

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

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

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

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHANH TÁI SINH TRÊN XE HYBRID

Người hướng dẫn	: GS.TS. TRẦN VĂN NAM
Người duyệt	: PGS.TS. DƯƠNG VIỆT DŨNG
Sinh viên thực hiện	: TRẦN TẤN THÀNH CHUNG
Số thẻ sinh viên	: 103180071
Lớp	: 18C4B

Đà Nẵng, 12/2022

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

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

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

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHANH TÁI SINH TRÊN XE HYBRID

Người hướng dẫn : **GS.TS. TRẦN VĂN NAM**
Người duyệt : **PGS.TS. DƯƠNG VIỆT DŨNG**

Sinh viên thực hiện : **TRẦN TẤN THÀNH CHUNG**
Số thẻ sinh viên : **103180071**
Lớp : **18C4B**

Đà Nẵng, 12/2022

NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

I. Thông tin chung:

- Họ và tên sinh viên:
Trần Tấn Thành Chung Lớp: 18C4B MSSV: 103180071
- Tên đề tài:
“Thiết kế mô hình phanh tái sinh trên xe hybrid”
- Người hướng dẫn: Trần Văn Nam Học hàm/ học vị: Giáo sư. Tiến sĩ

Nhận xét đồ án tốt nghiệp:

- Về tính cấp thiết, sáng tạo và ứng dụng của đồ án: (điểm đánh giá tối đa là 2đ)
.....
- Về kết quả giải quyết các nội dung nhiệm vụ yêu cầu của đồ án: (điểm tối đa là 4đ)
.....
.....
- Về hình thức, cấu trúc, bố cục của đồ án tốt nghiệp: (điểm đánh giá tối đa là 2đ)
.....
.....
- NCKH: (nếu có bài báo khoa học hoặc ĐATN là đề tài NCKH: cộng thêm 1đ)
.....
.....
- Các tồn tại, thiếu sót cần bổ sung, chỉnh sửa:
.....
.....

II. Tinh thần, thái độ làm việc của sinh viên: (điểm đánh giá tối đa 1đ)

.....
.....

III. Đánh giá:

- Điểm đánh giá: /10
- Đề nghị: Được bảo vệ đồ án/ Bổ sung thêm đề bảo vệ/ Không được bảo vệ
Đà Nẵng, ngày tháng năm 2022
Người hướng dẫn

GS.TS. Trần Văn Nam

NHẬN XÉT PHẢN BIỆN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

I. Thông tin chung:

1. Họ và tên sinh viên:

Trần Tấn Thành Chung Lớp: 18C4B MSSV: 103180071

2. Tên đề tài: Thiết kế mô hình phanh tái sinh trên xe hybrid

3. Người phản biện: Học hàm/ học vị:

II. Nhận xét, đánh giá đồ án tốt nghiệp:

TT	Các tiêu chí đánh giá	Điểm tối đa	Điểm trừ	Điểm còn lại
1	Sinh viên có phương pháp nghiên cứu phù hợp, giải quyết đủ nhiệm vụ đồ án được giao	80		
1a	Hiểu và vận dụng được kiến thức Toán và khoa học tự nhiên trong vấn đề nghiên cứu	15		
1b	Hiểu và vận dụng được kiến thức cơ sở và chuyên ngành trong vấn đề nghiên cứu	25		
1c	Có kỹ năng vận dụng thành thạo các phần mềm mô phỏng, tính toán trong vấn đề nghiên cứu	10		
1d	Có kỹ năng đọc, hiểu tài liệu bằng tiếng nước ngoài ứng dụng trong vấn đề nghiên cứu	10		
1e	Có kỹ năng làm việc nhóm, kỹ năng giải quyết vấn đề	10		
1f	Đề tài có giá trị khoa học, công nghệ; có thể ứng dụng thực tiễn:	10		
2	Kỹ năng viết:	20		
2a	Bố cục hợp lý, lập luận rõ ràng, chặt chẽ, lời văn súc tích	15		
2b	Thuyết minh đồ án không có lỗi chính tả, in ấn, định dạng	5		
3	Tổng điểm đánh giá: theo thang 100			
	Quy về thang 10 (lấy đến 1 số lẻ)			

1. Các tồn tại, thiếu sót cần bổ sung, chỉnh sửa:

.....

2. Ý kiến khác:

.....

3. Đề nghị: Được bảo vệ đồ án/ Bổ sung thêm để bảo vệ/ Không được bảo vệ

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2022

Người phản biện

CÂU HỎI PHẢN BIỆN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

I. Thông tin chung:

1. Họ và tên sinh viên:

Trần Tấn Thành Chung Lớp: 18C4B MSSV: 103180071

2. Tên đề tài: Thiết kế mô hình phanh tái sinh trên xe hybrid

3. Người phản biện: Học hàm/ học vị:

II. Các câu hỏi đề nghị sinh viên trả lời

1.

.....

2.

.....

Đáp án: (người phản biện ghi vào khi chấm và nộp cùng với hồ sơ bảo vệ)

1.

.....

.....

.....

2.

.....

.....

.....

.....

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2022

Người phản biện

TÓM TẮT

Tên đề tài: Thiết kế mô hình phanh tái sinh trên xe hybrid

Sinh viên thực hiện:

Trần Tấn Thành Chung Lớp: 18C4B MSSV: 103180071

Nghiên cứu gồm lý thuyết kết hợp mô hình và thực nghiệm để thiết kế hệ thống phanh tái sinh trên xe hybrid thông qua các phần mềm thiết kế như: Catia: để thiết kế mô hình cơ khí.

Chương 1: Tổng quan về xe hybrid.

Chương 2: Giới thiệu về xe Toyota Prius

Chương 3: Tổng quan về hệ thống phanh tái sinh

Chương 6: Thiết kế hệ thống điều khiển mô hình hệ thống phanh tái sinh.

Chương 7: Chế tạo và thử nghiệm.

Chương 8: Kết luận và đề xuất của sinh viên.

Qua quá trình nghiên cứu và tìm hiểu, chúng em đã nắm được nguyên lý hoạt động cũng như phương án đánh giá tính hiệu quả của mô hình phanh tái tạo. Các thông số ảnh hưởng đến hệ thống để phanh tái tạo có thể hoạt động một cách hiệu quả nhất. Về phần điện chúng em đã thiết kế được một hệ thống mạch điện, điều khiển mô hình phanh tái tạo. Còn về phần cơ khí chúng em đã thiết kế trên phần mềm Catia mô hình cơ khí và tính bền các chi tiết cần thiết. Từ đó tổng hợp lại chúng em sẽ đưa ra các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất phanh tái tạo nhằm giảm mức tiêu thụ năng lượng điện, giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
2	Trần Tấn Thành Chung	103180071	18C4B	Kỹ thuật cơ khí

1. Tên đề tài đồ án:

“Thiết kế mô hình hệ thống phanh tái sinh trên xe hybrid”

2. Đề tài thuộc diện: ☐ Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện

3. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

- Thông số kỹ thuật xe Toyota Prius
- Động cơ điện 48VDC-600W
- Phụ tùng, nguyên vật liệu dùng cho sản xuất ô tô được tự chọn
- Tham khảo các ô tô hybrid sử dụng phanh tái tạo

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

a. Phần chung:

TT	Họ và tên sinh viên	Nội dung
2	Trần Tấn Thành Chung	Chương 1. Tổng quan về ô tô hybrid 1.1 Đặt vấn đề 1.2 Tổng quan về xe hybrid 1.3. Giới thiệu về xe hybrid 1.4. Hệ thống động lực ô tô hybrid điện 1.5 Cấu trúc của hệ thống dẫn động điện của ô tô hybrid điện Chương 2. Giới thiệu về xe Toyota Prius 2.1. Thông số kỹ thuật xe Toyota Prius 2.2. Tổng quan về hệ thống động lực Prius hybrid và hệ thống điều khiển 2.3. Hệ thống phanh Chương 3. Tổng quát hệ thống phanh tái sinh 3.1. Đặt vấn đề 3.2. Khái niệm 3.3. Yêu cầu 3.4. Ảnh hưởng của sự trượt giữa lốp xe với mặt đường 3.5. Ảnh hưởng của gia tốc phanh

		3.6. Tỷ lệ công suất của máy phát điện với khối lượng xe 3.7. Ảnh hưởng của chu trình vận hành xe chuẩn Chương 7. Chế tạo và thử nghiệm 7.1. Mô hình chế tạo 7.2. Thử nghiệm Chương 8. Kết luận
--	--	--

b. Phần riêng:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
3	Trần Tấn Thành Chung	Chương 6. Thiết kế mô hình điện điều khiển mô hình hệ thống phanh tái tạo 6.1. Một số thiết bị điện được dùng trong mô hình 6.2. Lựa chọn động cơ điện 5.1. Sơ đồ mạch

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

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
2	Trần Tấn Thành Chung	Bản vẽ 04: Bánh đai bị động (A3) Bản vẽ 05: Bánh đai chủ động (A3) Bản vẽ 08: Mô hình cơ khí phanh tái sinh (A3) Bản vẽ 10: Sơ đồ điện (A3)

<i>8. Họ tên người hướng dẫn:</i>	<i>Phần/ Nội dung:</i>
GS. TS. Trần Văn Nam	Thuyết minh
GS. TS. Trần Văn Nam	Bản vẽ và mô hình

9. Ngày giao nhiệm vụ đồ án:/...../202.....

10. Ngày hoàn thành đồ án:/...../202.....

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2022

Trưởng Bộ môn.....

Người hướng dẫn

GS. TS. Trần Văn Nam

LỜI NÓI ĐẦU

Đời sống kinh tế của thế giới hiện nay đang ngày càng phát triển cùng đi kèm với đó là hệ thống giao thông vận tải đóng một vai trò quan trọng. Do yêu cầu ngày càng cao về vận chuyển nên ngành công nghiệp ô tô đã cho ra nhiều mẫu mã với tính năng và đặc điểm sử dụng khác nhau.

Tuy nhiên, do phát triển cao về ngành giao thông vận tải, thế giới hiện nay phải đứng trước những vấn đề lớn như ô nhiễm môi trường, cạn kiệt nguồn nhiên liệu hoá thạch (nhiên liệu truyền thống). Để khắc phục những vấn đề khó khăn nói trên, cùng với các ngành khoa học công nghệ khác thì ngành công nghiệp ô tô kết hợp với các cơ sở nghiên cứu công nghệ khắp nơi để tìm cách cải tiến và thay thế các công nghệ cũ trên xe hơi. Mục đích của các nghiên cứu, thử nghiệm đó đều nhằm giảm sự phát thải ô nhiễm và giảm sự tiêu hao hoặc thay thế nhiên liệu truyền thống.

Một trong những giải pháp để giảm thiểu vấn đề nêu trên được các hãng xe đưa ra là chế tạo ra những dòng xe hybrid (lai). Với những ưu điểm và hiệu quả của nó, công nghệ hybrid đang là một lựa chọn phù hợp cho các nhà sản xuất xe hơi trong hiện tại và tương lai. Một chiếc xe sử dụng hai nguồn động lượng: một động cơ đốt trong (Internal Combustion Engine: ICE) và một thiết bị tích trữ năng lượng thì được gọi là hệ thống hybrid. Hiện nay, hệ thống xe hybrid kết hợp giữa động cơ đốt trong và động cơ điện được sử dụng khá phổ biến. Hệ thống này thường được chia làm 3 kiểu truyền lực: kiểu nối tiếp, kiểu song song và kiểu hỗn hợp. Dù là kiểu hệ thống truyền lực nào đi nữa thì hệ thống hybrid đều phải có các bộ phận như động cơ đốt trong, mô tơ điện và máy phát điện (Motor and Generator: MG) và ắc quy cao áp (Hybrid Vehicle Battery: HVB). Một trong những yếu tố giúp dòng xe này tiết kiệm nhiên liệu đó là nó tận dụng được năng lượng tái tạo khi xe giảm tốc thông qua hệ thống phanh tái sinh năng lượng (Regenerative Braking System : RBS).

Có rất nhiều mẫu xe hơi của các hãng nổi tiếng đã thu được thành công khi tung ra thị trường như: Toyota Prius, Honda Insight, BMW 18... Với những thành công và sự cần thiết của công nghệ hybrid như đã nêu trên, do đó nhóm em đã mạnh dạn cho đề tài “Thiết kế hệ thống phanh tái sinh điện trên xe hybrid” làm đề tài tốt nghiệp. Do đây là một đề tài có phạm vi rộng cũng như còn nhiều hạn chế về kiến thức thực tế cũng như tài liệu, nên không thể tránh khỏi những thiếu sót, mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo để đề tài được hoàn thiện hơn.

Chúng em xin chân thành cảm ơn đến các thầy GS. TS. Trần Văn Nam – giáo viên hướng dẫn, TS. Lê Minh Đức, TS. Lê Minh Tiến đã giúp đỡ chúng em trong quá

trình thực hiện đồ án, giúp chúng em trang bị những điều cần thiết để sau khi ra trường có nhiều kỹ năng giúp cho làm việc tốt hơn.

Chúng em xin chân thành cảm ơn!

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2023

Nhóm sinh viên thực hiện

Trần Tấn Thành Chung

CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan kết quả thực hiện nghiên cứu trong đồ án này là trung thực và chưa hề được sử dụng để bảo vệ một học vị nào. Những phần sử dụng tài liệu tham khảo trong đồ án đã được nêu rõ trong phần tài liệu tham khảo. Mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện luận văn này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong luận văn đã được chỉ rõ nguồn gốc rõ ràng và được phép công bố. Nếu có sai sót gì xảy ra tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm và chịu mọi kỷ luật của bộ môn và nhà trường đề ra.

NHÓM SINH VIÊN THỰC HIỆN

Trần Tấn Thành Chung

MỤC LỤC

TÓM TẮT.....	
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	
LỜI NÓI ĐẦU.....	vii
CAM ĐOAN.....	ix
MỤC LỤC	x
DANH SÁCH CÁC BẢNG VÀ HÌNH ẢNH.....	xii
DANH SÁCH CÁC KÍ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	xv
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ XE HYBRID	1
1.1. Đặt vấn đề	1
1.2. Tổng quan về xe hybrid	2
1.3. Giới thiệu về xe hybrid	2
1.3.1. Xu hướng xe hybrid trên thế giới	2
1.3.2. Lợi ích và rào cản của xe hybrid.....	8
1.4. Hệ thống động lực ô tô hybrid điện	10
1.5. Cấu trúc của hệ thống dẫn động điện của ô tô hybrid điện.....	13
1.5.1. Hệ thống truyền động ô tô hybrid nối tiếp.....	14
1.5.2. Hệ thống hybrid song song	16
CHƯƠNG 2. GIỚI THIỆU VỀ XE TOYOTA PRIUS.....	31
2.1. Thông số kỹ thuật xe Toyota Prius	31
2.2. Tổng quan về hệ thống động lực Prius hybrid và hệ thống điều khiển	32
2.2.1. Sơ đồ hệ thống động lực	32
2.2.2. Động cơ nhiệt.....	33
2.2.3. Hệ thống hybrid xuyên trục	33
2.2.4. Bộ phận chuyển đổi điện (Inverter with Converter).....	35
2.2.5. Ắc-quy điện áp cao. (HV Battery - High Volt Battery).....	35
2.2.6. Bộ chuyển đổi tăng áp Booster Converter	36
2.2.7. Inverter.....	37
2.2.8. Bộ biến đổi DC-DC	37
2.2.9. Biến tần AC	37
2.3. Hệ thống phanh	38

2.3.1. Phối hợp điều khiển phanh tái tạo	38
2.3.2. Kiểm soát phân bố lực phanh	38
2.3.3. Hệ thống hỗ trợ phanh	40
2.3.4. Lái trợ lực điện (EPS)	41
2.3.5. Hệ thống kiểm soát ổn định ô tô (VSC)	41
CHƯƠNG 3: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PHANH TÁI SINH.	43
3.1. Đặt vấn đề	43
3.2. Khái niệm hệ thống phanh tái sinh.....	43
3.3. Yêu cầu của hệ thống phanh tái tạo năng lượng	44
3.4. Ảnh hưởng của sự trượt giữa lốp xe với mặt đường.	44
3.5. Ảnh hưởng của gia tốc phanh.	48
3.6. Tỷ lệ công suất của máy phát điện với khối lượng xe.	50
CHƯƠNG 6. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHANH TÁI TẠO	58
6.1. Một số thiết bị điện được dùng trong mô hình.....	58
6.1.1. Rơ le.....	58
6.1.2. Cầu chỉnh lưu 3 pha.....	59
6.1.3. IC bo đa năng.....	61
6.1.4. Công tác hành trình.....	63
6.2. Lựa chọn động cơ điện.....	63
6.3. Sơ đồ mạch điện.....	64
CHƯƠNG 7. CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM	65
7.1. Mô hình chế tạo.....	65
7.1.1. Chế tạo mô hình cơ khí.....	65
7.1.2. Gia công mạch	66
7.2. Thử nghiệm	66
CHƯƠNG 8. KẾT LUẬN	67
8.1. Hiệu quả phanh tái sinh.....	67
8.2. Kết luận	67
TÀI LIỆU THAM KHẢO	68

DANH SÁCH CÁC BẢNG VÀ HÌNH ẢNH

Hình 1. 1. Cấu tạo xe hybrid gồm động cơ đốt trong và động cơ điện	2
Hình 1. 2. Toyota Prius, ô tô hybrid thương mại đầu tiên trên thế giới	4
Hình 1. 3. Các chế độ vận hành trong thực tế của ô tô hybrid Prius	7
Hình 1. 4. Đồ thị mô tả mối liên hệ giữa hiệu suất và khả năng tăng tốc	8
Hình 1. 5. Minh họa hệ thống động lực ô tô hybrid điện	10
Hình 1. 6. Phân tích công suất tải	12
Hình 1. 7. Phân loại ô tô hybrid điện	13
Hình 1. 8. Cấu hình hệ thống động lực ô tô hybrid nối tiếp	14
Hình 1. 9. Cấu hình hệ thống động lực ô tô điện hybrid song song	17
Hình 1. 10. Nguyên lý bộ truyền momen cơ khí	18
Hình 1. 11. Bộ phối hợp momen có khí dùng chung	18
Hình 1. 12. Cấu hình hệ thống 2 trục	19
Hình 1. 13. Biến thiên lực kéo theo tốc độ xe với các sơ đồ truyền động khác nhau. ..	20
Hình 1. 14. Cấu hình 2 trục	21
Hình 1. 15. Hệ thống động lực ô tô hybrid song song kết hợp momen một trục truyền động trước	22
Hình 1. 16. Hệ thống động lực hybrid kết hợp momen kiểu trục đơn hậu truyền động.	22
Hình 1. 17. Hệ thống động lực ô tô hybrid song song kết hợp momen trục riêng rẽ	23
Hình 1. 18. Kết hợp tốc độ	24
Hình 1. 19. Bộ kết hợp tốc độ tiêu biểu	24
Hình 1. 20. Hệ thống động lực hybrid với bộ kết hợp tốc độ kiểu bánh răng hành tinh	25
Hình 1. 21. Hệ thống động lực hybrid phối hợp tốc độ với động cơ điện transmotor ..	26
Hình 1. 22. Hệ thống động lực hybrid vừa phối hợp momen, vừa phối hợp tốc độ với bộ bánh răng hành tinh	27
Hình 1. 23. Hệ thống động lực vừa phối hợp momen, vừa phối hợp tốc độ với động cơ điện transmotor	28
Hình 1. 24. Hệ thống động lực kết hợp tốc độ và kết hợp momen tổ hợp	29
Hình 1. 25. Hệ thống động lực kết hợp tốc độ và kết hợp momen tổ hợp với động cơ điện	30
Hình 2. 1. Sơ đồ hệ thống động lực và hệ thống điều khiển ô tô Hybrid Prius	32

Hình 2. 2. Sơ đồ minh hoạ hệ thống hybrid xuyên trục	34
Hình 2. 3. Vùng làm việc của acquy	36
Hình 2. 4. Bộ biến đổi điện DC-DC	37
Hình 2. 5. Bộ biến đổi điện AC	38
Hình 2. 6. Hệ thống phanh hybrid	39
Hình 2. 7. Lực phanh đặt lên bánh trước và bánh sau: (a) không có lực đặt lên bánh sau, (b) có lực đặt lên bánh sau	40
Hình 2. 8. Hệ thống hỗ trợ lực phanh	40
Hình 2. 9. Hệ thống EPS	41
Hình 2. 10. Phối hợp điều khiển EPS	42
Hình 3. 1. Hình dạng lớp bề mặt tiếp xúc trực tiếp với mặt đường.....	45
Hình 3. 2. Hệ số bám là một hàm với độ trượt bánh xe	45
Hình 3. 3. Lực phanh là một hàm của trượt theo chiều dọc trên ba bề mặt đường khác nhau: đường khô, đường ướt, và đường băng	46
Hình 3. 4. Lực ngang đối với một lớp là một hàm theo góc trượt.....	47
Hình 3. 5. Ảnh hưởng của lớp xe phía trước và phía sau về tính ổn định hướng	48
Hình 3. 6. Trọng lượng trên lớp xe phía trước và phía sau	48
Hình 3. 7. Sự thay đổi của các lực tác dụng lên bánh xe phía trước và sau bởi phanh	50
Hình 3. 8. Khoảng cách dừng bởi phanh tái sinh như là một hàm vận tốc xe với tỷ lệ công suất/ khối lượng như một tham số. P/m (w/kg).	52
Hình 3. 9. Biểu đồ để xác định sự phân chia giữa phanh ma sát và phanh tái tạo	55
Hình 3. 10. Sự thay đổi tốc độ xe với chu trình điều khiển US06	56
Hình 3. 11. Phân phối của lực phanh với chu trình vận hành US06	57
Hình 6. 1. Rơ-le SLA-48VDC-SL-A.....	58
Hình 6. 2. Cầu chỉnh lưu 3 pha 50A 1000V	59
Hình 6. 3. Cầu chỉnh lưu 3 pha 50A 1000V tương đương với mắc 6 con diode riêng lẻ	60
Hình 6. 4. IC bo đa năng 1000W.....	61
Hình 6. 5. Bên trong của IC bo đa năng 1000W	61
Hình 6. 6. Chức năng từng dây của IC bo đa năng 1000W.....	62
Hình 6. 7. Công tắc hành trình T125 5A 250V	63
Hình 6. 8. Sơ đồ mạch điện	64
Hình 7. 1. Phần cơ khí mô hình phanh tái tạo	65
Hình 7. 2. Phần mạch điện mô hình phanh tái tạo.....	66
Bảng 2. 1. Thông số kỹ thuật xe Toyota Prius	31
Bảng 2. 2. Các đặc điểm của MG1 và MG2.....	34

Bảng 2. 3. Các thông số của acquy.....	35
Bảng 3. 1. Khả năng tái sinh của một số loại xe	53
Bảng 5. 1. Bảng thông số của động cơ mẫu	Error! Bookmark not defined.
Bảng 5. 2. Bảng giá trị vận tốc và lực kéo của động cơ điện.....	Error! Bookmark not defined.
Bảng 5. 3. Bảng giá trị công suất và mô men của động cơ.....	Error! Bookmark not defined.
Bảng 5. 4. Bảng chọn đường kính trục tiêu chuẩn	Error! Bookmark not defined.
Bảng 5. 5. Đường kính trục bị động	Error! Bookmark not defined.
Bảng 5. 6. Thông số ổ lăn.....	Error! Bookmark not defined.
Bảng 5. 7. Bảng dung sai lắp ghép trục bị động.....	Error! Bookmark not defined.
Bảng 6. 1. Thông số kỹ thuật của động cơ BHM-D16E	64

DANH SÁCH CÁC KÍ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Ý nghĩa
ECU	Bộ điều khiển điện tử
CVT	Hộp số vô cấp
THS	Hệ thống Toyota Hybrid
ULV	Tiêu chuẩn ô tô phát ô nhiễm cực thấp
HEV	Xe lai điện
MG1	Máy phát điện 1
MG2	Máy phát điện 2
ECM	Hệ thống lái trợ lực điện
HV ECU	Bộ điều khiển điện tử ô tô hybrid
EPS	Lái trợ lực điện
RBS	Hệ thống phanh tái tạo
DC	Điện 1 chiều
AC	Điện xoay chiều
VSC	Hệ thống kiểm soát ổn định ô tô
ABS	Hệ thống phanh chống bó cứng

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ XE HYBRID

1.1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu trên toàn cầu đã trở thành một thách thức lớn đối với toàn thể loài người; nó đã đặt ra một trách nhiệm vô cùng nặng nề không chỉ đối với các nhà khoa học mà cả đối với các nhà hoạch định chính sách quản lý xã hội của mỗi quốc gia.

Một trong những nguyên nhân gây nên hậu quả nghiêm trọng đó có sự tham gia của ngành giao thông vận tải. Trong nhiều thế kỷ trôi qua, các phương tiện giao thông vận tải đã sử dụng một khối lượng khổng lồ nhiên liệu hóa thạch với hiệu suất thấp; và vì vậy đã tham gia vào việc gây nên ô nhiễm môi trường trầm trọng do các chất phát thải từ động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Song song với việc gây ô nhiễm, các phương tiện giao thông vận tải sử dụng động cơ đốt trong đã tiêu thụ gần hết nguồn nhiên liệu hóa thạch có từ trái đất này. Vì vậy, phương tiện giao thông sạch - không gây ô nhiễm (zero emission) từ lâu đã là mục tiêu nghiên cứu của các nhà khoa học cũng như các nhà hoạch định chính sách sử dụng năng lượng.

Như chúng ta đã biết vấn đề nhiên liệu và ô nhiễm môi trường đang là thách thức đối với các hãng sản xuất ô tô. Năng lượng truyền thống (năng lượng hóa thạch) đang ngày càng cạn kiệt, ô nhiễm môi trường ngày càng gia tăng đã và đang là những vấn đề mang tính toàn cầu. Một trong những giải pháp để giảm thiểu vấn đề nêu trên được các hãng xe đưa ra là chế tạo ra những dòng xe Hybrid và xe điện.

Nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường sinh thái, việc nghiên cứu và phát triển xe hybrid và xe điện đã trở thành mối quan tâm lớn của công chúng trong những năm gần đây. Xe hybrid là sự kết hợp sử dụng hai nguồn động cơ song song là động cơ đốt trong và động cơ điện, là một sự kết hợp khá là tuyệt vời để giải quyết những áp lực mà ngành giao thông vận tải gây ra đó là hạn chế sự phát thải từ động cơ cũng như tiết kiệm nguồn nhiên liệu truyền thống đang dần cạn kiệt như hiện nay.

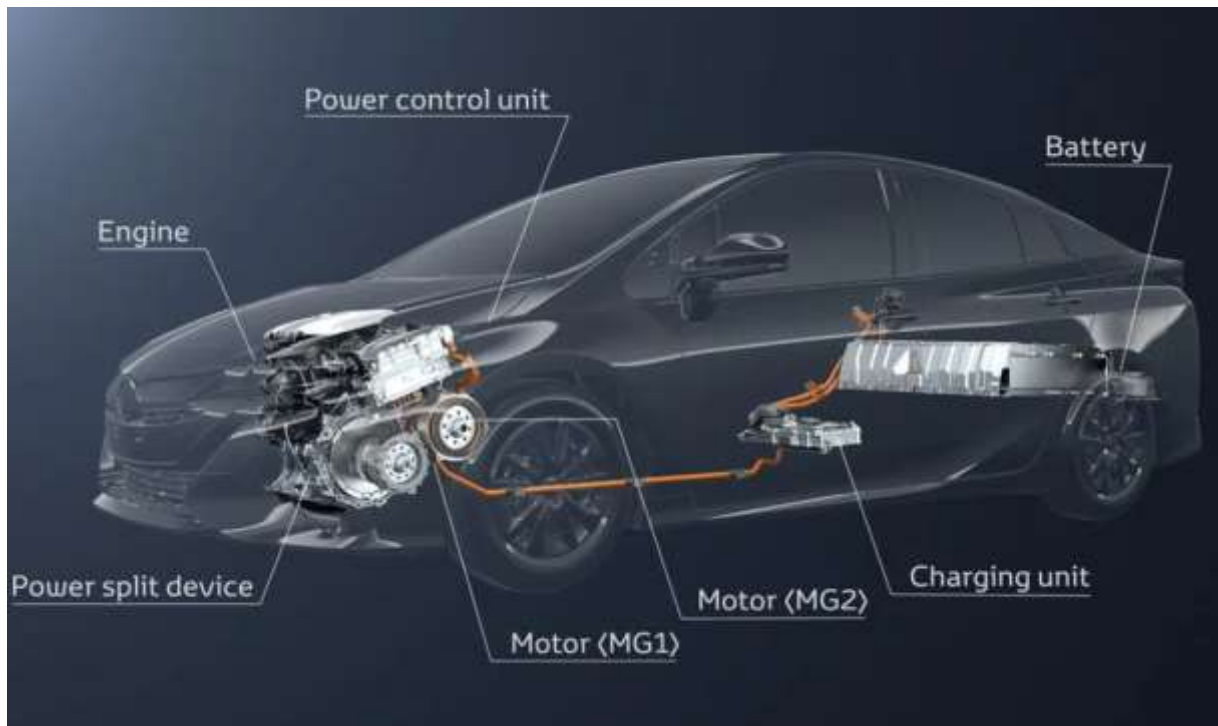
Sự kết hợp giữa động cơ đốt trong và động cơ điện để tạo ra xe hybrid như là một bước đi mới của ngành công nghiệp ô tô. Tuy nhiên, tiết kiệm nhiên liệu vẫn luôn là điều mà các nhà hoạch định chính sách sử dụng năng lượng đang hướng tới. Hệ thống phanh tái tạo có thể chuyển đổi động năng và thế năng của xe thành năng lượng điện được lưu trữ trong thiết bị lưu trữ năng lượng cho lần lái xe tiếp theo. Do đó,

phanh tái tạo đã trở thành công nghệ chủ chốt của xe điện bằng cách giảm tiêu thụ năng lượng và kéo dài quãng đường lái xe trong nghiên cứu hiện nay.

1.2. Tổng quan về xe hybrid

Cấu tạo xe hybrid tương tự như xe sử dụng động cơ đốt trong thông thường. Động cơ kết nối với hệ thống truyền động để dẫn động các bánh xe. Tuy nhiên xe hybrid có thêm một động cơ điện chia sẻ nhiệm vụ dẫn động hoặc hỗ trợ động cơ đốt trong.

Để cơ cấu này phối hợp nhuần nhuyễn và vận hành trơn tru cần có thêm một số bộ phận hỗ trợ khác như pin và bộ chuyển đổi công suất. Pin (hay ắc quy điện áp cao) là thiết bị giúp tích trữ và cung cấp năng lượng cho động cơ điện. Bộ chuyển đổi công suất giúp chuyển đổi nguồn động lực của động cơ thành nhiều phần phục vụ các mục đích sử dụng khác nhau như dẫn động xe và nạp điện cho pin.



Hình 1. 1. Cấu tạo xe hybrid gồm động cơ đốt trong và động cơ điện

1.3. Giới thiệu về xe hybrid

1.3.1. Xu hướng xe hybrid trên thế giới

Khái niệm về ô tô hybrid điện đã có từ rất sớm. Mục đích chính đầu tiên của ô tô hybrid không phải để giảm phát thải ô nhiễm và tăng hiệu quả kinh tế mà sử dụng động cơ điện hỗ trợ cho động cơ đốt trong để ô tô có thể đạt được tính năng có thể chấp nhận được. Thật vậy, trong những ngày đầu phát triển ô tô sử dụng nhiên liệu lỏng, kỹ thuật động cơ đốt trong ít tiên tiến hơn kỹ thuật động cơ điện.

