữa đã được thực hiện đối với pin niken-metal hydride hiệu suất cao, nhỏ gọn được phát triển cho THS. Sau khi giảm điện trở trong của pin bằng cách cải thiện vật liệu điện cực và sử dụng cấu trúc kết nối hoàn toàn mới giữa các cell (pin), mật độ đầu vào/đầu ra của pin mới tốt hơn 35% so với pin được sử dụng trong THS, đạt được mật độ đầu ra cao nhất (đầu ra trên một đơn vị trọng lượng) trên thế giới.



Note: The Japanese-market Prius was upgraded in August 2002.

Hình 3.7 So sánh tỉ trọng OUTPUT của pin THS và THS II.

THS II đã đạt được hiệu quả cao hơn bằng cách cải thiện khả năng kiểm soát quản lý năng lượng hybrid và thực hiện các cải tiến đối với hệ thống kiểm soát phanh phối hợp tái tạo, cả hai đều được thiết kế để cải thiện hiệu quả năng lượng của toàn bộ xe.

3.2. Giới thiệu động cơ A25A- FXS xe Toyota Camry Hybrid.

Toyota Camry 2023 được trang bị động cơ nhiệt A25A- FXS, được giới thiệu ra mắt lần đầu 2017. Động cơ này là một phần của dòng động cơ “ Dynamic Force” của Toyota nhằm mục đích nâng cao hiệu suất sử dụng đồng thời tối ưu hóa công suất đầu ra.



Hình 3.8 Động cơ A25A- FXS.

Bảng 3.6 Thông số động cơ A25- FXS.

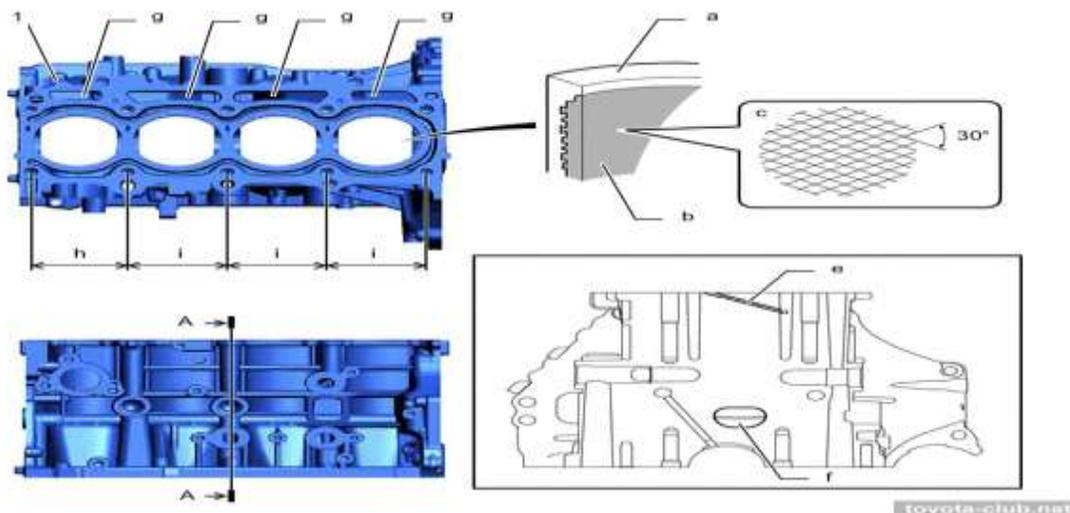
Năm sản xuất	2017
Sử dụng nhiên liệu	Xăng
Loại động cơ	4 xilanh- Thẳng hàng
Dung tích	2487 cc

Thứ tự nổ	1-3-4-2
Hệ thống nhiên liệu	Phun trực tiếp (D4-S)
Tỉ số nén	14:1
Đường kính xilanh	87,5 mm
Hành trình Piston	103,4 mm
Bố trí van	DOHC- 16 vavle
Công suất tối đa	131(176)5700 kw(hp)@rpm
Momem xoắn tối đa	221(3600- 5200) Nm@rpm

Động cơ A25A- FXS sử dụng sự kết hợp của các công nghệ tiên tiến và hiện đại nhất của Toyota như vận hành với chu trình Atkinson, dual VVTi, phun xăng trực tiếp D4-S, và tỉ số nén cao... góp phần vào khả năng tiết kiệm nhiên liệu ấn tượng và khí thải thấp.

3.2.1. Khối động cơ.

Khối động cơ A25A- FXS được đúc bằng vật liệu nhôm (hợp kim nhẹ). Ống lót xilanh được đúc bằng gang và được đúc liền vào khối động cơ. Xilanh số 1 không có làm mát bằng nước ở mặt trước, điều này cho phép giảm chiều dài tổng thể của khối động cơ. Các đường dẫn dầu và nước làm mát được đưa gần nhau để truyền nhiệt tốt hơn - làm nóng nhanh động cơ lạnh và làm mát khi tải cao. Có các đường dẫn nước làm mát nghiêng được khoan giữa các xi-lanh.



Hình 3.9 Khối động cơ.

a. Lòng xilanh- b. Ống lót xilanh- c. Vệt mắt cáo- e. Đường nước làm mát- f. Lỗ thông hơi- g. Đường dầu- h. 94mm- i. 97mm.

Động cơ có thanh truyền có độ bền cao và piston được thiết kế dạng chữ T bằng nhôm nhẹ với lớp phủ đặc biệt.

Hành trình piston có độ dài kỉ lục là 103.4mm và có tỉ số nén rất cao 14:1 do đó tạo nên hiệu suất cao (suất tiêu thụ nhiên liệu thấp).



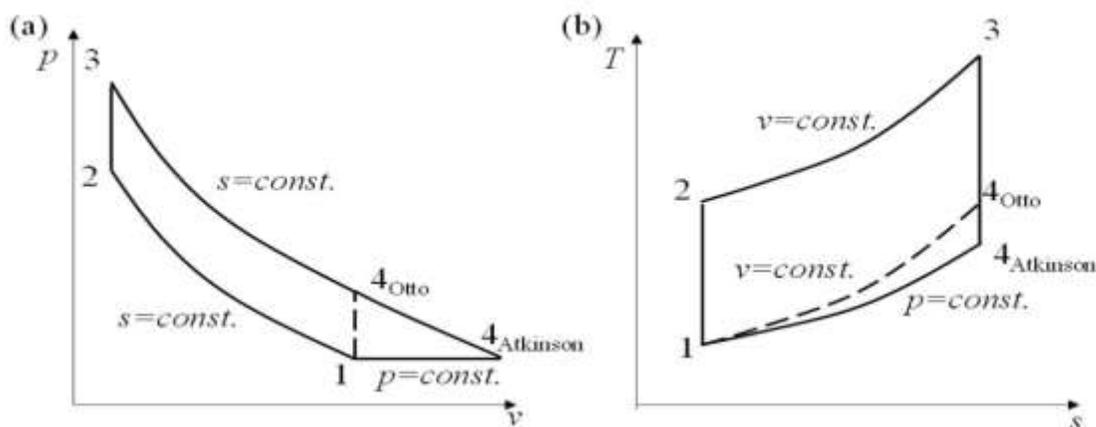
Hình 3.10 Động cơ A25A- FXS với hành trình piston dài.

3.2.2. Chu trình Atkinson.

Động cơ A25A- FXS là động cơ sử dụng chu trình Atkinson, động cơ được phát minh bởi James Atkinson vào năm 1882. Động cơ chu trình Otto thông thường có 4 giai đoạn trong mỗi chu trình: nạp, nén, giãn nở (nổ) và xả, mỗi giai đoạn mất thời gian và dịch chuyển piston bằng nhau. Atkinson thấy rằng trong 4 kỳ chỉ có kỳ nổ tạo ra công có ích truyền sức mạnh cho động cơ, 3 kỳ còn lại hoàn toàn chỉ hấp thu động năng, và lãng phí năng lượng nhiều nhất ở kỳ nén.

Ý tưởng giải quyết vấn đề của ông là giảm thiểu tiêu hao công lãng phí ở kỳ nạp – nén và gia tăng công có ích ở kỳ nổ - xả. Từ đó Atkinson lập luận rằng, bằng cách nào đó nếu ông có thể làm giảm được hành trình nén và tăng hành trình nổ lên thì động cơ sẽ đạt hiệu suất tối ưu hơn, từ đó xe tiết kiệm được nhiên liệu.

Động cơ chu trình Atkinson thì khác, chúng sử dụng hành trình nạp ngắn hơn một chút so với hành trình giãn nở. Khi đó tỷ lệ nén thực sự nhỏ hơn tỷ lệ giãn nở giúp hiệu suất nhiên liệu cao hơn.



Hình 3.11 So sánh đồ thị P-V và T-S giữa chu trình Otto và Atkinson.

Đối với động cơ chu trình Otto, pistông bắt đầu nén không khí từ ĐCD (điểm 1), thể tích giảm và áp suất tăng cho đến khi đạt ĐCT (điểm 2). Sau đó, quá trình đánh lửa diễn ra và hỗn hợp nhiên liệu-không khí phát nổ, áp suất tăng và đạt đỉnh ngay lập tức (điểm 3). Điều này đẩy pít-tông xuống dưới, thể tích mở rộng và giảm áp suất cho đến khi pít-tông chạm đến ĐCD Otto (điểm 4 Otto). Tại thời điểm này, các van xả mở. Khi áp suất của khí thải nóng cao hơn bên ngoài, nó nhanh chóng chạy ra ống xả, do đó áp suất giảm đột ngột đến áp suất khí quyển (điểm 1). Các ống xả và đường nạp không được hiển thị ở đây vì chúng không góp phần tạo ra công suất. Công thực hiện (năng lượng) do quá trình đốt cháy tạo ra là vùng bên trong đường 1-2-3-4 Otto.

Còn đối với động cơ chu trình Atkinson, giai đoạn giãn nở được phép chạy xa hơn, tốt nhất là cho đến khi áp suất khí giảm xuống bằng áp suất khí quyển (điểm 4 Atkinson). Điều này có nghĩa là nhiệt năng và động năng thường bị mất trong chu trình Otto thông qua khí thải có thể được sử dụng trong chu trình Atkinson để tạo ra công suất. Năng lượng bổ sung này là vùng 1-4 Otto-4 Atkinson.

Động cơ chu trình Atkinson kém mạnh hơn so với các động cơ chu trình Otto có cùng kích thước và trọng lượng vì:

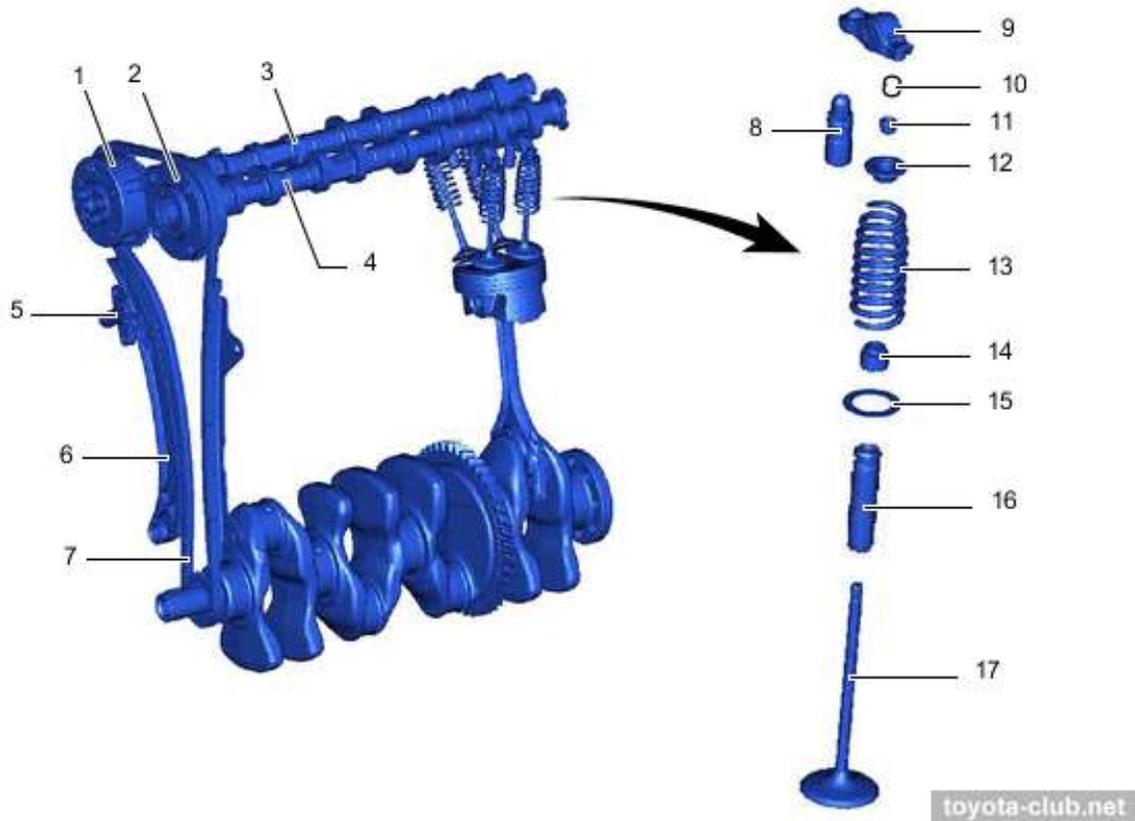
- Dung tích hiệu quả nhỏ hơn có nghĩa là ít không khí và nhiên liệu cho quá trình đốt cháy hơn, do đó ít năng lượng được tạo ra hơn.
- Tỷ số nén thấp hơn dẫn đến ít sức mạnh hơn.
- Áp suất khí thải thấp hơn có nghĩa là khí thải thoát ra chậm hơn, do đó không có lợi cho hiệu quả xả sạch và khả năng quay vòng.
- Hành trình giãn nở dài hơn hoạt động chống lại vòng quay tốc độ cao.

Tuy nhiên, sự thiếu hụt sức mạnh ít có ý nghĩa hơn trên những chiếc xe hybrid vì hiệu suất nhiên liệu được đặt lên hàng đầu. Ngoài ra, ô tô hybrid có thể bù đắp sự mất mát công suất bằng động cơ điện.

3.2.2. Công nghệ Dual VVT-i.

Công nghệ Dual VVT-i được sử dụng trong động cơ A25A-FXS là một công nghệ tiên tiến được áp dụng cho động cơ đốt trong để cải thiện hiệu quả nhiên liệu, hiệu suất động cơ và giảm khí thải. Công nghệ này được phát triển bởi Toyota và là sự phát triển tiếp nối của hệ thống VVT-I (Variable Valve Timing- Intelligence), mà Toyota giới thiệu lần đầu năm 1996. Sử dụng bộ phân phối khí DOHC- với 16 van, được dẫn động bởi xích con lăn 1 dây (loại xích truyền động có các con lăn giúp giảm ma sát) với bước xích nhỏ 8mm. Lực căng của xích được điều chỉnh tự động bởi bộ căng thủy lực tự động.

Động cơ trang bị Dual VVT-i có hệ thống điều khiển điện- thủy lực được áp dụng cho cả 2 van nạp và van xả. Thuật ngữ kép ở đây đề cập đến hai hệ thống VVT riêng biệt hoạt động đồng thời cho cả hai loại van.



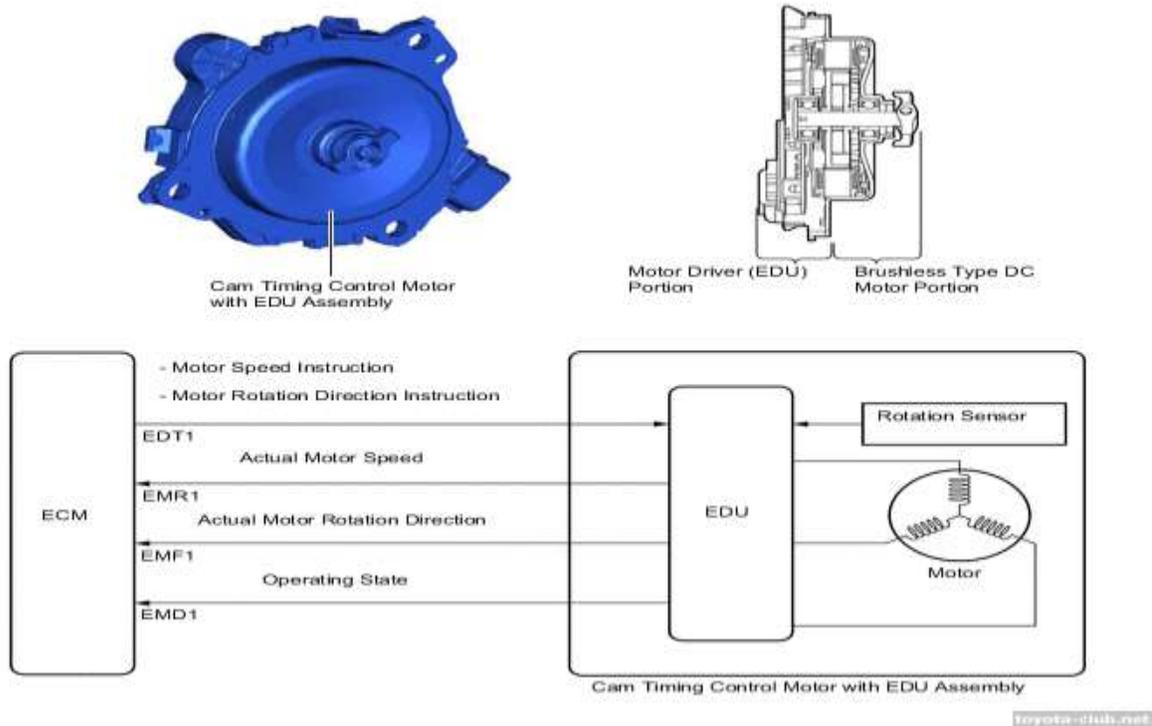
Hình 3.12 Các chi tiết của hệ thống Dual VVT-i.

1. Bánh răng trục cam xả; 2. Bánh răng trục cam nạp; 3. Trục cam xả; 4. Trục cam nạp;
5. Bộ căng xích; 6. Thanh dẫn hướng xích; 7. Dây xích cam; 8. Con đội; 9. Cò mổ;
10. Chụm đầu van; 11. Khóa đĩa lò xo van; 12. Đĩa lò xo van; 13. Lò xo; 14. Phốt chắn dầu chân van; 15. Đé lò xo van; 16. Ống dẫn hướng xupap; 17. Xupap.

Hệ thống VVT-i bao gồm động cơ DC không chổi than (được gắn trong nắp xích thời gian), bộ điều khiển EDU và cảm biến quay hiệu ứng Hall. EDU đóng vai trò trung gian giữa bộ điều khiển động cơ và động cơ truyền động, kiểm soát hướng và tần số quay của nó. EDU liên tục truyền đến bộ điều khiển động cơ dữ liệu hiện tại về tốc độ của động cơ điện, hướng quay và trạng thái của tín hiệu điều khiển.

Ở tốc độ động cơ thấp đến trung bình, EDU điều chỉnh thời gian để mở van nạp sớm hơn và rộng hơn để cho phép nhiều không khí hơn vào buồng đốt.

Ở tốc độ động cơ cao, EDU điều chỉnh cả thời gian van nạp và van xả để tối đa hóa hiệu suất đốt cháy và công suất đầu ra.



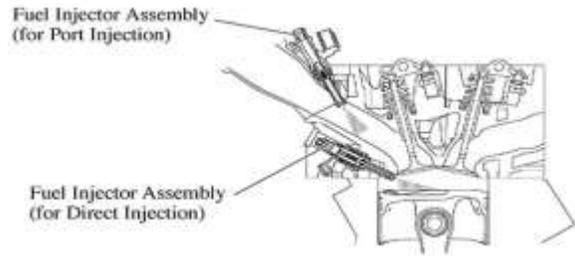
Hình 3.13 Hệ thống điều khiển VVT-i.

Vì cả hai hệ thống VVT-i đều hoạt động độc lập (đối với van nạp và van xả), động cơ có thể điều chỉnh lưu lượng khí và khí thải linh hoạt hơn tùy theo điều kiện lái xe. Công nghệ này mang lại một số lợi thế, bao gồm hiệu suất động cơ tốt hơn, cải thiện khả năng tiết kiệm nhiên liệu và giảm khí thải. Một số lợi ích chính của Dual VVT-i là:

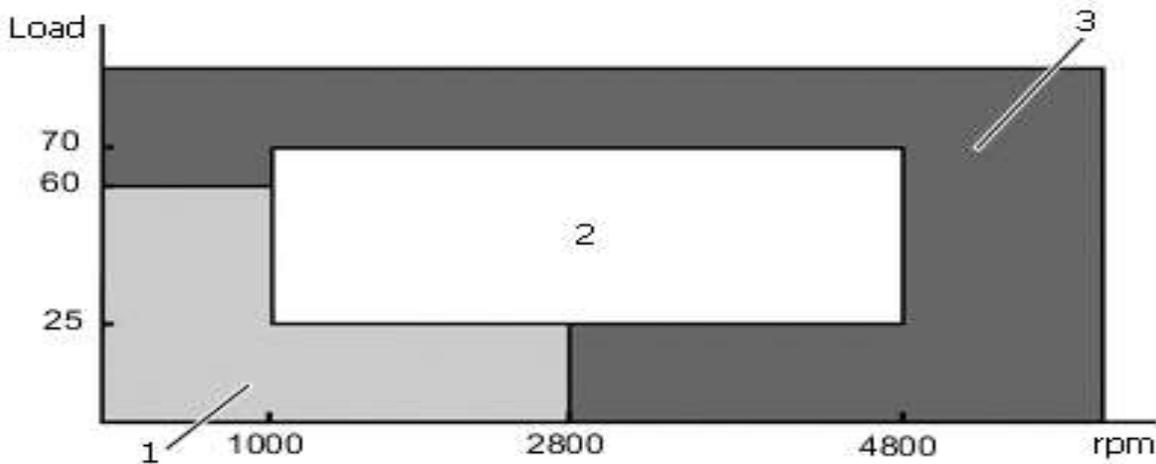
- Tăng cường độ bền của động cơ: Vì quá trình đốt cháy hiệu quả hơn và giảm thiểu tổn thất năng lượng, áp suất bên trong buồng đốt ổn định hơn, có thể kéo dài tuổi thọ động cơ.
- Hiệu quả nhiên liệu: Bằng cách điều chỉnh thời gian đóng van theo nhu cầu của động cơ ở các tốc độ khác nhau, động cơ có thể hoạt động hiệu quả hơn, sử dụng nhiên liệu tốt hơn. Điều này làm giảm mức tiêu thụ nhiên liệu, đặc biệt là ở tốc độ động cơ thấp hơn hoặc trung bình.
- Cải thiện hiệu suất động cơ: Ở tốc độ động cơ cao hơn, động cơ có thể tận dụng thời gian van tối ưu để tạo ra nhiều công suất hơn. Điều này dẫn đến khả năng tăng tốc tốt hơn và phản ứng động cơ nhanh hơn.
- Giảm khí thải: Bằng cách kiểm soát chính xác thời gian van, quá trình đốt cháy trở nên hoàn chỉnh hơn, giúp giảm khí thải có hại như NO_x, CO và hydrocarbon.

3.2.2. Công nghệ phun xăng D- 4S.

Công nghệ D- 4S (Direct Injection 4 Stroke Engine) là sự kết hợp giữa phun xăng đa điểm (MPI) và phun xăng trực tiếp (GDI) với áp suất nén cao, sử dụng 2 vòi phun và hoạt động dựa trên tốc độ động cơ.



Hình 3.14 Cấu tạo hệ thống phun xăng D- 4S.



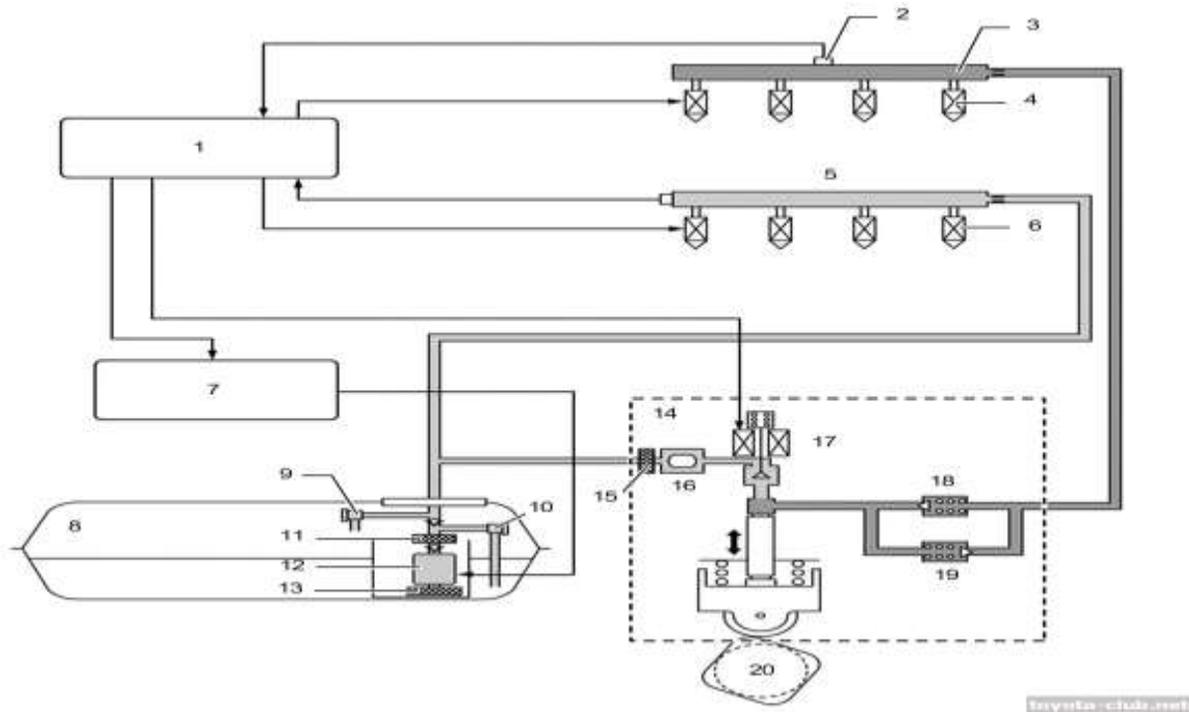
Hình 3.15 Vùng hoạt động của kim phun theo tải.

1 - Phun đa điểm; 2 - Phun xăng đa điểm+ trực tiếp; 3 - Phun trực tiếp.

Trong quá trình tải động cơ thấp đến trung bình, cả phun nhiên liệu loại trực tiếp và phun đa điểm được sử dụng cùng nhau, hoặc một trong số chúng được sử dụng để tạo ra không khí và nhiên liệu hỗn hợp đồng nhất, do đó góp phần vào quá trình đốt cháy ổn định. Trong phạm vi tải động cơ cao, chỉ phun nhiên liệu kiểu trực tiếp được sử dụng để làm mát khí nạp với tác dụng làm lạnh hơi trong nhiên liệu, được phun vào xi lanh, cải thiện hiệu quả sạch và đặc tính chống va đập. Trong một số điều kiện, các van nạp mở ra để cho phép hỗn hợp không khí / nhiên liệu đồng nhất vào buồng đốt và nhiên liệu được phun trong nửa đầu của hành trình nạp.

Trong quá trình khởi động nguội, hệ thống sẽ tính thời gian phun và kim phun nhiên liệu trực tiếp để giảm khí thải và đạt được quá trình đốt cháy phân tầng. Ngay sau khi khởi động động cơ nguội và trong hành trình xả, nhiên liệu được bơm vào cổng nạp từ cụm kim phun nhiên liệu (để phun đa điểm). Nhiên liệu cũng được phun từ kim phun nhiên liệu trực tiếp gần cuối hành trình nén. Điều này dẫn đến hỗn hợp nhiên liệu không khí được phân tầng và khu vực gần bugi hiệu quả hơn phần còn lại của hỗn hợp không khí / nhiên liệu.

Quá trình này cho phép sử dụng thời gian đánh lửa chậm, làm tăng nhiệt độ khí thải. Nhiệt độ khí thải tăng lên thúc đẩy sự nóng lên nhanh chóng của chất xúc tác và cải thiện hiệu suất khí thải.



Hình 3.16 Sơ đồ hệ thống phun xăng D- 4S.

1 – ECM; 2 - cảm biến áp suất nhiên liệu (cao); 3 - đường ray nhiên liệu (áp suất cao); 4 - kim phun nhiên liệu trực tiếp; 5 - ống phân phối nhiên liệu có cảm biến (áp suất thấp); 6 - kim phun nhiên liệu cổng; 7 - ECU bơm nhiên liệu; 8 - bình nhiên liệu; 9 - van chính nhiên liệu (áp suất cao); 10 - cụm van chính nhiên liệu (áp suất thấp); 11 - bộ lọc nhiên liệu; 12 - bơm nhiên liệu (áp suất thấp); 13 - bộ lọc hút nhiên liệu; 14 - bơm nhiên liệu (áp suất cao); 15 - bộ lọc nhiên liệu; 16 - van điều khiển xung áp suất nhiên liệu; 17 - van điều khiển tràn, 18 - van một chiều (60 kpa), 19 - van xả nhiên liệu (26,4 MPa), 20 - trục cam xả.

ECM sẽ điều khiển bơm nhiên liệu và tính toán nhu cầu nhiên liệu áp suất thấp dựa trên trạng thái xe và tín hiệu được gửi từ các cảm biến và tín hiệu đầu ra. Các cảm biến để lấy tín hiệu cho hệ thống phun xăng D-4S: cảm biến lưu lượng khí nạp, cảm biến nhiệt nước làm mát, cảm biến vị trí trục khuỷa, cảm biến vị trí trục cam và cảm biến tốc độ xe...

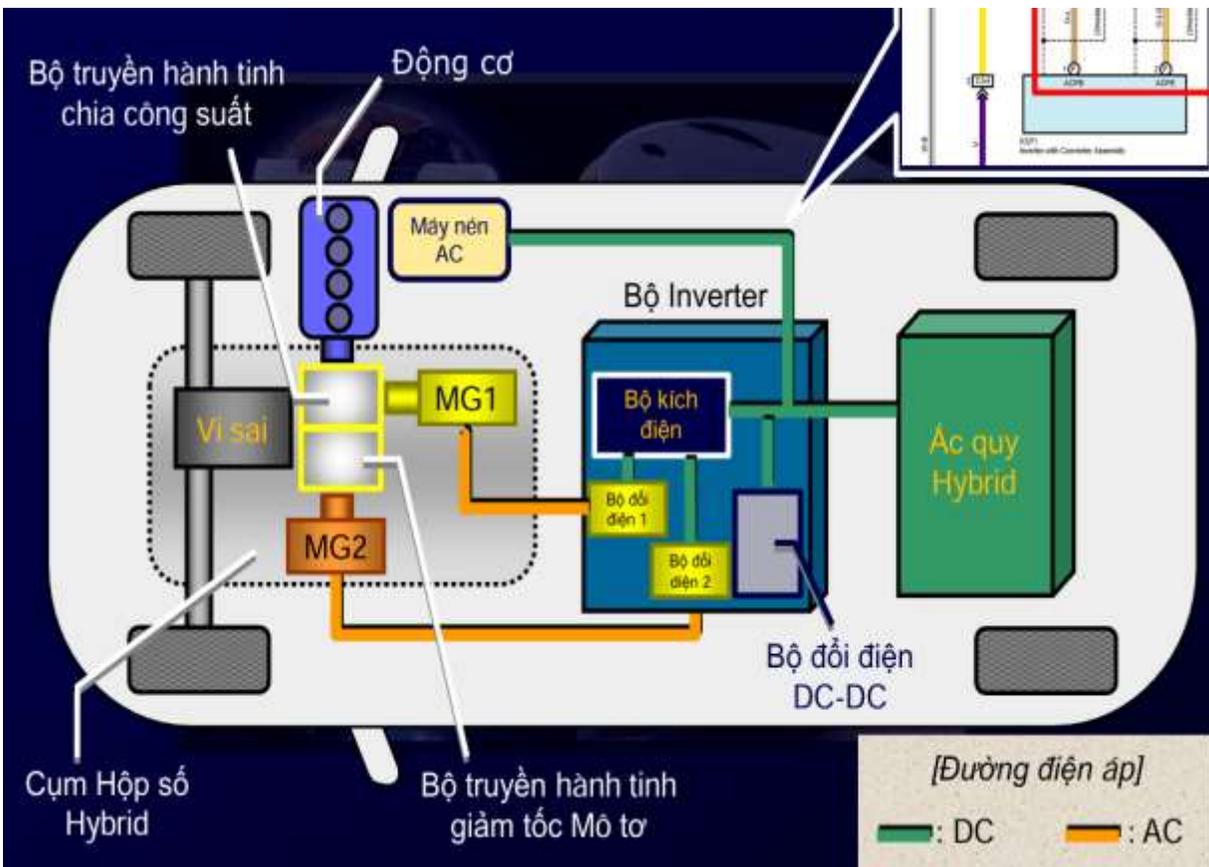
3.3. Khảo sát hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.

Hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid được thiết kế theo kiểu nối tiếp- song song. Sử dụng kết hợp hai loại nguồn công suất là động cơ đốt trong và ắc quy HV, do tận dụng được nhiều ưu điểm của mỗi nguồn công suất và bù trừ điểm yếu của mỗi nguồn công

suất đó. Vì vậy, tính năng hoạt động đạt hiệu quả cao. Các xe hybrid không cần sạc điện bên ngoài cho ắc quy như các xe điện, vì vậy không yêu cầu cơ sở hạ tầng đặc biệt để có thể sử dụng xe hybrid.

Các thành phần chính của hệ thống bao gồm:

- Động cơ đốt trong A25A- FXS.
- Cụm hộp số Hybrid P710 bao gồm: động cơ điện/ máy phát điện MG1, động cơ điện/ máy phát điện MG2, bộ truyền hành tinh chia công suất, bộ truyền hành tinh giảm tốc mô tơ.
- Bộ chuyển đổi điện kiểu biến tần gồm: Bộ đổi điện (biến tần), bộ kích điện, bộ đổi điện DC- DC.
- Ắc quy Hybrid.



Hình 3.17 Tổng thể hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.

Hệ thống này thực hiện tối ưu điều khiển kết hợp giữa động cơ A25A- FXS , máy phát MG1 và mô tơ điện MG2 bên trong hộp số P710 được trang bị trên xe, tạo ra tính năng truyền động vượt trội. Hệ thống có 2 ắc quy, mỗi ắc quy được sử dụng với mục đích riêng. Một ắc quy là ắc quy HV (điện áp định mức DC 244.8V) lưu công suất điện để dẫn

động xe, và ắc quy còn lại là ắc quy phụ (điện áp định mức DC 12V) để phục vụ cho việc cấp điện cho các trang thiết bị điện.

Hơn nữa, hệ thống này sử dụng hệ thống thay đổi điện áp, gồm có một ắc quy HV cao áp, bộ kích điện làm tăng điện áp hoạt động của MG1 và MG2 đến mức điện áp tối đa DC 600 V, và một bộ đổi điện biến tần sẽ chuyển dòng điện một chiều thành điện xoay chiều. Do các xe hybrid không được trang bị máy phát điện thông thường, điện áp cao từ ắc quy HV sẽ được hạ xuống đến mức xấp xỉ DC 14V bằng bộ chuyển đổi DC – DC để nạp điện cho ắc quy phụ. Ngoài ra, ắc quy HV thường nạp và phóng điện khi xe đang chuyển động, vì vậy không cần thiết phải sạc điện từ các nguồn điện bên ngoài.

3.3.1. Động cơ đốt trong.

Toyota Camry Hybrid được trang bị động cơ xăng A25A- FXS 2.5l, 4 xilanh thẳng hàng. Đường kính xilanh 87.5mm, hành trình piston 103.4 mm và tỉ số nén 14. Công suất cực đại 131 kW tại 5700 vòng/phút, mômen xoắn cực đại đạt 221Nm ở 5200 vòng/phút.

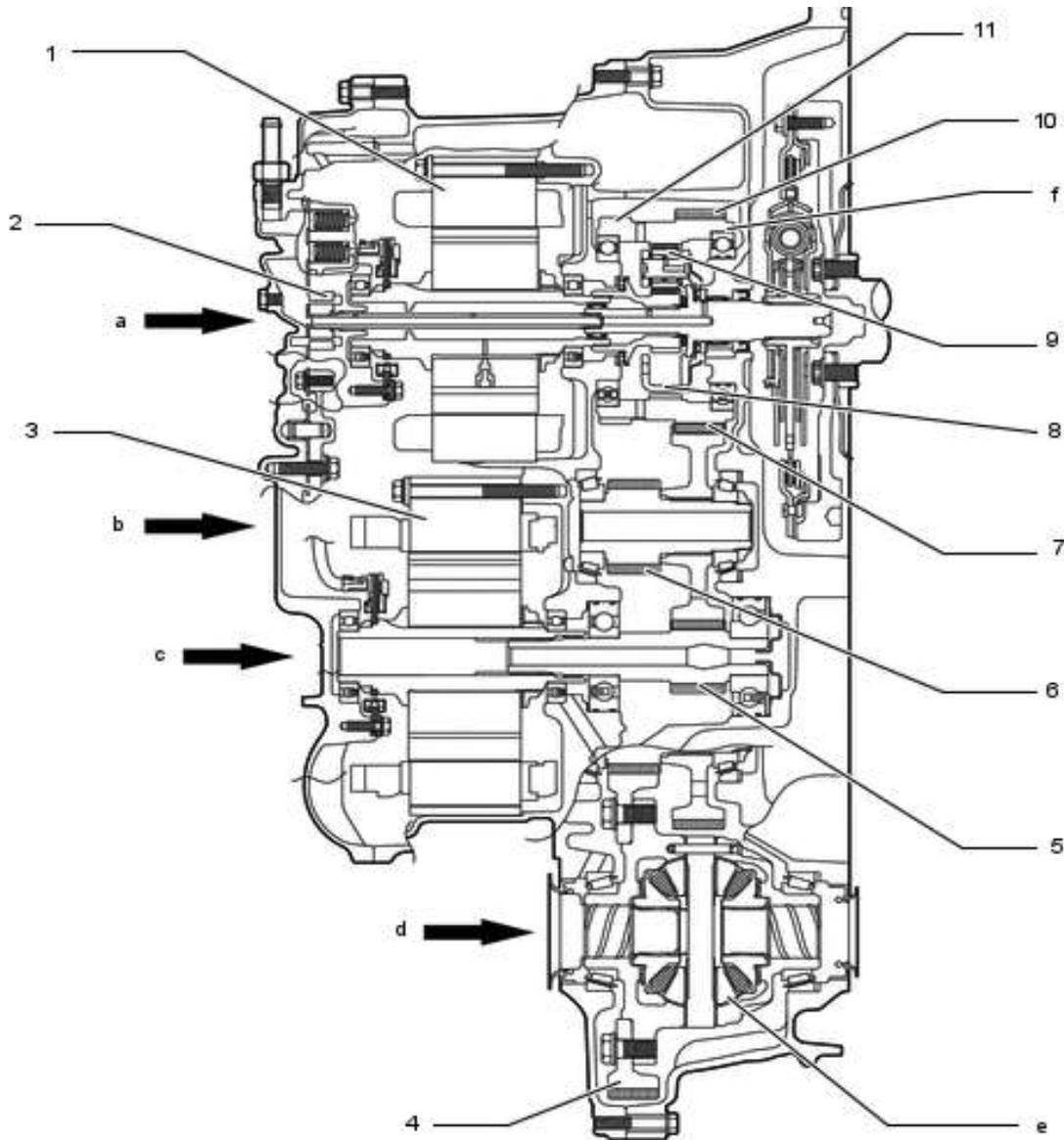
Sử dụng sự kết hợp của các công nghệ tiên tiến và hiện đại nhất của Toyota như vận hành với chu trình Atkinson, dual VVTi, phun xăng trực tiếp D4- S, và tỉ số nén cao... góp phần vào khả năng tiết kiệm nhiên liệu ấn tượng và khí thải thấp.

3.3.2. Cụm hộp số Hybrid P710.

Toyota Camry Hybrid được trang bị hộp số ngang P710. Được tích hợp cụm mô tơ điện MG2 và máy phát điện MG1 để tạo ra năng lượng điện, hộp số này sử dụng cơ cấu truyền động vô cấp với bộ bánh răng phức hợp giúp vận hành trơn tru và yên tĩnh. Cụm hộp số hybrid này có cấu tạo chủ yếu gồm 1 máy phát điện MG1, mô tơ điện MG2, bộ bánh răng hành tinh chia công suất, bộ bánh răng trung gian, bộ truyền lực cuối, bộ bánh răng vi sai và bơm dầu.

Với việc sử dụng cấu hình đa trục cho máy phát điện MG1 và mô tơ điện MG2, chiều dài tổng thể của hộp số đã được rút ngắn. Một bộ bánh răng phức hợp có cấu tạo gồm bánh răng bao của bánh răng hành tinh chia công suất, bánh răng trung gian và bánh răng của cơ cấu khoá đỗ xe được sử dụng để giảm kích thước và trọng lượng đáng kể của hộp số.

Bằng cách sử dụng phương pháp gia công có độ chính xác cao cho bề mặt của các bánh răng, các vòng bi có ma sát thấp và cơ cấu bôi trơn kiểu vung té dầu, mức tổng hao năng lượng truyền động đã được giảm thiểu, giúp cải thiện khả năng tiết kiệm nhiên liệu và tiếng ồn.



Hình 3.18 Cụm hộp số P710 Toyota Camry Hybrid.

1- Máy phát điện MG1; 2- Bơm dầu; 3- Mô tơ điện MG2; 4- Bánh răng bị dẫn động của bộ truyền động cuối; 5- Bánh răng giảm tốc MG2; 6- Bánh răng dẫn động của bộ truyền lực cuối; 7- Bánh răng bị động trung gian; 8- Bánh răng bao bộ truyền hành tinh; 9- Bộ truyền hành tinh chia công suất PSD; 10- Bánh răng chủ động trung gian; 11- Bánh răng hãm phanh đỗ.

a- Trục chính; b- Trục thứ 3; c- Trục thứ 2; d- Trục thứ 4; e- Bộ bánh răng vi sai; f- Bánh răng phức hợp.

Hộp số P710 có cấu hình 4 trục:

- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất, bơm dầu và máy phát điện số 1 (MG1) được bố trí trên trục chính.

- Bộ bánh răng giảm tốc MG2 và mô tơ điện số 2 (MG2) được bố trí trên trục thứ 2.
- Bộ bánh răng bị động trung gian và bộ bánh răng chủ động của bộ truyền động cuối được bố trí trên trục thứ 3.
- Bộ bánh răng bị động của bộ truyền động cuối và bộ bánh răng vi sai được bố trí trên trục thứ 4.

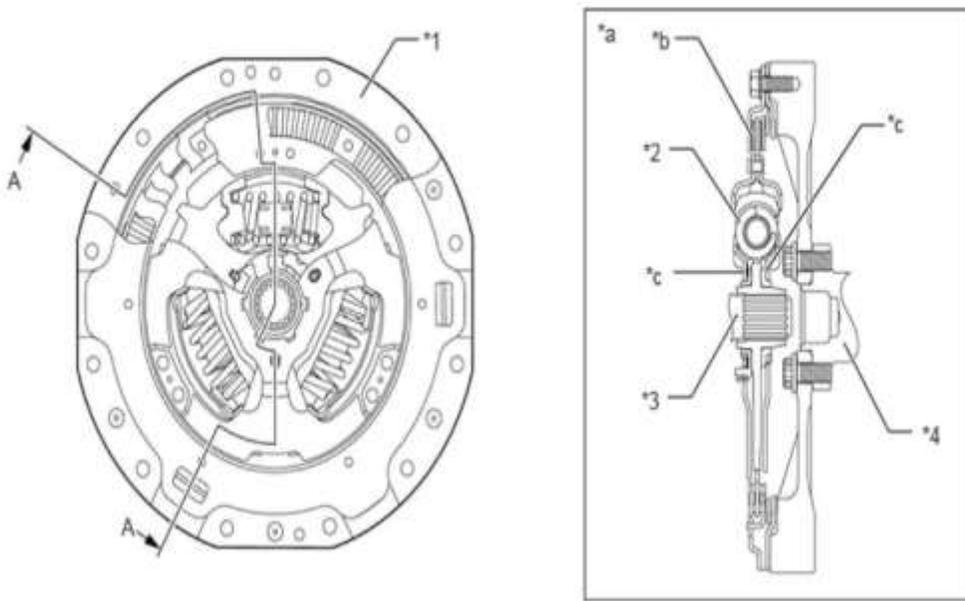
Công việc bôi trơn cho các bánh răng được thực hiện thông qua bơm dầu trochoid và bánh răng bị dẫn của bộ truyền động cuối sẽ làm vung té dầu ATF . Thông qua việc sử dụng cơ cấu bôi trơn (phương pháp bôi trơn kiểu vung té dầu) trong đó các bánh răng sẽ làm vung té dầu ATF, điều này giúp làm giảm tổn thất truyền động bơm dầu và nâng cao hiệu suất truyền động của hệ thống truyền lực. Ngoài ra, bộ giải nhiệt dầu bằng nước cũng giúp tối ưu hoá luồng dầu ATF được sử dụng, đạt hiệu quả làm mát cao, dẫn đến hiệu suất cao và hiệu quả truyền lực cao.

Bảng 3.7 Thông số kĩ thuật hộp số P710 Toyota Camry Hybrid.

Mục		Thông số
Hộp số		P710
Vị trí cần số		P / R / N / D / B
Bộ bánh răng hành tinh chia công suất	Số lượng của bánh răng mặt trời	30
	Số lượng của bánh răng hành tinh	23
	Số lượng của bánh răng bao	78
Bánh răng giảm tốc MG2	Số lượng của bánh răng dẫn động	17
	Số lượng của bánh răng bị dẫn động	53
Bánh răng trung gian	Số lượng của bánh răng dẫn động	65
	Số lượng của bánh răng bị dẫn động	53
Bộ truyền cuối	Số lượng của bánh răng dẫn động	19
	Số lượng của bánh răng bị dẫn động	75
Loại dầu		Dầu ATF Toyota
Dung tích dầu	lít	3.6 (3.8- 3.2)
Trọng lượng	Kg/lb	80.6 (177.7)

3.2.2.1. Bộ giảm chấn hộp số.

Cơ cấu truyền động hộp số kiểu lò xo được sử dụng để truyền lực từ động cơ. Hình dạng lò xo được tối ưu hoá để giảm cộng hưởng, giúp giảm rung và tiếng ồn. Một giới hạn mô men xoắn sử dụng vật liệu ma sát khô tỳ lên bánh đà được sử dụng để ngăn mô men xoắn lớn truyền đến hộp số. Điều này cho phép sử dụng các chi tiết nhỏ có độ bền phù hợp, đạt được thiết kế nhỏ gọn và giảm trọng lượng cho cụm hộp số. Một cơ cấu hấp thụ dao động mô men xoắn hai giai đoạn của tốc độ dao động của động cơ, do đó giảm tiếng ồn và rung động khi khởi động và tắt động cơ.



Hình 3.19 Bộ giảm chấn hộp số P710 Toyota Camry Hybrid.

1- Cơ cấu truyền động hộp số (Cơ cấu giảm chấn đầu vào của hộp số); 2- Lò xo trụ; 3- Trục sơ cấp (Phía hộp số); 4- Trục khuỷu (Phía động cơ).

*a- Mặt cắt ngang A-A; *b- Bộ giới hạn mô men xoắn; *c- Cơ cấu hấp thụ dao động mô men xoắn.

3.2.2.2. Bộ truyền bánh răng hành tinh chia công suất.

Bộ bánh răng hành tinh được nhận công suất từ động cơ, từ đó phân chia công suất cho các bánh xe dẫn động và công suất truyền tới máy phát điện MG1 để tạo ra điện. Thêm vào đó, khi máy phát điện MG1 quay và động cơ khởi động, máy phát điện MG1 sẽ hoạt động như một mô tơ khởi động. Các thành phần của bộ bánh răng hành tinh chia công suất được kết nối với:

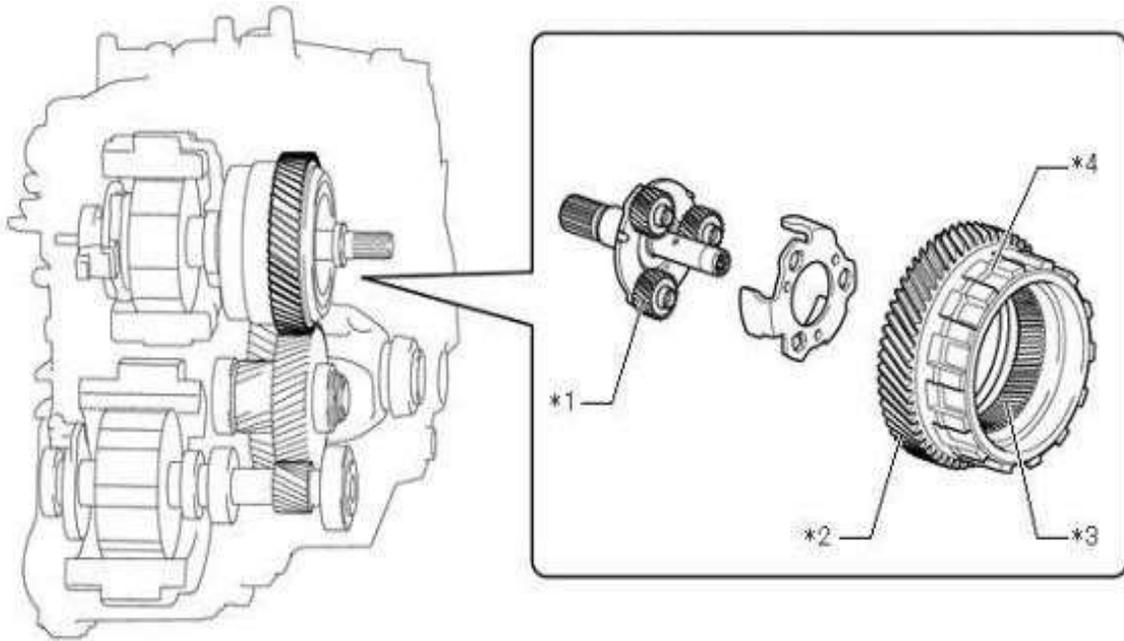
- Bánh răng bao được kết nối với bánh răng truyền động trung gian (đầu ra).

- Bánh răng mặt trời được kết nối với máy phát điện MG1.
- Giá đỡ được kết nối với động cơ.

Bộ bánh răng hành tinh chia công suất được tích hợp lại tạo nên bộ bánh răng phức hợp với các chức năng:

- Bánh răng bao của bộ bánh răng hành tinh chia công suất.
- Bánh răng dẫn động trung gian.
- Bánh răng khoá phanh đỗ.

Với đặc điểm làm việc trong điều kiện phải truyền động biến thiên liên tục nên đã được tối ưu hóa quá trình xử lý nhiệt và gia công đảm bảo với độ chính xác cao, độ bền tốt, giúp các bánh răng nhỏ gọn, giảm tiếng ồn trong quá trình hoạt động.



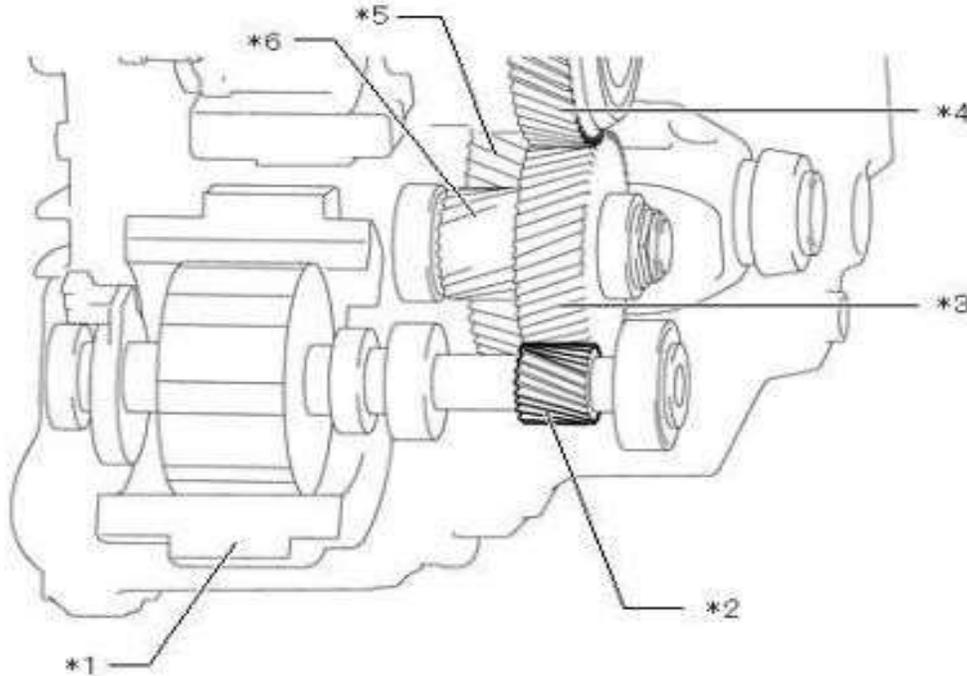
Hình 3.20 Vị trí của bộ truyền bánh răng hành tinh chia công suất.

*1- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất; *2- Bánh răng truyền động trung gian; *3- Bánh răng bao của bộ bánh răng hành tinh; *4- Bánh răng khoá đỗ xe.

3.2.2.3. Bộ bánh răng giảm tốc mô tơ.

Các bánh răng được chế tạo từ thép hợp kim có độ bền cao, khả năng chịu mài mòn tốt và chịu được tải trọng lớn. Quá trình nhiệt luyện (ví dụ: thấm carbon, tôi) thường được áp dụng để tăng độ cứng bề mặt và độ bền lõi. Mô tơ điện MG2 đã được chế tác gọn nhẹ hơn mà vẫn đảm bảo công suất đầu ra bằng cách tăng tốc độ quay của mô tơ điện MG2 thông qua bộ giảm tốc. Với việc thiết kế các bánh răng nghiêng giúp hoạt động êm ái hơn, giảm tiếng ồn và rung động, khả năng chịu tải cao hơn, khả năng truyền lực mượt mà ở

tốc độ cao hơn. Sử dụng cách bố trí bánh răng trục song song cho bộ giảm tốc mô tơ làm cho bánh răng có tổn thất thấp.



Hình 3.21 Cấu tạo của bộ giảm tốc mô tơ.

**1- Mô tơ điện MG2; *2- Bánh răng giảm tốc MG2; *3- Bánh răng bị động trung gian; *4- Bánh răng chủ động trung gian; *5- Bánh răng bị động của bộ truyền động cuối; *6- Bánh răng chủ động của bộ truyền động cuối*

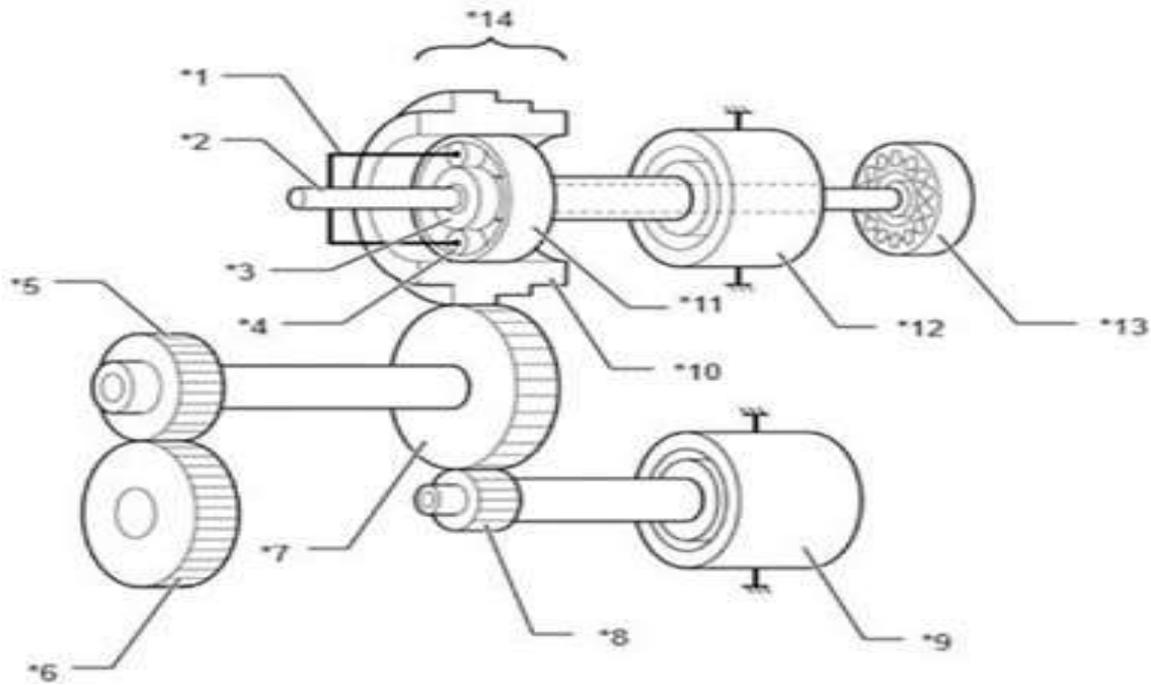
3.2.2.4. Bộ bánh phức hợp.

Bộ bánh răng phức hợp trong hộp số P710 bao gồm:

- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất.
- Bánh răng bị động trung gian.
- Bộ bánh răng của cơ cấu khóa phanh đỗ.

Bánh răng bao của bộ bánh răng hành tinh được tích hợp với bánh răng phức hợp. Bộ bánh răng hành tinh chia công suất chia động lực của động cơ thành hai phần. Một phần cung cấp lực để dẫn động các bánh xe, phần lực còn lại cung cấp lực dẫn động cho máy phát điện MG1 để phát điện.

Công suất từ mô tơ điện MG2 được truyền đến bánh răng bị động trung gian qua bánh răng giảm tốc MG2 để dẫn động được các bánh răng của bộ truyền động cuối.



Hình 3.22 Sơ đồ cấu tạo bộ bánh răng phức hợp hộp số P710.

*1- Giá đỡ; *2- Trục sơ cấp; *3- Bánh răng mặt trời; *4- Các bánh răng hành tinh; *5- Bánh răng dẫn động của bộ truyền động cuối; *6- Bánh răng bị động của bộ truyền động cuối; *7- Bánh răng bị động trung gian; *8- Bánh răng giảm tốc MG2; *9- MG2; *10- Bánh răng chủ động trung gian; *11- Bánh răng bao; *12- MG1; *13- Bơm dầu; *14- Bộ bánh răng hành tinh.

Đối với hệ thống xe hybrid, mô tơ máy phát điện hoạt động với các vai trò khác nhau tùy theo các tình huống cụ thể. Để hiểu rõ hơn về vai trò của mô tơ máy phát điện, chúng ta cần hiểu rõ mối quan hệ giữa hướng quay và mô men xoắn của mô tơ máy phát điện.

