

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG
NGHIỆP**

TRẦN QUANG VINH

**NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG SỰ KẾT HỢP CÁC NGUỒN ĐỘNG LỰC
TRÊN Ô TÔ HYBRID KIỂU HỖN HỢP**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC
Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí Động lực

Thái Nguyên - Năm 2018

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG
NGHIỆP

TRẦN QUANG VINH

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG SỰ KẾT HỢP CÁC NGUỒN ĐỘNG LỰC
TRÊN Ô TÔ HYBRID KIỂU HỖN HỢP

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC
Chuyên ngành: KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC
Mã số: 80520116

KHOA CHUYÊN MÔN
TRƯỞNG KHOA

NGƯỜI HƯỚNG
DẪN KHOA HỌC

PGS.TS. Lê Văn Quỳnh

TS. Nguyễn Khắc Tuấn

PHÒNG ĐÀO TẠO

Thái Nguyên - 2018

LỜI CAM ĐOAN

Họ và tên: **Trần Quang Vinh**

Học viên: Lớp cao học K19- Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp-
Đại học Thái Nguyên.

Nơi công tác: Công ty TNHH MTV Apatit Việt Nam

Tên đề tài luận văn thạc sỹ: **Nghiên cứu mô phỏng sự kết hợp các
nguồn động lực trên ô tô hybrid kiểu hỗn hợp.**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí Động lực

Mã số: 80520116

Sau gần hai năm học tập, rèn luyện và nghiên cứu tại trường, em lựa chọn thực hiện đề tài luận văn tốt nghiệp: **Nghiên cứu mô phỏng sự kết hợp các nguồn động lực trên ô tô hybrid kiểu hỗn hợp.** Được sự giúp đỡ và hướng dẫn tận tình của thầy giáo **TS. Nguyễn Khắc Tuấn** và sự nỗ lực của bản thân, đề tài đã được hoàn thành đáp được nội dung đề tài thạc sỹ kỹ thuật cơ khí động lực.

Em xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của cá nhân em. Các số liệu, kết quả có trong luận văn là trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ một công trình nào khác trừ công bố của chính tác giả.

Thái Nguyên, ngày..... tháng..... năm 2018.

HỌC VIÊN

Trần Quang Vinh

LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian học tập nghiên cứu làm đề tài luận văn thạc sĩ, em đã tiếp nhận được sự truyền đạt trao đổi phương pháp tư duy, lý luận của quý thầy cô trong Nhà trường, sự quan tâm giúp đỡ tận tình của tập thể giảng viên Nhà trường, khoa Kỹ thuật Ô tô & MĐL, quý thầy cô giáo trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp –Đại học Thái Nguyên, gia đình và các đồng nghiệp.

Em xin chân thành cảm ơn đến Ban giám hiệu Nhà trường, Tổ đào tạo Sau đại học - Phòng đào tạo, quý thầy cô giáo tham gia giảng dạy đã tận tình hướng dẫn tạo điều kiện để em hoàn thành luận văn này.

Em cũng xin bày tỏ biết ơn sâu sắc đến thầy giáo TS. Nguyễn Khắc Tuấn và tập thể cán bộ giảng viên khoa Kỹ thuật Ô tô & MĐL, hội đồng bảo vệ đề cương đã hướng dẫn cho em hoàn thành luận văn theo đúng kế hoạch và nội dung đề ra.

Trong quá trình, thời gian thực hiện mặc dù đã có nhiều cố gắng song do kiến thức và kinh nghiệm chuyên môn còn hạn chế nên chắc chắn luận văn còn nhiều thiếu sót, rất mong được sự đóng góp quý báu của quý thầy cô và các bạn đồng nghiệp tiếp tục trao đổi đóng góp giúp em để luận văn được hoàn thiện hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

HỌC VIÊN



MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	I
LỜI CẢM ƠN.....	II
MỤC LỤC.....	III
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH VÀ ĐỒ THỊ.....	V
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT.....	VIII
PHẦN MỞ ĐẦU.....	1
1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu.....	1
CHƯƠNG I.....	4
TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU.....	4
1.1. Tổng quan về ô tô hybrid.....	4
1.1.1. Sơ lược lịch sử phát triển ô tô hybrid.....	4
1.1.2. Đặc điểm cấu tạo của ô tô hybrid.....	5
1.1.3. So sánh ô tô hybrid với ô tô truyền thống.....	12
1.1.4. So sánh các kiểu ô tô hybrid.....	14
1.2. Tổng quan về nghiên cứu phối hợp các nguồn động lực trên ô tô hybrid	15
1.3. Kết luận.....	19
CHƯƠNG 2.....	21
CƠ SỞ LÝ THUYẾT KẾT HỢP CÁC NGUỒN CÔNG SUẤT.....	21
TRÊN Ô TÔ HYBRID.....	21
2.1. Các thiết bị kết nối tốc độ và mô men trên ô tô hybrid.....	21
2.1.1. Đối với hệ thống truyền lực hybrid kiểu nối tiếp.....	21
2.1.2 Đối với hệ thống truyền lực kiểu song song.....	22
2.1.3 Đối với hệ thống truyền lực kiểu hỗn hợp.....	31
2.2. Chiến lược điều khiển xe hybrid kiểu hỗn hợp.....	35
2.2.2.Kiểm soát ác qui.....	36
2.3.1. Phương pháp mô phỏng thông qua thiết lập mô hình toán học mô phỏng hoạt động của hệ thống truyền lực ô tô hybrid với cấu hình hỗn hợp	37

2.3.2. Mô phỏng bằng các phần mềm chuyên dùng.....	42
CHƯƠNG 3.....	49
MÔ PHỎNG SỰ KẾT HỢP CÔNG SUẤT CỦA Ô TÔ HYBRID KIỂU	
HỖN HỢP BẰNG PHẦN MỀM MATLAB-SIMULINK.....	49
3 1. Xây dựng mô hình mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp	49
3.2. Mô phỏng và phân tích kết quả.....	52
3.3. Kết luận chương 3.....	64
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	66
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	67



DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH VÀ ĐỒ THỊ

Hình 1.1. Sơ đồ hệ thống động lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp	6
Hình 1.2. Sơ đồ hệ thống động lực của ô tô hybrid kiểu song song	8
Hình 1.3. Sơ đồ cấu tạo hệ động lực và bộ chia công suất của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp - Toyota Prius	11
Hình 1.4. Mô hình bộ phân phối công suất thuộc đề tài NCKH của Đại học Nha Trang [5]	15
Hình 1.5. Sơ đồ hệ thống động lực của ô tô hybrid 2 chỗ[3]	16
Hình 1.6 – Ô tô hybrid Kvan trường Đại học MGTU MAMI	18
Hình 1.7 – Bộ thử kết hợp nguồn công suất hybrid kiểu nối tiếp – song song tại trường Đại học Tổng hợp Kỹ thuật Quốc Gia MGTU MAMI	19
Hình 1.8 – Bộ kết hợp công suất trên xe IZ 2106 - Oda	19
Hình 2.1. Sơ đồ hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp	22
Hình 2.2 Sơ đồ song song	23
Hình 2.3. Sơ đồ bộ kết nối mômen	23
Hình 2.4. Một số thiết bị kết nối mômen	24
Hình 2.5. Sơ đồ hai trục với hộp số đặt trước	25
Hình 2.6. Sơ đồ hai trục với bộ kết nối mô men đặt trước hộp số	25
Hình 2.7 Sơ đồ 1 trục với hộp số đặt sau động cơ	26
Hình 2.8. Sơ đồ hệ thống truyền lực song song với động cơ điện đặt sau hộp số	26
Hình 2.9. Sơ đồ bộ kết nối tốc độ	27
Hình 2.10. Hệ bánh răng hành tinh Willson	28
Hình 2.11. Động cơ điện có stato không cố định	29
Hình 2.12. Hệ thống truyền lực hybrid sử dụng bộ kết nối tốc độ kiểu hệ bánh răng hành tinh	29
Hình 2.13 Hệ thống truyền lực hybrid sử dụng bộ kết nối tốc độ kiểu transmoto	30



Hình 2.15. Sơ đồ hệ thống truyền lực hybrid xen kẽ mômen và tốc độ với hệ bánh răng hành tinh	31
Hình 2.16 Sơ đồ hệ thống truyền lực hybrid sử dụng xen kẽ bộ kết nối mômen và tốc độ với một transmotor	32
Hình 2.17 Sơ đồ kết hợp bộ kết nối mô men và tốc độ trên xe Toyota Prius.	33
Hình 2.18. Sơ đồ kết hợp bộ kết nối mô men sử dụng transmotor	34
Hình 2.19. Sơ đồ hệ thống truyền lực sử dụng các bộ kết nối với 1 transmotor	35
Hình 2.20 - Sơ đồ hệ thống truyền lực kiểu hỗn hợp nối tiếp - song song	38
Hình 2.21– Cấu trúc khối động cơ đốt trong trong Simcape	43
Hình 2.22 - Sơ đồ cấu trúc mô phỏng động cơ điện trong Simcape	43
Hình 2.23 – Sơ đồ cấu hình hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp trong ADVISOR	44
Hình 2.24 – Sơ đồ cấu hình hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp trong ADVISOR	44
Hình 2.25 – Giao diện phần mềm advisor với cấu hình hybrid song song	45
Hình 2.26 – Giao diện phần mềm advisor với cấu hình hybrid song song	45
Hình 2.27 – Sơ đồ khối mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu song song trong ADVISOR	46
Hình 2.28 - Giao diện phần mềm AVL –cruise mô phỏng hoạt động ô tô hybrid	46
Hình 3.1. Chu trình đô thị loại 1 theo chuẩn UN/ECE []	53
Hình 3.2 - Sơ đồ Simulink mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp	50
Hình 3.3– Sơ đồ cấu trúc khối điều khiển	50
Hình 3.4– Sơ đồ logic chế độ làm việc của các động cơ	51
Hình 3.5 – Sơ đồ cấu trúc Simulink lựa chọn chu trình thử	51
Hình 3.6 - Sơ đồ Simulink kiểm soát quá trình nạp của acqui	52
Hình 3.7 - Sơ đồ Simulink xác định độ mở bướm ga động cơ đốt trong ứng với trạng thái làm việc	52