Ô tô hybrid đầu tiên được giới thiệu tại hội chợ triển lãm Paris năm 1899 do hãng Pieper Liège (Bỉ) và hãng Vendovelli Priestli (Pháp) chế tạo. Ô tô Pieper là ô tô hybrid song song với một động cơ xăng nhỏ làm mát bằng không khí được hỗ trợ bởi một động cơ điện chạy bằng acqui chì. Acquy được nạp điện nhờ động cơ nhiệt khi xe xuống dốc hay khi phanh. Khi công suất yêu cầu cao hơn công suất động cơ nhiệt thì động cơ điện hoạt động để cung cấp năng lượng bổ sung. Ngoài việc là một trong hai chiếc xe hybrid đầu tiên, xe Pieper còn là chiếc xe đầu tiên được khởi động bằng điện.

Những chiếc xe hybrid khác giới thiệu tại triển lãm Paris 1899 là kiểu xe hybrid điện nối tiếp của hãng Vendovelli và Priestli, Pháp. Đây là những chiếc xe ba bánh, với hai bánh xe phía sau được dẫn động bởi các động cơ điện độc lập. Xe được trang bị thêm động cơ xăng kéo máy phát điện công suất 1,1 kW đặt trên một rơ-móc được kéo phía sau xe để nạp điện cho acquy. Trong trường hợp này, kỹ thuật hybrid đã được sử dụng để mở rộng tầm hoạt động của xe chứ không phải để cung cấp công suất bổ sung.

Tại Triển lãm Paris năm 1903, Camille Jenatzy người Pháp đã giới thiệu chiếc xe hybrid song song của mình. xe này kết hợp một động cơ xăng 6 HP với một động cơ điện 14 HP. Năm 1902, một người Pháp khác, H. Krieger, chế tạo dòng xe hybrid sử dụng 2 động cơ điện một chiều độc lập để dẫn động các bánh xe phía trước. Các động cơ được cung cấp năng lượng từ 44 acquy chì-axit được nạp điện từ động cơ đánh lửa cưỡng bức 4,5 HP chạy bằng cồn kéo máy phát điện một chiều.

Các xe hybrid khác, cả song song hoặc nối tiếp, được chế tạo trong khoảng thời gian từ 1899 đến 1914. Mặc dù phanh điện đã được sử dụng trong các thiết kế ban đầu nhưng chưa ai đề cập đến phanh tái tạo.

Như vậy, các xe hybrid đầu tiên được chế tạo để hỗ trợ động cơ đốt trong nhằm cải thiện tính năng của ô tô. Mặc dù có những sáng tạo đáng kể trong thiết kế, các loại xe hybrid đầu tiên này không đủ sức cạnh tranh với ô tô sử dụng động cơ xăng. Sau chiến tranh thế giới lần thứ nhất, động cơ đốt trong đã phát triển nhanh chóng và chiếm lĩnh thị trường. Động cơ xăng có công suất riêng, kích thước động cơ trở nên nhỏ gọn và hoạt động hiệu quả hơn, do đó nó không còn cần sự hỗ trợ của động cơ điện. Giá thành của ô tô hybrid cao do có thêm động cơ điện và độc tính liên quan đến acquy acid-chì là các nguyên nhân chính gây ra sự biến mất của loại xe hybrid trên thị trường thời đó.

Một trong những vấn đề khó khăn liên quan đến ô tô hybrid là việc điều khiển máy điện. Trước khi điện tử công suất có mặt trên thị trường vào giữa thập niên 1960,

động cơ điện được điều khiển bởi thiết bị chuyển mạch cơ khí và điện trở. Giải pháp này có phạm vi hoạt động giới hạn và không hiệu quả.

Công nghệ điện tử công suất đã mở lại triển vọng phát triển ô tô hybrid. Tiến sĩ Victor Wouk được công nhận là người khởi đầu cho kỉ nguyên hiện đại hoá ô tô hybrid điện. Năm 1975, cùng với các đồng nghiệp của mình, ông đã xây dựng một phiên bản ô tô hybrid song song trên chiếc xe Skylark Buick. Ô tô sử dụng động cơ piston quay của hãng Mazda, truyền lực qua li hợp điều khiển bằng tay. Nó được sử hỗ trợ bởi một động cơ điện một chiều 15 HP đặt ở phía trước li hợp. Tám acquy 12V được dùng để lưu trữ năng lượng. Xe đạt được tốc độ cực đại 129 km/h với gia tốc 0-100km/h trong 16 giây.

Nghiên cứu phát triển ô tô hybrid nối tiếp đã được Tiến sĩ Ernest H. Wastfield phát động lại vào năm 1967 tại Hãng Linear Alpha Inc. nhằm tăng phạm vi hoạt động của xe dựa trên các phải pháp mà Vendovelli và Priestli phát triển năm 1899. Tuy nhiên, các nỗ lực này không mang lại thành công như mong đợi.

Bất chấp hai cuộc khủng hoảng dầu mỏ năm 1973 và 1977 cũng như các quy định về phát thải ô nhiễm môi trường ngày càng được siết chặt nhưng không có xe hybrid điện nào được thị trường chấp nhận. Mặt khác, thập niên 1980 đã chứng kiến một sự phát triển vượt bậc của động cơ đốt trong với việc áp dụng bộ xử lí khí thải bằng xúc tác và kĩ thuật phun nhiên liệu điều khiển điện tử.



Hình 1. 2. Toyota Prius, ô tô hybrid thương mại đầu tiên trên thế giới

Các khái niệm xe hybrid điện đã thu hút lại sự quan tâm rất lớn trong những năm 1990 khi người ta biết rõ ràng các giới hạn của ô tô điện thuần túy và nguồn nhiên liệu

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt dần. Hãng Ford Motor đã khởi xướng chương trình “Thách thức của Ford Hybrid Electric Vehicle” và đã thu hút sự tham gia rộng rãi của các trường đại học nhằm mục tiêu phát triển phiên bản ô tô hybrid có thể thương mại hoá được.

Nhờ những nghiên cứu tập trung, ô tô hybrid đã có bước tiến đáng kể. Tại Mỹ, Dodge đưa ra thị trường các dòng xe ESX Intrepid 1, 2, và 3. Các ESX-1 là ô tô hybrid nối tiếp, trang bị một động cơ diesel ba xi lanh có turbo tăng áp cỡ nhỏ và hai động cơ điện 100 HP kéo bánh xe sau. Chính phủ Mỹ đưa ra chương trình phối hợp nghiên cứu ô tô thế hệ mới (PNGV). Xe Ford Prodigy và GM Precept là kết quả từ nỗ lực này. Đó là những xe hybrid song song sử dụng động cơ diesel tăng áp cỡ nhỏ với li hợp điều khiển bằng tay. Cả hai kiểu xe này đã đạt được mục tiêu đề ra nhưng đã không được đưa vào sản xuất.

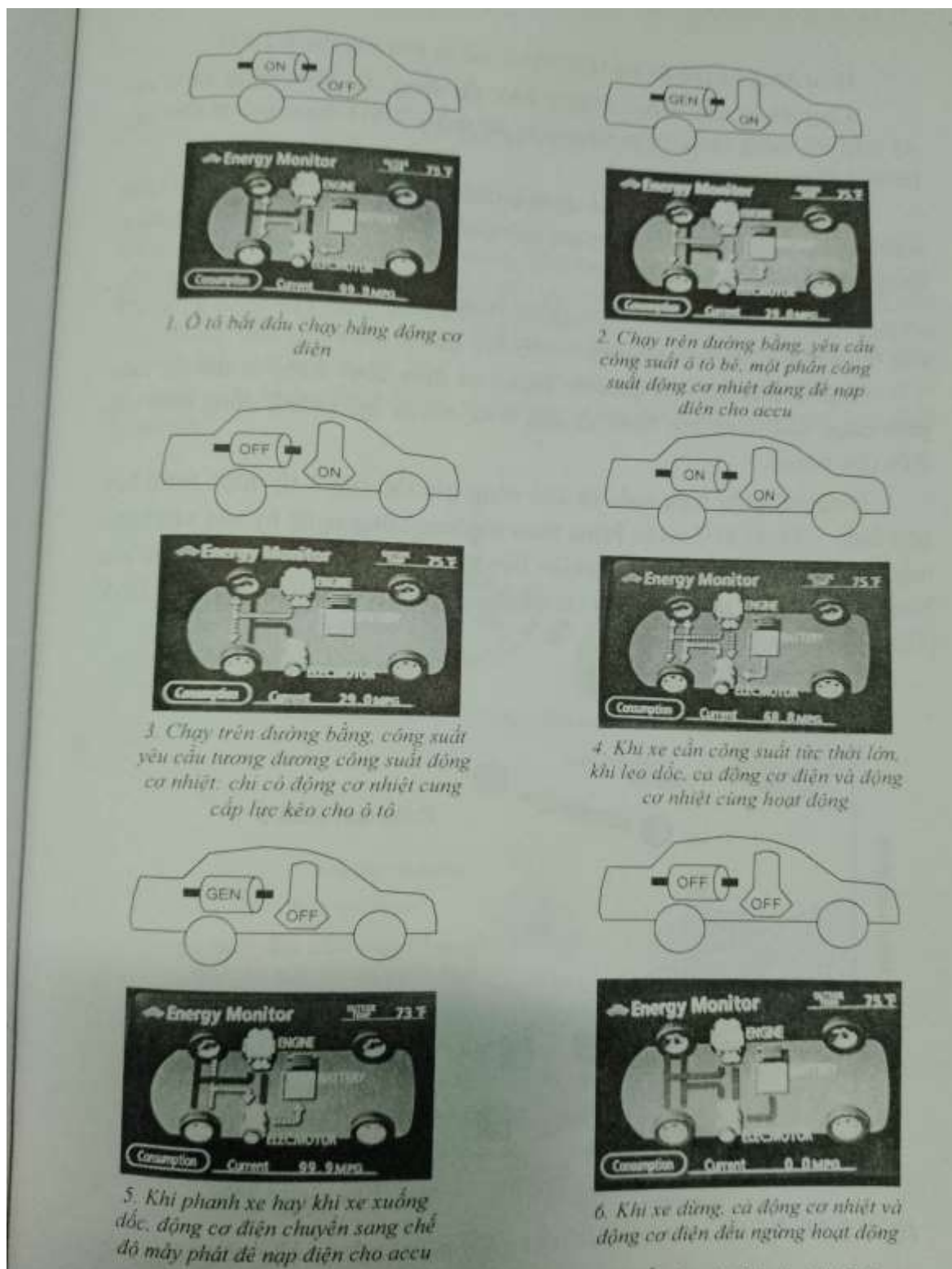
Ở Châu Âu, hãng Renault đã đưa ra mẫu ô tô hybrid song song Renault Next sử dụng động cơ đánh lửa cưỡng bức 750 cc và hai động cơ điện. Mẫu xe thử nghiệm này đã đạt được các tính năng tương đương với ô tô truyền thống. Volkswagen cũng đã đưa ra mẫu thử nghiệm Chico. Nền tảng là một xe điện nhỏ với acquy nickel-metal và động cơ điện cảm ứng 3 pha. Xe được trang bị thêm một động cơ xăng cỡ nhỏ, hai xi-lanh, để nạp điện cho acquy và cung cấp thêm công suất cho xe khi cần thiết.

Các nỗ lực quan trọng nhất trong phát triển và thương mại hóa các loại xe hybrid được thực hiện bởi các nhà sản xuất Nhật Bản. Tháng giêng năm 1997, Toyota công bố bắt đầu dự án Toyota Eco-car với quyết tâm sản xuất một kiểu xe mới vừa tiết kiệm nhiên liệu, vừa giảm phát thải ô nhiễm môi trường. Tháng ba năm đó, Toyota công bố hoàn thành của một hệ thống truyền động mới gọi là Hệ thống Hybrid Toyota (Toyota Hybrid System-THS) cho ô tô du lịch. Hệ thống truyền động này kết hợp một động cơ xăng và một động cơ điện nhưng không cần nạp điện ngoài như những xe ô tô điện thông thường. Nhiên liệu nạp lại cho xe là xăng như những chiếc xe ô tô truyền thống. THS được áp dụng đầu tiên cho kiểu xe Prius và đã được giới thiệu vào tháng 12 năm 1997 tại thị trường Nhật bản với tư cách là loại sản phẩm ô tô hybrid du lịch đầu tiên trên thế giới. Vào năm 2000, Prius bắt đầu được tiếp thị ở hải ngoại. Prius đã trở thành biểu tượng của một loại ô tô có tính sáng tạo cao.

Hệ thống THS vẫn tiếp tục được phát triển. Năm 2001, Toyota cho ra đời mô hình THS-C với kết hợp THS và CVT (continuousli variable transmission – hệ thống truyền động thay đổi liên tục) được lắp đặt trên xe tải nhỏ Estima Hybrid và THS-M (một hệ thống hybrid nhẹ) được lắp đặt trên Crown, xe du lịch đắt tiền. Thành công

này của Toyota đã góp phần rất lớn tạo ra những sáng kiến cho những thế hệ xe ô tô mới của thế kỉ 21.

Đỉnh cao hiện nay là động cơ lại vận hành hiệp trợ HSD hay còn được gọi là THS II. Đặc điểm quan trọng của hệ thống này là nó có thể sử dụng phối hợp động cơ xăng và động cơ điện trong bất kì tình huống nào và thậm chí vừa chạy vừa nạp điện cho nó. Những hệ thống lai của Toyota có thể tích hợp với nhiều loại động cơ, không những động cơ đánh lửa cưỡng bức, mà còn cả động cơ diesel, ô tô sử dụng nhiên liệu thay thế hay ô tô sử dụng pin nhiên liệu.



Hình 1. 3. Các chế độ vận hành trong thực tế của ô tô hybrid Prius

Hoạt động của hệ thống HSD được mô tả như sau (hình 1.3):

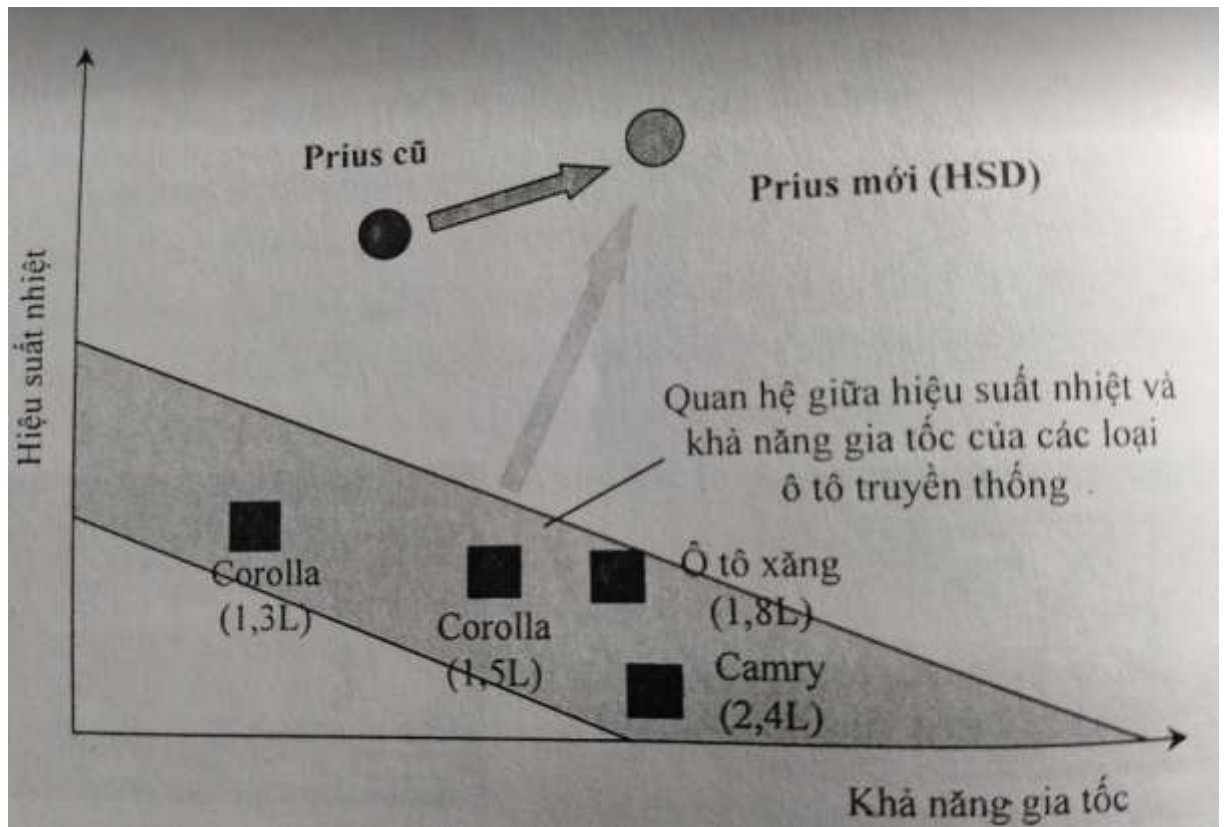
Khởi động: Chỉ động cơ điện được sử dụng cho khởi động và từ tốc độ thấp tới trung bình. Hoạt động của hệ thống HSD được mô tả như sau (hình 1.3).

Chạy bình thường: Chỉ có động cơ xăng hoạt động. Khi yêu cầu công suất tải nhỏ hơn công suất động cơ, một phần công suất động cơ xăng được dùng để nạp điện cho acquy.

Tăng tốc đột ngột leo dốc: Động cơ xăng và động cơ điện cùng cung cấp sức kéo để cân bằng với sức cản tải bên ngoài.

Xuống dốc/giảm tốc/phanh: Động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát được dẫn động bởi bánh xe của ô tô, tạo ra lực phanh đồng thời nạp điện cho acquy.

Quan hệ giữa hiệu suất và khả năng gia tốc của ô tô được trình bày trên hình 1.4. Ô tô Toyota Prius New sử dụng công nghệ hybrid vận hành hiệp trợ HSD có suất tiêu hao nhiên liệu 35,5 km/lít theo chu trình thử của Nhật Bản và thỏa mãn các tiêu chuẩn của ô tô phát ô nhiễm cực thấp ULV (Ultra-Low Emissions Level).



Hình 1. 4. Đồ thị mô tả mối liên hệ giữa hiệu suất và khả năng tăng tốc

1.3.2. Lợi ích và rào cản của xe hybrid

1.3.2.1. Lợi ích

- Tiết kiệm nhiên liệu

Xe hybrid do sử dụng song song cả động cơ đốt trong và động cơ điện nên sẽ sử dụng nhiên liệu ít hơn so với xe sử dụng động cơ đốt trong thông thường. Theo số liệu của nhiều mẫu xe có song song phiên bản thường và hybrid, phiên bản hybrid có mức

tiêu thụ nhiên liệu thấp hơn từ 30 – 50% so với phiên bản động cơ truyền thống. Đây chính là một trong các ưu điểm lớn nhất của xe hybrid.

- Giảm thiểu khí thải

Do kết hợp sử dụng điện năng và nhiệt năng để sinh công nên lượng khí thải xả ra ít hơn so với dòng ô tô truyền thống. Theo một hãng xe lớn cung cấp số liệu thì xe hybrid có thể giảm thiểu 1,5 – 2 lần mức khí thải so với xe sử dụng động cơ đốt trong.

- Vận hành mượt mà, êm ái

Xe full hybrid êm ái hơn do phần lớn thời gian thường là động cơ điện hoạt động, nhất là khi chạy ở dải tốc thấp trong đô thị. Bên cạnh đó xe hybrid nói chung còn được đánh giá vận hành, tăng tốc mượt mà, liền mạch hơn do có sự phối hợp giữa động cơ điện và động cơ đốt trong.

1.3.2.2. Rào cản

- Giá cao hơn

Do có thêm động cơ điện và một số bộ phận hỗ trợ nên giá xe hybrid cao hơn ô tô truyền thống. Với mẫu xe có song song phiên bản hybrid và bản thường thì giá xe phiên bản hybrid luôn cao hơn.

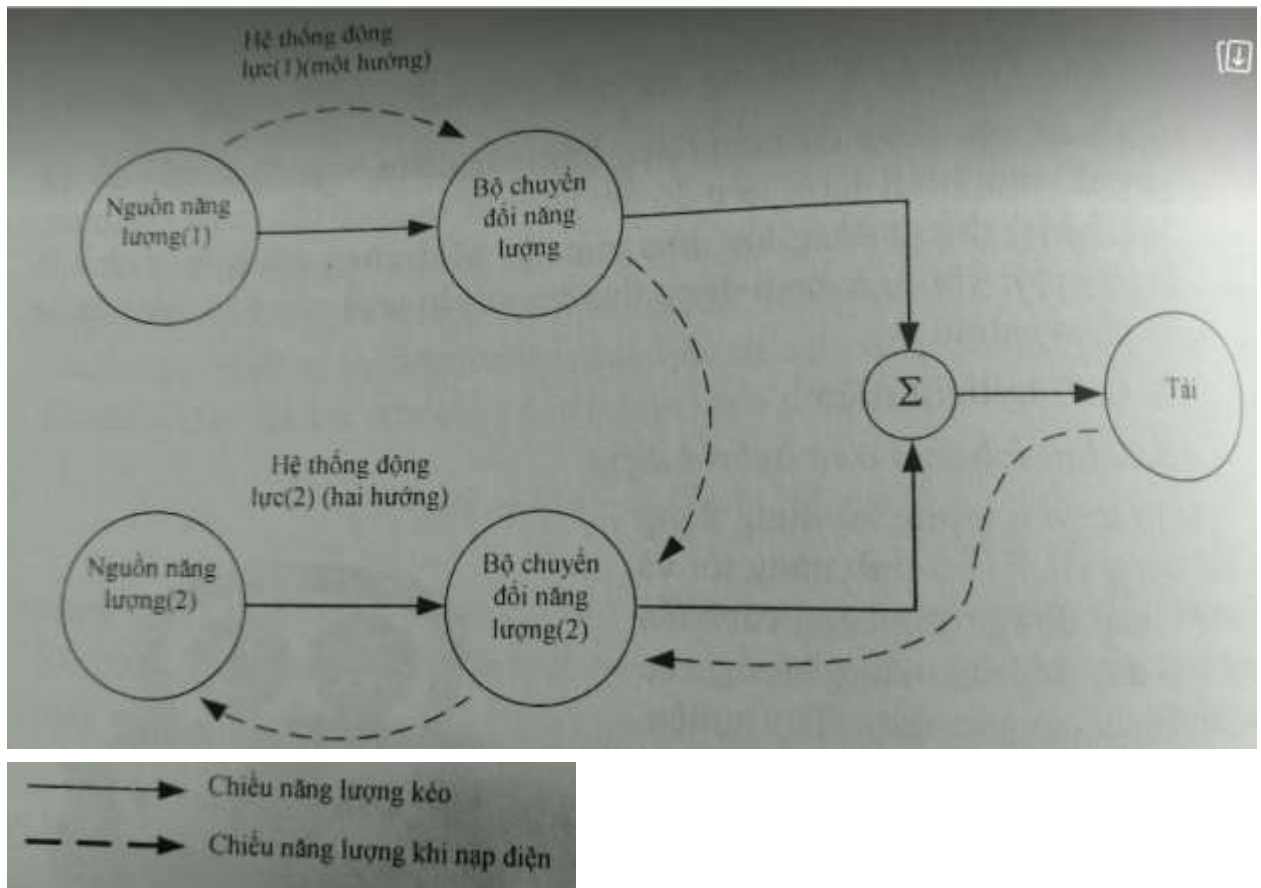
- Nặng hơn, công suất hạn chế hơn

Do có động cơ điện và pin nên trọng lượng xe hybrid sẽ nặng hơn ô tô truyền thống. Mặt khác công suất của xe hybrid cũng thường hạn chế hơn so với ô tô truyền thống. Bởi dòng xe này được thiết kế nhằm hướng đến việc tiết kiệm nhiên liệu và thân thiện môi trường. Trong nhiều tình huống vận hành, nhất là khi di chuyển ở thành phố thì xe chỉ dùng động cơ điện.

- Vấn đề về pin

Bên cạnh các mặt **bảo dưỡng xe** tương tự như ô tô truyền thống, người dùng xe hybrid còn phải chú ý việc bảo dưỡng và sử dụng pin đúng cách. Trong trường hợp pin bị hỏng hay hết hạn sử dụng phải thay mới. Giá pin xe hybrid thấp nhất cũng trên dưới 100 triệu đồng. Tuy nhiên hiện nay nhiều hãng xe cho biết nếu bảo dưỡng và sử dụng pin đúng cách thì tuổi thọ pin cũng tương đương với tuổi thọ xe. Hầu hết các dòng xe Hybrid hiện nay đều được các nhà sản xuất chú trọng vào việc **nâng cao hiệu suất và tuổi thọ** cho hệ thống pin của xe.

1.4. Hệ thống động lực ô tô hybrid điện



Hình 1. 5. Minh họa hệ thống động lực ô tô hybrid điện

Về cơ bản, hệ thống động lực của bất kì loại ô tô nào cũng có các yêu cầu (1) phát năng lượng đủ để đáp ứng nhu cầu về tính năng của xe, (2) mang theo đủ năng lượng đảm bảo cho xe hoạt động được trong phạm vi nhất định, (3) chứng minh được hiệu quả cao và (4) ít gây ô nhiễm môi trường. Nói rộng ra, một chiếc xe có thể có nhiều hơn một nguồn 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 1.5 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:

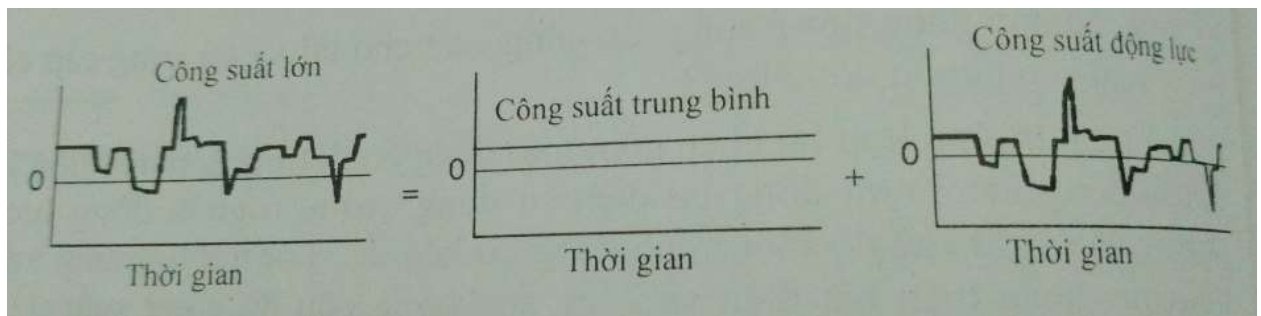
1. Một mình nguồn động lực 1 cung cấp năng lượng cho tải.
2. Một mình nguồn động lực 2 cung cấp năng lượng cho tải.
3. Cả hai nguồn động lực 1 và 2 cung cấp năng lượng cho tải cùng một lúc.
4. Nguồn động lực 2 nhận năng lượng từ tải (phanh tái sinh).
5. Nguồn động lực 2 nhận năng lượng từ nguồn động 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 mà trong đó động cơ nạp điện cho acquy khi xe dừng hoặc xuống dốc có độ nghiêng thấp, khi đó tải không nhân 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.

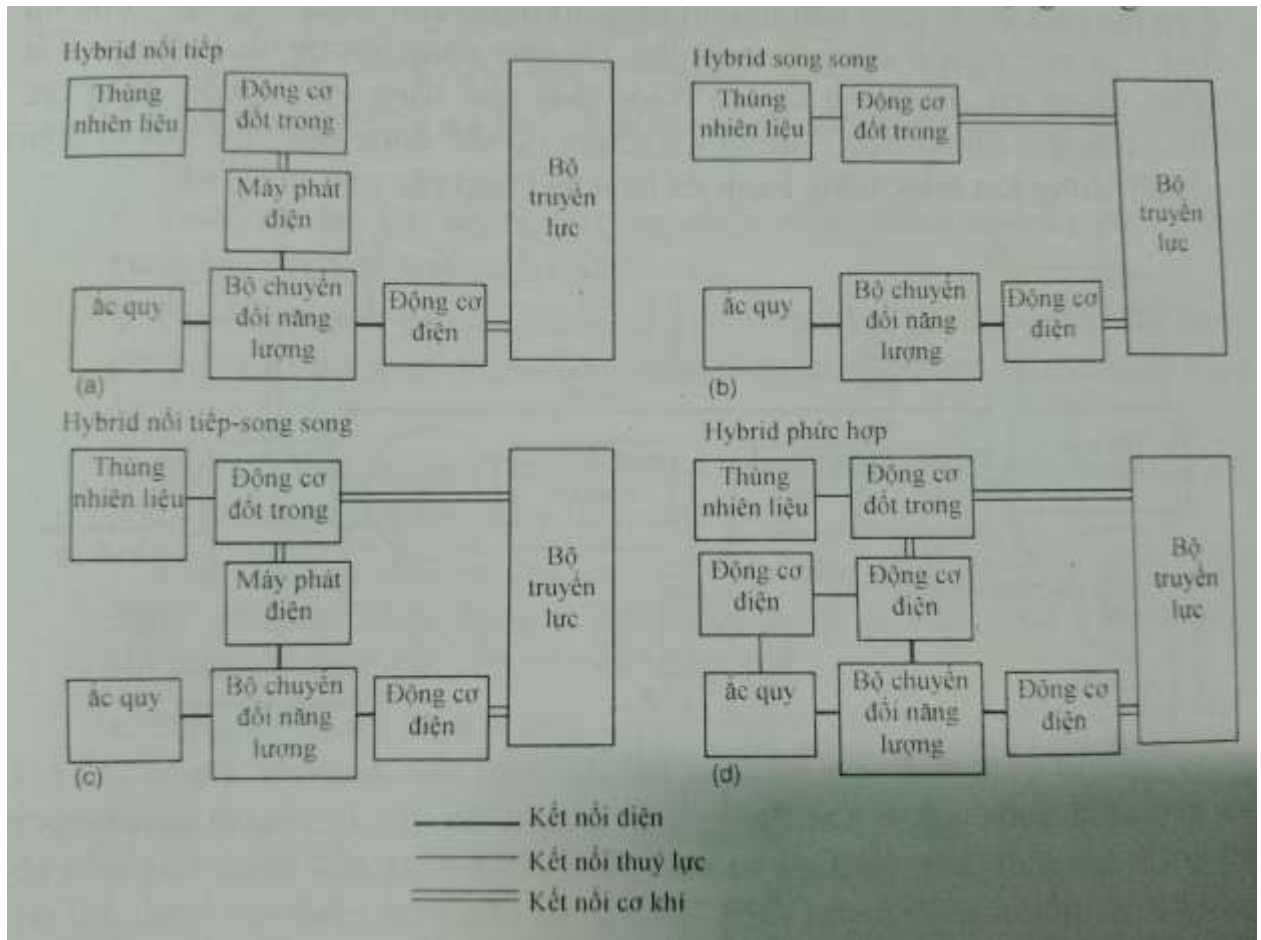
Các chế độ hoạt động khác nhau trên đây của ô tô hybrid tạo ra sự linh hoạt cao hơn đối với ô tô chỉ dùng một nguồn động lực duy nhất. Với cấu hình và hệ thống điều khiển thích hợp, việc áp dụng phương án phối hợp công suất cụ thể cho từng điều kiện hoạt động đặc biệt của ô tô có thể làm tối ưu hoá tính 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,...