Bảng 3.8 Mối quan hệ giữa chiều quay của mô tơ máy phát điện và momen xoắn.

Chiều quay mô tơ máy phát điện	Điều kiện của mô men xoắn	Vai trò của thành phần
Chiều quay dương (+)	Cùng chiều kim đồng hồ	Truyền động
	Ngược chiều kim đồng hồ	Máy phát điện
Chiều quay âm (-)	Cùng chiều kim đồng hồ	Máy phát điện
	Ngược chiều kim đồng hồ	Truyền động

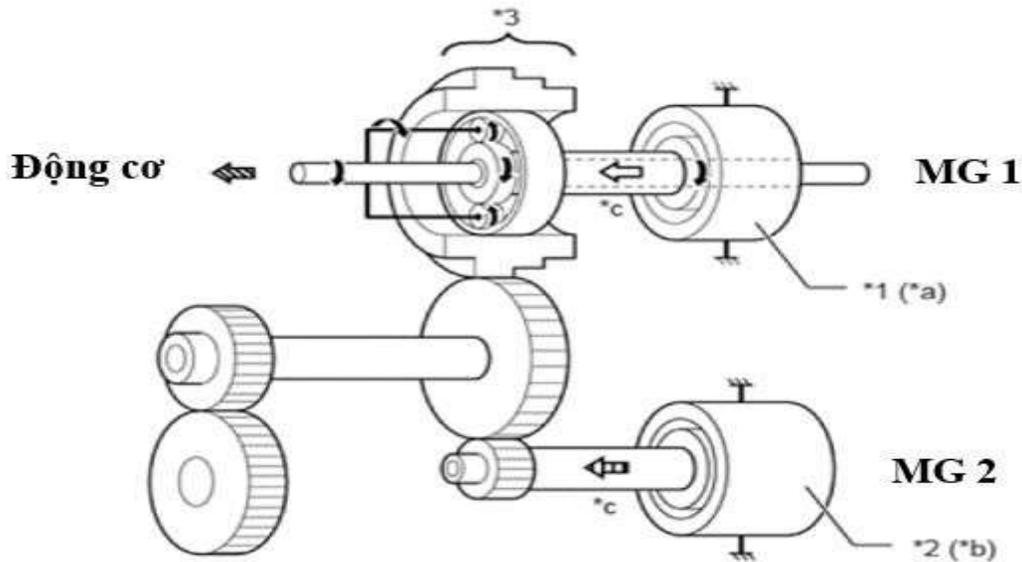
Trong trường hợp, một mô tơ điện đang quay theo chiều dương và tác dụng lên một mô men xoắn xoay ngược chiều kim đồng hồ => thì mô tơ điện sẽ tạo ra dòng điện.

Ngược lại, khi mô tơ điện đang quay theo chiều âm và tác dụng lên một mô men xoắn xoay ngược chiều kim đồng hồ => thì mô tơ điện sẽ hoạt động như một nguồn truyền động.

❖ **Trạng thái READY- ON.**

Đối với trạng thái READY – ON, khi khởi động động cơ sẽ có dòng điện kích hoạt máy phát MG1 và khởi động cho động cơ thông qua bánh răng mặt trời.

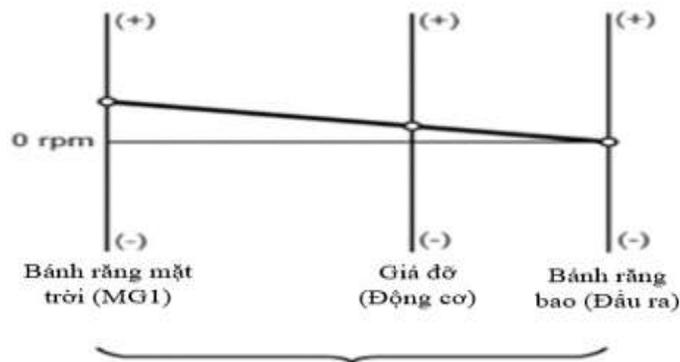
Khi động cơ bắt đầu khởi động thì sẽ có mô men xoắn truyền động tác động lên bánh răng bao nên mô tơ điện MG2 sẽ được cấp điện để triệt tiêu phản lực của động cơ, đồng thời giữ cho động cơ điện MG2 luôn trong trạng thái sẵn sàng.



Hình 3.23 Sơ đồ trạng thái READY- ON khi khởi động động cơ xe.

*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất
*a- Dẫn động; *b- Đã dừng; *c- Mô men xoắn cùng chiều kim đồng hồ.

➡ - Hướng quay; ⇨ - Từ máy phát điện MG1.

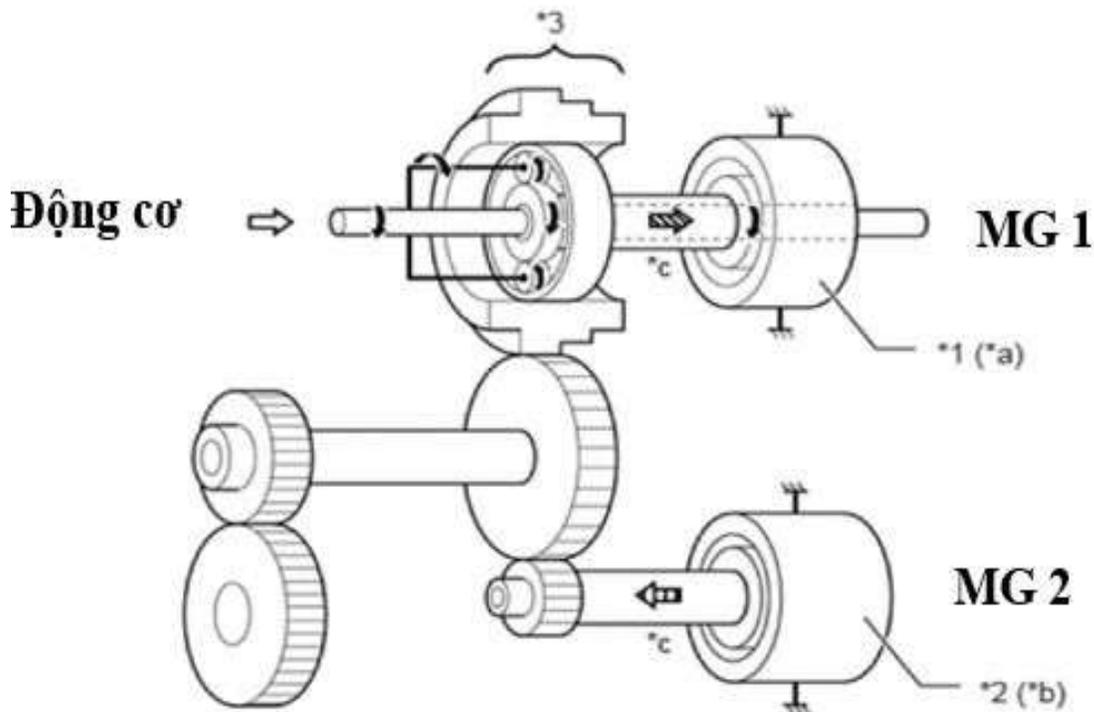


Hình 3.24 Biểu đồ hướng quay và tốc độ Rpm của các thành phần trong bộ bánh răng hành tinh tại trạng thái READY- ON khi khởi động xe.

Khi động cơ bắt đầu khởi động thì sẽ có mô men xoắn truyền động tác động lên bánh răng bao nên mô tơ điện MG2 sẽ được cấp điện để triệt tiêu phản lực của động cơ, đồng thời giữ cho động cơ điện MG2 luôn trong trạng thái sẵn sàng.

Biểu đồ có trục tung thể hiện tốc độ quay và hướng quay còn trục hoành thể hiện các thành phần của bộ bánh răng hành tinh, nhằm thể hiện mối quan hệ giữa các bánh răng trong bộ truyền (tốc độ quay của động cơ, MG1, MG2). Vì động cơ, MG1 và MG2 được kết nối cơ học trong bộ bánh răng hành tinh nên nếu một trong các bộ phận thay đổi tốc độ thì tốc độ của các bộ phận khác cũng sẽ thay đổi.

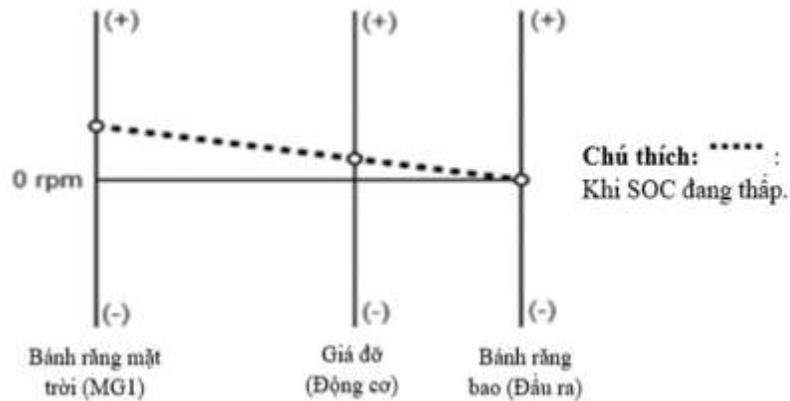
Nếu tình trạng nạp (SOC- State Of Charge) của ắc quy HV đang thấp, động cơ sẽ dẫn động máy phát để sạc lại điện cho ắc quy HV. Công suất từ động cơ sẽ được truyền qua trục sơ cấp tới bánh răng mặt trời để vận hành máy phát. Hệ thống vẫn duy trì động cơ điện MG2 ở trạng thái sẵn sàng.



Hình 3.25 Sơ đồ trạng thái READY- ON khi dừng xe.

*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất
 *a- Dẫn động- tạo ra điện; *b- Đã dừng; *c- Mô men xoắn ngược chiều kim đồng hồ.

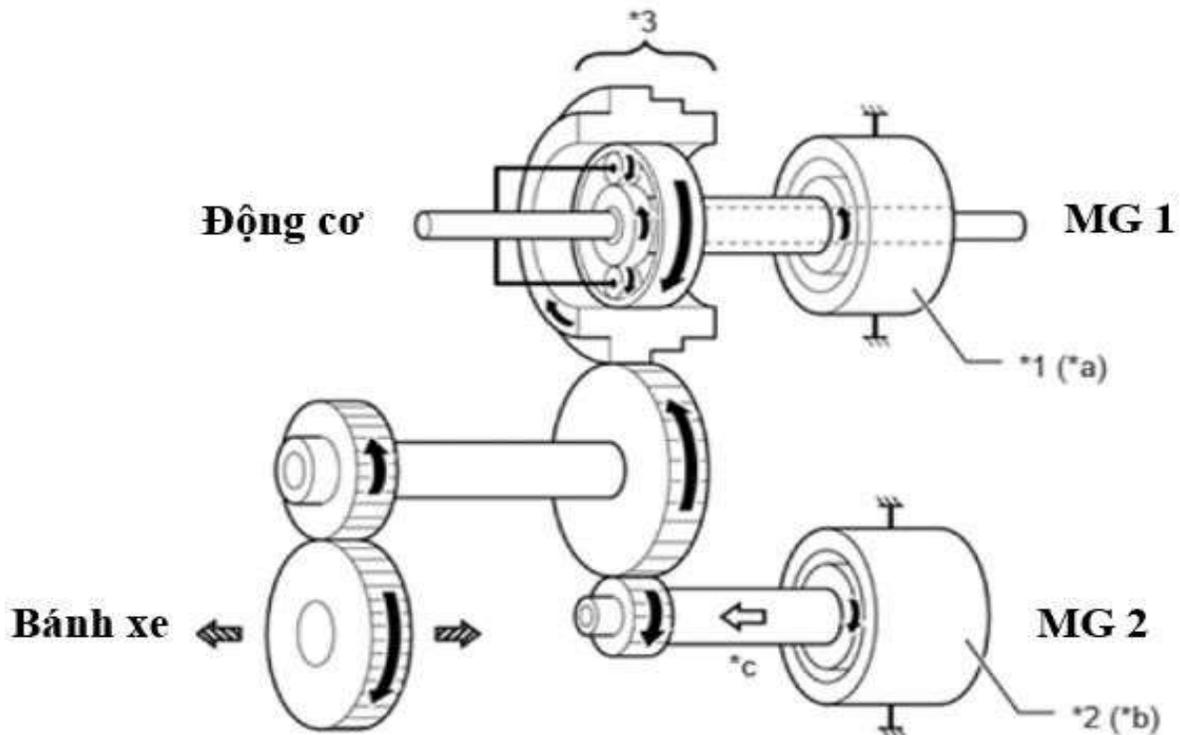
→ - Hướng quay; ⇨ - Từ động cơ; ⇩⇨ - Từ máy phát điện MG1; ⇨⇩ - Từ Mô- tơ điện MG2.



Hình 3.26 Biểu đồ hướng quay và tốc độ Rpm của các thành phần trong bộ bánh răng hành tinh tại trạng thái READY- ON khi dừng xe.

❖ **Trạng thái khởi hành và xe chạy với tải thấp.**

Khi SOC của ắc quy HV đầy, xe sẽ chỉ dùng một nguồn công suất từ mô tơ điện MG2 để khởi hành. Mô men từ MG2 truyền đến bánh xe được tăng lên nhờ bộ bánh răng giảm tốc do xe đang ở vận tốc thấp nên cần nhiều mô men xoắn. Trong trường hợp này, động cơ dừng và máy phát điện MG1 không còn tạo ra dòng điện.

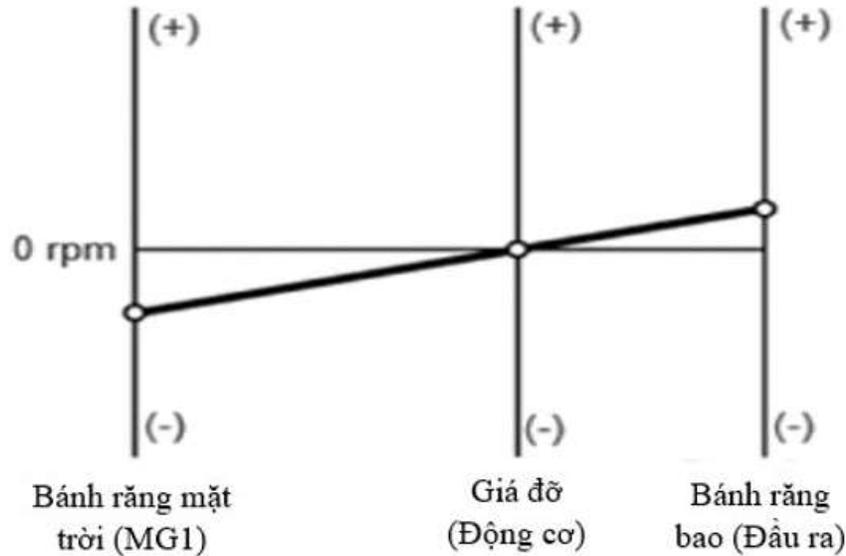


Hình 3.27 Sơ đồ trạng thái khởi động và xe chạy tại trường hợp tải thấp.

*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất

*a- Xoay tự do; *b- Dẫn động; *c- Mô men xoắn cùng chiều kim đồng hồ.

➔ - Hướng quay; ➞ - Từ Mô- tơ điện MG2; ➞➞ - Đến các bánh xe dẫn động.

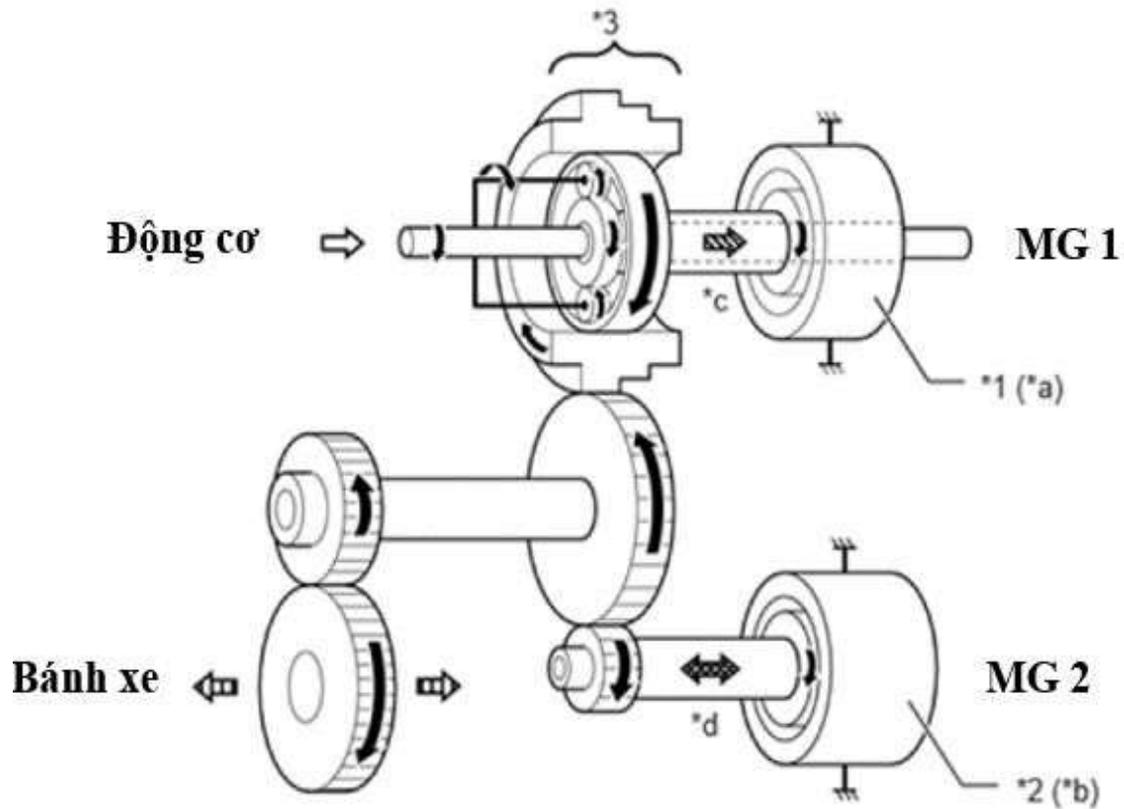


Hình 3.28 Biểu đồ hướng quay và tốc độ Rpm của các thành phần trong bộ bánh răng hành tinh tại trạng thái khởi động và chạy tại tải thấp.

Tại trạng thái này, động năng từ mô tơ điện MG2 truyền qua bánh răng bị động trung gian đến bộ bánh răng hành tinh chia công suất, lúc này vẫn có công suất từ MG2 đến MG1, như vậy MG1 đảm nhiệm vai trò đang phát điện. Tốc độ quay từ MG2 đến MG1 giảm và không đáng kể và lúc này SOC đang đầy nên năng lượng từ MG1 sẽ không được thu hồi về ắc quy HV.

Trong trường hợp SOC của ắc quy HV báo thấp, động cơ sẽ bắt đầu khởi động tạo ra 2 nguồn công suất, một nguồn sẽ dẫn động máy phát điện MG1 để có thể sạc cho ắc quy HV, đồng thời công suất này cũng có thể được cung cấp để cấp nguồn cho mô tơ điện (MG2).

Nguồn công suất còn lại sau khi qua bộ chia công suất sẽ dẫn động bánh răng bị động trung gian và công suất của mô tơ điện MG2 cũng sẽ được truyền tới bánh răng bị động trung gian thông qua bánh răng giảm tốc MG2. Sự kết hợp của công suất động cơ và công suất của mô tơ điện MG2 sẽ được truyền bởi bộ bánh răng phức hợp để dẫn động bánh xe.



Hình 3.29 Sơ đồ trạng thái khởi động và xe chạy tại trường hợp tải thấp khi SOC thấp.

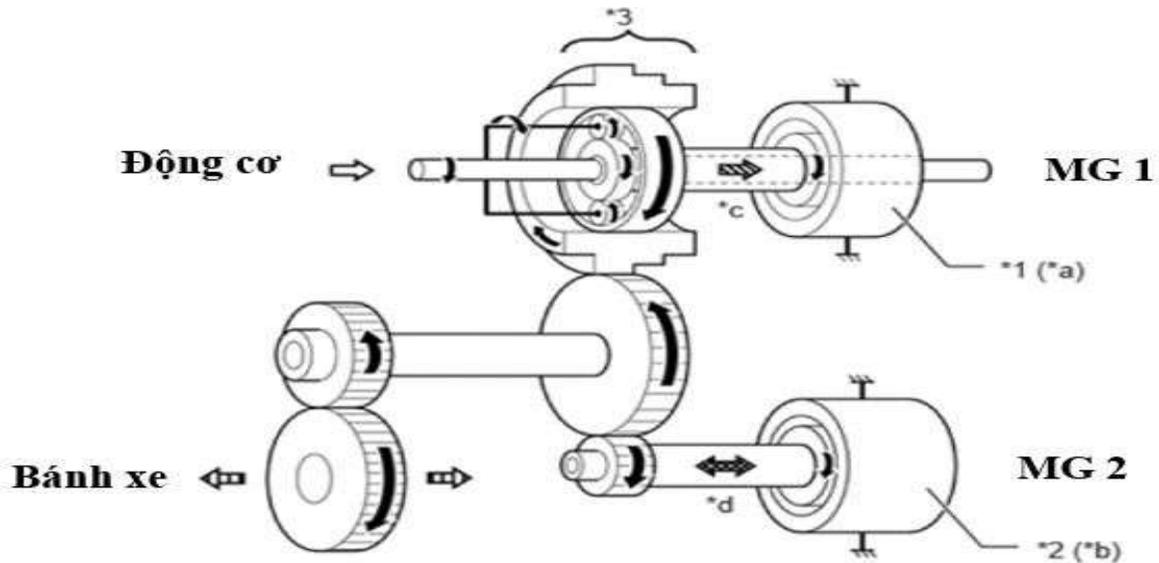
*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất
 *a- Bị động- tạo ra dòng điện; *b- Dẫn động; *c- Mô men xoắn ngược chiều kim đồng hồ; *d- Điều kiện mô men xoắn có thể (+/-) tùy vào điều kiện lái.

➡ - Hướng quay; ➡ - Từ động cơ; ➡ - Từ máy phát điện MG1; ➡ - Từ mô tơ điện MG2; ➡ - Đến bánh xe dẫn động.

❖ Trạng thái xe chạy với tốc độ bình thường.

Khi xe chạy với điều kiện tải trung bình và tốc độ bình thường, động cơ sẽ được điều khiển nhằm hoạt động ở phạm vi tối ưu nhất để cung cấp năng lượng cho xe.

Công suất động cơ được truyền từ trục sơ cấp truyền tới bánh răng bao và đến bánh răng bị động trung gian. Công suất của mô tơ điện MG2 cũng sẽ được truyền tới bánh răng bị động trung gian thông qua bánh răng giảm tốc MG2. Như vậy công suất động cơ và công suất của mô tơ điện MG2 được kết hợp để truyền đến các bánh xe dẫn động bằng bộ bánh răng phức hợp.

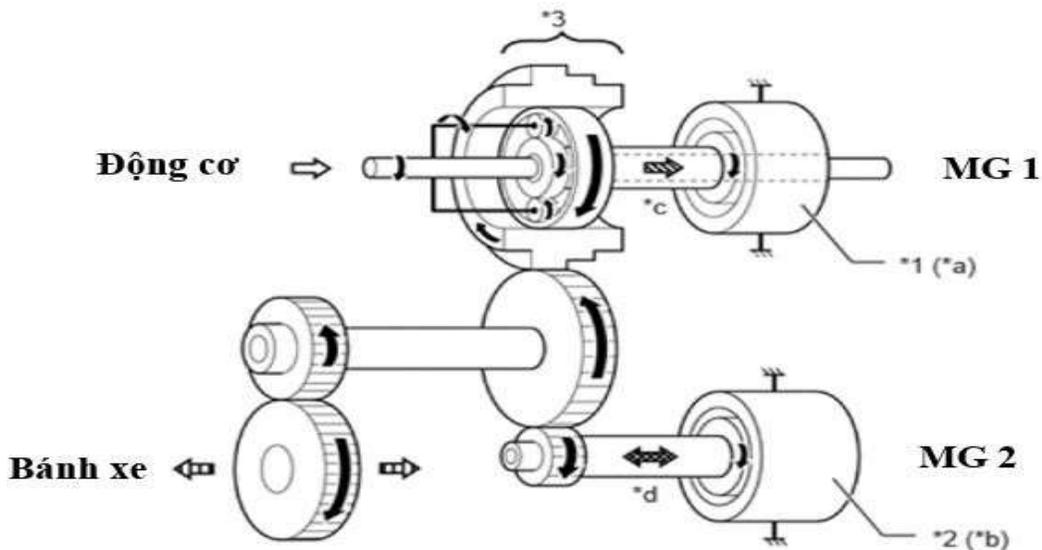


Hình 3.30 Sơ đồ trạng thái xe chạy với trạng thái bình thường.

*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất
 *a- Bị động- lượng điện tạo ra thấp; *b- Dẫn động; *c- Mô men xoắn ngược chiều kim đồng hồ; *d- Điều kiện mô men xoắn có thể (+/-) tùy vào điều kiện lái.

→ - Hướng quay; ⇨ - Từ động cơ; ⇩ - Từ máy phát điện MG1; ⇨ - Từ mô tơ điện MG2; ⇨ - Đến bánh xe dẫn động.

Trong trường hợp SOC của ắc quy HV thấp, động cơ sẽ được điều khiển tạo ra nhiều công suất hơn nhằm tăng khả năng tạo ra dòng điện qua máy phát điện MG1 để sạc cho ắc quy HV.



Hình 3.31 Sơ đồ trạng thái xe chạy với trạng thái bình thường khi SOC thấp.

*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất

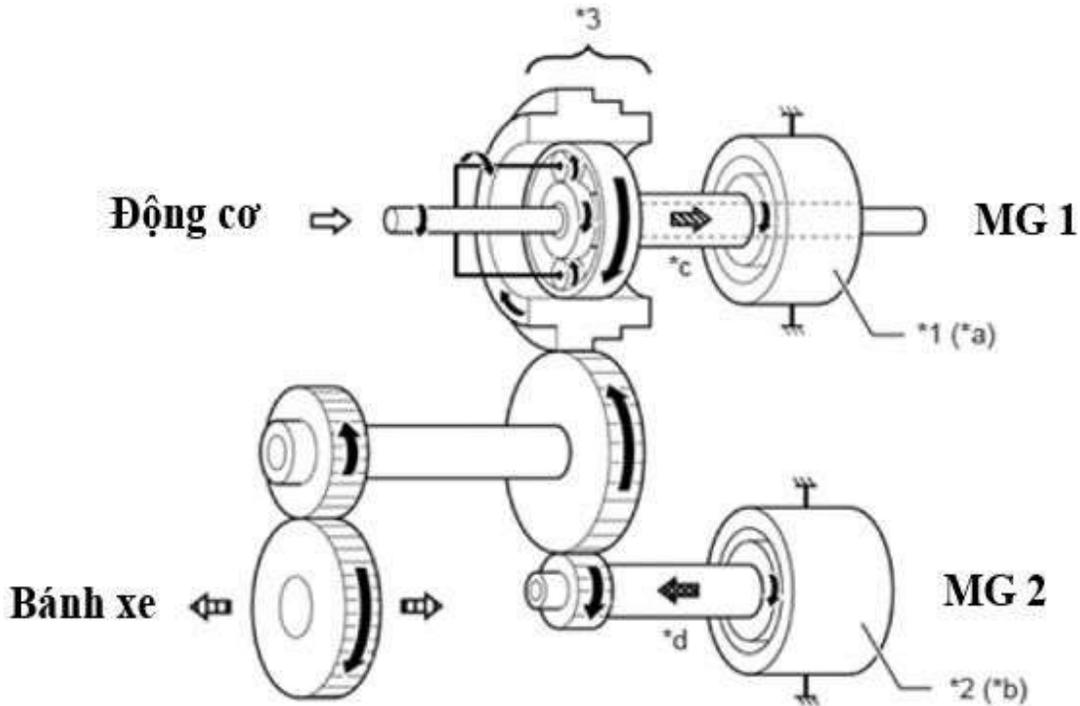
*a- Bị động- lượng điện tạo ra thấp; *b- Dẫn động; *c- Mô men xoắn ngược chiều kim đồng hồ; *d- Điều kiện mô men xoắn có thể (+/-) tùy vào điều kiện lái.

➡ - Hướng quay; ➡ - Từ động cơ; ➡ - Từ máy phát điện MG1; ➡ - Từ mô tơ điện MG2; ➡ - Đến bánh xe dẫn động.

❖ Trạng thái bướm ga mở hoàn toàn.

Khi điều kiện lái của xe thay đổi từ chạy với tải thấp sang điều kiện bướm ga mở hoàn toàn (tải cao) thì hệ thống sẽ ngay lập tức điều khiển bổ sung động lực đến mô tơ điện MG2 bằng năng lượng điện từ ắc quy HV. Nguồn công suất từ động cơ được truyền từ trục sơ cấp đến bánh răng bao và công suất từ mô tơ điện MG2 thông qua bánh răng giảm tốc.

Sự kết hợp của hai nguồn công suất này được truyền qua bởi bộ bánh răng phức hợp để dẫn động bánh trước. Đồng thời động cơ điện MG1 hoạt động với tốc độ cao vừa cấp điện cho mô tơ MG2 vừa sạc cho acquy HV.



Hình 3.32 Sơ đồ trạng thái khi bướm ga mở hoàn toàn.

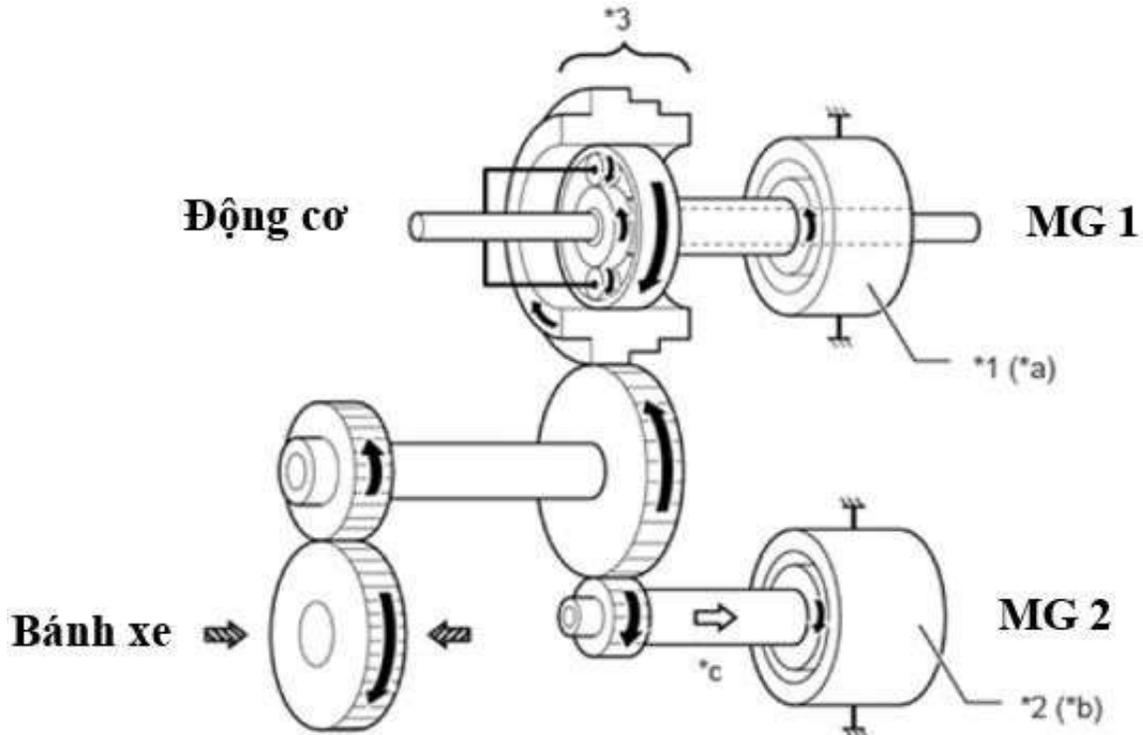
*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất
*a- Bị động- tạo ra điện năng; *b- Dẫn động; *c- Mô men xoắn ngược chiều kim đồng hồ; *d- Điều kiện mô men xoắn có thể (+/-) tùy vào điều kiện lái.

➡ - Hướng quay; ➡ - Từ động cơ; ➡ - Từ máy phát điện MG1; ➡ - Từ mô tơ điện MG2; ➡ - Đến bánh xe dẫn động.

❖ Trạng thái khi xe giảm tốc độ.

Khi xe chạy giảm tốc, động cơ sẽ dừng hoạt động và tắt truyền động từ động cơ đến các bánh xe.

Lúc này các bánh xe dẫn động MG2 làm cho mô tơ MG2 hoạt động như một máy phát điện sạc điện về acqy HV, đồng thời tạo ra lực cản tạo hiệu ứng phanh.



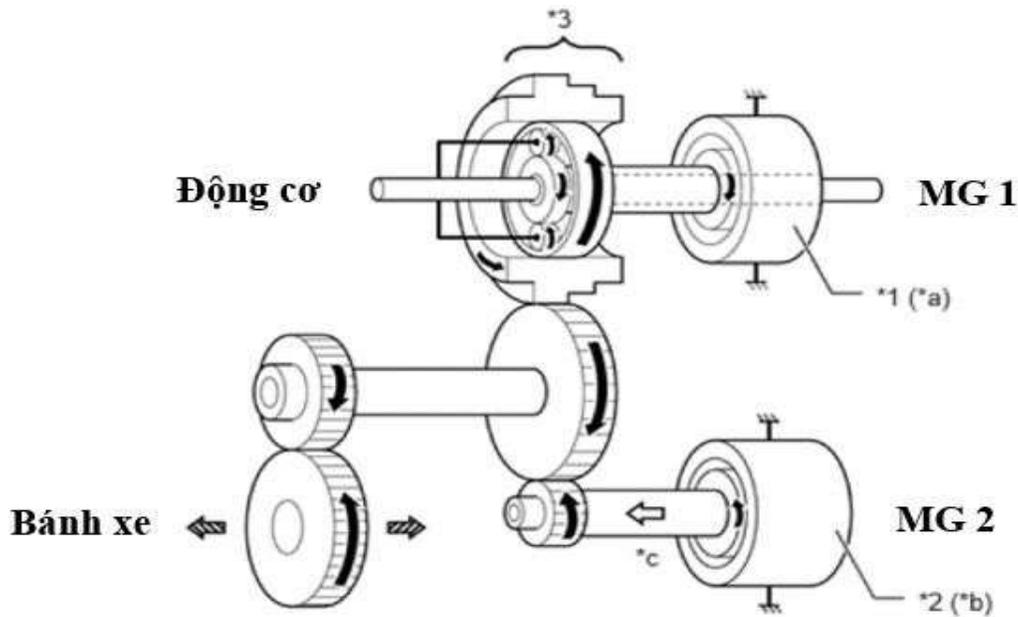
Hình 3.33 Sơ đồ trạng thái khi xe giảm tốc độ.

*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất
 *a- Xoay tự do; *b- Dẫn động- Tạo ra năng lượng điện; *c- Mô men xoắn ngược chiều kim đồng hồ

→ - Hướng quay; ⇨ - Mô- tơ điện MG2; ⇨ - Từ bánh xe dẫn động.

❖ Trạng thái khi lùi xe.

Lúc này động cơ không hoạt động, công suất từ MG2 sẽ dẫn động xe. Khi SOC của ác quy HV thấp, máy phát điện MG1 được sử dụng với vai trò giúp vận hành động cơ sau đó tạo ra năng lượng điện để giúp tăng tình trạng sạc.



Hình 3.34 Sơ đồ trạng thái khi xe đi lùi.

*1- Máy phát MG; *2- Mô tơ điện MG2; *3- Bộ bánh răng hành tinh chia công suất
 *a- Xoay tự do; *b- Dẫn động- Tạo ra năng lượng điện; *c- Mô men xoắn ngược chiều kim đồng hồ

→ - Hướng quay; ⇨ - Mô- tơ điện MG2; ⇄ - Từ bánh xe dẫn động.

3.2.2.5. MG1 và MG2.

Máy phát điện MG1 và mô tơ điện MG2 sử dụng mô tơ điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Máy phát điện MG1 sạc điện cho ắc quy HV và cung cấp năng lượng điện để điều khiển động cơ điện MG2.

Bằng việc điều chỉnh lượng điện năng được tạo ra (do đó thay đổi điện trở trong và tốc độ quay của máy phát) làm cho máy phát MG1 điều khiển hiệu quả khả năng truyền biến thiên liên tục của hộp số vô cấp CVT. MG1 còn có nhiệm vụ như một mô tơ khởi động cho động cơ đốt trong.

Bảng 3.9 Thông số kỹ thuật MG1 và MG2.

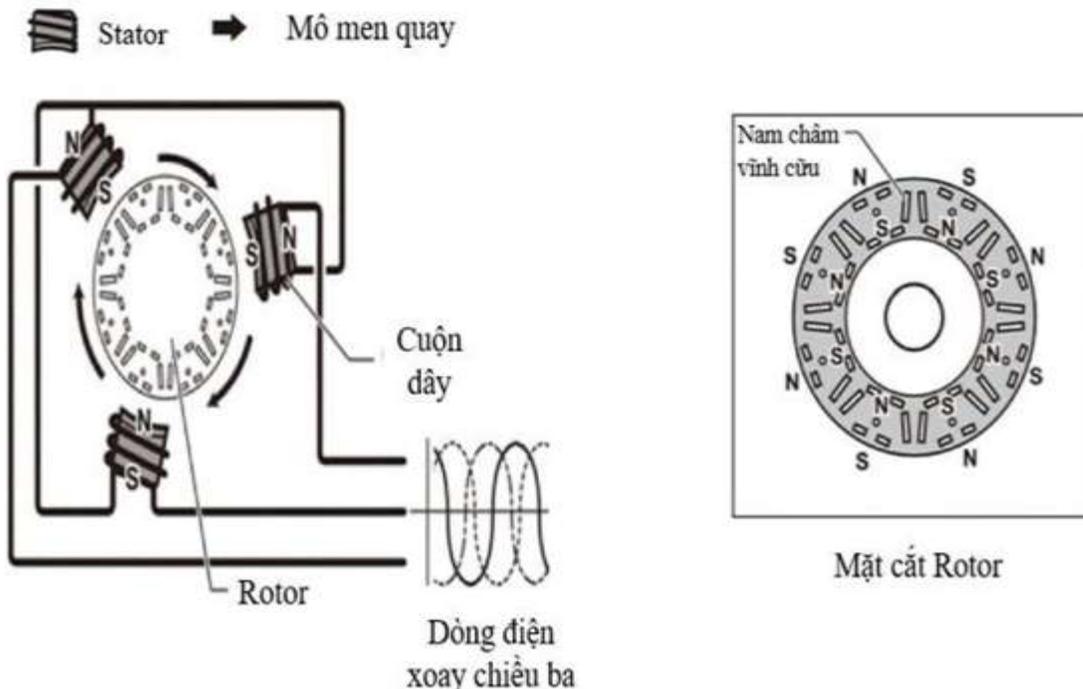
Mục	Thông số	
	MG1	MG2
Loại	Mô tơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu	Mô tơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu
Chức năng	Phát điện, khởi động động cơ	Phát điện, dẫn động bánh xe

Điện áp định danh cực đại	DC 650(V)	DC 650(V)
Công suất cực đại	-	88(Kw)
Mô men xoắn cực đại	-	202(Nm)
Hệ thống làm mát	Làm mát bằng nước	Làm mát bằng nước

Mô tơ điện MG2 hoạt động nhằm hỗ trợ công suất cho động cơ như một nguồn năng lượng bổ sung hoặc hoạt động riêng biệt tùy theo tình huống. Với sự kết hợp giữa mô tơ điện MG2 và động cơ giúp động cơ sinh ra công suất làm việc hiệu quả, giảm sự mất mát công suất trong những trường hợp vô ích, qua đó giảm được phát thải ra môi trường.

Ngoài những lợi ích về hiệu suất động cơ, sự kết hợp này còn mang lại khả năng tăng tốc êm ái và cảm giác lái tốt cho người lái.

ECU của mô tơ máy phát (MG ECU) nhận tín hiệu từ ECU điều khiển xe hybrid và dựa vào các tín hiệu này chuyển mạch IGBT trong mô đun nguồn thông minh (IPM) điều khiển máy phát điện MG1 và mô tơ điện MG2.



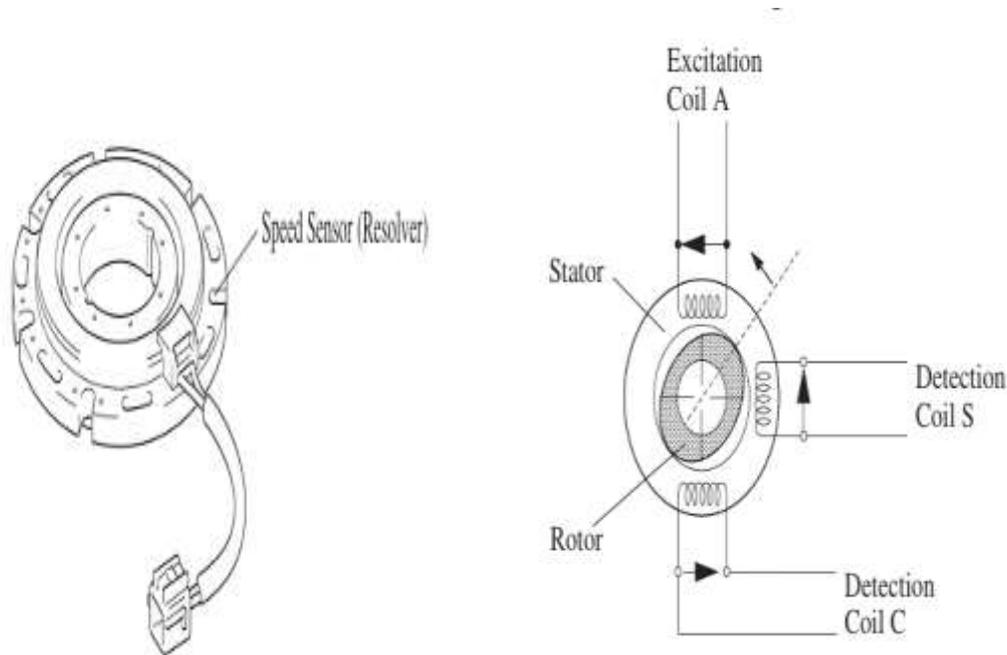
Hình 3.35 Hình ảnh minh họa nguyên lý hoạt động của MG1 và MG2.

Khi dòng điện xoay chiều ba pha chạy qua các cuộn dây ba pha của stato, một từ trường quay được tạo ra trong mô-tơ điện. Bằng cách điều khiển từ trường quay này theo vị trí và tốc độ quay của rô-to, các nam châm vĩnh cửu được đặt trong rô-to sẽ bị hút bởi từ trường quay, do đó tạo ra mô-men xoắn. Mô-men xoắn được tạo ra tỷ lệ thuận với lượng dòng điện, và tốc độ quay được điều khiển bởi tần số của dòng điện xoay chiều. Hơn nữa, mô-men xoắn cao, trên toàn bộ dải tốc độ, có thể được tạo ra một cách hiệu quả bằng cách

điều khiển thích hợp từ trường quay và góc của các nam châm rô-to. Khi mô tơ tạo ra điện, rô to quay để tạo ra một từ trường, từ đó tạo ra dòng điện trong cuộn dây stato.

Đối với máy phát điện MG1 và mô tơ điện MG2, nam châm vĩnh cửu trong rotor được đặt ở vị trí tối ưu để sử dụng mô men xoắn một cách hiệu quả, do mô men xoắn được tạo ra do sự thay đổi từ trở trong khe hở giữa stator và rotor. Điều này khuếch đại lực quay của rotor, giúp tăng cường lực truyền động. Khi phát điện, chuyển động quay của rotor sẽ tạo ra từ trường, tạo ra dòng điện chạy trong cuộn dây stator.

Bên cạnh đó, chuyển động quay của từ trường sinh ra trong cuộn dây được điều khiển dựa trên vị trí và tốc độ quay của rotor để kéo nam châm vĩnh cửu nằm trong rotor về phía từ trường, và việc nhận biết được vị trí của rotor được đảm nhận bởi cảm biến xoay kiểu Resolver.

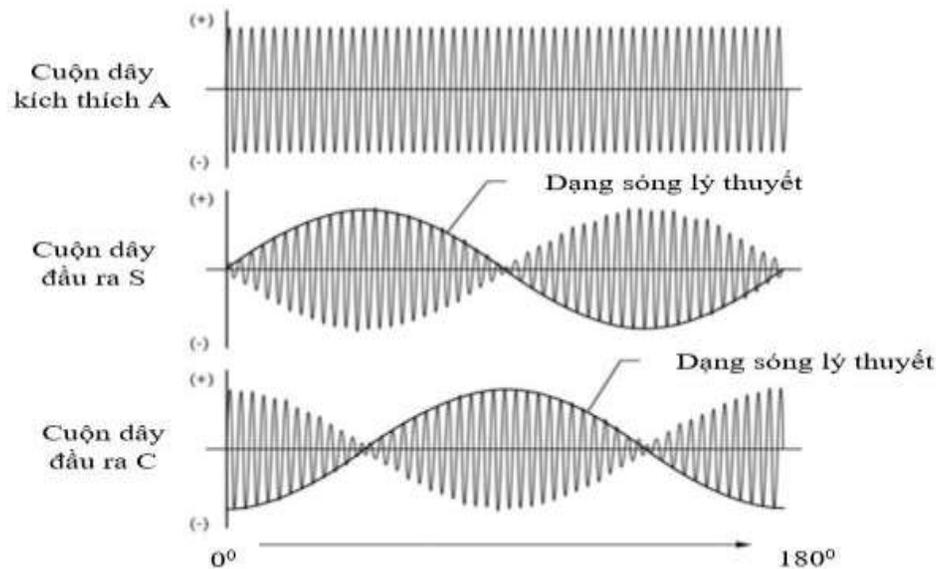


Hình 3.36 Cảm biến xoay kiểu Resolver.

Cảm biến xoay kiểu Resolver là một cảm biến cực kỳ đáng tin cậy và nhỏ gọn, có khả năng phát hiện chính xác vị trí cực từ, điều này không thể thiếu để đảm bảo việc điều khiển hiệu quả MG1 và MG2. Stato của cảm biến bao gồm ba loại cuộn dây: cuộn dây kích từ A, cuộn dây phát hiện S và cuộn dây phát hiện C.

Các cuộn dây phát hiện S và C được bố trí lệch nhau về điện 90 độ. Rô-to có hình bầu dục, khoảng cách giữa stato và rô-to thay đổi theo sự quay của rô-to. Dòng điện xoay chiều chạy vào cuộn dây kích từ A tạo ra các tín hiệu đầu ra có tần số không đổi. Giá trị đầu ra của cuộn dây S và cuộn dây C tương ứng với vị trí của rô-to.

Do đó, bộ điều khiển điện tử động cơ (MG ECU) phát hiện vị trí tuyệt đối dựa trên sự khác biệt giữa các giá trị đầu ra của cuộn dây S và cuộn dây C. Hơn nữa, MG ECU tính toán tốc độ quay dựa trên sự thay đổi vị trí trong một khoảng thời gian nhất định.



Hình 3.37 Dạng sóng lý thuyết phát ra từ cảm biến xoay khi rotor quay 180 độ theo chiều dương (+).

Bởi vì dòng điện xoay chiều chạy từ bộ phân giải này đến cuộn dây kích từ với tần số không đổi, một tần số không đổi được xuất ra ở các cuộn dây S và C, bất kể tốc độ rô-tô. Rô-tô có hình bầu dục, và khoảng cách giữa stato và rô-tô thay đổi theo sự quay của rô-tô. Do đó, các giá trị đỉnh của dạng sóng được xuất ra bởi các cuộn dây S và C thay đổi theo vị trí của rô-tô.

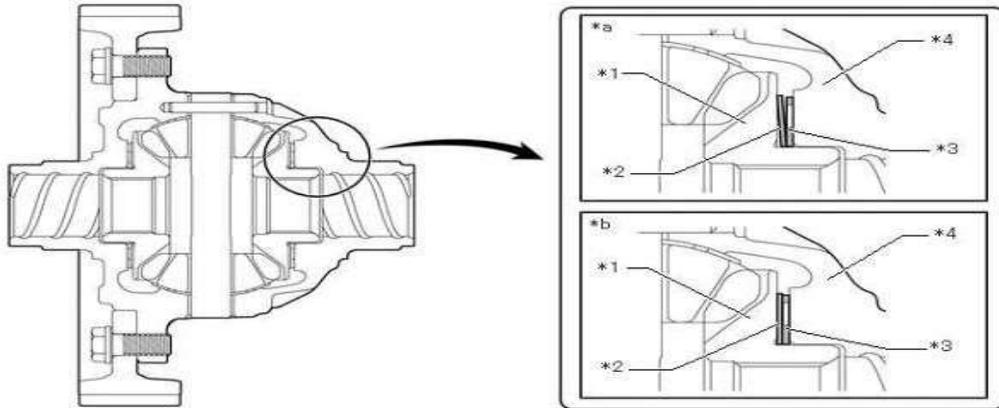
MG ECU liên tục theo dõi các giá trị đỉnh này và kết nối chúng để tạo thành một dạng sóng ảo. MG ECU tính toán vị trí tuyệt đối của rô-tô từ sự khác biệt giữa các giá trị của cuộn dây S và C. Nó xác định chiều quay của rô-tô dựa trên sự khác biệt giữa pha của dạng sóng ảo của cuộn dây S và dạng sóng ảo của cuộn dây C. Hơn nữa, MG ECU tính toán tốc độ quay dựa trên sự thay đổi vị trí rô-tô trong một khoảng thời gian nhất định. Các sơ đồ bên trên minh họa các dạng sóng được xuất ra ở các cuộn dây A, S và C khi rô-tô quay dương 180° từ một vị trí nhất định. Bên cạnh cảm biến xoay kiểu Resolver, xe còn được trang bị cảm biến nhiệt độ được cung cấp cho cả máy phát điện MG1 và mô tơ điện MG2 để đo được nhiệt độ của stator.

ECU điều khiển hybrid thực hiện điều khiển hệ thống hybrid dựa trên tín hiệu từ các cảm biến nhiệt độ này.

3.3.3. Các bộ phận khác trong hệ thống truyền lực.

3.3.3.1. Cơ cấu vi sai.

Toyota Camry Hybrid được trang bị một cơ cấu vi sai tiền mô men, trong đó lò xo côn được đặt nằm giữa bánh răng bên và vòng đệm bánh răng bên. Lực nén của lò xo côn tác dụng tạo lực ma sát lên vùng trượt, hỗ trợ cải thiện độ ổn định khi di chuyển trên đường thẳng, nâng cao hiệu suất tăng tốc trong khi tải nhẹ và tốc độ quay bộ vi sai thấp.

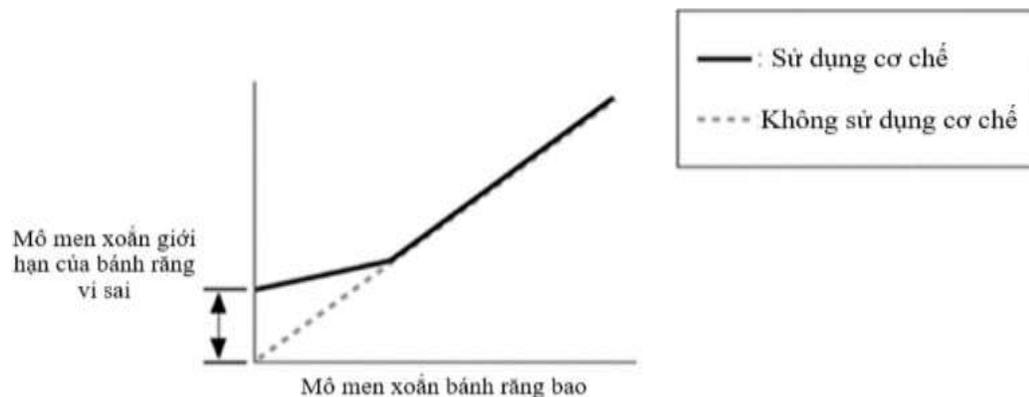


Hình 3.38 Cơ cấu bộ vi sai.

*1- Bánh răng bên; *2- Lò xo côn; *3- Vòng đệm bánh răng bên; *4- Vỏ bộ vi sai.

*a- Phạm vi tải nhẹ; *b- Phạm vi tải trung bình và tải nặng.

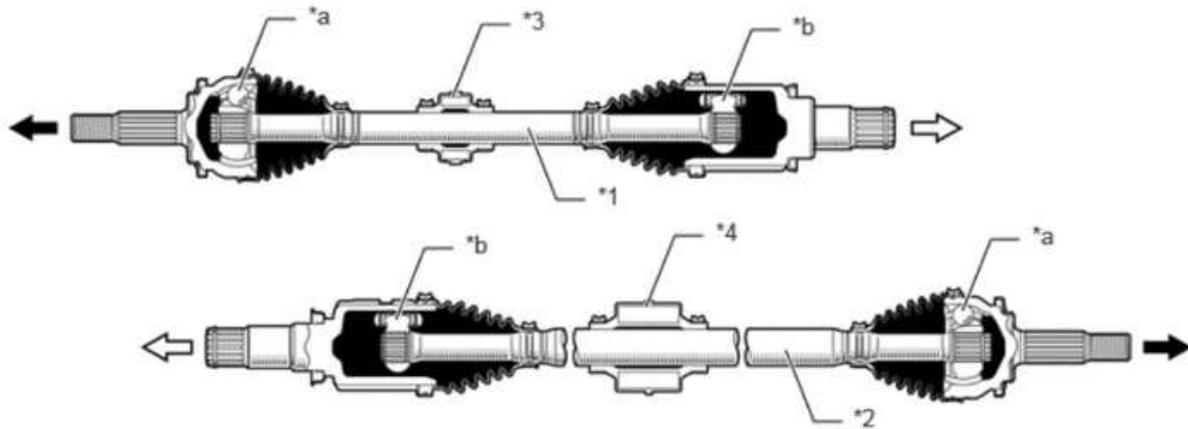
Khi tải nhẹ và tốc độ quay bộ vi sai thấp, lúc này lò xo côn tạo lực ma sát lên vùng trượt trong phạm vi tải trọng cho phép của lò xo nên mô men của bộ vi sai cho bánh xe trái và bánh xe phải được giới hạn (tăng mô men). Ở phạm vi tải trung bình và cao vượt quá tải trọng cho phép của lò xo côn, hệ thống hoạt động như một bộ vi sai bình thường.



Hình 3.39 Mối quan hệ giữa mô men giới hạn của bánh răng vi sai và mô men của bánh răng bao .

3.3.3.2. Hệ thống bán trục.

Cụm trục láp trước sử dụng khớp chạc ba có tốc độ không đổi (CV), kiểu giá ba chân sử dụng ở phía vi sai và khớp CV kiểu Rzeppa được sử dụng ở phía bánh xe.



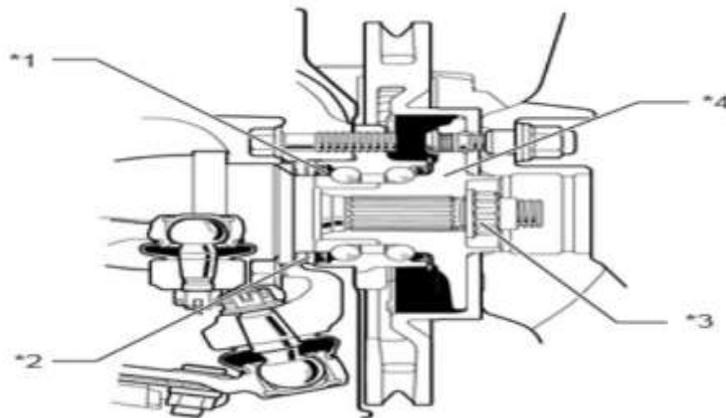
Hình 3.40 Bán trục cầu trước.

*1- Cụm trục láp trước trái; *2- Cụm trục láp trước phải; *3- Bộ giảm chấn trục láp trước trái ; *4- Bộ giảm chấn trục láp trước phải.

➔ - Phía bánh xe; ➞ - Phía bộ vi sai.

3.3.3.3. Hệ thống cầu xe phía trước.

Cầu trước sử dụng vòng bi cầu hai dãy kiểu nhỏ gọn và có độ cứng cao. Các vòng bi cầu hai dãy và moay ơ cầu xe được tích hợp với nhau để đảm bảo độ cứng cao, do đó mang lại sự ổn định tuyệt vời khi lái và phanh xe. Rô to cảm biến tốc độ xe được tích hợp vào vòng lăn trong của vòng bi.

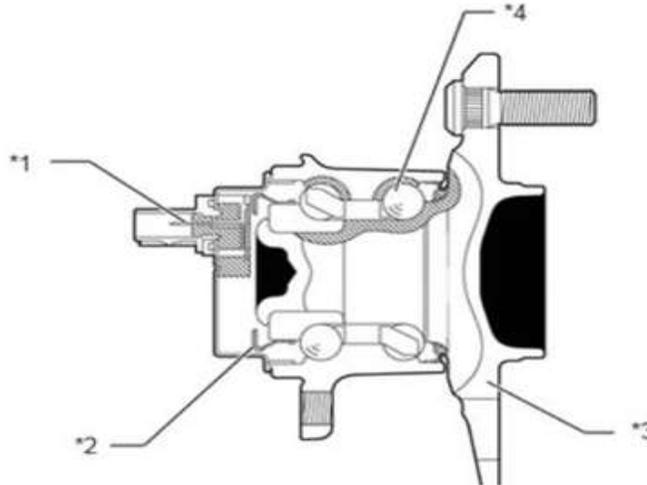


Hình 3.38. Cầu xe phía trước

*1- Vòng bi cầu kép; *2- Rô to của cảm biến tốc độ; *3- Đai ốc bắt lắp ; *4- Moay-ơ cầu trước.

3.3.3.4. Hệ thống cầu xe phía sau.

Đối với cầu sau cũng sử dụng vòng bi cầu hai dãy nhỏ gọn và có độ cứng cao. Các vòng bi cầu hai dãy và moay ơ cầu xe được tích hợp với nhau để đảm bảo có độ cứng cao, do đó đạt được độ ổn định tuyệt vời khi lái và phanh xe. Ở cầu sau, rô to cảm biến tốc độ xe cũng được tích hợp vào vòng lăn trong của vòng bi.



Hình 3.41 Cầu xe phía sau.

*1- Cảm biến tốc độ; *2- Rô to của cảm biến tốc độ; *3- Cụm vòng bi và moay-ơ cầu sau ; *4- Vòng bi cầu kép.

3.3.4.Ắc quy Hybrid.