Hình 3.8 - Đặc tính của động cơ điện	54
Hình 3.9 – Chu trình thử đô thị loại 1 ECE trong sơ đồ mô phỏng bằng Matlab	54
Hình 3.10– Sự thay đổi của gia tốc ô tô theo chu trình thử loại 1	55
Hình 3.11– Kết quả mô phỏng công suất cần thiết của ĐCĐ và ĐCĐT theo chu trình thử đô thị loại 1	56
Hình 3.12 – Sự thay đổi các thông số ĐCĐT theo chu trình thử đô thị	57
Hình 3.13– Sự thay đổi các thông số ĐCĐ theo chu trình thử đô thị loại 1	58
Hình 3.14. Động học của bộ chia công suất PD khi ô tô hoạt động theo chu trình thử đô thị loại 1 ECE	59
.....	59
Hình 3.15. Sự thay đổi các thông số của acqui khi ô tô hoạt động theo chu trình thử đô thị loại 1	59
Hình 3.16- Sự thay đổi của vận tốc và công suất cần thiết theo yêu cầu của chu trình	60
Hình 3.17- Sự phân chia công suất cho từng động cơ ứng với các giai đoạn khác nhau của chu trình thử loại 2	60
Hình 3.18 - Sự biến thiên của gia tốc của ô tô theo chu trình thử đô thị loại 2	61
Hình 3.19. Kết quả tính toán sự phân chia công suất giữa ĐCĐ và ĐCĐT khi làm việc theo chu trình thử đô thị loại 4	61
Hình 3.20. Kết quả tính toán sự phân chia công suất giữa ĐCĐ và ĐCĐT khi làm việc theo chu trình thử đô thị loại 4	62
Hình 3.21. Kết quả tính toán mức độ sạc của ác qui ứng với các chu trình thử loại 4 và loại 5	62



DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Diễn giải
S-HEV	Ô tô hybrid kiểu nối tiếp
P-HEV	Ô tô hybrid kiểu song song
ĐCĐT	Động cơ đốt trong
AQ	Ác qui
ĐCĐ	Động cơ điện
MF	Máy phát
SOC	Mức sạc ác qui
PR	Hộp giảm tốc hành tinh
PD	Bộ chia công suất kiểu hành tinh



PHẦN MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu

Ngày nay, do sự phát triển mạnh về số lượng các phương tiện giao thông đường bộ làm cho tình trạng ô nhiễm không khí do khí thải của các phương tiện này gây ra đã trở nên ngày càng nghiêm trọng, đặc biệt là ở các đô thị lớn. Để bảo vệ môi trường và nâng cao chất lượng không khí tại các thành phố lớn, chính phủ các nước đã đưa ra các quy định ngặt nghèo về tiêu thụ nhiên liệu và khí thải của xe. Đây là nguồn động lực chính thúc đẩy các hãng sản xuất ô tô đầu tư phát triển các công nghệ mới, thân thiện với môi trường cho các dòng sản phẩm của mình, trong đó phải kể đến xe điện. Tuy nhiên, việc sử dụng động cơ điện làm nguồn động lực vẫn còn một số vấn đề, như khả năng lưu trữ năng lượng bằng ắc quy hạn chế, tuổi thọ của ắc quy ngắn, khối lượng động cơ điện và ắc quy lớn, thời gian nạp điện cho ắc quy kéo dài, chi phí cao. Do vậy, hiện nay động cơ điện sử dụng làm nguồn động lực thay thế cho động cơ vẫn còn hạn chế, mới chỉ dùng trong một vài trường hợp cụ thể và cần thiết.

Để phát huy các ưu điểm cũng như hạn chế các vấn đề còn tồn tại của động cơ điện khi dùng trên phương tiện vận tải, các nhà khoa học đã đưa ra giải pháp phối hợp giữa động cơ điện với động cơ đốt trong, hay thường gọi là xe hybrid. Với phương án này ngoài việc giải quyết các vấn đề hạn chế của động cơ điện, mà vẫn phát huy được lợi thế của động cơ đốt trong. Như vậy nguồn động lực hybrid là sử dụng ít nhất 2 nguồn động lực bổ sung cho nhau trong quá trình hoạt động của phương tiện. Với các ưu điểm vượt trội về hiệu suất của nguồn động lực hybrid cũng như khả năng tương thích về mô men kéo của hệ động lực hybrid với đặc tính kéo của phương tiện. Như vậy có thể thấy rằng, ô tô sử dụng Hydrogen, ô tô điện, ô tô chạy bằng năng lượng mặt trời mặt trời, ô tô chạy bằng khí nén... cho đến nay đều tồn tại một số nhược điểm

nhất định, chưa dễ thực hiện với thực trạng kinh tế kỹ thuật hiện nay. Trong bối cảnh đó thì ô tô hybrid (nhiệt-điện) kết hợp giữa ĐCĐT và mô-tơ điện được coi là phù hợp nhất trong giai đoạn đón đầu về xu thế phát triển ô tô “sạch”, nhằm đáp ứng yêu cầu khắt khe về môi trường đô thị và nguy cơ cạn kiệt nguồn nhiên liệu hóa thạch.

Phân tích các tài liệu liên quan đến ô tô hybrid [1-15] cho thấy, đến nay việc nghiên cứu phối hợp các nguồn động lực trên ô tô hybrid đã được thực hiện khá nhiều bởi các nhà nghiên cứu trên thế giới. Tuy nhiên, ở Việt Nam vấn đề này vẫn còn khá mới mẻ. Chính vì lý do trên tôi đã chọn đề tài “**Nghiên cứu mô phỏng sự kết hợp các nguồn động lực trên ô tô hybrid kiểu hỗn hợp**” làm đề tài luận văn thạc sỹ của mình với sự hướng dẫn của thầy giáo T.S Nguyễn Khắc Tuấn.

2. Mục tiêu và đối tượng của nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của nghiên cứu này đó là nghiên cứu cơ sở lý thuyết và xây dựng được mô hình nghiên cứu hoạt động và sự kết hợp công suất giữa các nguồn động lực trên ô tô hybrid

Đối tượng nghiên cứu:

Đối tượng nghiên cứu đó ô tô hybrid với sơ đồ động lực kiểu hỗn hợp

3 . Phương pháp nghiên cứu của đề tài

Phương pháp nghiên cứu sử dụng trong đề tài này sử dụng phương pháp mô phỏng bằng phần mềm Matlab - Simulink.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của nghiên cứu

Đề tài đã xây dựng thành công mô hình mô phỏng xe hybrid với sơ đồ động lực kiểu hỗn hợp bằng phần mềm Matlab Simulink, thực hiện chạy mô phỏng theo các chu trình thử khác nhau để đánh giá nghiên cứu hoạt động của xe. Với mô hình đã xây dựng cho phép nghiên cứu một cách chi tiết hoạt động của các hệ thống và cụm chi tiết trên ô tô hybrid cũng như sự phối hợp



công suất giữa các nguồn động lực trên xe mà không cần phải tiến hành trên mô hình thực. Kết quả của đề tài là cơ sở bước đầu cho việc nghiên cứu thiết kế ô tô hybrid và góp phần từng bước làm chủ về công nghệ xe hybrid.

5. Nội dung của luận văn

Các phần chính của đề tài:

Mở đầu

Chương 1. Tổng quan về đề tài nghiên cứu

Chương 2. Vấn đề kết hợp các nguồn động lực trên ô tô hybrid

Chương 3. Mô phỏng sự kết hợp các nguồn công suất trên ô tô hybrid kiểu hỗn hợp

Kết luận



CHƯƠNG I

TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU

Nội dung của chương này trình bày, phân tích đặc điểm cấu tạo của các loại ô tô hybrid, so sánh giữa các loại ô tô hybrid với nhau, so sánh ô tô hybrid và ô tô truyền thống về phương diện cấu trúc, tính kinh tế nhiên liệu, mức độ phát thải gây ô nhiễm môi trường... Trong chương này cũng giới thiệu một số công trình nghiên cứu liên quan đến việc phân phối và sử dụng công suất trên ô tô hybrid, trên cơ sở đó xác định vấn đề mô phỏng kết hợp các nguồn lực trên ô tô Hybrid với sơ đồ truyền lực kiểu hỗn hợp.

1.1. TỔNG QUAN VỀ Ô TÔ HYBRID

1.1.1. SƠ LƯỢC LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN Ô TÔ HYBRID

Ô tô điện được ra đời lần đầu tiên vào năm 1834. Trong suốt những thập kỷ nửa sau thế kỷ 19, nhiều công ty đã sản xuất ô tô điện ở Hoa Kỳ, Anh, và Pháp. Những xe ô tô đầu tiên mà con người sử dụng là ô tô điện. Tuy nhiên, do những hạn chế về công nghệ ắc quy và đặc biệt là do sự tiến bộ vượt bậc của công nghệ động cơ đốt trong, ô tô điện đã dần bị thay thế và hầu như không còn tồn tại từ sau những năm 1930.

Tới những năm đầu của thập kỷ 70 thế kỷ trước, hai vấn đề lớn của nhân loại là ô nhiễm môi trường do khí thải và an ninh năng lượng do sự hữu hạn của các nguồn năng lượng hóa thạch (than đá, dầu mỏ, và khí đốt) đã dần trở nên bức thiết. Người ta bắt đầu quan tâm trở lại đến ô tô điện như một giải pháp hiệu quả cho các vấn đề này. Thời gian đầu, ô tô điện vẫn chỉ là một đối tượng nghiên cứu; các mẫu xe điện đều là sự chuyển đổi từ xe ô tô thông thường dùng động cơ đốt trong. Ngày nay, các nhà sản xuất ô tô lớn đều đã và đang cho ra đời các sản phẩm ô tô điện được thiết kế và chế tạo với những công nghệ đặc thù cho xe điện, chứ không phải là một sản phẩm hoán cải như trước.

Vào đầu thế kỷ 20 các nhà sản xuất xe của Mỹ đã sử dụng động cơ xăng, điện và hơi nước một cách song song. Họ sớm nhận ra rằng hai hay nhiều động cơ kết hợp lại sẽ làm tăng tính hiệu quả của động cơ. Và kết quả của giả thuyết đó là động cơ hybrid (động cơ xăng điện) ra đời vào năm 1905 do một kỹ sư người Mỹ phát minh. Thời kỳ đó phát minh này không được mấy người quan tâm bởi vì động cơ đốt trong khi đó còn khá rẻ so với động cơ xăng điện có cùng công suất. Sau 70 năm, khi cuộc khủng hoảng dầu lửa xảy ra, vấn đề tiết kiệm nhiên liệu mới được quan tâm nhiều và đây chính là lý do để động cơ hybrid được nghiên cứu lại. Tuy nhiên, 30 năm trước, do một số quy định nên động cơ hybrid đã bị trì hoãn. Ngày hôm nay những chiếc xe như Toyota Prius hay Honda Accord loại hybrid đã trở nên phổ biến, được nhiều người tiêu dùng yêu thích. Liệu hybrid có phải là xu hướng của xe trong tương lai? Một trong những lý do nữa khiến hybrid ngày càng được quan tâm đó là môi trường sống. Như chúng ta biết động cơ đốt trong sẽ thải ra khí carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) và khí hydro-carbon (HC) chưa đốt, đây là những nhân tố chính gây ô nhiễm môi trường. Các hiện tượng như sự nóng lên của toàn cầu hay hiện tượng “El Nino” xảy ra một phần là hậu quả của việc sử dụng động cơ dầu diesel và xăng.