Vận hành mỗi hệ thống động lực ở khu vực hiệu quả tối ưu của nó quyết định hiệu quả tổng thể của xe. Động cơ đốt trong thường có hiệu suất tốt nhất ở khu vực tải định mức. Khi động cơ làm việc ngoài khu vực này hiệu quả kém đi rất nhiều. Mặt khác, sự giảm hiệu quả của động cơ điện không phải bất lợi tương tự khi so sánh với động cơ đốt trong hoạt động ngoài vùng tối ưu của nó.



Hình 1. 6. Phân tích công suất tải

Công suất tải của ô tô thay đổi một cách ngẫu nhiên khi hoạt động trong thực tế do nó thường xuyên tăng tốc, giảm tốc, lên dốc, xuống dốc,... như giới thiệu trên hình 1.6. Trên thực tế, công suất tải có thể được chia thành hai phần: phần thứ nhất là công suất ổn định (trung bình) có giá trị không đổi và phần thứ hai là công suất dao động có giá trị trung bình bằng 0. Trong phương thức hoạt động của mình, ô tô hybrid có một nguồn động lực cung cấp công suất ổn định như động cơ đốt trong hay pin nhiên liệu. Mặt khác, một nguồn động lực khác như động cơ điện có thể được sử dụng để cung cấp phần công suất dao động. Tổng năng lượng đầu ra của hệ thống động lực dao động bằng 0 trong toàn bộ một chu trình. Điều này có nghĩa là, năng lượng của hệ thống động lực dao động không bị tổn thất ở cuối của chu kì chạy xe. Nó chỉ có chức năng như một bộ dập tắt dao động công suất.



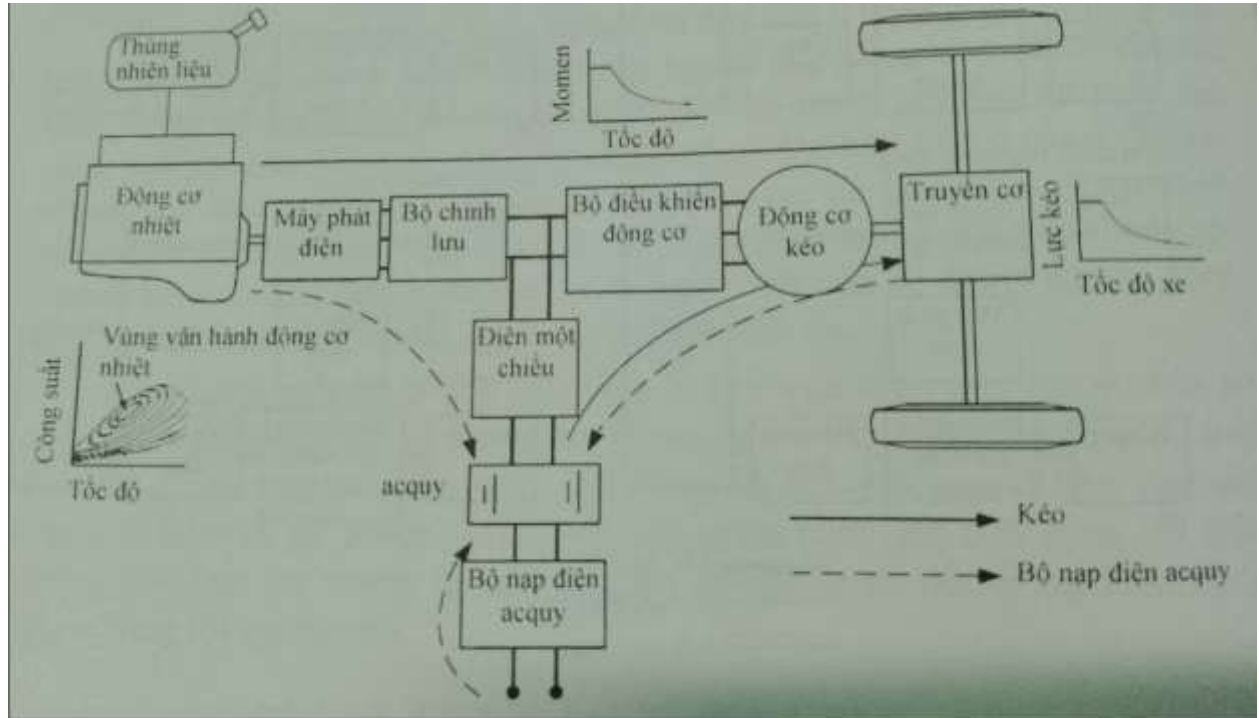
Hình 1. 7. Phân loại ô tô hybrid điện

Trong ô tô hybrid, nguồn công suất ổn định có thể được cung cấp bởi một động cơ đốt trong, động cơ Stirling, pin nhiên liệu... Động cơ đốt trong hoặc pin nhiên liệu có thể nhỏ hơn nhiều so với ô tô chỉ có một nguồn động lực vì công suất dao động được lấy từ nguồn phụ trợ, do đó chúng có thể hoạt động ổn định trong khu vực hiệu quả cao nhất. Nguồn năng lượng phụ trợ có thể được cung cấp bởi một động cơ điện chạy bằng acquy điện hoá, tụ điện có điện dung lớn, bánh đà (acquy năng lượng cơ khí) hay phối hợp các giải pháp này.

1.5. Cấu trúc của hệ thống dẫn động điện của ô tô hybrid điện

Cấu trúc của một chiếc xe hybrid có thể xem đơn giản như là một hệ thống kết nối giữa các bộ phận xác định các tuyến lưu thông năng lượng và các công điều khiển. Theo truyền thống, ô tô hybrid điện được chia thành hai dạng cơ bản: nối tiếp và song song. Từ năm 2000, một số ô tô hybrid điện mới được giới thiệu không được xếp vào các dạng này. Vì vậy, ô tô hybrid từ nay được phân thành bốn loại: hybrid nối tiếp, hybrid song song, hybrid nối tiếp-song song và hybrid phức hợp được trình bày trên hình 1.7. Trên hình 1.7, bình chứa nhiên liệu-động cơ đốt trong và acquy-động cơ điện lần lượt được xem như nguồn năng lượng chính (nguồn năng lượng ổn định) và các

nguồn năng lượng phụ (nguồn năng lượng dao động). Tất nhiên, động cơ đốt trong có thể được thay thế bằng các nguồn động lực khác, như pin nhiên liệu. Tương tự, acquy có thể được thay thế bởi tụ điện có điện dung lớn hoặc bằng bánh đà hoặc kết hợp các giải pháp này.



Hình 1. 8. Cấu hình hệ thống động lực ô tô hybrid nối tiếp

1.5.1. Hệ thống truyền động ô tô hybrid nối tiếp

Hệ thống động lực của đại bộ phận ô tô hybrid nối tiếp được giới thiệu trên hình 1.8. 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 tử (chỉnh lưu). Nguồn năng lượng hai chiều là một bộ acquy điện hoá, kết nối với bộ công suất điện qua bộ chuyển đổi điện tử (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 acquy 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

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 trên hình 1.7. 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 hoá 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.

1.5.2. Hệ thống hybrid song song

Hệ thống hybrid song song là hệ thống trong đó động cơ nhiệt liên hệ cơ khí với bánh xe chủ động như ô tô sử dụng động cơ đốt trong truyền thống. Nó được hỗ trợ bởi một động cơ điện nối vào hệ thống truyền động. Sự kết hợp công suất của động cơ điện và động cơ nhiệt có thể được thực hiện theo nhiều cấu hình khác nhau được mô tả chi tiết sau đây.

1. Phối hợp mômen của hệ thống động lực hybrid song song

Cơ cấu phối hợp truyền động hình 1.9 có thể là phối hợp momen hoặc phối hợp tốc độ. Cơ cấu phối hợp momen hợp momen của động cơ nhiệt và động cơ điện với nhau hoặc chia tách các momen động cơ nhiệt thành hai phần: tạo lực kéo cho ô tô và nạp điện cho acquy. Hình 1.10 giới thiệu nguyên lý của cơ cấu phối hợp momen với hai đầu vào. Một đầu là từ động cơ nhiệt và đầu còn lại từ động cơ điện. Đầu ra của bộ kết hợp momen nối với cơ cấu truyền động.

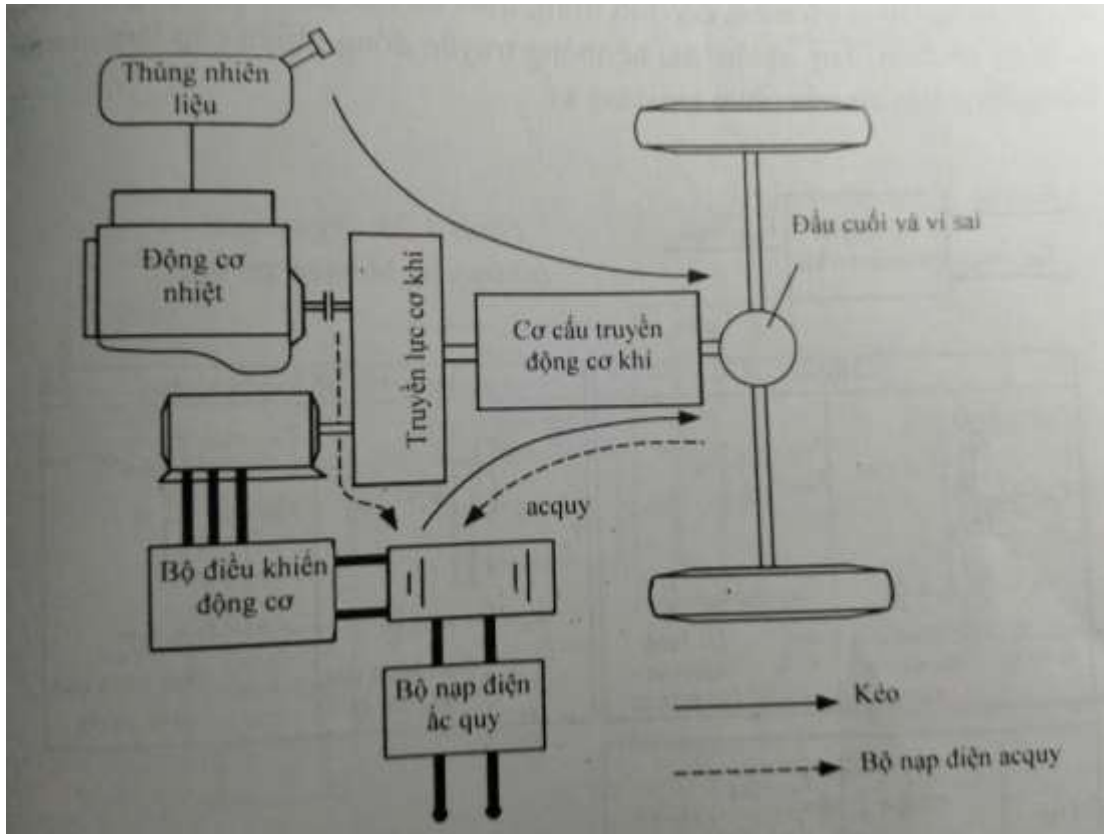
Nếu bỏ qua tổn thất, momen và tốc độ có thể được biểu diễn bởi các biểu thức sau đây:

$$T_{out} = k_1 T_{in1} + k_2 T_{in2}$$

Và

$$\omega_{out} = \frac{\omega_{in1}}{k_1} = \frac{\omega_{in2}}{k_2}$$

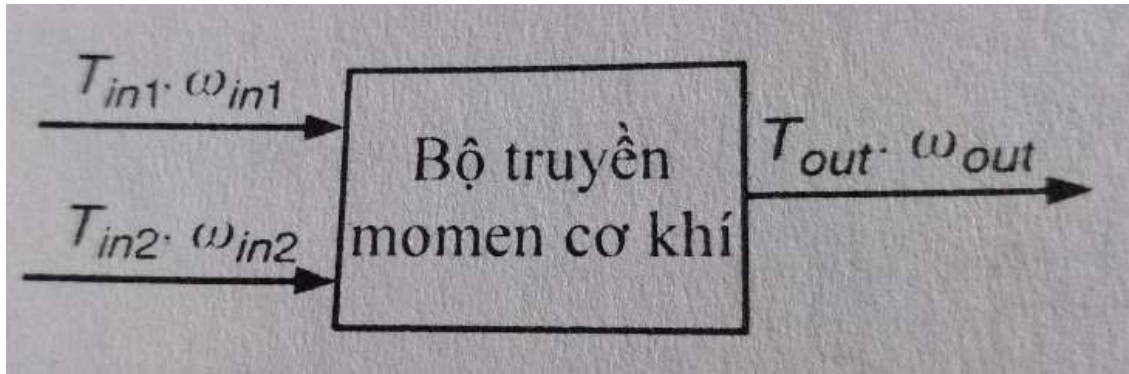
Trong đó, k_1 và k_2 là các hằng số xác định từ các tham số của bộ phối hợp momen. Hình 1.11 liệt kê một số cơ cấu kết hợp momen thường dùng.



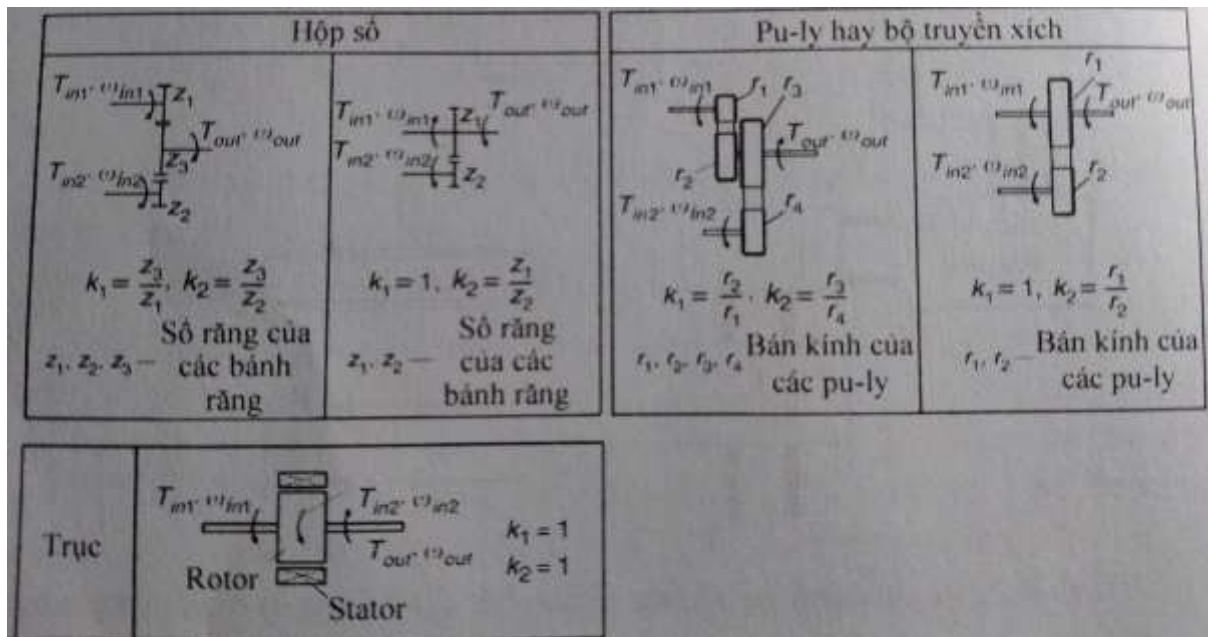
Hình 1. 9. Cấu hình hệ thống động lực ô tô điện hybrid song song

Có rất nhiều cấu hình của hệ thống phối hợp momen ô tô hybrid. Chúng được phân thành hai dạng: hai trục và một trục. Trong mỗi loại, cơ cấu truyền lực có thể được đặt ở các vị trí khác nhau và được thiết kế với các bánh răng khác nhau dựa vào đặc tính kéo của ô tô. Một thiết kế tối ưu phụ thuộc chủ yếu vào các yêu cầu lực kéo, kích cỡ và đặc tính động cơ nhiệt, kích cỡ và đặc tính động cơ điện...

Hình 1.12 giới thiệu hệ thống hai trục, trong đó hai cơ cấu truyền động được sử dụng: cơ cấu truyền động thứ nhất đặt giữa động cơ nhiệt và cơ cấu phối hợp momen, cơ cấu truyền động thứ hai đặt giữa động cơ điện và bộ phối hợp momen. Cả hai cơ cấu truyền động có thể là truyền động một cấp hoặc truyền động nhiều cấp. Hình 2.13 biểu diễn profile của quan hệ lực kéo-tốc độ của ô tô với các thông số truyền dẫn khác nhau. Rõ ràng là, hai hệ thống truyền động nhiều cấp tạo ra nhiều profile lực kéo. Tính năng ô tô và hiệu quả tổng thể của hệ thống động lực có thể cao hơn các kiểu thiết kế khác vì hai hệ thống truyền động nhiều cấp tạo ra nhiều cơ hội hơn cho cả động cơ nhiệt và động cơ hoạt động trong khu vực tối ưu của chúng. Thiết kế này cũng tạo ra độ mềm dẻo lớn trong thiết kế đặc tính của động cơ nhiệt và động cơ điện. Tuy nhiên, hai hệ thống truyền động nhiều cấp làm cho hệ thống động lực trở nên phức tạp đáng kể.

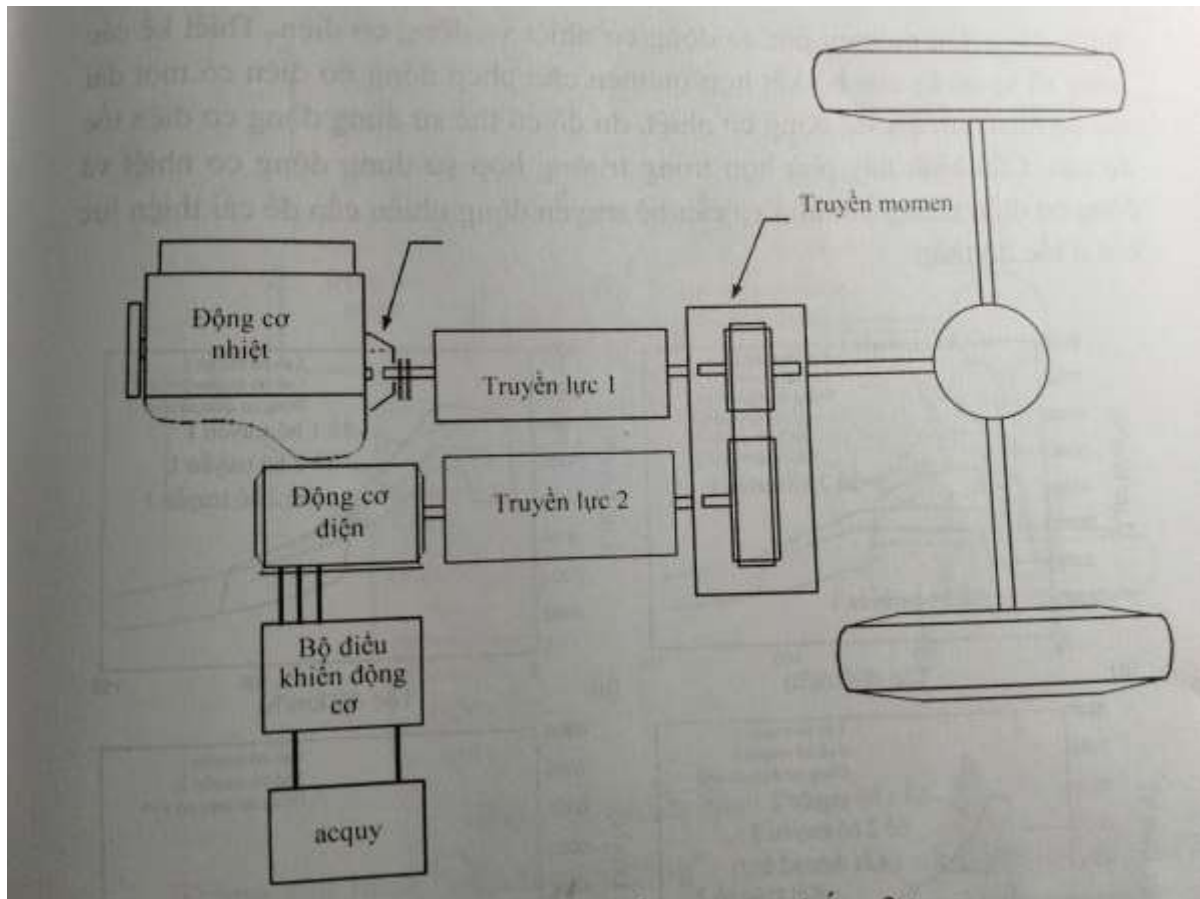


Hình 1. 10. Nguyên lý bộ truyền momen cơ khí



Hình 1. 11. Bộ phối hợp momen có khí dùng chung

Trên hình 1.12, cơ cấu truyền động một cấp 1 và cơ cấu truyền động nhiều cấp 2 có thể được sử dụng. Biểu đồ lực kéo-tốc độ được trình bày trên hình 1.13 (b). Với kiểu thiết kế hệ thống truyền lực như vậy, lực kéo cực đại có thể đảm bảo cho ô tô leo đồi dốc; lực kéo lớn hơn không cần thiết do giới hạn của lực bám giữa lốp xe và mặt đường. Việc sử dụng hệ thống truyền động một cấp có lợi thế tạo được momen cao đối với động điện có tốc độ thấp. Hệ thống truyền động nhiều cấp 2 được sử dụng để khắc phục nhược điểm của đường đặc tính momen-tốc độ động cơ đốt trong (momen ít thay đổi theo tốc độ). Hệ thống truyền động nhiều cấp 2 cũng có xu hướng nâng cao hiệu quả của động cơ và giảm phạm vi tốc độ của ô tô (tại đó một mình động cơ điện phải kéo xe) kết quả là làm giảm năng lượng cung cấp từ acquy.



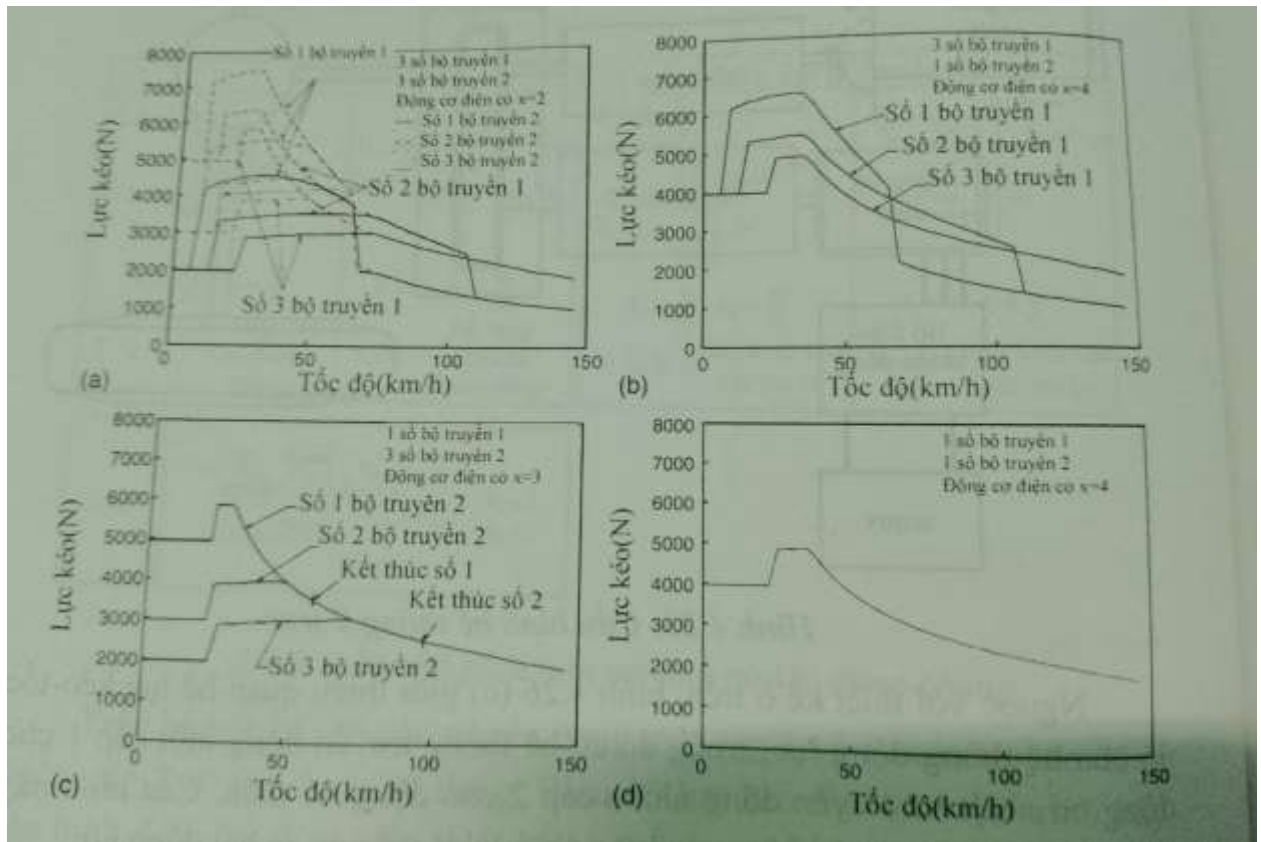
Hình 1. 12. Cấu hình hệ thống 2 trục

Ngược với thiết kế ở trên, hình 1.13 (c) giới thiệu quan hệ lực kéo-tốc độ của hệ thống động lực, trong đó có hệ thống truyền động một cấp 1 cho động cơ nhiệt và truyền động nhiều cấp 2 cho động cơ điện. Cấu hình này không có lợi bởi vì nó không sử dụng những lợi thế của cả hai động cơ.

Hình 1.13 (d) giới thiệu profile lực kéo-tốc độ của hệ thống động lực có hai hệ thống truyền động 1 cấp. Cấu hình này đơn giản cho việc bố trí và điều khiển. Giới hạn áp dụng của cấu hình này là lực kéo tối đa của hệ thống động lực. Khi công suất của động cơ nhiệt, động cơ điện, acquy và các thông số của hệ thống truyền động được thiết kế hợp lý, hệ thống động lực này có thể thỏa mãn các yêu cầu về tính năng và hiệu suất mong muốn của xe.

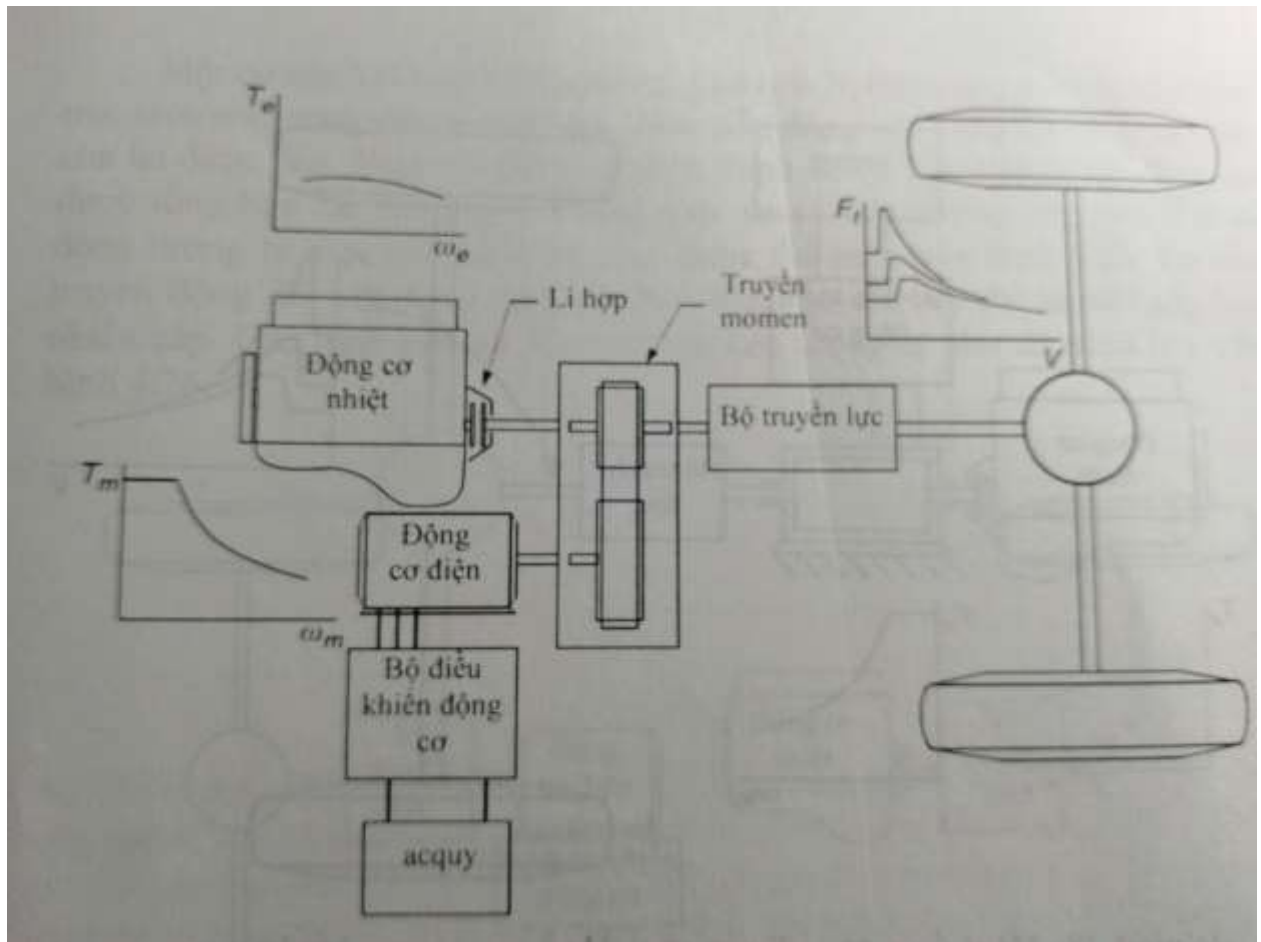
Một cấu hình khác của hệ thống động lực ô tô hybrid song song hai trục được trình bày trên hình 1.14 trong đó hệ thống truyền lực nằm giữa cơ cấu phối hợp momen và cầu xe. Hệ thống truyền động này nhằm giúp cải thiện đồng đều momen của cả động cơ nhiệt và động cơ điện. Thiết kế các hằng số k_1 và k_2 của bộ kết hợp momen cho phép động cơ điện có một dải tốc độ động cơ nhiệt, do đó có thể sử dụng động cơ điện tốc độ cao. Cấu hình này phù hợp trong trường hợp sử dụng động cơ

hiệt và động cơ điện tương đối nhỏ và cần bộ truyền động nhiều cấp để cải thiện lực kéo ở tốc độ thấp.



Hình 1. 13. Biến thiên lực kéo theo tốc độ xe với các sơ đồ truyền động khác nhau.