Toyota Camry Hybrid được trang bị hệ thống ắc quy Hybrid sử dụng loại Nikel- Metal Hydride (Ni- Mh). Ắc quy Hybrid Nikel- Metal Hydride là loại có trọng kích thước nhỏ gọn, trọng lượng nhẹ và có công suất cao. Ắc quy HV được đặt trong một vỏ kim loại và được gắn chắc chắn vào khu vực khoang hành khách dưới ghế sau. Vỏ kim loại được cách điện với điện áp cao và được che phủ bởi thảm trong khoang hành khách.

Bảng 3.10 Thông số kỹ thuật của Ắc quy Ni-Mh.

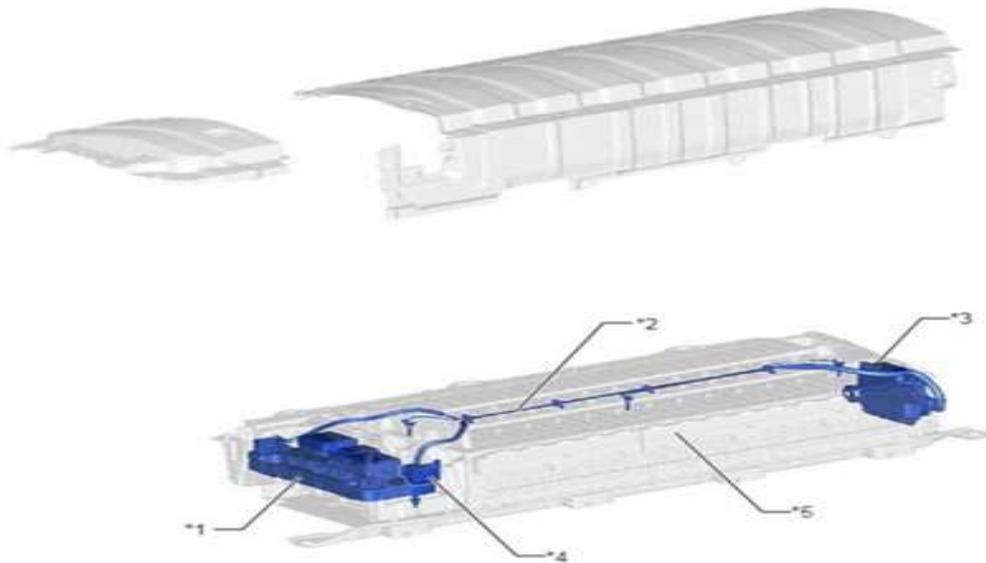
Mục		Thông số
Ắc quy Hybrid	Loại	Ắc quy Nikel- Metal Hydride (Ni- Mh).
	Số lượng mô- đun	34
	Điện áp định danh [V]	244.8 V
	Dung lượng [Ah]	7.2 V
Nút sửa chữa	Số lượng	x 1
	Công tắc khóa liên động	có
Hệ thống làm mát ắc quy Hybrid		Làm mát bằng không khí

Cảm biến nhiệt độ ắc quy Hybrid	x 3
Cảm biến nhiệt độ không khí làm mát ắc quy Hybrid	x 1
Hộp đầu nối HV	SMRs (SMRB,SMRP,SMRG), Cảm biến dòng điện Ắc quy Hybrid (x1),Điện trở trước nạp (x1)

Bộ ắc quy Hybrid bao gồm:

- Mô đun acqy HV.
- Cảm biến nhiệt độ loại nhiệt điện trở.
- Cụm đầu nối acqy HV.
- Bộ điều khiển của acqy (cảm biến điện áp acqy).
- Chốt sửa chữa an toàn.

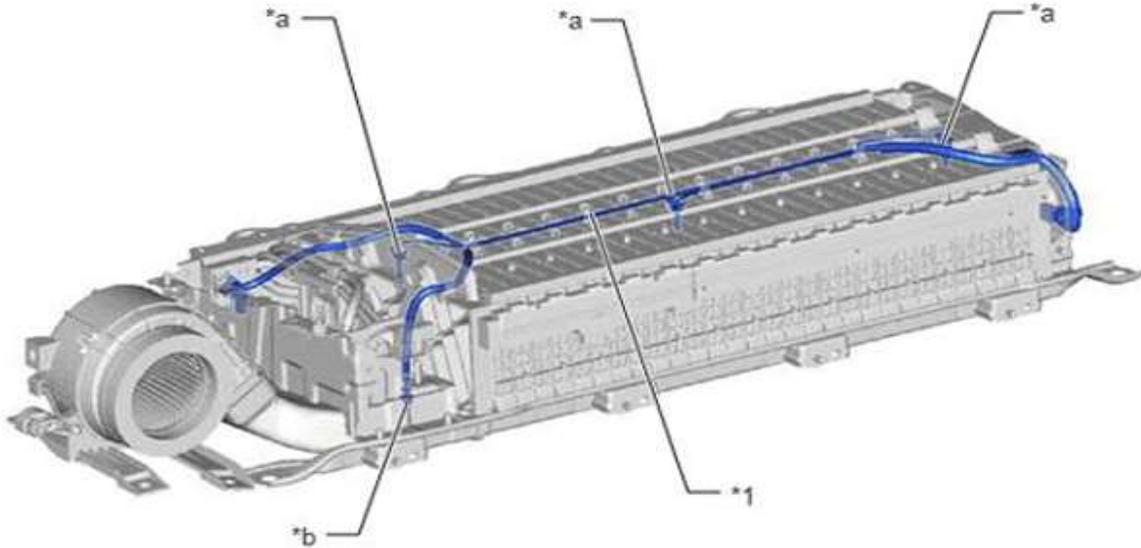
Quạt làm mát ắc quy được sử dụng như một hệ thống làm mát riêng, với nhiệm vụ làm mát ắc quy nhằm đảm bảo cho ắc quy hoạt động chính xác khi phải làm việc đáng kể trong chu trình sạc và xả lặp đi lặp lại.



Hình 3.42 Các bộ phận của ắc quy hybrid.

**1- Cụm đầu nối ắc quy Hybrid; *2- Nhiệt điện trở ắc quy Hybrid; *3- Bộ điều khiển ắc quy Hybrid ; *4- Chốt của nút sửa chữa; *5- Các Mô đun của ắc quy Hybrid.*

Nhiệt điện trở ắc quy Hybrid gồm một cảm biến khí nạp và 3 cảm biến nhiệt độ. ECU điều khiển xe hybrid điều khiển tối ưu hệ thống làm mát sao cho nhiệt độ ắc quy có thể nằm trong phạm vi tiêu chuẩn theo đúng thông tin nhiệt độ nhận được từ bộ điều khiển ắc quy (cảm biến điện áp ắc quy).



Hình 3.43 Nhiệt điện trở của ắc quy Hybrid.

**1- Nhiệt điện trở ắc quy ;*

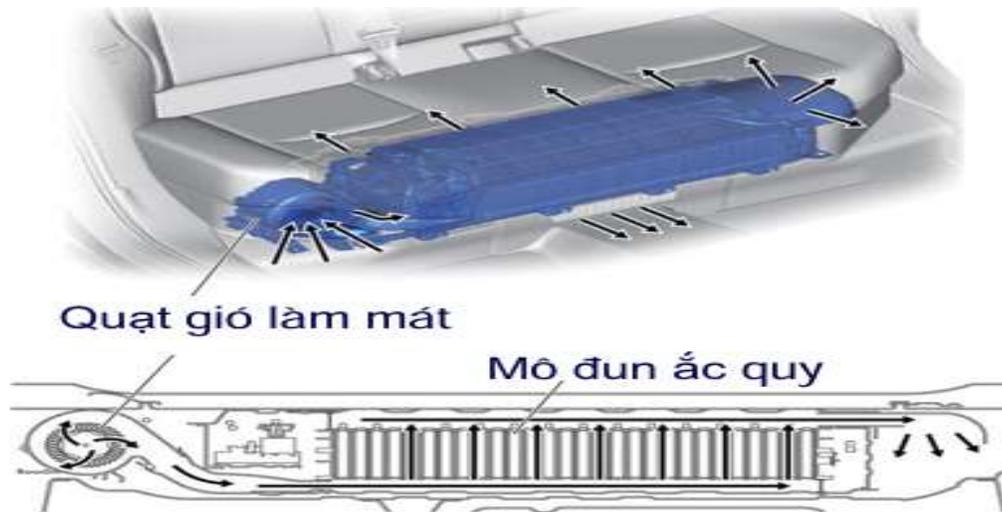
**a- Cảm biến nhiệt độ ắc quy Hybrid; *b- Cảm biến nhiệt độ khí nạp ắc quy Hybrid.*

Hộp đầu nối ắc quy HV gồm hệ thống rò le chính (SMR), điện trở và cảm biến dòng điện ắc quy Hybrid. Hệ thống SMR là các rò le để kết nối hoặc ngắt kết nối giữa ắc quy HV và cáp nguồn theo các tín hiệu từ ECU điều khiển xe hybrid. Gồm có 3 rò le:

- Rò le SBMR nối cực dương (+),
- Rò le SMRG
- Rò le SMRP nối cực âm (-).

Cảm biến dòng điện được tích hợp trong Hộp đầu nối ắc quy HV, có chức năng theo dõi dòng nạp, xả của Ắc quy Hybrid. HV ECU sẽ điều chỉnh SOC tối ưu trong vùng cho phép dựa trên các thông tin về Cường độ dòng điện thông qua ECU ắc quy.

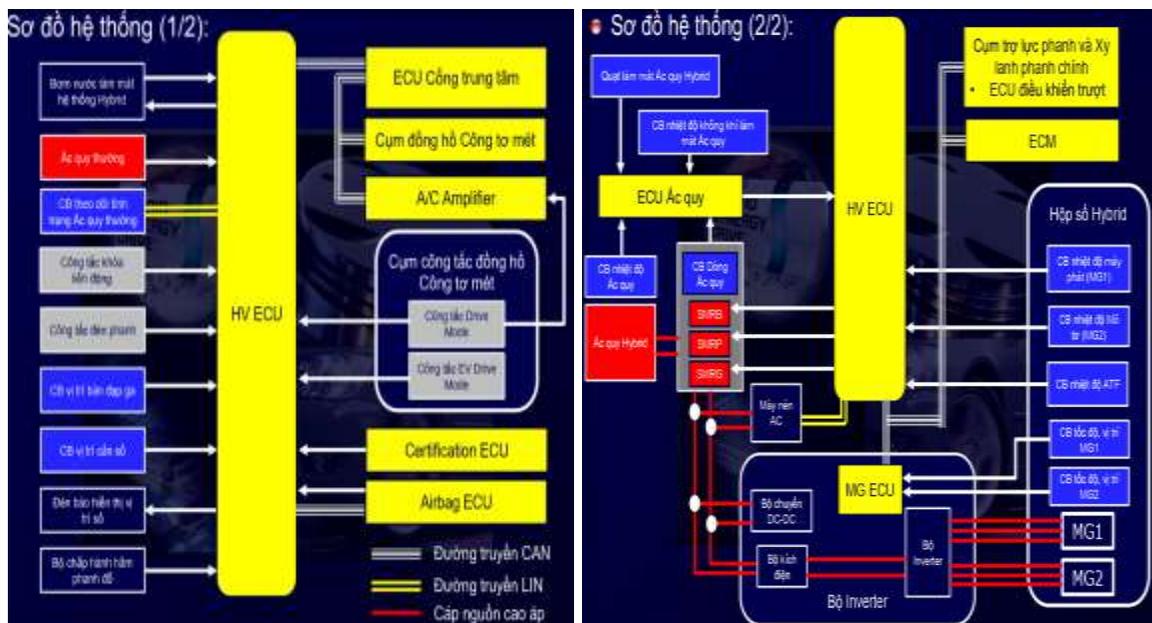
Ắc quy Hybrid sinh nhiệt trong quá trình nạp và xả điện, do đó hệ thống làm mát ắc quy Hybrid cần duy trì nhiệt độ thích hợp để đảm bảo hiệu suất làm việc chính xác của ắc quy. Cửa hút gió hệ thống làm mát được bố trí ở vị trí bên phải hàng ghế sau. Được trang bị một bộ lọc khí trên đường ống nạp khí làm mát.



Hình 3.44 Hệ thống làm mát ắc quy Hybrid.

3.4. Giới thiệu hệ thống điều khiển xe Toyota Camry Hybrid.

3.4.1. Hệ thống ECU điều khiển ô tô hybrid.



Hình 3.45 Sơ đồ hệ thống của ECU điều khiển xe ô tô hybrid

ECU điều khiển ô tô hybrid thu nhận tín hiệu từ:

- ECU công trung tâm: liên kết liên lạc bộ khuếch đại điều hòa không khí, cụm đồng hồ tấp lô với ECU điều khiển ô tô hybrid.
- Máy bơm nước làm mát biến tần.
- Ắc quy phụ (ắc quy 12V cung cấp năng lượng cho hệ thống điện của xe tương tự như xe thông thường).
- Cụm công tắc kết hợp: công tắc chế độ lái, công tắc lái EV.

- Công tắc khóa liên động (của nắp đậy cho bộ biến tần và nắp đậy ác quy HV), dùng để đóng ngắt dòng điện.
- Cảm biến vị trí cấp số.
- Cảm biến bàn đạp ga.
- ECU túi khí.
- ECU smart key.
- ECM điều khiển động cơ .
- ECU điều khiển trượt và bộ chỉnh áp suất phanh(nơi xử lý kiểm soát phanh thông thường, ABS với điều khiển EBD, VSC nâng cao, điều khiển ohoois hợp phanh tái sinh).

Hộp số hybrid cung cấp các tín hiệu:

- Cảm biến nhiệt độ cho MG1.
- Cảm biến nhiệt độ cho MG2.
- Cảm biến nhiệt độ dầu hộp số ATF.
- Cụm chuyển đổi điện:
- MG ECU: cảm biến xoay kiểu Resolver của MG1 và MG2 từ hộp số.
- Bộ biến tần.
- Bộ chuyển đổi dòng một chiều DC-DC.
- Bộ chuyển đổi tăng áp (Bóot Converter).
- Cụm mô tơ máy nén điều hòa.
- Bộ ác quy cao áp:
- Bộ điều khiển ác quy HV.
- Cảm biến dòng điện và hệ thống role chính SMR(System MainRelay – dùng để kết nối và ngắt nguồn điện của ác quy cao áp).
- Cảm biến nhiệt độ ác quy HV.
- Cảm biến nhiệt độ khí vào ác quy HV.
- Bộ quạt làm mát ác quy HV.

Hệ thống hybrid bao gồm các chức năng điều khiển sau:

1 .Điều khiển hệ thống hybrid (Hybrid vehicle control):

- HV ECU tính toán lực dẫn động xe dựa trên tín hiệu vị trí số, góc mở bàn đạp ga và tốc độ xe. Từ đó, HV ECU điều khiển kết hợp tối ưu từng hoạt động của MG1, MG2 và động cơ để tạo ra lực dẫn động xe phù hợp.
- HV ECU tính toán lực dẫn động của Động cơ dựa trên lực dẫn động xe đã tính toán trước đó. HV ECU sẽ truyền tín hiệu đến ECM để điều khiển Động cơ.

- HV ECU theo dõi tình trạng nạp - SOC, nhiệt độ của ác quy hybrid, MG1 và MG2 để tối ưu việc điều khiển các chi tiết này.

2. Điều khiển tình trạng nạp (SOC control):

- HV ECU tính toán SOC bằng cách ước tính dòng nạp và xả của ác quy hybrid.
- HV ECU liên tục điều khiển việc nạp xả dựa trên SOC tính toán để duy trì mức SOC trong vùng cho phép.

3. Điều khiển động cơ (Engine control):

ECM nhận tốc độ động cơ mục tiêu và lực dẫn động cần thiết của động cơ, được gửi từ HV ECU. Từ đó, ECM điều khiển ETCS-i, lượng phun, thời gian đánh lửa, VVT-i và EGR.

4. Điều khiển hoạt động chính của MG1 và MG2 (MG1 and MG2 main control):

- MG1 được dẫn động bởi động cơ, sinh ra nguồn điện cao áp để MG2 hoạt động và nạp lại cho ác quy hybrid. Ngoài ra, MG1 còn có vai trò như máy khởi động để khởi động động cơ.
- MG2 được dẫn động bởi nguồn điện cao áp từ MG1 và ác quy hybrid, sinh ra lực dẫn động đến các bánh xe.
- MG2 sinh ra nguồn điện cao áp để nạp điện cho ác quy hybrid trong khi phanh hoặc khi bàn đạp ga được nhả.
- MG1 và MG2 sẽ ngừng hoạt động khi tay số N được lựa chọn. Để ngắt lực dẫn động, MG1 và MG2 cần phải ngừng hoạt động vì MG1 và MG2 được nối cơ khí tới bánh xe dẫn động.

5. Điều khiển sang số (Shift control):

- HV ECU xác định trạng thái sang số từ tài xe (P, N, D, R, B) thông qua tín hiệu từ cảm biến vị trí cần số và công tắc vị trí P. Dựa trên các tín hiệu đầu vào này và điều kiện đang hoạt động của xe. HV ECU điều khiển hoạt động MG1, MG2 và động cơ phù hợp với tình trạng số lựa chọn.

6. Điều khiển đổi điện DC-AC (Inverter control):

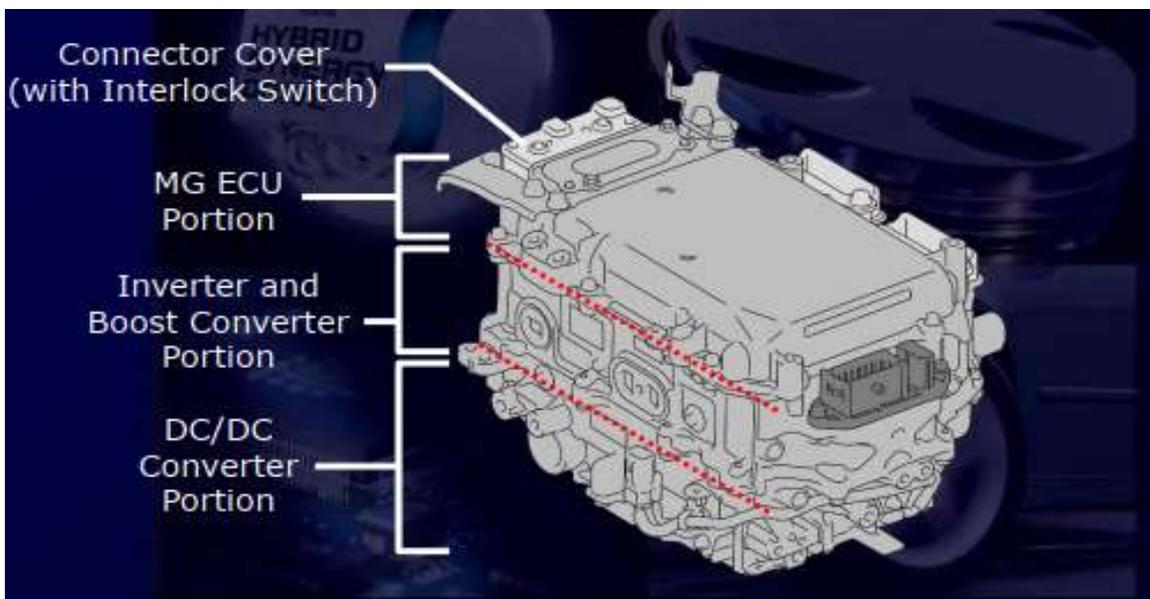
- Bộ inverter biến đổi dòng điện 1 chiều ác quy hybrid thành dòng điện 2 chiều đến MG1, MG2 và ngược lại, dựa trên tín hiệu từ HV ECU thông qua MG ECU. Ngoài ra, bộ inverter còn được dùng để truyền nguồn điện từ MG1 đến MG2.
- HV ECU sẽ ngừng hoạt động của bộ inverter khi ghi nhận dấu hiệu quá nhiệt, quá dòng hoặc rò rỉ điện áp của bộ inverter thông qua MG ECU.

7. Điều khiển kích điện (Boost converter control):

- Bộ kích điện tăng áp định mức ác quy hybrid DC 244.8V đến mức điện áp tối đa DC 650V, dựa trên tín hiệu từ HV ECU thông qua MG ECU.
 - Bộ inverter biến đổi dòng điện xoay chiều từ MG1 và MG2 thành dòng điện 1 chiều. Bộ kích điện giảm áp DC 650V này thành DC 244.8V, dựa trên tín hiệu từ HV ECU thông qua MG ECU.
8. Điều khiển đổi điện DC-DC (DC-DC converter control):
- Bộ đổi điện DC-DC giảm điện áp định mức DC 244.8V về DC 14V để cấp nguồn cho các thiết bị điện khác hoạt động, đồng thời sạc cho ác quy thường.
9. Điều khiển rơ le chuyển mạch (System mauk relay control):
- Để đảm bảo việc đóng ngắt mạch điện cao áp, HV ECU điều khiển 3 rơ le chính để đóng/ngắt mạch điện cao áp từ ác quy hybrid. HV ECU cũng sử dụng thời gian hoạt động của 3 rơ le chính để giám sát hoạt động của các tiếp điểm rơ le.
10. Điều khiển hệ thống làm mát bộ inverter (Cooling system control for inverter with converter assembly):
- Để làm mát bộ inverter, MG1 và MG2, HV ECU điều chỉnh hoạt động của bơm nước dựa trên các cảm biến nhiệt độ của bộ inverter, MG1 và MG2.
11. Điều khiển hệ thống làm mát ác quy hybrid (Cooling system control for HV battery):
- Để duy trì nhiệt độ ác quy hybrid ở mức tối ưu, HV ECU điều chỉnh hoạt động của quạt làm mát dựa trên các cảm biến nhiệt độ ác quy HV, cảm biến nhiệt độ không khí làm mát ác quy.
12. Điều khiển trong khi va chạm (During collision control):
- Trong khi xảy ra va chạm, nếu HV ECU ghi nhận tín hiệu túi khí nổ từ ECU túi khí, HV ECU sẽ điều khiển tắt các rơ le chuyển mạch chính để ngắt nguồn cao áp từ ác quy.
13. Điều khiển phối hợp phanh tái sinh (Regenerative braking cooperative control):
- Trong khi phanh, ECU điều khiển trượt tính toán lực phanh tái sinh cần thiết và truyền đến HV ECU. Khi nhận được tín hiệu, HV ECU truyền giá trị điều khiển phanh tái sinh thực tế đến ECU điều khiển trượt. Dựa trên kết quả này, ECU kiểm soát trượt sẽ tính toán và thực hiện lực phanh thủy lực cần thiết.
14. Điều khiển phối hợp TRC/VCS (TRC/VCS cooperative control):
- ECU điều khiển trượt truyền tín hiệu yêu cầu đến HV ECU để giới hạn lực dẫn động khi TRC hoặc VCS đang hoạt động. HV ECU điều khiển động cơ và MG2 dựa trên điều kiện đang hoạt động của ce để không chế lực dẫn động.
15. Điều khiển chế độ lái điện (EV drive mode control):

- Khi tài xế bấm công tắc EV mode, HV ECU sử dụng duy nhất MG2 để dẫn động xe nếu các điều kiện hoạt động được thỏa.
16. Điều khiển chế độ lái thể thao (Sport mode control):
- Khi tài xế bấm công tắc sport mode, HV ECU điều chỉnh độ phản hồi về hoạt động của bàn đạp ga để tối ưu hóa khả năng tăng tốc.
17. Điều khiển chế độ lái tiết kiệm (ECO mode control):
- Khi tài xế bấm công tắc ECO mode, HV ECU điều chỉnh độ phản hồi về hoạt động của bàn đạp ga để phù hợp chế độ lái tiết kiệm nhiên liệu.
18. Hệ thống chống đạp nhầm chân ga (Brake override system):
- Công suất đầu ra của hệ thống hybrid sẽ bị hạn chế khi cả bàn đạp phanh và bàn đạp ga cùng nhấn 1 lúc.
19. Mã hóa khóa động cơ (Engine immobiliser):
- Ngắt nhiên liệu, ngừng hệ thống đánh lửa và khởi động nếu phát hiện cố gắng nổ máy khi dùng sai chìa khóa.
20. Hệ thống chống tăng tốc đột ngột (Drive start control):
- Nếu ghi nhận sang số bất thường (R về S/D, N/S/D về R hoặc P về S/D/R) trong khi tăng tốc, 1 dòng cảnh báo sẽ hiện thị trên đồng hồ taplo và công suất đầu ra của hệ thống hybrid sẽ giảm để giới hạn việc tăng tốc, để ngăn chặn hoặc giảm nhẹ va chạm nếu có.

3.4.2. Bộ chuyển đổi điện (Inverter with converter).



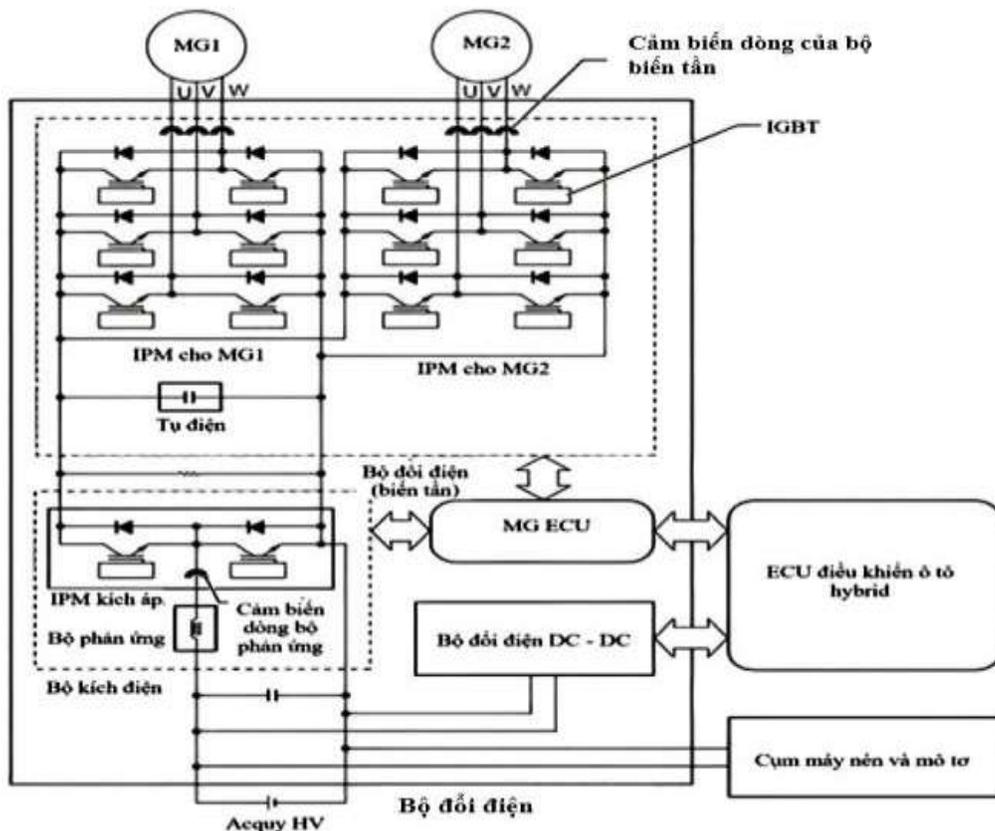
Hình 3.46 Bộ chuyển đổi điện.

Xe được trang bị một bộ biến đổi điện cấu tạo bao gồm: MG ECU, bộ biến tần, bộ chuyển đổi tăng áp, bộ đổi điện DC – DC.

Bộ chuyển đổi điện được đảm bảo sự tản nhiệt thông qua việc sử dụng hệ thống làm mát tách rời với hệ thống làm mát động cơ để an toàn khi sử dụng điện áp cao.

Ngoài ra để đảm bảo an toàn do sử dụng điện áp cao, các công tắc khóa liên động được trang bị để khi nắp của bộ đổi điện được tháo ra hoặc bị hở thì hệ thống rờ le chính của hệ thống sẽ tắt, ngắt kết nối với nguồn điện.

Bộ biến tần và bộ chuyển đổi tăng áp chủ yếu bao gồm các mô – đun nguồn thông minh (IPM), một cuộn kháng và tụ điện. IPM là một mô-đun nguồn tích hợp bao gồm: bộ xử lý tín hiệu, bộ xử lý có chức năng bảo vệ và transistors công suất để đảo mạch điều khiển (IGBT).



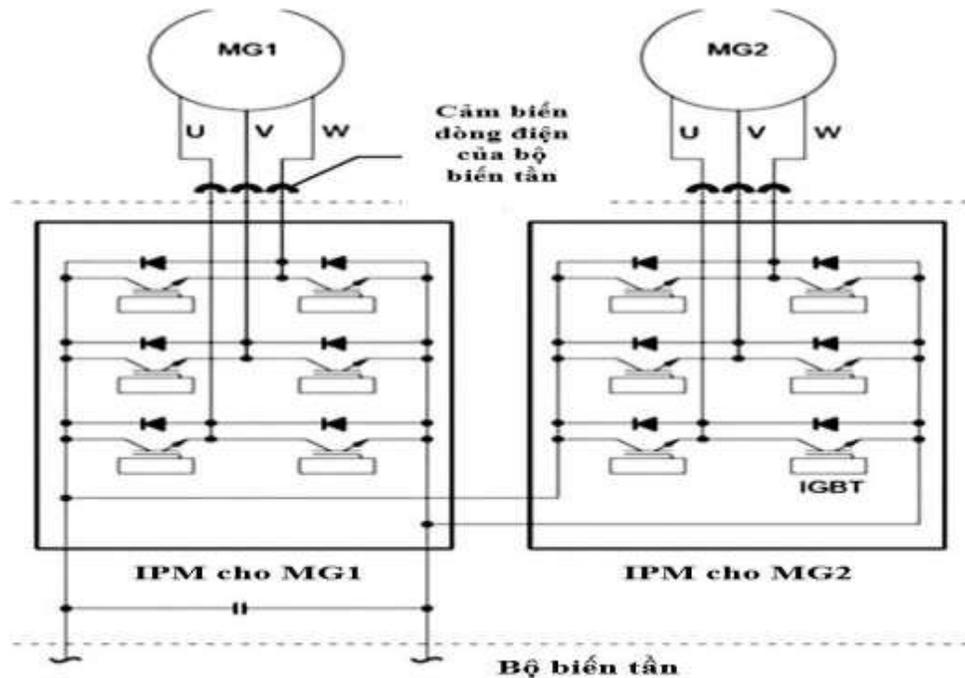
Hình 3.47 Sơ đồ điều khiển của bộ biến đổi điện.

Theo các tín hiệu nhận được từ ECU điều khiển xe hybrid, MG ECU điều khiển bộ đổi điện và bộ kích điện để dẫn động máy phát điện MG1 hoặc mô tơ điện MG2. MG ECU truyền các thông tin cần thiết để điều khiển xe, ví dụ như áp suất khí quyển, nhiệt độ của bộ đổi điện và bất kì thông tin lỗi nào đến ECU điều khiển xe hybrid.

MG ECU cũng có chức năng cung cấp những thông tin mà ECU điều khiển xe hybrid yêu cầu như lực điện động, nhiệt độ mô tơ điện, ... các thông tin này được sử dụng để điều khiển mô tơ điện MG1 và MG2.

biến tần chuyển đổi tần số dòng điện một chiều điện áp cao của acquy HV thành dòng xoay chiều để dẫn động MG1 và MG2. Bộ biến tần sử dụng IPM để thực hiện điều khiển, nó kích hoạt các transistor công suất dựa trên tín hiệu từ MG ECU, mỗi IPM đều có một mạch cầu bao gồm các IGBT (Insulated Gate Biolar Transistor).

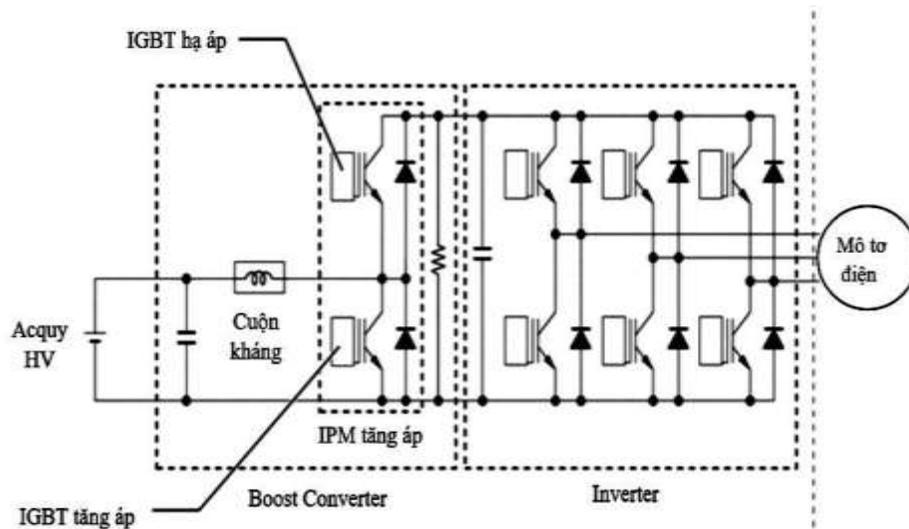
Mỗi mạch cầu cho MG1 và MG2 chứa 6 IGBT, mỗi IGBT cho một lấy được gắn trên dòng điện điện áp cao của mô – đun nguồn thông minh (IPM).



Hình 3.48 Sơ đồ mạch điện bộ biến tần.

Bộ chuyển đổi tăng áp (Boost Converter) còn gọi là bộ kích, có chức năng tăng điện áp danh nghĩa phát ra bởi acquy HV từ 201.6V lên đến 600V. Các bộ phận của bộ kích điện bao gồm một IPM để thực hiện việc chuyển mạch, một cặp IGBT và một cuộn kháng hay còn gọi là bộ phản ứng đóng vai trò như là một linh kiện lưu trữ điện năng, và một tụ điện để tích điện. IPM sử dụng IGBT2 để tăng cường điện áp, IGBT1 để giảm điện áp.

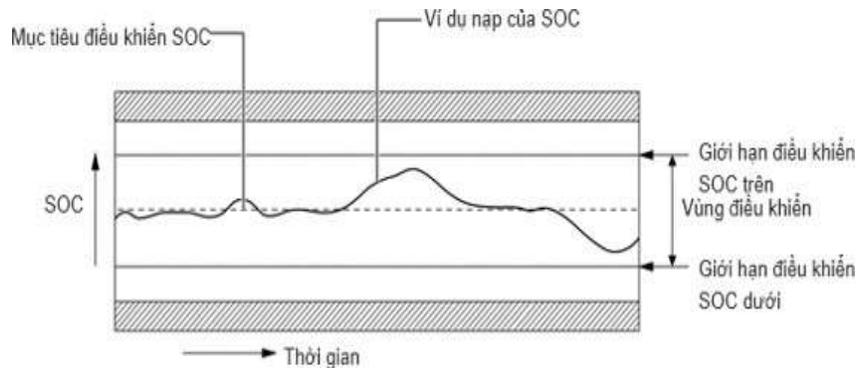
Khi mô tơ điện MG1 và MG2 đóng vai trò như một máy phát điện, bộ biến tần chuyển dòng điện xoay chiều (điện áp lớn nhất 650V) thành dòng điện một chiều, và sau đó bộ Boost Converter sẽ hạ điện áp qua IGBT1 (đến điện áp danh nghĩa 244.8V) để sạc cho acquy HV.



Hình 3.49 Sơ đồ mạch điện Boost converter.

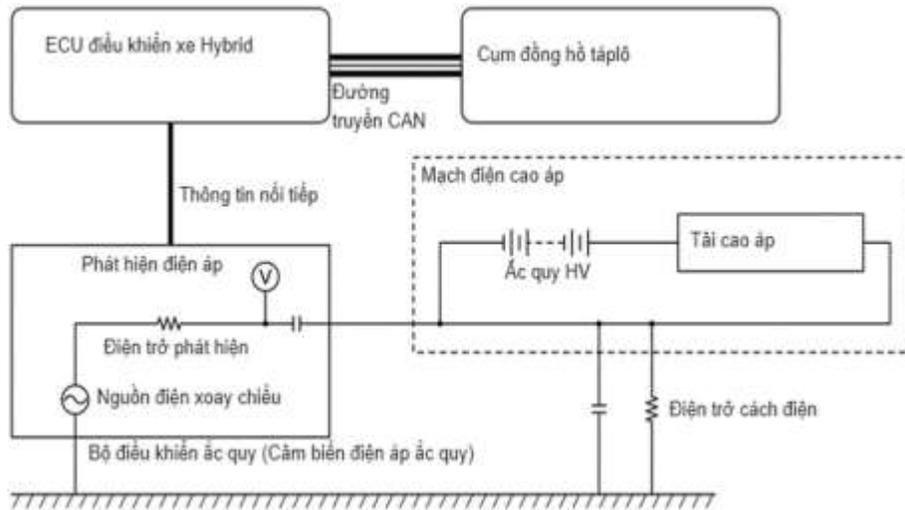
3.4.3. ECU điều khiển xe hybrid.

ECU điều khiển xe hybrid theo dõi tình trạng SOC (tình trạng nạp của ắc quy HV) của ắc quy HV, từ chỉ số dòng điện tích lũy không thay đổi, hoạt động sạc và phóng điện của ắc quy. Để duy trì mức tình trạng SOC ở một mức phù hợp tại mọi thời điểm, ECU điều khiển xe hybrid sẽ điều khiển hệ thống hybrid một cách tối ưu.



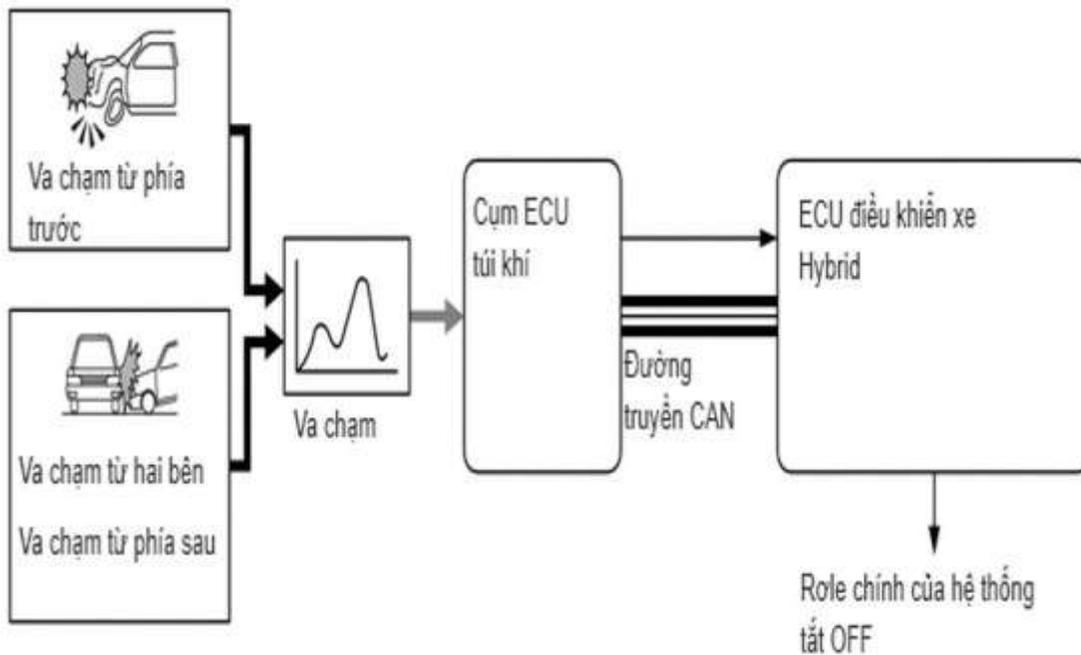
Hình 3.50 Tín hiệu ECU theo dõi từ tình trạng SOC của pin HV.

Ngoài việc điều khiển dựa trên tình trạng SOC của pin HV, ECU còn phát hiện sự giảm điện trở trong mạch. ECU điều khiển xe hybrid xác định sự giảm điện trở dựa vào các thông tin từ bộ điều khiển ắc quy (cảm biến điện áp ắc quy), mạch phát hiện rò rỉ được tích hợp trong bộ điều khiển ắc quy, mạch này đảm nhiệm vai trò thường xuyên theo dõi sự duy trì điện trở giữa các mạch điện cao áp với thân xe... Giá trị điện trở phát hiện dựa trên biên độ sóng của dòng điện xoay chiều, giá trị điện trở giảm xuống càng nhiều, điện áp sụt xuống càng nhiều tại vị trí điện trở phát hiện.



Hình 3.51 Sơ đồ mạch phát hiện rò rỉ.

Nếu xe bị va chạm như mô tả dưới đây, thì ECU điều khiển xe hybrid sẽ ngắt nguồn điện cao áp bằng cách tắt cách rơ le chính của hệ thống, nhằm đảm bảo an toàn. ECU sẽ nhận tín hiệu nổ túi khí từ cụm ECU túi khí trong khi va chạm từ các phía, từ đó điều khiển ngắt mạch cao áp



Hình 3.52 Sơ đồ nguyên lý hệ thống ngắt mạch điện cao áp khi va chạm.

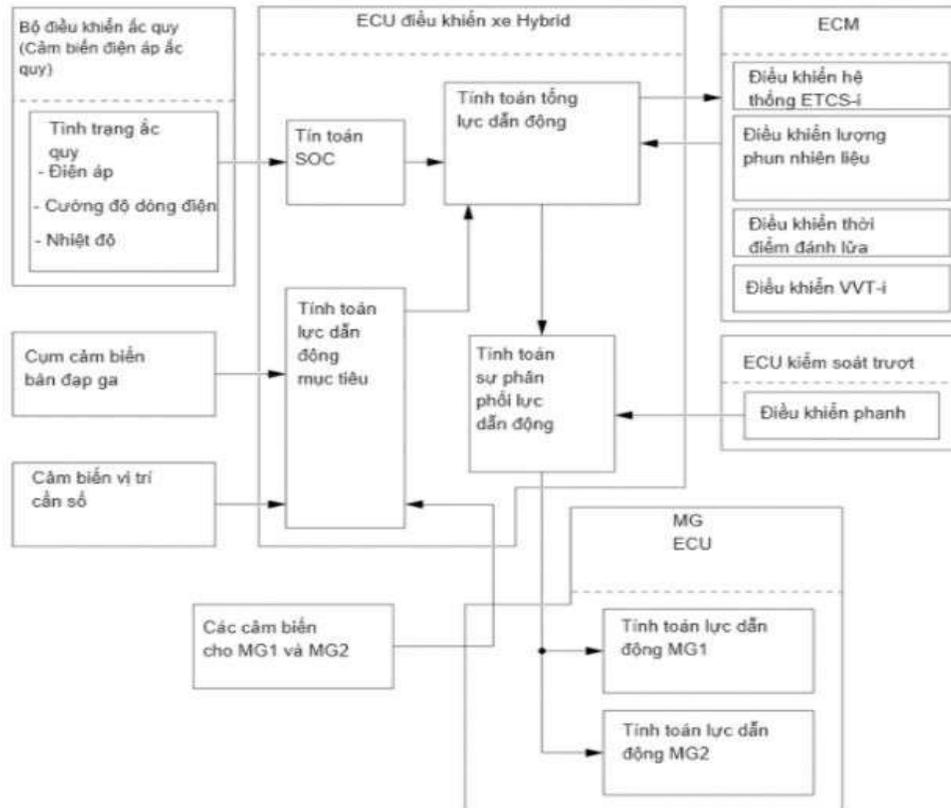
3.4.4. Tính toán lực dẫn động.

ECU điều khiển xe hybrid tính toán lực dẫn động động cơ dựa trên lực dẫn động mục tiêu, và đã cân nhắc đến SOC và nhiệt độ của ắc quy HV. Giá trị đạt được bằng cách lấy lực dẫn động mục tiêu trừ cho lực dẫn động động cơ sẽ là lực dẫn động MG2.

Những yêu cầu từ ECU sẽ được xử lý bởi ECM, sau khi nhận lệnh ECM sẽ tiến hành điều khiển động cơ theo tốc độ động cơ mục tiêu và lực dẫn động động cơ. Hơn nữa, ECU điều khiển còn cung cấp tín hiệu lực dẫn động yêu cầu của MG1 và MG2 cho ECM.

Công thức tính toán lực dẫn động của ECU điều khiển xe hybrid được thể hiện qua sơ đồ dưới đây. Công thức tính toán lực dẫn động động cơ là:

$$\diamond (\text{Lực dẫn động mục tiêu}) - (\text{Lực dẫn động động cơ}) = (\text{Lực dẫn động MG2})$$



Hình 3.53 Sơ đồ tính toán lực dẫn động.

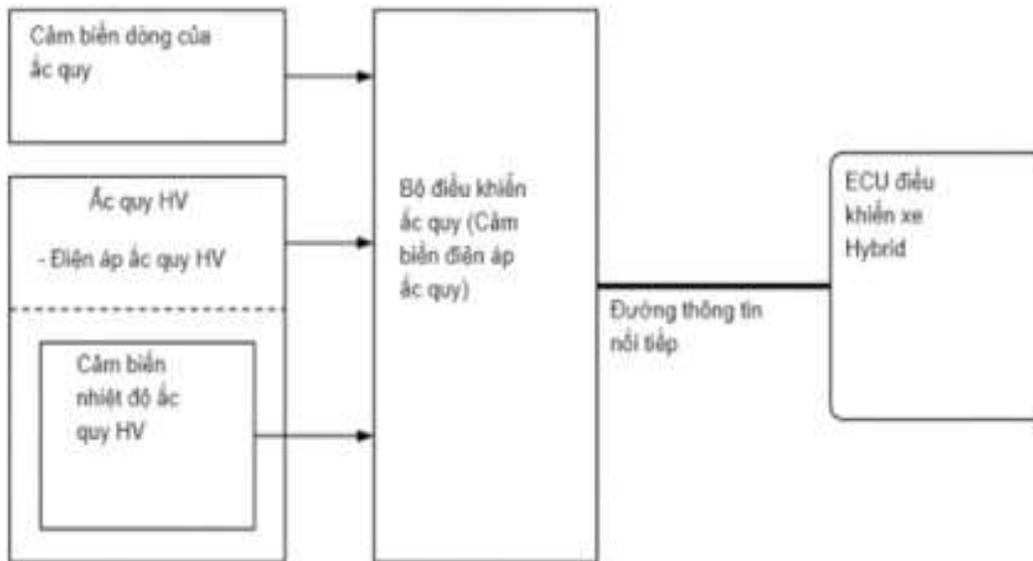
Qua sơ đồ trên ta có thể thấy, những tín hiệu mà ECU nhận được bao gồm các tín hiệu: Bộ điều khiển áp quy (Cảm biến điện áp áp quy); Cụm cảm biến bàn đạp ga; Cảm biến vị trí cần số; Cảm biến cho MG1 và MG2, tín hiệu từ ECM, tín hiệu từ ECU kiểm soát trượt. Từ những tín hiệu nhận được đó ECU điều khiển xuất tín hiệu cho ECM điều khiển các bộ phận chấp hành theo yêu cầu, xuất tín hiệu điều khiển các mô tơ điện MG1 và MG2.

Cụm tính toán lực dẫn động mục tiêu của ECU nhận tín hiệu từ cụm cảm biến bàn đạp ga, cảm biến vị trí cần số và các cảm biến từ MG1 và MG2. Sau đó sẽ xuất tín hiệu về bộ tính toán lực dẫn động động cơ, thông số lực yêu cầu dẫn động động cơ sẽ được gửi cho ECM để điều khiển các bộ phận như hệ thống ETCS-I (Hệ thống điều khiển bướm ga điện tử), hệ thống nhiên liệu, thời điểm đánh lửa,... và để điều chỉnh tín hiệu điều khiển thì bộ

tính toán lực dẫn động động cơ cũng nhận tín hiệu phản hồi từ ECM để canh chỉnh điều khiển sau cho đạt hiệu suất cao nhất.

Để điều khiển dẫn động MG1 và MG2, ECU cần nhận biết trạng SOC thông qua cụm tính toán SOC, cụm này nhận tín hiệu từ bộ điều khiển ắc quy HV. Lực dẫn động yêu cầu của MG1 và MG2 được đưa đến ECU điều khiển mô tơ điện (MG ECU) sau khi qua bộ tính toán sự phân phối lực dẫn động. Để tính toán sự phân phối lực dẫn động hợp lý, ECU điều khiển xe hybrid cần nhận tín hiệu từ ECU kiểm soát trượt. Kết quả tính toán cuối cùng được gửi đến MG ECU để cho ra hiệu suất dẫn động MG1 và MG2 tốt nhất. Hệ thống tính toán lực dẫn động của ECU điều khiển xe hybrid giúp xe điều khiển tối ưu công suất và momen tạo ra của MG1 và MG2, động cơ giảm sự tiêu hao nhiên liệu và khí xả sạch hơn.

3.4.5. Điều khiển tình trạng SOC.



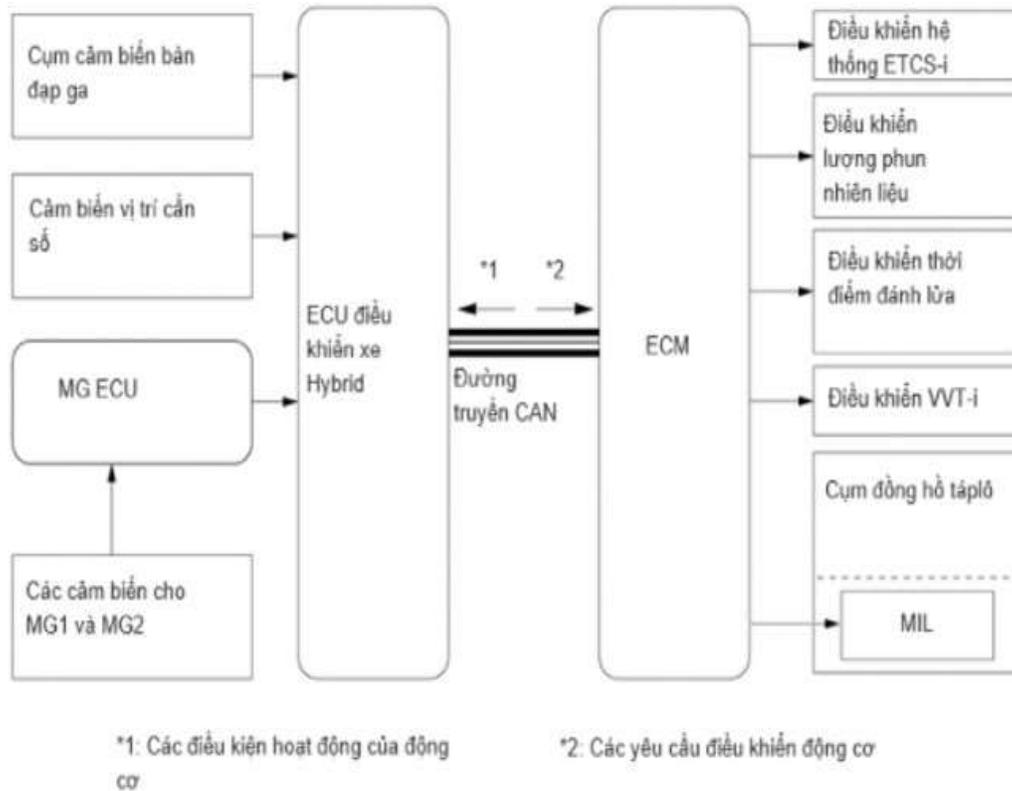
Hình 3.54 Sơ đồ điều khiển tình trạng SOC.

ECU điều khiển xe hybrid tính toán SOC của ắc quy HV dựa vào dòng nạp - phóng được phát hiện bởi cảm biến dòng ắc quy. ECU điều khiển xe hybrid liên tục thực hiện điều khiển phóng - nạp dựa vào tình trạng SOC tính toán để duy trì SOC trong phạm vi mục tiêu của xe.

Khi xe đang chuyển động, ắc quy HV thực hiện chu kỳ nạp – phóng điện liên tục, phóng điện để cấp cho MG2 khi tăng tốc và nạp điện bởi phanh tái sinh khi giảm tốc. Khi SOC thấp hơn mức giới hạn, ECU điều khiển xe hybrid sẽ kiểm soát nguồn tăng công suất phát ra của động cơ để dẫn động MG1 và nạp lại điện cho ắc quy HV. Bộ điều khiển ắc

quy (cảm biến điện áp ắc quy) sẽ chuyển đổi các tín hiệu trên thành tín hiệu kỹ thuật số, những tín hiệu này để xác định SOC và nó được tính toán bởi ECU điều khiển xe hybrid.

3.4.6. Điều khiển động cơ.



Hình 3.55 Sơ đồ điều khiển động cơ.

ECM nhận tín hiệu tốc độ động cơ mục tiêu và lực dẫn động động cơ yêu cầu từ ECU điều khiển xe hybrid. Sau đó điều khiển bướm ga điện tử (hệ thống ETCS-i), điều khiển lượng phun nhiên liệu, thời điểm đánh lửa, VVT-i và EGR. Trong quá trình điều khiển, ECM sẽ báo tình trạng hoạt động động cơ về ECU điều khiển xe hybrid. Dựa trên tín hiệu tắt động cơ đã nhận được từ ECU điều khiển xe hybrid theo điều khiển cơ bản, ECM sẽ dừng hoạt động động cơ.

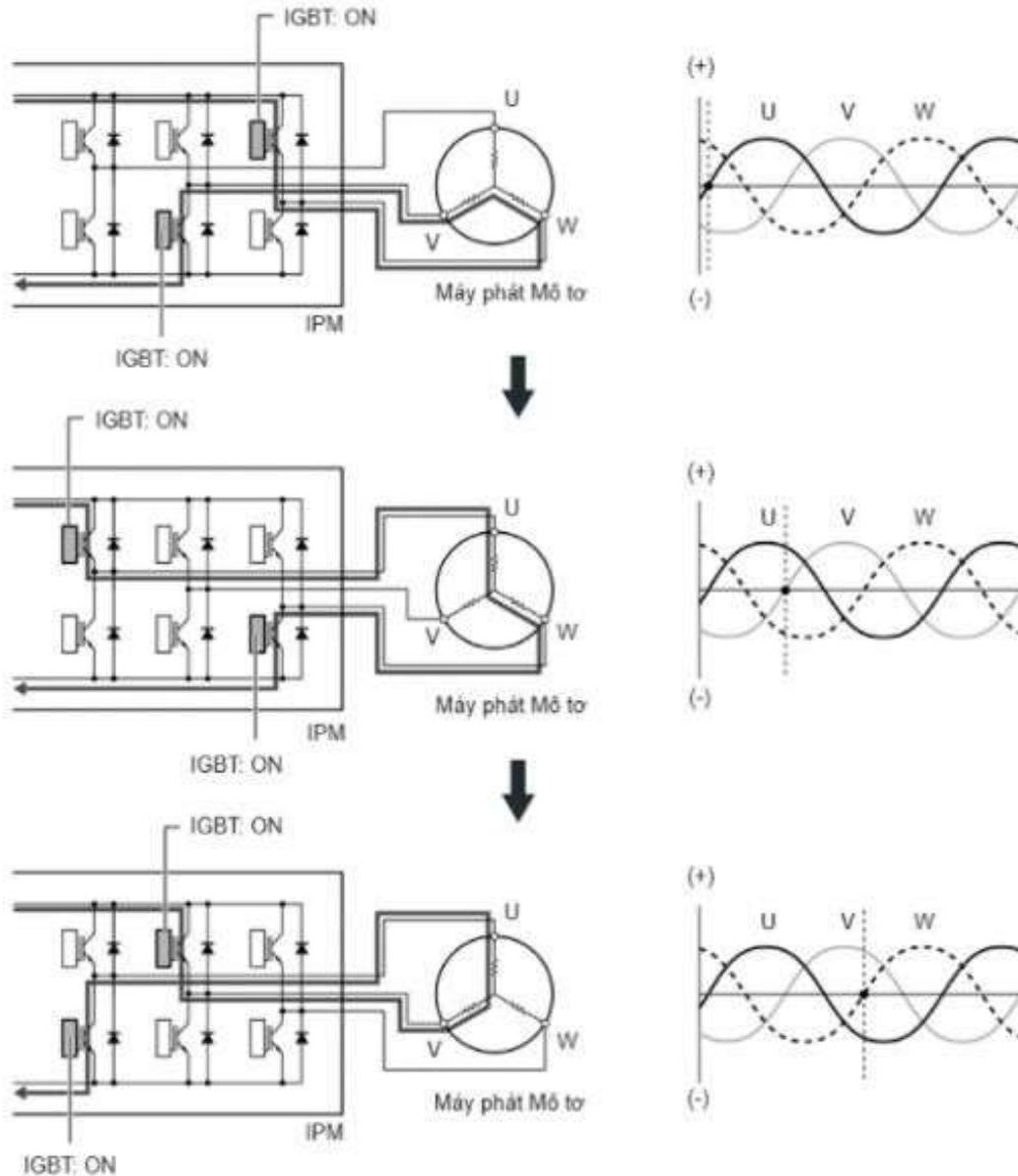
3.4.7. Điều khiển MG1 và MG2.

Mô tơ MG1 được dẫn động bởi động cơ, phát điện áp cao để vận hành MG2 và nạp điện cho ắc quy HV, ngoài ra còn có chức năng như một máy khởi động động cơ. Mô tơ MG2 được dẫn động bởi nguồn điện từ MG1 và ắc quy HV, tạo lực dẫn động cho các bánh xe dẫn động, ngoài ra MG2 còn phát ra điện áp cao để sạc lại cho ắc quy HV trong điều kiện kết hợp phanh tái sinh, hoặc trong điều kiện không nhấn bàn đạp ga.

Cả hai mô tơ đều sẽ tắt khi hộp số trong trạng thái số trung gian (N). Điều này làm MG1 và MG2 ngừng cung cấp lực dẫn động, vì cả mô tơ được nối cơ khí đến bánh xe dẫn

động việc dùng MG1 và MG2 là để không làm quay các bánh xe dẫn động khi ở số trung gian (N).