Sự phát triển của công nghệ hybrid sẽ giúp hạ giá thành nhiên liệu, theo ước tính lượng xe hybrid được sản xuất sẽ tăng gấp đôi mỗi năm, một dự báo rất lạc quan trong tương lai.

1.1.2. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO CỦA Ô TÔ HYBRID

Hệ thống động lực của ô tô hybrid phổ biến hiện nay được cấu thành từ một động cơ đốt trong (ĐCĐT) và một hoặc nhiều động cơ điện (ĐCĐ). Trong các tài liệu chuyên ngành bằng tiếng Anh, các thuật ngữ: "hybrid car", "hybrid vehicle", "hybrid road vehicle" và "hybrid electric vehicle" thường được sử dụng để chỉ loại ô tô hybrid có hệ thống động lực như vậy.

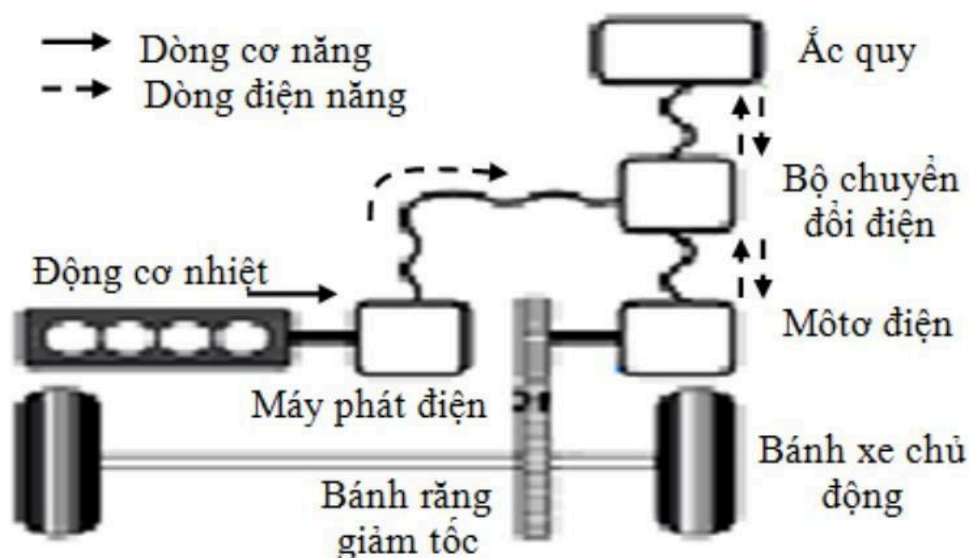
Trong luận văn này, sử dụng thuật ngữ "xe hybrid" và "ô tô hybrid" khi đề cập đến các ô tô có hệ thống truyền lực có đặc điểm cấu tạo như trên .

Căn cứ vào cách thức liên kết giữa động cơ đốt trong và động cơ điện, tỷ lệ công suất của động cơ đốt trong và của động cơ điện được sử dụng để dẫn động bánh xe chủ động, sự phân công về thời gian làm việc của ĐCĐT và của ĐCĐ trong quá trình vận hành, ô tô hybrid hiện đại được phân thành 3 loại [6,7, 14,15]: ô tô hybrid kiểu nối tiếp, ô tô hybrid kiểu song song và ô tô hybrid kiểu hỗn hợp.

Ô TÔ HYBRID KIỂU NỐI TIẾP

Ô tô hybrid kiểu nối tiếp (Series Hybrid Electric Vehicle), sau đây viết tắt là S-HEV.

Các thành tố cơ bản của hệ động lực của S-HEV bao gồm: một ĐCĐT, một hoặc một số ĐCĐ, một MF, bộ AQ, bộ chuyển đổi điện và cặp bánh răng giảm tốc (xem **Hình 1.1**). Về cơ bản, hệ động lực của S-HEV chỉ khác hệ động lực của ô tô điện ở chỗ có thêm một ĐCĐT và MF.



Hình 1.1. Sơ đồ hệ thống động lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp

Ở S-HEV, ĐCĐT chỉ có chức năng lai MF để cung cấp điện cho ĐCĐ hoặc nạp điện cho AQ, ĐCĐ đảm bảo 100% công suất yêu cầu để dẫn động



các bánh xe chủ động thông qua một cặp bánh răng giảm tốc. ĐCĐ chạy bằng điện từ AQ hoặc trực tiếp từ MF. Trong hệ truyền động của S-HEV chỉ cần một cặp bánh răng giảm tốc bố trí giữa ĐCĐ và vi sai, thay cho hộp số nhiều cấp ở ô tô truyền thống. Trong trường hợp ĐCĐ được bố trí trực tiếp trong các moayơ của bánh xe chủ động, SHEV thực tế không có hệ truyền động cơ khí, thay vào đó là hệ truyền động điện gọn nhẹ hơn và tiêu hao ít năng lượng hơn.

ĐCĐ trên S-HEV nói riêng và trên các loại ô tô hybrid khác nói chung, thường được thiết kế để có thể hoạt động như một máy phát điện (sau đây gọi là *mô-tơ-máy phát điện liên hợp*, viết tắt là MG) để có thể tận dụng động năng của ô tô trong quá trình phanh hoặc xuống dốc. Một số mẫu S-HEV cho phép nạp điện AQ bằng điện lưới trong thời gian ô tô không hoạt động nhằm mục đích giảm chi phí vận hành do giá điện lưới thường thấp hơn giá điện được sản xuất bằng ĐCĐT trên xe.

Ưu điểm:

- Động cơ tách rời nên mô men nên tốc độ và mô men của động cơ độc lập với tốc độ và mô men theo yêu cầu, đồng thời có thể luôn được duy trì làm việc ở vùng làm việc tối ưu của nó với sự tiêu thụ nhiên liệu và phát thải nhỏ nhất.
- Sự ngắt nối giữa động cơ và bánh xe còn cho phép động cơ có thể hoạt động ở vùng hiệu suất cao.
- Khả năng gia tốc tốt.
- Cấu tạo đơn giản.

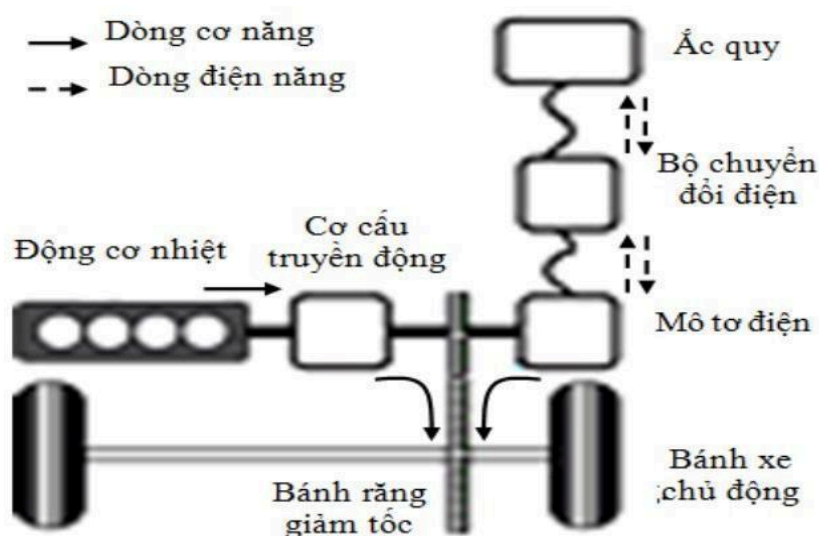
Nhược điểm:

- Năng lượng bị biến đổi qua lại nhiều lần gây tổn thất đáng kể.
- Động cơ điện phải có công suất lớn.
- Kết cấu cồng kềnh.

Ô TÔ HYBRID KIỂU SONG SONG

Ô tô hybrid kiểu song song (P-HEV) có các nguồn động lực tương tự như ở S-HEV, tức là cũng bao gồm một ĐCĐT và một MG. ĐCĐT và MG của P-HEV được liên kết với bánh xe chủ động thông qua các ly hợp sao cho bánh xe chủ động có thể được dẫn động chỉ bằng ĐCĐT hoặc chỉ bằng MG hoặc bằng cả hai đồng thời. ĐCĐT và MG có thể được liên kết với nhau theo các phương án như sau:

- *ĐCĐT và MG liên kết song song trên một trục (xem Hình 1-2):* Ở phương án này, tốc độ quay của ĐCĐT và MG phải được đồng bộ hóa, momen quay truyền đến bánh xe chủ động là tổng momen quay của ĐCĐT và MG. Khi chỉ một nguồn động lực làm việc, nguồn động lực còn lại phải hoạt động ở chế độ không tải hoặc không hoạt động nếu được trang bị các ly hợp một chiều.
- *ĐCĐT và MG liên kết nối tiếp trên một trục:* ĐCĐT và MG phải có cùng tốc độ quay. Nếu MG nằm giữa ĐCĐT và hộp số thì MG có thể có momen quay dương hoặc âm, tùy thuộc vào chế độ vận hành. Honda Insight là mẫu P-HEV điển hình áp dụng phương án này.



Hình 1.2. Sơ đồ hệ thống động lực của ô tô hybrid kiểu song song

- *ĐCĐT và MG liên kết qua mặt đường:* ĐCĐT truyền momen quay đến bánh xe chủ động qua hệ truyền động cơ khí truyền thống, MG được liên kết với



bánh xe chủ động qua một trục khác. AQ được MG nạp điện nhờ tận dụng động năng của xe khi phanh hoặc động năng của xe ở chế độ hành trình. Trong trường hợp này, công suất của ĐCĐT được truyền đến MG thông qua mặt đường. Phương án này có ưu điểm đặc biệt trong trường hợp ô tô nhiều cầu chủ động, trong đó ĐCĐT và MG sẽ liên kết cơ khí với các cầu khác nhau. Xe đạp máy có ĐCĐT tích hợp trong moayơ của bánh xe trước và pedal quay bánh sau là ví dụ về kiểu hybrid song song có các nguồn động lực liên kết qua mặt đường.

Hầu hết các mẫu P-HEV hiện nay được trang bị ĐCĐT với vai trò là nguồn động lực chính, còn MG chỉ đóng vai trò trợ giúp khi tăng tốc hoặc leo dốc. Với cấu hình như vậy, cả ĐCĐT và MG đều hoạt động với khoảng 50% công suất cực đại khi ô tô chạy với tốc độ trung bình, ĐCĐT phát công suất gần tối đa và MG phát khoảng 50 % công suất hoặc nhỏ hơn ở tốc độ lớn. Trên thị trường hiện nay, P-HEV có thị phần lớn hơn so với S-HEV. Honda Insight, Honda Civic and Honda Accord là những mẫu P-HEV điển hình và chiếm thị phần đáng kể trong thời gian gần đây. General Motors Parallel Hybrid Truck (PHT), Saturn VUE Hybrid, Aura Greenline Hybrid, Chevrolet Malibu Hybrid cũng là những ô tô hybrid được xếp vào nhóm P-HEV.