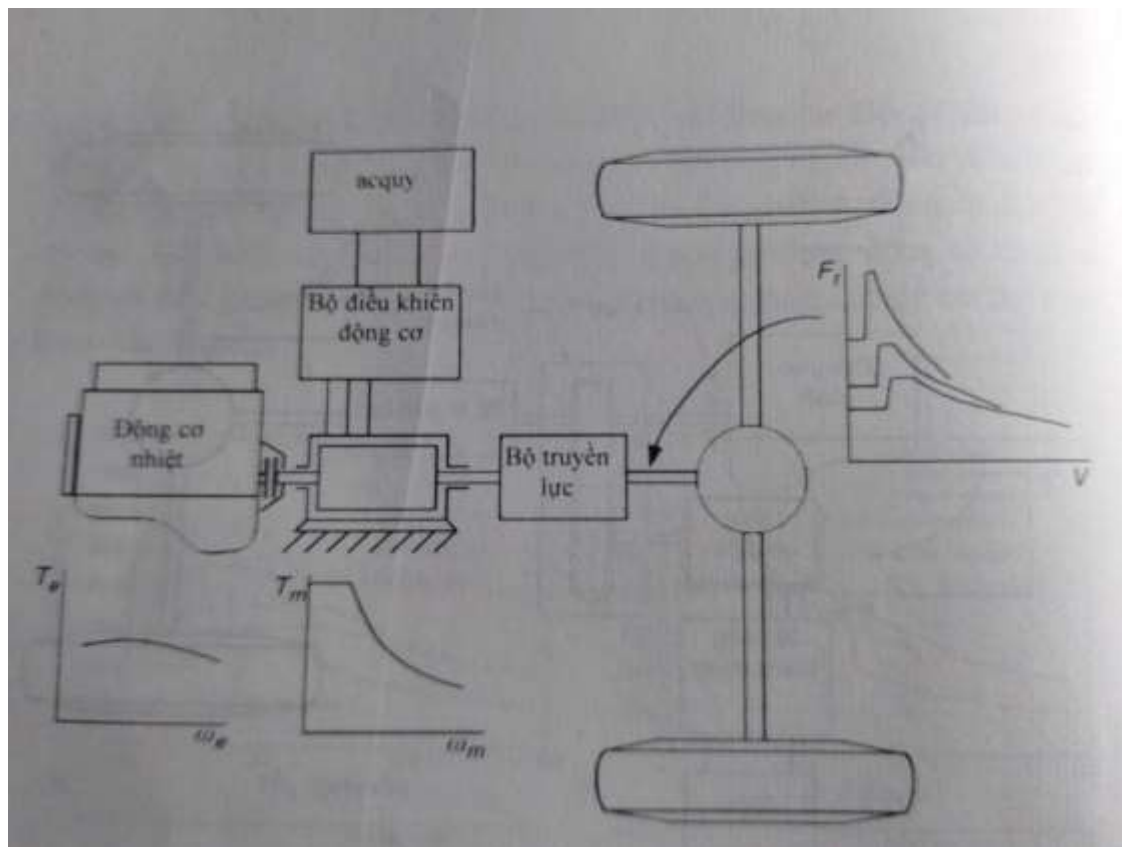
Cấu trúc đơn giản và gọn nhẹ của bộ phối hợp momen ô tô hybrid song song là cấu hình 1 trục trong đó rotor của động cơ điện đồng thời làm chức năng cơ cấu phối hợp momen ($k_1 = 1$ và $k_2 = 1$ trong biểu thức $T_{out} = k_1 T_{in1} + k_2 T_{in2}$ và $\omega_{out} = \frac{\omega_{in1}}{k_1} = \frac{\omega_{in2}}{k_2}$). Một bộ truyền động có thể được đặt phía sau động cơ điện được kết nối với động cơ nhiệt thông qua một li hợp đặt giữa động cơ nhiệt và động cơ điện. Các cấu hình trước được gọi là “tiền truyền động” (pretransmission) (động cơ điện đặt ở đầu hệ thống truyền động, hình 1.15) và cấu hình sau được gọi là “hậu truyền động” (động cơ điện đặt sau hệ thống truyền động, hình 1.16).



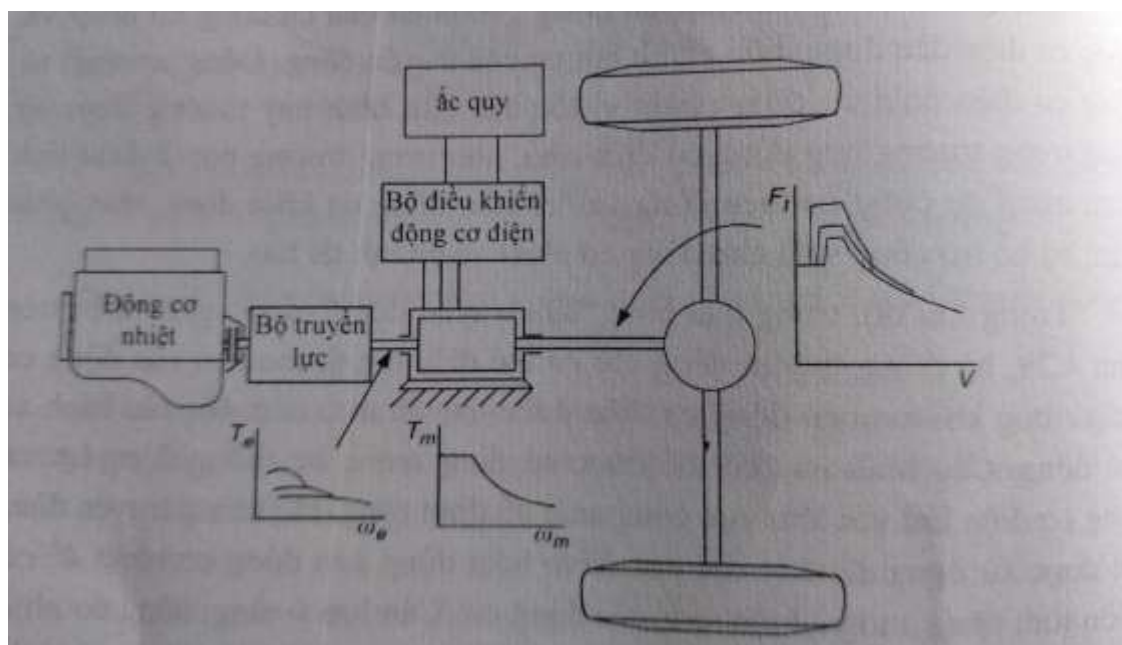
Hình 1. 14. Cấu hình 2 trục

Trong cấu hình “tiền truyền động”, momen của cả động cơ nhiệt và động cơ điện đều được điều chỉnh bởi cơ cấu truyền động. Động cơ nhiệt và động cơ điện phải có cùng phạm vi tốc độ. Cấu hình này thường được sử dụng trong trường hợp động cơ điện nhỏ, như trong trường hợp hybrid linh hoạt, trong đó động cơ điện đóng vai trò như động cơ khởi động, máy phát điện, bộ hỗ trợ công suất cho động cơ nhiệt và phanh tái tạo.

Trong khi đó, trong cấu hình “hậu truyền động” được giới thiệu trên hình 1.16, hệ thống truyền động chỉ có thể điều chỉnh momen của động cơ nhiệt trong khi momen động cơ điện được truyền trực tiếp đến các bánh xe chủ động. Cấu hình này có thể được sử dụng trong hệ thống động lực có động cơ điện lớn với khu vực công suất cố định rộng. Hệ thống truyền động chỉ được sử dụng để thay đổi các điểm hoạt động của động cơ nhiệt để cải thiện tính năng ô tô và hiệu suất của động cơ. Cần lưu ý rằng, động cơ nhiệt không thể nạp điện cho acquy bằng cách kéo động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát khi xe dừng do động cơ điện được kết nối cùng với bánh xe chủ động.



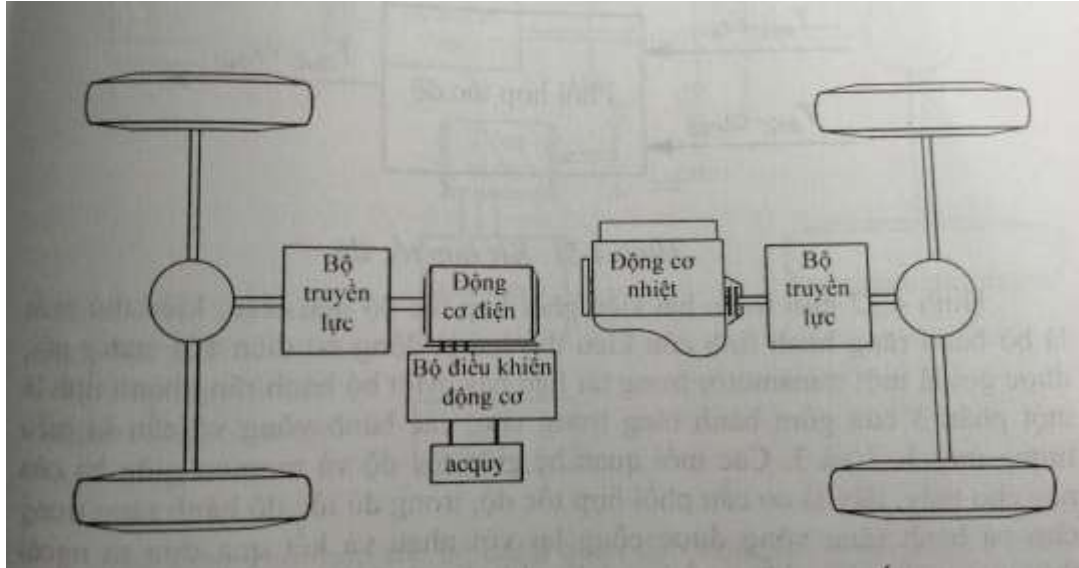
Hình 1. 15. Hệ thống động lực ô tô hybrid song song kết hợp momen một trục truyền động trước



Hình 1. 16. Hệ thống động lực hybrid kết hợp momen kiểu trục đơn hậu truyền động.

Một cơ cấu kết hợp momen khác của ô tô hybrid song song là cấu trúc trục tách rời, trong đó có một trục được dẫn động bởi động cơ nhiệt và trục còn lại được dẫn động bởi động cơ điện (hình 1.17). Lực kéo từ hai động cơ được tổng hợp lại thông

qua khung gầm xe và mặt đường. Nguyên lý hoạt động tương tự như cấu hình hai trục được thể hiện trên hình 1.12. Cơ cấu truyền động đối với động cơ nhiệt hay động cơ điện có thể là một cấp hay nhiều cấp. Cấu hình này có đặc tính lực kéo tương tự như đã trình bày trên hình 1.13.



Hình 1. 17. Hệ thống động lực ô tô hybrid song song kết hợp momen trục riêng rẽ

Cấu trúc trục tách rời có một số lợi thế của ô tô truyền thống. Nó giữ nguyên động cơ nhiệt và hệ thống truyền động của ô tô nguyên thủy và bổ sung thêm một hệ thống dẫn động điện lực kéo vào một trục khác. Xe cũng có bốn bánh chủ động, cho phép tối ưu hoá lực kéo trên đường trơn trượt và làm giảm sức kéo về một lớp duy nhất.

Tuy nhiên, các máy điện và hệ thống bánh răng vi sai chiếm không gian đáng kể và có thể làm giảm không gian dành cho hành khách và chứa hành lí. Vấn đề này có thể được giải quyết nếu cơ cấu truyền động của động cơ điện là một cấp và động cơ điện được thay thế bằng hai động cơ cỡ nhỏ đặt giữa hai bánh xe chủ động. Cần lưu ý rằng động cơ nhiệt không thể nạp điện cho ac quy khi ô tô ở trạng thái dừng.

2. Đồ thị momen-tốc độ của hệ thống động lực hybrid song song

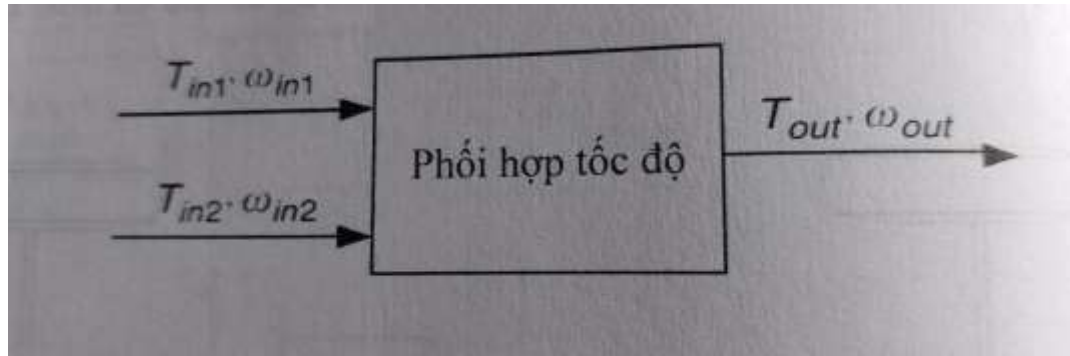
Hai nguồn động lực có thể phối hợp với nhau thông qua quan hệ tốc độ như trình bày trên hình 1.18. Các đặc tính của mối quan hệ tốc độ có thể được biểu diễn bằng các biểu thức:

$$\omega_{out} = k_1 \omega_{in1} + k_2 \omega_{in2}$$

Và

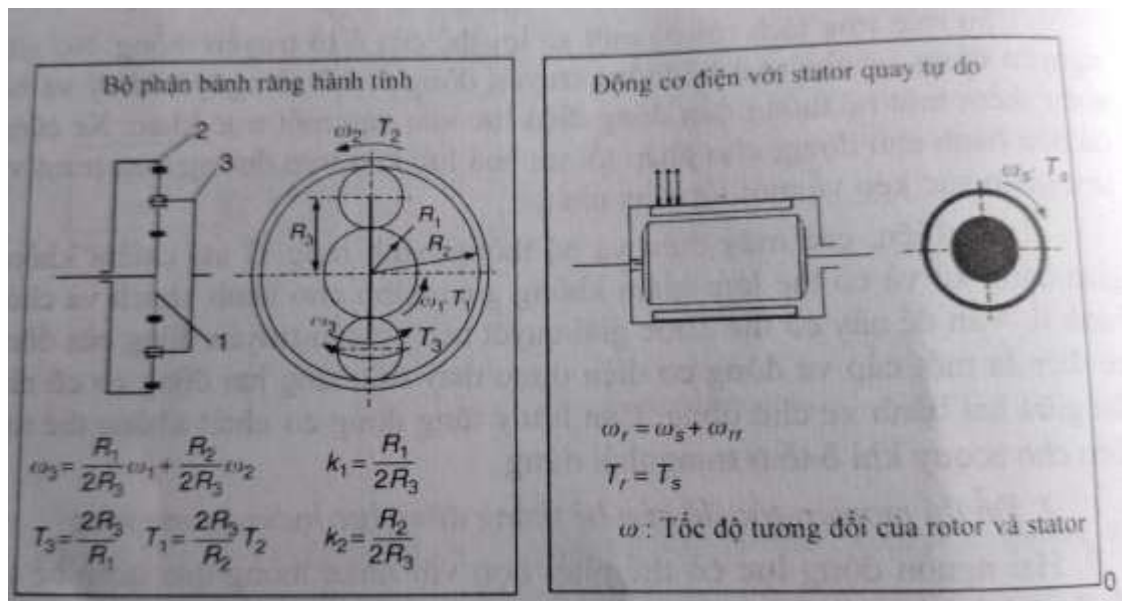
$$T_{out} = \frac{T_{in1}}{k_1} = \frac{T_{in2}}{k_2}$$

Trong đó, k_1 và k_2 là hằng số liên quan đến thiết kế thực tế

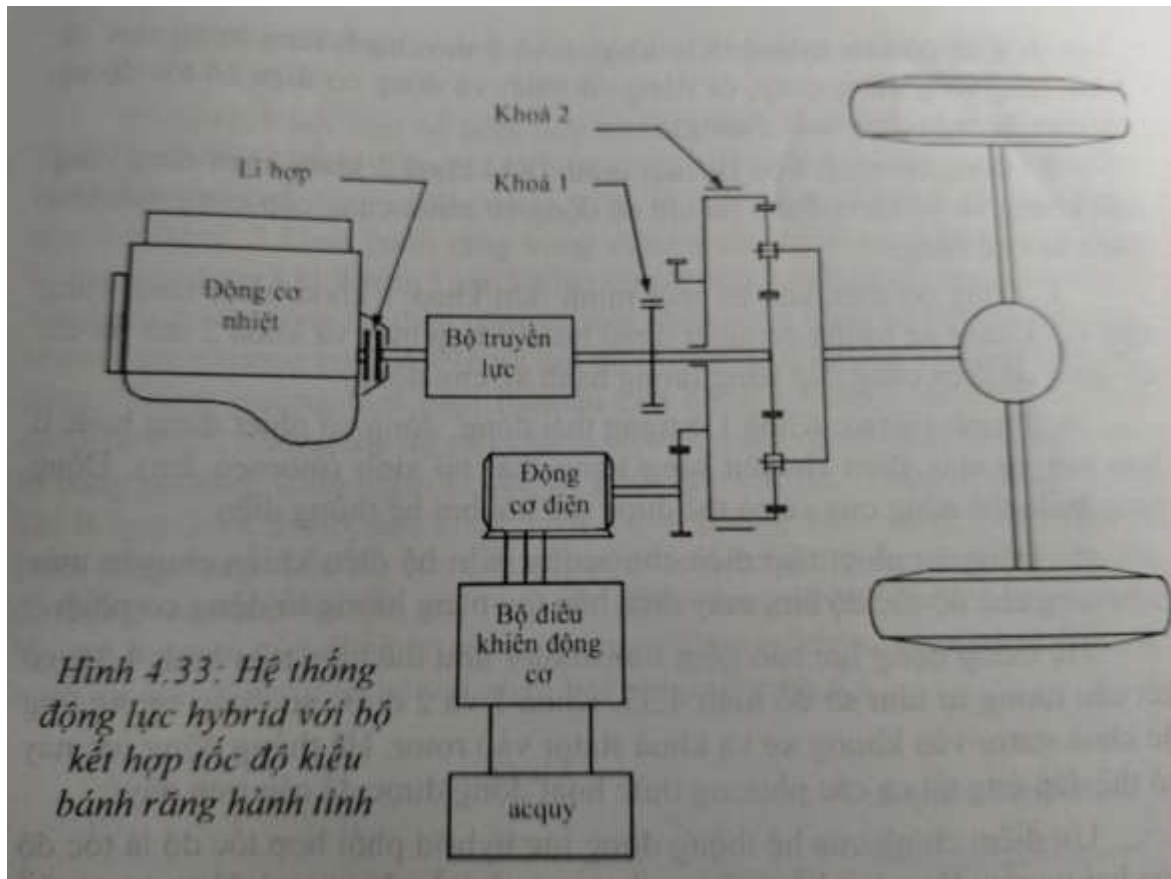


Hình 1. 18. Kết hợp tốc độ

Hình 1.19 giới thiệu hai kiểu phối hợp tốc độ tiêu biểu: kiểu thứ nhất là bộ bánh răng hành tinh còn kiểu thứ hai là động cơ điện với stator nổi, được gọi là một transmotor trong tài liệu này. Một bộ bánh răng hành tinh là một phân 3 cửa gồm bánh răng trung tâm, các bánh vòng và cần ki hiệu tương ứng 1, 2 và 3. Các mối quan hệ giữa tốc độ và momen giữa ba cửa của này cho thấy, đây là cơ cấu phối hợp tốc độ, trong đó tốc độ bánh răng trung tâm và bánh răng vòng được cộng lại với nhau và kết quả đưa ra ngoài thông qua cần. Các hằng số k_1 và k_2 chỉ phụ thuộc vào bán kính của mỗi bánh răng hoặc số răng của mỗi bánh răng.



Hình 1. 19. Bộ kết hợp tốc độ tiêu biểu



Hình 1. 20. Hệ thống động lực hybrid với bộ kết hợp tốc độ kiểu bánh răng hành tinh

Một kiểu phối hợp tốc độ đáng quan tâm khác là động cơ điện (được gọi là transmotor), trong đó stator, thường được cố định vào một khung, được để tự do làm nhiệm vụ đưa công suất vào. Hai cổng còn lại là rotor và lớp không khí thông qua đó điện năng được biến thành cơ năng. Tốc độ động cơ, trong điều kiện thông thường, là tốc độ tương đối giữa rotor và stator. Do hiệu ứng động lực và phản lực, momen động trên stator và rotor luôn như nhau và kết quả là các hằng số $k_1 = 1$ và $k_2 = 1$.

Cũng giống như bộ phối hợp momen, bộ phối hợp tốc độ có thể được bố trí theo nhiều phương án trong hệ thống động lực ô tô hybrid. Hình 1.20 và 1.21 giới thiệu hai ví dụ về hệ thống động lực hybrid với bộ phối hợp tốc độ là bánh răng vi sai và transmotor. Trên hình 1.20, động cơ cung cấp công suất cho bánh răng trung tâm thông qua bộ li hợp và hệ thống truyền lực. Hệ thống truyền lực được sử dụng để điều chỉnh đặc tính momen-tốc độ của động cơ cho phù hợp với yêu cầu kéo. Động cơ điện cung cấp công suất cho bánh vòng thông qua một cặp bánh răng. Khoá 1 và 2 được sử dụng để khoá bánh răng trung tâm và bánh vòng vào khung đứng yên của xe nhằm đáp ứng các yêu cầu ở các chế độ hoạt động khác nhau. Các phương thức hoạt động sau đây có thể được thoả mãn:

1. Chế độ kéo hybrid: Khi khoá 1 và 2 mở, bánh răng trung tâm và bánh răng vòng cùng quay, cả động cơ nhiệt và động cơ điện có tốc độ và momen dương (công suất dương).

2. Động cơ nhiệt kéo tải một mình: Khi khoá 2 khoá bánh răng vòng vào khung xe và khoá 1 mở thì chỉ có động cơ nhiệt cung cấp công suất cho bánh xe chủ động.

3. Động cơ điện kéo tải một mình: khi khoá 1 khoá bánh răng trung tâm với khung xe (động cơ nhiệt dừng hoặc li hợp mở) và khoá 2 mở thì chỉ có động cơ điện cung cấp năng lượng bánh xe chủ động.

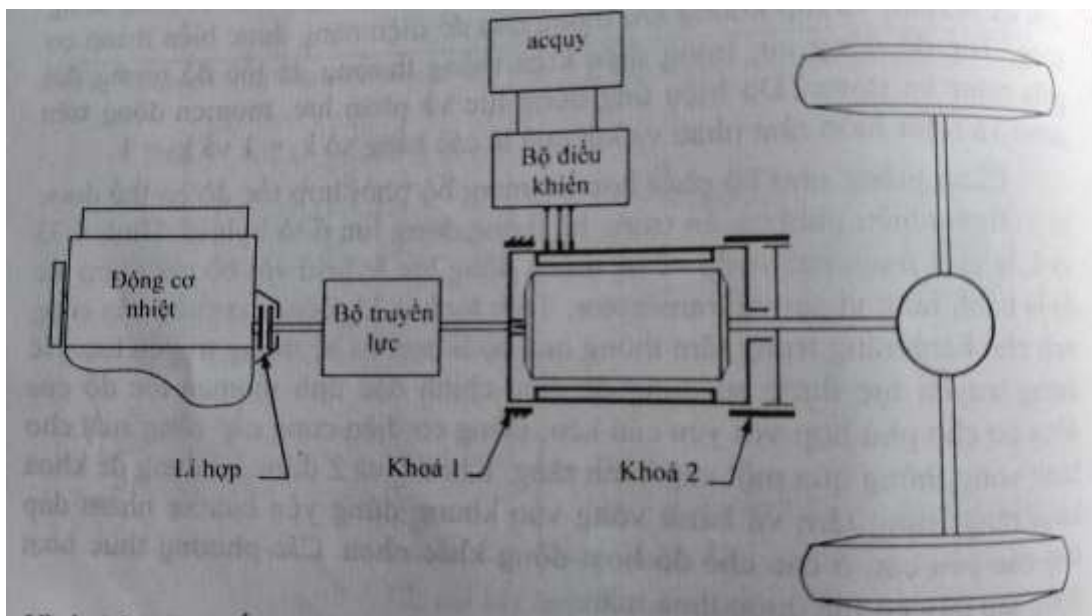
4. Phanh tái tạo: Khoá 1 ở trạng thái đóng, động cơ nhiệt dừng hoặc là hợp mở và máy điện chuyển sang trạng thái tái sinh (momen âm).

Động năng hoặc thế năng của xe có thể được thu hồi bởi hệ thống điện.

5. Động cơ nhiệt nạp điện cho acquy: Khi bộ điều khiển chuyển máy điện sang chế độ tốc độ âm, máy điện hấp thụ năng lượng từ động cơ nhiệt.

Hệ thống động lực bao gồm transmotor như thể hiện trên hình 1.21, có kết cấu tương tự như sơ đồ hình 1.20. Khoá 1 và 2 được sử dụng tương ứng để khoá stator vào khung xe và khoá stator vào rotor. Hệ thống động lực này có thể đáp ứng tất cả các phương thức hoạt động được đề cập trên đây.

Ưu điểm chính của hệ thống động lực hybrid phối hợp tốc độ là tốc độ của hai nguồn động lực hỗ trợ cho nhau, vì vậy tốc độ của cả động cơ có thể được chọn một cách tùy ý. Đây là lợi thế quan trọng trong sử dụng một số nguồn động lực như động cơ Stirling và động cơ tuốc bin khí, những động cơ có hiệu suất phụ thuộc chính vào tốc độ và ít nhạy cảm với momen.



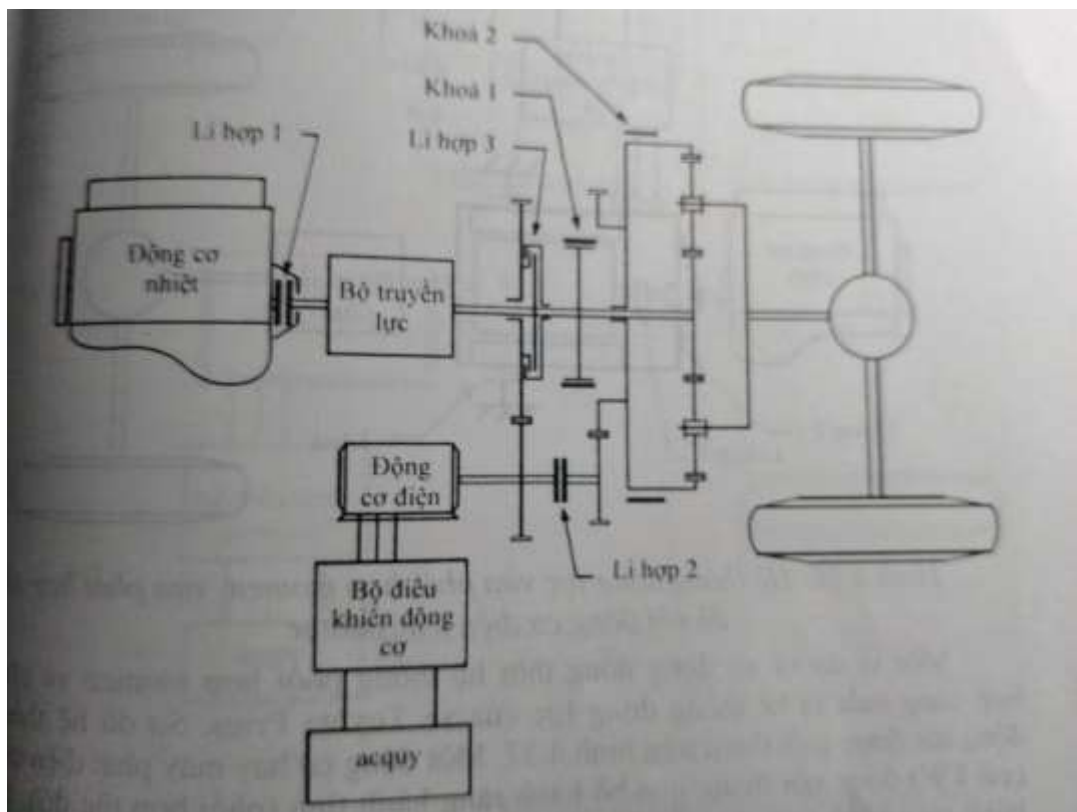
Hình 1. 21. Hệ thống động lực hybrid phối hợp tốc độ với động cơ điện transmotor

3. Hệ thống động lực hybrid song song phối hợp momen và phối hợp tốc độ

Bằng cách kết hợp bộ phối hợp momen và tốc độ với nhau, ta có thể thiết lập một hệ thống động lực hybrid trạng thái phối hợp momen và tốc độ có thể được chọn thay phiên. Hình 1.21 là một ví dụ. Ở chế độ phối hợp momen, khoá 2 khoá bánh răng vòng của cơ cấu bánh răng hành tinh vào khung xe, trong khi li hợp 1 và 3 đóng còn li hợp 2 mở. Công suất của động cơ nhiệt và các động cơ điện cộng lại với nhau bằng cách hỗ trợ momen cho nhau ($T_{out} = k_1 T_{in1} + k_2 T_{in2}$), và sau đó truyền năng lượng cho bánh xe chủ động. Trong trường hợp này, momen của động cơ nhiệt tách rời momen động cơ điện, nhưng tốc độ của chúng có mối quan hệ cố định như được mô tả bằng phương trình. Ở chế độ phối hợp tốc độ, li hợp 1 đóng, trong khi li hợp 2 và 3 mở, các khoá 1 và 2 giải phóng bánh răng trung tâm và bánh răng vòng. Tốc độ của cần nối với bánh xe chủ động, là tổng hợp tốc độ động cơ nhiệt và tốc độ động cơ điện. Nhưng momen của động cơ nhiệt, momen động cơ điện, và momen của các bánh xe chủ động quan hệ với nhau bởi phương trình

$$i = \frac{F_{t-net}}{M_v g} = \frac{F_t - (F_r + F_w)}{M_v g}$$

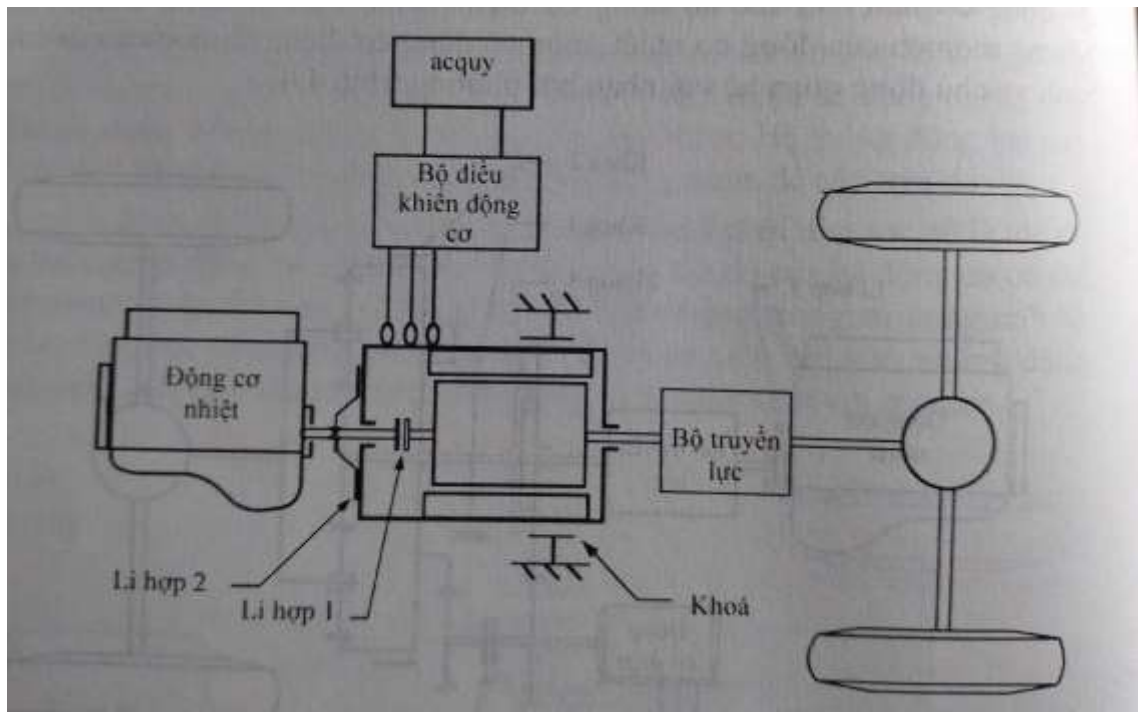
Trong đó, F_t là lực kéo trên các bánh xe chủ động, F_r là ma sát lăn của lốp xe và F_w là lực cản không khí động học, $F_{(t-net)}$ là khả năng leo dốc được xác định bởi lực kéo thực tế.