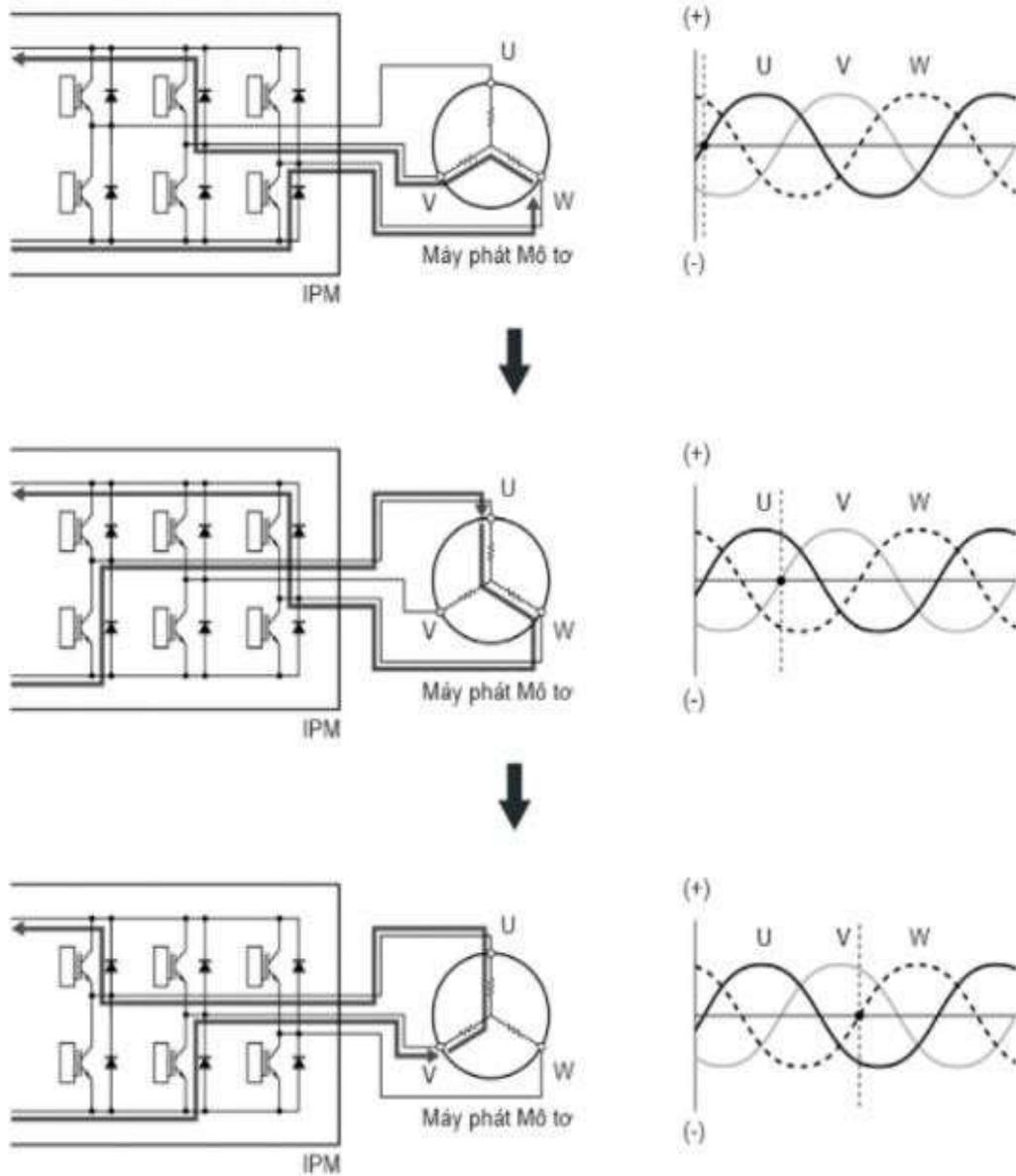
MG ECU sẽ điều khiển các transistor IGBT trong IPM (mô đun công suất thông minh) bằng cách dựa vào các tín hiệu nhận được từ ECU điều khiển xe hybrid. Người ta sử dụng các IGBT để chuyển giữa các pha U, V, W của các máy phát mô tơ. Trong IPM gồm có sáu IGBT bật và tắt để điều khiển từng máy phát mô tơ ứng với từng chế độ vận hành là mô tơ hoặc máy phát.



Hình 3.56 Trạng thái mô tơ.

Các IGBT trong IPM bật và tắt để cấp điện xoay chiều 3 pha cho mô tơ. Lực tạo ra tỉ lệ với tốc độ quay của mô tơ, vì vậy để điều khiển lực dẫn động theo yêu cầu của ECU

điều khiển xe hybrid thì IPM sẽ bật tắt các IGBT để điều chỉnh tốc độ quay của mô tơ thông qua việc điều khiển dòng điện ba pha cấp cho mô tơ.



Hình 3.57 Trạng thái máy phát.

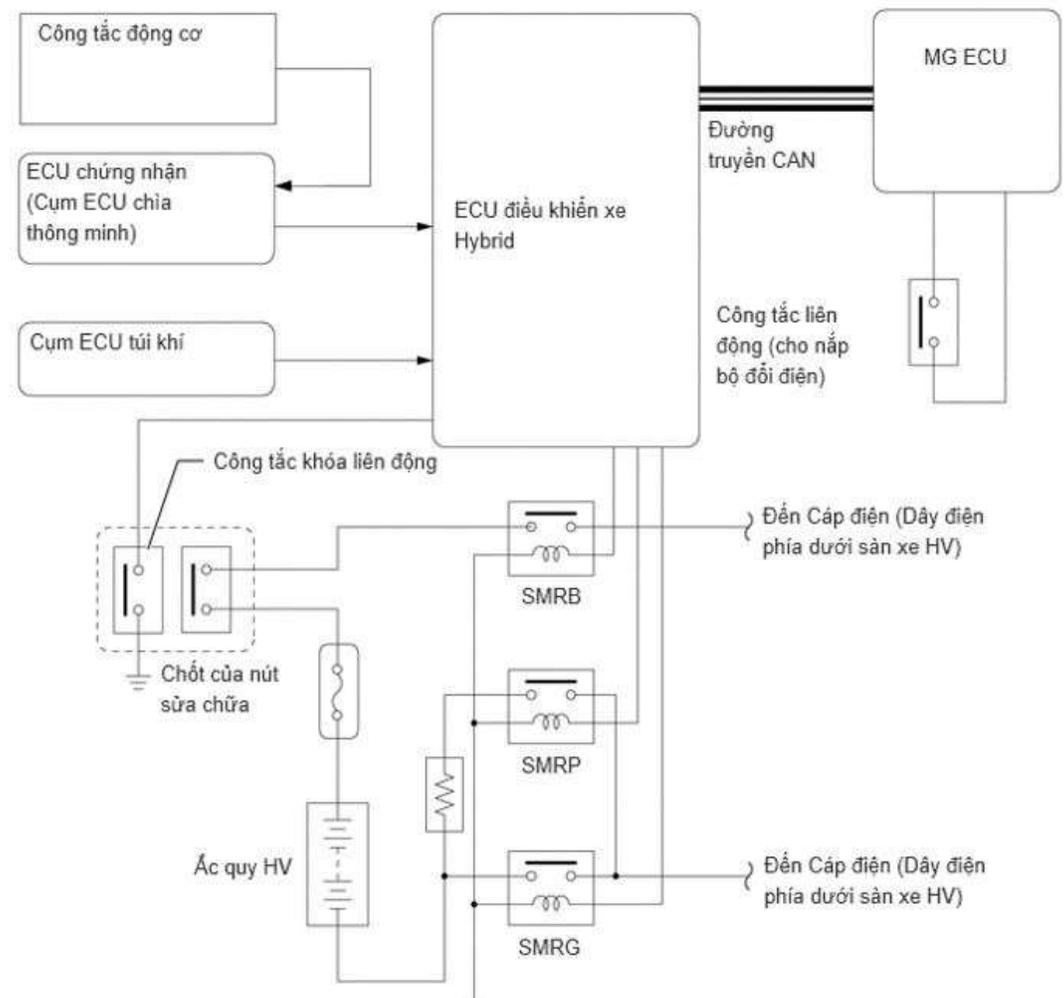
Dòng điện ba pha của máy phát được dẫn động bởi bánh xe và được sử dụng để nạp cho ắc quy HV.

3.4.8. Điều khiển ngắt điện cao áp.

Khi xảy ra một trong bất kỳ điều kiện nào sau đây, các role chính của hệ thống (SMR) sẽ tự động ngắt bằng ECU điều khiển xe hybrid.

- Công tắc động cơ được tắt.
- Có bất kì túi khí nào nổ
- Nắp của bộ đổi điện được tháo ra (Mạch liên động bị hở).

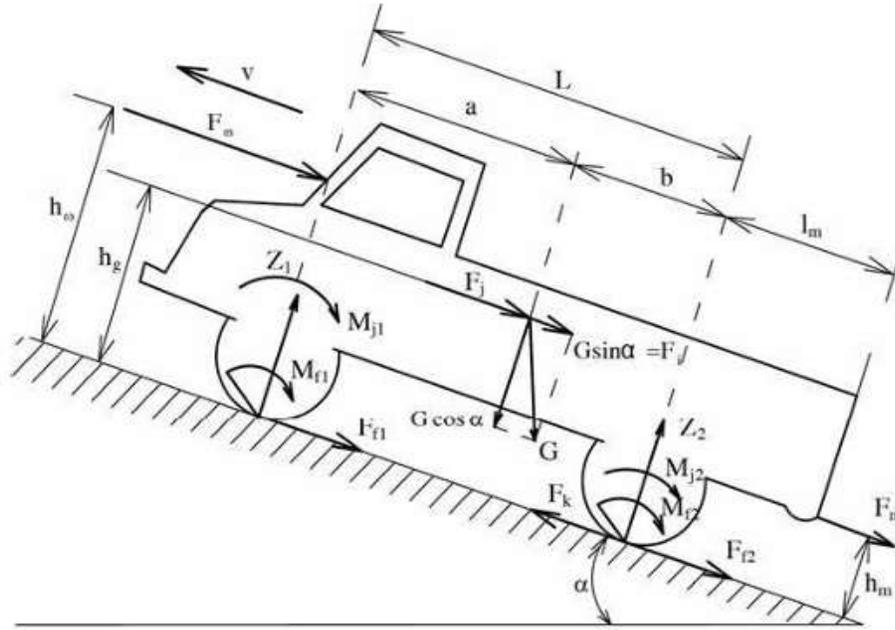
- Tay nắm của chốt sửa chữa bị mở khóa (Mạch liên động bị hỏng).
- Các trục trực cụ thể.



Hình 3.58 Sơ đồ mạch điện mạch ngắt điện áp cao.

3.5. Tính toán động học, động lực học hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid.

3.5.1. Cơ sở tính toán xác định công suất của hệ thống động lực xe Hybrid.



Hình 3.59 Sơ đồ phân tích lực của xe.

G - Trọng lượng xe; v - Vận tốc của xe; F_k – Lực kéo tiếp tuyến tại các bánh xe chủ động.
 F_{f1} – Lực cản lăn tại các bánh xe bị động. F_{f2} – Lực cản lăn tại các bánh xe chủ động.

F_{ω} – Lực cản của không khí. F_i – Lực cản khi lên dốc. F_j – Lực cản quán tính khi xe chuyển động không ổn định (có gia tốc). F_m – Lực cản tại móc kéo; α – Độ dốc của mặt đường; L là chiều dài cơ sở xe; a, b là khoảng cách từ trọng tâm xe đến trục bánh xe trước và bánh xe sau; h_m là khoảng cách từ mặt đường tới điểm đặt lực kéo móc
 khoảng cách từ trục bánh sau tới điểm đặt lực kéo móc

- ❖ Lực cản lăn F_f : là lực cản lăn sinh ra chủ yếu do biến dạng đàn hồi của bánh và một phần do ma sát trong ổ trục bánh xe.

$$F_f = (Z_1 + Z_2) * f = f * G \cdot \cos \alpha$$

Trong trường hợp xe di chuyển trên đường có độ dốc nhỏ, góc α nhỏ nên ta coi $\cos \alpha = 1$ hoặc khi đường nằm ngang, ta có: $F_f = f * G \cdot \cos \alpha = f * G$. Với f là hệ số lăn.

- ❖ Lực cản leo dốc F_i :

$$F_i = \pm G \cdot \sin \alpha$$

Dấu (+) trong trường hợp xe lên dốc, dấu (-) trong trường hợp xe xuống dốc.

- ❖ Lực cản gió F_{ω} là lực cản gió đặt tại tâm diện tích cản chính diện và được xác định theo biểu thức sau:

$$F_{\omega} = \frac{1}{2} \rho C_X S v_0^2 = 0.625 C_X S v_0^2$$

Trong đó:

- ρ - Khối lượng riêng không khí (kg/m³), ở nhiệt độ 25⁰C và tại áp suất 0,1013 MPa ta có $\rho = 1,25\text{kg/m}^3$
 - v_0 - Vận tốc xe (m/s).
 - S: diện tích cản chính diện của xe (m²).
 - C_X : hệ số cản không khí (Ns²/m⁴).
- ❖ Lực cản quán tính F_j là lực cản quán tính đặt tại trọng tâm mô hình và sinh ra khi ô tô tăng hay giảm tốc, và được xác định theo biểu thức sau:

$$F_j = \delta_i \frac{G}{g} j$$

Trong đó:

- δ_i - hệ số tính đến ảnh hưởng của các khối lượng vận động quay
 - j - gia tốc của xe (m/s²)
- ❖ Lực kéo F_k .

$$F_k = F_f \pm F_i + F_{\omega} \pm F_j + F_m$$

Lực: F_i dấu (+) dùng khi xe lên dốc, dấu (-) dùng khi xuống dốc.

Lực: F_j dấu (+) dùng khi xe tăng tốc, dấu (-) dùng khi giảm tốc.

- ❖ Công suất kéo P_k .

$$P_k = P_f \pm P_i + P_{\omega} + P_j + P_m = F_k v$$

- ❖ Công suất xe P_v .

$$P_v = \frac{P_k}{n}$$

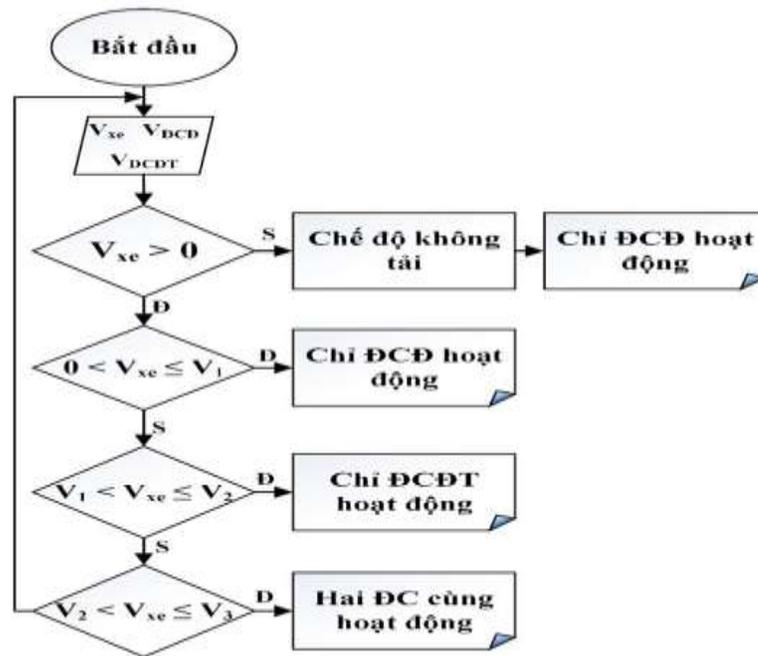
Trong đó: n : hiệu suất hệ thống truyền động của xe.

3.5.2. Chiến lược phối hợp các nguồn động lực trên xe Hybrid.

Trong việc điều khiển xe hybrid, việc điều khiển sự phối hợp giữa ĐCĐ và ĐCĐT một cách nhịp nhàng và hiệu quả là yếu tố quan trọng quyết định sự vượt trội của xe hybrid trên phương diện phát thải cũng như tiêu thụ năng lượng so với các loại động cơ truyền thống khác. Để thỏa mãn các yêu cầu về hiệu suất, phát thải và tính nhịp nhàng thì việc kết hợp công suất của ĐCĐ và ĐCĐT phải thỏa mãn các quy tắc sau:

- Quy tắc 1: Ở các chế độ ĐCĐT chưa làm việc thì ĐCĐ sẽ hoạt động độc lập.

- Quy tắc 2: ĐCĐT chỉ làm việc trong các vùng công suất và tốc độ có suất tiêu hao nhiên liệu thấp, đặc tính phát thải thấp.
- Quy tắc 3: ĐCĐT là nguồn động lực chính, ĐCĐ là nguồn động lực bổ sung, lợi dụng sự linh hoạt của ĐCĐ để bù đắp cho ĐCĐT.
- Quy tắc 4: Ở các chế độ cần công suất cao, cả ĐCĐ và ĐCĐT sẽ cùng hoạt động.
- Quy tắc 5: ĐCĐT còn được sử dụng để chạy máy phát sạc điện cho ắc quy.



Hình 3.60 Chiến lược điều khiển tổng quát xe hybrid.

Sơ đồ cho thấy các chiến lược cơ bản để phối hợp công suất của ĐCĐ và ĐCĐT, các vùng tốc độ khác nhau của xe sẽ có các cách phối hợp các nguồn động lực khác nhau.

- Ở chế độ không tải, ĐCĐ sẽ được cấp điện và sẵn sàng hoạt động khi đạp ga.
- ĐCĐ sẽ tiếp tục hoạt động độc lập cho đến mức vận tốc V_1 .
- V_1 đến V_2 sẽ chỉ có ĐCĐT hoạt động bởi đây là dải vận tốc mà ĐCĐT sẽ có suất tiêu hao nhiên liệu thấp và lượng phát thải nhỏ.
- Với vận tốc từ V_2 đến V_3 thì do đây là vùng cần có công suất lớn nên sẽ kết hợp công suất của cả ĐCĐT và ĐCĐ.
 - $V_1 = 40 \text{ Km/h}$
 - $V_2 = 60 \text{ Km/h}$
 - $V_3 = 140 \text{ Km/h}$

3.5.3. Tính toán các trạng thái hoạt động của xe Hybrid.

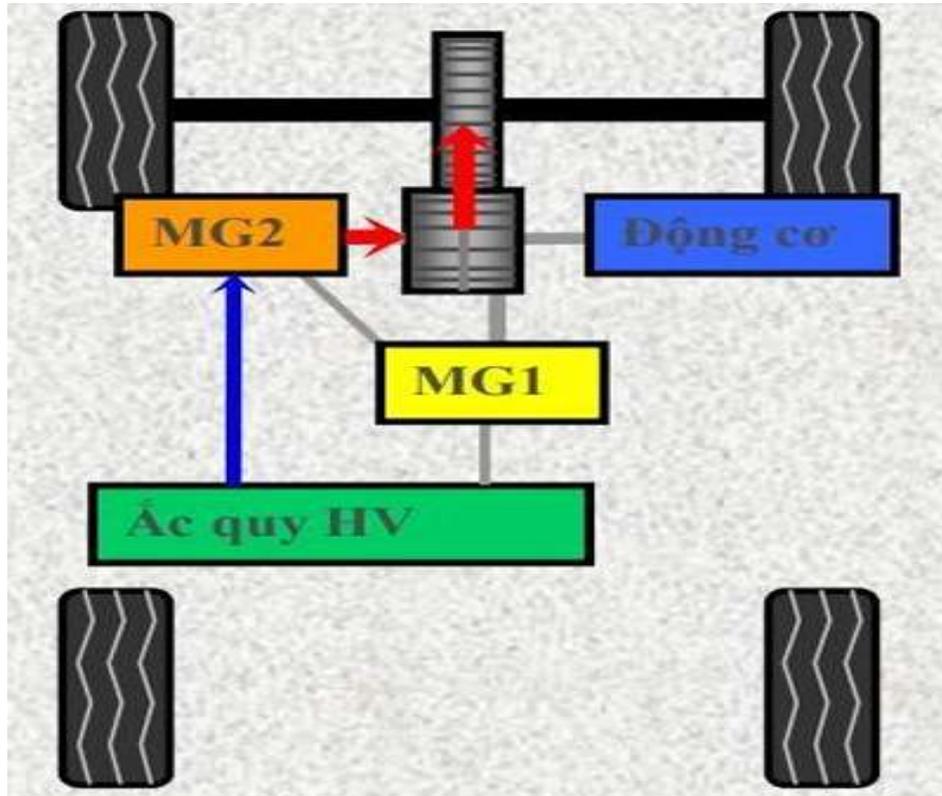
Bảng 3.11 Thông số cơ bản của xe thiết kế Toyota Camry Hybrid.

Kích thước tổng thể bên ngoài	Dài x Rộng x Cao	mm	4885 x 1840 x 1445
Chiều dài cơ sở		mm	2825
Chiều rộng cơ sở	Trước x Sau	mm	1580 x 1605
Khoảng sáng gầm xe		mm	140
Bán kính vòng quay tối thiểu		m	5.8
Dung tích bình nhiên liệu		L	50
Số chỗ ngồi			5
Trọng lượng không tải		kg	1565
Kiểu dẫn động			Cầu trước
Bán kính bánh xe		m	0.44
Hệ số cản lăn	Đường nhựa tốt (0.015- 0.02)	F_0	0.02
Hệ số cản không khí		C_x	0.4
Hệ số khối lượng quay		δ_i	1.08
Gia tốc trọng trường		g	10
Khối lượng riêng không khí		ρ (kg/m^3)	1.25
Diện tích cản chính diện	$S = 0.8 \cdot B_0 \cdot H$	S (m^2)	$0.8 \cdot 1840 \cdot 1445 = 2.127$

3.5.3.1. Xe bắt đầu khởi hành 0- 40 (km/h).

Động cơ điện (ĐCĐ) sẽ là động cơ hoạt động chính và độc lập để đưa xe đi. ĐCĐ sẽ được MG2 điều khiển. ĐCĐ sẽ cung cấp lực đẩy để dẫn động chính ở khoảng tốc độ này.

Động cơ điện mang lại hiệu suất tối ưu trong việc chuyển đổi năng lượng, giúp xe hybrid tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải khi khởi hành và di chuyển chậm trong đô thị. ĐCĐ hoạt động yên tĩnh, tạo môi trường lái thoải mái và cung cấp khả năng khởi động nhanh chóng với công suất tức thời.



Hình 3.61 Chế độ chỉ động cơ điện hoạt động.

Khi xe chạy hoàn toàn bằng động cơ điện, ta có công thức:

$$P = \frac{\delta M_v}{2t_a} (V_f^2 + V_b^2) + \frac{2}{3} M_v g f V_f + \frac{1}{5} p C_x S V_f^3$$

Trong đó:

M_v – Tổng khối lượng của ô tô

t_a - Thời gian ước tính.

V_b - Tốc độ cuối cùng của ô tô tương ứng với tốc độ cơ bản của động cơ

V_f - Tốc độ cuối cùng của ô tô sau khi gia tốc

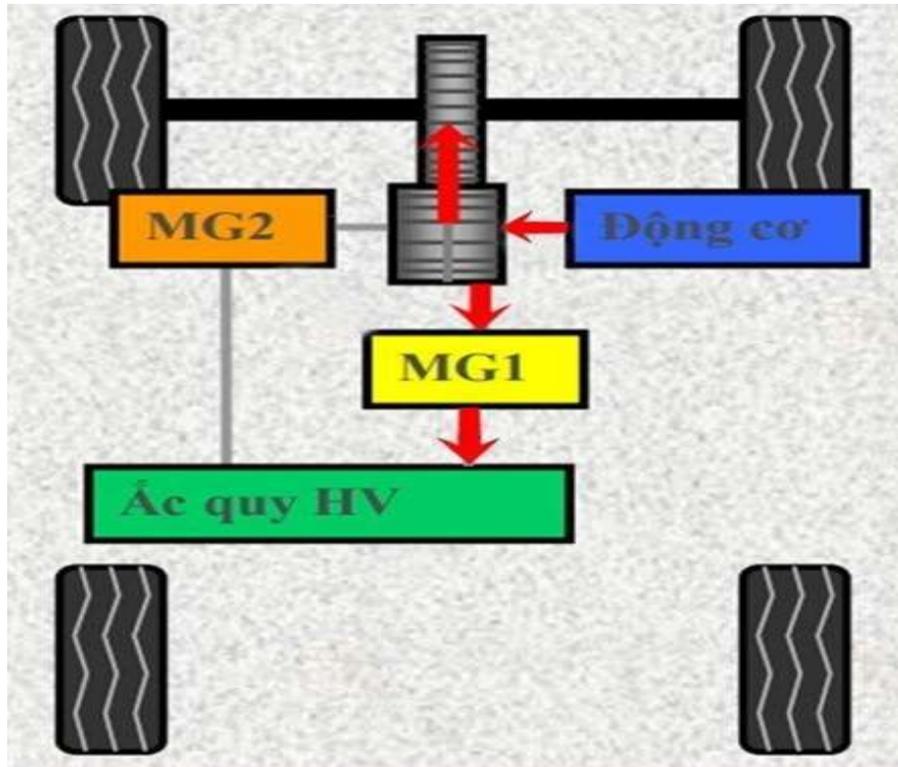
$$P = \frac{1.08 * 2015}{2 * 3} \left(\frac{40}{3.6}\right)^2 + \frac{2}{3} * 2015 * 10 * 0.02 * \frac{40}{3.6} + \frac{1}{5} * 1.25 * 0.4 * 2.127 * \left(\frac{40}{3.6}\right)^3$$

$$= 48 \text{ (kW)}$$

$$P_v = \frac{P}{n} = \frac{48}{0.95} = 50.5 \text{ (kW)}$$

$$F_k = \frac{P}{v} = \frac{48}{\frac{40}{3.6}} = 4324 \text{ (N)}$$

3.5.3.2. Chạy với tốc độ đều và ga nhẹ 40- 60 (km/h) với gia tốc $j=1.5m/s^2$.



Hình 3.62 Chế độ chỉ động cơ đốt trong hoạt động.

Khi xe tăng ga nhẹ, hệ thống hybrid thường chỉ sử dụng ĐCĐT hoạt động. Vì đây là vùng không yêu cầu công suất quá cao và nằm trong vùng làm việc lý tưởng của ĐCĐT. Trong khoảng tốc độ này, ĐCĐT có hiệu suất tốt và đủ công suất để cung cấp lực đẩy cần thiết cho xe di chuyển một cách nhẹ nhàng và tiết kiệm được nhiên liệu. Việc sử dụng ĐCĐT trong tình huống này giúp tận dụng tối ưu nguồn năng lượng và bảo đảm xe vẫn được vận hành trong điều kiện lý tưởng của ĐCĐT.

Xe được chạy trên đường ngang nên $\alpha = 0$ nên $F_i = 0 \Rightarrow F_k = F_f + F_\omega + F_j$

$$\text{Công suất: } F_k = F_f + F_\omega + F_j = mgf + m\delta j + 0.625C_x S v^2$$

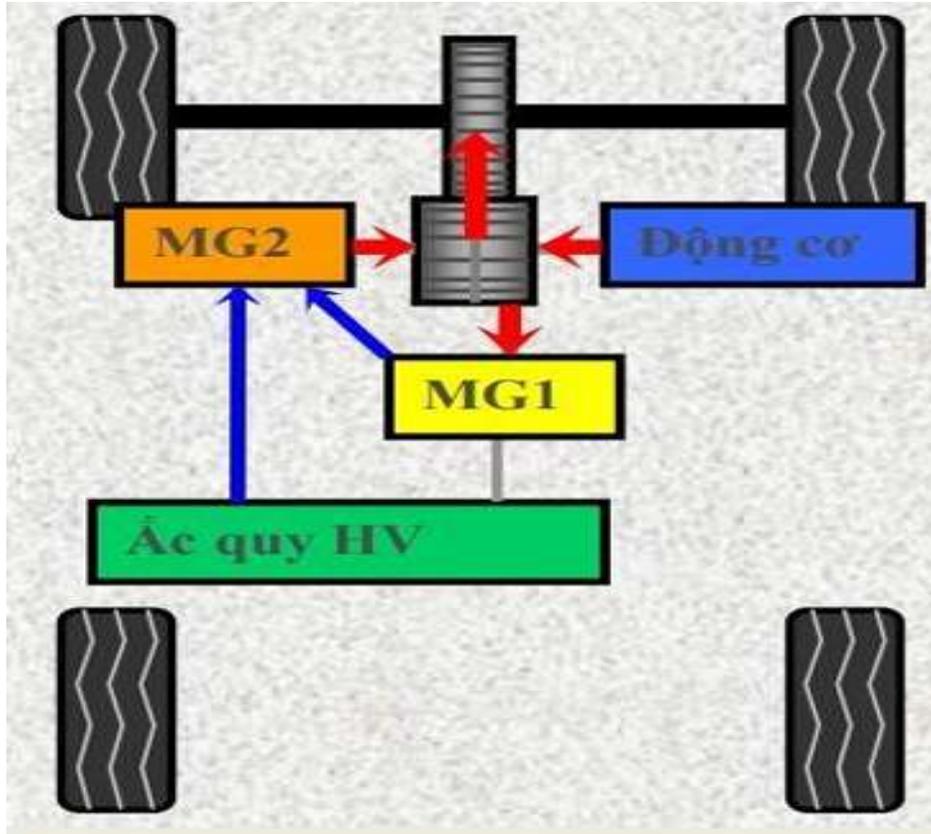
$$F_k = \left(2015 * 10 * 0.02 + 2015 * 1.08 * 1.5 + 0.625 * 0.4 * 2.127 * \left(\frac{60}{3.6} \right)^2 \right)$$

$$= 3815 (N)$$

$$P = F_k * v = 3815 * 60 / 3.6 = 63.58 (kW)$$

$$P_v = \frac{P}{\eta} = \frac{63.58}{0.95} = 66.9 (kW)$$

3.5.3.3. **Chạy tăng tốc mạnh 60- 100 (km/h) với gia tốc $j=1.8 (m/s^2)$.**



Hình 3.63 ĐCĐT và ĐCĐ cùng hoạt động.

Khi tốc độ tăng lên, hệ thống Hybrid sẽ chuyển sang chế độ kết hợp. ĐCĐ MG2 sẽ hoạt động để cung cấp công suất và đáp ứng nhu cầu tăng tốc mạnh, đồng thời ĐCĐT sẽ kích hoạt và hoạt động ở vùng công suất cao để cung cấp bổ sung và hỗ trợ lực đẩy trong quá trình tăng tốc. Sự phối hợp giúp xe đáp ứng nhanh chóng yêu cầu lực đẩy trong quá trình tăng tốc mạnh.

ĐCĐ đảm bảo hiệu suất và tối ưu việc tiết kiệm năng lượng, trong khi ĐCĐT cung cấp công suất bổ trợ để đáp ứng nhu cầu tăng tốc mạnh và tốc độ cao.

Công suất: $F_k = F_f + F_\omega + F_j = mgf + m\delta j + 0.625C_x S v^2$

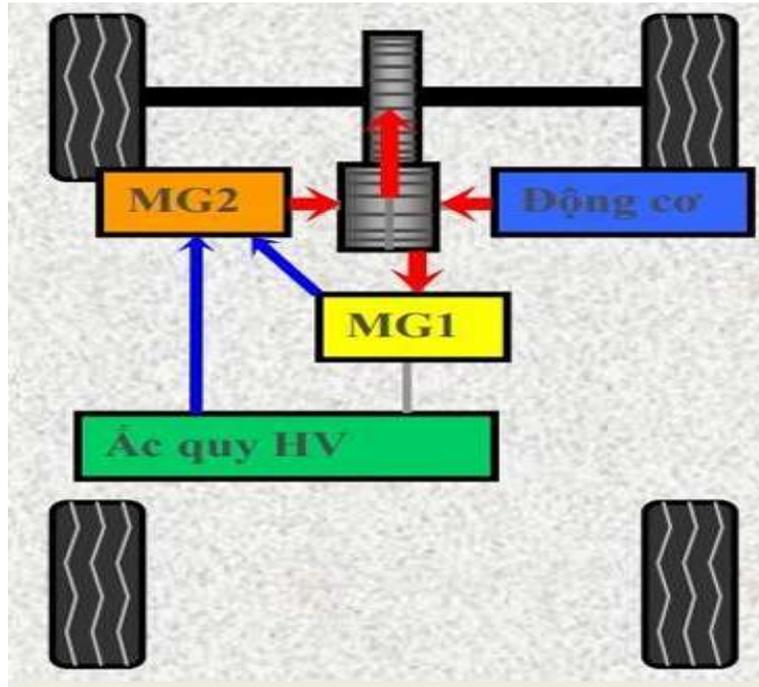
$$F_k = \left(2015 * 10 * 0.02 + 2015 * 1.08 * 1.8 + 0.625 * 0.4 * 2.127 * \left(\frac{100}{3.6} \right)^2 \right)$$

$$= 4730 (N)$$

$$P = F_k * v = 4730 * \frac{100}{3.6} = 131.3 (kW)$$

$$P_v = \frac{P}{\eta} = \frac{131.3}{0.95} = 138.2 (kW)$$

3.5.3.4. Chạy với tốc độ tối đa (180 km/h).



Hình 3.64 Khi xe chạy ở tốc độ tối đa.

Động cơ đốt trong (ĐCĐT) của xe Hybrid được nghiên cứu để đạt được hiệu suất tối ưu ở tốc độ cao, nhằm đảm bảo cung cấp đủ công suất và mô-men xoắn mạnh để xe vận hành và ổn định. Tại tốc độ tối đa ĐCĐT sẽ hoạt động ở vùng công suất cao nhằm cung cấp đủ lực đẩy nhằm duy trì tốc độ tối đa của xe. Bên cạnh đó, ĐCĐ MG2 sẽ hoạt động ở mức thấp và có vai trò hỗ trợ và cung cấp công suất cho xe. Sự tương tác giữa ĐCĐT và ĐCĐ đảm bảo rằng xe vận hành ổn định, hiệu suất cao và tối ưu sử dụng năng lượng.

Xe được chạy trên đường ngang nên $\alpha = 0$ nên $F_i = 0 \Rightarrow F_k = F_f + F_\omega + F_j$

Với vận tốc $= 160 \text{ km/h} > 80 \text{ km/h}$ nên hệ số cản lăn sẽ thay đổi và tăng lên rõ rệt, bởi vì ở khu vực tiếp xúc giữa bánh xe và đường, các thớ lốp không kịp đàn hồi và trở lại như cũ, nên chỉ một phần nhỏ năng lượng tiêu hao cho biến dạng được trả lại. Nên ta có công thức.

$$f = f * \left(1 + \frac{v^2}{1500} \right) = 0.02 * \left(1 + \frac{\left(\frac{150}{3.6} \right)^2}{1500} \right) = 0.043$$

Công suất: $F_k = F_f + F_\omega + F_j = mgf + m\delta j + 0.625C_x S v^2$

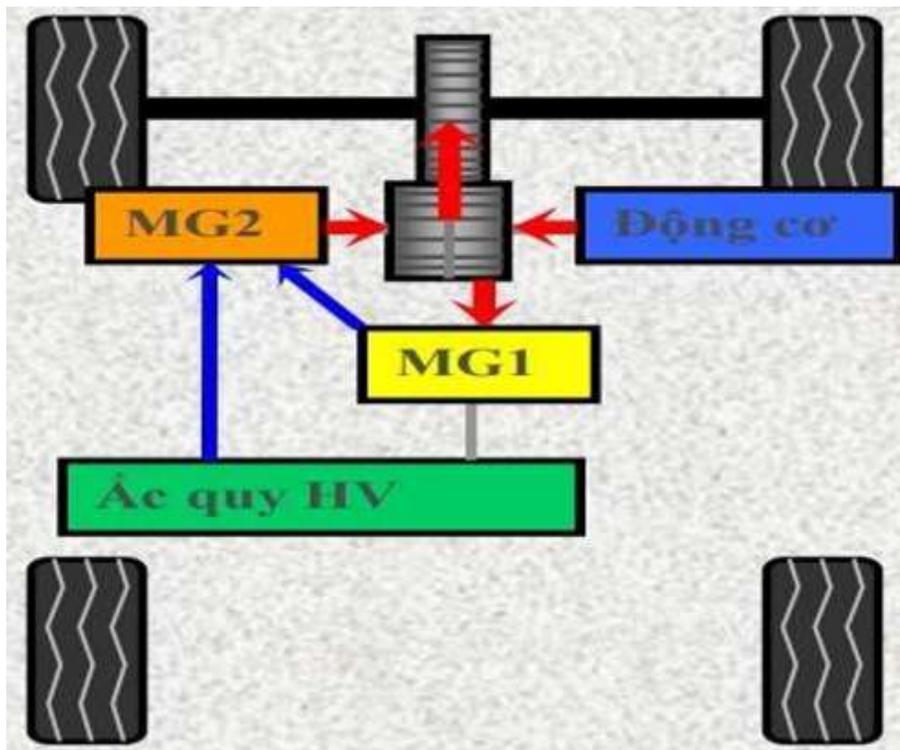
$$F_k = \left(2015 * 10 * 0.046 + 2015 * 1.08 * 0.4 * +0.625 * 0.4 * 2.127 * \left(\frac{150}{3.6} \right)^2 \right)$$

$$= 2660.17 (N)$$

$$P = F_k * v = 2660.17 * \frac{150}{3.6} = 110 (kW)$$

$$P_v = \frac{P}{n} = \frac{110}{0.95} = 116.6 (kW)$$

3.5.3.5. Khi xe leo dốc (Chế độ đầy tải θ_{max}).



Hình 3.65 Khi xe chạy leo dốc.

Khi xe leo dốc, Động cơ đốt trong (ĐCĐT) tăng công suất và mô-men xoắn để cung cấp động lực, giúp xe leo dốc hiệu quả và duy trì tốc độ. Động cơ điện (ĐCĐ) (MG1 và MG2) hỗ trợ bằng cách cung cấp thêm công suất và mô-men xoắn cho bánh xe, giúp giảm tải cho ĐCĐT và tăng hiệu suất toàn bộ hệ thống.

Tính toán công suất:

Độ dốc xe di chuyển được xác định trong trường hợp xe chuyển động với ($j = 0$) ($F_i = 0$), $F_m = 0$ (không kéo theo Rơ móc) và lên dốc với vận tốc nhỏ nên $F_w = 0$.

Ta có phương trình cân bằng lực kéo.

$$F_k = F_f + F_i = G(f \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$\text{Với: } \cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+(\tan\alpha)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+i^2}}; \sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+(\tan\alpha)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+i^2}}$$

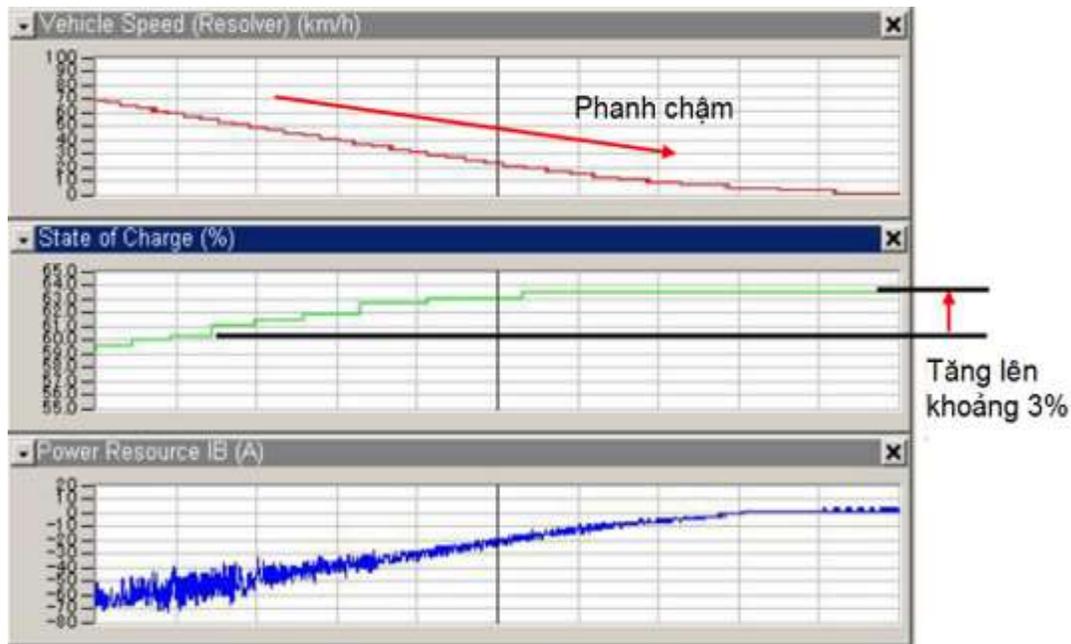
$$F_k = G \left(\frac{f}{\sqrt{1+i^2}} + \frac{i}{\sqrt{1+i^2}} \right) = G \left(\frac{f+i}{\sqrt{1+i^2}} \right) = 20150 \left(\frac{0.02+0.4}{\sqrt{1+0.4^2}} \right) = 7857.7 \text{ N}$$

$$P = F_k * v = 7857.7 * \frac{30}{3.6} = 65480.8 \text{ W}$$

$$P_v = \frac{P}{\eta} = \frac{65480.8}{0.95} = 68927 \text{ W} = 68.9 \text{ (kW)}$$

3.5.3.6. Chạy với chế độ giảm tốc, phanh tái sinh.

Khi phanh từ 60 km/h cho đến khi xe dừng lại sẽ tăng SOC lên khoảng 1% đến 3%, tùy thuộc vào cách đạp phanh. Tăng tốc chậm trong chế độ EV từ 0 km/h lên khoảng 40 km/h sẽ làm cho SOC giảm khoảng 2% đến 3%, do đó lượng phóng điện ở dải chuyển động này tương ứng với lượng điện đã được tích lại khi giảm tốc ở bước phanh tái tạo. Cách nạp năng lượng hiệu quả nhất là giảm tốc từ từ trong khi đạp nhẹ bàn đạp phanh. Mặc khác, phanh đột ngột dẫn đến hiệu quả phanh tái tạo ít, vì trong trường hợp này phanh thủy lực thực hiện phần lớn việc giảm tốc.



Hình 3.66 SOC tăng lên khi đạp phanh.

Chế độ tăng tốc từ 0- 100km/h trong 12s:

$$\text{Ta có: } v = v_0 + j_t$$

$$\frac{100}{3.6} = 0 + 12j \Rightarrow j = 2.3 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Để xe đạt được khả năng tăng tốc tốt nhất ta cho xe ở chế độ không tải là :m=1565 kg

$$F_k = F_f + F_\omega + F_j = mgf + m\delta j + 0.625C_x S v^2$$

$$F_k = \left(1565 * 10 * 0.02 + 1565 * 1.08 * 2.3 + 0.625 * 0.4 * 2.127 * \left(\frac{100}{3.6} \right)^2 \right)$$

$$= 4610 (N)$$

$$P = F_k * v = 4610 * \frac{100}{3.6} = 128 kW$$

$$P_v = \frac{P}{\eta} = \frac{128}{0.95} = 134.9 (kW)$$

Dựa vào các yêu cầu công suất ở các chế độ hoạt động như trên ta có thể thấy công suất ĐCD $P_m \geq 50.5 kW$ và ĐCDT có công suất $P_e \geq 116.6 kW$. Tuy nhiên để đảm bảo các chế độ vận hành đòi hỏi công suất cao hơn như chạy tăng tốc khi đầy tải ở khoảng tốc độ cao cũng như tăng tốc từ 0-100 km/h đảm bảo đủ công suất cần thiết của xe, ngoài ra còn do yếu tố sản xuất của các ĐCD, để dễ dàng chế tạo hoặc mua sắm ta chọn $P_m = 56 kW \Rightarrow P_e \geq 131 kW$. Ngoài ra nếu chọn động cơ điện quá lớn đòi hỏi P_{in} phải lớn theo để đáp ứng đủ nhu cầu ĐCD nên ta chọn như trên là hợp lí.

3.5.4. Kiểm nghiệm lại động cơ đốt trong.

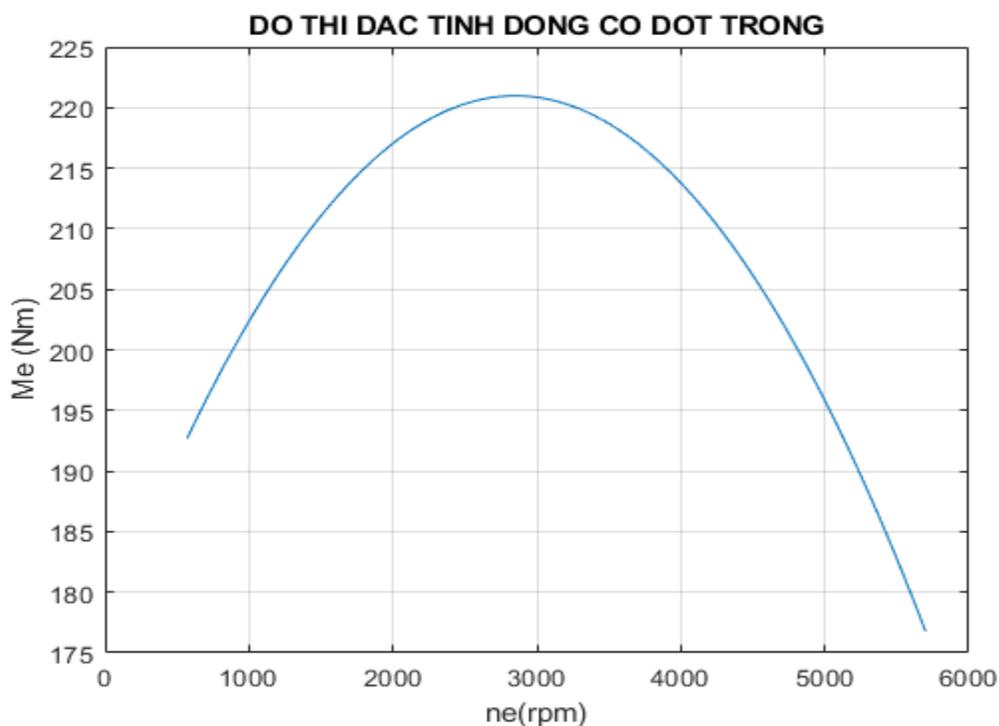
Với công suất yêu cầu đã tính toán 131 kW, ta thấy bằng với thông số của Toyota Camry Hybrid vậy nên động cơ A25A- FXS là phù hợp với yêu cầu.



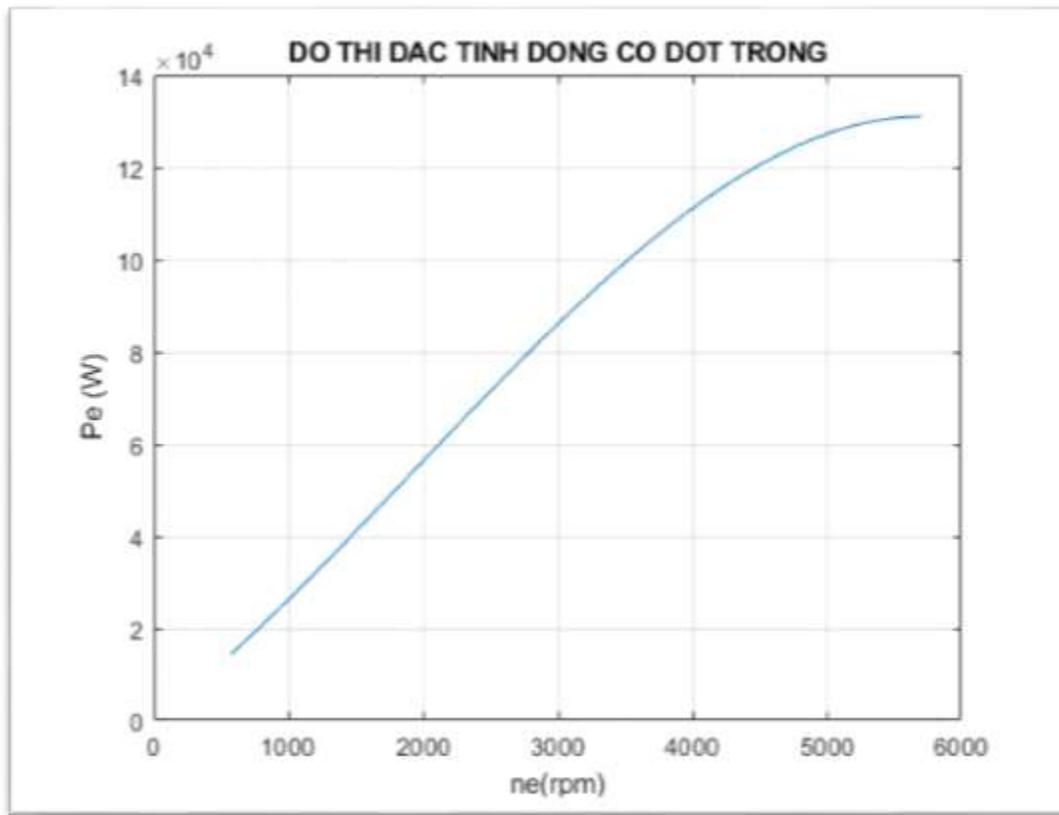
Hình 3.67 Động cơ A25A- FXS trên xe Toyota Camry Hybrid 2023.

Bảng 3.12 Các thông số kỹ thuật của ĐCDT A25A- FXS.

Loại động cơ			A25A- FXS
Số xylanh			4xylanh thẳng hàng
Dung tích động cơ		cc	2487
Loại nhiên liệu			Xăng
Tỉ số nén			14:1
Hành trình piston			103.4 mm
Đường kính xilanh			87.5 mm
Công suất tối đa		kw(hp)@rpm	131(176)5700
Momem xoắn tối đa		Nm@rpm	221(3600- 5200)
Tiêu chuẩn khí xả			Euro 5 w OBD
Hệ thống van biến thiên			Dual VVT- iE
Hệ thống phân phối khí			DOHC-16 Vavle
Hệ thống nhiên liệu			Phun xăng trực tiếp (D- 4S)



Hình 3.68 Đồ thị đặc tính mô men động cơ đốt trong.



Hình 3.69 Đồ thị đặc tính công suất động cơ đốt trong.

3.5.5. Kiểm nghiệm động cơ điện ĐCD- Máy phát.

Đối với xe Hybrid của Toyota thường cụm ĐCD- Máy phát, MG2 và MG1. MG1 sẽ có vai trò phát điện, hỗ trợ công suất cho MG2 và có nhiệm vụ khởi động động cơ đốt trong. Còn với MG2 sẽ có vai trò hỗ trợ tăng tốc, dẫn động các bánh xe, tái tạo năng lượng khi phanh.

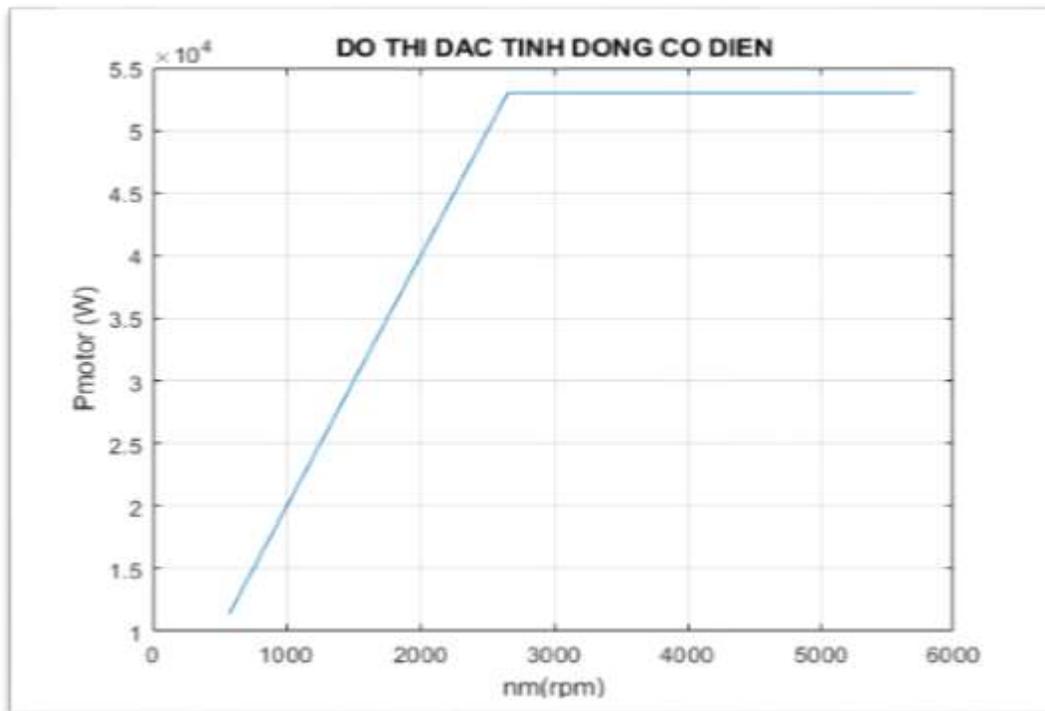
ĐCD PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) là một loại động cơ điện không chổi than thường được lựa chọn trên các dòng xe Hybrid, đặc biệt các dòng xe Hybrid của Toyota.

Động cơ này được thiết kế để cung cấp hiệu suất cao, mô men xoắn lớn và hiệu suất năng lượng tốt.

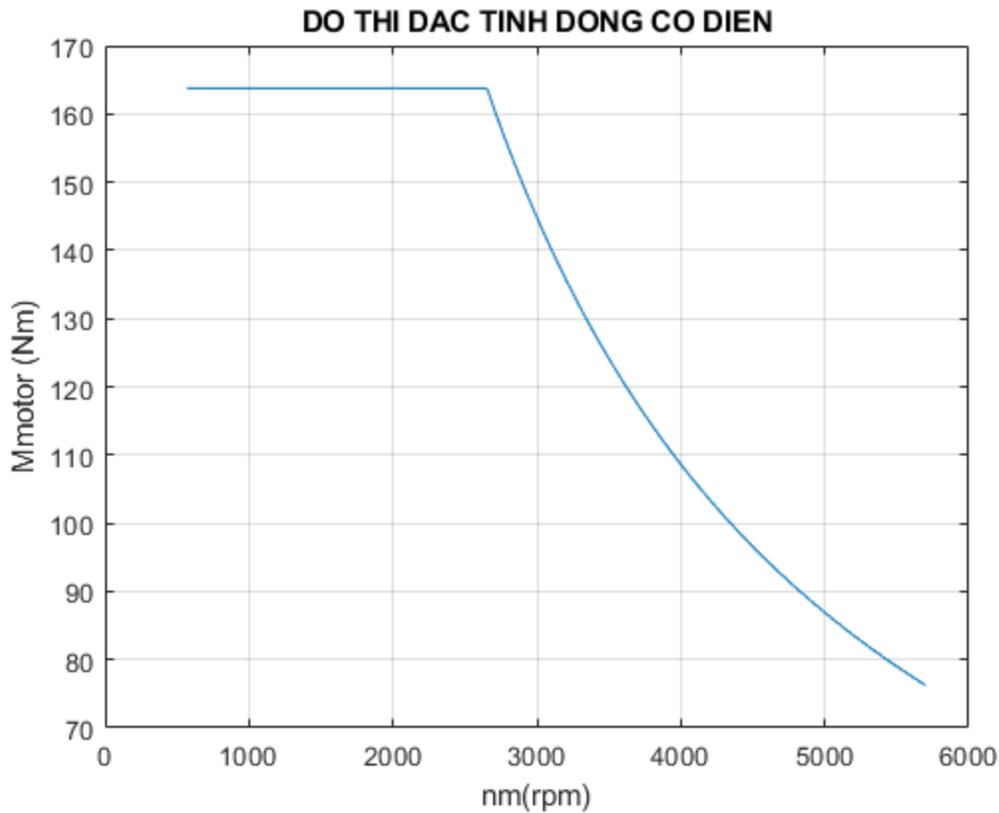
ĐCD 1 chiều DC sẽ cung cấp mô men tốt hơn so với ĐCD xoay chiều.

Bảng 3.13 Thông số ĐCD.

Mục	Thông số	
	MG1	MG2
Loại	Mô tơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu	Mô tơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu
Chức năng	Phát điện, khởi động động cơ	Phát điện, dẫn động bánh xe
Điện áp định danh cực đại	DC 650(V)	DC 650(V)
Công suất cực đại	-	53(Kw)
Mô men xoắn cực đại	-	163(Nm)
Tốc độ quay		13.500 vòng/ phút
Hệ thống làm mát	Làm mát bằng nước	Làm mát bằng nước



Hình 3.70 Đồ thị đặc tính công suất động cơ đốt trong.



Hình 3.71 Đồ thị đặc tính mô men động cơ điện.

3.5.6. Tính toán kiểm nghiệm ắc quy Hybrid.

Dung lượng pin ắc quy Hybrid thường được chế tạo theo quy chuẩn, mức điện áp cần thiết của ĐCĐ là 600V, ta chọn khối pin trên xe của Toyota thiết kế có thông số như sau:

Hiệu điện thế 1 cell pin là 1,2 V, thông thường 6 cell được mắc nối tiếp thành 1 gói có hiệu điện thế là : $1,2 \cdot 6 = 7,2V$. Sử dụng ắc quy Nikel- Metal Hydride (Ni- Mh).

- Với hiệu điện thế là 600 vậy số gói cần sẽ là $x = \frac{600}{7,2} = 83,3$ (gói). Chọn $x=84$ (gói)
- Tổng cell cần thiết trên pin là: $84 \cdot 6 = 503$ [cell].
- Hiệu điện thế của pin là: $84 \cdot 7,2 = 604$ [V].
- Dung lượng của 1 cell pin là 3 Ah.
- Dung lượng pin là: $503 \cdot 3 = 1509$ [Ah].

Dung lượng ắc quy được xác định:

$$Q_p = I_p * t_p = \left(\frac{P}{U} \right) * t_p$$

Trong đó:

- Q_p – là dung lượng của ắc quy [Ah].

- I_p - dòng phóng [A].
- t_p - thời gian phóng [h].
- P - Công suất ĐCĐ = 53000[W].
- U - Điện áp của ĐCĐ = 600 [V].

Ta chọn thời gian xe chạy khoảng 3 h thì hết bình:

$$Q_p = \left(\frac{53000}{600}\right) * 3 = 265 \text{ [Ah]}$$

Vậy số giờ sử dụng thực tế của bình là: $I_p = \frac{E}{Q_p} = \frac{1509}{265} = 5.7 \text{ (h)}$

Mặt khác ta có:

- Q_n – điện dung nạp
- I_n - dòng nạp [A].
- t_n - thời gian nạp [h].

Do trong quá trình nạp xảy ra tổn thất nên điện dung nạp phải lớn hơn so với điện dung phóng tầm (10-15%).

$$Q_n = Q_p + Q_p * 0.1 = Q_p + 1,1 = 265 * 1.1 = 291.5 \text{ [Ah]}$$

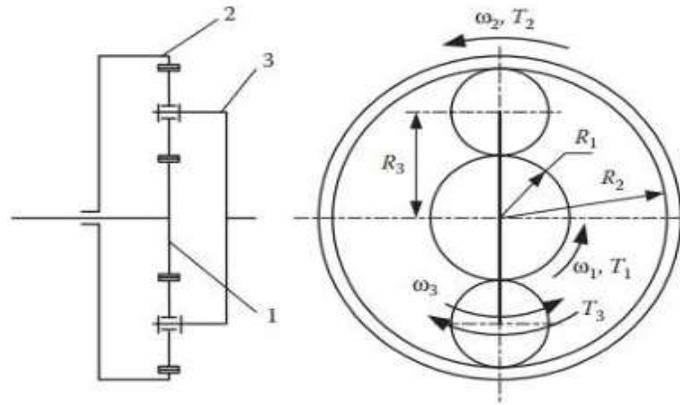
Theo tiêu chuẩn Việt Nam- TCVN thì dòng điện nạp (I_n) thường bằng 0,1 dung lượng nạp của ắc quy: $I_n = 0.1 * Q_n$

$$\text{Như vậy thời gian nạp cho ắc quy: } = \frac{Q_n}{I_n} = \frac{Q_n}{Q_n * 0.1} = 10 \text{ [h]}$$

Tuy nhiên, với thời gian nạp điện là $t_n = 10 \text{ (h)}$ thì chỉ được sử dụng trong trường hợp nạp mới cho ắc quy bằng phương pháp “ thế hiệu không đổi ” hay nạp no cho ắc quy sau khi xe không còn làm việc.