Ưu điểm:

- Công suất của ô tô sẽ mạnh hơn do sử dụng cả hai nguồn năng lượng.
- Mức hoạt động của động cơ điện ít hơn động cơ đốt trong nên dung lượng ắc quy nhỏ và gọn nhẹ hơn.
- Kết cấu gọn nhẹ.

Nhược điểm:

- Kết cấu phức tạp, giá thành cao.

Ô TÔ HYBRID KIỂU HỖN HỢP

Ô tô hybrid kiểu hỗn hợp (SP-HEV) kết hợp cả hai hệ thống nối tiếp và song song nên tận dụng tối đa các ưu điểm của hai kiểu ô tô Hybrid kể trên.

Hệ thống này chiếm ưu thế trong việc chế tạo các xe Hybrid.

Ô tô hybrid kiểu hỗn hợp (SP-HEV), còn được gọi là *ô tô hybrid chia công suất* (power-split hybrid vehicle) hoặc *ô tô hybrid kiểu nối tiếp-song song* (seriesparallel hybrid vehicle).

Hệ động lực của Toyota Prius được xem là điển hình của SP-HEV và được trình bày dưới đây để minh họa đặc điểm cấu tạo và nguyên lý hoạt động của hệ động lực SP-HEV.

Hệ động lực hybrid của Toyota Prius, thường được viết tắt là THS (Toyota Hybrid System), được cấu thành từ các thành tố cơ bản với chức năng sau đây [14,15, 20]:

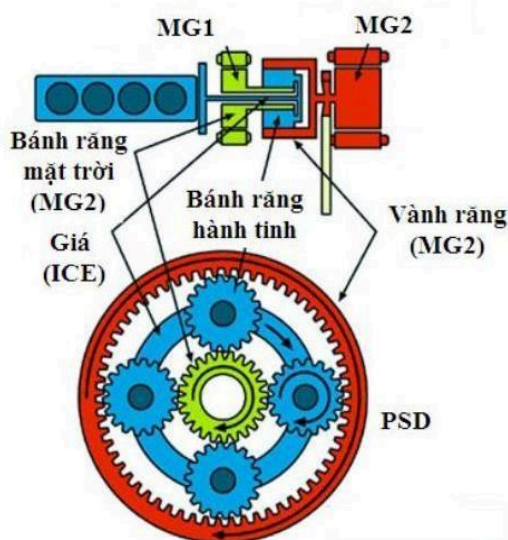
- Động cơ xăng 4 kỳ hoạt động theo chu trình Atkinson (ĐCĐT) có chức năng dẫn động các bánh xe chủ động và lai mô-tơ-máy phát điện liên hợp MG1;
- Mô-tơ-máy phát điện liên hợp MG2 có chức năng chính là phối hợp với ĐCĐT dẫn động các bánh xe chủ động và chức năng phụ là phát điện nạp cho AQ trong quá trình phanh. MG2 có tính năng động lực học cao để đảm bảo ô tô rời chỗ nhẹ nhàng và tăng tốc tốt.
- AQ cao áp và AQ phụ: AQ phụ 12 V có chức năng duy trì hoạt động của hệ thống điều khiển. AQ cao áp có chức năng cung cấp điện cho MG2. AQ cao áp thường xuyên được nạp điện từ máy phát MG1 trong quá trình ô tô chạy và từ MG2 trong quá trình phanh.

Bộ chia công suất (Power Split Device - PSD) có cấu trúc và hoạt động tương tự như một hộp số bánh răng hành tinh. Giá đỡ các bánh răng hành tinh liên kết với ĐCĐT và được xem như đầu vào của hộp số, bánh răng mặt trời liên kết với MG1, vành răng liên kết với MG2 (Hình 1-3b).

Toyota Prius được chế tạo trong những năm gần đây được trang bị hệ động lực có cấu trúc và nguyên lý hoạt động tương tự như các Toyota Prius thế hệ trước nhưng các thành tố cơ bản như ĐCĐT, MG1, MG2 và AQ cao áp được nâng cấp chất lượng hoặc điều chỉnh một số thông số tính năng.

Chiến lược điều khiển THS được thực hiện bằng bộ điều khiển điện tử trung tâm trong suốt quá trình hoạt động của ô tô. Có thể phân biệt các chế độ hoạt động đặc trưng sau đây:

- (1) *Chế độ điện*: Chế độ điện bao gồm các chế độ như ô tô bắt đầu chuyển động, chạy từ từ, xuống dốc trên đoạn đường có độ dốc nhỏ. Ở chế độ điện, ĐCĐT không hoạt động, MG2 chạy bằng điện từ AQ. Toyota Prius được trang bị ắc quy cao áp có dung lượng vừa phải (6,5 Ah) nên chỉ cho phép hoạt động ở chế độ điện trong một thời gian tương đối ngắn;
- (2) *Chế độ hành trình* (còn gọi là *chế độ chạy bình thường*) là chế độ ô tô chạy đường dài. Công suất của ĐCĐT được chia cho bánh xe chủ động và máy phát điện MG1 với tỷ lệ sao cho ĐCĐT làm việc ở vùng có hiệu suất tối ưu. MG2 chạy bằng điện từ máy phát. Nếu dung lượng của AQ thấp, một phần công suất của máy phát dùng để nạp điện cho AQ;
- (3) *Chế độ trợ lực* (còn gọi là *chế độ gia tốc tối đa*): Trong các điều kiện mà ĐCĐT không đáp ứng được (*tăng tốc để vượt xe phía trước, leo dốc, v.v.*), MG2 sẽ chạy bằng điện từ AQ cao áp để trợ lực cho ĐCĐT;



Hình 1.3. Sơ đồ cấu tạo hệ động lực và bộ chia công suất của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp - Toyota Prius

- (4) *Chế độ nạp AQ* (còn gọi là *chế độ giảm tốc và phanh*):



AQ được nạp điện trong quá trình phanh hoặc xuống dốc bằng điện từ MG2 hoặc bằng điện từ MG1 ở chế độ hành trình. Đối với Toyota Prius, bộ điều khiển trung tâm đảm bảo AQ phải luôn được nạp đầy, tức là không yêu cầu nạp điện thủ công;

(5) *Chế độ chia công suất ngược:*

Ô tô chạy ở chế độ hành trình và AQ đầy điện. AQ cung cấp điện cho cả MG2 để dẫn động bánh xe và cho cả MG1. MG1 chạy sẽ làm ĐCĐT quay chậm hơn với mục đích giảm tiêu hao nhiên liệu trong khi momen quay không đổi. Có thể liệt kê một số đặc điểm của THS như sau:

- THS cho phép ô tô hoạt động theo kiểu hybrid song song, tức là các bánh xe chủ động có thể được dẫn động chỉ bằng ĐCĐT hoặc chỉ bằng ĐCĐ hoặc bằng ĐCĐT và ĐCĐ đồng thời;
- Mặc dù ĐCĐT, MG1 và MG2 được liên kết với nhau thông qua một hộp số cơ khí, nhưng PSD hoạt động như một hộp số vô cấp, cho phép ĐCĐT thường xuyên làm việc ở vùng có suất tiêu thụ nhiên liệu tối ưu;
- PSD có nhược điểm là hiệu suất phụ thuộc nhiều vào lượng công suất được chia cho đường điện (MG1) vì năng lượng được biến đổi qua lại nhiều lần (*động năng* $\rightarrow$ *điện năng* $\rightarrow$ *động năng*). Ở những chế độ như vậy, hiệu suất chỉ đạt khoảng 70% so với 98% ở chế độ cơ khí thuần túy.

1.1.3. SO SÁNH ÔTÔ HYBRID VỚI Ô TÔ TRUYỀN THỐNG

Ô tô hybrid hiện đại có những đặc điểm cơ bản sau đây:

So với ô tô truyền thống, ô tô hybrid có những ưu điểm và nhược điểm sau đây:

(1) *Ô tô hybrid tiết kiệm nhiên liệu hơn và phát thải ít hơn:*

Ô tô hybrid được phát triển chủ yếu do áp lực của vấn đề tiết kiệm nhiên liệu và giảm mức độ phát thải. Mục tiêu này đạt được nhờ những đặc điểm sau đây:



- ĐCĐT của ô tô hybrid nhỏ hơn nên tổn thất năng lượng ít hơn;
- Ở S-HEV và SP-HEV, tốc độ quay của ĐCĐT có thể độc lập hoàn toàn đối với vận tốc của ô tô nên ĐCĐT được cho làm việc ở những chế độ tối ưu về phương diện tiết kiệm nhiên liệu hoặc phát thải;
- Tái sử dụng động năng của ô tô trong quá trình phanh và xuống dốc;
Cho phép ĐCĐT không hoạt động ở các chế độ đặc biệt như: chờ trước đèn đỏ, chạy không tải, xuống dốc...

(2) *Hầu hết các mẫu ô tô hybrid hiện nay có giá bán cao hơn ô tô truyền thống:*

Để đảm bảo tính năng kỹ thuật cần thiết, kích thước nhỏ gọn và tuổi thọ hợp lý, các thiết bị điện (ĐCĐT, MF, AQ, v.v.) trang bị cho ô tô hybrid thường là loại cao cấp với giá thành cao hơn. Một số vấn đề khác liên quan đến ô tô hybrid cũng đã được đề cập đến như sau:

(1) *Vật liệu chế tạo:*

Công nghiệp chế tạo các loại thiết bị điện cao cấp trang bị cho ô tô hybrid tiêu thụ một lượng lớn vật liệu đặc biệt được chế biến từ đất hiếm. Cho đến nay, trên 90 % lượng đất hiếm được sử dụng trên toàn thế giới do Trung Quốc cung cấp;

(2) *Vấn đề tuổi thọ của hệ động lực:*

Hầu hết ô tô hybrid hiện nay đều được thiết kế để ĐCĐT không hoạt động ở một số chế độ đặc biệt như: chờ trước đèn đỏ, phanh, xuống dốc hoặc chạy ở tốc độ thấp. Như vậy, trong quá trình vận hành, ĐCĐT ở ô tô hybrid sẽ được tắt và khởi động lại nhiều lần hơn so với ô tô truyền thống. Đặc điểm này có thể làm giảm tuổi thọ của ĐCĐT do chất lượng bôi trơn thường rất thấp và chế độ nhiệt thường không tối ưu ở giai đoạn ngay sau khởi động;

(3) *Vấn đề ô nhiễm môi trường do AQ:*

Hầu hết ô tô hybrid hiện nay được trang bị AQ loại Nickel - Metal Hydride hoặc Lithium Ion. Cả hai loại này được đánh giá là thân thiện với

môi trường hơn so với AQ loại axit - chì và Nickel - Cadmium. Mặc dù vậy, vẫn tồn tại những hoài nghi về tác hại của nguồn rác thải AQ đối với môi trường và sức khỏe con người;

(4) *Vấn đề an toàn giao thông:*

Trong báo cáo năm 2009 của National Highway Traffic Safety Administration (USA) có nhận định rằng: trong một số hoàn cảnh, ô tô hybrid có xu hướng gây tai nạn giao thông cho người đi bộ và đi xe đạp nhiều hơn so với ô tô truyền thống. Ô tô hybrid va chạm với người đi bộ và đi xe đạp nhiều hơn khi rẽ ở các góc phố. Báo cáo cũng chỉ ra rằng không có sự khác nhau về tai nạn giao thông khi ô tô chạy trên các đường lớn.