Hình 1. 22. Hệ thống động lực hybrid vừa phối hợp momen, vừa phối hợp tốc độ với bộ bánh răng hành tinh

Với sự chọn lựa tùy ý giữa chế độ phối hợp momen và chế độ phối hợp tốc độ, các động cơ có thêm nhiều cơ hội để xác định chế độ vận hành để tối ưu hoá hiệu suất của chúng. Ví dụ, ở tốc độ thấp, chế độ phối hợp momen phù hợp để tăng tốc cao hoặc leo đồi núi. Ngược lại, ở tốc độ cao, chế độ kết hợp tốc độ nên được sử dụng để giữ tốc độ động cơ ở vùng tối ưu của nó.

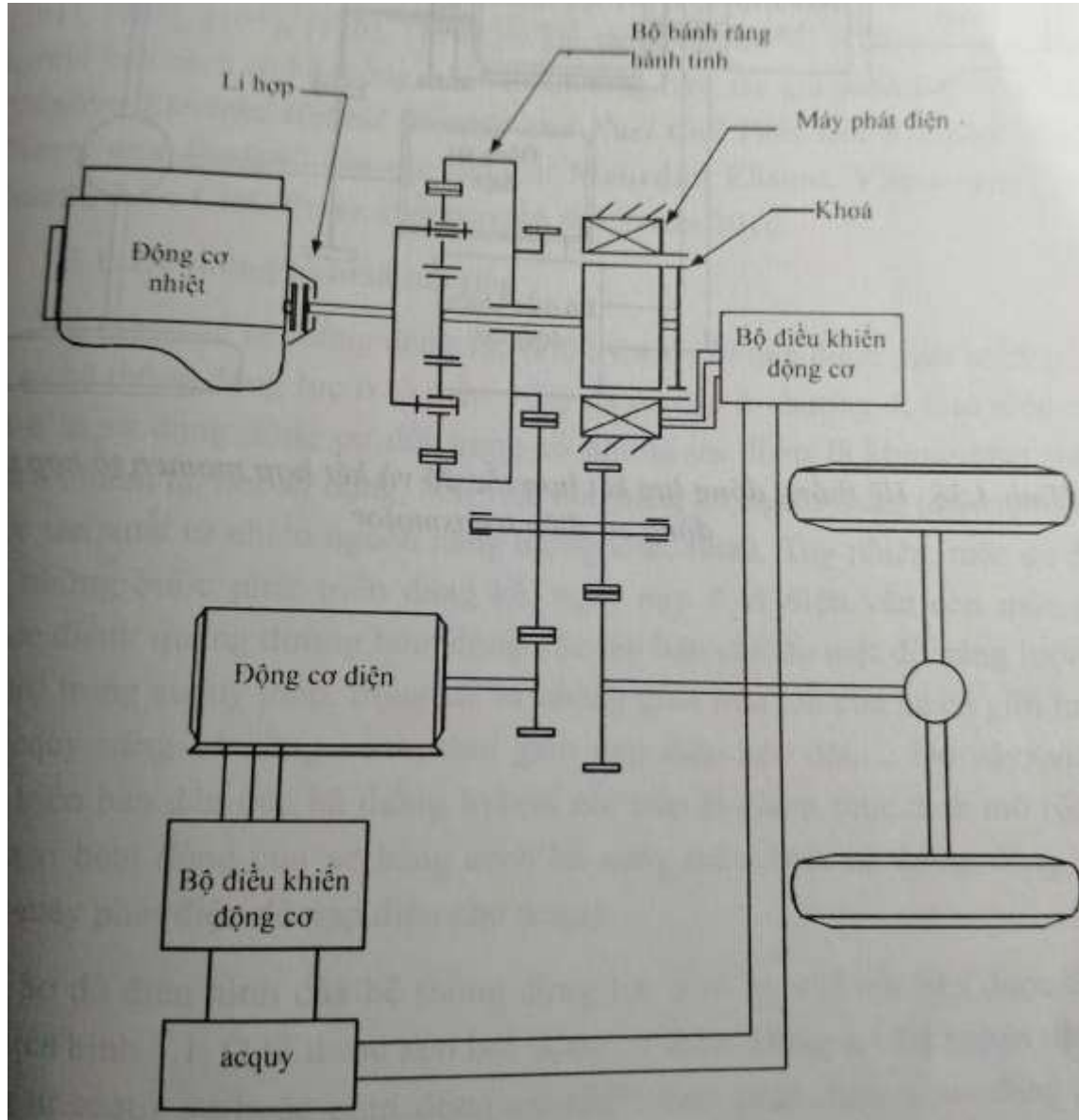
Bộ bánh răng hành tinh của động cơ điện trên hình 1.22 có thể được thay thế bằng một transmotor để tạo thành một hệ thống động lực tương tự như trên hình 1.23. Khi li hợp 1 đóng để truyền momen từ trục động cơ nhiệt đến trục rotor của transmotor, li hợp 2 mở để giải phóng trục động cơ nhiệt khỏi trục rotor của transmotor và khoá được kích hoạt để khoá stator của transmotor vào khung xe. Hệ thống động lực làm việc ở chế độ phối hợp momen. Ngược lại, khi li hợp 1 mở, li hợp 2 đóng và khoá mở, hệ thống động lực hoạt động ở chế độ phối hợp tốc độ.



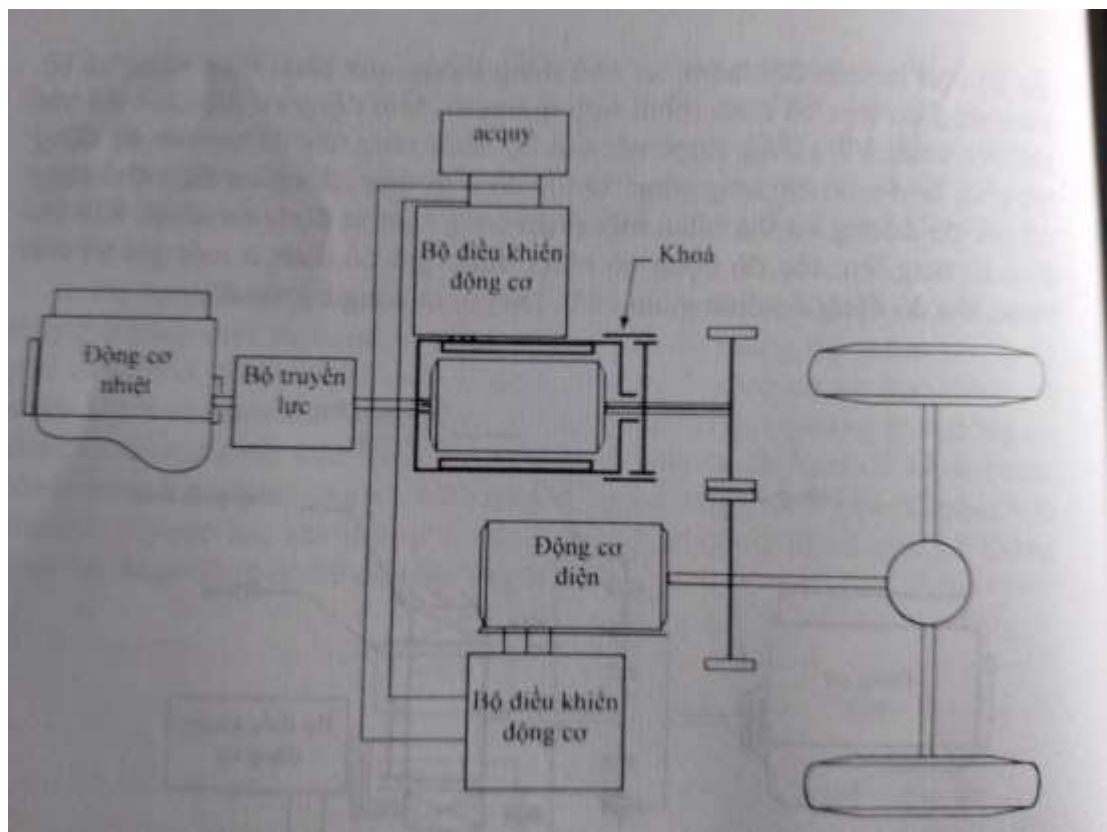
Hình 1. 23. Hệ thống động lực vừa phối hợp momen, vừa phối hợp tốc độ với động cơ điện transmotor

Một ví dụ về sử dụng đồng thời hệ thống phối hợp momen và phối hợp công suất là hệ thống động lực của xe Toyota Prius. Sơ đồ hệ thống động lực được giới thiệu trên hình 1.24. Một động cơ hay máy phát điện nhỏ (vài kW) được nối thông qua bộ bánh răng hành tinh (phối hợp tốc độ). Bộ bánh răng hành tinh chia tốc độ động cơ nhiệt thành hai tốc độ. Một tốc độ dẫn đến động cơ nhỏ thông qua bánh răng trung tâm, tốc độ còn lại dẫn đến bánh xe chủ động thông qua bánh răng vòng và bộ bánh răng có trục cố định (phối hợp momen). Một động cơ điện lớn (từ vài kW đến chục kW) cũng được nối với bộ bánh răng này để tạo nên hệ động lực phối hợp momen

song song. Ở tốc độ ô tô thấp, động cơ điện nhỏ chạy với tốc độ dương và thu nhận một phần công suất từ động cơ nhiệt. Khi tốc độ ô tô tăng lên, tốc độ động cơ nhiệt được giữ cố định ở một giá trị cho trước, tốc độ động cơ điện giảm về 0. Đó gọi là đồng bộ tốc độ.



Hình 1. 24. Hệ thống động lực kết hợp tốc độ và kết hợp momen tổ hợp
(Toyota Prius)



Hình 1. 25. Hệ thống động lực kết hợp tốc độ và kết hợp momen tổ hợp với động cơ điện

CHƯƠNG 2. GIỚI THIỆU VỀ XE TOYOTA PRIUS

2.1. Thông số kỹ thuật xe Toyota Prius

Bảng 2. 1. Thông số kỹ thuật xe Toyota Prius

Động cơ.	
Loại động cơ	1.8 Hybrid, 4 xilanh
Dung tích xi lanh (cm3).	1798
Công suất cực đại (Hp/rpm).	134hp (36hp từ mô-tơ điện)/ 5200
Mômen xoắn cực đại (Nm/ rpm).	142 / 4000 (động cơ xăng)
Tăng tốc 0- 100 Km/h.giây	10.1.
Kích thước, trọng lượng.	
Dài × Rộng × Cao (mm)	4550 x 1790 x 1490
Chiều dài cơ sở (mm)	2700
Khoảng sáng gầm xe (mm)	140
Tự trọng không tải (Kg)	1380
Nhiên liệu.	
Sử dụng nhiên liệu	Xăng, điện.
Dung tích bình chứa (L)	45
Tiêu thụ nhiên liệu (city, L/ 100Km)	4.6
Tiêu thụ nhiên liệu (highway, L/ 100Km)	4.9
Tiêu thụ nhiên liệu (combined, L/ 100Km)	4.7
Phanh, lốp.	
Lốp trước/sau	P195/65R15 89S/ P215/45R17 89S

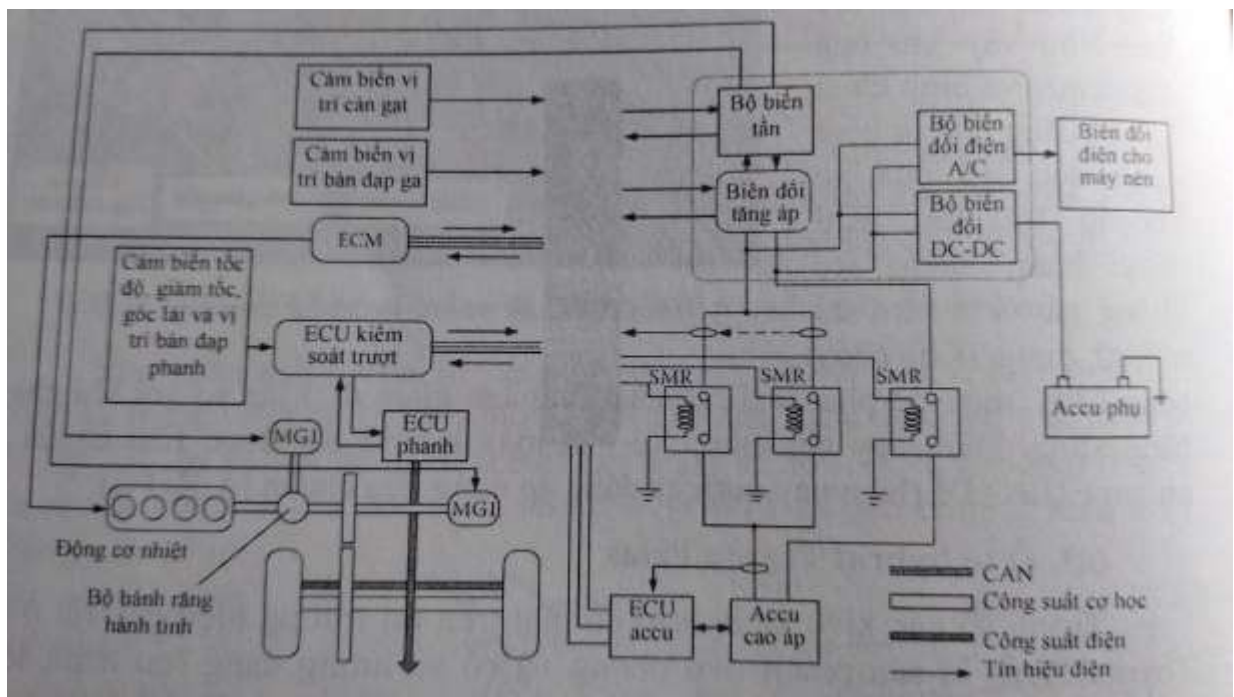
Hệ thống phanh trước/sau	Đĩa tản nhiệt với caliper trượt pit-tông đơn 10.0-inch/10.2inch , có ABS
Giá (USD)	23500



2.2. Tổng quan về hệ thống động lực Prius hybrid và hệ thống điều khiển

2.2.1. Sơ đồ hệ thống động lực

Hệ thống động lực của Toyota Prius được thiết kế theo kiểu nối tiếp-song song. Hình 2.1 giới thiệu tổng quan về hệ thống động lực và hệ thống điều khiển.



Hình 2. 1. Sơ đồ hệ thống động lực và hệ thống điều khiển ô tô Hybrid Prius

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

Các thành phần của hệ thống hybrid bao gồm:

- Hệ thống hybrid xuyên trục (transaxle), bao gồm động cơ điện/ máy phát điện 1 (MG1), động cơ điện/ máy phát điện 2 (MG2), và bộ bánh răng hành tinh.
- Động cơ nhiệt 1NZ – FXE
- Bộ chuyển đổi gồm biến tần, một công cụ chuyển đổi booster, chuyển đổi DC-DC và một biến tần AC
- Bộ điều khiển điện tử ô tô hybrid (HV ECU) thu thập thông tin từ các cảm biến và gửi kết quả tính toán đến module điều khiển động cơ (ECM), bộ chuyển đổi, ECU acquy
- Cảm biến vị trí
- Cảm biến vị trí bàn đạp ga biến đổi tín hiệu gia tốc thành tín hiệu điện
- Module điều khiển phanh tái tạo
- Module điều khiển động cơ nhiệt ECM •
- Acquy cao áp (V)
- ECU acquy theo dõi tình trạng nạp điện của acquy cao áp HV và kiểm soát hoạt động của quạt làm mát
- Bộ nạp điện lưới với bộ ngắt điện hệ thống Hệ thống rơ-le chính (SMR) để đóng ngắt mạch công suất của acquy cao áp HV
- Acquy phụ điện áp 12VDC sử dụng cho hệ thống điều khiển ô tô

2.2.2. Động cơ nhiệt

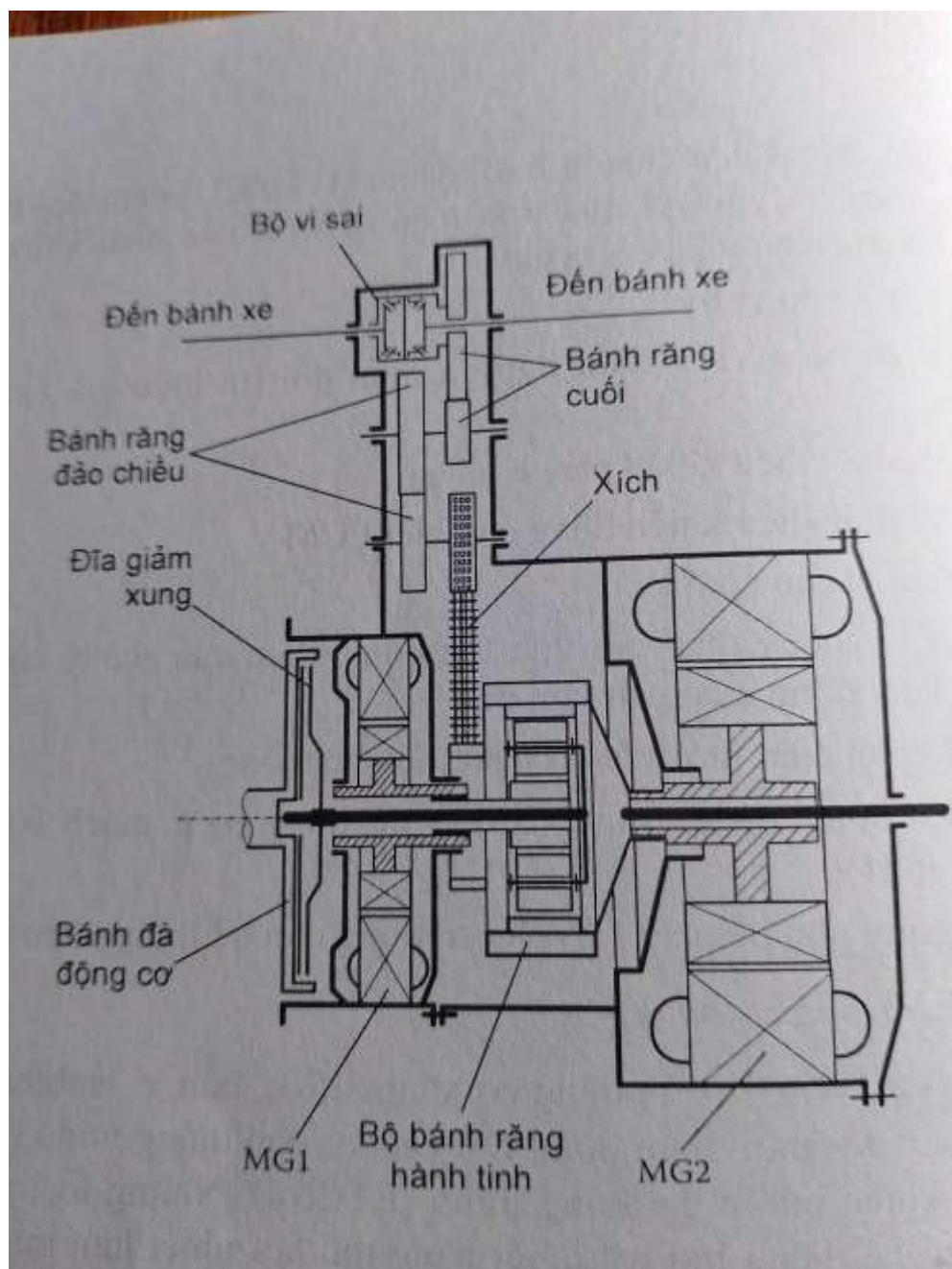
Động cơ 1NZ-FXE là động cơ xăng 1.5-L, bốn xi lanh thẳng hàng với hệ thống thay đổi thời điểm đóng mở các xú-páp thông minh (VVTi) và hệ thống điều khiển bướm ga thông minh (ETCS-i). Những loạt xe năm 2004 và sau đó có hệ thống lưu trữ nhiệt năng thu hồi nhiệt làm mát động cơ và lưu trữ trong bình cách nhiệt, đảm bảo cho nước vẫn còn nóng sau 3 ngày. Sau đó, nước được bơm qua động cơ để làm giảm phát thải HC thường đi kèm với khởi động lạnh. Động cơ có đường kính xi lanh 75 mm, hành trình piston 84,7 mm và tỉ số nén 13. Công suất cực đại của động cơ là 57 kW ở 5000 vòng/phút, momen cực đại 111 Nm ở 4200 vòng/phút.

2.2.3. Hệ thống hybrid xuyên trục

Như được giới thiệu trên hình 2.2, hệ thống hybrid xuyên trục gồm:

- Cụm động cơ điện/máy phát điện MG1 tạo ra nguồn điện
- Cụm động cơ điện/máy phát điện MG2 tạo lực kéo cho ô tô
- Bộ bánh răng hành tinh cho phép thay đổi liên tục tỉ số truyền và đảm đương chức năng của thiết bị chia công suất

- Bộ giảm tốc gồm xích và các bánh răng
- Bộ vi sai hai bánh răng tiêu chuẩn



Hình 2. 2. Sơ đồ minh họa hệ thống hybrid xuyên trục

Bảng 2. 2. Các đặc điểm của MG1 và MG2

	MG1	MG2
Loại máy điện	Nam châm vĩnh cửu	Nam châm vĩnh cửu
Điện áp cực đại V	AC 500	AC 500
Làm mát	Bằng nước	Bằng nước

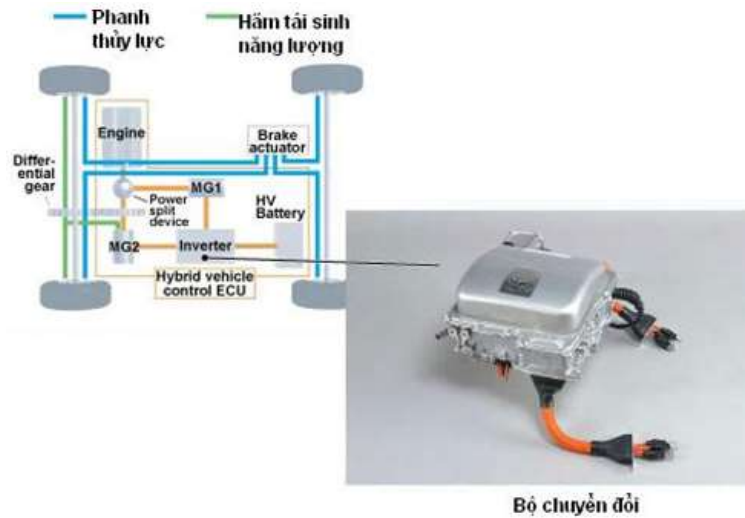
SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

Công suất cực đại kW/tốc độ (vòng/phút)		50/1200 - 1540
Momen cực đại Nm/tốc độ (vòng/phút)		400/0 - 1200

2.2.4. Bộ phận chuyển đổi điện (Inverter with Converter)

Bộ chuyển đổi biến dòng điện một chiều từ ắc-quy điện áp cao (HV Battery) thành dòng xoay chiều làm quay motor điện hoặc biến dòng xoay chiều từ máy phát thành dòng điện một chiều để nạp điện cho ắc-quy.



Về cấu tạo, nó gồm một bộ khuếch đại điện năng để tăng điện áp được cung cấp lên đến 500V đồng thời nó được trang bị một bộ chuyển đổi dòng một chiều để nạp điện cho ắc-quy phụ của xe và một bộ chuyển đổi dòng xoay chiều để cấp điện cho máy nén trong hệ thống điều hòa của xe hoạt động.

2.2.5. Ắc-quy điện áp cao. (HV Battery - High Volt Battery)

Ắc-quy chính của xe được bảo vệ trong một vỏ niken-kim loại hydrua chắc chắn hơn và có mật độ năng lượng cao hơn so với bình thường. Thường gồm 120-250 cặp cực ắc-quy với điện áp chuẩn là 144V-350 Volt (1,2V/cặp cực ắc-quy) được nạp điện bởi động cơ chính thông qua tổ hợp MG1 khi xe chạy bình thường và tổ hợp MG2 trong suốt quá trình hãm tái sinh năng lượng.

Bảng 2. 3. Các thông số của ắcquy

Điện thế bộ ắcquy	206,6V
Số lượng mô-đun ắcquy Ni-MH trong bộ ắcquy	28
Số lượng các tế bào ắcquy	168

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

Điện thế của mỗi tế bào acquy Ni-MH	7,2V
-------------------------------------	------

ECU của acquy thực hiện các chức năng sau đây:

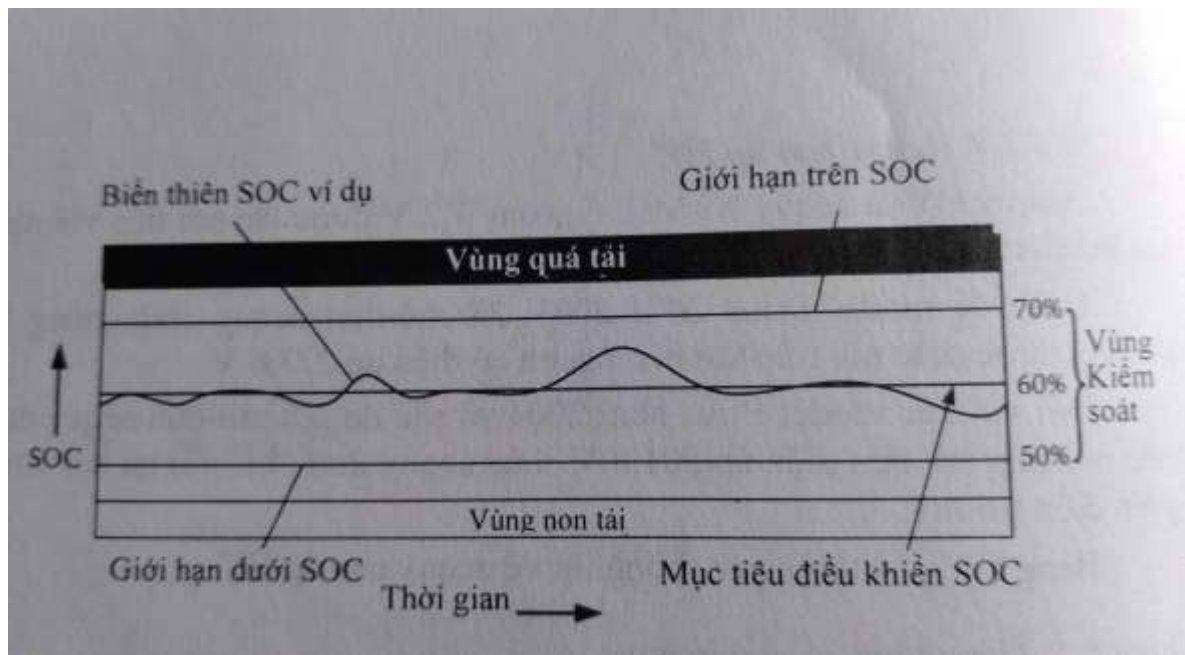
Ước tính dòng điện nạp/phóng và cũng như công suất nạp, phóng yêu cầu tới ECU HV để SOC có thể duy trì ở mức trung bình.

Ước tính lượng nhiệt sinh ra trong quá trình nạp điện và phóng điện để điều chỉnh quạt làm mát để duy trì nhiệt độ ổn định của acquy HV

Theo dõi nhiệt độ và điện áp của acquy, và nếu phát hiện có sự cố nó có thể hạn chế hoặc ngừng nạp và phóng điện để bảo vệ acquy cao áp HV

SOC của acquy được điều khiển bởi ECU của HV. Mức năng lượng cài đặt là 60%. Khi trạng thái nạp điện của acquy dưới mức này. ECU của acquy thông báo cho ECU HV và sau đó phát tín hiệu tới ECM của động cơ để tăng công suất nhằm nạp điện cho acquy cao áp HV. Độ chênh lệch bình thường giữa mức thấp và mức cao của SOC là 20% như giới thiệu trên hình 2.3.

Acquy cao áp HV được làm mát bằng không khí. ECU của acquy nhận biết nhiệt độ của acquy thông qua ba cảm biến nhiệt độ trong acquy HV và cảm biến nhiệt độ không khí nạp. Dựa trên các dữ liệu này, ECU của acquy điều chỉnh chu kì hoạt động của quạt làm mát để duy trì nhiệt độ của pin cao áp HV trong giới hạn qui định.



Hình 2. 3. Vùng làm việc của acquy

2.2.6. Bộ chuyển đổi tăng áp Booster Converter

Bộ chuyển đổi tăng áp làm tăng điện áp 206,1 V DC thông thường của acquy cao áp lên điện áp tối đa là 500 V DC. Để làm gia tăng điện áp, bộ chuyển đổi sử dụng một mô-đun công suất tăng áp.