Ngoài ra, để xe làm việc được liên tục thì ta cần phải bù vào phần năng lượng đã bị hao trong quá trình làm việc của xe, tức là cần phải bổ sung thêm năng lượng bằng cách cho động cơ nổ làm việc để kéo máy phát nạp điện cho ắc quy và năng lượng thu hồi lại trong quá trình phanh tái sinh.

3.5.7. Tính toán bộ chia công suất.



Hình 3.72 Bộ bánh răng hành tinh kết nối tốc độ.

Bộ bánh răng hành tinh gồm có :

- Trục đầu vào từ ĐCĐT nối với bánh răng mặt trời.
- Trục đầu vào từ ĐCĐ nối với cần dẫn của bộ bánh răng hành tinh
- Bánh răng bao kết nối trục sơ cấp của hộp số.

Ta có các thông số đầu vào:

$$T_1 = T_e = 163 \text{ Nm}; \omega_1 = 5200$$

$$T_3 = T_m = 221 \text{ Nm}; \omega_3 = 5700$$

Các thông số cần tính:

$$\omega_2 = \omega_1 * k_1 + \omega_3 * k_3$$

$$T_3 = \frac{T_1}{k_1} = \frac{T_3}{k_3} \rightarrow \frac{T_1}{T_3} = \frac{k_1}{k_3} = 0.73$$

$$k_3 + k_1 = 1 \rightarrow k_3 = 0.6 \rightarrow k_1 = 0.4$$

$$T_2 = \frac{139}{0.4} = 407.5 \text{ Nm}$$

$$\omega_2 = 4200 * 0.4 + 5700 * 0.6 = 5500 \text{ rpm}$$

Với sơ đồ bộ kết nối đã chọn nên ta có: $k_1 = \frac{1}{Z+1}$; $k_3 = \frac{1}{Z+1}$

Tỉ số truyền: $k_1 = \frac{1}{Z+1} = 0.4 \Rightarrow Z=1.5$

3.5.8. Tính toán tỉ số truyền.

Tỉ số truyền lực chính:

$$i_0 = \frac{\pi * n_{max} * r_{bx}}{30 * V_{max} * Z}$$

Trong đó:

- n - Tốc độ động cơ đốt trong 5700 rpm.
- r_{bx} - Bán kính bánh xe = 0.44 m.
- V_{max} - Vận tốc cực đại = 50m/s².

$$i_0 = \frac{\pi * 5700 * 0.44}{30 * 50 * 1.50} = 3.5$$

Tỷ số truyền của tay số cao nhất được xác định trên cơ sở đảm bảo khắc phục được lực cản lớn nhất của mặt đường mà bánh xe chủ động không bị trượt quay trong mọi điều kiện chuyển động.

$$i_{h1} \geq \frac{T_{max} * G * r_{bx}}{M_{max} * i_0 * n_t}$$

Trong đó:

- $G = 10 * 2015 = 20150 N$
- $T_{max} = 0.02 + 0.44 = 0.46$

Khi mới khởi hành chỉ có ĐCĐ hoạt động, nên momen truyền vào hộp số chính là momen đầu ra của bộ kết hợp tốc độ là momen truyền từ ĐCĐ.

$$M_{max} = M_{max} = 163 * 1.5 = 244.5 Nm$$

$$i_{h1} \geq \frac{0.46 * 20150 * 0.44}{244.5 * 3.5 * 0.95} = 3.5$$

Mặt khác ta có, lực kéo tiếp tuyến còn bị giới hạn bởi điều kiện bám giữa bánh xe và mặt đường:

$$i_{h1} \leq \frac{G_b * \varphi * r_{bx}}{M_{max} * i_0 * n_t}$$

Trong đó:

- G_b – Trọng lượng bám trên bánh xe chủ động.
- Ta lấy $G_b = 0.5 * 20150 = 10075 N$
- φ - Hệ số bám dọc giữa bánh xe và mặt đường: Chọn $\varphi = 0.95$

Ta

có:

$$i_{h1} \leq \frac{10075 * 0.95 * 0.44}{244.5 * 3.5 * 0.95} = 5.1$$

Ta suy ra tỉ số truyền tay số 1 nằm trong khoảng $3.5 \leq i_{h1} \leq 5.1 \Rightarrow$ Ta chọn $i_{h1} = 3.7$

Tỉ số truyền tại tay số 2: $i_{h2} = \sqrt{i_{h1}} = \sqrt{3.7} = 1.92$

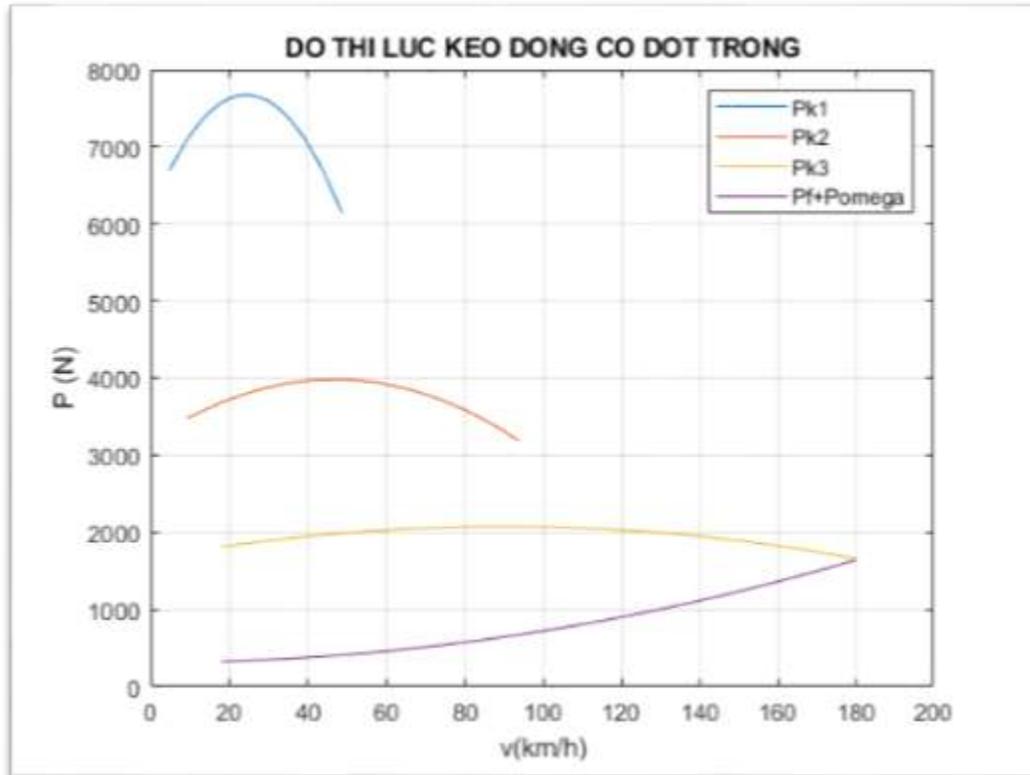
Tỉ số truyền thẳng : $i_{h3} = 1$

Tỉ số tay truyền lùi: Chọn $i_r = 1.2 * i_{h1} = 4.44$

3.5.9. Xây dựng đường đặc tính kéo.

Đặc tính kéo khi ĐCĐT hoạt động độc lập:

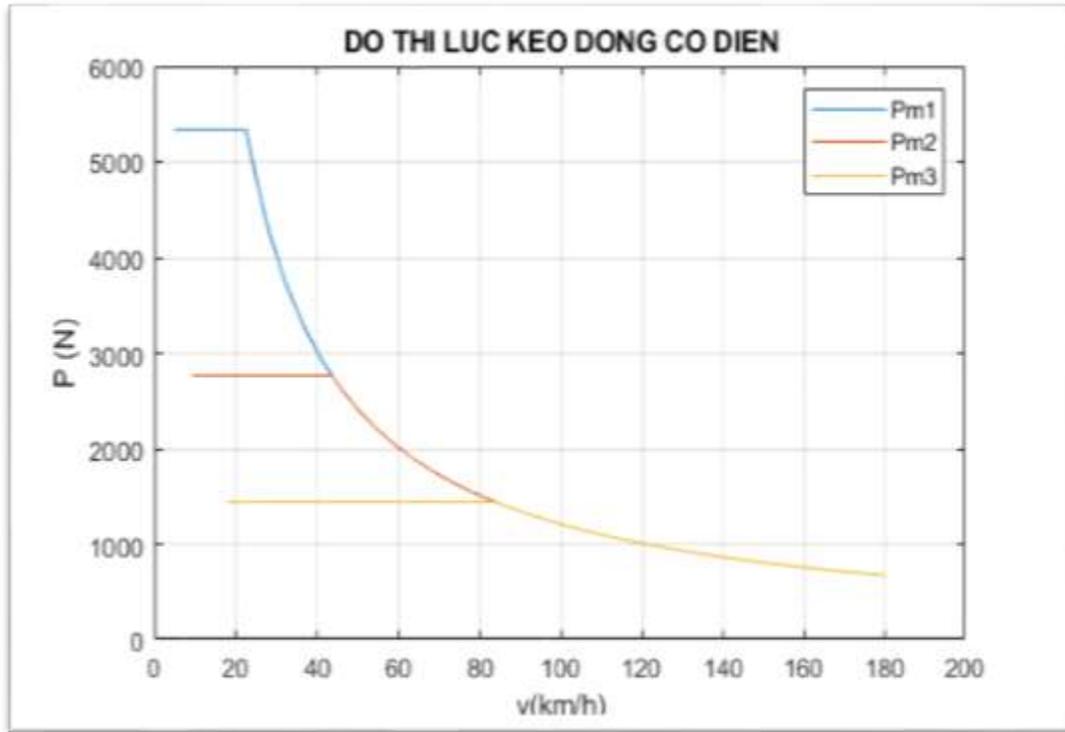
- Tính mô men M_e của ĐCĐT:
$$M_e = \frac{N_e}{\lambda_v * \omega_e * (a + b\lambda_v + c\lambda_v^2)} Nm$$
- Tính lực kéo F_k của ĐCĐT:
$$F_k = \frac{M_e * i_{kh} * i_0 * \gamma_t}{R_{bx}} N$$
- Tính vận tốc V_e ĐCĐT:
$$V_e = \frac{\omega_e * R_{bx}}{i_{kh} * i_0} \left(\frac{m}{s}\right)$$



Hình 3.73 Đồ thị lực kéo tại các bánh xe chủ động.

Đặc tính kéo khi ĐCĐ hoạt động độc lập:

- Tính mô men M_e của ĐCĐ:
$$M_e = \frac{N_e}{\lambda_v * \omega_e * (a + b\lambda_v + c\lambda_v^2)} Nm$$
- Tính lực kéo F_k của ĐCĐT:
$$F_k = \frac{M_e * i_{kh} * i_0 * \gamma_t}{R_{bx}} N$$
- Tính vận tốc V_e ĐCĐT:
$$V_e = \frac{\omega_e * R_{bx}}{i_{kh} * i_0} \left(\frac{m}{s}\right)$$
- Tính công suất ĐCĐ:
$$Nm = M_m * \omega_e (W)$$



Hình 3.74 Đồ thị lực kéo khi xe sử dụng động cơ điện.

Đặc tính kéo của ô tô Hybrid:

- Công thức tính lực kéo khi chỉ dùng nguồn ĐCĐ Pk1.

$$V1 = \frac{\lambda * \omega_m * R_{bx}}{i_{1M} * i_0} \quad ; \quad P1 = \frac{M_1 * i_0 * i_{1M} * y}{R_{bx}}$$

- Công thức tính lực kéo khi chỉ dùng nguồn ĐCĐ Pk2.

$$V2 = \frac{\lambda * \omega_m * R_{bx}}{i_{1N} * i_0} \quad ; \quad Pk2 = \frac{M_2 * i_0 * i_{1N} * y}{R_{bx}}$$

- Công thức tính lực kéo khi chỉ dùng nguồn ĐCĐ Pk1 khi truyền thẳng.

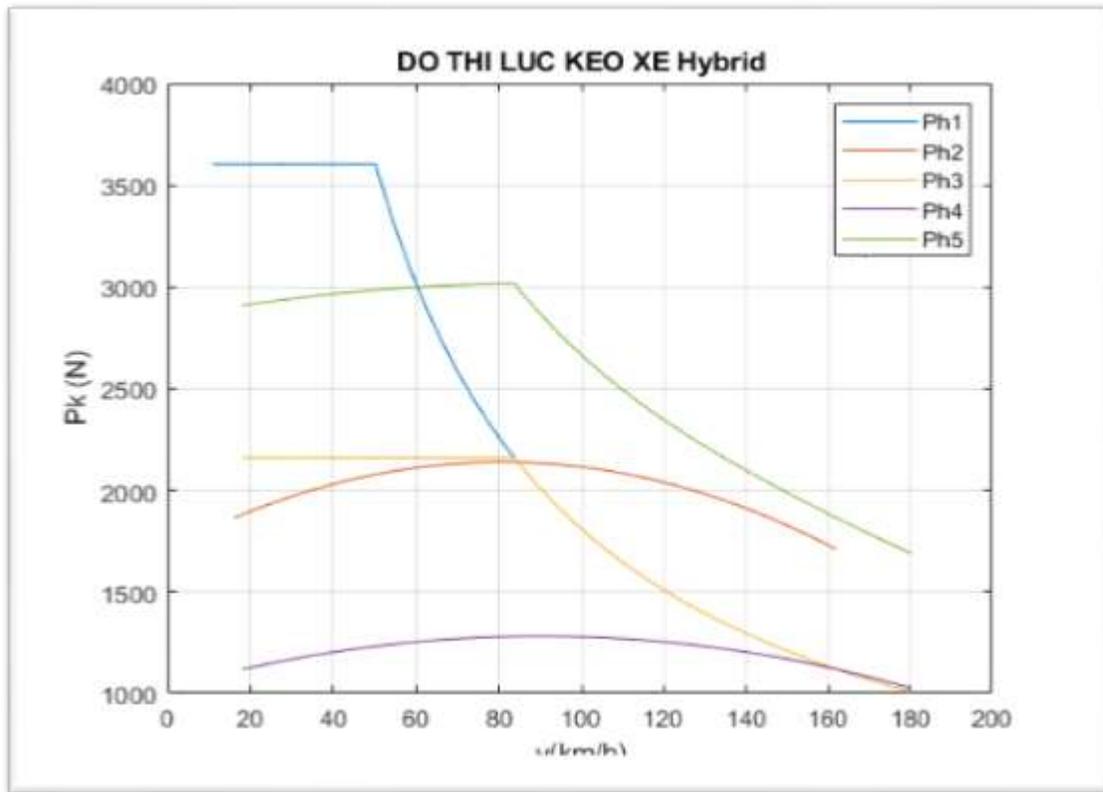
$$V3 = \frac{\lambda * \omega_m * R_{bx}}{i_0} \quad ; \quad Pk3 = \frac{M_1 * i_0 * y}{R_{bx}}$$

- Công thức tính lực kéo khi chỉ dùng nguồn ĐCĐ Pk2 khi truyền thẳng

$$V4 = \frac{\lambda * \omega_m * R_{bx}}{i_0} \quad ; \quad Pk4 = \frac{M_2 * i_0 * y}{R_{bx}}$$

- Công thức lực kéo khi dùng cả 2 nguồn kết hợp Pk5.

$$V5 = \frac{\lambda * \omega_M * R_{bx}}{i_0} \quad ; \quad Pk5 = \frac{(M_2 * k_1 + (M_1 * k_2) * i_0 * y)}{R_{bx}}$$



Hình 3.75 Đồ thị lực kéo xe.

Qua quá trình tính toán và xây dựng đồ thị đặc tính lực kéo, ta đã phân tích được mối quan hệ giữa lực kéo, lực cản chuyển động, công suất động cơ và các chế độ làm việc của xe. Đồ thị lực kéo cho thấy rõ khả năng làm việc của xe ở chế độ khác nhau, từ đó xác định được vùng tốc độ tối ưu và các giới hạn vận hành an toàn.

Từ kết quả đồ thị, ta đã lựa chọn được động cơ phù hợp đảm bảo các yêu cầu về:

- Đủ lực kéo lớn hơn lực cản trong toàn bộ dải tốc độ làm việc;
- Khả năng tăng tốc đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật;
- Công suất và mômen xoắn phù hợp với mục đích sử dụng

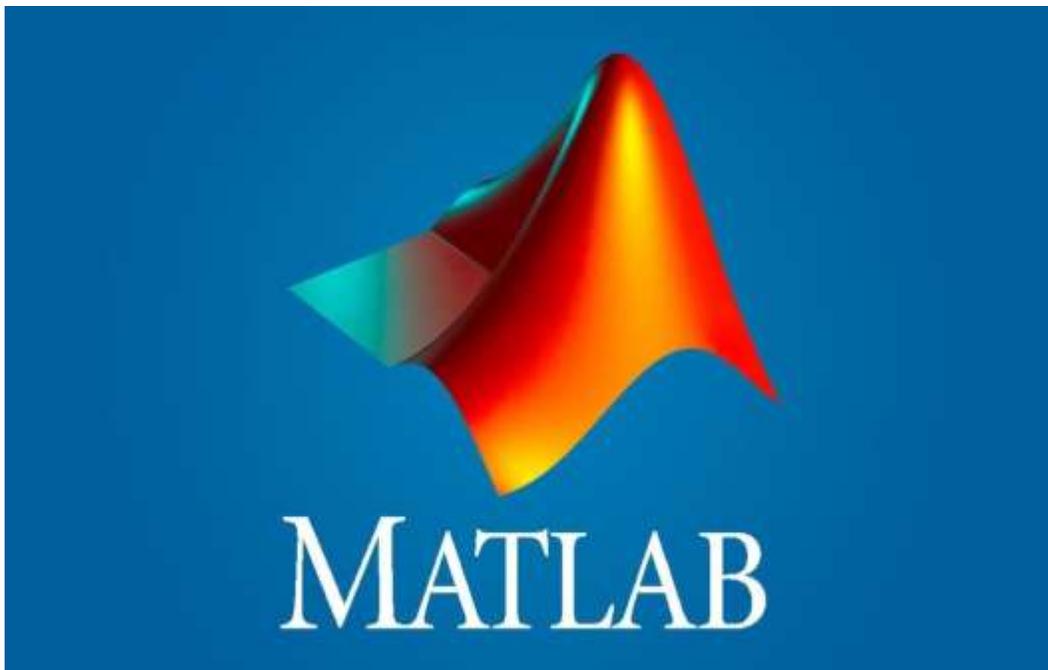
Động cơ đốt trong, động cơ điện- máy phát được chọn không chỉ thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật mà còn đảm bảo hiệu suất làm việc cao, tiết kiệm nhiên liệu và độ tin cậy trong vận hành. Việc lựa chọn đúng công suất động cơ góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế và tính ổn định của phương tiện trong thực tế sử dụng.

CHƯƠNG 4: MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐỘNG LỰC XE TOYOTA CAMRY HYBRID BẰNG MATLAB SIMULINK.

4.1. Giới thiệu về phần mềm Matlab / Simulink.

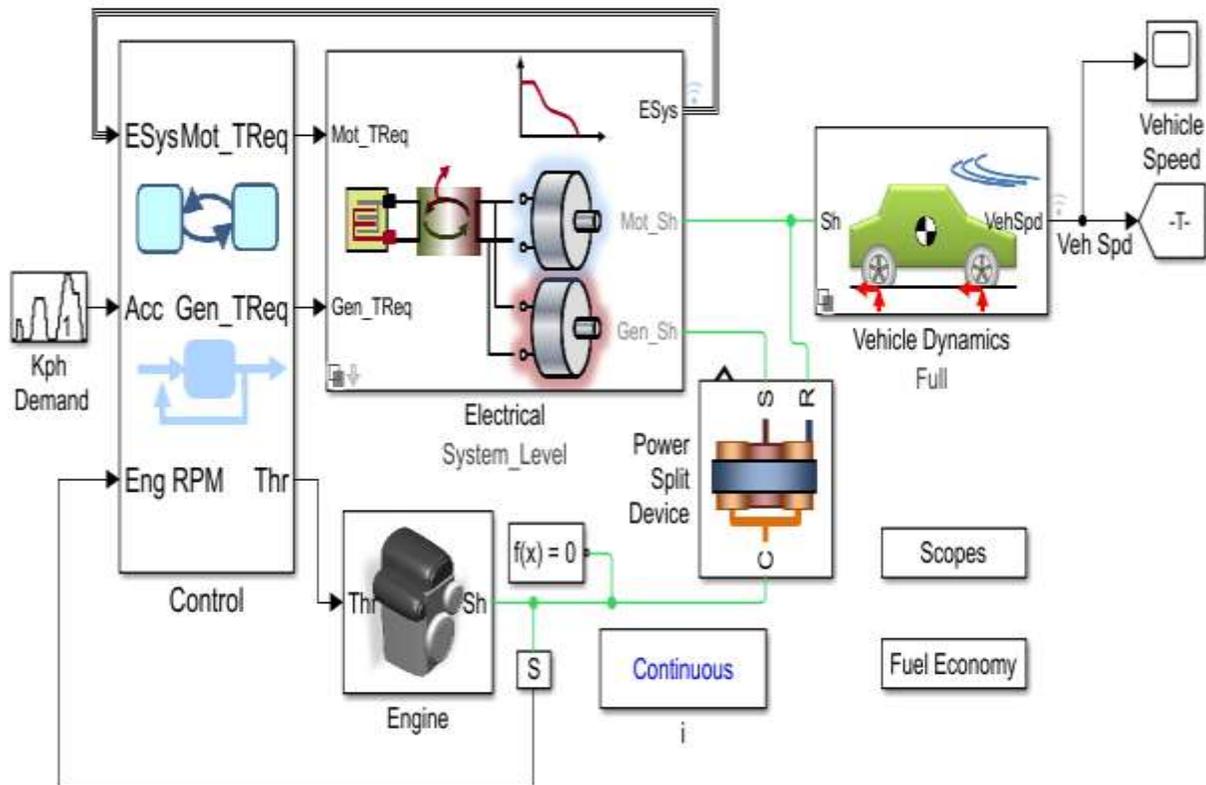
Hiện nay thì các cuộc cách mạng khoa học công nghệ thông tin, kỹ thuật phát triển vô cùng mạnh mẽ, để hướng đến tương lai phát triển hơn, thì hàng loạt các phần mềm được tạo ra nhằm để hỗ trợ cho việc nghiên cứu và phát triển kỹ thuật mới. MATLAB & SIMULINK là một phần mềm khoa học mà ứng dụng của nó giúp ích cho việc mô phỏng đa năng. Các nhà nghiên cứu đã phát triển nhiều công cụ liên quan trong phần mềm MATLAB để giải các bài toán khá phức tạp như: nhận dạng các đối tượng động học, điều khiển tối ưu, điều khiển mờ, xử lý số tín hiệu,...

Vì vậy, tìm hiểu về phần mềm mô phỏng MATLAB/SIMULINK để có thể học hỏi thêm nhiều kiến thức và tiết kiệm được chi phí bằng việc mô phỏng, đỡ tốn kém chi phí hơn mà kết quả gần chính xác của phần mềm mang lại. Với đề tài " HYBRID ELECTRIC VEHICLE CONTROL", nhóm chúng em đã vận dụng được những ưu điểm của phần mềm này để nghiên cứu về sự vận hành của xe điện Hybrid Electric Vehicle bằng việc mô phỏng các đặc tính, các thông số.



Hình 4.1 Logo biểu tượng của phần mềm Mathlab.

4.2. Giới thiệu về mô hình.



Hình 4.2 Model tổng thể về hệ thống mô phỏng trong Matlab Simulink.

Mô hình tổng thể được xây dựng dựa trên hệ thống động lực xe Hybrid Toyota Camry Hybrid với hệ thống Hybrid nối tiếp- song song (Hybrid Electric Vehicle Series- Parallel). Dựa vào hệ thống động lực từ xe tham khảo, mô hình được xây dựng gồm các khối.

- Kph Demand.
- Control.
- Electrical.
- Engine.
- Power – Split.
- Vehicle Body.

4.2.1. Khối Kph Demand.

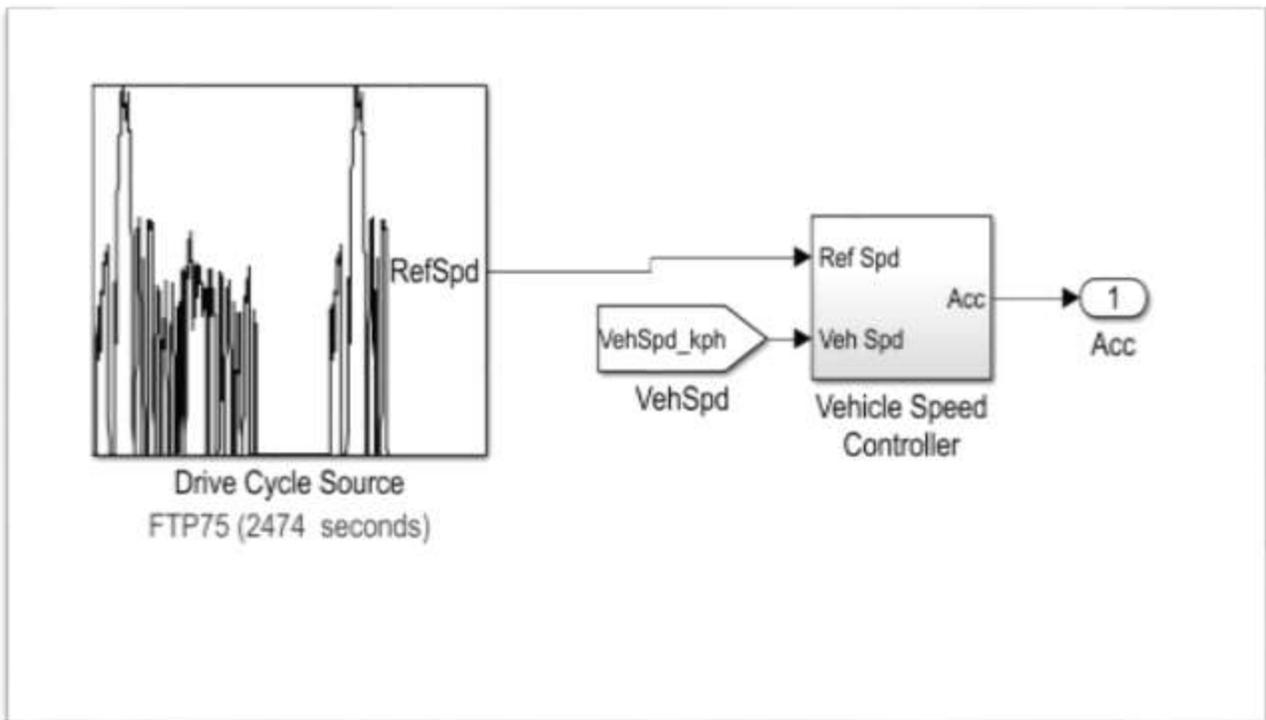
Khối Kph Demand là tín hiệu input mà trong đó các chế độ Drive Cycles được xử lý và gửi tín hiệu tốc độ mong muốn (Ref Spd), cùng với tốc độ thực tế của xe (Vehicle Speed) từ khối Vehicle Body tới bộ Vehicle Speed Controller.



Hình 4.3 Khối Kph Demand.

Cả hai tín hiệu được gửi tới để xử lý và tính toán tín hiệu sự tăng tốc mong muốn (Acceleration demand) và bàn đạp phanh (Brake Pedal) cho khối Vehicle Body.

Nói một cách cụ thể hơn thì khối Kph Demand đóng vai trò là nguồn cung cấp tín hiệu vận tốc mong muốn (Reference Speed – Ref Spd) cho hệ thống điều khiển của xe hybrid điện.



Hình 4.4 Chi tiết bộ điều khiển của khối Kph Demand.

Quá trình này diễn ra như sau:

Khối Kph Demand tiếp nhận và xử lý các Drive Cycles, Drive Cycles là các đồ thị hoặc tập dữ liệu mô tả thay đổi của vận tốc theo thời gian, mô phỏng các điều kiện lái xe thực tế khác nhau (vd lái xe trong phố, lái trên đường cao tốc,...). Sau khi Drive Cycles đã

được xử lý thì khối Kph Demand tạo ra tín hiệu tốc độ mong muốn (Ref Spd) theo thời gian.

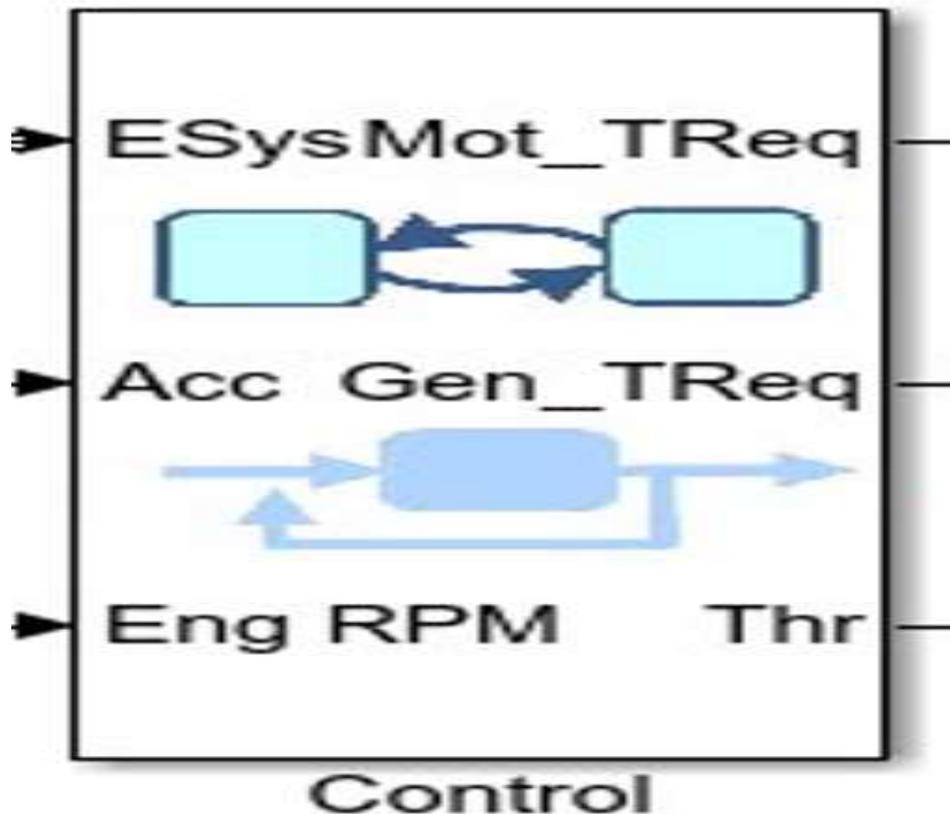
Tín hiệu này thể hiện vận tốc mục tiêu mà xe cần đạt được ở mỗi thời điểm. Tín hiệu Ref Spd này được gửi đến bộ Vehicle Speed controller, cùng lúc đó thì bộ Vehicle Speed Controller cũng nhận được tín hiệu tốc độ thực tế của xe từ khối Vehicle Body.

Từ đó bộ Vehicle Speed Controller sẽ so sánh và tính toán tốc độ mong muốn (Ref Spd) với tốc độ thực tế (Vehicle Speed) để đưa ra tín hiệu điều khiển cần thiết như tăng tốc thêm hoặc giảm tốc độ để phù hợp với tốc độ mong muốn.

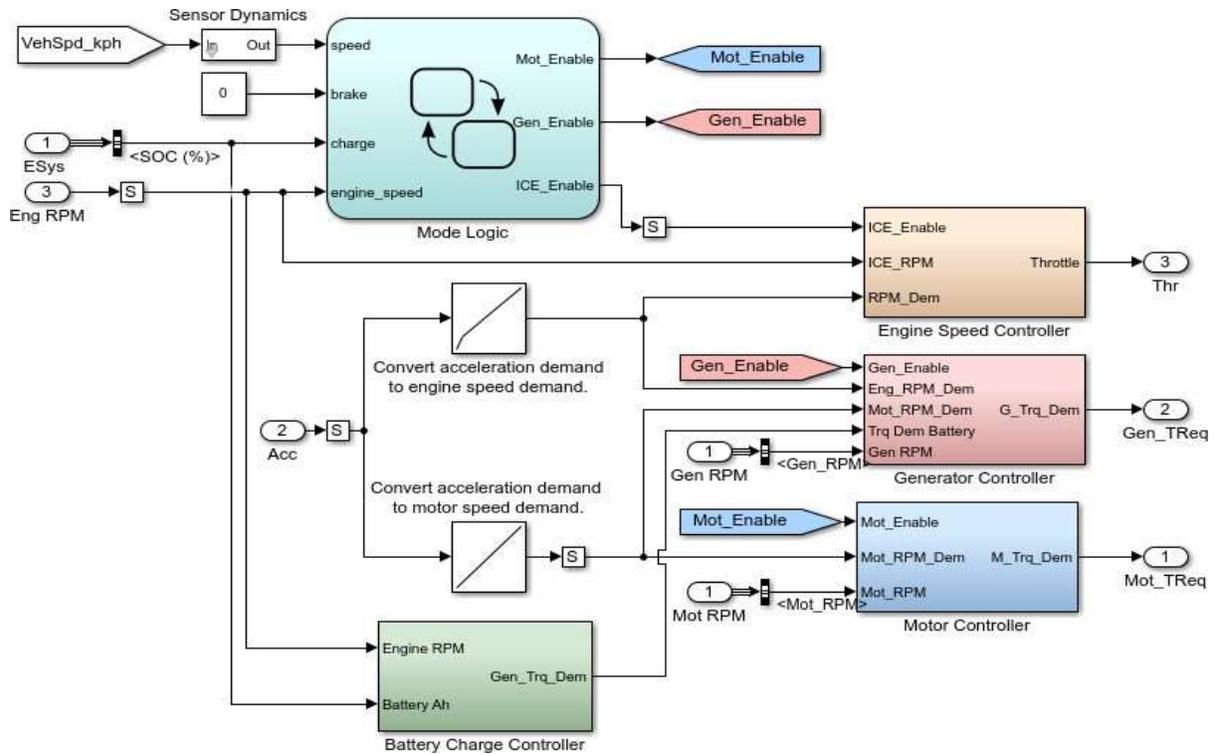
4.2.2. Khối Control Strategy.

Khối Control là "bộ não" trung tâm của hệ thống hybrid, nó tiếp nhận yêu cầu tốc độ (từ Kph Demand) và thông tin về chế độ lái (từ Mode Logic như khởi động, tăng tốc, ổn định, phanh). Dựa trên đó, nó tính toán và ra lệnh điều khiển mô-men xoắn của mô-tơ và máy phát điện, tốc độ động cơ và độ mở bướm ga, cũng như điều khiển phanh tái sinh.

Mục tiêu là phối hợp hoạt động của động cơ xăng và mô-tơ điện một cách thông minh để xe đạt được tốc độ mong muốn, tiết kiệm nhiên liệu và giảm khí thải trong các tình huống lái xe khác nhau.



Hình 4.5 Khối Control Strategy.



Hình 4.6 Chi tiết khối Control Strategy.

Vai trò của Mode Logic trong việc điều khiển khối Control như là “ người quản lý trạng thái” để xác định chế độ vận hành hiện tại của xe dựa trên các yếu tố như:

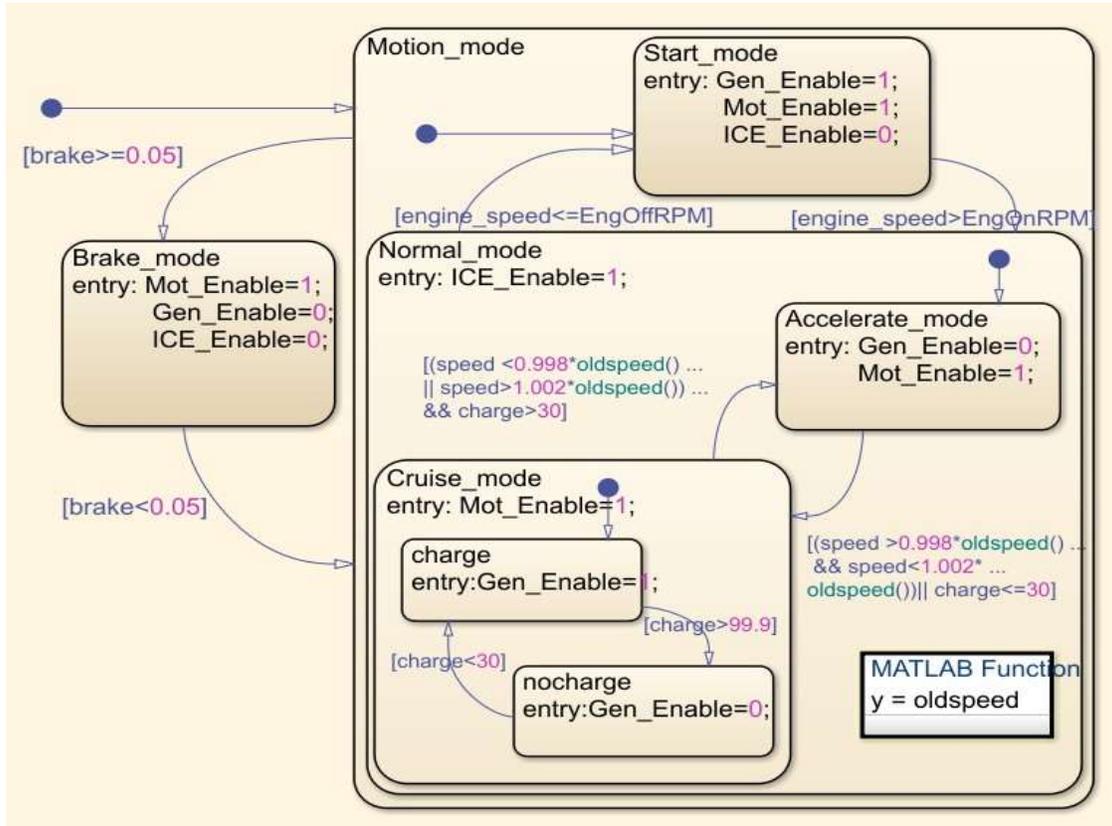
- Yêu cầu từ người lái (Vd: đạp ga, phanh)
- Tốc độ xe
- Trạng thái của động cơ (Vd: đã khởi động chưa,...)
- Trạng thái của pin (Vd: mức sạc...)

Thông tin về chế độ lái từ Mode Logic sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến cách khối Control xử lý tín hiệu Speed Demand và đưa ra các lệnh điều khiển cho các chế độ lái như:

- Start Mode: Ưu tiên sử dụng mô-tơ điện để khởi động xe êm ái. Máy phát điện có thể đóng vai trò là máy đề. Động cơ xăng có thể chưa hoạt động hoặc chỉ hoạt động sau khi đạt một ngưỡng tốc độ nhất định.
- Acceleration Mode: khi người lái muốn tăng tốc nhanh, khối Control có thể kết hợp công suất từ cả động cơ xăng và mô-tơ điện (máy phát điện có thể tắt để dồn toàn bộ mô-men xoắn cho việc tăng tốc)
- Cruise Mode: Khi xe di chuyển với tốc độ ổn định, khối Control có thể ưu tiên sử dụng động cơ xăng ở vùng hiệu suất cao nhất và sử dụng máy phát điện để sạc pin.
- Brake Mode: Khi phanh, khối Control kích hoạt phanh tái sinh thông qua mô-tơ điện để giảm tốc độ xe và đồng thời sạc lại pin.

- Normal Mode: Đây có thể là chế độ vận hành hỗn hợp, động cơ xăng và mô-tơ điện hoạt động phối hợp để duy trì tốc độ và sạc pin khi cần thiết.

Sự phối hợp giữa khối Kph Demand, Mode Logic và Control tạo nên một hệ thống điều khiển phức tạp nhưng hiệu quả, cho phép xe hybrid điện vận hành linh hoạt, tiết kiệm nhiên liệu và giảm khí thải trong nhiều điều kiện lái xe khác nhau.



Hình 4.7 Khối Mode Logic.

❖ Phân tích khối Mode Logic của xe Hybrid:

Gồm có 2 chế độ chính:

Brake_Mode: Chế độ phanh.

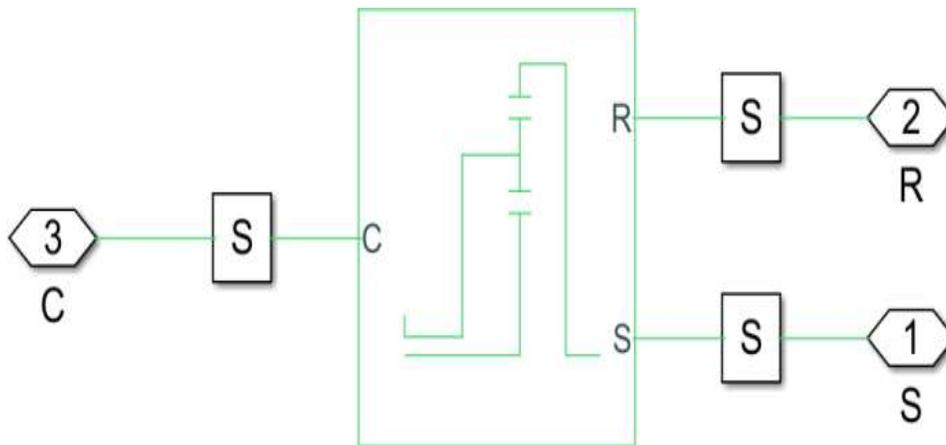
Motion_Mode: Chế độ chuyển động.

- Khi xe đang chuyển động, xe có thể ở chế độ khởi động Motion_Mode. Khi đó máy phát điện (Gen_Enable=1) được sử dụng để khởi động cho động cơ đốt trong và động cơ điện (Moto_Enable=1) được sử dụng để truyền công suất dẫn động các bánh xe.
- Khi tốc độ động cơ vượt quá ngưỡng nhất định [engine_Speed > EngOnRPM) thì xe sẽ vào chế độ bình thường Normal_mode. Trong đó, động cơ sẽ được sử dụng (ICE_Enable=1) để dẫn động bánh xe và để sạc pin nếu người lái muốn tăng tốc (Accelerate_mode) thì động cơ điện (Moto_Enable=1) sẽ sử dụng để dẫn động bánh

xe nhanh hơn nữa và máy phát điện ($Gen_Enable=0$) sẽ được tắt để toàn bộ mô-men xoắn của động cơ sử dụng để tăng tốc cho xe.

- Khi ở chế độ trạng thái ổn định (Cruise_Mode), động cơ điện vẫn hoạt động ($Moto_Enable=1$). Máy phát điện sẽ hoạt động ($Gen_Enable=1$) và được dùng để sạc pin, khi đầy pin máy phát sẽ tắt. Nhưng khi xuống dưới 30% máy phát lại hoạt động.
- Khi tốc độ và tình trạng sạc cao, sẽ trở lại chế độ Acceleration_Mode và chế độ Start_Mode.
- Nếu người lái xe sử dụng một lực phanh, khi đó động cơ điện được sử dụng thông qua phanh tái tạo để sạc lại pin cho xe.

4.2.3. Khối PSD- Power Split Device.



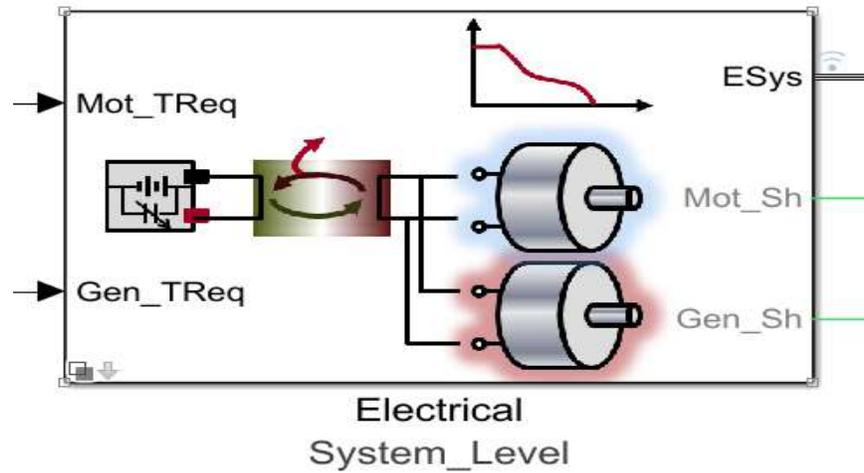
Hình 4.8 Khối bánh răng hành tinh.

(Planetary gear) là một thiết bị chia công suất (Power – split) với các cổng tín hiệu C, R và S. Là các cổng quay cơ học được nối với các trục tương ứng lần lượt là cần dẫn (Carrier), trục bánh răng bao (Ring) và trục bánh răng mặt trời (Sun).

- Generator được kết nối với cổng S.
- Motor được nối với cổng R.
- Engine được nối với cổng C.

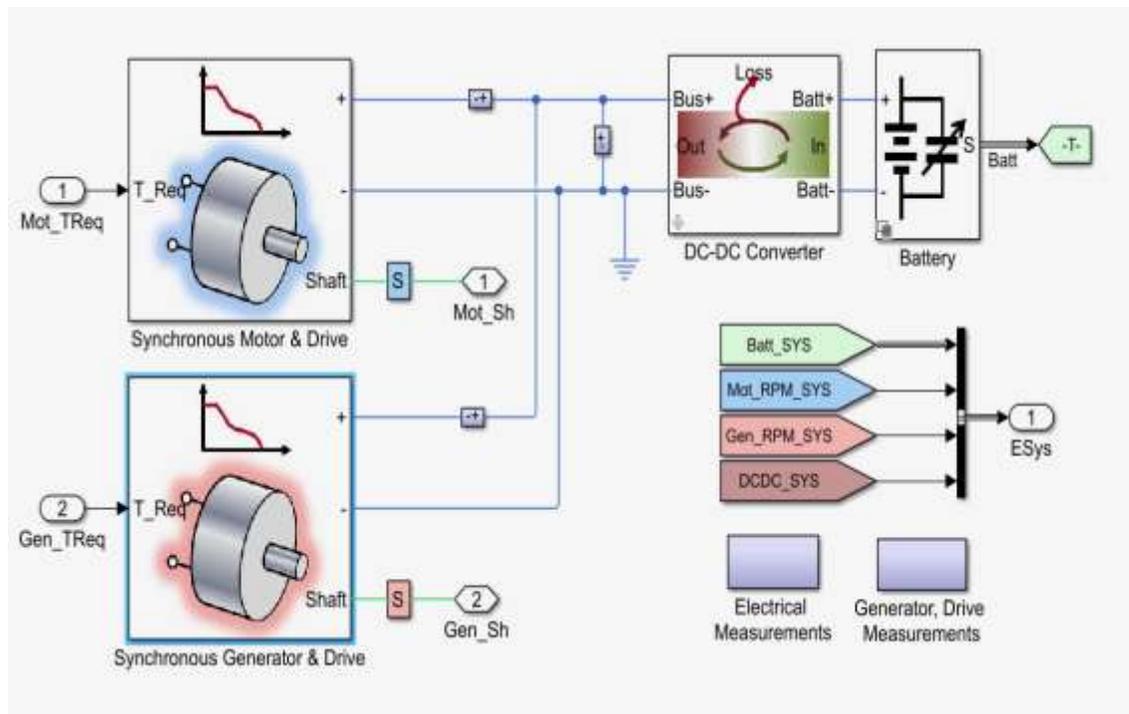
4.2.3. Khối Electrical.

Khối này lấy tín hiệu đầu vào Mot_TReq (Mô men yêu cầu cho động cơ điện) và Gen_TReq (Mô men yêu cầu cho máy phát điện).



Hình 4.9 Khối Electrical.

Khối Electrical gồm một Battery kết nối với DC – DC Converter, Motor và Generator kết nối lần lượt với bánh răng bao và bánh răng mặt trời (ring gear và sun gear) của khối Power – Split device, và cần dẫn kết nối với một động cơ đốt trong.



Hình 4.10 Bên trong khối Electrical.

4.2.3.1. *Khối Battery.*

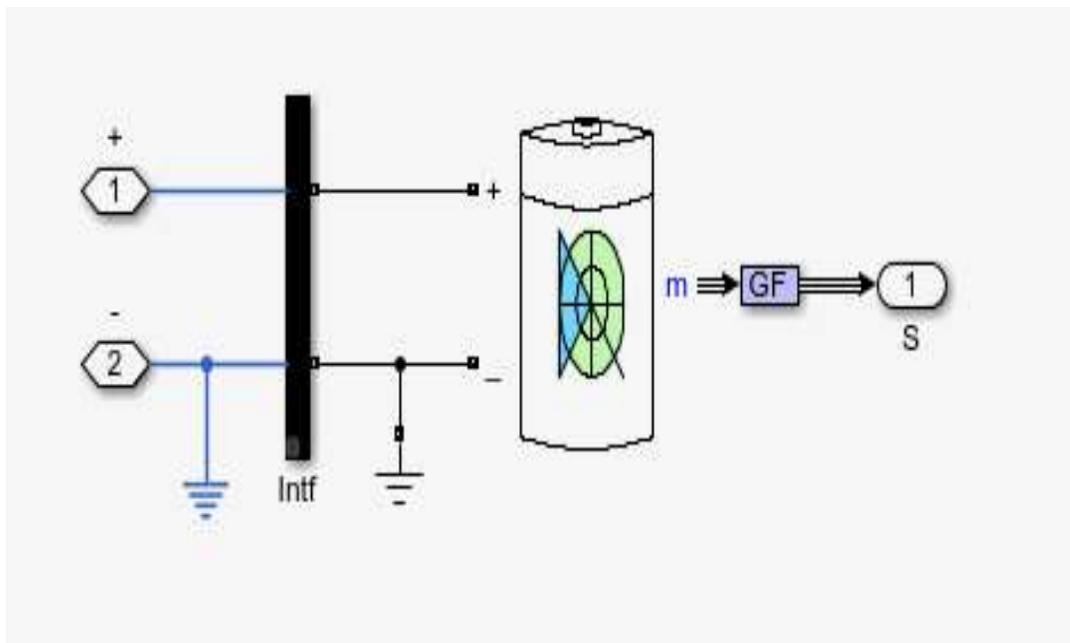
Ở đây nhóm em sử dụng chế độ Predifined Battery để mô hình hóa pin dựa trên các thông số như:

- Nominal Voltage (điện áp danh định) là điện áp hoạt động tiêu chuẩn của pin.

- Rated Capacity (Dung lượng định mức) là tổng lượng điện tích mà pin có thể lưu trữ.
- Initial State – of – Charge (SOS ban đầu) là tỷ lệ phần trăm pin đã được sạc tại thời điểm bắt đầu mô phỏng.
- Response Time (thời gian đáp ứng) là đặc trưng động học của pin khi phản ứng với sự thay đổi của dòng điện.

Các cổng dương (+) và âm (-) của khối pin được kết nối tương ứng với bộ chuyển đổi DC-DC để điều chỉnh điện áp phù hợp với các thành phần khác trong hệ thống. Đặc biệt, tín hiệu đầu ra (m) từ khối pin, sau khi có thể được xử lý qua một khâu khuếch đại (GF), mang thông tin về trạng thái sạc của pin (Battery SOC).

Tín hiệu SOC này là một trong những đầu vào quan trọng cho khối Mode Logic (logic điều khiển chế độ hoạt động), nơi nó được sử dụng để đưa ra các quyết định về cách hệ thống hybrid sẽ hoạt động, ví dụ như khi nào cần sạc pin, khi nào sử dụng động cơ điện, hay khi nào kết hợp cả động cơ điện và động cơ đốt trong



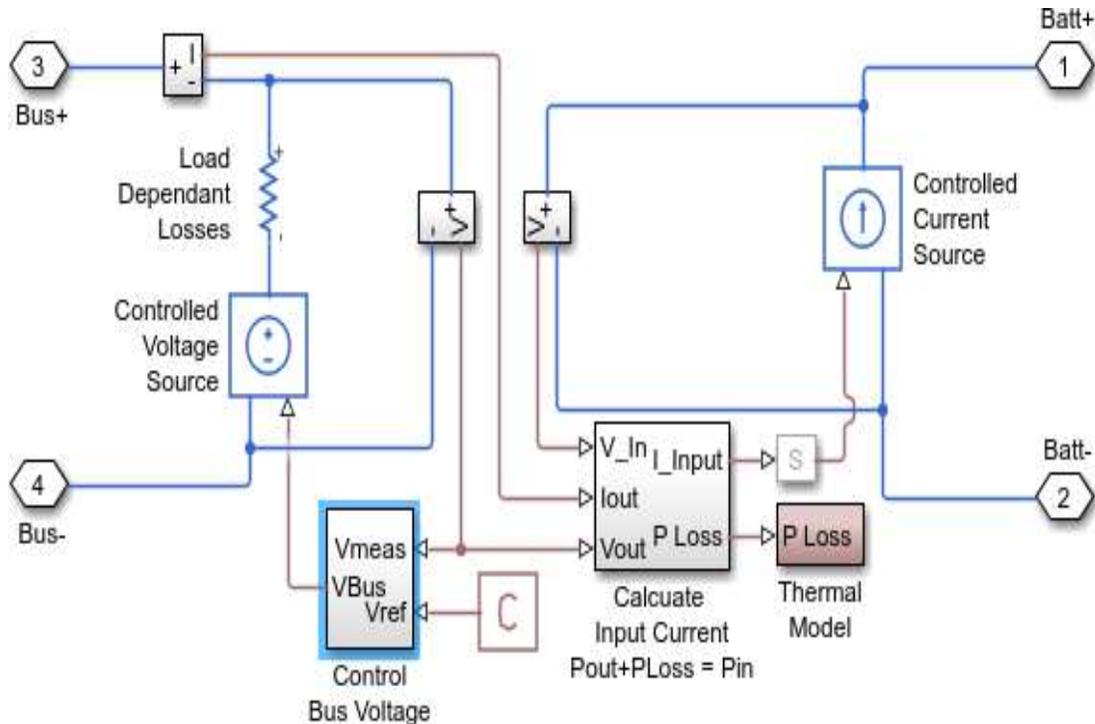
Hình 4.11 Khối Pin.

4.2.3.2. *Khối DC- DC Converter.*

Khối DC-DC Converter đóng vai trò quan trọng trong hệ thống xe hybrid điện, thường được sử dụng để điều chỉnh điện áp giữa ắc quy (pin) và các thành phần khác như động cơ điện. Để thực hiện việc này, bộ chuyển đổi sẽ đo lường điện áp thông qua cảm biến, tạo ra tín hiệu điện tỷ lệ với điện áp thực tế. Tín hiệu này được đưa đến bộ điều khiển để tính toán và điều chỉnh dòng điện và điện áp đầu ra tại phía pin. Cụ thể, tín hiệu điều

khuyến (S và C) sẽ tác động lên các nguồn điều khiển bên trong bộ chuyển đổi để quản lý quá trình sạc và xả pin, cũng như ổn định điện áp trên bus điện.

Đồng thời, bộ chuyển đổi cũng có một khối Thermal Model để theo dõi nhiệt độ trong quá trình lái, đảm bảo an toàn và hiệu suất. Điện áp và dòng điện tại pin là các thông số quan trọng được giám sát và điều khiển, và trạng thái sạc (SOC) của pin, một kết quả của quá trình này, sẽ được sử dụng bởi bộ điều khiển trung tâm để đưa ra các quyết định về chế độ hoạt động của hệ thống hybrid

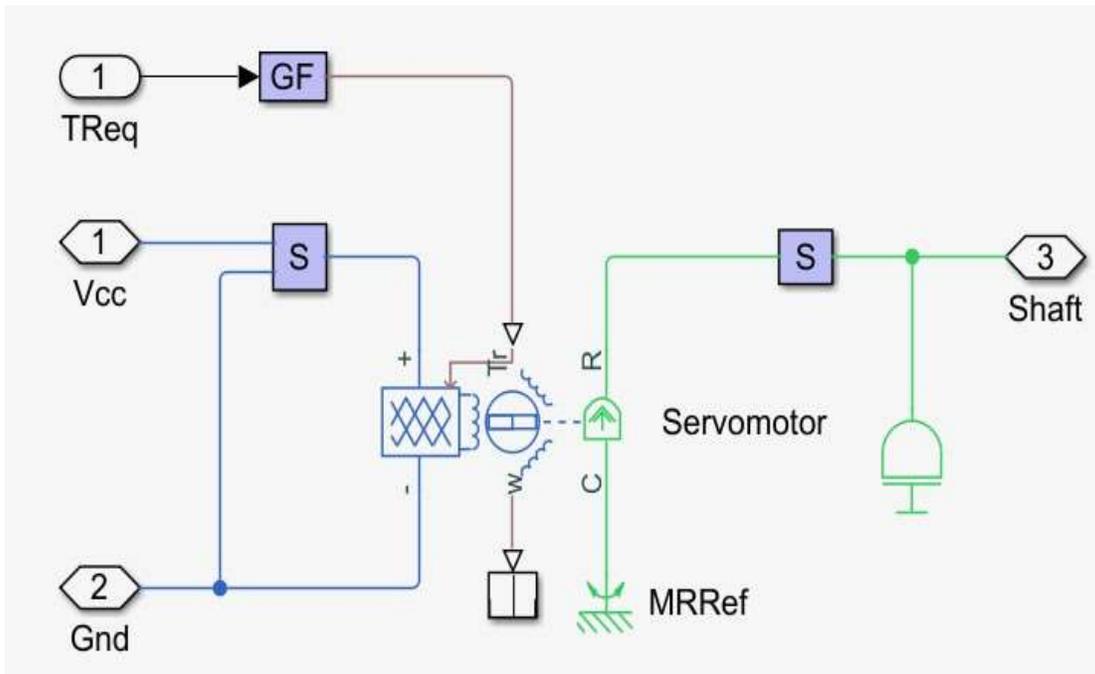


Hình 4.12 Khối DC – DC Converter.