1.1.4. SO SÁNH CÁC KIỂU Ô TÔ HYBRID

Hiệu suất của ĐCĐT :

- Do chỉ có chức năng lai máy phát điện nên ĐCĐT trên S-HEV làm việc ở tốc độ quay không đổi với suất tiêu thụ nhiên liệu thấp nhất, không phụ thuộc vào vận tốc của ô tô. Hiệu suất của động cơ xăng trên S-HEV có thể đạt đến trị số gần giới hạn lý thuyết (khoảng 37 %), trong khi hiệu suất trung bình của động cơ xăng trên ô tô truyền thống và trên P-HEV chỉ đạt dưới 30% [15];
- Khi hoạt động trên đường cao tốc, P-HEV có mức tiêu thụ nhiên liệu thấp hơn S-HEV do không cần biến đổi cơ năng của ĐCĐT thành điện năng để cung cấp cho ĐCĐ;
- ĐCĐT trên SP-HEV có hiệu suất trung bình thấp hơn so với ĐCĐT trên SHEV nhưng cao hơn so với ĐCĐT trên P-HEV;

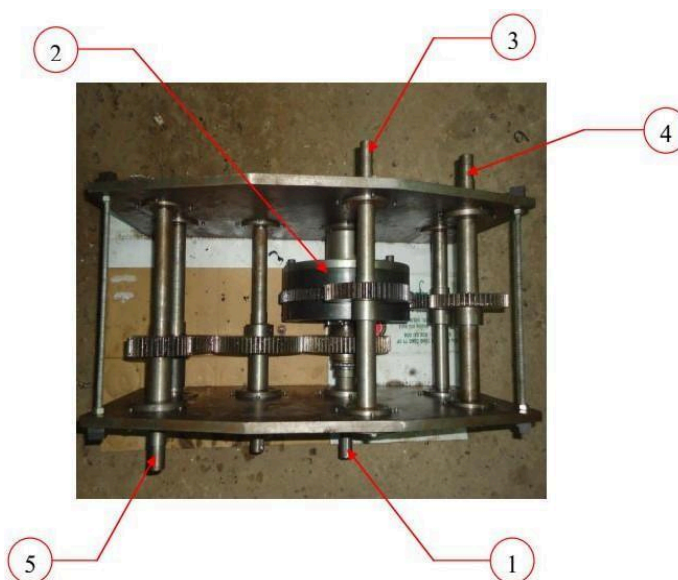
(2) *Công suất của ĐCĐ và dung lượng của AQ:* ĐCĐ của S-HEV phải có công suất lớn, đảm bảo ô tô đạt được các thông số tính năng động lực học tối đa theo thiết kế (*tốc độ cực đại, gia tốc cực đại, khả năng leo dốc, v.v.*), trong khi phần lớn các chế độ vận hành yêu cầu công suất thấp hơn. Với P-HEV và S-HEV có tính năng động lực học tương đương, P-HEV được trang bị bộ AQ và ĐCĐ nhỏ hơn do có ĐCĐT cùng làm việc khi yêu cầu công suất lớn;

(3) *Hệ thống truyền động:* S-HEV có hệ thống truyền động đơn giản nhất so với các kiểu ô tô hybrid khác. Do chỉ có ĐCĐ có liên hệ cơ khí với bánh xe

chủ động nên không cần trang bị hộp số nhiều cấp cho S-HEV, thay vào đó chỉ cần một cặp bánh răng giảm tốc bố trí giữa ĐCĐ và vi sai. Do chỉ có truyền động điện giữa ĐCĐ với tổ hợp ĐCĐT-máy phát điện nên có nhiều lựa chọn về vị trí bố trí tổ hợp này.

1.2. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU PHỐI HỢP CÁC NGUỒN ĐỘNG LỰC TRÊN Ô TÔ HYBRID

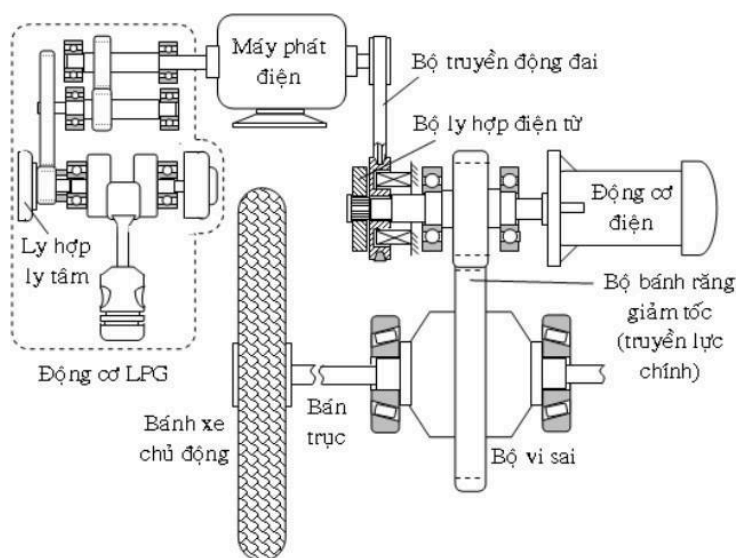
Ở nước ta đã có một số công trình nghiên cứu liên quan đến việc phối hợp các nguồn động lực trên ô tô Hybrid. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường "*Nghiên cứu thiết kế, chế tạo mô hình ô tô hybrid 2 chỗ ngồi phục vụ đào tạo kỹ sư ngành Cơ điện tử và Kỹ thuật ô tô*" (mã số : TR2002-13-05). Sản phẩm của đề tài là một ô tô 4 bánh được trang bị hệ động lực hybrid được cấu thành từ 1 động cơ xăng có dung tích công tác $V = 110 \text{ cm}^3$, 1 máy phát điện công suất $N_{MF} = 1 \text{ kW}$ và 2 mô-tơ điện có tổng công suất $N_{ĐCĐ} = 960 \text{ W}$ lắp trực tiếp trong moayơ của hai bánh xe sau. Thời gian hoạt động của động cơ xăng và quá trình nạp điện cho ắc-quy được tự động hóa nhờ một vi mạch do tác giả thiết kế và chế tạo. Do không có li hợp để đóng ngắt nguồn động lực từ ĐCĐT với bánh xe chủ động nên mô hình chế tạo chưa thể hiện đầy đủ chức năng của ô tô hybrid và sản phẩm của đề tài chỉ được sử dụng phục vụ đào tạo sinh viên của trường.



Hình 1.4. Mô hình bộ phân phối công suất thuộc đề tài NCKH của Đại học Nha Trang [5]

Trong luận văn thạc sĩ "*Nghiên cứu thiết kế, chế tạo, thử nghiệm bộ phân phối công suất trang bị trên mô hình xe hybrid kiểu hỗn hợp*" của học viên Nguyễn Trí Thành [5] được phát triển trên cơ sở kế thừa sản phẩm của đề tài khoa học TR2002-13-05 nói trên. Đề tài đã thiết kế và chế tạo bộ chia công suất (PSD) mô phỏng theo cấu trúc PSD của Toyota Prius, tính chọn công suất của máy phát điện MF và lắp ráp trên mô hình ô tô 2 chỗ ngồi. Động cơ xăng và máy phát điện được liên kết với nhau thông qua ly hợp điện từ có chức năng giúp mô phỏng cơ chế hoạt động của hệ động lực hybrid kiểu hỗn hợp. Do mục tiêu của đề tài là phục vụ dạy-học nên các bộ phận được chế tạo với kích thước lớn và được "khai triển" cho dễ quan sát nên bộ PSD này không thể sử dụng được cho xe thật chạy trên đường.

Hình 1.5 thể hiện sơ đồ hệ thống động lực hybrid do GS.TSKH. Bùi Văn Ga và Nguyễn Quân của Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng thiết kế [3]. Ô tô thiết kế có hai chỗ ngồi, khối lượng toàn bộ xe 500kg, vận tốc cực đại 70km/h. Cơ cấu truyền động cơ khí của ô tô được chia ra làm hai nhóm chính: phát điện và bộ truyền động liên kết với cầu chủ động.



Hình 1.5. Sơ đồ hệ thống động lực của ô tô hybrid 2 chỗ[3]

Nguyên lý hoạt động của hệ thống như sau:

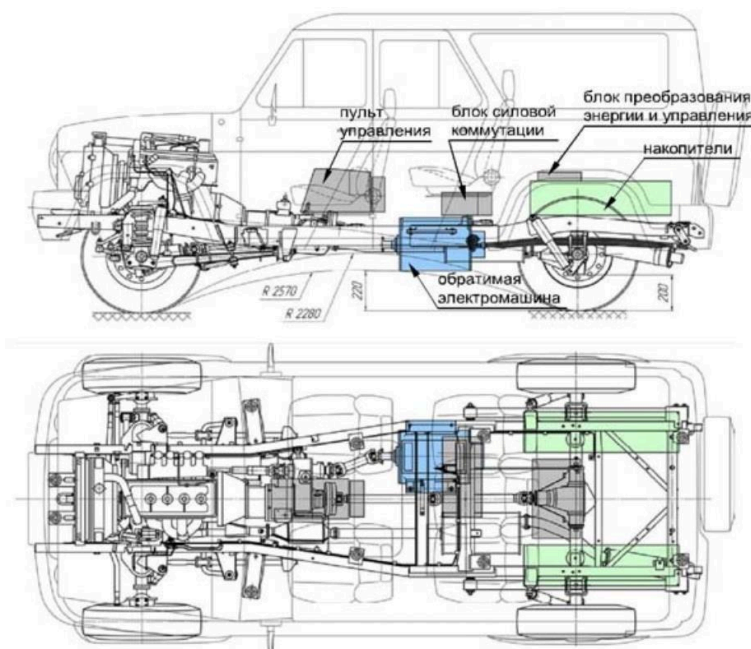


- Ở chế độ bình thường, ĐCĐ kéo bánh xe chủ động quay thông qua bộ bánh răng giảm tốc và bộ vi sai;
- Ở chế độ giảm tốc khi cần dừng xe hoặc khi xe xuống dốc, người lái nhả bàn đạp ga, ĐCĐ được cắt điện;
- Khi cần chạy đường dài, người lái chuyển điều khiển xe sang hoạt động ở chế độ "phụ trợ". Khi ĐCĐT hoạt động kéo máy phát điện hỗ trợ cùng bình ắc quy cung cấp điện năng cho ĐCĐ;
- Khi xe chạy vào đường có độ dốc lớn, người lái nhấn nút "vượt dốc" trên bảng điều khiển, ĐCĐT được khởi động và ly hợp điện từ được điều khiển chuyển sang trạng thái đóng để ĐCĐT hỗ trợ ĐCĐ kéo xe vượt dốc. Để đạt được các tính năng yêu cầu, ĐCĐ một chiều kiểu ZYT145/06-90 của Trung Quốc có hiệu điện thế 90V, tốc độ quay định mức 3.000 v/ph và mô men xoắn cực đại 60 Nm. Động cơ xe gắn máy có dung tích xi lanh 110cm³ và máy phát điện xoay chiều G263-A sử dụng trên xe ô tô tải với điện áp 28V công suất 4,5kW Động cơ xe gắn máy 110cm³ nguyên thủy chạy bằng xăng có công suất cực đại 5,5kW được cải tạo sang chạy bằng khí dầu mỏ hóa lỏng. Các bộ phận cơ bản của ô tô hybrid giới thiệu ở trên đều có sẵn trên thị trường nên việc chế tạo có tính khả thi cao, đặc biệt động cơ xăng được cải hoán để chạy bằng khí dầu mỏ hóa lỏng, là những điểm đặc trưng của sản phẩm. Tuy nhiên, tương tự như những nghiên cứu đã giới thiệu ở trên, bài toán tối ưu hóa độ lớn của các nguồn năng lượng và tham số điều khiển hệ động lực hybrid hầu như chưa được đề cập đến hoặc nếu có thì có thể đã được giải bằng phương pháp "thử và sai" hoặc bằng kinh nghiệm của người nghiên cứu.

Năm 2016 tác giả Trần Tuấn Anh trong đề tài luận văn thạc sĩ của mình [6]. Nghiên cứu phối hợp nguồn động lực cho xe hybrid bằng phần mềm AVL - Cruise đã xây dựng thành công mô hình xe hybrid kiểu song song trên phần mềm AVL-Cruise và thực hiện chạy mô phỏng để đánh giá tính năng bằng phần mềm AVL-Cruise, kết quả mô phỏng cho thấy so với xe thường cùng

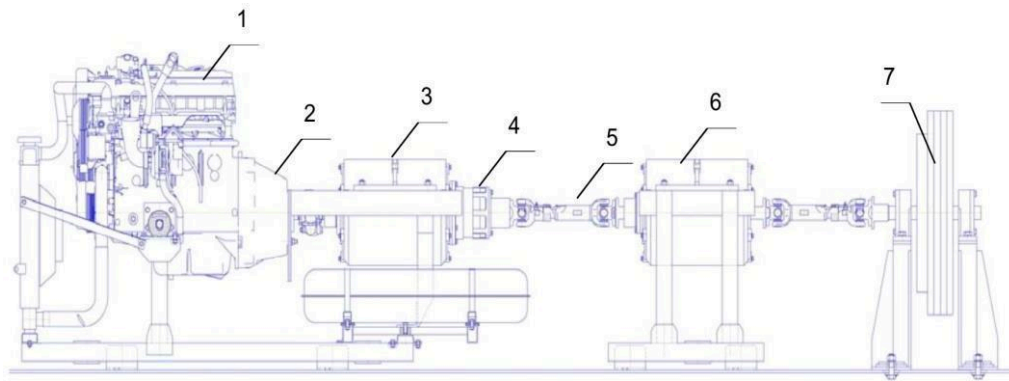
cấu hình mức tiêu thụ nhiên liệu giảm tới 30%, giảm lượng phát thải gây ô nhiễm môi trường, phát thải NOx giảm 60%, CO giảm 25% và HC giảm đến 25%.

Ở ngoài nước, việc nghiên cứu phát triển ô tô hybrid đã được tiến hành ở các viện nghiên cứu và trường đại học từ rất lâu. Tại trường đại học Tổng hợp kỹ thuật Quốc Gia Matxcova MAMI đã nghiên cứu thành công xe hybrid KVAN dùng cho công tác thí nghiệm dựa trên nền xe UAT-5335[14]. Xe sử dụng bộ kết hợp công suất kiểu kết nối mô men có thể hoạt động ở các chế độ hai cầu chủ động.



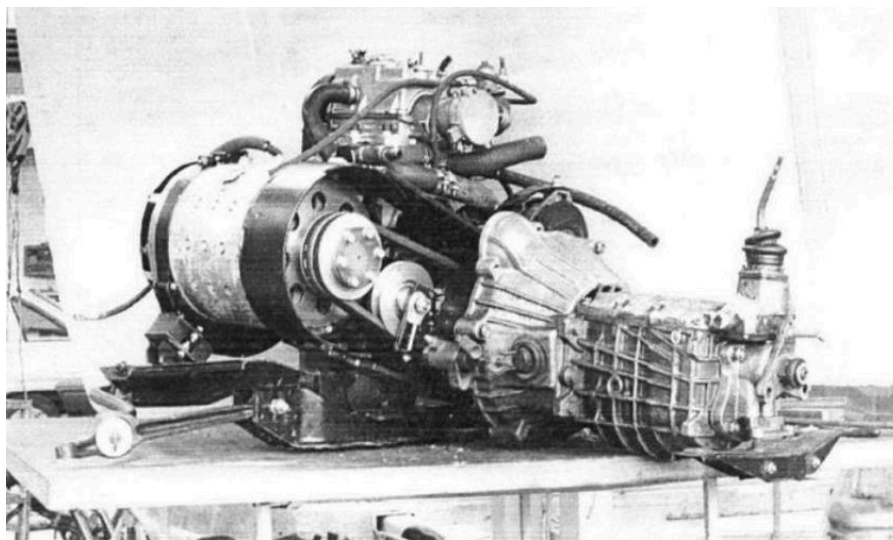
Hình 1.6 – Ô tô hybrid Kvan trường Đại học MGTU MAMI

Ngoài ra, tại trường này cũng đã nghiên cứu thành công bộ thử kết hợp hybrid kiểu nối tiếp – song song gồm động cơ đốt trong ZMZ 5243, hai máy điện 4APA 2E160M dùng cho nghiên cứu đặc tính tốc độ kéo, tính kinh tế nhiên liệu và ô nhiễm môi trường của xe tải.



Hình 1.7 – Bộ thử kết hợp nguồn công suất hybrid kiểu nối tiếp – song song tại trường Đại học Tổng hợp Kỹ thuật Quốc Gia MGTU MAMI

Trường đại học Tổng hợp kỹ thuật Nhiznhi Novgorod đã thiết kế chế tạo thành công xe hybrid dựa trên nền xe IZ 2106 “Oda” giúp tang tính kinh tế nhiên liệu từ 24 – 32% ở các chế độ làm việc.



Hình 1.8 – Bộ kết hợp công suất trên xe IZ 2106 - Oda

1.3. KẾT LUẬN

Hiện nay, ô tô hybrid là một phương án rất có triển vọng trong việc giải quyết vấn đề tiết kiệm nhiên liệu, giảm ô nhiễm môi trường. Ô tô hybrid được bố trí theo ba sơ đồ nối tiếp, song song và kết hợp. So với các sơ đồ nối tiếp và song song, sơ đồ hỗn hợp được dùng phổ biến hơn do sơ đồ này kết hợp được ưu điểm của cả hai sơ đồ nối tiếp và song song. Từ phân tích một số



công trình đã công bố liên quan ô tô hybrid cho thấy, hiện nay đã có khá nhiều nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm liên quan đến việc thiết kế, chế tạo bộ kết hợp công suất sử dụng cho ô tô. Ở nước ta các nghiên cứu này đa số là các nghiên cứu thực nghiệm tạo ra các sản phẩm dạng mô hình phục vụ đào tạo, . Tuy nhiên, để cung cấp thêm cơ sở cho việc nghiên cứu thực nghiệm nhằm lựa chọn tối ưu các thông số kết cấu thì việc nghiên cứu lý thuyết đặc biệt là nghiên cứu bằng phương pháp mô phỏng rất cần thiết.

Trong chương 2 tác giả sẽ phân tích kỹ hơn cơ sở lý thuyết việc kết hợp công suất và phân tích lựa chọn phương pháp, công cụ mô phỏng để nghiên cứu sự kết hợp các nguồn động lực trên ô tô hybrid kiểu hỗn hợp.

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT KẾT HỢP CÁC NGUỒN CÔNG SUẤT TRÊN Ô TÔ HYBRID

Nội dung của chương này là nghiên cứu cơ sở lý thuyết kết hợp công suất giữa các nguồn động lực, phân tích các phương pháp mô phỏng nghiên cứu kết hợp công suất trên ô tô hybrid và lựa chọn phương pháp mô phỏng để nghiên cứu sự kết hợp công suất của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp.

2.1. Các thiết bị kết nối tốc độ và mô men trên ô tô hybrid

Để kết nối các nguồn động lực trên xe hybrid người ta sử dụng các bộ kết nối mô men và kết nối tốc độ. Việc sử dụng các bộ kết nối này sẽ tùy thuộc vào phương án bố trí hệ thống truyền lực trên xe [7,8].

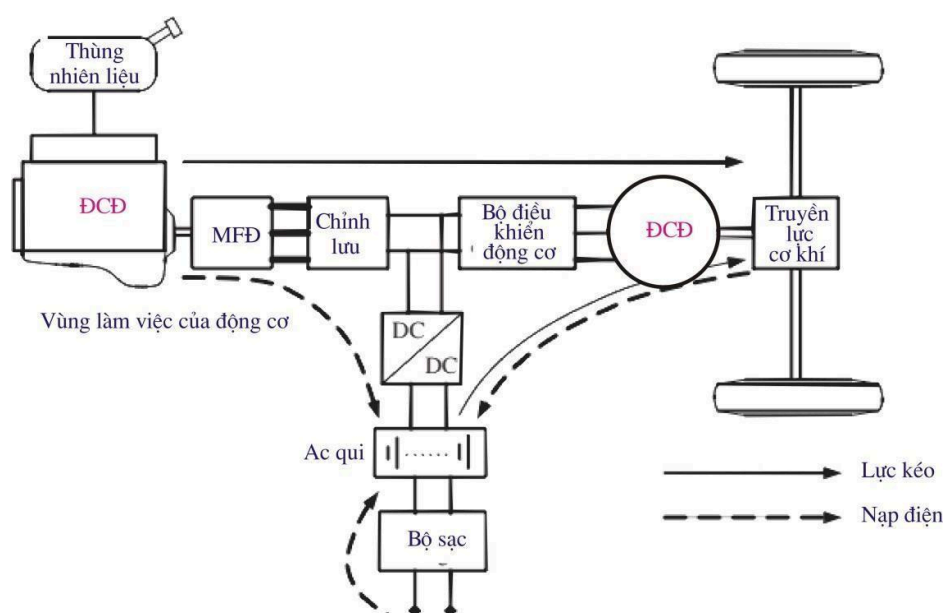
2.1.1. Đối với hệ thống truyền lực hybrid kiểu nối tiếp

Trên hình 2.1 trình bày hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp, có hai nguồn cấp cho một động cơ điện để đưa xe di chuyển. Nguồn năng lượng chính là động cơ đốt trong được nối với một máy phát điện. Đầu ra của máy phát được nối với nguồn điện nhờ bộ chuyển đổi (bộ chỉnh lưu). Nguồn thứ hai là một bộ ác qui được nối tới hệ thống thông qua một bộ chuyển đổi DC/DC. Nguồn điện được nối tới bộ điều khiển của động cơ kéo. Động cơ kéo có thể được điều khiển ở chế độ động cơ hoặc máy phát và có thể đổi chiều chuyển động tiến hoặc lùi. Hệ thống truyền lực kiểu này cần một bộ sạc để sạc cho ác qui từ lưới điện.