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

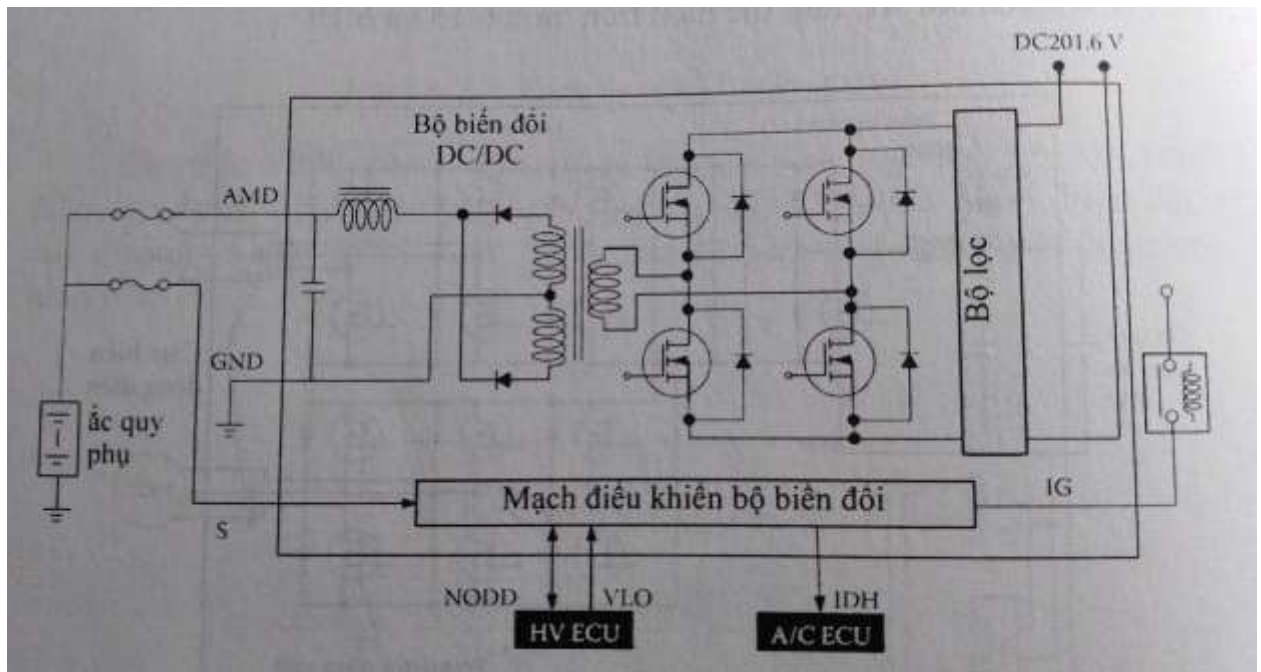
GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

Khi MG1 hoặc MG2 hoạt động ở chế độ máy phát điện, nhờ bộ biến đổi AC, dòng điện được biến đổi sang DC. Sau đó, bộ chuyển đổi tăng áp booster sẽ làm tăng điện áp đến 201,6 V DC để nạp điện cho acquy cao áp HV.

2.2.7. Inverter

Bộ biến tần biến đổi điện DC của acquy cao áp HV thành điện AC ba pha cho MG1 và MG2. ECU của HV điều khiển kích hoạt transistor công suất. Ngoài ra, biến tần của truyền thông tin cần thiết để kiểm soát dòng điện, như cường độ hoặc điện áp đầu ra, đến ECU của HV.

Bộ biến tần, MG1 và MG2 được làm mát bằng nước bởi một bộ tản nhiệt chuyên dụng và hệ thống nước làm mát được bố trí riêng biệt so với hệ thống làm mát động cơ. ECU của HV điều khiển máy bơm nước của hệ thống làm mát này.



Hình 2. 4. Bộ biến đổi điện DC-DC

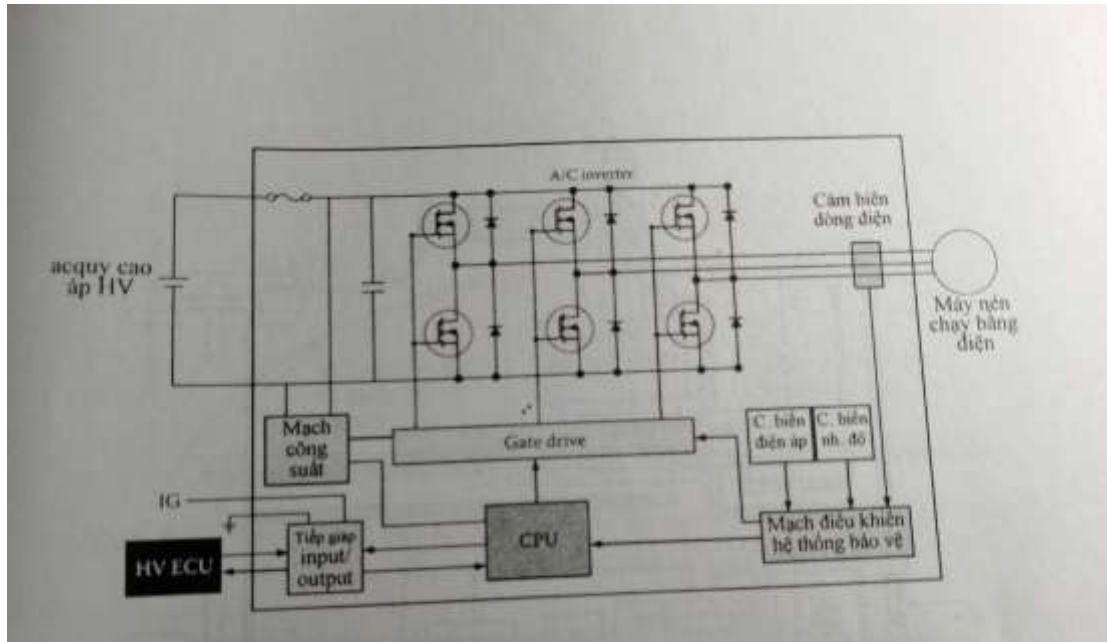
2.2.8. Bộ biến đổi DC-DC

Bộ biến đổi DC-DC được sử dụng để biến đổi điện cao áp HV thành điện 12 V để nạp acquy phụ 12 V. Sơ đồ nguyên lý của bộ biến đổi DC-DC được trình bày trên hình 2.4. Đối với Toyota Prius đời 2001-2003 mô hình, điện áp được biến đổi từ 273,6 V DC xuống 12 V DC, còn các xe đời 2004 trở về sau điện áp được biến đổi từ 201,6 V DC xuống 12 V DC.

2.2.9. Biến tần AC

Đối với các xe Toyota Prius đời 2004 trở về sau có lắp riêng một biến tần cho hệ thống điều hoà không khí để biến đổi điện một chiều cao áp 201.6 V DC thành điện

xoay chiều 206,6 V AC để cung cấp điện cho động cơ của hệ thống điều hoà nhiệt độ như trên hình 2.5.



Hình 2. 5. Bộ biến đổi điện AC

2.3. Hệ thống phanh

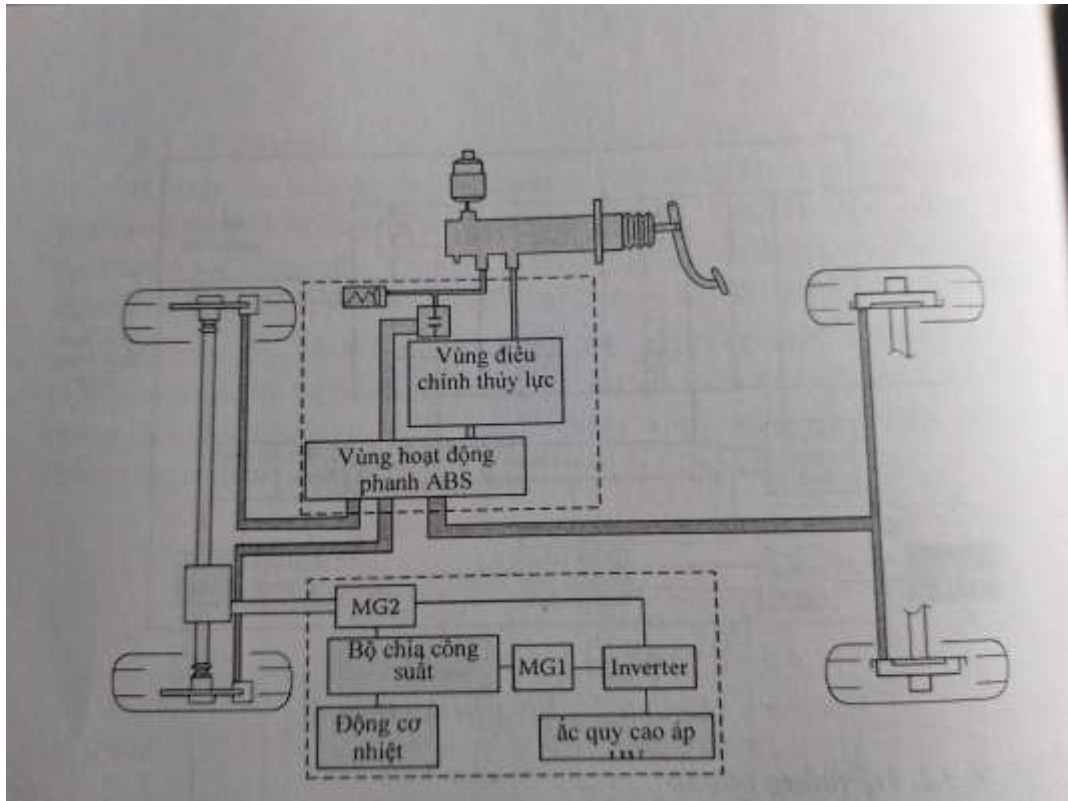
Hệ thống phanh của ô tô hybrid bao gồm phanh thuỷ lực tiêu chuẩn và phanh tái tạo để biến động năng của xe thành điện năng và nạp cho acquy. Ngay sau khi nhả bàn đạp ga, ECU của HV khởi động phanh tái tạo. MG2 quay theo bánh xe ở chế độ máy phát điện để nạp điện cho acquy. Trong giai đoạn phanh này, các phanh thuỷ lực chưa được dùng đến. Khi mức độ giảm tốc yêu cầu cao hơn, phanh thuỷ lực được kích hoạt để cung cấp thêm công suất phanh xe. Để tăng hiệu quả biến đổi năng lượng, hệ thống phanh tái tạo được sử dụng bất cứ khi nào có thể. Đưa cần điều khiển sang vị trí "B" sẽ tối đa hoá hiệu quả tái tạo năng lượng và rất hữu ích cho việc kiểm soát tốc độ xe khi xuống dốc. Bố trí tổng thể của hệ thống phanh hybrid được giới thiệu trên hình 2.6.

2.3.1. Phối hợp điều khiển phanh tái tạo

Phối hợp điều khiển cân đối lực phanh của phanh tái tạo và phanh thuỷ lực để giảm thiểu năng lượng tổn hao do toả nhiệt và ma sát.

2.3.2. Kiểm soát phân bố lực phanh

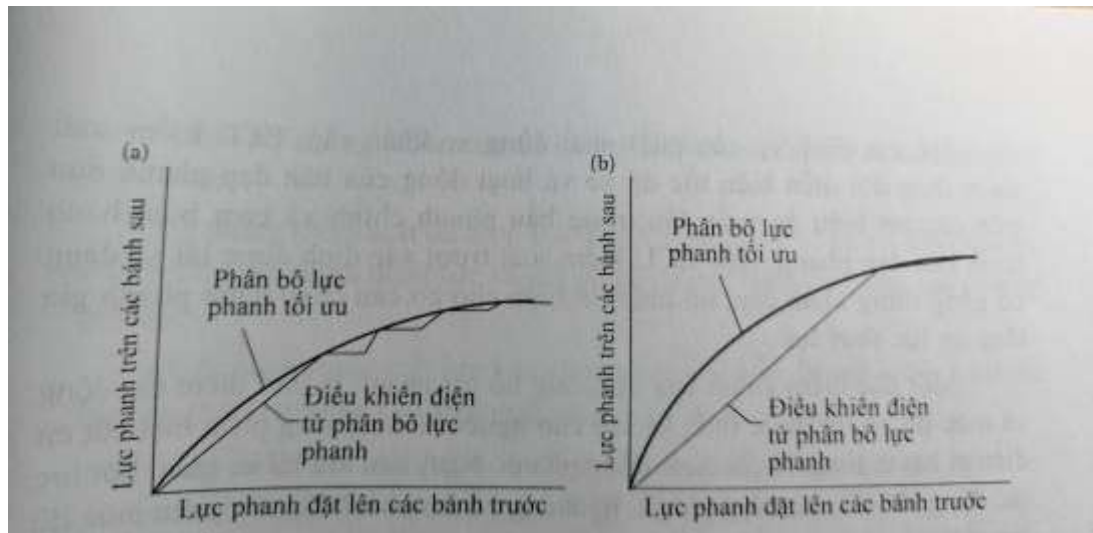
Toyota Prius từ đời 2004 trở về sau, sự phân bố lực phanh được thực hiện dưới sự kiểm soát của skid ECU. Skid ECU điều khiển lực phanh một cách chính xác phù hợp với các điều kiện hoạt động của xe.



Hình 2. 6. Hệ thống phanh hybrid

1. Phân phối lực phanh trên bánh trước và bánh sau (đời 2004 trở về sau). Nói chung, khi phanh trọng lượng của xe dồn về phía trước, giảm tải trên bánh xe phía sau. Khi skid ECU nhận được điều kiện này (dựa trên đầu ra cảm biến tốc độ), nó phát tín hiệu cho bộ phận chấp hành của phanh để điều chỉnh lực phanh tác động lên bánh sau, vì vậy xe sẽ vẫn được kiểm soát trong quá trình phanh. Giá trị lực phanh tác động lên các bánh xe phía sau phụ thuộc vào mức độ giảm tốc. Lực phanh này cũng phụ thuộc vào điều kiện đường sá. Hình 2.7a và b biểu diễn lực phanh trên bánh xe phía trước và phía sau mà khi có tải và khi không có tải đặt lên các bánh xe phía sau.

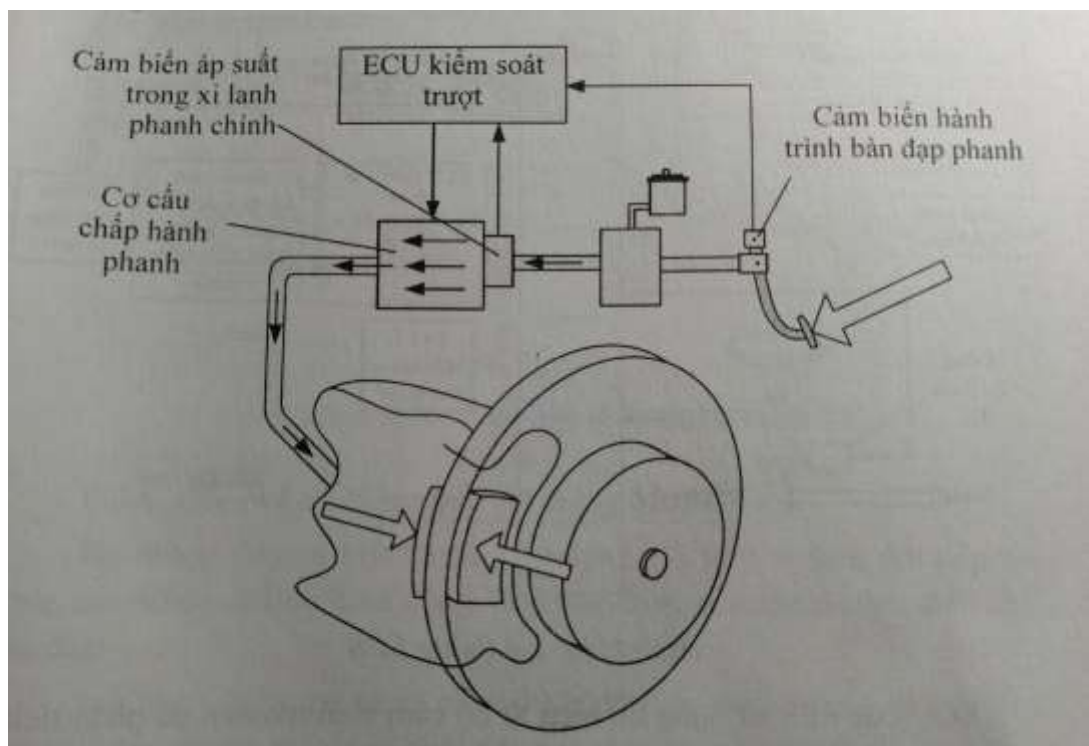
2. Phân phối lực phanh bên trái và bên phải (đời 2004 trở về sau). Khi phanh xe đang chạy trên đường vòng, tải đặt lên các bánh xe bên trong giảm trong khi tải đặt trên các bánh xe bên ngoài tăng. Khi ECU kiểm soát trượt nhận biết được tình hình này (dựa trên tín hiệu của cảm biến tốc độ), nó phát tín hiệu cho cơ cấu chấp hành phanh để điều chỉnh lực phanh giữa các bánh xe bên trái và bên phải để đề phòng xe bị trượt.



Hình 2. 7. Lực phanh đặt lên bánh trước và bánh sau: (a) không có lực đặt lên bánh sau, (b) có lực đặt lên bánh sau

2.3.3. Hệ thống hỗ trợ phanh

Trong trường hợp khẩn cấp, lái xe thường hoảng sợ và không đạp đủ mạnh lên bàn đạp phanh. Vì vậy, từ đời xe 2004 trở đi, xe được trang bị thêm một hệ thống hỗ trợ phanh để nhận biết việc đạp nhanh trong trường hợp khẩn cấp và bổ sung lực phanh phù hợp.



Hình 2. 8. Hệ thống hỗ trợ lực phanh

Để xác định sự cần thiết phải dừng xe khẩn cấp, ECU kiểm soát trượt theo dõi diễn biến tốc độ xe và hoạt động của bàn đạp phanh dựa trên các tín hiệu áp suất dầu trong bầu phanh chính và cảm biến hành trình bàn đạp phanh. Nếu ECU kiểm soát

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

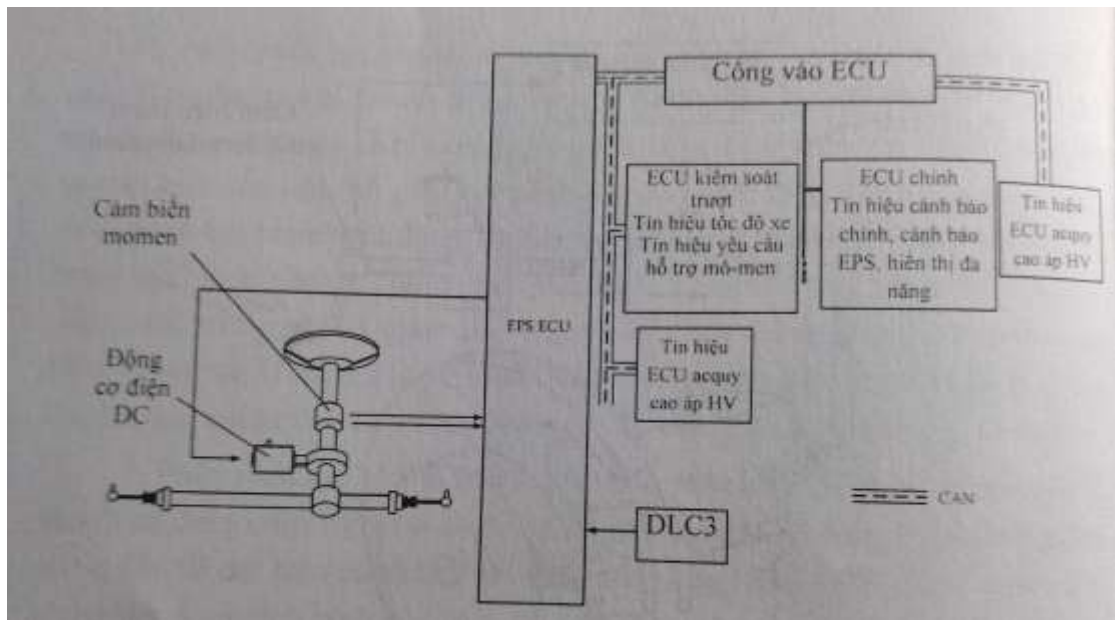
GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

trượt xác định được lái xe đang cố gắng dừng khẩn cấp, nó phát tín hiệu cho cơ cấu chấp hành phanh gia tăng áp lực thủy lực.

Một đặc điểm chính của hệ thống hỗ trợ phanh là thời điểm tác động và mức độ hỗ trợ được thiết kế sao cho người lái xe không phân biệt bất cứ điều gì bất thường về các hoạt động phanh. Ngay sau khi lái xe giảm bớt lực tác động lên trên bàn đạp phanh, hệ thống hỗ trợ phanh lập tức giảm mức độ trợ giúp.

2.3.4. Lái trợ lực điện (EPS)

Một động cơ điện 12 V dẫn động hệ thống lái trợ lực điện vì vậy cảm nhận lái không bị ảnh hưởng khi động cơ tắt máy. ECU của EPS sử dụng tín hiệu của cảm biến momen cùng với các thông tin của ECU kiểm soát trượt về tốc độ xe và momen hỗ trợ yêu cầu để xác định hướng và công suất hỗ trợ. Sau đó nó tác động phù hợp lên động cơ một chiều. Cấu trúc của hệ thống EPS được thể hiện trên hình 2.9.



Hình 2. 9. Hệ thống EPS

ECU của EPS sử dụng tín hiệu từ bộ cảm biến momen để phân tích ý định lái xe của người lái. Nó kết hợp thông tin này với dữ liệu từ các cảm biến khác để xác định mức độ hỗ trợ cần thiết.

2.3.5. Hệ thống kiểm soát ổn định ô tô (VSC)

Hệ thống kiểm soát ổn định ô tô (VSC) giúp duy trì sự ổn định của xe bằng cách điều chỉnh động lực và lực phanh ở mỗi bánh xe trong các trường hợp sau:

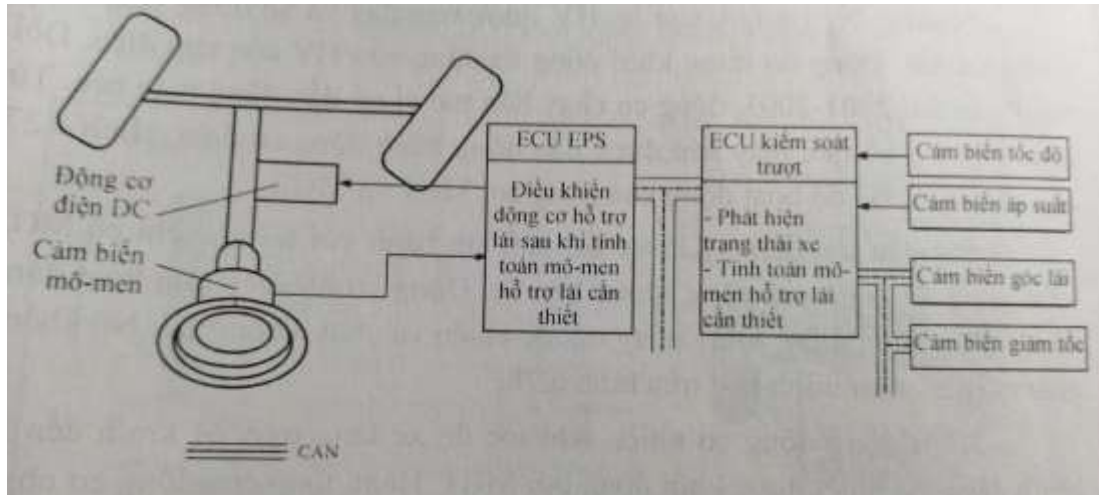
- Các bánh trước mất lực kéo nhưng lực kéo vẫn duy trì ở các bánh xe phía sau (bánh trước có xu hướng trượt gọi là “understeer”).
- Các bánh sau mất lực kéo nhưng lực kéo vẫn duy trì ở các bánh xe phía trước (bánh sau có xu hướng trượt gọi là “oversteer”).

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

Khi ECU kiểm soát trượt phát hiện xe đang ở điều kiện understeer hoặc oversteer, nó điều khiển giảm công suất động cơ và tác động một lực phanh thích hợp lên bánh xe tương ứng để đảm bảo tính ổn định của xe.

Hệ thống VSC cũng hỗ trợ lái dựa trên những điều kiện hoạt động của xe do EPS và VSC cung cấp như giới thiệu trên hình 2.10.



Hình 2. 10. Phối hợp điều khiển EPS

CHƯƠNG 3: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PHANH TÁI SINH.

3.1. Đặt vấn đề

Phanh là một trong những khía cạnh quan trọng của xe. Hệ thống phanh cơ mà chúng ta sử dụng trên xe của mình có một nhược điểm lớn là lãng phí động năng của xe dưới dạng nhiệt, vừa mài mòn má, vừa đốt nóng không khí xung quanh. Điều này làm giảm hiệu suất tổng thể của xe do ảnh hưởng đến khả năng tiết kiệm nhiên liệu. Trong chu trình lái xe trong đô thị, chúng ta có xu hướng khởi động và dừng xe thường xuyên hơn so với chu trình lái xe trên đường cao tốc. Khi chúng ta đạp phanh thường xuyên trong chu trình lái xe trong đô thị, năng lượng mất đi sẽ nhiều hơn. Xe điện có một vấn đề cố hữu là lo lắng về phạm vi của người dùng. Mặc dù tốc độ trung bình của xe trong chu kỳ lái xe trong đô thị là khoảng 25-40 km/h, nhưng việc tăng tốc và phanh thường xuyên sẽ sớm làm hao pin. Chúng ta biết rằng động cơ có thể hoạt động như một máy phát điện trong những điều kiện nhất định. Bằng cách sử dụng tính năng này, người ta có thể ngăn không cho động năng của xe bị lãng phí.

Các kỹ sư đã đưa ra hệ thống phanh tái sinh để phục hồi động năng bị tiêu hao dưới dạng nhiệt trong quá trình phanh theo phương pháp phanh truyền thống. Phanh tái tạo hay phanh tái sinh tên tiếng anh Regenerative braking systems (RBS) là một hệ thống trên ô tô điện có vai trò thu hồi lại những năng lượng dư thừa để biến thành điện năng, nạp lại cho pin trên xe. Trên ô tô thường những năng lượng khi bạn phanh hoặc xuống dốc là lãng phí, trên ô tô điện thì không. Theo quy luật vật lý, chúng ta không thể thu hồi tất cả động năng đã mất đi nhưng vẫn có thể chuyển đổi và lưu trữ một lượng động năng đáng kể trong pin hoặc siêu tụ điện. Năng lượng thu hồi giúp cải thiện khả năng tiết kiệm nhiên liệu trên các loại xe thông thường và giúp mở rộng phạm vi hoạt động của các loại xe điện.

Khi chúng ta đạp phanh trong xe điện, bộ điều khiển động cơ (dựa trên đầu ra của cảm biến bàn đạp phanh) làm giảm hiệu suất hoặc dừng động cơ. Trong quá trình hoạt động này, bộ điều khiển động cơ được thiết kế để thu hồi động năng và lưu trữ nó trong pin hoặc các ngăn tụ điện. Phanh tái tạo giúp kéo dài phạm vi hoạt động của xe điện thêm 8-25%. Ngoài việc tiết kiệm năng lượng và nâng cao phạm vi hoạt động, nó còn giúp kiểm soát hiệu quả hoạt động phanh.

3.2. Khái niệm hệ thống phanh tái sinh

Hệ thống phanh trên xe phải đảm bảo hai chức năng:

- Làm giảm tốc độ hoặc dừng xe lại khi cần thiết.

- Tận dụng tối đa động năng mất đi của xe khi phanh để chuyển thành công có ích.

Vì vậy hệ thống phanh tái tạo đóng vai trò quan trọng trong các thiết kế trên xe hybrid. Phanh tái tạo năng lượng là quá trình chuyển hoá động năng thành điện năng và nạp lại vào ắc-quy. Chính vì vậy rất nhiều năng lượng hao phí trong quá trình giảm tốc của xe được thu hồi để tái sử dụng. Nhờ đó động cơ được giảm bớt công sinh cho máy phát, nhiên liệu được tiết kiệm hơn. Nhờ có ắc-quy cao áp của hệ thống này mà xe có thể chỉ vận hành bằng điện mà không cần có sự hỗ trợ của động cơ đốt trong. Vì vậy sẽ góp phần làm tăng tính kinh tế nhiên liệu cũng như môi trường được cải thiện hơn.

Tuy nhiên ô tô hybrid vẫn được trang bị bộ phanh ma sát như ô tô thông thường trong trường hợp người lái cần hãm khẩn cấp.

3.3. Yêu cầu của hệ thống phanh tái tạo năng lượng

Cung cấp khả năng phanh lớn nhất để đảm bảo yêu cầu về an toàn cũng như yêu cầu khôi phục tối đa năng lượng.

Trong trường hợp hệ thống phanh tái sinh bị lỗi thì vẫn phải đảm bảo các yêu cầu về an toàn. Đảm bảo việc phân bố mô-men phanh trên các bánh xe phải theo quan hệ sử dụng hoàn toàn trọng lượng bám khi phanh với bất kì cường độ nào. Ngoài ra phải có khối lượng nhẹ nhất đảm bảo xe có thể hoạt động được dễ dàng trong mọi điều kiện.

Hệ thống phanh phải hoạt động tốt để duy trì sự ổn định hướng. Hệ thống phanh phải tránh tình trạng khoá bánh xe nếu không sẽ ảnh hưởng đến lái và sự ổn định hướng.

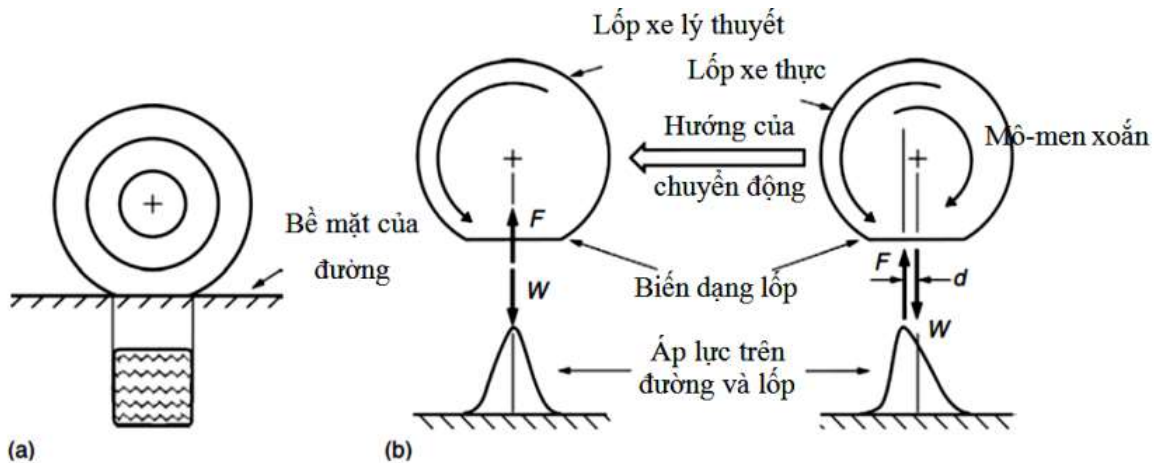
Điều khiển nhẹ nhàng, phanh êm dịu trong bất kì mọi trường hợp để đảm bảo sự ổn định của ô tô khi phanh; cơ cấu phanh thoát nhiệt tốt.

3.4. Ảnh hưởng của sự trượt giữa lốp xe với mặt đường.

Các hoa lốp có ảnh hưởng rất lớn đến lực phanh cũng như kéo trên đường. Đây là bề mặt tiếp xúc chính với đường hình 3.1. Ngay cả khi hoa lốp đó rất nhỏ, mỗi khi lái xe an toàn của bạn phụ thuộc rất nhiều vào bề mặt tiếp xúc đó. Kiểm soát lực phanh phụ thuộc vào bề mặt giữa đường và lốp hay sự tương tác giữa hoa lốp với mặt đường.