4.2.3.3. Khối Generator và Motor.

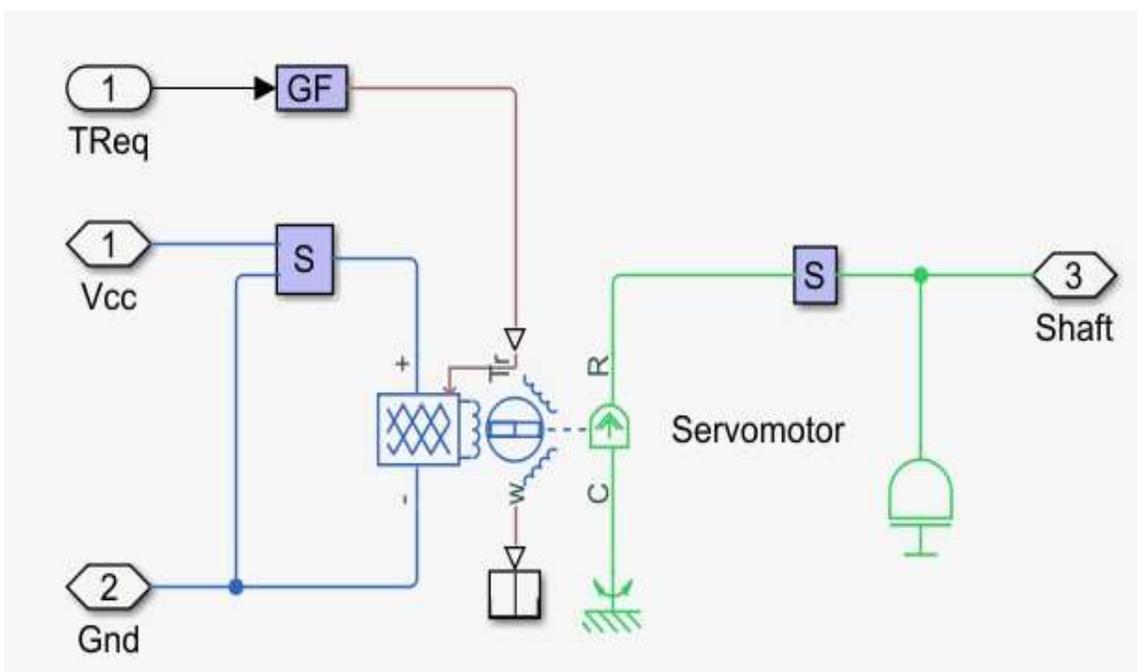
Cả 2 bộ phận Generator và Motor đều được điều khiển bởi khối PSPM Drive đơn giản, khối này đại diện cho servomotor và drive electronics hoạt động ở chế độ torque – control, hoặc là ở chế độ current – control tương đương. Phạm vi cho phép của motor của momen xoắn và tốc độ được xác định bởi một đường bao momen xoắn-tốc độ.

Kết nối cơ học (R) cho phép kết nối với hệ thống truyền lực cơ khí của xe. Các tín hiệu đầu vào inputs từ khối Control là tín hiệu (TReq) và DC – DC Converter là các tín hiệu (Vcc, Gnd) đi vào các loại cảm biến và được xử lý trong PSMP Drive.



Hình 4.13 Sơ đồ Khối Motor.

Máy phát điện còn đóng vai trò như một mô tơ khởi động động cơ đốt trong và khi động cơ hoạt động có thể hoạt động để điều khiển dòng điện nạp lại điện cho Pin Hybrid.

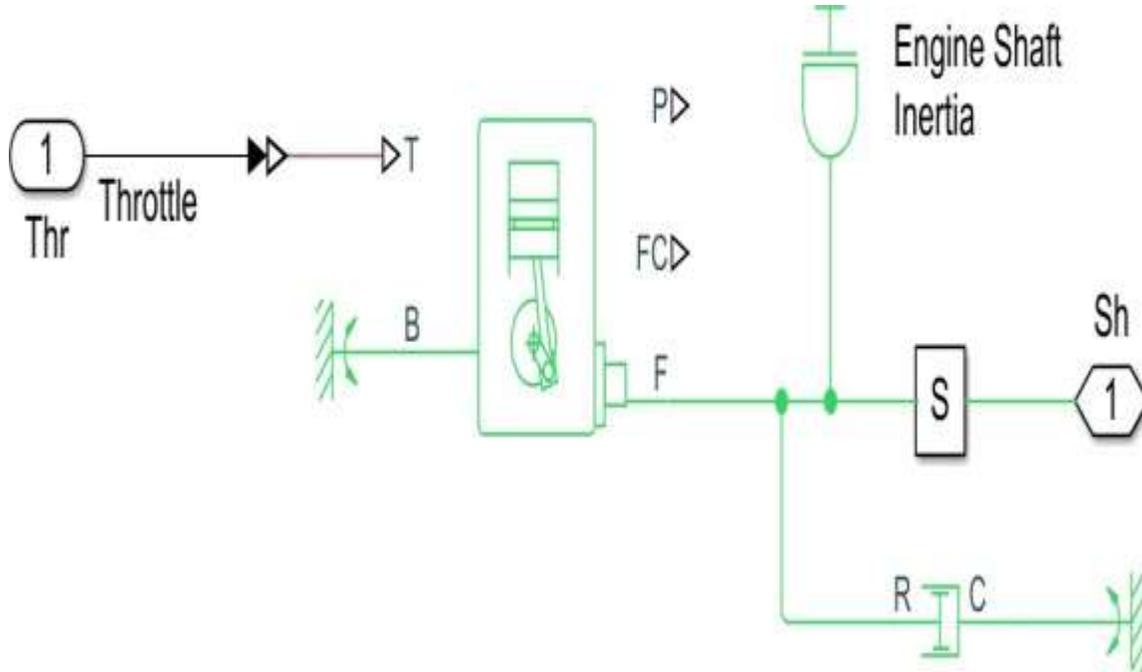


Hình 4.14 Sơ đồ khối máy phát điện.

4.2.3. Khối Engine.

Khối Engine là một khối quan trọng trong việc thiết lập mô hình mô phỏng của hệ thống động lực xe Hybrid. Trong model này bao gồm một Generic engine đại diện cho Động cơ đốt trong.

Với cổng T là tín hiệu đầu vào của bướm ga nằm giữa 0 và 1, khối Engine sẽ nhận tín hiệu bướm ga này từ khối Control. Tín hiệu F và B lần lượt nối với trục khuỷu và mass của động cơ. Tín hiệu P và FC là các cổng tín hiệu đầu ra vật lý thông qua công suất động cơ (Power) và sự tiêu hao nhiên liệu (Fuel Consumption) đã được ghi lại



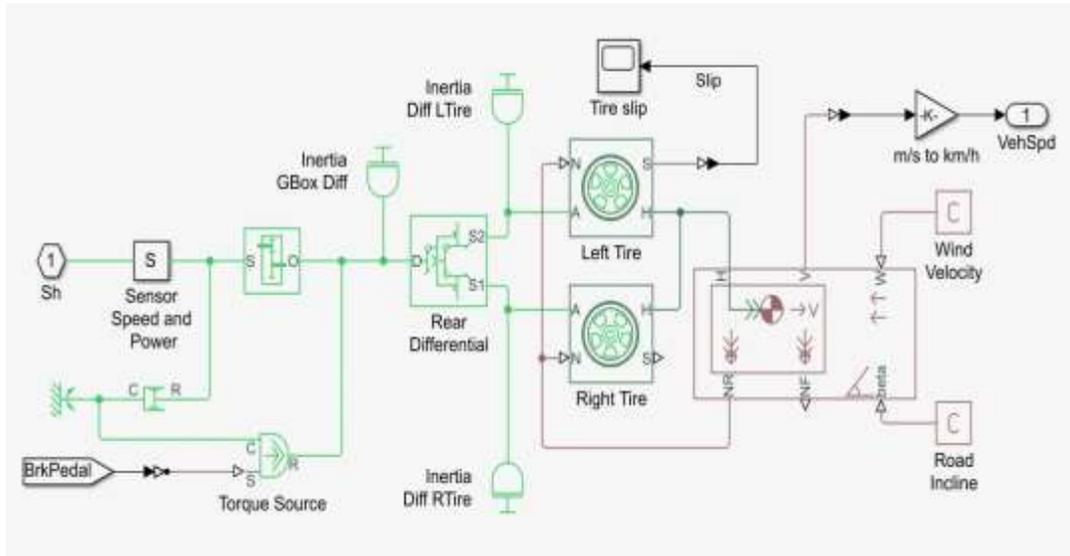
Hình 4.15 Khối động cơ.

4.2.3. Khối Vehicle Body.

Khối Vehicle Body là khối đại diện cho thân xe. Đầu tiên là lớp xe phải và trái (Right Tires và Left Tires), cả hai đều nhận tín hiệu đầu vào là tín hiệu A và N. Tín hiệu N là một tín hiệu đầu vào vật lý mà tải trọng F_z tác dụng lên cả hai bánh xe, còn tín hiệu A là tốc độ quay của trục bánh xe.

Cả hai bánh xe này sẽ xuất ra một tín hiệu đầu ra là tín hiệu H, là cổng bảo toàn tịnh tiến cơ học cho trục bánh xe, qua đó lực đẩy do lốp tạo ra được áp dụng cho xe. Và tín hiệu S là một tín hiệu đầu ra cơ học nó ghi lại độ trượt của lốp.

Tín hiệu đầu ra H từ hai bánh xe là tín hiệu phản lực theo phương ngang tác dụng lên bánh xe sẽ đi vào khối vehicle body từ đây nó sẽ tính ra vận tốc thực tế của xe.



Hình 4.16 Khối Vehicle Body.

Trong khối vehicle body thì nó sẽ tính toán dựa trên công thức phương trình cân bằng lực kéo mà ta đã được học ở môn lý thuyết ô tô. Ở đây ta có lực kéo chủ động từ bánh trước là NF và bánh sau là NR, và lực cản là ta có lực cản gió W và lực cản dốc beta. Từ các tín hiệu lực cản, lực kéo nó sẽ tính toán ra vận tốc thực tế của xe và xuất tín hiệu là (vehSpd). Trong khối này còn có Rear Differential đại diện cho bộ vi sai của xe Hybrid.

4.2.4. Fuel Economy.

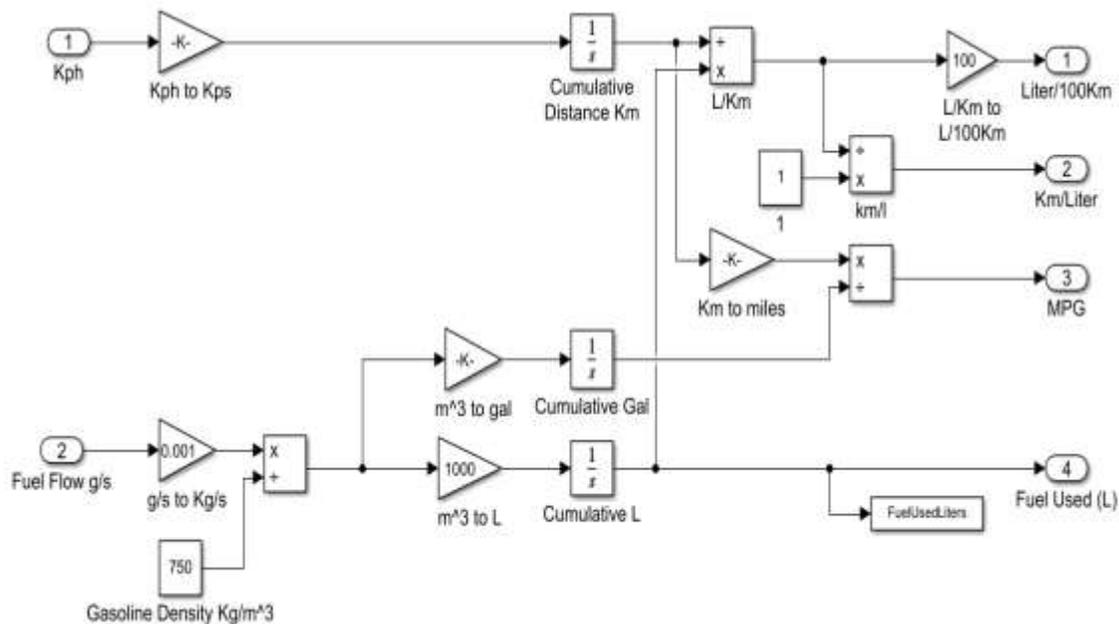
Khối Fuel Economy này được tính toán gồm các tín hiệu đầu vào là Vehicle Speed (km/h) và Fuel Consumption (g/s). Sau khi tính toán thì nó sẽ cho ra các thông số đầu ra là Distance Travelled (Miles), Fuel Economy là MPG (Mile per gallon), L/100km, và tổng nhiên liệu đã sử dụng Total Fuel Used (L).

Đầu vào 1 – Kph: Tốc độ đầu vào của xe (kilometers per hour). Kph to Kps chia cho 3600 để chuyển đổi từ km/h sang km/s. Tích phân (1/s) để tính tích phân theo thời gian → ra quãng đường tích lũy (km).

Kết quả này được dùng để:

Tính lượng nhiên liệu tiêu thụ trên mỗi km (L/km).

- Quy đổi sang:
- L/100km.
- km/L.
- MPG (miles per gallon): quy đổi từ km sang miles và L sang gallons



Hình 4.17 Khối Fuel Economy.

Fuel Flow (g/s): Dòng nhiên liệu tiêu thụ theo đơn vị gram/giây. G/s to kg/s nhân với 0.001 để đổi từ gram sang kg. Khối dưới chia cho mật độ xăng (750 kg/m³) để đổi từ khối lượng sang thể tích m³. Khối tiếp theo nhân với 1000 → chuyển m³ sang Lít → tích phân → Fuel Used (L). Nhân với hệ số chuyển đổi → gallon (gal) → tích phân → tính cho MPG.

Các phép tính suất tiêu thụ nhiên liệu:

- L/100km: Lấy tổng số lít tiêu thụ / quãng đường (km) rồi nhân với 100.
- Km/L: Lấy tổng số km / số lít tiêu thụ.
- MPG (Miles per Gallon): Chuyển đổi km sang miles (1 km ≈ 0.621371 mi). Chia tổng số miles cho số gallons tiêu thụ.

Các thông số đầu ra bao gồm:

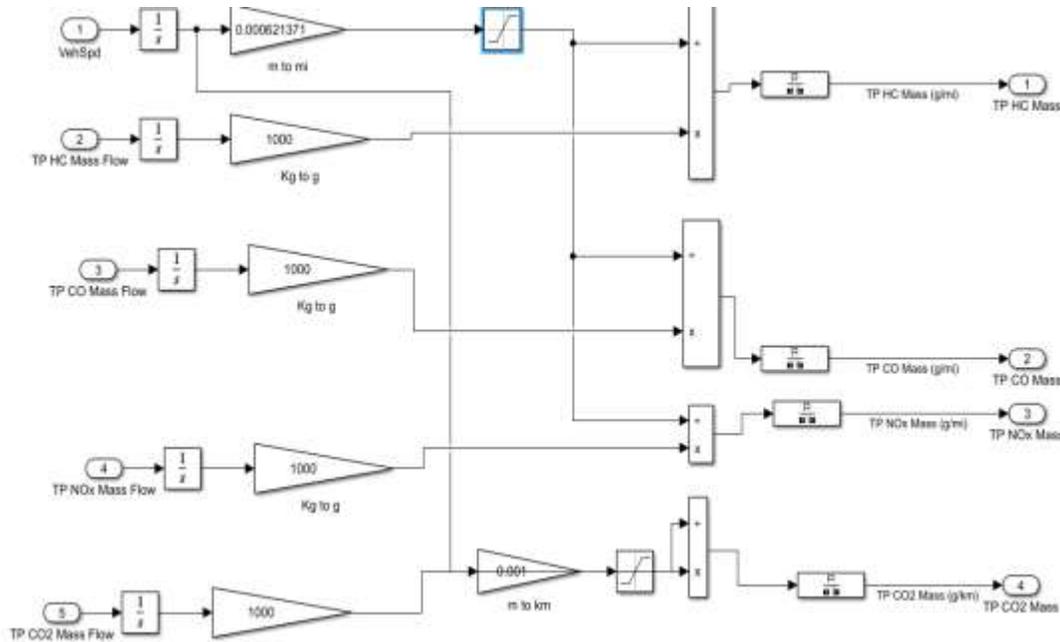
- Liter/100Km: Thể hiện mức tiêu thụ nhiên liệu theo chuẩn châu Âu.
- Km/L: Số km xe đi được với mỗi lít nhiên liệu.
- MPG: Số miles đi được với mỗi gallon nhiên liệu.
- FuelUsed.Liters: Tổng lượng nhiên liệu tiêu thụ (Lít).

4.2.5. Mức độ phát thải.

Mục tiêu của việc tạo khối tính toán mức độ phát thải trong mô phỏng xe hybrid bằng Matlab/Simulink là nhằm đánh giá lượng khí thải sinh ra trong quá trình vận hành, từ

đó phân tích tác động môi trường của hệ thống truyền động hybrid. Thông qua các thông số như tốc độ động cơ, tải và tiêu thụ nhiên liệu, khối tính toán này giúp ước lượng các chất ô nhiễm như CO_2 , NO_x , CO và HC trong từng chu trình lái xe cụ thể.

Tín hiệu đầu vào gồm tốc độ của xe



Hình 4.18 Khối tính toán mức độ phát thải.

Đầu vào Input “1” – VehSpd là tốc độ xe (m/s). Quá trình là $1/s$ (tích phân) \rightarrow tính quãng đường đã đi (mét). Gồm 2 nhánh, 1 nhánh nhân với 0.000621371 \rightarrow đổi từ mét sang mile ($1\text{ m} = 0.000621371\text{ mi}$) và nhân với 0.001 \rightarrow đổi từ mét sang km. Đây là cơ sở để tính ra các đại lượng như g/mi, g/km.

Input “2” – TP HC Mass Flow (kg/s) là dòng khối lượng khí HC phát ra tại mỗi thời điểm. Nhân với 1000 \rightarrow đổi từ kg sang gram và chia cho tổng số miles (từ bước 1) \rightarrow ra đơn vị gram/mile (g/mi).

Input “3” – TP CO Mass Flow (kg/s), tương tự như HC Tích phân để lấy tổng lượng CO. Đổi đơn vị từ kg \rightarrow g và chia cho quãng đường (mile) để ra g/mi. Đầu ra gồm TP CO Mass (g) tổng lượng HC phát thải, TP CO Mass (g/mi) mức phát thải trên mỗi mile.

Input “4” – TP NOx Mass Flow (kg/s), tương tự như HC và CO. Tổng khối lượng (kg) \rightarrow đổi sang gram và tính g/mi bằng cách chia cho quãng đường (mile). Đầu ra gồm TP NOx Mass (g) và TP NOx Mass (g/mi).

Input “5” – TP CO2 Mass Flow (kg/s), tích phân \rightarrow tổng lượng CO_2 (kg) và nhân 1000 \rightarrow đổi sang gram. Chia cho quãng đường đã đi (km) để ra gram/km (g/km). Đầu ra TP CO2 Mass (g/km).

Thông thường CO₂ là khí không độc nhưng là khí nhà kính chính, nên được đánh giá dựa trên quãng đường di chuyển chứ không theo mức độ độc hại như HC, CO, NOx.

4.3. Thiết lập thông số mô phỏng.

4.3.1. Thông số khối Kph Demand.

Để kiểm nghiệm và mô phỏng cho mô hình hệ thống động lực xe Toyota Camry Hybrid, chúng ta sử dụng 1 trường hợp với mô phỏng với trường hợp tín hiệu đại diện cho bướm ga và các chu trình thử nhằm đại diện cho vận tốc mong muốn đầu vào. Từ đó có thể đánh giá suất tiêu hao nhiên liệu.v.v... cho mỗi chu trình. Tín hiệu đầu vào bao gồm:

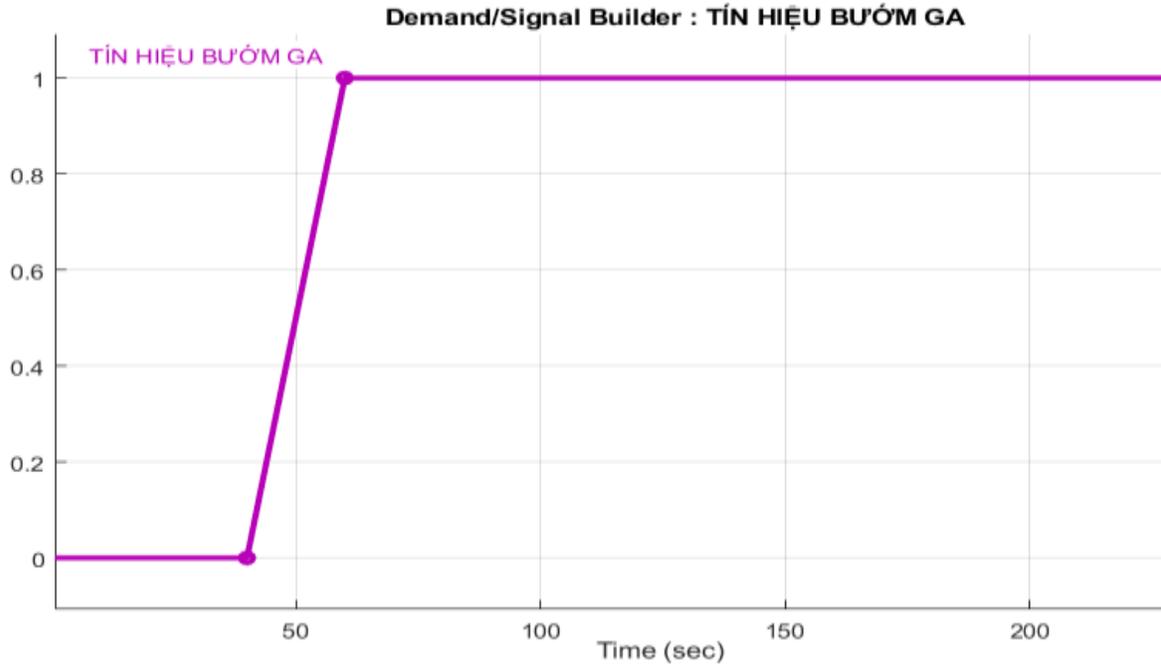
- ❖ Theo tín hiệu đại diện bướm ga.
- ❖ Chu trình thử FPT- 75.
- ❖ Chu trình thử ECE 15.
- ❖ Chu trình thử EUDC.

4.3.1.1. Theo tín hiệu bướm ga.

Tín hiệu bướm ga được tạo từ khối Signal Builder từ Liblary của Simulink, đây là khối đại diện mô phỏng cho yêu cầu hành vi của người lái. Nó được sử dụng để điều khiển lượng mô men hoặc công suất mà hệ thống truyền động cần cung cấp.

Tín hiệu sử dụng được thiết lập với dạng bậc thang, với thông số bắt đầu là 0 đến 1 đại diện cho vị trí bướm ga đóng hoàn toàn (0) và mở hoàn toàn 100% (1) và được mô phỏng trong khoảng thời gian 250s.

Trong 40s đầu tiên bướm ga ở mức đóng hoàn toàn, sau 40s đến 60s bướm ga được mở hoàn toàn 100% trong 20s. Sau đó bướm ga mở hoàn toàn đến 250s.



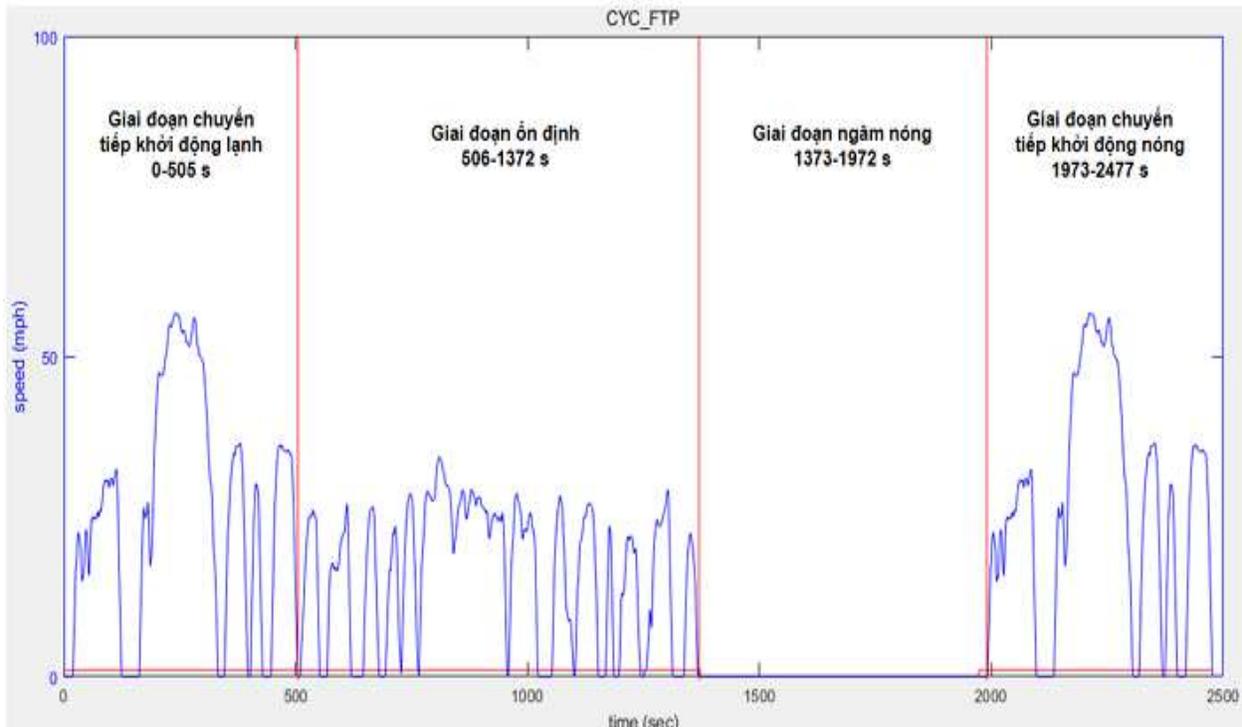
Hình 4.19 Tín hiệu bướm ga đầu vào.

4.3.1.2. Chu trình thử FTP-75.

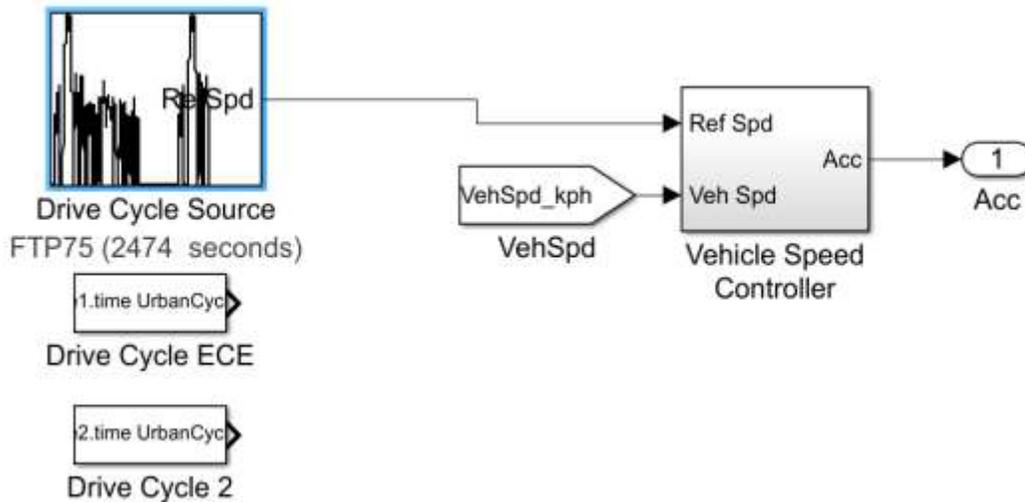
FTP-75 đại diện cho chu trình lái xe trong thành phố, là một loạt các thử nghiệm được xác định bởi Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA) để đo lượng khí thải ống xả và khả năng tiết kiệm nhiên liệu của ô tô. Chu trình thử FTP-75 bắt đầu khởi động với một động cơ lạnh, thực hiện 22 điểm dừng trong thời gian toàn chu trình thử 2472 giây (tương đương 41,3 phút), trong đó thời gian chạy cầm chừng là 360 giây (6 phút) và khoảng cách di chuyển trong tuyến đường đô thị 11,04 dặm (tương đương 17,77 km). Tốc độ trung bình là 16,04 dặm/giờ (tương đương 25,81 km/h), tốc độ tối đa là 56,7 dặm/giờ (tương đương 91,25 km/h).

Chu trình thử FTP- 75 gồm 4 giai đoạn được chia như hình 4.21.

- Giai đoạn chuyển tiếp khởi động lạnh trong thời gian từ 0 – 505 giây với 5 điểm dừng.
- Giai đoạn ổn định trong thời gian từ 506 – 1372 giây với 12 điểm dừng.
- Giai đoạn ngâm nóng kéo dài trong khoảng thời gian 10 phút, từ 1373 – 1972 giây.
- Giai đoạn chuyển tiếp khởi động nóng trong thời gian từ 1973 – 2477 giây với 5 điểm dừng, lặp lại giai đoạn chuyển tiếp khởi động lạnh.



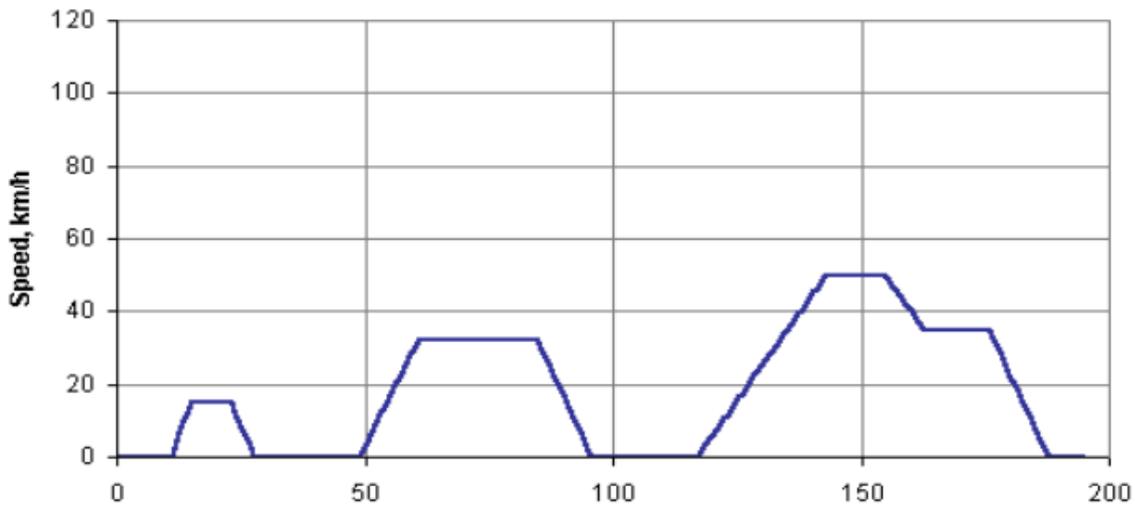
Hình 4.20 Chu trình thử FTP- 75.



Hình 4.21 Các chu trình thử ở khối Kph Demand.

4.3.1.3. Chu trình thử ECE 15.

Chu trình thử nghiệm ECE 15 được sử dụng để thử nghiệm phê duyệt về khí thải và mức tiêu thụ nhiên liệu từ các phương tiện hạng nhẹ.

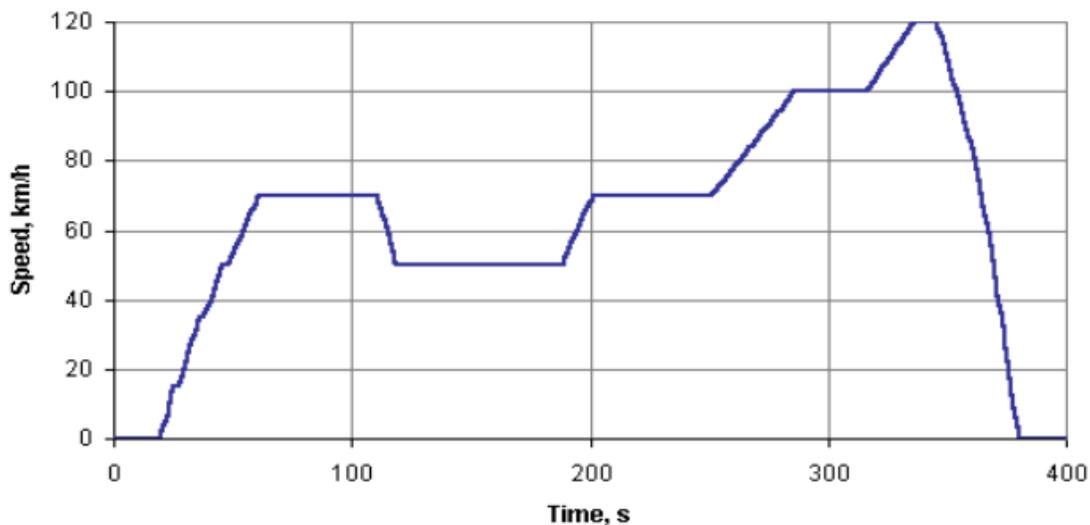


Hình 4.22 Chu trình thử ECE 15.

Toàn bộ chu trình gồm 4 phân đoạn được lặp lại mà không bị gián đoạn và thực hiện trong 195s và 0.9941 km. Đây là một chu trình lái xe đô thị, được nghĩ ra để đại diện cho các điều kiện lái xe của thành phố như Paris, Rome... đặc trưng bởi tốc độ xe thấp, tải trọng động cơ thấp và nhiệt độ khí thải thấp,

4.3.1.4. *Chu trình thử EUDC.*

Chu trình thử nghiệm EUDC cũng tương tự giống chu trình ECE 15, được gọi là chu trình Extra Urban Driving Cycle nhằm đánh giá các chế độ với tốc độ lái xe cao hơn. Với tốc độ tối đa là 120 km/h và thực hiện trong 400s với khoảng cách 6.95 km.



Hình 4.23 Chu trình thử EUDC.

4.3.2. *Thông số Khối Engine.*

Khối Engine đại diện cho khối động cơ đốt trong trong hệ thống động lực được mô phỏng. Gồm các thông số đại diện như:

- Engine Type: Kiểu động cơ- Động cơ đánh lửa- Động cơ xăng.
- Maximum power: Công suất cực đại = 131000 W = 131 kW.
- Speed at Maximum Power: Tốc độ tại công suất cực đại- 5200 rpm.
- Maximum Speed: Tốc độ cực đại- 5700 rpm.

NAME	VALUE
Engine Torque	
Model parameterization	Normalized 3rd-order polynomial matched to peak pow
Engine type	Spark-ignition
> Maximum power	131000 W
> Speed at maximum power	5200 rpm
> Maximum speed	5700 rpm
> Stall speed	500 rpm
Dynamics	
Inertia	No inertia
Time constant	No lag - Suitable for HIL simulation
Limits	
> Speed threshold	100 rpm
Fuel Consumption	
Fuel consumption model	Fuel consumption by speed and torque
> Speed vector	[1000 2e+3 3e+3 4e+3 5e+...] rpm
> Torque vector	[0 80 160 200 240 320 360 4...] N*m
> Fuel consumption table	[0.5 0.9 1.4 1.6 1.9 2.7 3.4 4.4...] g/s
Interpolation method	Linear
Speed Control	
Idle speed control	Off
Redline control	Off

Hình 4.24 Thông số cho khối Engine sau khi được thiết lập.

4.3.3. Thông số Khối Vehicle Body.

Khối Vehicle Body đại diện cho khối thân xe.

Bao gồm các thông số quan trọng:

- Mass: Khối lượng xe = 1556 kg.

- Number of wheels per axle: Số bánh xe trên mỗi trục =2.
- Horizontal Distance from CG to front axle: Khoảng cách ngang từ trọng tâm đến trục trước: =1.425 m.
- Horizontal distance from CG to rear axle: Khoảng cách ngang từ trọng tâm đến trục sau:=1.425 m.
- CG height above ground: Chiều cao trọng tâm so với mặt đất =0.50 m.
- Gravitational acceleration: Gia tốc trọng trường = 9.81.
- Frontal area: Diện tích cản trước: = 2.217
- Drag coefficient: Hệ số cản: = 0.4.
- Air density: Mật độ không khí: = 1.18

NAME	VALUE
Main	
> Mass	HEV_Param.Vehicle.Mass kg
> Number of wheels per axle	2
> Horizontal distance from CG to front axle	HEV_Param.Vehicle.Distance_... m
> Horizontal distance from CG to rear axle	HEV_Param.Vehicle.Distance_... m
> CG height above ground	HEV_Param.Vehicle.Distance_... m
Externally-defined additional mass	Off
> Gravitational acceleration	9.81 m/s ²
Negative normal force warning	Off
Drag	
> Frontal area	HEV_Param.Vehicle.Frontal_A... m ²
> Drag coefficient	HEV_Param.Vehicle.Aero_Drag_Coeff
> Air density	1.18 kg/m ³

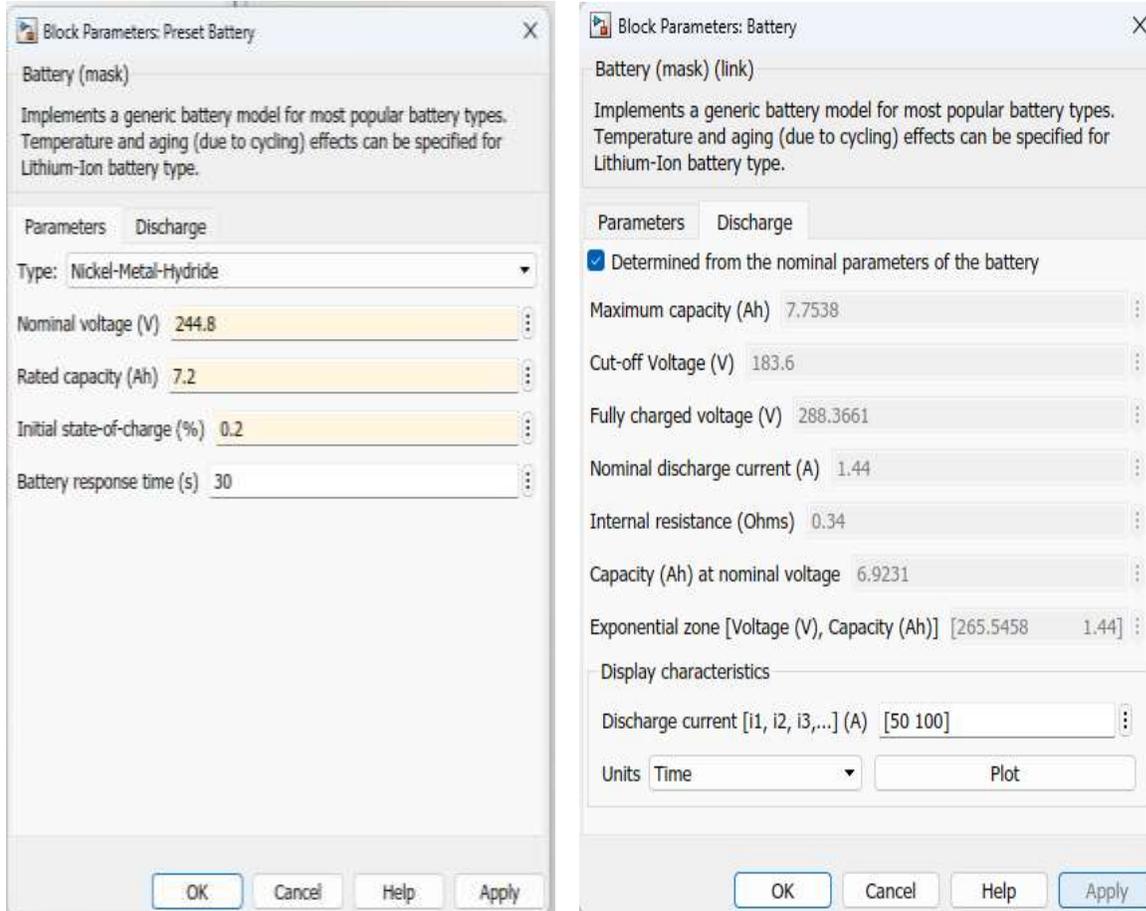
Hình 4.25 Khối Vehicle Body.

4.3.4. Thông số Khối Battery.

Khối Battery đại diện cho khối ắc quy của xe Hybrid , nằm trong khối Electrical. Discharge được quyết định từ Nominal Voltage = 244.8 V. Gồm với các thông số như:

- Type: Loại – Nickel Metal Hydride.
- Nominal Voltage: Điện áp định danh = 244.8.
- Rate Capacity: Dung lượng = 7.2.

- Initial State- Of- Charge: Thông số SOC ban đầu: $0.2 = 20\%$.
- Maximum capacity Ah: Dung lượng tối đa khi sạc đầy: $= 7.7538$.
- Cut-off Voltage V: Điện áp ngắt: $= 183.6$.
- Nominal discharge current A: Dòng điện xả định mức : $= 1.44$.
- Fully charged voltage V: Điện áp khi được sạc đầy: $= 288.3661$.
- Internal resistance Ohms: Nội trở của pin: $= 0.34$.
- Exponential zone Voltage (V), Capacity (Ah): $= [265.5458, 1.44]$.



Hình 4.26 Thông số khối Battery sau khi thiết lập.

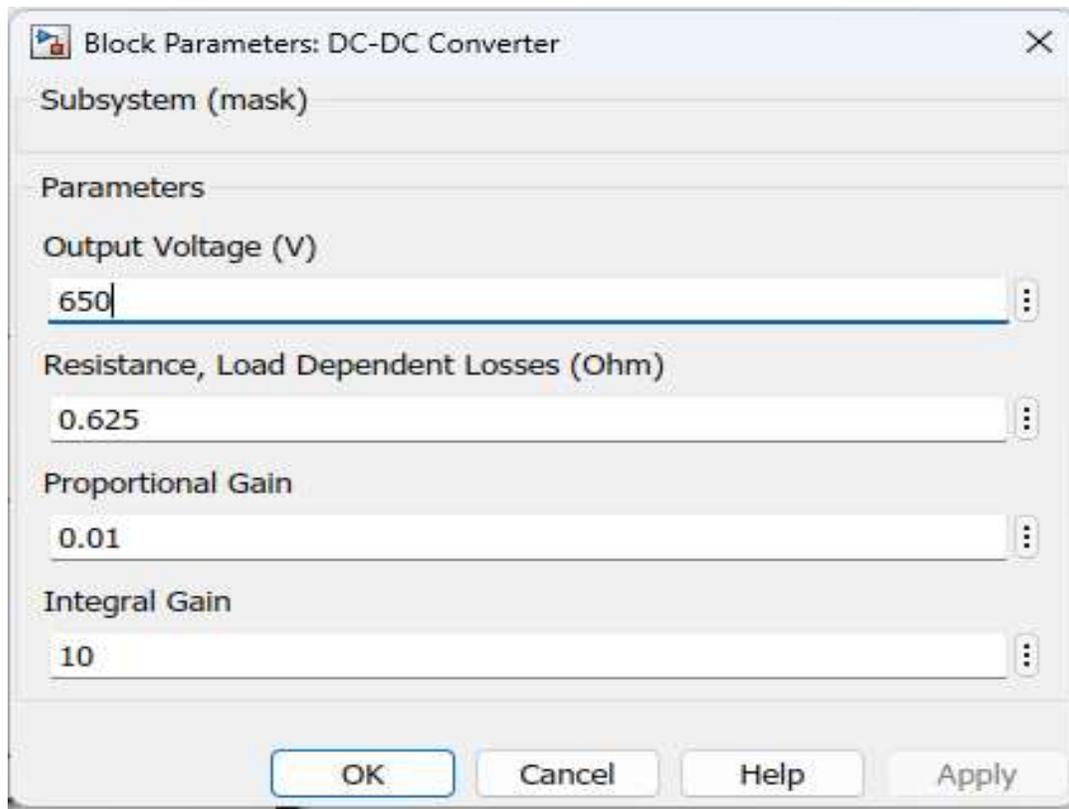
4.3.5. Thông số Khối DC-DC Converter.

Khối DC-DC Converter đại diện cho khối ác quy của xe Hybrid , nằm trong khối Electrical.

Gồm với các thông số như:

- Output Voltage (V): Điện áp đầu ra: $= 650$.
- Resistance, Load Dependent Losses Ohm: Điện trở, Tổn thất phụ thuộc tải : $= 0.625$.
- Proportional Gain: Hệ số tỉ lệ: $= 0.01$.

- Integral Gain: Hệ số tích phân: = 10.



Hình 4.27 Thông số khối DC-DC Converter sau khi thiết lập.

4.3.6. Thông số Khối Motor và Generator.

Khối Synchronous Motor & Drive và Synchronous Generator & Drive đại diện cho Motor MG2 và Generator MG1 của xe hybrid.

Gồm các thông số được thiết lập ở hình dưới.

Field	Value	Field	Value
Stator_Resistance	0.0910	Stator_Resistance	0.0048
TorqSpdLUT	1×1 struct	Inductances	[6.3500e-04,6.3500e-04]
Damping	1.0000e-05	TorqSpdLUT	1×1 struct
TorqueControl_TimeConst	0.0267	Damping	1.0000e-05
Shaft_Inertia	0.2000	TorqueControl_TimeConst	0.0400
Series_Resistance	0.0100	Shaft_Inertia	0.2000
Inductances	[0.0016,0.0021]	Series_Resistance	0.0100
Efficiency	91	TorqIndep_Elec_Loss	0
		Shaft_Stiffness	1000
		Shaft_Damping	100

Hình 4.28 Thông số khối Motor MG2 và Generator MG1 sau khi thiết lập.

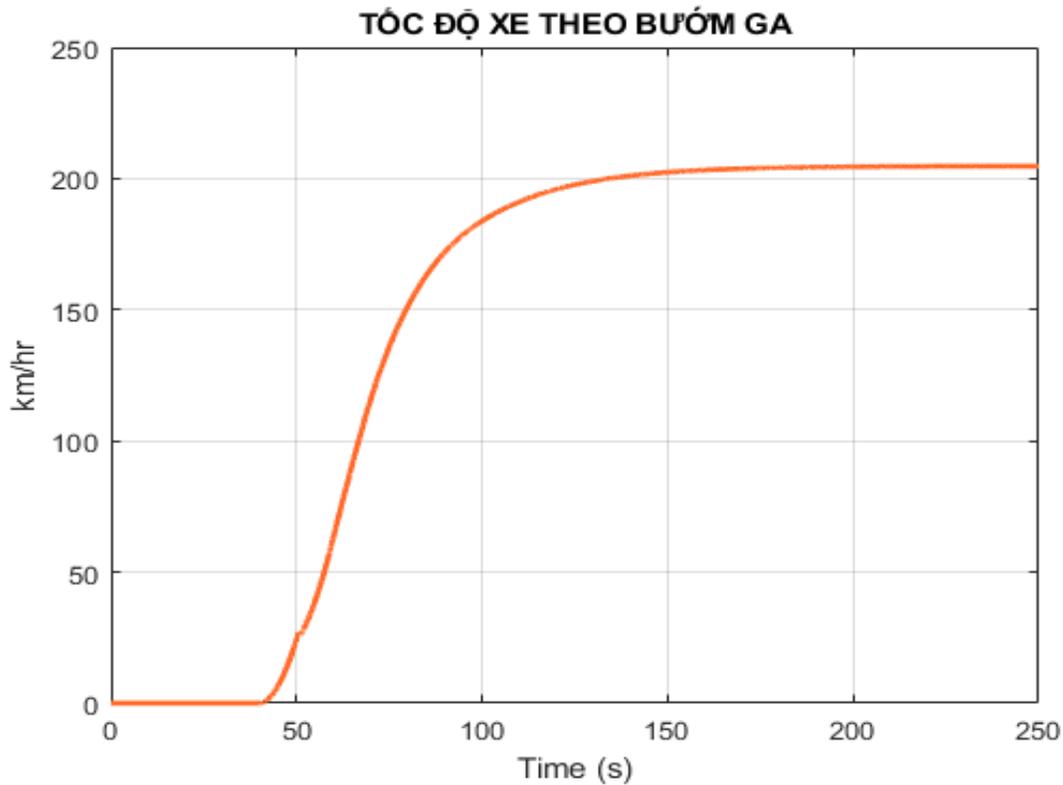
Bảng 4.1 Phân tích các thông số.

Tên	Giải thích
Stator_Resitance	Điện trở của cuộn dây stator, ảnh hưởng đến tổn hao công suất và đặc tính nhiệt.
TorqSpdLUT	Mô tả mối quan hệ giữa mô-men xoắn và tốc độ động cơ.
Damping	Hằng số cản. Dùng để mô tả ma sát cơ học trong hệ thống.
TorqueControl_Timeconst	Hằng số thời gian điều khiển mô men xoắn.
Shaft_Inertia	Mô men quán tính của trục, ảnh hưởng đến khả năng tăng tốc hoặc giảm tốc của động cơ.
Series_Resitance	Điện trở nối tiếp, có thể đại diện cho tổn hao trong phần dây dẫn, mạch điều khiển hoặc phần tử phụ trợ.
Inductance	Các thông số cảm kháng (L_d , L_q trong động cơ đồng bộ - có thể là $L_d = 1.6\text{mH}$, $L_q = 2.1\text{mH}$).
Shaft_Stiffness	Độ cứng trục
Efficency	Hiệu suất động cơ.

4.4. Kết quả mô phỏng.

4.4.1. Kết quả mô phỏng theo bướm ga.

Trong mô phỏng hệ thống truyền động của xe hybrid, tín hiệu điều khiển bướm ga được cài đặt ở mức 100% bắt đầu từ thời điểm 45 giây, cho phép đánh giá khả năng tăng tốc và vận hành tối đa của xe. Trong 250s xe chạy quãng đường khoảng 9.45 km.



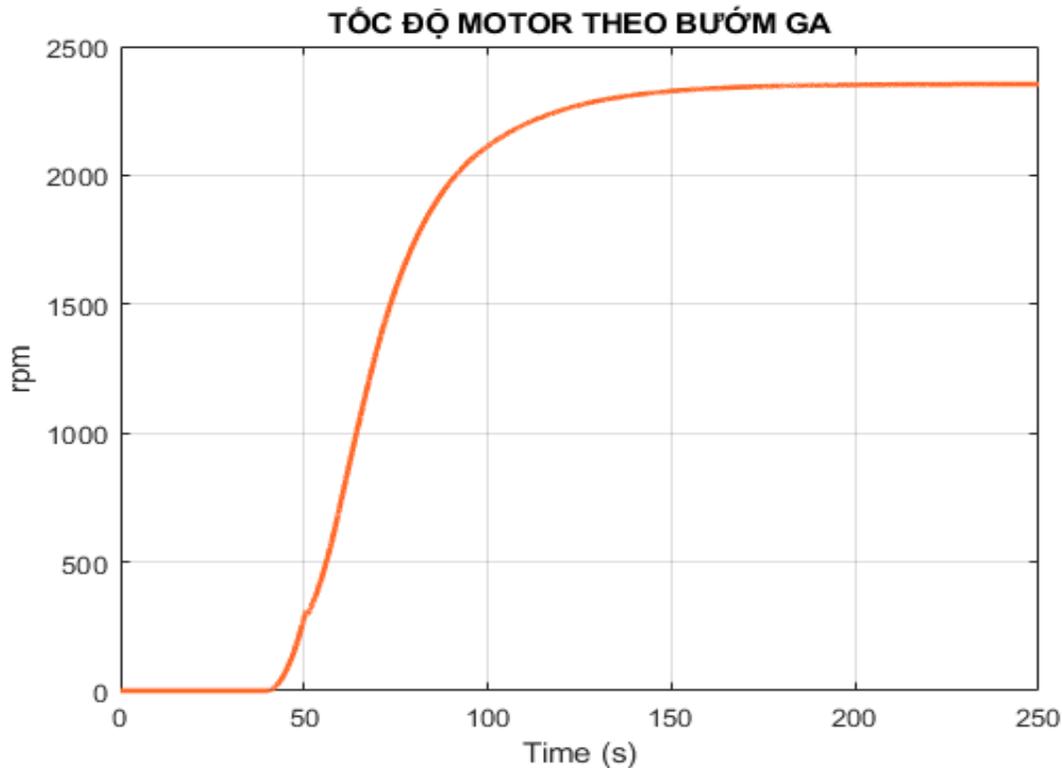
Hình 4.29 Vận tốc xe theo độ mở bướm ga.

Dựa trên đồ thị vận tốc xe theo độ mở bướm ga ở trên, ta thấy rằng từ thời điểm 0 đến khoảng 45 giây, xe giữ trạng thái đứng yên với tốc độ gần như bằng 0 km/h, tương ứng với giai đoạn trước khi bướm ga mở hoàn toàn. Ngay khi tín hiệu bướm ga đạt 100% tại thời điểm 45 giây, xe bắt đầu tăng tốc rất nhanh nhờ sự phối hợp giữa động cơ điện và động cơ đốt trong. Tốc độ xe tăng liên tục từ 0 lên khoảng 190 km/h chỉ trong vòng 55 giây, tức đến thời điểm khoảng 100 giây, thể hiện hiệu quả tăng tốc mạnh mẽ của hệ thống hybrid.

Xe hybrid trong mô phỏng đạt 100 km/h sau khoảng 65 giây, tức là mất khoảng 20 giây sau khi bướm ga được mở hoàn toàn.

Giai đoạn này cho thấy động cơ điện đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp mô-men xoắn tức thời ở tốc độ thấp, trong khi động cơ đốt trong bắt đầu hoạt động hiệu quả ở dải tốc độ trung bình đến cao.

Sau khoảng thời gian tăng tốc này, từ thời điểm 100 giây trở đi, tốc độ xe ổn định dần và đạt giá trị cực đại vào khoảng 205 km/h khoảng tại 150s. Đây có thể là giới hạn vận tốc cực đại của hệ truyền động hoặc do các yếu tố giới hạn được cài đặt trong mô hình như lực cản khí động học, công suất động cơ, hay giới hạn điều khiển.

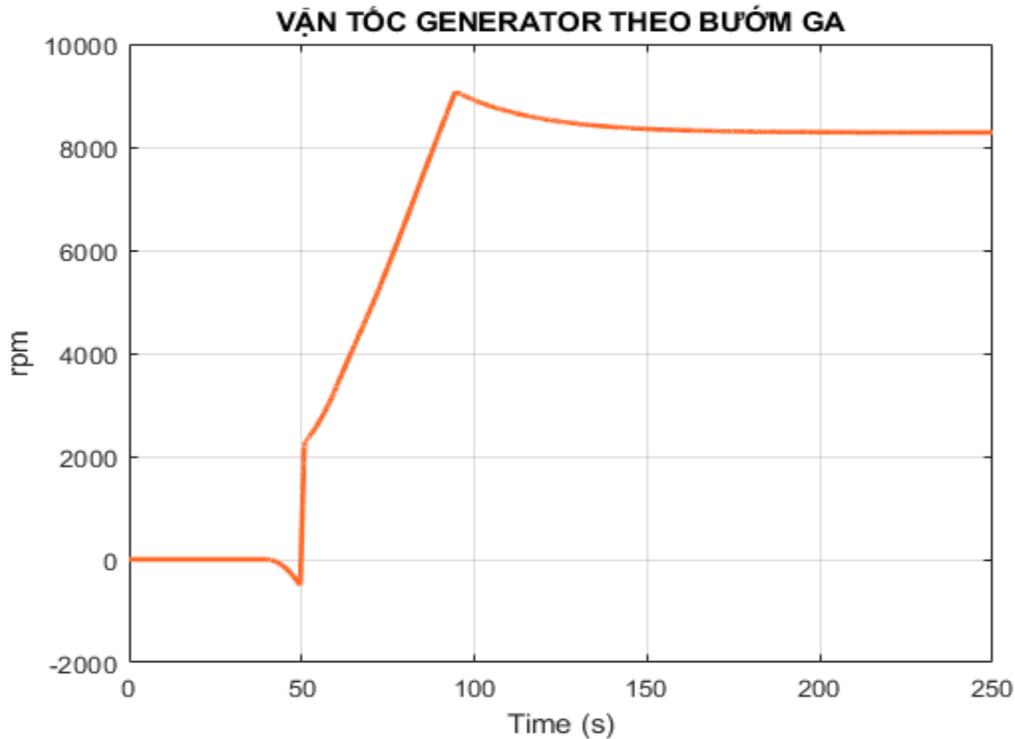


Hình 4.30 Tốc độ Motor theo bướm ga.

Đồ thị “Tốc độ motor theo bướm ga” thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ quay của động cơ điện (đơn vị rpm) và thời gian khi bướm ga được kích hoạt trong mô phỏng hệ thống truyền động xe hybrid. Đồ thị có biên dạng gần giống tuyệt đối với biên dạng vận tốc của xe vì động cơ điện có nhiệm vụ dẫn động chính của bánh xe.

Trong khoảng thời gian từ 0 đến 45 giây, tốc độ motor duy trì ở mức 0 rpm, cho thấy bướm ga chưa được mở và xe chưa khởi động. Sau thời điểm 45 giây, khi bướm ga được mở hoàn toàn, tốc độ motor bắt đầu tăng nhanh chóng, từ 0 rpm đến khoảng 2200 rpm chỉ trong vòng 60 giây tiếp theo.

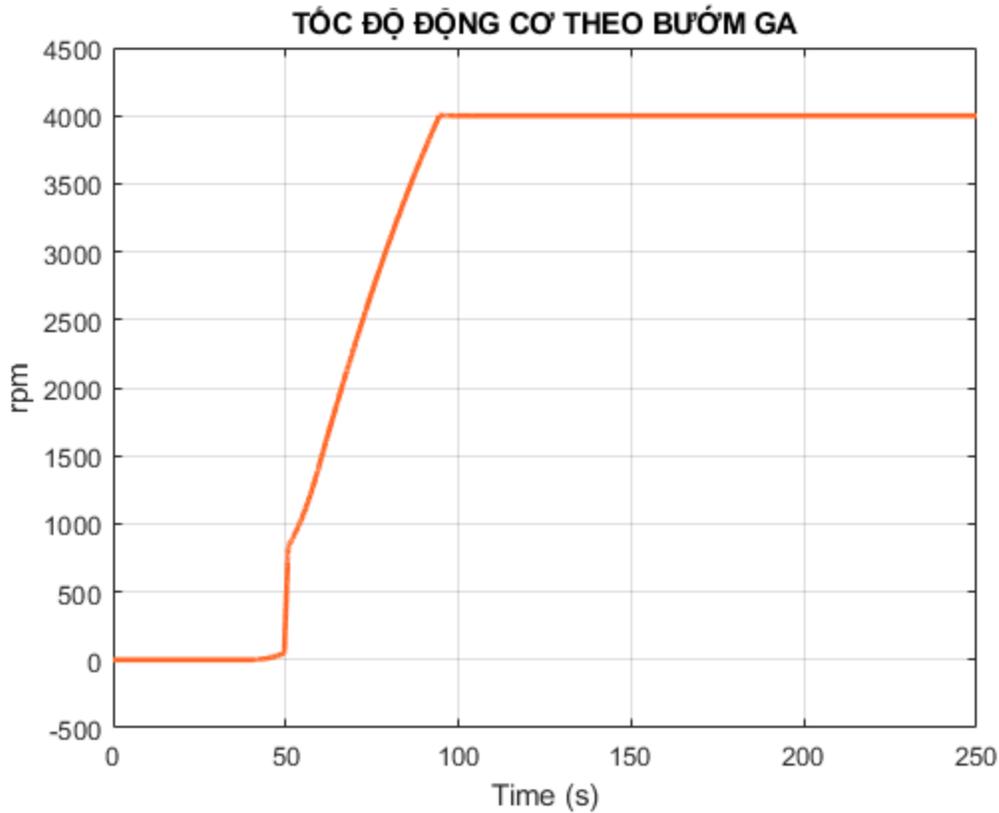
Giai đoạn từ 45 đến 110 giây là thời điểm động cơ điện phản ứng mạnh mẽ để đáp ứng yêu cầu tăng tốc của xe. Sau đó, từ khoảng 110 giây trở đi, tốc độ motor dần ổn định ở mức xấp xỉ 2350 rpm, chứng tỏ xe đã đạt tốc độ gần cực đại và hệ thống truyền động hybrid đã chuyển sang trạng thái làm việc ổn định. Đường cong tăng dần rồi chững lại cũng phản ánh quá trình điều khiển hợp lý của hệ thống, cho thấy sự phối hợp hiệu quả giữa tín hiệu bướm ga và điều khiển motor điện trong mô phỏng.