Ô tô với hệ thống truyền lực kiểu nối tiếp có thể vận hành ở các chế độ sau:

- *Chế độ thuần điện:* động cơ đốt trong tắt, ô tô được kéo từ ác qui
- *Chế độ thuần động cơ:* Công suất kéo của ô tô được cung cấp từ động cơ – máy phát, trong khi ác qui không cung cấp và không nhận năng lượng từ hệ thống truyền động. Các máy điện hoạt động như hệ thống truyền lực từ động cơ đến các bánh xe bị động.
- *Chế độ hybrid:* công suất kéo được rút ra từ cả động cơ- máy phát và ác qui.

- *Chế độ động cơ kéo và nạp cho ác qui:* Cụm động cơ máy phát cung cấp năng lượng để nạp cho ác qui và cung cấp năng lượng để xe di chuyển.
- *Chế độ phanh tái sinh:* Cụm động cơ – máy phát tắt, động cơ kéo hoạt động như một máy phát. Năng lượng sinh ra được nạp cho ác qui.
- *Chế độ nạp ác qui:* Động cơ kéo không nhận năng lượng và cụm động cơ – máy phát nạp cho ác qui
- *Chế độ nạp ác qui hybrid:* cả cụm động cơ máy phát và động cơ kéo hoạt động như một máy phát để cùng nạp cho ác qui.

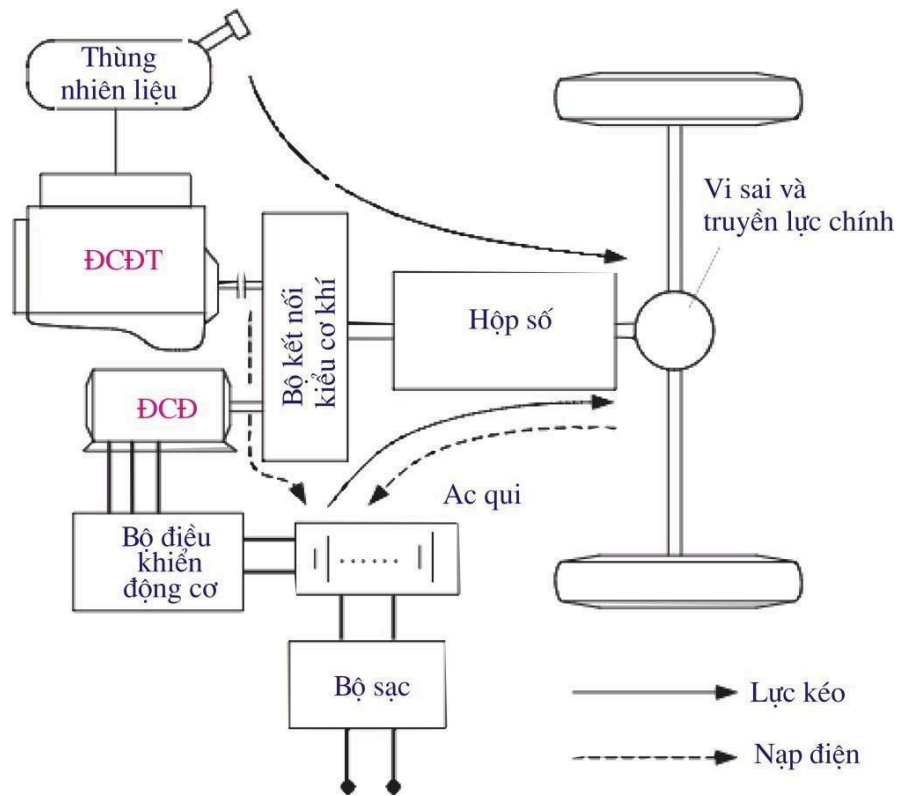


Hình 2.1. Sơ đồ hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp

Như vậy, có thể thấy đối với sơ đồ hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp trình bày ở trên hình 2.1, việc kết hợp các nguồn năng lượng sơ cấp và thứ cấp với nhau thực hiện bằng điện mà không có kết nối cơ khí nào.

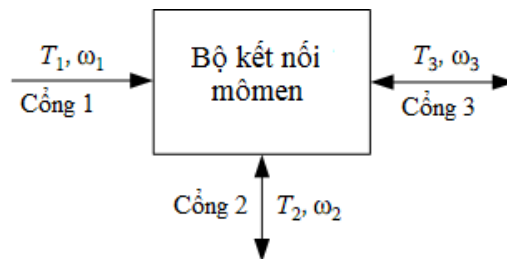
2.1.2 Đối với hệ thống truyền lực kiểu song song

Khác với sơ đồ nối tiếp ở trên, đối với hệ thống truyền động hybrid kiểu song song lại việc kết hợp các nguồn động lực với nhau thực hiện bằng kết nối cơ khí, trong đó động cơ cung cấp năng lượng của chúng thông qua bộ truyền cơ khí (hình 2.2) tới các bánh xe chủ động giống như trong ô tô trang bị động cơ đốt trong thông thường. Để thực hiện điều này có thể sử dụng bộ kết nối mô men hoặc bộ kết nối tốc độ.



Hình 2.2 Sơ đồ song song

a. Sơ đồ song song dùng bộ kết nối mômen



Hình 2.3. Sơ đồ bộ kết nối mômen

Trên hình 2.3 trình bày sơ đồ bộ kết nối mô men gồm có 3 cổng và có 2 bậc tự do. Cổng 1 là đầu vào đơn hướng, cổng 2 và 3 là cổng ra hoặc vào 2 chiều, nhưng cả 2 không cùng là cổng vào một lúc. Cổng 1 kết nối trực tiếp với động cơ đốt trong hoặc thông qua 1 hộp số cơ khí. Cổng 2 kết nối trực tiếp với trục của mô tơ điện hoặc qua 1 hộp số cơ khí. Cổng 3 kết nối với bánh xe chủ động qua liên kết cơ khí.

Nếu bỏ qua tổn thất và giả sử công 2 đang là công vào thì năng lượng ra bánh xe là :

$$T_3\omega_3 = T_1\omega_1 + T_2\omega_2 .$$

Mômen ở công ra có thể được biểu diễn :

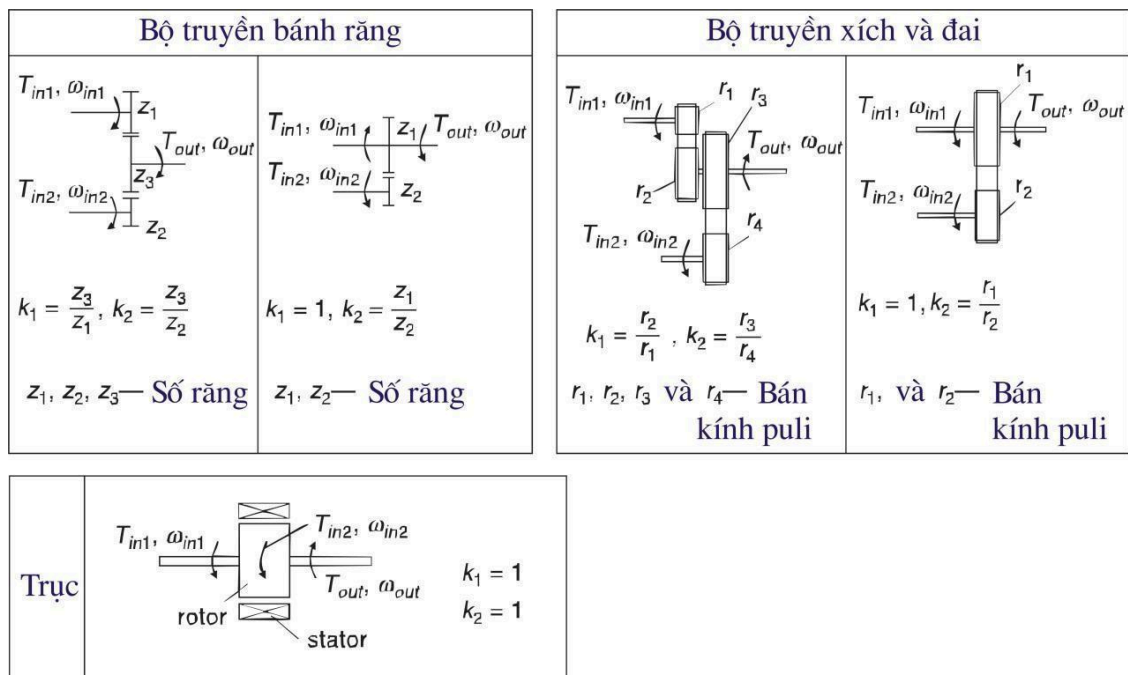
$$T_3 = k_1 T_1 + k_2 T_2 \quad (2.1)$$

với k_1 và k_2 là tham số cấu trúc của bộ kết nối mômen.

Vận tốc góc ω_1 , ω_2 và ω_3 quan hệ với nhau :

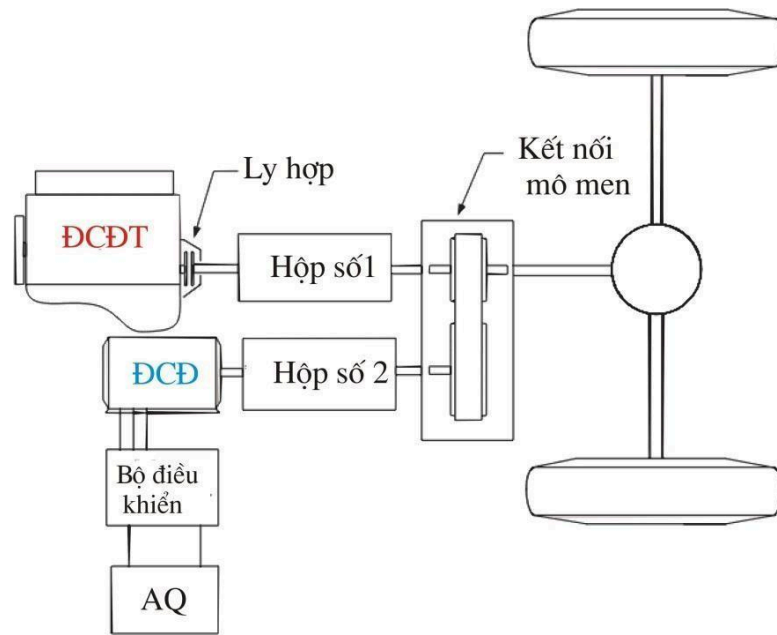
$$\omega_3 = \omega_1/k_1 = \omega_2/k_2 \quad (2.2)$$

Thiết bị kết nối mômen có rất nhiều kiểu khác nhau, trên hình 2.4 trình bày một số thiết bị cơ bản như: bộ truyền bánh răng, bộ truyền xích hoặc truyền đai hay sử dụng trực tiếp mô tơ điện. Mỗi thiết bị sẽ cho một giá trị thông số k_1 và k_2 khác nhau.