***Lực theo chiều dọc lốp**

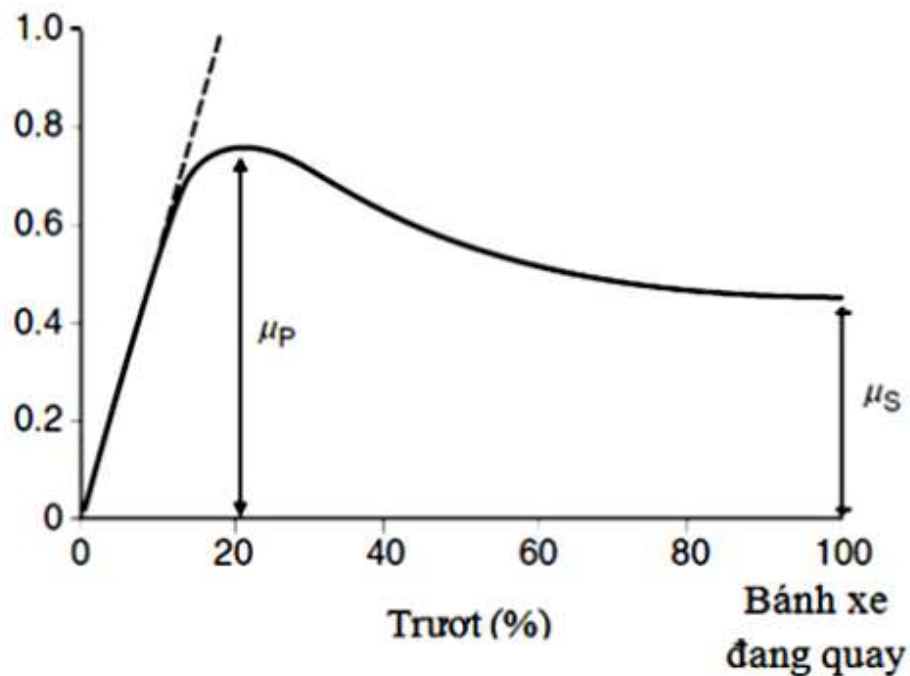
Các lực trên lốp xe được chia ra theo chiều dọc và ngang. Lực dọc lốp trên mặt đỉnh lốp. Lực theo chiều dọc liên quan tới phanh và kéo (tăng tốc).



Hình 3. 1. Hình dạng lớp bề mặt tiếp xúc trực tiếp với mặt đường

Khi thiết kế phanh, sự ổn định hệ thống kiểm soát lực kéo sử dụng tối đa lực bám theo chiều dọc. Các lực theo chiều dọc có trên lốp đang được sử dụng trong phanh hoặc kéo. Giá trị của hệ số bám μ , phụ thuộc vào trượt. Đối với giá trị trượt nhỏ, μ thay đổi tuyến tính với sự tăng của trượt. Ngoài ra, đường cong μ đạt đến μ_p giá trị đỉnh điểm của trượt khoảng 20%. Với trượt 100%, ở đó xe bị trượt quay mà không có chuyển động của xe, giá trị μ_s giữa lốp xe và mặt đường là khoảng 0,4 - 0,5 (hình 3.1).

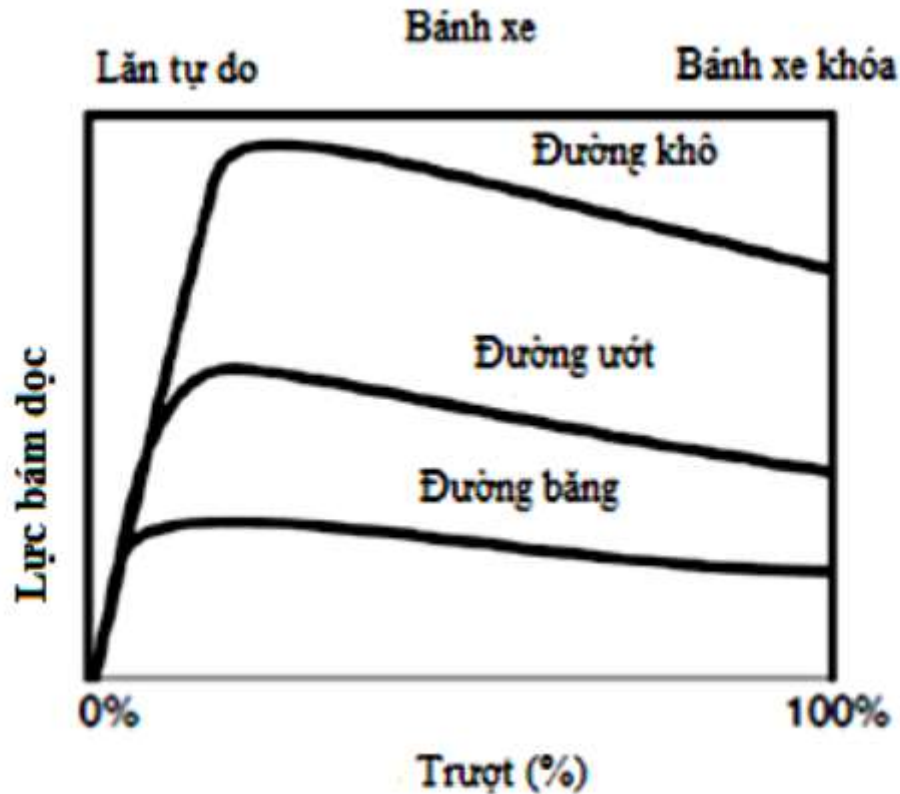
Hệ số bám μ



Hình 3. 2. Hệ số bám là một hàm với độ trượt bánh xe

Khi phanh

Sự thay đổi của lực phanh hoặc sự thay đổi của μ , được thể hiện trong hình 3.3 cho ba loại đường. Khi tăng lực phanh, lực bám ngày càng tăng tuyến tính với trượt. Với lực kéo, các đường cong uốn đạt đến một giá trị lớn nhất. Trên bề mặt đường khác nhau: đường khô, đường ướt và băng.



Hình 3. 3. Lực phanh là một hàm của trượt theo chiều dọc trên ba bề mặt đường khác nhau: đường khô, đường ướt, và đường băng

Trên đường băng lực phanh nhanh chóng đạt tới giá trị lớn nhất. Vì vậy lái xe trên băng rất nguy hiểm. Đối với đường khô, khi bánh xe bị khoá cứng lực bám mất đi từ giá trị lớn nhất là chỉ khoảng 20%, có vẻ như không nhiều, nhưng có ảnh hưởng rõ rệt tới sự ổn định. Cả khi bánh xe bị khoá và lăn đều được thể hiện trên đồ thị. Giảm hoặc tăng tốc được đo bằng G : là tỷ lệ giữa gia tốc thực J (m/s^2), với gia tốc của lực trọng trường g ($g = 9,81 m/s^2$). Hệ số bám μ , liên quan đến G . Mỗi quan hệ này là:

$$F_b = m \cdot J \quad (2=3.1)$$

Trong khoảng của μ , lực phanh là:

$$F_b = \mu \cdot W = m \cdot J \quad (3.2)$$

Khối lượng của chiếc xe là m (kg), trọng lượng của xe là W (N).

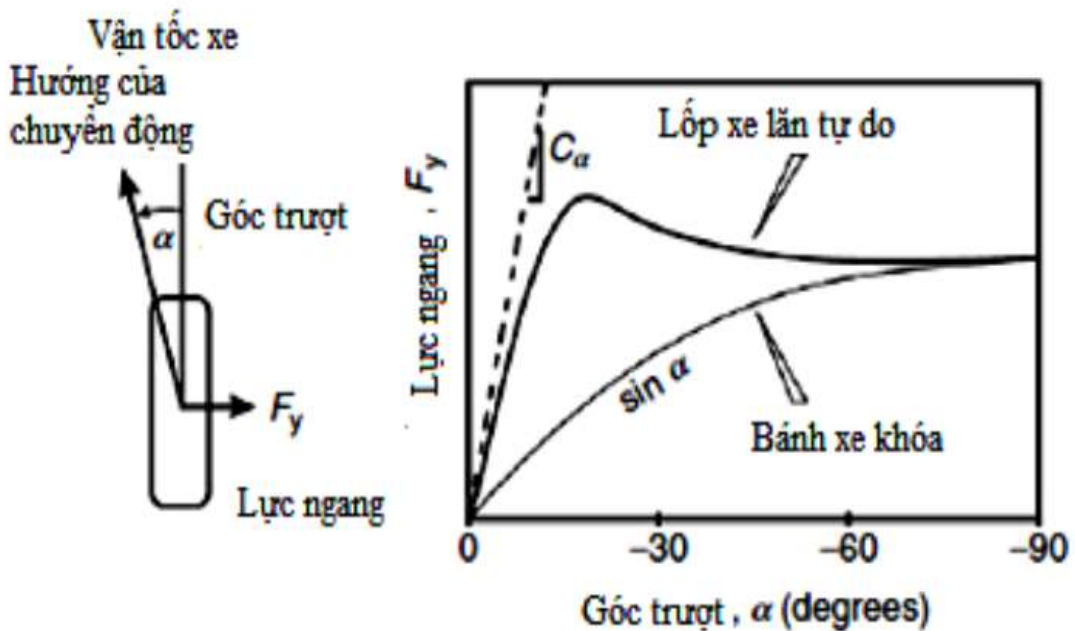
Thiết lập từ phương trình 3.1 bằng phương trình 3.2 cho ta:

$$\mu = \frac{J}{g} = G \quad (3.3)$$

Sự giảm tốc độ tối đa đo bằng Gs, tương đương với giá trị tối đa của μ ở hình 3.3.

***Lực theo chiều ngang lớp**

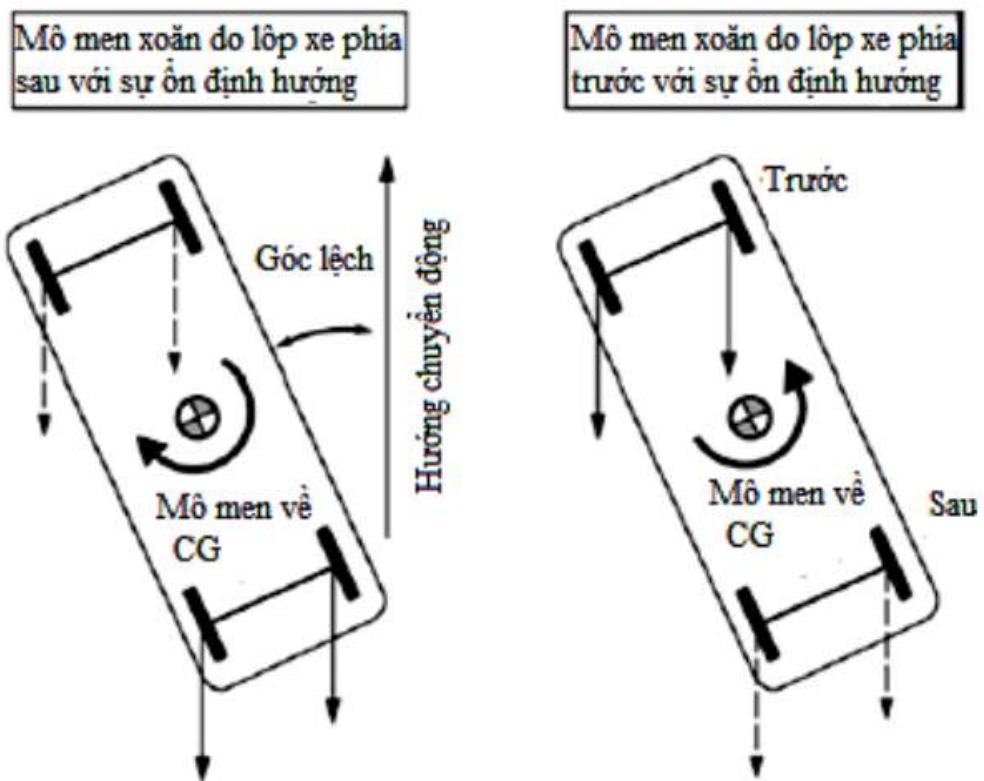
Lực ngang quan trọng đối với cả đi thẳng và khi vào cua. Trong hình 3.4, xác định góc trượt được phác hoạ trên phía tay trái. Độ dốc của đường cong ở góc không trượt là C_a và được gọi là độ cứng ngang lớp xe. Cả khi bánh xe bị khoá và lớp xe lăn tự do được thể hiện trên hình vẽ. Thông thường, lớp xe mới ít trượt hơn so với lớp xe cũ. Ngoài ra thiết kế hoa lốp đóng một vai trò quan trọng.



Hình 3. 4. Lực ngang đối với một lớp là một hàm theo góc trượt

***Sự ổn định hướng.**

Hình 3.5 phía bên tay trái mô-men xoắn hướng về CG là chỉ thể hiện cho bánh xe phía sau. Đối với sự ổn định hướng, mô-men xoắn có xu hướng giảm góc lệch điều này rất tốt. Bánh xe phía sau cung cấp mô-men xoắn ổn định. Một sự cân bằng tồn tại giữa hai mô-men xoắn từ phía trước và bánh sau. Nếu mô-men xoắn bánh sau bị giảm thì các lực ở lớp xe sẽ thấp hơn, chiếc xe có thể trở nên không ổn định. Các bánh xe bị khoá làm giảm lực trên lớp xe. Các lực ngang khác nhau của bánh xe khi bị khoá là $\sin \alpha$ cũng được hiển thị. Bánh xe phía trước tạo ra một mô-men xoắn về CG mà có xu hướng tăng góc lệch. Do đó, lớp xe phía trước gây ra sự mất ổn định hướng. Mô-men xoắn hướng về CG nên lớp xe phía sau làm giảm góc lệch. Kết quả là các lực trên lớp phía sau rất cần thiết với sự ổn định hướng.

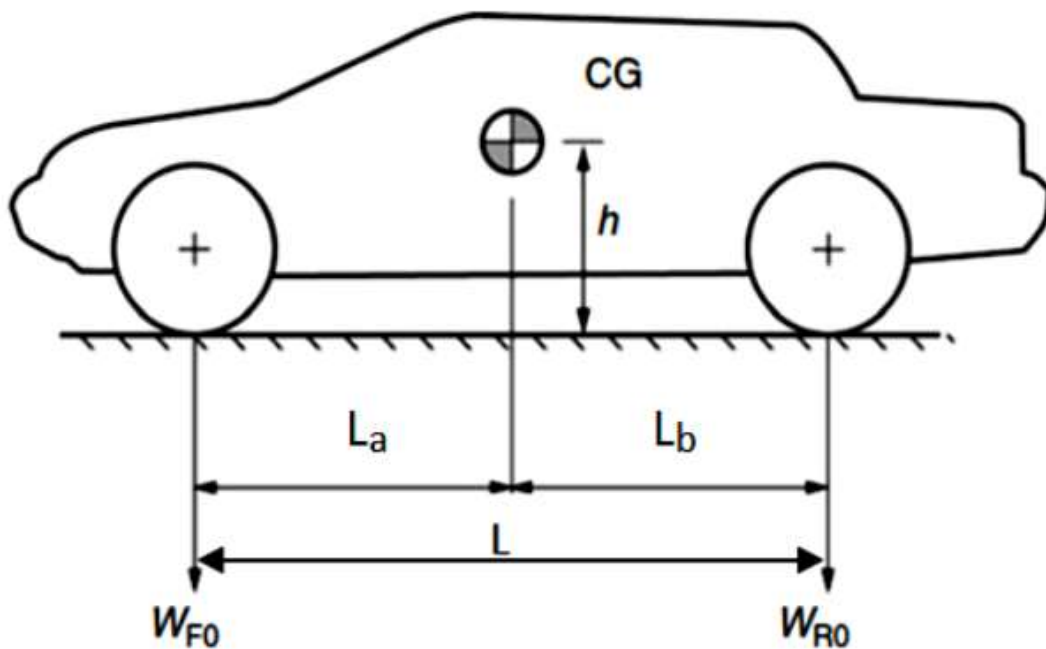


Hình 3. 5. Ảnh hưởng của lớp xe phía trước và phía sau về tính ổn định hướng

3.5. Ảnh hưởng của gia tốc phanh.

- Trọng lượng trên mỗi bánh xe:

Trọng lượng trên mỗi bánh xe được xác định bằng tổng trọng lượng và vị trí trọng tâm trọng lực (CG).



Hình 3. 6. Trọng lượng trên lớp xe phía trước và phía sau

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân

GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam

Hình 3.6 cho thấy các yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến trọng lượng trên bánh xe phía trước và sau.

Đưa lực phanh có sẵn vào để xem xét trọng lượng trên mỗi lốp. Ngoài ra sự ổn định của xe và lực kéo còn phụ thuộc vào trọng lượng đặt trên mỗi lốp. Tổng trọng lượng của chiếc xe là tổng trọng lượng trên mỗi bánh xe, do đó ta có:

$$W = W_{F0} + W_{R0} \quad (3.4)$$

Trọng lượng này ảnh hưởng đến cả khả năng phanh và kéo. Các ký tự phụ F và R là ở phía trước và phía sau còn 0 dùng để dành cho xe khi dừng lại, khi đó không có lực gây ra bởi phanh hoặc kéo. Trọng lượng trên bánh xe phía trước

$$W_{F0} = \left(\frac{L_b}{L}\right) \cdot W \quad (3.5)$$

Trọng lượng trên các bánh xe sau:

$$W_{R0} = \left(\frac{L_a}{L}\right) \cdot W \quad (3.6)$$

Với $L = L_a + L_b$

Các phương trình ở trên do sự cân bằng của các lực tác dụng lên xe. Lưu ý hai khía cạnh. Từ phương trình 3.5 và 3.6 dẫn đến phương trình 3.4.

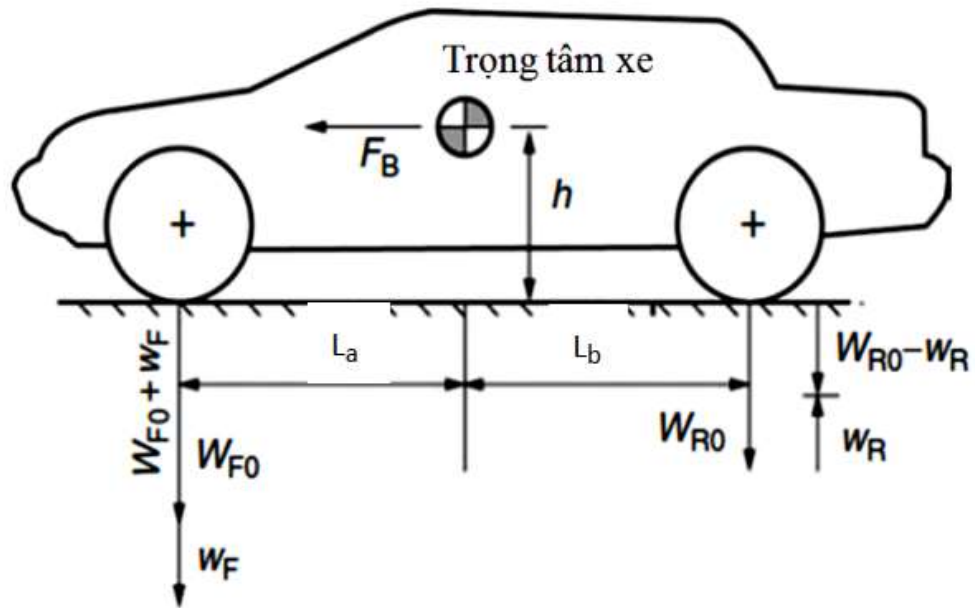
-Phanh gây ra sự thay đổi trọng lượng từ phía sau tới bánh xe phía trước.

Chính vì điều này việc sử dụng bánh xe phía trước sẽ đáp ứng được đầy đủ yêu cầu với một hệ thống phanh tái tạo. Sự giảm bớt trọng lượng trên bánh xe phía sau, việc này không tốt bởi vì nó gây ra sự mất ổn định hướng. Hình 3.7 xác định các ký hiệu xuất phát sự thay đổi của trọng lượng. Lực phanh F_b , minh họa trong hình 3.7, có liên quan đến một gia tốc (sự giảm tốc độ với $j = g \cdot \mu$) và khối lượng của xe m . Phương trình là:

$$F_b = j \cdot m \quad (3.7)$$

Một mô-men xoắn được tạo ra bởi lực, F_b

$$T = F_b \cdot h_g \quad (3.8)$$



Hình 3. 7. Sự thay đổi của các lực tác dụng lên bánh xe phía trước và sau bởi phanh

Chiều cao của CG so với mặt đường h_g , được thể hiện trong hình 3.7. Mô-men xoắn T, cân bằng với sự thay đổi trọng lượng trên bánh xe.

$$T = L_a \cdot W_{F1} + L_b \cdot W_{R1} \quad (3.9)$$

Nhận dạng các ký hiệu trong hình 3.7 như sau:

$$W = W_{F0} + w_{F1} + W_{R0} - w_{R1} \quad (3.10)$$

Trừ đi phương trình 3.4 từ phương trình trên ta được:

$$w_{F1} = w_{R1} \quad (3.11)$$

Thế vào phương trình 3.9 và 3.11 ta được:

$$T = (L_a + L_b)w_{F1} \quad (3.12)$$

Sự thay đổi khối lượng ở lốp xe phía trước được xác định từ 3.8 và 3.12

$$w_{F1} = \frac{F_b \cdot h_g}{L} = \frac{m \cdot g \cdot \mu \cdot h_g}{L} \quad (3.13)$$

Phương trình 3.13 cung cấp cho ta biết đến sự thay đổi w_{F1} . Sử dụng phương trình 3.11 sẽ được w_{R1} . Do vậy khi cần phân phối lại lực phanh tới các bánh xe sao cho đạt được hiệu quả phanh tốt nhất tương ứng với dải gia tốc phanh nhất định.

3.6. Tỷ lệ công suất của máy phát điện với khối lượng xe.

Hệ thống phanh tái tạo trên xe hybrid là tổ hợp gồm phanh ma sát và phanh tái tạo. Chính vì vậy phải đảm bảo được khả năng phanh tốt nhất (quãng đường phanh) của xe và đồng thời khả năng hấp thụ động năng khi phanh là lớn nhất. Để làm được điều đó thì ta phải tính toán đến tỷ lệ phân bổ mô-men khi phanh.

Các phương trình cho phanh tái tạo và phanh ma sát:

- Thời gian và khoảng cách dừng: hệ thống phanh ma sát .

Đầu tiên, thời gian để dừng lại:

$$t_F = \frac{m.V_0}{F_F} \quad (3.14)$$

Thứ hai, khoảng cách dừng:

$$X_F = \frac{m}{2.F_F} \quad V_0^2 = \frac{E_0}{F_F} \quad (3.15)$$

- Thời gian và khoảng cách dừng: hệ thống phanh tái sinh.

Đầu tiên, thời gian dừng:

$$t_R = \frac{m.V_0^2}{2.P} = \frac{E_0}{P} \quad (3.16)$$

Thứ hai, khoảng cách dừng:

$$X_R = \frac{m}{3.P} \cdot (V_0^3) = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{P/m} \right) V_0^3 \quad (3.17)$$

Với các ký hiệu được giải thích phía dưới:

P là công suất của máy phát điện sử dụng dành cho phanh tái sinh (W).

m là khối lượng của xe (kg).

F_F là lực phanh do phanh ma sát (N).

F_R là lực phanh do hệ thống phanh tái tạo (N).

F_b là lực phanh do cả hệ thống phanh ma sát và hệ thống phanh tái sinh (N).

V là vận tốc xe, m/s, V_0 là vận tốc ban đầu (m/s).

E là động năng (J), E_0 là động năng ban đầu (J).

J là gia tốc giảm tốc (m/s^2), g là gia tốc của trọng lực (m/s^2).

G là tỷ lệ j/g được gọi là G_s , không thứ nguyên.

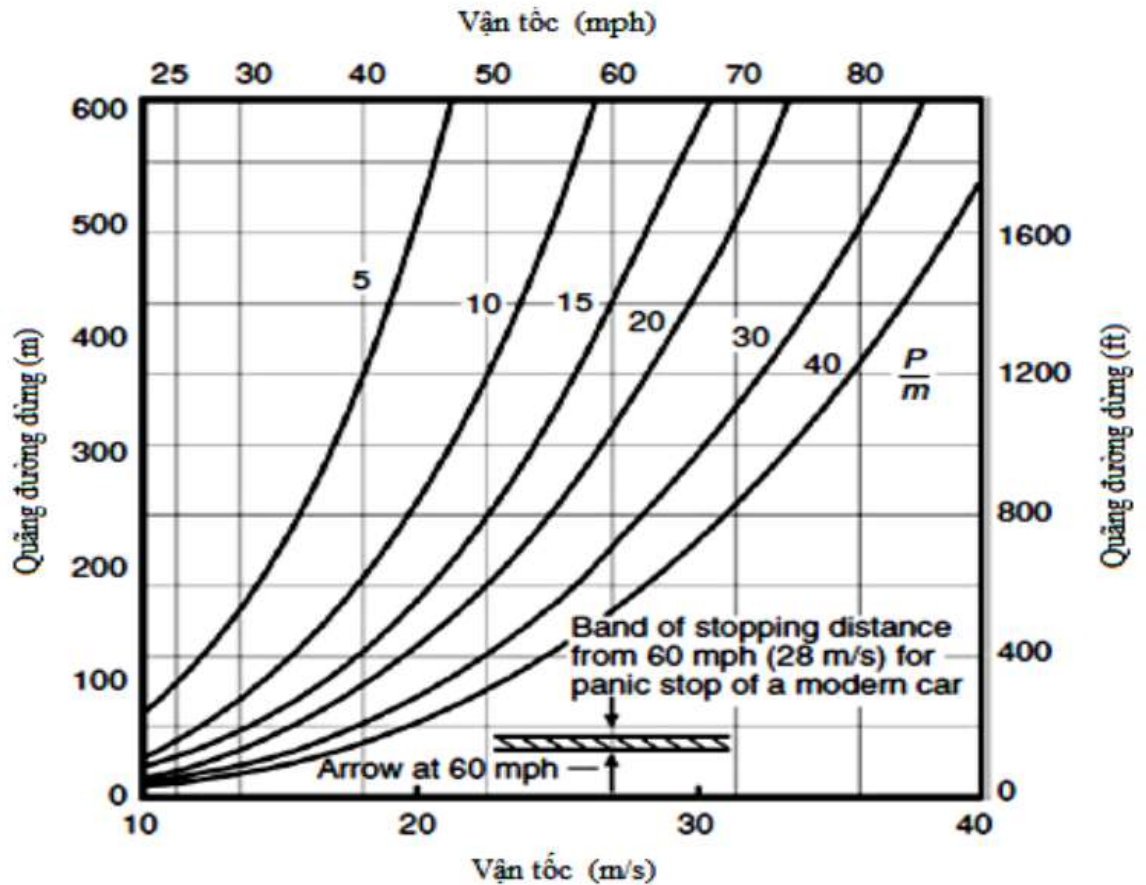
X_F là khoảng cách dừng lại do phanh ma sát (m).

X_R là khoảng cách dừng lại do hệ thống phanh tái tạo năng lượng (m).

t_F là thời gian để ngừng sử dụng phanh ma sát (s).

t_R là thời gian để ngừng sử dụng hệ thống phanh tái tạo (s).

Đối với một vận tốc xe nhất định, khoảng cách dừng lại đối với phanh tái sinh sẽ lớn hơn. Một thông số quan trọng đối với các loại xe hybrid là tỷ lệ công suất phanh tái sinh (P), với khối lượng xe (m). Các thông số có trong phương trình 3.17 cho thấy vai trò của tỉ lệ: P/m . Với P/m càng nhỏ thì X_R càng lớn. Năng lượng phanh tái sinh giống như điện năng có thể được tạo ra bởi M/G khi hoạt động ở chế độ máy phát điện (G-mode). Đồ thị trong hình 3.8 và 3.9 nói lên vai trò quan trọng giữa tỉ lệ lực kéo của động cơ điện với khối lượng xe. Những đồ thị cung cấp cái nhìn sâu sắc về khả năng và hạn chế của hệ thống phanh tái tạo. Các đồ thị được tính toán bằng cách sử dụng bốn phương trình được liệt kê dưới đây.



Hình 3. 8. Khoảng cách dừng bởi phanh tái sinh như là một hàm vận tốc xe với tỷ lệ công suất/ khối lượng như một tham số. P/m (w/kg).