Hình 4.31 Tốc độ Generator theo bướm ga.

Đồ thị “Vận tốc Generator theo bướm ga” thể hiện rõ mối quan hệ phối hợp giữa động cơ xăng (ICE), MG1 (máy phát) và MG2 (motor kéo chính) trong hệ thống truyền động hybrid. Giai đoạn khi bướm ga đóng MG1 sẽ không hoạt động. Khi bướm ga bắt đầu mở sau mốc 50 giây, hệ thống yêu cầu công suất lớn hơn, dẫn đến việc MG1 đảm nhiệm vai trò khởi động động cơ xăng. Sau khi ICE hoạt động, nó truyền công suất thông qua bộ chia công suất đến cả MG1 và MG2. Kết quả là tốc độ MG1 tăng nhanh, đạt đỉnh khoảng 9000 vòng/phút ở thời điểm gần 95 giây, phản ánh quá trình phát điện mạnh để cung cấp năng lượng cho MG2 và/hoặc sạc pin.

Từ sau mốc 100 giây, khi xe đạt đến vận tốc hành trình ổn định, tốc độ MG1 giảm nhẹ và duy trì ổn định ở khoảng 8300 vòng/phút. Lúc này, động cơ xăng vẫn hoạt động ổn định, MG1 tiếp tục phát điện, và MG2 sử dụng phần điện đó để duy trì lực kéo cho xe. Như vậy, có thể thấy trong hệ thống hybrid, động cơ xăng không chỉ cung cấp mô-men quay mà còn gián tiếp hỗ trợ motor điện thông qua MG1, tạo nên một sự phối hợp linh hoạt giữa ba thành phần nhằm tối ưu hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.



Hình 4.32 Tốc độ động cơ đột trong theo bướm ga.

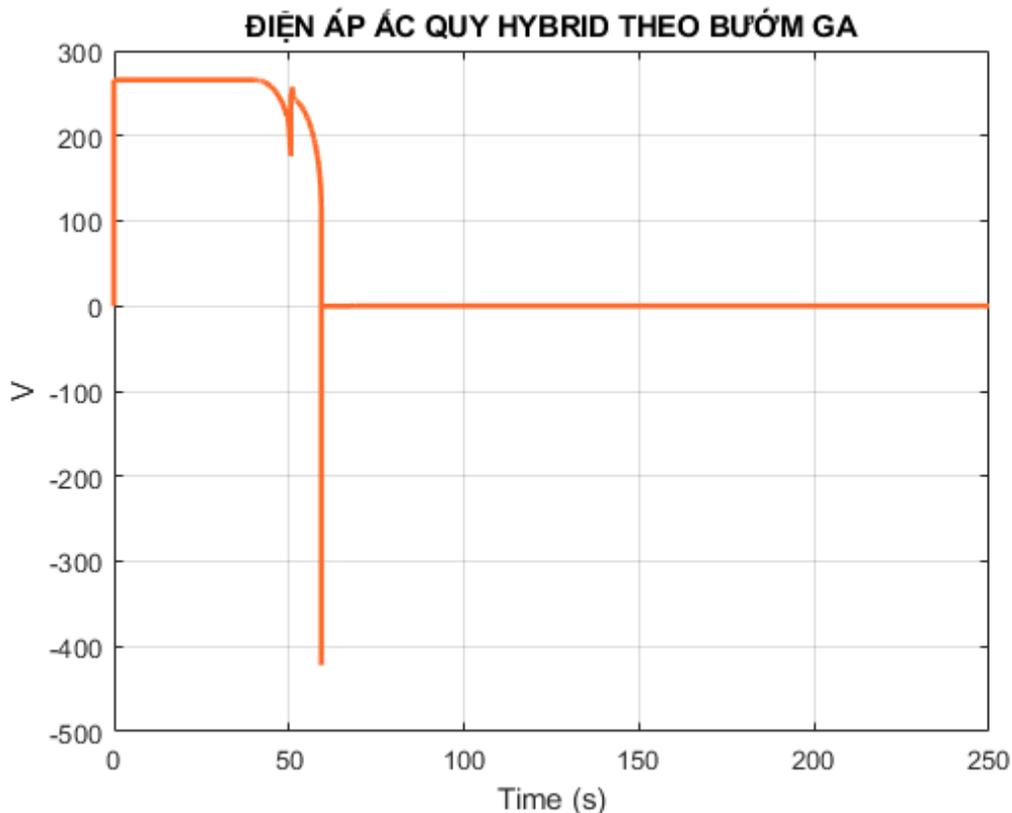
Đồ thị trên cung cấp cái nhìn chi tiết về sự biến thiên tốc độ quay của động cơ theo thời gian trong một kịch bản mô phỏng xe hybrid theo bướm ga. Đồ thị này cho phép chúng ta hiểu được cách thức động cơ phản ứng với các yêu cầu về công suất, mà gián tiếp được điều khiển thông qua bướm ga trong hệ thống hybrid.

Trong khoảng 40s đầu tiên, động cơ không hoạt động duy trì mức 0 rpm khi bướm ga đóng hoàn toàn. Sau 50s, động cơ có một sự tăng tốc đột ngột nhưng trong thời gian ngắn, đưa tốc độ động cơ từ 0 rpm đến 1000 rpm trong hơn 2s. Sự biến đổi nhanh cho thấy bướm ga được biến động mạnh thường khi người lái nhấn bàn đạp ga một cách dứt khoát. Đây là khoảng thời gian mà xe yêu cầu thêm công suất để hỗ trợ động cơ điện cung cấp thêm lực kéo cho xe.

Tiếp nối giai đoạn tăng tốc ban đầu là một quá trình tăng tốc mạnh mẽ và tuyến tính hơn, kéo dài từ khoảng 52 giây đến 100 giây. Trong giai đoạn này, tốc độ động cơ tăng đều đặn từ khoảng 1000 rpm lên đến đỉnh 4000 rpm. Độ dốc của đường cong trong khoảng thời gian này rất lớn, minh họa rằng bướm ga đã được mở rộng đáng kể và động cơ đột trong đang hoạt động hết công suất để đáp ứng yêu cầu tăng tốc nhanh chóng của xe. Đây là giai đoạn mà xe đang đạt được tốc độ mong muốn, ví dụ như nhập làn đường cao tốc hoặc vượt xe khác, đòi hỏi công suất tối đa từ hệ thống truyền động hybrid.

Kể từ khoảng 100 giây cho đến hết mô phỏng ở 250 giây, tốc độ động cơ duy trì ổn định ở mức 4000 rpm. Điều này chỉ ra rằng xe đã đạt được tốc độ hành trình mong muốn và đang duy trì nó. Ở giai đoạn này, bướm ga được giữ ở một vị trí cố định, cho phép động cơ cung cấp công suất ổn định để duy trì tốc độ xe. Đối với xe hybrid, việc duy trì tốc độ động cơ ở 4000 rpm trong thời gian dài có thể là một điểm hoạt động hiệu quả về mặt tiêu thụ nhiên liệu hoặc phát thải cho động cơ đốt trong khi kết hợp với sự hỗ trợ của hệ thống hybrid. Hệ thống quản lý năng lượng thông minh của xe hybrid sẽ liên tục điều chỉnh sự phân chia công suất giữa động cơ đốt trong và động cơ điện để duy trì hiệu quả tối ưu ở tốc độ này.

Tóm lại, đồ thị này minh họa một chu trình hoạt động năng động của động cơ trong mô phỏng xe hybrid, từ trạng thái nghỉ/chế độ điện, chuyển sang tăng tốc mạnh mẽ dưới sự điều khiển của bướm ga, và cuối cùng duy trì tốc độ cao ổn định. Sự phối hợp nhịp nhàng giữa động cơ đốt trong và hệ thống điện tử điều khiển bướm ga chính là chìa khóa để đạt được hiệu suất và hiệu quả tối ưu trong các loại xe hybrid hiện đại.

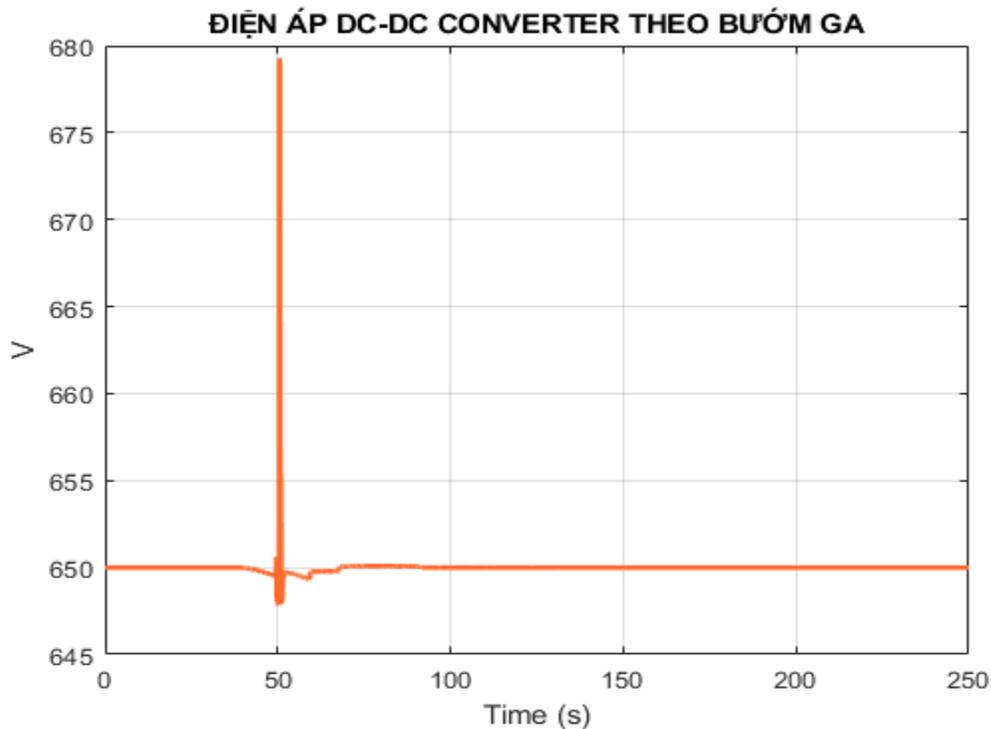


Hình 4.33 Điện áp ắc quy Hybrid theo bướm ga.

Đồ thị “Điện áp ắc quy hybrid theo bướm ga” cho thấy sự thay đổi điện áp của ắc quy điện áp cao (HV battery) trong hệ thống hybrid khi vị trí bướm ga thay đổi theo thời gian. Ban đầu, điện áp được duy trì ổn định ở mức khoảng 270V, cho thấy ắc quy đang ở

trạng thái sẵn sàng cung cấp năng lượng cho MG2 kéo xe ở chế độ thuần điện (EV mode). Tuy nhiên, khi bướm ga mở lớn sau mốc 50 giây, điện áp tụt mạnh, thậm chí xuống mức âm, cho thấy sự tiêu thụ dòng lớn từ ắc quy để hỗ trợ việc tăng tốc, hoặc phản ánh hiện tượng dòng điện đổi chiều (dòng nạp vào từ máy phát MG1 sau khi động cơ xăng được khởi động).

Đặc biệt, điện áp tụt xuống giá trị âm sâu nhất vào khoảng 55 giây, tương ứng với thời điểm yêu cầu công suất đột ngột tăng cao để khởi động động cơ đốt trong và cung cấp thêm năng lượng cho MG2. Ngay sau đó, đường điện áp sụt về 0 và duy trì ở mức 0V từ sau 60 giây trở đi. Điều này có thể được lý bởi hệ thống chuyển sang chế độ sử dụng nguồn điện trực tiếp từ MG1 do động cơ xăng đang chạy và phát điện) mà không cần dùng tới ắc quy. Nhìn chung, đồ thị này minh họa rõ vai trò biến thiên của điện áp ắc quy trong hệ thống hybrid: từ cung cấp năng lượng ở chế độ EV, sang vai trò phụ trợ trong quá trình khởi động động cơ và sau đó được thay thế bởi nguồn điện do MG1 tạo ra khi động cơ xăng hoạt động. Sự điều phối thông minh giữa các nguồn năng lượng này giúp hệ thống hybrid đạt được hiệu suất cao và tiết kiệm nhiên liệu.



Hình 4.34 Điện áp DC-DC Converter theo bướm ga.

Đồ thị “Điện áp DC-DC Converter theo bướm ga” cho thấy điện áp đầu ra duy trì ổn định quanh 650V khi bướm ga thay đổi. Tại khoảng 50 giây, khi bướm ga mở lớn, xuất hiện xung điện áp tăng đột ngột lên gần 680V rồi nhanh chóng giảm trở lại 650V. Hiện

tượng này phản ánh sự phản ứng nhanh của bộ chuyển đổi DC-DC trước thay đổi tải lớn, đảm bảo cung cấp điện áp ổn định cho hệ thống hybrid.

Sự ổn định điện áp sau biến động cho thấy bộ chuyển đổi DC-DC hoạt động hiệu quả trong việc điều hòa nguồn, đảm bảo cung cấp điện áp liên tục và phù hợp cho các bộ phận khác trong hệ thống hybrid, ngay cả khi có thay đổi lớn về công suất đầu ra do tác động từ bướm ga. Điều này phản ánh vai trò quan trọng của bộ DC-DC converter trong việc duy trì cân bằng năng lượng giữa ắc quy HV, động cơ điện MG1/MG2 và các tải phụ khác trong hệ thống hybrid.

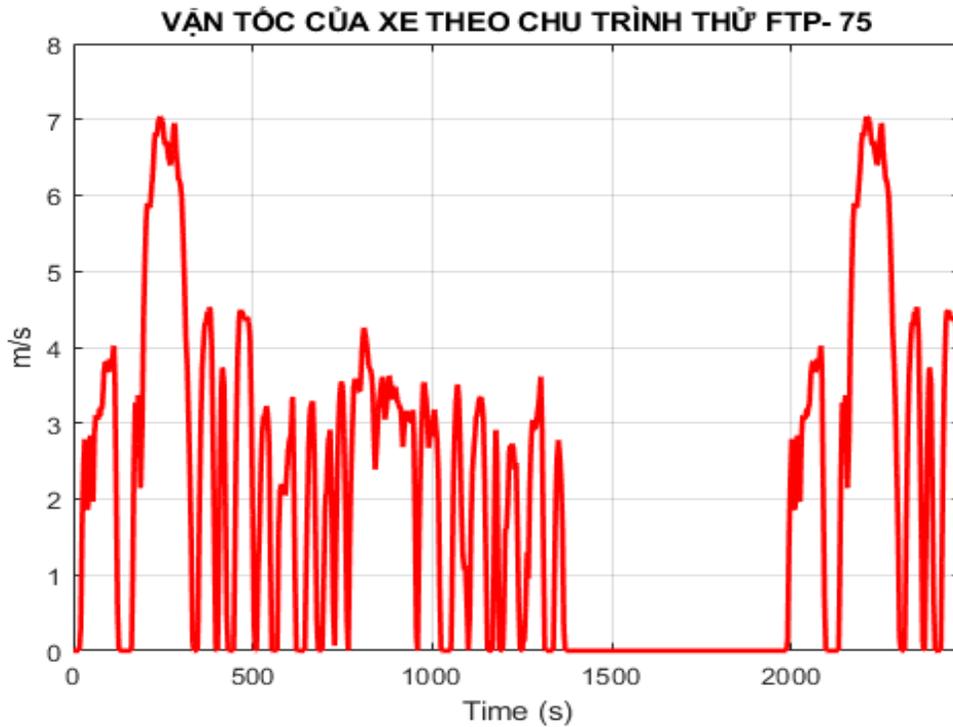
Bảng 4.2 Mức tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải trong mô phỏng với bướm ga.

Loại	Đặc trưng	Giá trị
Mức độ tiêu thụ nhiên liệu	L/100 Km	5.8
	Km/l	17.25
	MPG	48.70
	Total Fuel Used (L)	0.5497
Mức độ phát thải	CO (g)	5.4
	HC (g)	0.324
	NOx (g)	0.435
	CO2 (kg)	1.2661

Với lượng tiêu thụ nhiên liệu 5.8l/100Km đây là mức tiêu thụ khá cao so với các xe hybrid thông thường, tuy nhiên trong trường hợp mô phỏng này với đặc điểm bướm ga mở hoàn toàn và toàn tải. Vì vậy động cơ đốt trong hoạt động hầu hết trong quá trình mô phỏng nên mức tiêu thụ nhiên liệu này là phù hợp với điều kiện mô phỏng.

Xe hybrid chạy 9.45 km với mức phát thải CO, HC, NOx lần lượt là 5.4 g, 0.324 g và 0.435 g tương đương mức phát thải trên mỗi km là 0.58 g CO, 0.035 g HC và 0.043 g NOx, nằm trong ngưỡng tiêu chuẩn Euro 6. Điều này cho thấy xe có khả năng kiểm soát khí thải khá tốt so với xe chạy xăng truyền thống, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Do đó, mặc dù xe hybrid là lựa chọn tiết kiệm nhiên liệu và thân thiện hơn với môi trường, nhưng để đáp ứng các yêu cầu khắt khe hơn về bảo vệ môi trường, cần có sự cải tiến thêm về công nghệ động cơ và hệ thống xử lý khí thải.

4.4.2. Kết quả mô phỏng theo chu trình FTP- 75.

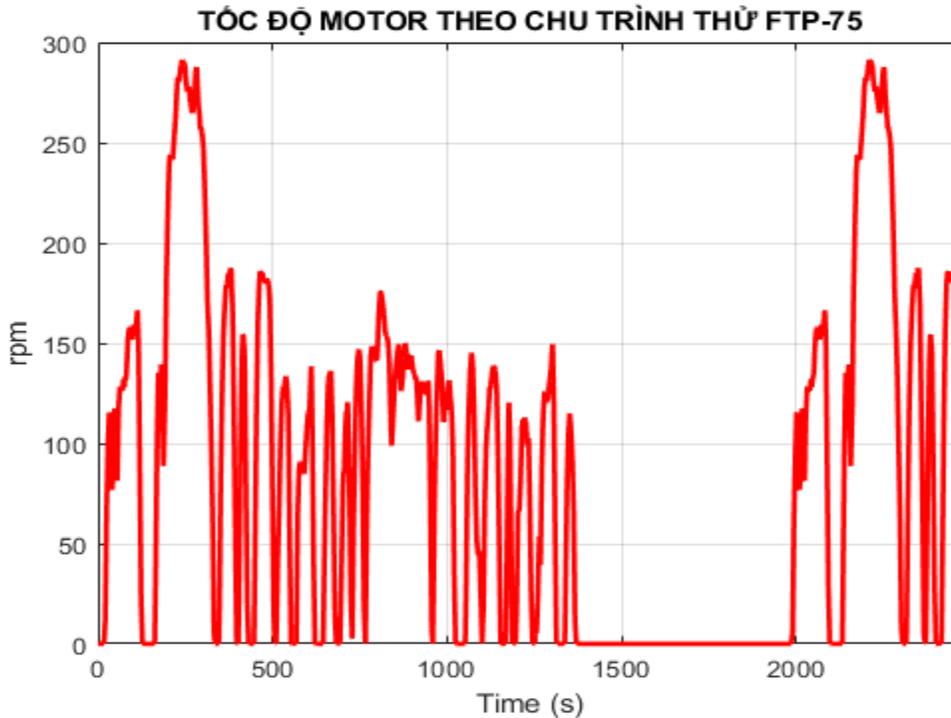


Hình 4.35 Đồ thị vận tốc của xe theo chu trình thử FTP- 75.

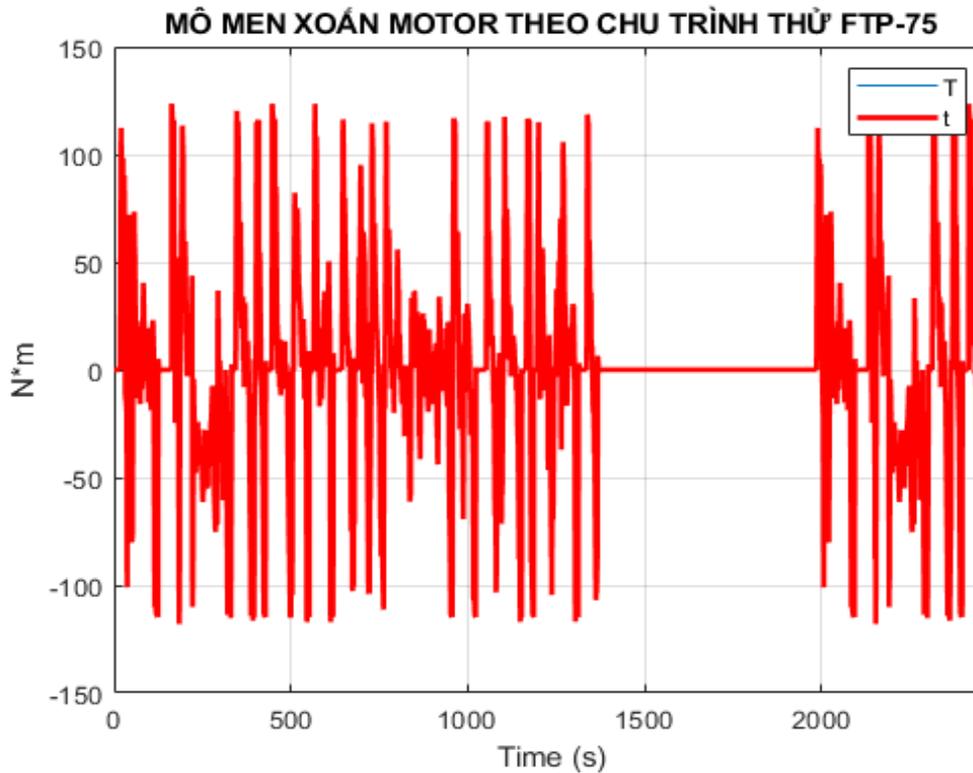
Đồ thị vận tốc của xe sau khi được mô phỏng trùng khớp với vận tốc yêu cầu từ chu trình thử FTP- 75. Tại giai đoạn khởi động lạnh từ 0-505s, tốc độ thay đổi liên tục, tăng giảm bất thường, dừng di dừng lại (Stop and go). Đây là giai đoạn mô phỏng trong điều kiện giao thông nội đô. Có nhiều điểm vận tốc giảm về 0 biểu hiện của việc xe đang hoạt động trong vùng đô thị có kẹt xe, dừng đèn đỏ...Xe đạt vận tốc cực đại $7.018 \text{ m/s} = 25.265 \text{ km/h}$ tại 243s trong giai đoạn này.

Giai đoạn tốc độ ổn định từ 505s-1372s, là giai đoạn mà xe hoạt động trong khu vực đô thị nhưng có ít dao động hơn và hoạt động với vận tốc đồng đều. Đây là lúc động cơ đã ấm nên dao động mô phỏng cũng ít hơn. Với vận tốc cao nhất cũng chỉ đạt $4.15 \text{ m/s} = 15 \text{ km/h}$ tại 808s. Giai đoạn tiếp theo là giai đoạn ngâm nóng động cơ từ 1372s- 1972s nên xe không hoạt động trong vùng này và vận tốc $=0 \text{ km/h}$.

Giai đoạn cuối chu trình thử 1972s- 2474s là giai đoạn chuyển tiếp của khởi động nóng nên hoạt động giống với giai đoạn khởi động lạnh nên các thông số hoàn toàn giống nhau. Đạt vận tốc cực đại 7.018 m/s tại 2213s.



Hình 4.36 Đồ thị tốc độ của MG2 theo chu trình thử FTP- 75.



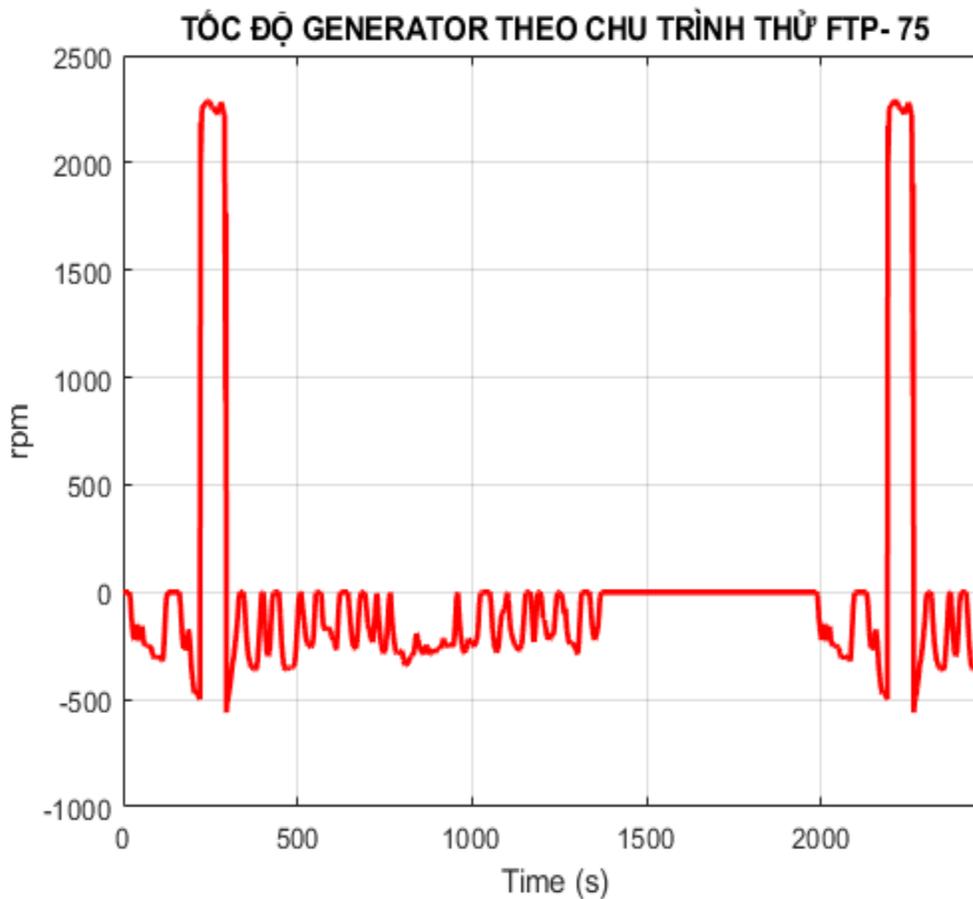
Hình 4.37 Đồ thị mô men của MG2 theo chu trình thử FTP- 75.

Đồ thị tốc độ thể hiện vận tốc của MG2 theo chu trình thử FTP-75. Đồ thị vận tốc MG2 có biên dạng giống với đồ thị vận tốc của xe, bởi vì trong hệ thống xe Hybrid MG2

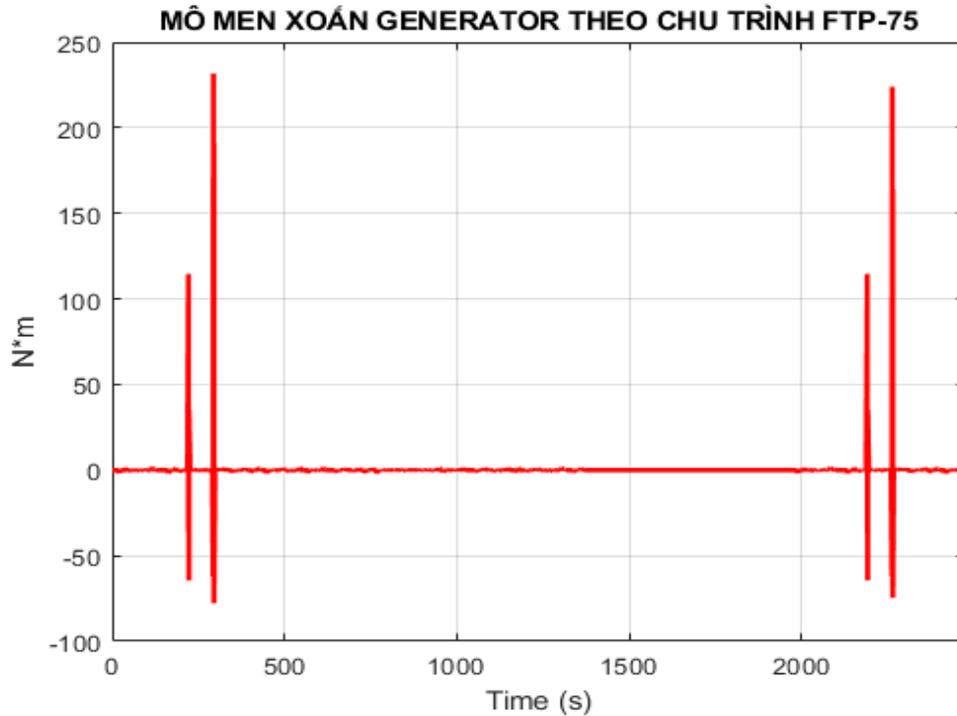
đồng vai trò chính trong việc truyền động bánh xe. Cũng giống như đồ thị vận tốc xe, MG2 đạt vận tốc cực đại tại 243s và 2213s.

Đồ thị mô men thể hiện Mô men của MG2 theo chu trình thử. Mô men của MG2 có thể âm hoặc dương tùy điều kiện hoạt động của MG2. Giá trị dương thể hiện MG2 đang là một mô tơ điện thực hiện chức năng kéo để tạo động lực cho xe Hybrid.

Còn khi giá trị âm thể hiện xe đang trong trạng thái giảm tốc hoặc phanh, lúc này MG2 sẽ làm nhiệm vụ sạc lại điện cho ắc quy Hybrid. Mô men của MG2 hoạt động trong khoảng dưới 100 Nm được xem là khoảng tối ưu. Đồ thị Mô men cho thấy MG2 khả năng hoạt động linh hoạt trong nhiều yêu cầu khác nhau. Giá trị của mô men thay đổi liên tục vì đặc điểm của chu trình thử FTP 75 với



Hình 4.38 Đồ thị tốc độ của MG1 theo chu trình thử FTP- 75.



Hình 4.39 Đồ thị mô men của MG1 theo chu trình thử FTP- 75.

Đồ thị trên thể hiện tốc độ và mô men xoắn của MG1 được mô phỏng theo chu trình FTP- 75. Trong hệ thống mô phỏng trên MG1 được trang bị với công suất nhỏ hơn MG2, và có thực hiện 2 vai trò chính là khởi động động cơ (như một máy khởi động) và điều khiển vận hành của ICE và sản xuất điện.

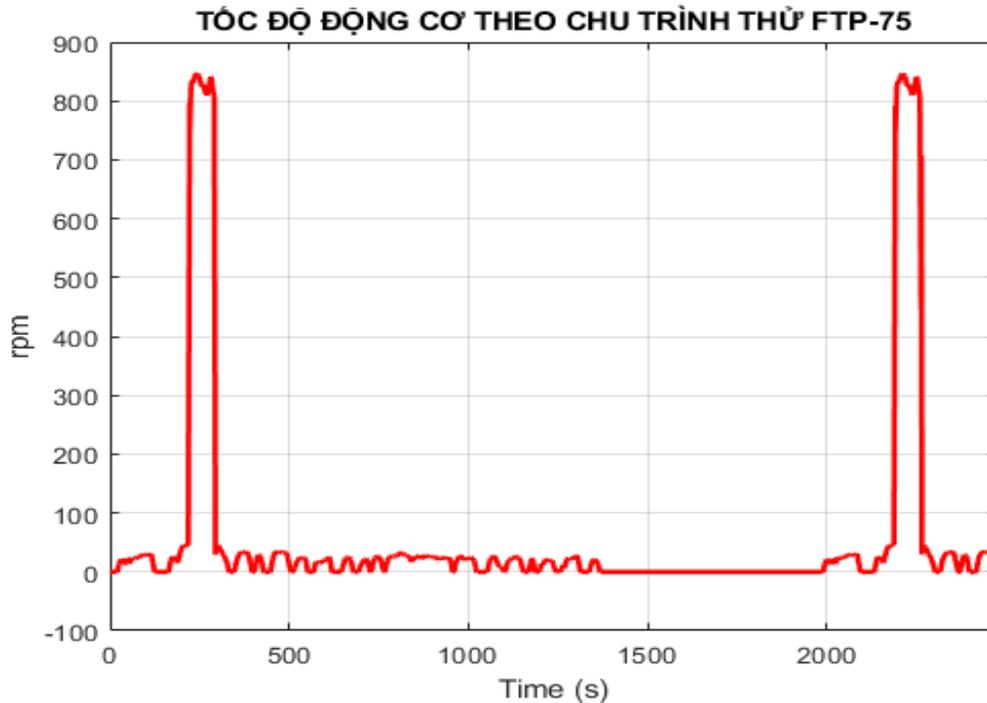
Tại các thời gian mà xe đạt vận tốc cực đại chính là lúc mà xe yêu cầu lực kéo nhiều nhất tại bánh xe, khi đó MG1 sẽ hoạt động như là một máy khởi động động cơ ICE. Khi đó MG1 sẽ quay nhanh hơn trục khuỷu động cơ để đưa nó lên tốc độ khởi động. Vận tốc cực đại khi đó sẽ đạt 2230 vòng/phút. Sau giá khi đạt giá trị cực đại tức khởi động ICE xong, tốc độ của MG1 sẽ điều chỉnh để duy trì điểm vận hành tối ưu cho IEC và sản xuất điện.

Trong các giai đoạn có gia tốc thấp, tốc độ MG1 sẽ giao động quanh mức 0 (dương hoặc âm). Điều này cho thấy MG1 đang được điều khiển để điều chỉnh tốc độ của ICE, hoặc đang hoạt động như một máy phát điện để chuyển đổi một phần công suất của ICE thành điện năng cho MG2 hoặc sạc pin, ngay cả khi tốc độ xe không cao.

Đường màu xanh biểu diễn Mô men xoắn của MG1, quá trình hoạt động của MG1 hoạt động tương đối ít, nguyên nhân tại chu trình FTP- 75 phanh tái sinh đã làm việc khá hiệu quả.

Mô men của MG1 hoạt động lớn nhất khoảng 50 Nm và hoạt động thường tại mức có mô men âm có khi xuống -100 Nm (thông thường hoạt động trong khoảng 10 Nm đến -20 Nm) do chủ.

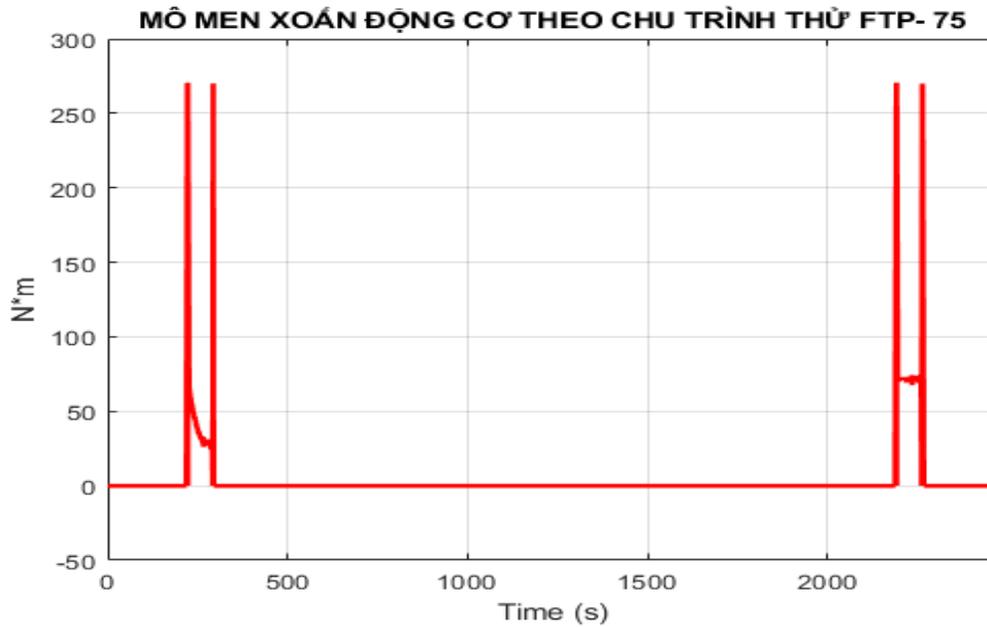
Khi mô men xoắn dương MG1 hoạt động như một động cơ điện để khởi động ICE, còn ngược lại khi mô men xoắn âm MG1 sẽ là máy phát điện chuyển đổi công cơ học từ ICE thành điện năng từ đó để sử dụng cung cấp để sạc ắc quy Hybrid hoặc cung cấp hỗ trợ công suất cho MG2 dẫn động xe.



Hình 4.41 Đồ thị tốc độ của động cơ theo chu trình thử FTP- 75.

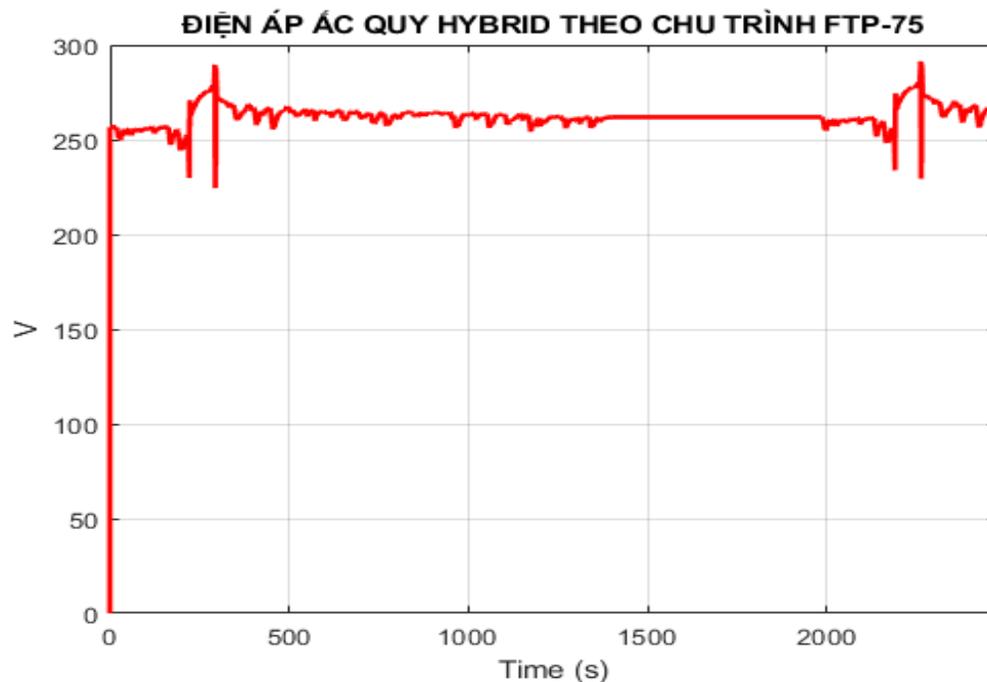
Động cơ đốt trong ở xe Hybrid khác với xe truyền thống, nó chủ yếu hoạt động để hỗ trợ công suất cho động cơ điện MG2 khi xe yêu cầu nhiều lực kéo và cung cấp năng lượng cho MG1 để sản xuất điện.

Vì vậy từ đồ thị trên, ta thấy động cơ đốt trong hoạt động không đáng kể, chỉ hoạt động lúc xe yêu cầu lực kéo tại bánh xe lớn thì động cơ đốt trong sẽ được khởi động và chạy (khoảng 800-900 vòng/phút) là tốc độ không tải (idle speed) điển hình của động cơ khi nó mới nổ máy. Ngoài 2 điểm tốc độ động cơ đạt max (điểm động cơ hoạt động) thì trong phần lớn chu trình thử động cơ có tốc độ khoảng quanh mức 0. Mô men của động cơ chỉ tăng cao lên đến 265 Nm khi tốc độ động cơ tăng cao, còn thời gian còn lại thì mô men chỉ quanh mức 0.

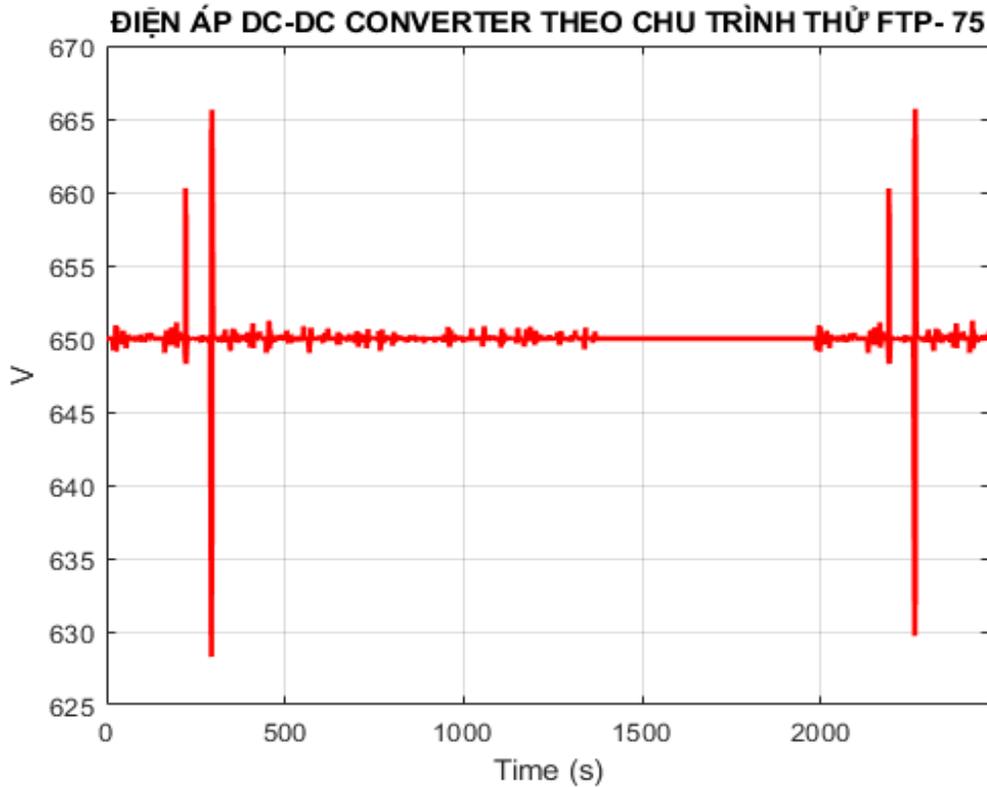


Hình 4.42 Đồ thị mô men của động cơ theo chu trình thử FTP- 75.

Đặc điểm chu trình FTP- 75 thường hoạt động với tốc độ xe thấp, thời gian dừng đèn đỏ nhiều, tăng tốc và giảm tốc nhẹ nên động cơ đốt trong ít được sử dụng thay vào đó động cơ điện hoạt động phần lớn vì vậy điều này chứng tỏ rằng xe hybrid hoạt động tiết kiệm nhiên liệu và giảm khí thải.



Hình 4.43 Đồ thị điện áp ắc quy Hybrid theo chu trình FTP 75.



Hình 4.44 Đồ thị điện áp DC-DC Converter theo chu trình thử FTP- 75.

Ắc quy hybrid đóng vai trò trung tâm trong việc lưu trữ và cung cấp năng lượng điện cho hệ thống. Nó được sạc bởi ICE (thông qua MG1) và phanh tái sinh (thông qua MG2), và cung cấp điện cho MG2 (để truyền động) và các phụ tải khác. Vì vậy nên đồ thị trạng thái sạc của ắc quy hybrid có giá trị thay đổi liên tục.

Giai đoạn đầu có giao động lên xuống, có những đoạn giảm tụt vì giai đoạn này xe khởi động và chạy chế độ EV. Khi đó MG2 sẽ lấy năng lượng từ ắc quy Hybrid để hoạt động, và sau khi xe giảm tốc hoặc phanh MG2 sẽ hoạt động như máy phát nhằm chuyển năng lượng động năng thành điện năng sạc lại cho ắc quy, làm cho mức năng lượng tăng lên. Khi động cơ đốt trong hoạt động và phát điện thông qua MG1, ắc quy cũng sẽ được nạp lại năng lượng.

Giai đoạn xe hoạt động ổn định, năng lượng ắc quy sẽ giảm đi đáng kể bởi vì đây là giai đoạn xe cần công suất điện nhiều hơn để cung cấp cho Động cơ điện dẫn động xe và đây là giai đoạn ít sử dụng phanh tái sinh nên ắc quy bị xả nhiều hơn. Và khi năng lượng ắc quy tăng khi xe giảm tốc hoặc phanh. Giai đoạn ngâm nóng ắc quy sẽ không hoạt động vì xe đang đứng yên.

Giai đoạn cuối sẽ hoạt động giống như giai đoạn đầu tiên khi xe bắt đầu hoạt động thì năng lượng sẽ cung cấp cho động cơ điện làm việc nên năng lượng sẽ giảm mạnh. Năng lượng ắc quy sẽ tăng trở lại khi động cơ hoạt động hoặc trong quá trình giảm tốc và phanh.

Đồ thị điện áp DC-DC Converter cho thấy bộ chuyển đổi điện hoạt động ổn định, giao động nhẹ trong khoảng 650V và giữ điện điện áp đó trong toàn bộ chu trình. Tại 2 điểm xe đạt vận tốc cực đại thì điện áp bộ chuyển đổi cũng có biến đổi mạnh khi vượt lên hơn 665V và sụt xuống 628V.

Bảng 4.3. Mức tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải của chu trình FTP- 75.

Loại	Đặc trưng	Giá trị
Mức độ tiêu thụ nhiên liệu	L/100 Km	3.2
	Km/l	31.25
	MPG	73.5
	Total Fuel Used (L)	0.353
Mức độ phát thải	CO (g)	1.5
	HC (g)	0.10
	NOx (g)	0.18
	CO2 (kg)	0.815

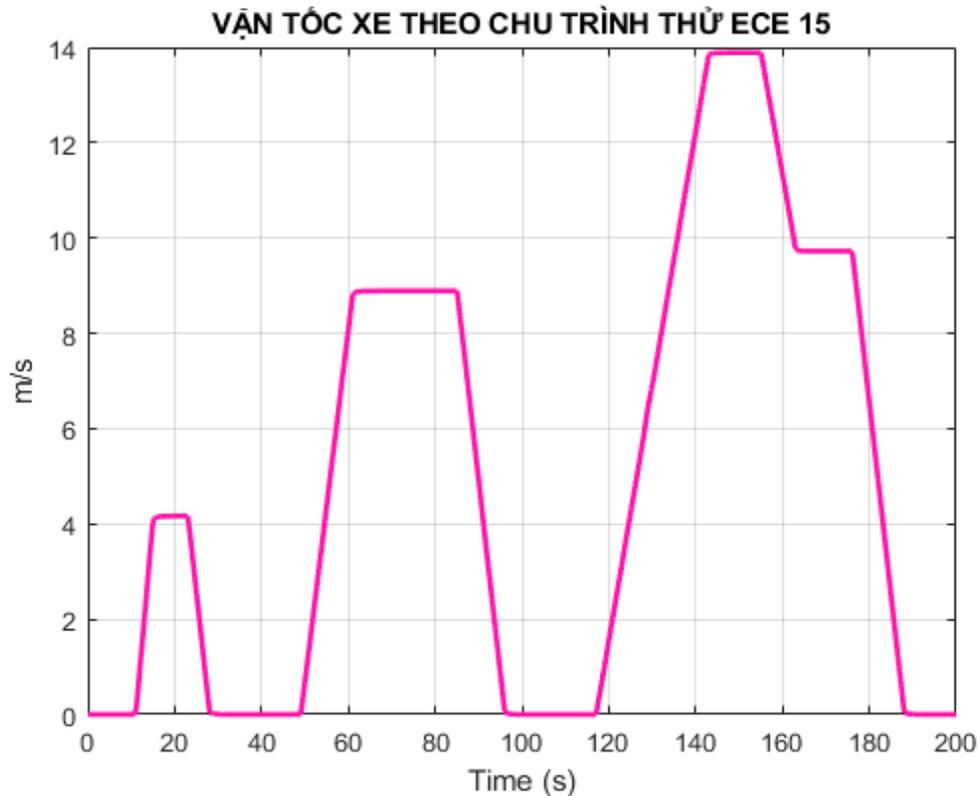
Đối với chu trình thử FTP-75 động cơ được sử dụng ít và trong toàn chu trình sử dụng động cơ điện để cung cấp lực kéo cho xe phần lớn nên chỉ tiêu tốn 3.2L/100Km, đây là con số ấn tượng đối với các mẫu xe hybrid. Điều này cho thấy mức tiết kiệm nhiên liệu đáng kể so với các mẫu xe truyền thống. Mức tiêu thụ nhiên liệu 3.2 L/100 km trong chu trình FTP-75 là một con số rất ấn tượng đối với xe hybrid, đặc biệt khi chu trình này mô phỏng điều kiện lái xe đô thị với nhiều điểm dừng, tăng tốc và tải động đa dạng. Với xe thông thường, chu trình FTP-75 thường gây tiêu hao nhiên liệu cao hơn do đặc tính dừng-đi nhiều.

Nhưng với đặc điểm của xe hybrid là khi chạy ở tốc độ thấp động cơ điện làm việc phần lớn và tận dụng khả năng tái tạo năng lượng trong chu trình FTP 75 nên mức tiêu thụ này cho thấy xe hybrid có khả năng tiết kiệm nhiên liệu hiệu quả trong môi trường đô thị, nơi mà xe thường tiêu hao nhiều hơn so với đường trường.

Với mức tiêu thụ tương đương khoảng 31.25 km/l hoặc 73.5 mpg, xe hybrid này vượt trội hơn hẳn so với nhiều xe chạy xăng truyền thống trong cùng điều kiện. Điều này không chỉ giúp giảm chi phí vận hành mà còn góp phần giảm phát thải khí CO₂ và các khí ô nhiễm, cải thiện chất lượng không khí trong đô thị.

Các chỉ số phát thải ở mức thấp đáng kể khi so sánh với tiêu chuẩn FTP-75 của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA). Kết quả này cho thấy xe hybrid trong thử nghiệm không những đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn khí thải dành cho xe nhẹ chạy xăng mà còn vượt trội so với mức trung bình của nhiều dòng hybrid phổ biến trên thị trường. Điều này chứng tỏ công nghệ hybrid có tiềm năng lớn trong việc giảm phát thải và bảo vệ môi trường nếu được khai thác hiệu quả.

4.4.3. Kết quả mô phỏng theo chu trình ECE 15.

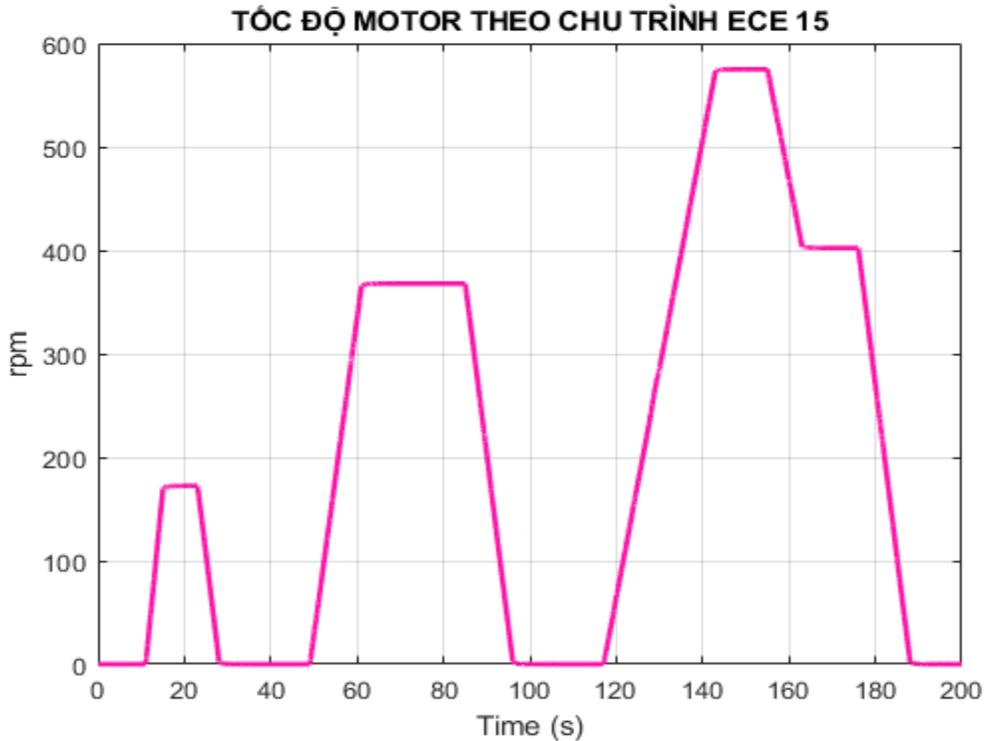


Hình 4.44 Đồ thị vận tốc của xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.

Sau khi chạy mô phỏng, ta thấy được đồ thị tốc độ xe (Vehicle Speed) có sự thay đổi vận tốc theo thời gian một cách rõ ràng. Tại thời điểm bắt đầu từ 0 đến 10 giây, tốc độ của xe xấp xỉ 0 km/h. Từ 10 đến 15 giây, xe bắt đầu tăng tốc lên 4.5 m/s, sau đó giữ nguyên tốc độ này đến giây thứ 23. Tiếp theo, từ 23 đến 28 giây, xe giảm tốc về gần 0 m/s. Một khoảng nghỉ diễn ra trước khi xe tăng tốc trở lại từ 50 đến 58 giây và đạt 9m/s , tiếp tục duy trì tốc độ này từ 58 đến 83 giây. Sau đó xe giảm tốc dần và dừng lại vào khoảng 95 giây.

Đến giai đoạn cao điểm, từ 120 đến 143 giây, xe tăng tốc mạnh mẽ và đạt vận tốc 14m/s, sau đó giữ mức này đến giây thứ 153. Kế tiếp, xe giảm xuống 9.8 m/s từ 153 đến 160 giây và tiếp tục duy trì vận tốc này đến giây thứ 172. Cuối cùng, từ 172 đến 195 giây,

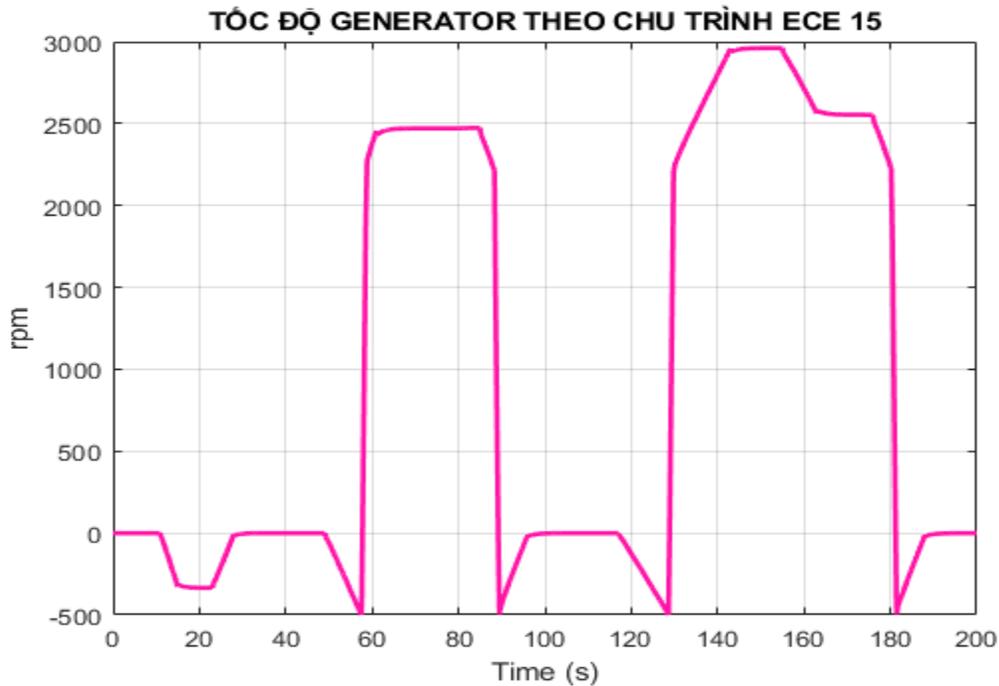
xe giảm tốc hoàn toàn và dừng lại, kết thúc chu trình mô phỏng. Đồ thị phản ánh rõ ràng các pha tăng tốc, giữ tốc độ, giảm tốc và dừng lại, cho thấy hệ thống điều khiển hoạt động chính xác và hiệu quả theo yêu cầu.



Hình 4.45 Đồ thị vận tốc của Motor xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.

Ta có thể thấy sơ đồ tốc độ quay của Generator thể hiện nhiều trạng thái khác nhau. Từ 0-15s, tốc độ bằng 0 rồi đột ngột tăng vọt lên khoảng 2500 RPM, sau đó giảm nhanh và xuống âm. Đây là giai đoạn khởi động và phản ứng với tải, có thể do bộ điều khiển yêu cầu phát điện đột ngột.

Từ 20-60s, tốc độ ổn định ở mức thấp, dao động gần 0, cho thấy Generator gần như không hoạt động hoặc đang ở chế độ chờ. Từ 60-85s, tốc độ giảm về âm, nghĩa là Generator đang hoạt động như một động cơ tái sinh (regenerator), thu hồi năng lượng phanh và biến nó thành điện để nạp lại pin.