Hình 3.8 là một tập hợp ba đường cong xuất hiện trong ba góc đồ thị. Phía dưới góc phần tư bên trái là đồ thị khoảng cách dừng nó như một hàm giảm tốc, G_s . Phương trình của góc phần tư này là:

$$X_B = \frac{V_0^2}{2 \cdot g \cdot G} \quad (3.18)$$

Góc phần tư phía trên bên tay trái với một đường thẳng là một đường được xác định bởi phương trình:

$$F_b = m \cdot J = m \cdot g \cdot G \quad (3.19)$$

Cuối cùng, góc phần tư phía trên bên phải là một đồ thị của phương trình:

$$P = F_R \cdot V_0 \quad (3.20)$$

Thực hiện các thao tác đơn giản của phương trình 3.20 dẫn tới:

$$F_R = \frac{P}{V_0} \quad (3.21)$$

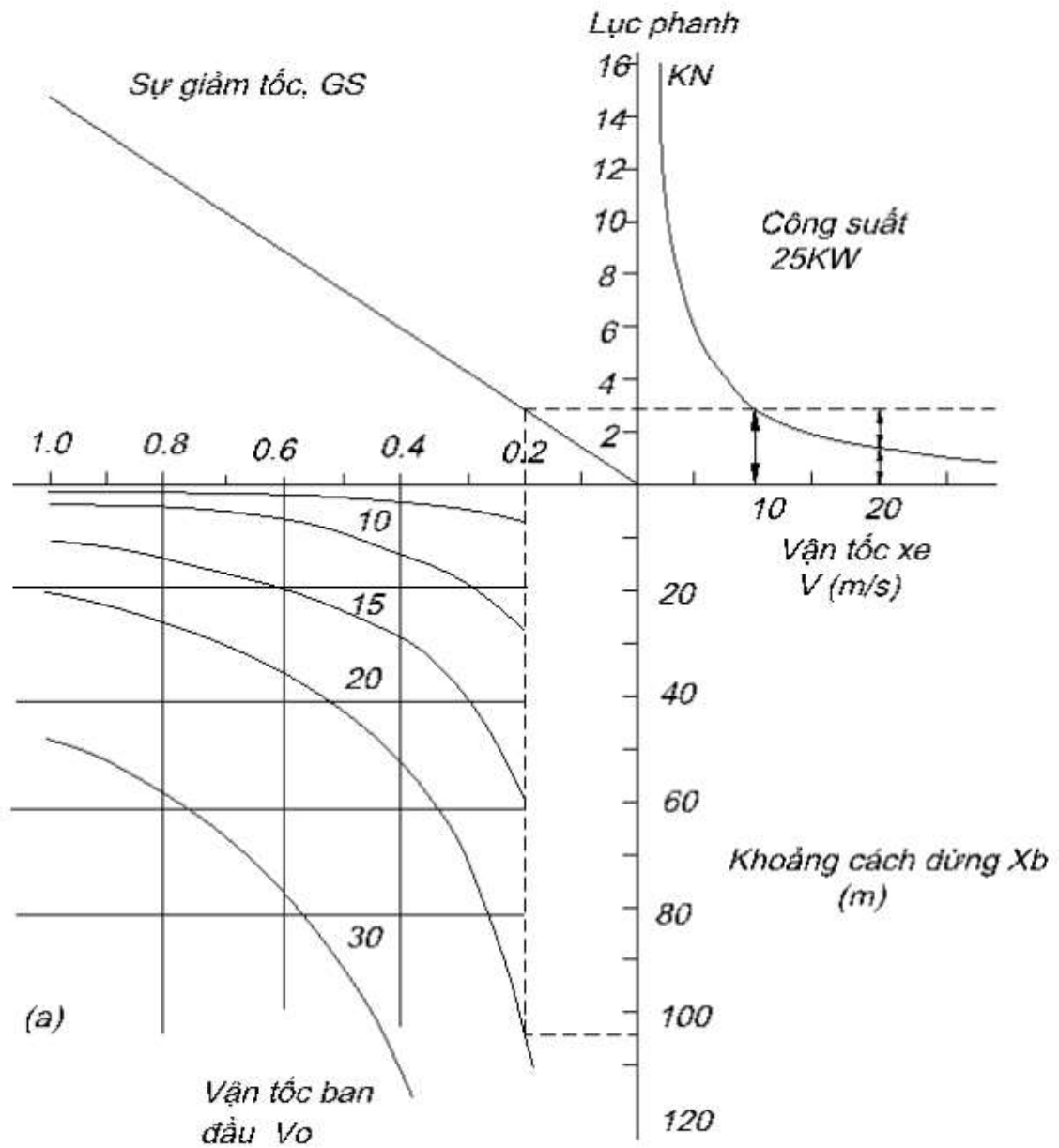
Khoảng cách dừng trên đồ thị như là một hàm của vận tốc xe với các tham số P/m ứng với mỗi đường cong. Nhìn vào khoảng cách dừng $V_0 = 40$ mph. Dọc theo đường thẳng rồi gióng sang ngang ta được giá trị khoảng cách dừng, X_R , ứng với các

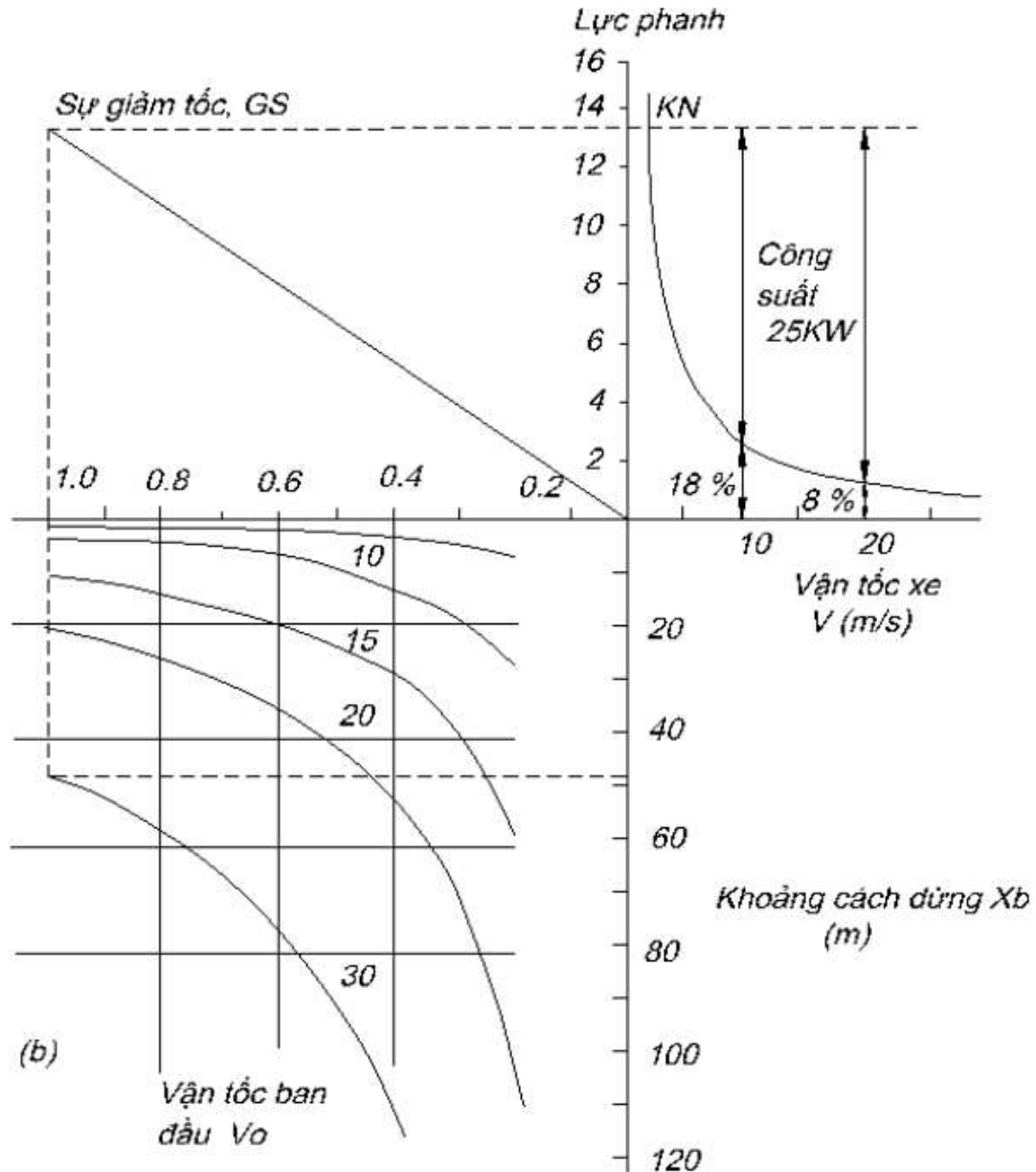
giá trị khác nhau của P/m . Giá trị P/m là một thông số quan trọng, các giá trị của nó thể hiện trong bảng 3.1.

Bảng 3. 1. Khả năng tái sinh của một số loại xe

Loại xe	P/m (kW/1000kg)	Mức độ tái sinh
Chevrolet Siverado	2	Thấp
Toyota Crown	4	Thấp
Honda Civic	5	Thấp
Honda Accord	8	Trung bình
Honda Insight	11	Trung bình
Nissan Tino	12	Trung bình
Toyota Camry	21	Cao
Toyota Prius I	22	Cao
Ford Escape	30	Cao
Toyota Prius II	38	Cao

Đối với các đường cong hình 3.9, các giá trị được sử dụng là $m = 1400$ kg và $P = 25$ kW. Xe hybrid này có $P/m = 18\text{kW}/1000\text{kg}$ có thể được so sánh với phần trình bày ở hình 3.8.

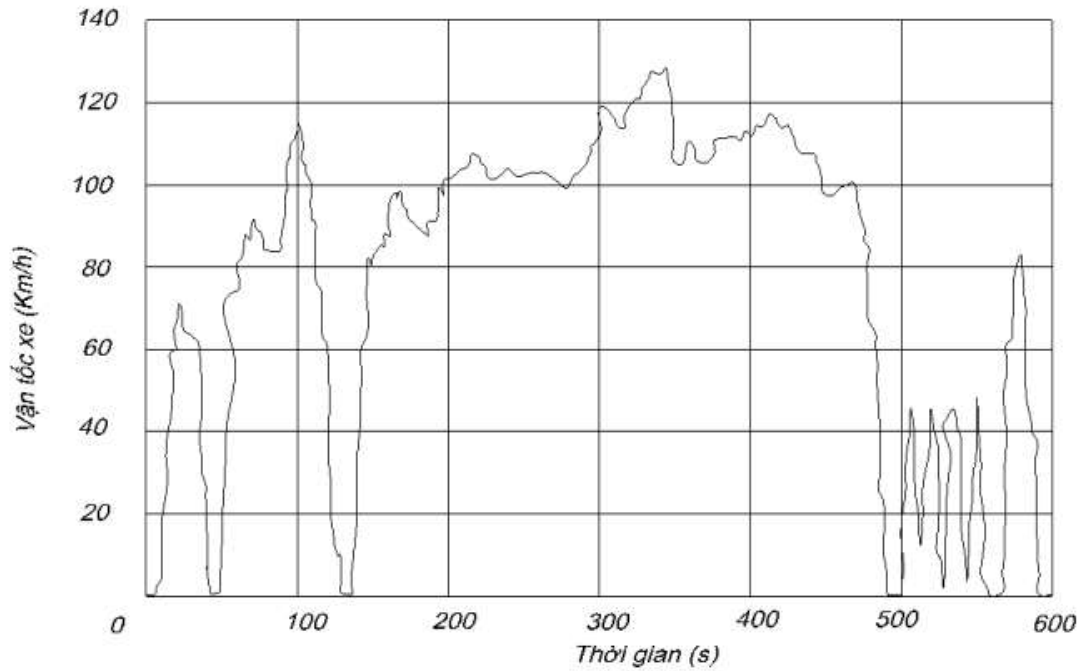




Hình 3. 9. Biểu đồ để xác định sự phân chia giữa phanh ma sát và phanh tái tạo

3.6. Ảnh hưởng của chu trình vận hành xe chuẩn.

Chu trình được hiển thị trong hình 3.10 với tốc độ xe là hàm của thời gian (chu trình lái xe US06). Nhìn vào các sườn dốc của đường cong cho thấy khả năng tăng tốc và phanh. Ví dụ khoảng thời gian từ 40 ÷ 60 (s), độ dốc của đường cong cho phép giảm tốc độ (phanh) xe. Một ví dụ ở thời điểm 90s và 120s độ dốc bằng không, đó là một đường cong phẳng, cho thấy không tăng tốc và khi đó tốc độ không đổi. Chu trình lái xe này có rất ít ở tốc độ không đổi. Với khoảng một phút ở giữa 200s và 280s, vận tốc gần như không đổi.

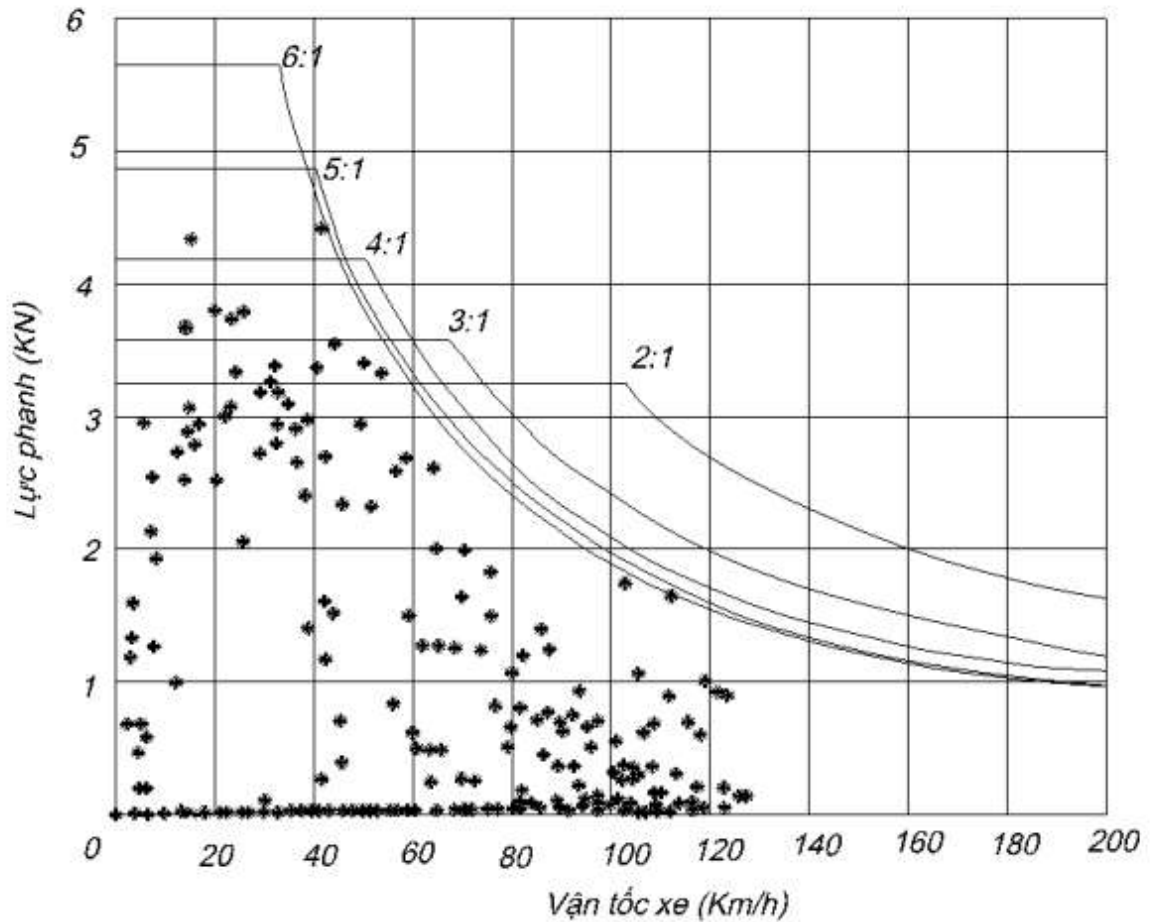


Hình 3. 10. Sự thay đổi tốc độ xe với chu trình điều khiển US06

Vào cuối của chu trình từ 500s đến 560 s, chiếc xe này bị ách tắc giao thông xen kẽ làm giảm tốc độ 5 mph và dần tăng đến 25 mph. Bất cứ ai lái xe vào một xa lộ vào giờ cao điểm đều công nhận khía cạnh này. Chu trình có 6 điểm dừng đếm từ điểm dừng ban đầu, tuy nhiên, mỗi lần dừng lại ít hơn 10s. Đối với chế độ không tải của động cơ, để nâng cao tiết kiệm nhiên liệu, dừng lại lâu hơn mong muốn, các chu trình lái xe có tác dụng rõ rệt và ảnh hưởng không nhỏ đến thiết kế xe lai.

Lực phanh từ máy phát điện.

Sử dụng chu trình lái US06, xác định được lực phanh cần thiết cho các điểm dọc theo các chu trình lái xe, ta nhận thấy được tầm quan trọng của lực phanh.



Hình 3. 11. Phân phối của lực phanh với chu trình vận hành US06

Trong hình 3.11, các dấu sao màu đen là bắt nguồn của phanh trong suốt chu trình lái, điều này cho thấy lực phanh cần cho vận tốc khác nhau trong chu trình. Các tỷ lệ 2:1 đến 6:1 hiển thị thiết kế các máy phát điện khác nhau. Các tỷ lệ 2:1 có mô-men xoắn tối đa liên tục, chuyển mô-men xoắn không đổi vào lực phanh liên tục. Sử dụng các sườn dốc của đường cong vận tốc ở hình 2.10, bằng thực nghiệm ta xây dựng được các dấu sao trong hình 2.11. Một trong số những điểm sao màu đen với lực phanh bằng không. Điểm đen với lực phanh bằng không tương ứng với độ dốc đường cong bằng không trong chu trình điều khiển xe. Đối với phanh ở vận tốc khác nhau, dấu hoa thị tối được phân phối trong suốt đồ thị. Nhìn vào thiết kế máy phát điện với tỷ lệ 2:1. Hầu hết các điểm đen bên dưới có lực phanh tối đa. Một máy phát điện với tỷ lệ 05:01 có thể bao gồm tất cả các yêu cầu của chu trình lái xe. Với đường cong lực ở 3200 kN. Thực tế này có nghĩa rằng đối với chu kỳ lái xe này, phần lớn phanh có thể thực hiện việc tái tạo năng lượng. Chỉ có 12 điểm vượt quá khả năng thiết kế của máy phát điện 2:1.

CHƯƠNG 6. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHANH TÁI TẠO

6.1. Một số thiết bị điện được dùng trong mô hình.

6.1.1. Rơ le



Hình 6. 1. Rơ-le SLA-48VDC-SL-A

Relay loại đóng kín chống bụi, chống nước, phù hợp sử dụng trong các ứng dụng đóng mở nguồn.

Thông số:

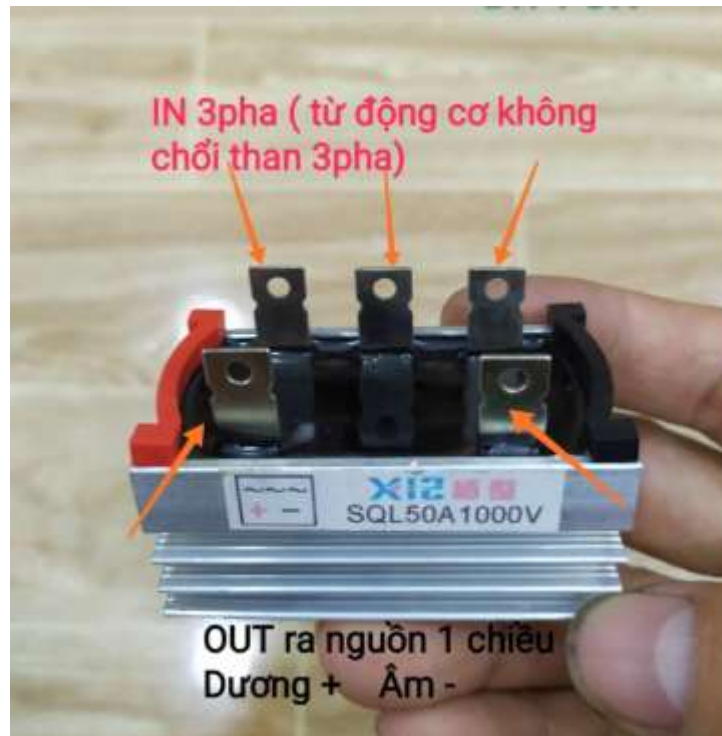
Điện áp cuộn hút: 48V

Cấu hình: Relay 1 cực (SPDT hoặc SPST)

Công suất tối đa: 30ADC/250VAC

Rơ le 5 chân

6.1.2. Cầu chỉnh lưu 3 pha



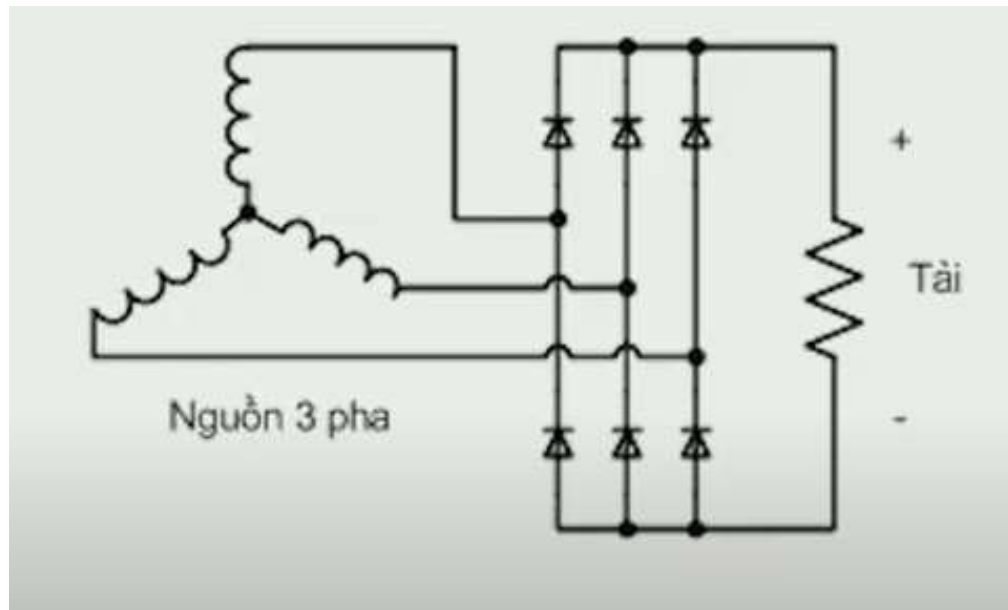
Hình 6. 2. Cầu chỉnh lưu 3 pha 50A 1000V

Cầu chỉnh lưu 3 pha chuyên dùng để đổi điện 3 pha thành điện 1 chiều

Dòng điện chịu tải tối đa 50A

Điện áp tối đa có thể chịu 1000V

Chất liệu nhôm giúp tản nhiệt tốt. Có sẵn 1 lỗ vặn ốc để có thể nâng cấp thêm tản nhiệt nếu muốn



Hình 6. 3. Cầu chỉnh lưu 3 pha 50A 1000V tương đương với mắc 6 con diode riêng lẻ

6.1.3. IC bo đa năng



Hình 6. 4. IC bo đa năng 1000W



Hình 6. 5. Bên trong của IC bo đa năng 1000W

SVTH: Bùi Xuân Hoàng Trần Tấn Thành Chung Hồ Văn Bảo Ân
GVHD: GS.TS. Trần Văn Nam



Hình 6. 6. Chức năng từng dây của IC bo đa năng 1000W

- Thông số :

- + IC điều tốc đa năng ĐEN hiệu năng 48v 64v 1000W 15 MOSFET
- + Kích thước : 21 x 8 x 4 cm
- + Cân nặng : 700 Gram
- + Điện áp đầu ra : 48v - 64V
- + Dòng điện đầu ra : 33A

6.1.4. Công tắc hành trình



Hình 6. 7. Công tắc hành trình T125 5A 250V

Công Tắc Hành Trình T125 5A 250V là thiết bị chuyển đổi động cơ thành tín hiệu điện, tín hiệu của công tắc hành trình phục vụ cho quá trình điều khiển và giám sát. Công tắc T125 được sử dụng trong các ứng dụng tự động hóa nhằm hạn chế hành trình cơ cấu chuyển động.

Thông Số Kỹ Thuật:

Loại: Có bánh xe

Dòng định mức: 15A

Điện áp định mức: 250V

Màu sắc: Đen đỏ

Kích thước của công tắc T125: 2.8x1x1.6 cm

Trọng lượng: 10g

6.2. Lựa chọn động cơ điện

Để có thể tái tạo được năng lượng điện khi quay theo quán tính thì công suất của động cơ điện phải đủ lớn, giá thành rẻ và dễ gia công các chi tiết như trục động cơ, các bề mặt bên ngoài của động cơ để dễ dàng có thể gia công và lắp đặt động cơ vào mô hình phanh tái tạo.

Để đạt được yêu cầu kỹ thuật trên chúng tôi lựa chọn động cơ BHM-D16E do hãng Shenzhen Bobet sản xuất có các thông số kỹ thuật như sau:

Bảng 6. 1. Thông số kĩ thuật của động cơ BHM-D16E

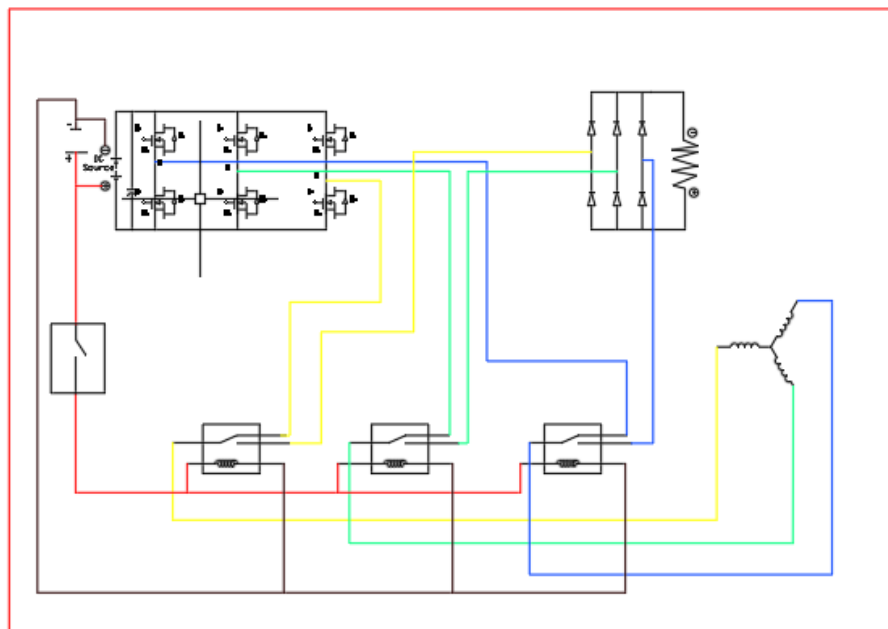
Model	ATO-104CQ
Loại động cơ	Không chổi than DC
Công suất	600W
Điện áp hoạt động	48VDC
Đòng điện không tải	>0.8A
Đòng điện đỉnh	12.5A
Tốc độ quay cực đại của động cơ	600 RPM
Mô men cực đại	40 N.m
Pha công suất	3 pha 120 độ/ 3 dây pha
Pha cảm biến HALL	3 pha/ 5 dây cảm biến HALL
khối lượng động cơ	7kg

Dựa vào công suất định mức và điện áp hoạt động của động cơ điện suy ra được dòng điện hoạt động định mức:

Ta có:

$$P = UxI \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{500}{48} = 10,42 \text{ (A)}$$

6.3. Sơ đồ mạch điện



Hình 6. 8. Sơ đồ mạch điện

CHƯƠNG 7. CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM

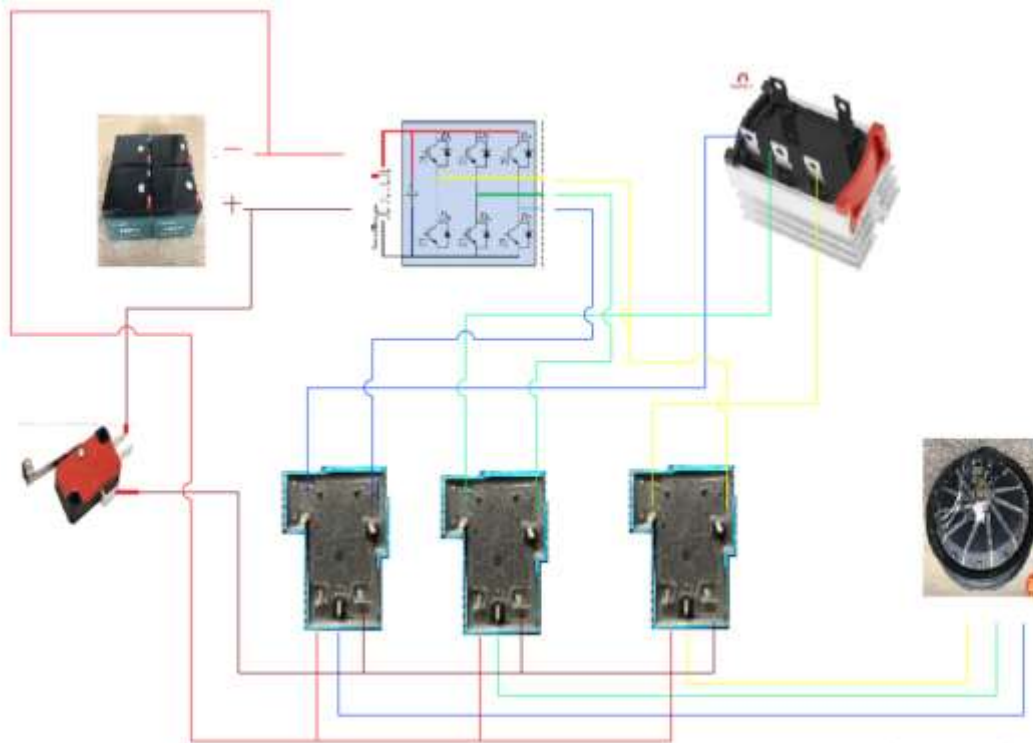
7.1. Mô hình chế tạo

7.1.1. Chế tạo mô hình cơ khí



Hình 7. 1. Phần cơ khí mô hình phanh tái tạo

7.1.2. Gia công mạch



Hình 7. 2. Phân mạch điện mô hình phanh tái tạo

7.2. Thử nghiệm

Thực hiện cho động cơ chạy với vận tốc max 45 km/h (12,5m/s) rồi thực hiện quá trình phanh tái tạo ta thu được kết quả:

Vận tốc động cơ giảm dần từ 45km/h về 0km/h trong vòng 6s. Dùng vôn kế đo được điện áp sinh ra ở cầu chỉnh lưu giảm dần theo vận tốc của động cơ điện, từ 54 vôn, sau đó giảm dần về 0.

CHƯƠNG 8. KẾT LUẬN

8.1. Hiệu quả phanh tái sinh

Sau quá trình tính toán và thử nghiệm, thu được các thông số khả quan. Với chiến lược điều khiển là ưu tiên sử dụng phanh tái tạo và bổ sung phanh cơ khí khi hệ thống phanh thiếu. Điều này sẽ giúp cho ta thu được dòng điện tái tạo tối đa từ đó có thể tăng phạm vi sử dụng.

8.2. Kết luận

Sau quá trình làm đồ án tốt nghiệp, đề tài nhóm chúng em đã giải quyết những vấn đề cơ bản sau:

- Tìm hiểu về khái niệm về xe hybrid và các dạng truyền động của xe hybrid.
- Khái niệm về hệ thống phanh tái tạo.
- Mô hình phanh tái sinh điện trên xe hybrid.

Sau quá trình tính toán hệ thống phanh tái tạo, chúng em thấy rằng hệ thống phanh tái tạo hiện nay cho xe ô tô điện khá hiệu quả do đặc tính hoạt động và đặc tính động lực của xe ô tô điện.

Với hệ thống phanh tái tạo sẽ giúp tiết kiệm nguồn nhiên liệu hiện nay hơn. Tuy không thể ngay lập tức chuyển tất cả xe chạy bằng nhiên liệu hoá thạch sang năng lượng điện hay xe lai điện được nhưng đó sẽ là cơ sở, là tiền đề để có thể chuyển đổi các xe sử dụng nguồn năng lượng truyền thống sang xe điện một cách hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Wei Xu, Haiyan Zhao; Bingtao Ren, Hong Chen, “*A regenerative braking control strategy for electric vehicle with four in-wheel motors*”
- [2] TS. LÊ VĂN TUY(2019) *Tính toán thiết kế- kiểm nghiệm hệ thống phanh oto*, Giáo trình mạng nội bộ Khoa Cơ khí Giao thông - trường Đại học Bách Khoa, Đà Nẵng.
- [3] “Chi tiết máy tập 1,2”, Nguyễn Trọng Hiệp.
- [4] Giáo trình “Ô tô và máy kéo” Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội biên soạn, chủ biên GS.TSKH Nguyễn Hữu Cẩn
- [5] Bài giảng “Sức bền vật liệu”. Biên soạn: Trần Hoàng Phong – Bộ môn cơ kỹ thuật – khoa sư phạm kỹ thuật – trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng
- [6] <https://vietnamfinance.vn/ngghien-cuu-cua-toyota-xe-hybrid-se-la-xu-huong-trong-10-nam-toi-tai-viet-nam-20180504224251313.htm>
- [7] “Catalogue xe Toyota Corolla Cross 1.8HEV”
- [8] “Design and fabrication of regenerative braking system”, A Eswaran – S Ajith – V Karthikeyan – P Kavın – S Loganandh.
- [9] “Modeling and simulation of hybrid electric vehicles”, Hisham Kamel – A.M.Sharaf
- [10] “Design and fabrication of regenerative braking system”, Chandrakant Rahane – Vaibhav Varpe
- [11] Lý thuyết ô tô, PGS.TS Cao Trọng Hiền (chủ biên), TS. Đào Mạnh Hùng, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
- [12] Ô tô không truyền thống, GS. TSKH. Bùi Văn Ga (chủ biên), GS. TS. Trần Văn Nam, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.