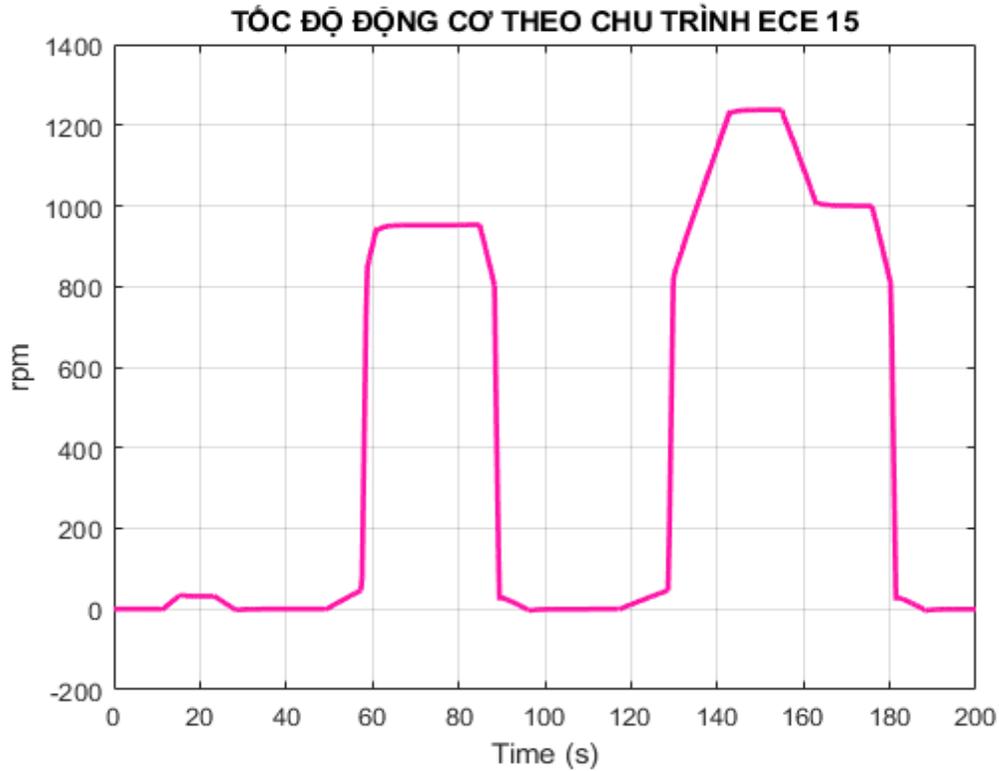


Hình 4.46 Đồ thị vận tốc của Generator xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.

Từ 130-175s, Generator tăng tốc trở lại lên khoảng 2500 RPM, cho thấy lúc này hệ thống yêu cầu phát điện nhiều, có thể để hỗ trợ motor trong pha tăng tốc. Sau 175s, tốc độ tụt nhanh về âm rồi về lại 0, thể hiện quá trình chuyển pha hãm tái sinh lần cuối trước khi hệ thống ngắt. Vậy nên Generator có nhiệm vụ linh hoạt vừa phát điện khi motor cần, vừa thu hồi điện trong lúc xe giảm tốc, tốc độ thay đổi rõ do chuyển đổi liên tục giữa hai chức năng này. Về sơ đồ Motor, ta có thể thấy từ 0-20s motor hoạt động ở mức thấp, khoảng 200 RPM đây là lúc xe bắt đầu tăng tốc nhẹ.

Từ 20-60s, nó tăng tốc lên khoảng 500 RPM và giữ ổn định cho thấy xe đang chạy đều ở tốc độ vừa. Từ 85-120s tốc độ giảm về 0 tại đây xe đang phanh hoặc dừng lại. từ 120-145s Motor tăng tốc dần, đạt đỉnh khoảng 400 RPM thể hiện giai đoạn tăng tốc lần hai. Sau 175s Motor giảm tốc và trở về 0 chu trình kết thúc. Như vậy chúng ta có thể thấy, khi Motor tăng tốc hoặc kéo tải cao thì Generator phát điện để hỗ trợ. Khi Motor giảm tốc hoặc dừng, Generator thường quay âm cho thấy hệ thống đang tận dụng lực hãm để nạp điện lại cho pin.

Từ đó có thể thấy, Motor và Generator được điều khiển đồng bộ bởi một trung tâm điều khiển, đảm bảo xe vận hành hiệu quả, tiết kiệm năng lượng và tối ưu hiệu suất hệ thống. Sự thay đổi tốc độ quay của cả hai thiết bị đều phản ánh đúng logic làm việc.

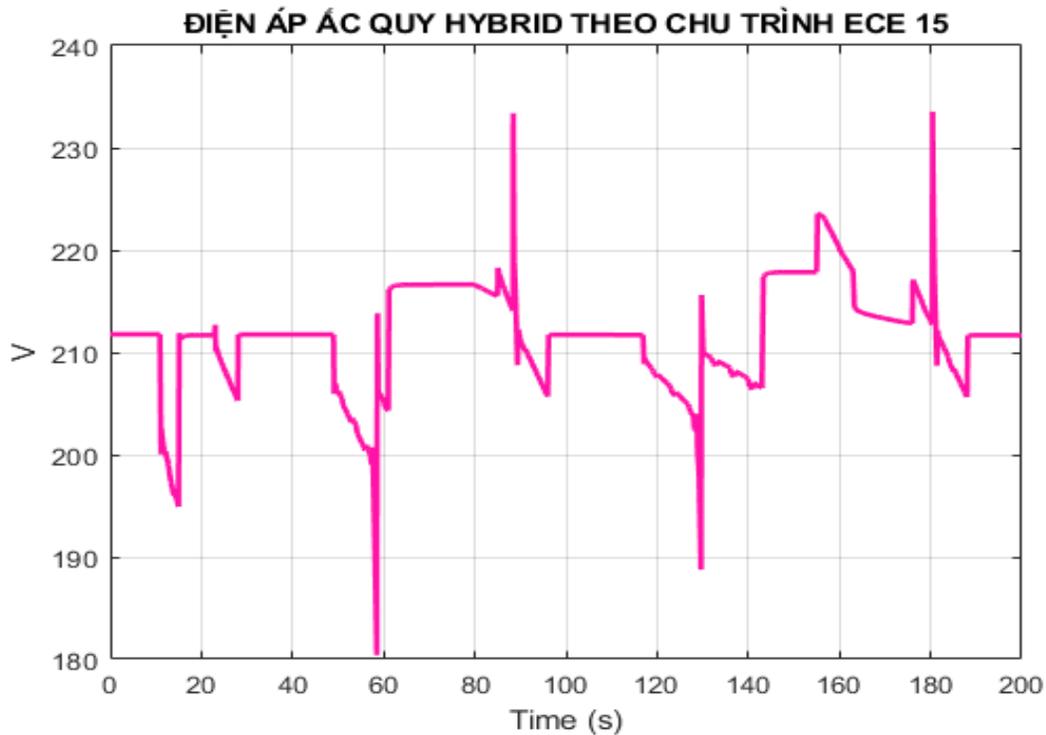


Hình 4.47 Đồ thị tốc độ động cơ xe Hybrid theo chu trình thử ECE 15.

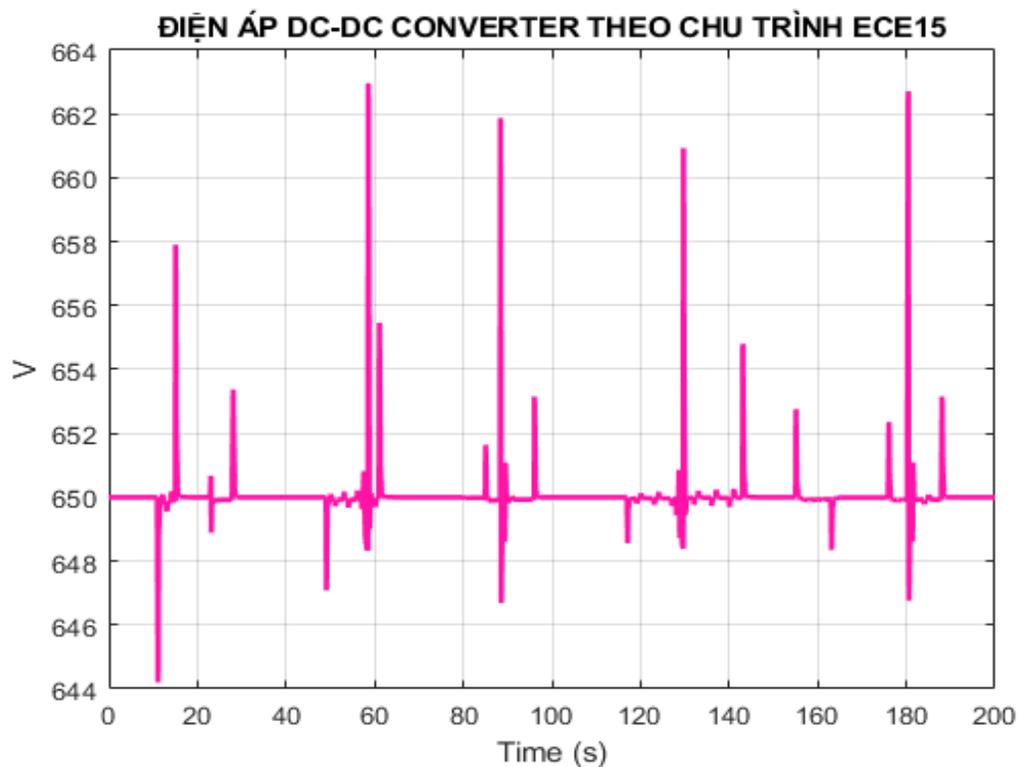
Biểu đồ tốc độ động cơ theo chu trình ECE-15 thể hiện rõ các pha hoạt động của động cơ xe hybrid Toyota trong điều kiện lái xe đô thị. Trong giai đoạn từ 0 đến 40 giây, động cơ quay ở tốc độ thấp, cho thấy xe đang ở chế độ chờ hoặc khởi động nhẹ. Từ 40 đến 80 giây, tốc độ động cơ tăng nhanh lên gần 1000 vòng/phút và duy trì ổn định, cho thấy quá trình tăng tốc và chạy đều ở tốc độ thấp trong môi trường đô thị.

Sau đó, từ 80 đến 120 giây, tốc độ động cơ giảm dần về 0, cho thấy xe đang phanh hoặc dừng, có thể là lúc hệ thống hybrid chuyển sang tái tạo năng lượng hoặc tắt động cơ đốt trong để tiết kiệm nhiên liệu. Giai đoạn từ 120 đến 180 giây, tốc độ động cơ tăng mạnh lên khoảng 1250 vòng/phút, cho thấy pha tăng tốc cao hơn hoặc mô phỏng quá trình leo dốc. Cuối cùng, từ 180 đến 200 giây, tốc độ động cơ giảm nhanh về 0, kết thúc chu trình.

Qua biểu đồ này, có thể thấy xe hybrid hoạt động hiệu quả khi luân phiên sử dụng động cơ điện và động cơ xăng tùy theo nhu cầu vận hành. Động cơ xăng chủ yếu được kích hoạt khi cần công suất cao, trong khi các pha tốc độ thấp hoặc dừng xe thường được hỗ trợ bởi hệ thống điện. Điều này góp phần giảm tiêu hao nhiên liệu và khí thải trong điều kiện giao thông đô thị.



Hình 4.48 Đồ thị điện áp ắc quy Hybrid theo chu trình thử ECE 15.



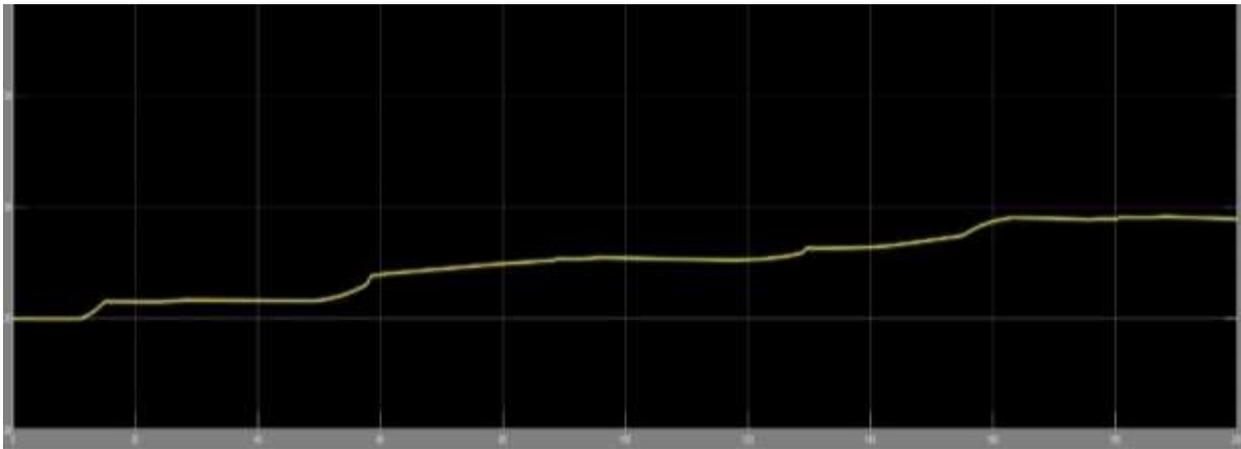
Hình 4.49 Đồ thị điện áp DC-DC Converter theo chu trình thử ECE 15.

Trong giai đoạn đầu, từ khoảng 0-15s, xe có vẻ như đang ở trạng thái khởi động hoặc di chuyển chậm, với vận tốc tăng nhẹ rồi giảm. Đồng thời, điện áp ắc quy cũng trải

qua một đợt sụt giảm sâu đột ngột trước khi nhanh chóng tăng trở lại. Điều này cho thấy ắc quy phải cung cấp một lượng lớn năng lượng để khởi động động cơ điện hoặc hỗ trợ xe di chuyển ban đầu, dẫn đến sụt áp. Việc điện áp tăng trở lại sau đó có thể là do xe đã đạt được tốc độ nhất định, hoặc động cơ đốt trong đã bắt đầu hoạt động để hỗ trợ, hoặc có thể có một phần năng lượng được tái tạo.

Từ khoảng 15–35s, khi xe tăng tốc và duy trì vận tốc ổn định ở mức trung bình, điện áp ắc quy ở mức tương đối thấp, xuất hiện một dạng sóng hình vòm – có thể do giảm tốc hoặc phanh nhẹ, kích hoạt phanh tái tạo năng lượng hoặc do động cơ đốt trong đang sạc khi tải không lớn. Giai đoạn 35–60s, xe giảm rồi tăng tốc nhanh. Điện áp ắc quy vẫn thấp, dao động nhẹ, cho thấy ắc quy liên tục xả để cung cấp năng lượng cho tăng tốc. Từ 60–150s (giai đoạn dài nhất), xe trải qua nhiều chu kỳ tăng/giảm vận tốc. Điện áp ắc quy duy trì ở mức rất thấp, gần như nằm ngang, chỉ có vài xung nhỏ. Điều này cho thấy có thể: Động cơ đốt trong đang gánh phần lớn tải hoặc ắc quy đang liên tục xả để hỗ trợ hoặc hệ thống chưa tạo đủ năng lượng để sạc lại ắc quy.

Từ 150–200s, khi xe tăng tốc rồi giảm tốc đột ngột, điện áp ắc quy tăng vọt, sau đó giảm nhanh – minh chứng cho hoạt động phanh tái tạo: động cơ điện chuyển đổi động năng thành điện năng sạc vào ắc quy. Ngoài ra, biểu đồ điện áp bộ chuyển đổi cho thấy đường điện áp và biến động lớn hơn, phản ánh các hoạt động chuyển đổi công suất điện. Trong khi đó, điện áp ắc quy ổn định hơn nhờ khả năng tích trữ và làm phẳng dao động năng lượng.



Hình 4.50 Đồ thị nhiệt độ DC-DC Converter theo chu trình ECE 15.

Nhiệt độ của bộ DC-DC có xu hướng tăng trong suốt quá trình làm việc của xe nhưng không đáng kể, nhiệt độ mô phỏng trong khoảng 25-30⁰C nằm trong ngưỡng an toàn của nhiệt độ ắc quy hybrid (20-45⁰C).

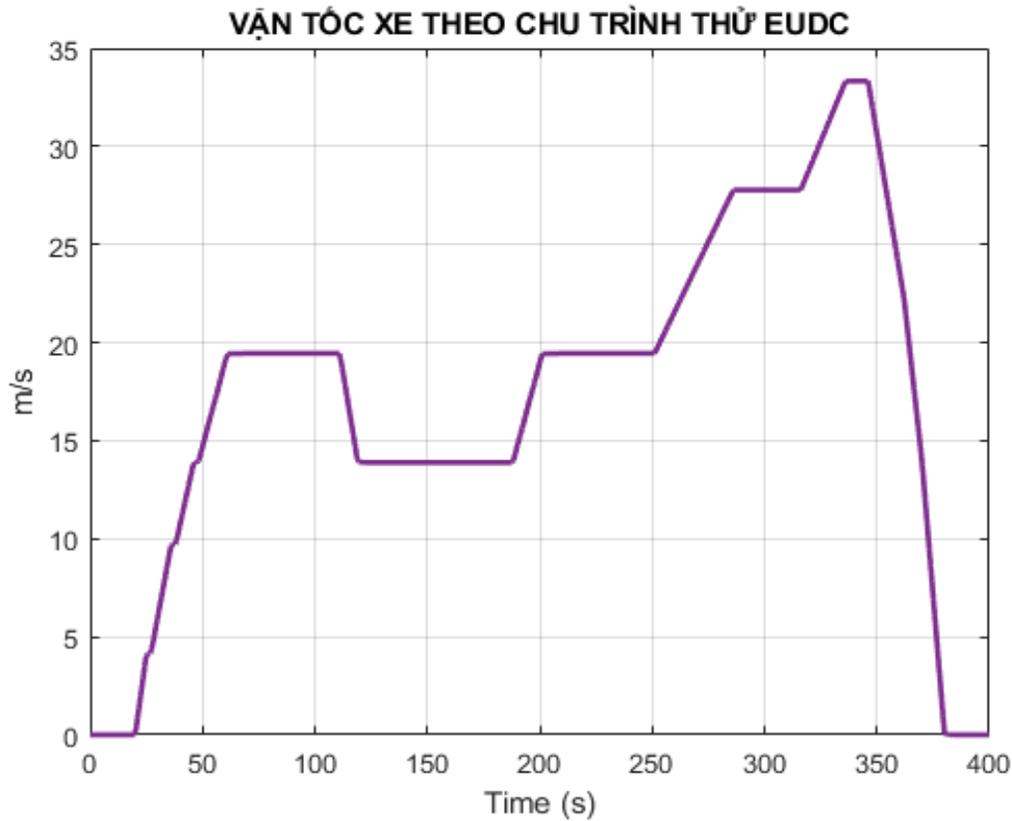
Bảng 4.4 Thông số tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải phông theo chu trình ECE 15.

Loại	Đặc trưng	Giá trị
Mức độ tiêu thụ nhiên liệu	L/100 Km	4.8
	Km/l	20.83
	MPG	49.00
	Total Fuel Used (L)	0.0477
Mức độ phát thải	CO (g)	2.1
	HC (g)	0.21
	NOx (g)	0.3
	CO2 (kg)	0.110

Số liệu tiêu thụ nhiên liệu 4.8 L/100 Km (tương đương 20.83 Km/l và 49 MPG) cho Toyota Camry Hybrid là con số khá ấn tượng trong điều kiện chu trình ECE 15. Trong chu trình ECE 15 được mô phỏng với nhiều pha dừng và khởi động lại nên mức tiêu thụ cao hơn với chu trình FTP 75.

Kết quả mô phỏng chu trình ECE-15 cho thấy xe tiêu thụ 0.0477 lít nhiên liệu, phát thải khoảng 110 CO₂ /km, cao hơn mức giới hạn 95 g/km theo tiêu chuẩn Euro 6 cho xe hybrid. Các khí gây ô nhiễm khác như CO (~2.1 g), HC (0.2 g) và NOx (~0.2 g) đều nằm trong giới hạn cho phép của các tiêu chuẩn Euro 6. Nhìn chung, xe có mức tiêu hao nhiên liệu và phát thải thấp, nhưng chưa đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt dành cho xe hybrid hiện nay.

4.4.4. Kết quả mô phỏng theo chu trình EUDC.



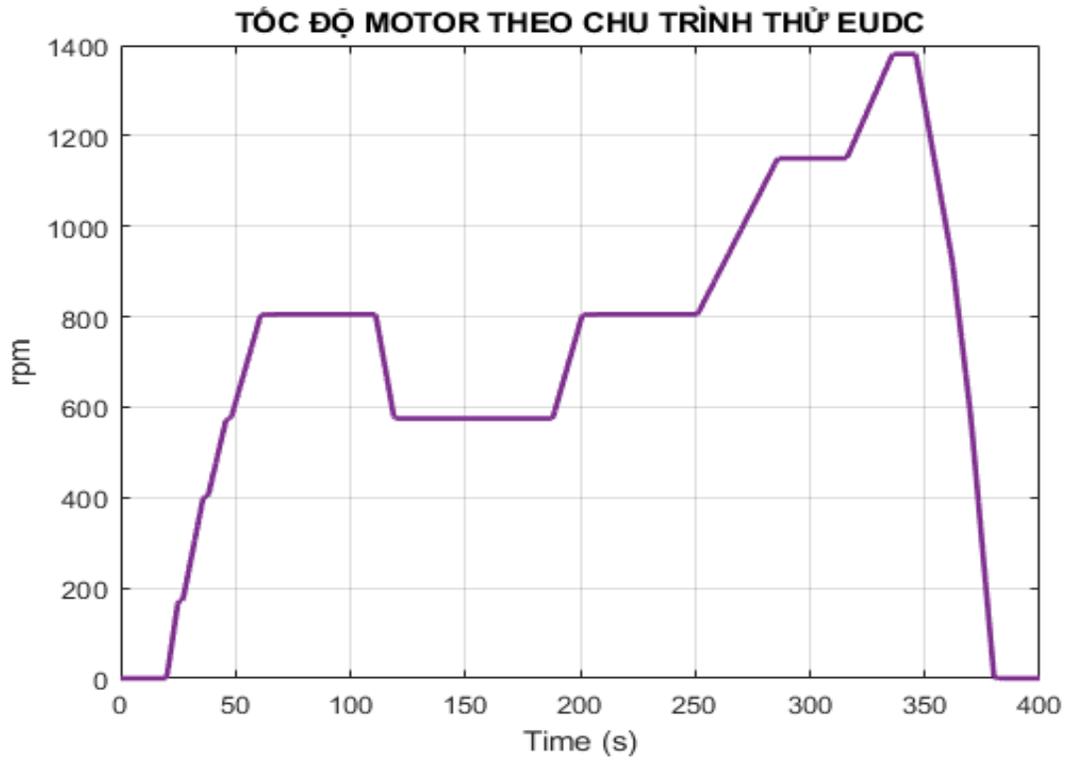
Hình 4.51 Đồ thị vận tốc xe Hybrid theo chu trình EUDC.

Chu trình bắt đầu từ 0–50 giây, xe tăng tốc nhẹ lên ~65 km/h, mô phỏng quá trình khởi hành. Từ 50–100 giây, xe duy trì tốc độ ổn định, phản ánh đoạn hành trình đều.

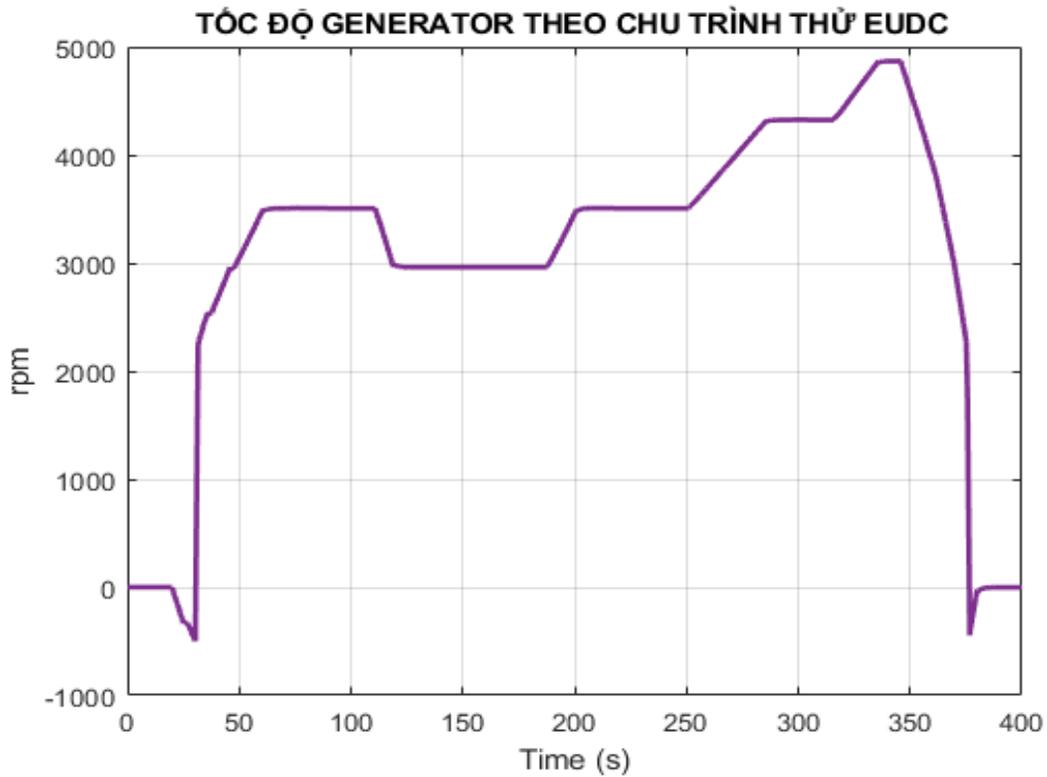
Tiếp theo, từ 100–130 giây, xe giảm tốc xuống 50 km/h, rồi duy trì mức này đến 190 giây, thể hiện điều kiện giao thông chậm hoặc khu vực giới hạn tốc độ.

Từ 190–240 giây, xe tăng tốc trở lại lên 70 km/h, sau đó giữ ổn định đến 280 giây. Từ 280–320 giây, xe tăng tốc nhanh lên 120 km/h, rồi duy trì tốc độ tối đa này trong 20 giây.

Cuối cùng, từ 340–380 giây, xe giảm tốc đột ngột về 0 km/h, mô phỏng tình huống phanh khẩn cấp hoặc dừng xe hoàn toàn. Tổng thể, chu trình thể hiện các tình huống lái xe đa dạng: khởi hành, di chuyển ổn định ở nhiều tốc độ, tăng tốc nhanh và phanh gấp, giúp đánh giá toàn diện hiệu suất và phản ứng của xe trong điều kiện thực tế.



Hình 4.52 Đồ thị tốc độ Motor theo chu trình EUDC.



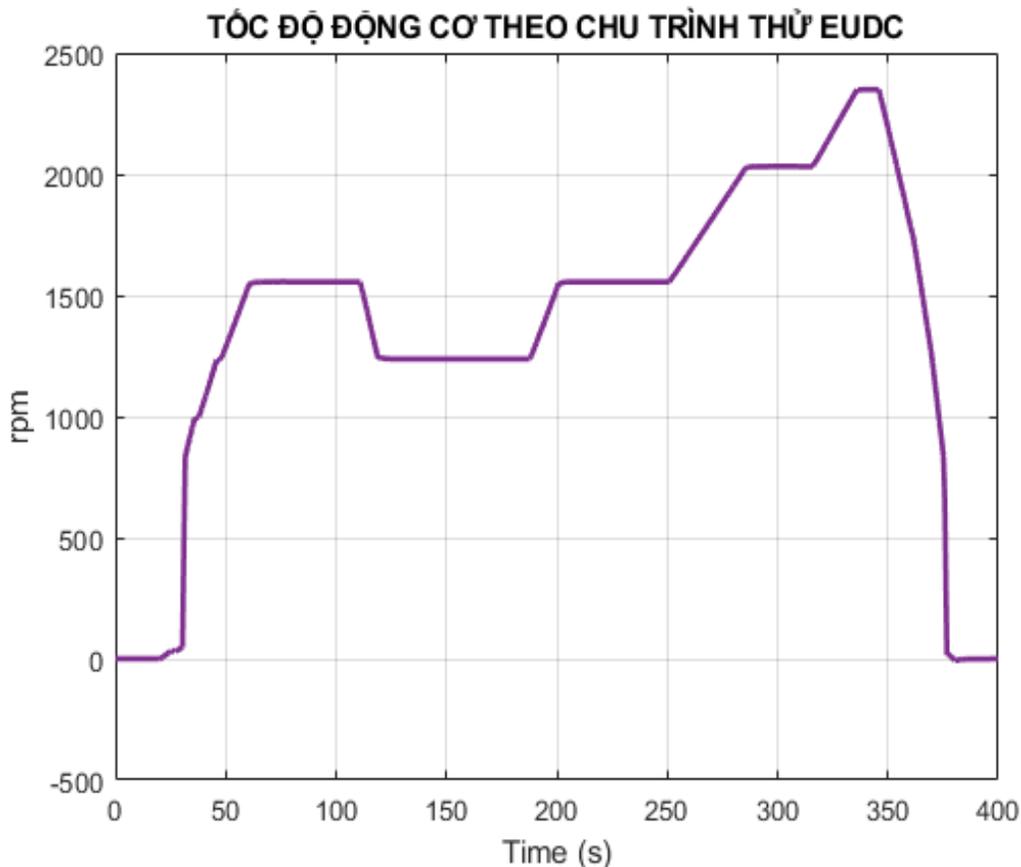
Hình 4.53 Đồ thị tốc độ Generator theo chu trình EUDC.

Motor bắt đầu từ 0 RPM, tăng nhanh lên ~650 RPM trong 50 giây đầu, hỗ trợ xe tăng tốc. Sau đó, giữ ổn định (50–100s), rồi giảm nhẹ xuống 500 RPM khi xe giảm tốc (100–130s) và duy trì (đến 190s).

Khi xe tăng tốc trở lại, motor tăng lên ~700 RPM (đến 280s) và đạt đỉnh ~1000 RPM khi xe đạt 120 km/h (320–340s). Cuối cùng, motor giảm nhanh về 0 khi xe phanh gấp, có thể chuyển sang chế độ tái tạo năng lượng.

Generator ban đầu hoạt động thấp hoặc âm. Từ 20–50s, tăng nhanh đến ~2900 RPM, sau đó duy trì ổn định trong các pha chạy đều. Khi xe giảm tốc, vận tốc giảm còn ~2400 RPM. Đến giai đoạn tăng tốc cực đại, generator đạt đỉnh ~3800 RPM (từ ~320s), rồi giảm đột ngột về 0 khi xe phanh, phản ánh quá trình sạc hoặc hỗ trợ hệ thống hybrid.

Ở đây có thể thấy vận tốc motor phản ánh trực tiếp tốc độ di chuyển của xe, trong khi vận tốc generator cho thấy hoạt động của máy phát điện và động cơ đốt trong trong việc quản lý và sản xuất năng lượng điện cho hệ thống, đôi khi ở vận tốc cao hơn nhiều so với motor để đảm bảo cung cấp đủ năng lượng cho toàn bộ hệ thống hybrid.



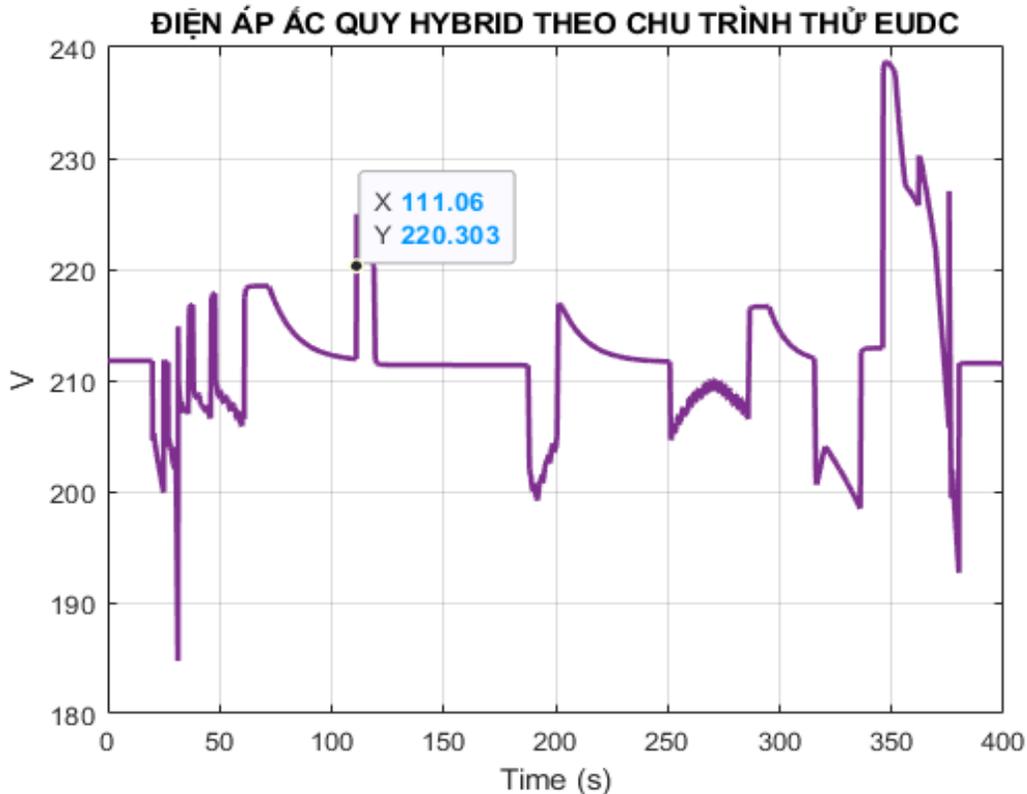
Hình 4.54 Đồ thị tốc độ động cơ theo chu trình EUDC.

Đồ thị thể hiện sự thay đổi tốc độ quay của động cơ (rpm) theo thời gian trong chu trình EUDC – một chu trình mô phỏng điều kiện lái xe ngoài đô thị với tốc độ cao và ít

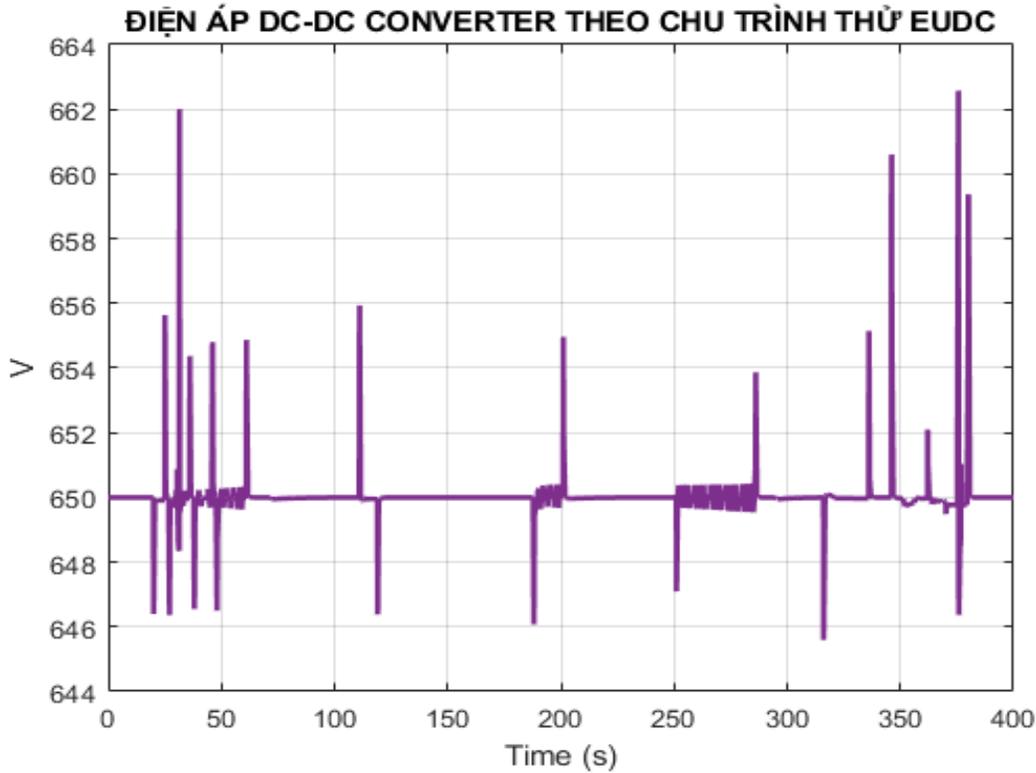
dừng. Trong giai đoạn sau 30s đầu, động cơ tăng tốc nhanh từ trạng thái nghỉ lên khoảng 1550 vòng/phút, thể hiện quá trình tăng tốc ban đầu. Từ 60 đến 120 giây, tốc độ động cơ được giữ ổn định, phản ánh điều kiện lái xe đều ở tốc độ trung bình.

Sau đó, động cơ giảm nhẹ về khoảng 1300 vòng/phút trước khi tăng trở lại, mô phỏng các tình huống giảm tốc và tăng tốc nhẹ khi lưu thông. Từ 230 giây trở đi, tốc độ động cơ tăng cao hơn, đặc biệt đạt đỉnh khoảng 2400 vòng/phút ở giai đoạn 330–350 giây, tương ứng với tình huống vượt xe hoặc tăng tốc mạnh. Cuối cùng, động cơ giảm tốc nhanh về gần 0 vòng/phút, mô phỏng xe dừng hẳn.

Với đặc điểm hoạt động như vậy, hệ thống hybrid có thể tận dụng tối đa mô-tơ điện trong các pha tải nhẹ hoặc giảm tốc, giúp tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải đáng kể so với xe động cơ đốt trong truyền thống.



Hình 4.55 Đồ thị điện áp ắc quy Hybrid theo chu trình EUDC.



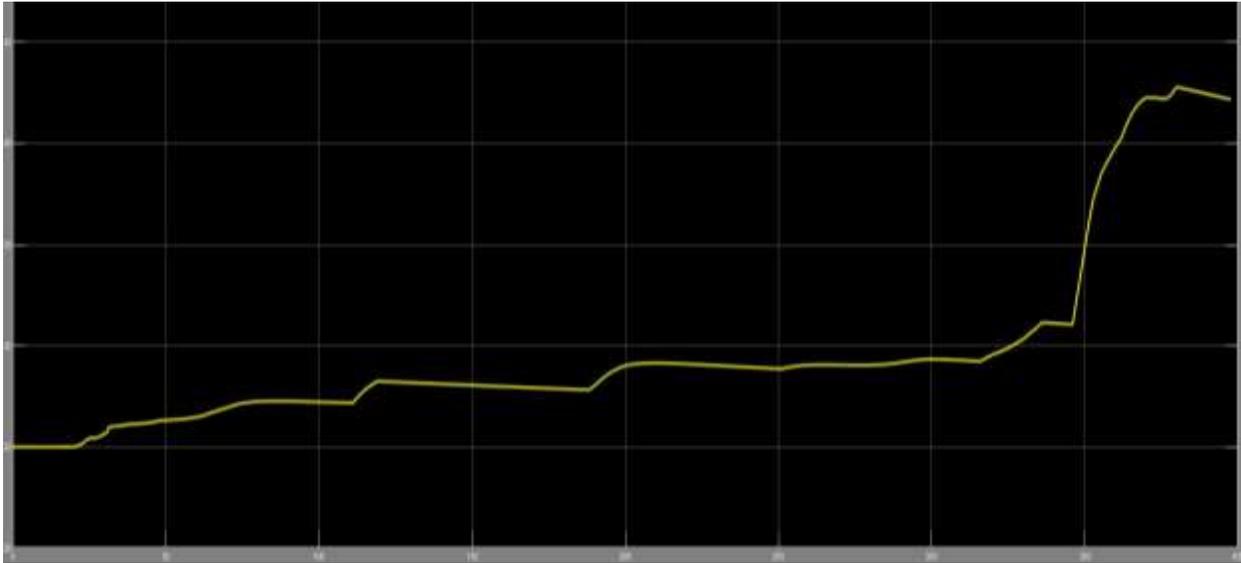
Hình 4.56 Đồ thị điện áp DC-DC Converter theo chu trình EUDC.

Đồ thị điện áp ác quy phản ánh sự thay đổi điện áp pin theo thời gian, thể hiện chiến lược quản lý năng lượng của hệ thống hybrid.

- Giai đoạn đầu tiên điện áp tương đối cao cho thấy pin hiện tại đang ở trạng thái đầy.
- 0–40 giây: Điện áp giảm nhanh do xả pin mạnh khi xe khởi hành và tăng tốc lên 65 km/h, cho thấy motor tiêu thụ nhiều năng lượng.
- 40–200 giây: Điện áp tăng và dao động nhẹ ở mức cao (~220 V), phản ánh giai đoạn sạc hoặc tiêu thụ năng lượng thấp khi xe chạy ổn định ở 65 rồi 50 km/h.
- 200–260 giây: Điện áp giảm trở lại khi xe tăng tốc từ 50 lên 70 km/h, biểu thị xả pin để hỗ trợ motor.
- 260–320 giây: Điện áp phục hồi nhẹ hoặc giữ ổn định, thể hiện cân bằng giữa sạc và xả trước pha tăng tốc tiếp theo. 320–340 giây: Điện áp giảm do xả mạnh khi xe tăng tốc nhanh lên 120 km/h.
- 340–380 giây: Điện áp tăng vọt, vượt mức ban đầu khi xe phanh gấp, cho thấy phanh tái sinh hoạt động, sạc lại pin bằng động năng. Đây là một đặc điểm của xe Hybrid giúp xe cải thiện hiệu suất nhiên liệu.

Như vậy, điện áp pin và tốc độ xe có mối quan hệ nghịch biến ở các giai đoạn tăng tốc và thuận biến ở các giai đoạn giảm tốc. Khi xe tăng tốc, pin thường bị xả (điện áp giảm)

để cung cấp năng lượng. Ngược lại, khi xe giảm tốc hoặc chạy ở tốc độ ổn định và không cần nhiều công suất tức thời, pin có xu hướng được sạc (điện áp tăng) bởi máy phát điện hoặc thông qua phanh tái sinh. Đồ thị điện áp pin thể hiện rõ ràng chiến lược quản lý năng lượng thông minh của hệ thống hybrid, liên tục điều chỉnh giữa các chế độ sạc và xả để duy trì hiệu suất và tối ưu hóa mức tiêu thụ nhiên liệu dựa trên nhu cầu lái xe.



Hình 4.57 Đồ thị nhiệt độ DC-DC Converter theo chu trình EUDC.

Nhiệt độ của bộ DC-DC có xu hướng tăng trong suốt quá trình làm việc của xe nhưng không đáng kể, nhiệt độ mô phỏng trong khoảng 25-43⁰C nằm trong ngưỡng an toàn của nhiệt độ ác quy hybrid (20-45⁰C).

Bảng 4.5 Thông số tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải theo chu trình EUDC.

Loại	Đặc trưng	Giá trị
Mức độ tiêu thụ nhiên liệu	L/100 Km	4.25
	Km/l	23.53
	MPG	55.34
	Total Fuel Used (L)	0.295
Mức độ phát thải	CO (g)	3.5
	HC (g)	0.27
	NOx (g)	0.35
	CO2 (kg)	0.504

Tương tự chu trình ECE 15, ta có thể thấy chỉ với 4.25L/100km, như vậy thì cũng chưa cần tới 5 lít nhiên liệu xe có thể di chuyển quãng đường 100km. Đây vẫn là một con số rất ấn tượng, khi so sánh với nhiều xe xăng phổ thông thường tiêu thụ từ 7-10 lít/100km hoặc thậm chí cao hơn. Với mỗi lít nhiên liệu xe di chuyển được gần 23.53km khẳng định

được khả năng vận hành của xe hiệu quả, giúp người lái tiết kiệm đáng kể chi phí nhiên liệu hàng ngày.

Mức khí thải của xe gồm các loại CO, HC, NO_x và CO₂ lần lượt là 3.5 g, 0.27 g, 0.35 g và 0.54 kg. Mức phát thải CO và HC tương đối thấp, cho thấy quá trình đốt cháy nhiên liệu diễn ra hiệu quả và bộ xúc tác ba chiều hoạt động tốt trong việc giảm khí độc hại. Lượng NO_x ở mức 0.35 g tuy chưa hoàn toàn đạt mức tiêu chuẩn khắt khe của các quy định mới như Euro 6, nhưng vẫn nằm trong giới hạn chấp nhận được đối với nhiều loại xe hybrid hiện nay. Đặc biệt, lượng CO₂ phát thải ở mức 0.54 kg phản ánh khả năng tiết kiệm nhiên liệu và giảm khí nhà kính, phù hợp với tiêu chí của xe hybrid và xe tiết kiệm nhiên liệu. Nhìn chung, các chỉ số khí thải trên cho thấy xe có hiệu suất vận hành tốt và thân thiện hơn với môi trường so với xe sử dụng công nghệ truyền thống.

4.4.5. So sánh kết quả mô phỏng.

Bảng 4.6 So sánh thông số mô phỏng của các chu trình.

Đặc Trưng	Bướm ga	FTP- 75	ECE 15	EUDC
Môi trường mô phỏng	Bướm ga được điều khiển mở toàn tải	Lái xe trong đô thị, nhiều lần dừng.	Lái xe đô thị, tốc độ thấp.	Lái xe ngoài đô thị, tốc độ cao.
Tốc độ trung bình		25.81 Km/h	18.35 Km/h	62.6 Km/h
Thời gian mô phỏng	250s	2474s	195s	400s
Quảng đường	9.45km	17.77 km	0.9941 km	6.95 km
Tốc độ tối đa	205 Km/h	91 Km/h	50 km/h	120 km/h
Mức tiêu thụ nhiên liệu	5.8L/Km	3.2 L/100Km	4.8 L/Km	4.25 L/Km
Tổng nhiên liệu sử dụng	0.5497 L	0.353	0.0477 L	0.295 L
Khả năng tái tạo	Thấp	Cao	Trung bình	Trung bình
CO	5.4 g	1.5 g	2.1 g	3.5 g
HC	0.435 g	0.10 g	0.21 g	0.27 g
NOX	0.435 g	0.18 g	0.3 g	0.35 g
CO ₂	1.2261 kg	0.815 kg	0.110 kg	0.504 kg

Mức tiêu hao nhiên liệu thay đổi tùy theo các chu trình mô phỏng. Trong 3 chu trình đã mô phỏng, chu trình FTP- 75 có mức tiêu thụ nhiên liệu thấp nhất 3.2L/100Km. Đây là một mức tiêu hao nhiên liệu khá thấp, phản ánh khả năng tiết kiệm nhiên liệu tốt của hệ thống hybrid nhờ tận dụng hiệu quả chế độ chạy điện và tái tạo năng lượng khi phanh phản ánh hybrid khi tái tạo lại năng lượng nhờ phanh, khi xe bắt đầu khởi hành sẽ dùng năng lượng điện khởi động và vận hành của xe trong chu trình này có động cơ điện hoạt động thường xuyên. Vì vậy càng cho ta thấy hiệu quả của xe hybrid trong các điều kiện lái đô thị, giúp người lái tiết kiệm đáng kể chi phí nhiên liệu hàng ngày và giảm khí thải đối với môi trường. Chu trình FTP-75, đại diện cho điều kiện đô thị có nhiều lần dừng–chạy, có quãng đường dài nhất (17.77 km), nhưng tổng lượng nhiên liệu tiêu thụ ở mức trung bình (0.353 L), dẫn đến phát thải CO₂ cao nhất (1.2261 kg). Tuy nhiên, mức phát thải các khí độc hại như CO (1.5 g), HC (0.436 g) và NO_x (0.18 g) lại thấp nhất trong ba chu trình, cho thấy hiệu quả kiểm soát khí thải tốt trong điều kiện đô thị.

Ở chu trình ECE 15 – mô phỏng điều kiện lái xe đô thị châu Âu với tốc độ thấp – mức tiêu thụ nhiên liệu lại cao hơn, lên đến 4.8 L/100 km. Nguyên nhân có thể do thời gian mô phỏng ngắn (195 giây) và quãng đường ngắn (0.9941 km) và động cơ khởi động liên tục khiến hệ thống hybrid chưa kịp phát huy tối ưu các chế độ tiết kiệm năng lượng như EV mode hay phanh tái tạo. Chu trình ECE-15 có mức tiêu thụ nhiên liệu trên 100 km cao (4.8 L/100 km), nhưng do quãng đường chạy ngắn (0.9941 km), nên tổng lượng nhiên liệu tiêu thụ và phát thải khí tương đối thấp. Tuy vậy, phát thải NO_x (0.3 g) cao hơn FTP-75, phản ánh sự gia tăng phát thải do điều kiện vận hành thiếu ổn định.

Trong khi đó, chu trình EUDC – mô phỏng điều kiện lái xe ngoài đô thị với tốc độ cao và ổn định – lại cho kết quả tiêu hao nhiên, chỉ 4.25 L/100 km. Mặc dù khả năng tái tạo năng lượng ở chu trình này chỉ ở mức trung bình do ít dừng xe, nhưng động cơ xăng hoạt động ở vùng hiệu suất tối ưu đã giúp giảm mức tiêu hao nhiên liệu đáng kể. Như vậy, xe hybrid có thể tiết kiệm nhiên liệu hiệu quả. Đối với mô phỏng xe theo việc điều khiển bướm ga thì xe sử dụng 5.8L/100Km, đây là mức nhiên liệu cao nhưng vì đặc trưng của bài mô phỏng là động cơ làm việc từ đầu quá trình đến cuối quá trình nên đạt mức tiêu thụ nhiên liệu cao nhất trong các chu trình thử. Chu trình EUDC có mức tiêu thụ nhiên liệu thấp (4.25 L/100 km), tổng tiêu thụ nhiên liệu là 0.295 L. Tuy nhiên, phát thải CO (3.5 g), NO_x (0.35 g) và HC (0.27 g) lại cao hơn ECE-15 và FTP-75, cho thấy ở tốc độ cao, quá trình đốt cháy nhiên liệu sinh ra nhiều chất ô nhiễm hơn dù hiệu suất nhiên liệu cao hơn.

Mô phỏng với tín hiệu độ mở bướm ga cho ra mức tiêu hao nhiên liệu cao nhất 5.8L/100Km bởi vì xe được chạy với vận tốc cao, động cơ đốt trong và toàn hệ thống động lực làm việc hết công suất. Khi đó mức độ tiêu hao nhiên liệu tăng lên khá cao so với các

chu trình thử khác. Mức độ phát thải CO (5.4g), HC, NOx và CO₂ đều ở mức cao nhất trong các bài mô phỏng

Tóm lại, phát thải CO₂ phụ thuộc chặt chẽ vào lượng nhiên liệu sử dụng, trong khi các chất ô nhiễm như CO, HC, NOx lại bị ảnh hưởng bởi điều kiện vận hành (tốc độ, tải trọng). Việc tối ưu hóa hệ thống động lực để giảm phát thải ở các chế độ hoạt động khác nhau là rất cần thiết nhằm giảm thiểu tác động môi trường.

KẾT LUẬN

Qua quá trình nghiên cứu và thực hiện đề tài "khảo sát, tính toán kiểm nghiệm và mô phỏng hệ thống động lực của xe Toyota Camry Hybrid" đề tài đã đạt được những kết quả sau:

1. Về mặt lý thuyết và tổng quan:

Đã làm rõ được lý do cần nghiên cứu xe Hybrid trong bối cảnh ô nhiễm môi trường và khủng hoảng năng lượng ngày càng gia tăng. Tổng hợp được các kiến thức tổng quan về xe Hybrid, bao gồm: lịch sử hình thành, phân loại, nguyên lý hoạt động, cấu tạo hệ thống động lực và các xu thế phát triển hiện nay. Phân tích ưu và nhược điểm của các hệ truyền động hybrid như: song song, nối tiếp, hỗn hợp... đồng thời phân biệt được các dòng FHEV, MHEV, PHEV và REX.

2. Về khảo sát thực tế và tính toán:

Tìm hiểu về một số công nghệ mới của Toyota như TNGA, THS II... Tiến hành khảo sát chi tiết hệ thống động lực của Toyota Camry Hybrid 2023 như: động cơ, MG1, MG2, hộp số P710... và giới thiệu về một số hệ thống điều khiển trên xe. Tính toán các trạng thái vận hành thực tế của xe (khởi hành, tăng tốc, leo dốc, phanh tái sinh...), qua đó xác định công suất, mô men xoắn yêu cầu và khả năng đáp ứng của các thành phần như: động cơ đốt trong, động cơ điện, ắc quy hybrid và bộ chia công suất. Đánh giá hiệu quả của chiến lược điều phối giữa các nguồn động lực (ICE và motor điện) nhằm tối ưu hiệu suất vận hành.

3. Về mô phỏng bằng MATLAB/Simulink:

Xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống động lực đầy đủ của cấu hình xe Hybrid nối tiếp- song song trên MATLAB/Simulink với các khối cơ bản như: Kph Demand, Control Strategy, PSD, Electrical, Engine, Vehicle Body... Thiết lập ba chu trình thử chuẩn: FTP-75, ECE-15, EUDC để kiểm tra khả năng tiết kiệm nhiên liệu và mức độ phát thải....

Kết quả mô phỏng cho thấy:

- Ở bài mô phỏng theo bướm ga, mức tiêu hao nhiên liệu cao nhất với 5.8L/Km và khí thải đều đạt ở mức cao nhất so với 3 chu trình thử còn lại.

- Ở chu trình FTP-75 (đô thị Mỹ), mức tiêu hao nhiên liệu đạt 3.2 L/100 km, phát thải: CO thấp, HC/NOx trung bình. Cho thấy khả năng vận hành hiệu quả trong điều kiện dừng - khởi động liên tục, và mức phát thải ở mức thấp.

- Chu trình ECE 15 (đô thị châu Âu), mức tiêu hao nhiên liệu cao với 4.8 L/100 km, và mức phát thải ở mức trung bình do quãng đường ngắn và khó phát huy tối ưu chế độ hybrid

- Ở chu trình EUDC (ngoài đô thị), mức tiêu hao thấp nhất, chỉ 4.25 L/100 km, nhờ động cơ hoạt động ở tốc độ ổn định và hiệu suất cao với mức độ phát thải ở mức tương đối cao.

Hybrid có khả năng tiết kiệm nhiên liệu đáng kể, đặc biệt trong điều kiện vận hành đô thị và mức phát thải và tiêu hao nhiên liệu được giảm đáng kể so với xe sử dụng động cơ đốt trong truyền thống. Hệ thống điều khiển phối hợp giữa ICE và MG1, MG2 hoạt động hiệu quả trong từng tình huống lái xe.

Mặc dù đề tài đã có một số kết quả nhất định nhưng do giới hạn về thời gian và hạn chế về các tài liệu tham khảo... nên đề tài vẫn còn một số hạn chế và khó khăn như:

- Chưa khảo sát đầy đủ và chuyên sâu vào hệ thống động lực trên xe Hybrid do có nhiều công nghệ mới và tài liệu chính hãng về xe còn hạn chế.

- Quá trình tính toán hệ thống động lực hybrid nối tiếp – song song còn gặp khó khăn khi đây là một nội dung nghiên cứu khá mới, có khá ít tài liệu, giáo trình hướng dẫn về tính toán nội dung này.

- Mô hình mô phỏng còn đơn giản, chưa thể hiện rõ một số yếu tố của xe hybrid trong các chu trình thử...

Với xu hướng phát triển mạnh mẽ và nhanh chóng của các phương tiện thân thiện với môi trường đặc biệt là xe Hybrid, đề tài này hoàn toàn còn tiềm năng và có thể tiếp tục được nghiên cứu phát triển trong tương lai. Một số những hướng phát triển như:

- Nghiên cứu xây dựng quy trình tính toán hệ thống động lực của xe hybrid nối tiếp-song song, hoặc cho các loại xe Hybrid mới như Plug In Hybrid...

- Nghiên cứu nâng cao hiệu suất của hệ thống động lực, giảm tổn thất năng lượng, và tối ưu hóa việc sử dụng tái tạo năng lượng trên các xe Hybrid hoặc xe điện EV.

- Nghiên cứu ứng dụng AI vào việc lập trình giải quyết các bài toán mô phỏng, điều khiển hệ thống động lực xe Hybrid một cách tối ưu hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] GS. TSKH. Bùi Văn Ga, PGS. TS. Trần Văn Nam. (2010). *Ô tô không truyền thống*. Việt Nam. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
- [2] Ehsani, Yimin Gao, Stefano Longo, and Kambiz Ebrahimi (2018). *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*. CRC Press 2018.
- [3] Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng (1996). *Lý thuyết ô tô máy kéo*. NXB Khoa học kỹ thuật.
- [4] Trường Đại học Bách khoa, Khoa Cơ khí Giao thông. (2023). *Bài giảng hệ thống động lực ô tô*. Đà Nẵng.
- [5] Trần Văn Đăng (2022) *Nghiên cứu tính toán thiết kế hệ thống động lực xe Hybrid*. Luận án tiến sĩ 2022. Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội .
- [6] Ray, R., & Shanker, R. (2021). *Series-parallel hybrid electric vehicle parameter analysis using MATLAB*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 9(X). <https://www.ijraset.com>.
- [7] Woldetensay, H. Z., Zeleke, D. S., & Tibba, G. S. (2024). *Study the effects of automobile emissions on the environment and the advancement of electric vehicle technology*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 13(8). <http://www.ijert.org>.
- [8] Raj, R., Tom, R., Abraham, P. V., & Griesh, R. (2019). *Simulation and modelling of hybrid electric vehicle*. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), 6(5). <https://www.jetir.org>.
- [9] Arif, S. M., Lie, T.-T., & Seet, B.-C. (2019, February). *A novel simulation model for analyzing the state of charge of electric vehicle*. Auckland University of Technology. Retrieved from. <https://www.researchgate.net/publication/330870362>.
- [10] Prajapati, K., & co-authors. (2014, December). *Hybrid vehicle: A study on technology*. Pandit Deendayal Petroleum University. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/270275708>.
- [11] Toyota Club. (2021, December 1). *Hybrid control system (P710)*. Toyota-Club.net. https://www.toyota-club.net/files/faq/21-12-01_faq_hybrid_tr_en.htm#P710.
- [12] VOV.VN. (2024, April 5). *Doanh số thị trường ô tô ảm đạm cùng nhiều hệ lụy hơn cả cầu*. <https://vov.vn/o-to-xe-may/o-to/doanh-so-thi-truong-o-to-am-dam-cung-nhieu-hon-cau-post1201089.vov>.

- [13] Littlesnake. (2025, May 19). *Việt Nam dẫn đầu tăng trưởng doanh số bán ô tô khu vực Đông Nam Á*. Autodaily. <https://forum.autodaily.vn/threads/viet-nam-dan-dau-tang-truong-doanh-so-ban-o-to-khu-vuc-dong-nam-a.54254/>.
- [14] Ô tô hybrid. (n.d.). Trong Wikipedia tiếng Việt. Truy xuất ngày 20 tháng 4 năm 2025, từ https://vi.wikipedia.org/wiki/%C3%94_t%C3%B4_hybrid.
- [15] Toyota Parts Catalogs. (n.d.). Toyota Camry Hybrid 2022 (AXVH70R-AEXDBQ). PartSouq. Truy cập ngày 15 tháng 5 năm 2025, từ https://www.toyodiy.com/parts/g_G_2022_TOYOTA_CAMRY+%28HYBRID%29_AXVH70R-AEXDBQ.html.
- [16] MathWorks (n.d.). Hybrid Electric Vehicle (HEV) Model.
- [17] Toyota Vietnam. (n.d.). *Toyota Camry Hybrid*. Toyota Việt Nam.
- [18] Toyota Motor Corporation. (5/2003). “TOYOTA HYBRID SYSTEM II”, Japan
- [19] Toyota. (2023). TOYOTA CAMRY HYBRID. HYBRID VEHICLE DISMANTLING MANUAL
- [20] Toyota. (2023). TOYOTA CAMRY HYBRID. OWNER'S MANUAL.
- [21] Các tài liệu đào tạo nội bộ Toyota được Toyota Quảng Bình cung cấp.