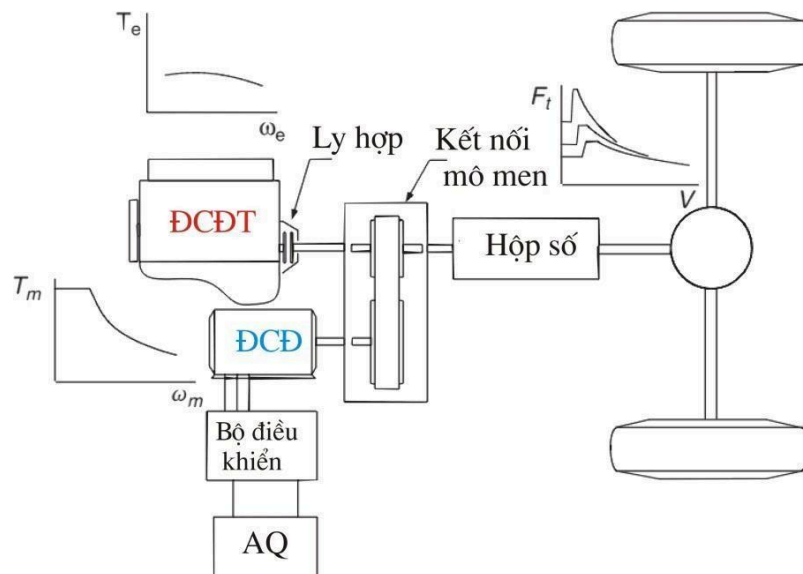


Hình 2.4. Một số thiết bị kết nối mômen

Do tính đa dạng của bộ kết nối mômen nên hệ thống truyền lực hybrid song song có nhiều sơ đồ khác nhau. Dựa trên bộ kết nối mômen được dùng, sơ đồ 1 hoặc 2 trục sẽ được sử dụng. Trong mỗi sơ đồ, hộp số có thể được đặt tại các vị trí khác nhau dẫn đến đặc tính kéo khác nhau.

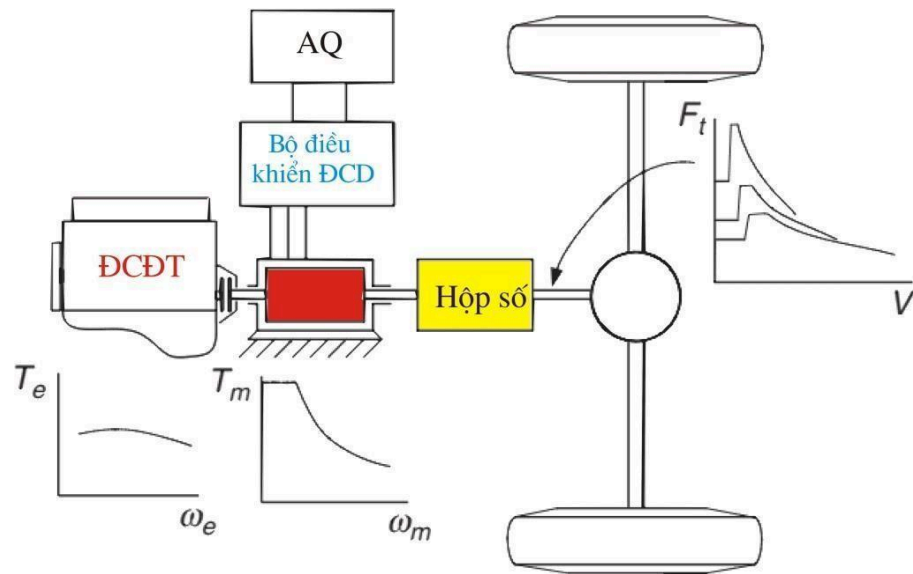


Hình 2.5. Sơ đồ hai trục với hộp số đặt trước

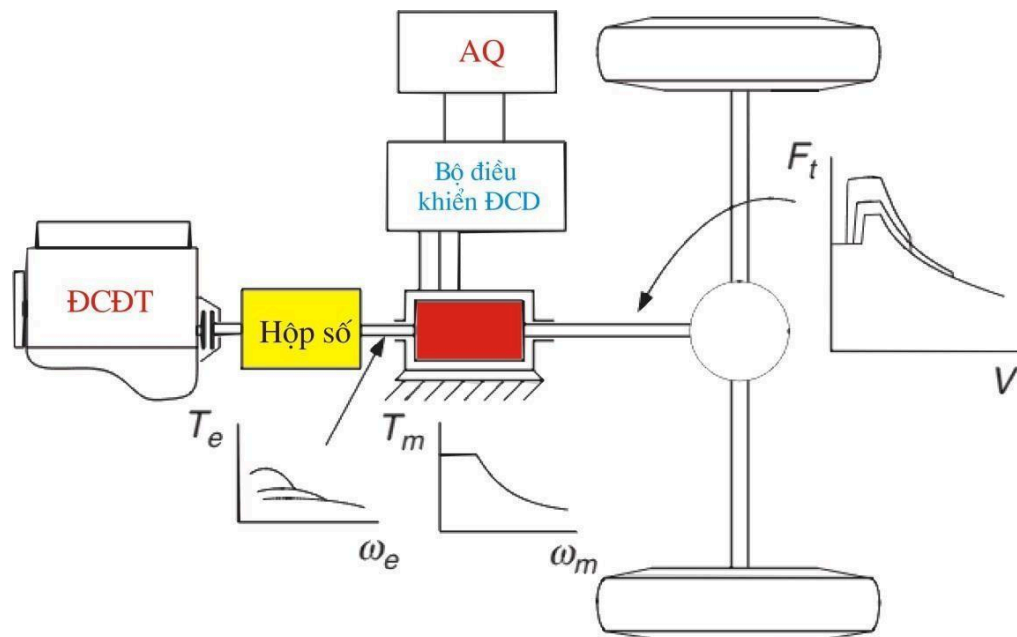


Hình 2.6. Sơ đồ hai trục với bộ kết nối mô men đặt trước hộp số

Trên đây là sơ đồ 2 trục của hệ thống truyền lực hybrid, trong đó bộ kết nối được sử dụng là kiểu hộp giảm tốc với 2 cặp bánh răng ăn khớp ngoài. Hộp số được đặt giữa bộ kết nối mômen và bánh xe chủ động. Hộp số tăng cường mômen của cả động cơ và mô tơ điện với cùng tỷ lệ. Sơ đồ này sẽ thích hợp khi động cơ và mô tơ điện tương đối nhỏ được sử dụng.



Hình 2.7 Sơ đồ 1 trực với hộp số đặt sau động cơ



Hình 2.8. Sơ đồ hệ thống truyền lực song song với động cơ điện đặt sau hộp số

Trên hình 2.7 và 2.8 là cấu trúc đơn giản và gọn nhẹ nhất của bộ kết nối mômen của ô tô hybrid kiểu song song, sơ đồ 1 trục, roto của mô tơ điện có chức năng như 1 bộ kết nối mômen (với $k_1=1$ và $k_2=1$). Mô tơ điện có thể đặt giữa động cơ và hộp số hoặc ở giữa hộp số và truyền lực cuối. Trong hình

trên mômen của cả động cơ và mô tơ điện được biến đổi bởi hộp số. Tuy nhiên, động cơ và mô tơ điện được yêu cầu có dải tốc độ như nhau. Sơ đồ này được dùng với loại mô tơ nhỏ, được gọi là hệ thống truyền lực hybrid nhẹ, trong đó chức năng của động cơ điện như 1 máy khởi động, 1 máy phát điện, 1 động cơ phụ và cho phanh tái sinh.

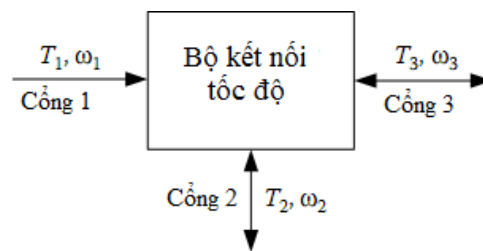
• **Ưu điểm của sơ đồ:**

- Kết cấu nhỏ gọn, đơn giản;
- Đặc tính kéo của xe gần giống với đặc tính tối ưu
- Hiệu suất cao do ít tổn hao qua bộ truyền.

• **Nhược điểm của sơ đồ:**

Hai nguồn động lực cần có dải tốc độ như nhau do ở chế độ hybrid tốc độ trục ra phải tỉ lệ với cả tốc độ của động cơ đốt trong và động cơ điện.

b. Hệ thống truyền lực hybrid dùng bộ kết nối tốc độ



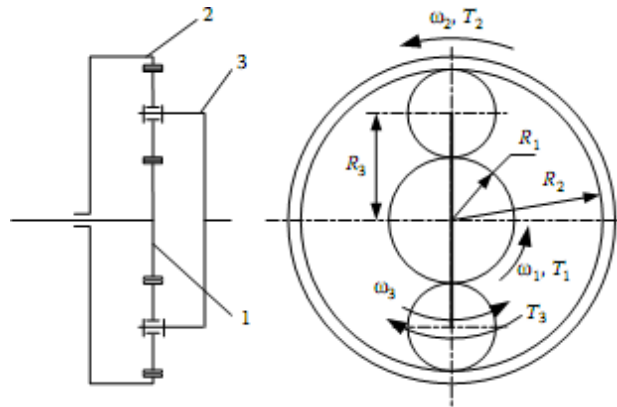
Hình 2.9. Sơ đồ bộ kết nối tốc độ

Năng lượng được cung cấp bởi 1 nguồn năng lượng có được kết nối cùng nhau bằng cách cộng tốc độ của chúng. Tương tự bộ kết nối mômen, bộ kết nối tốc độ có sơ đồ hình 2.9 cũng gồm 3 cổng – 2 bậc tự do. Cổng 1 kết nối với động cơ đốt trong với dòng năng lượng đơn hướng. Cổng 2 và 3 có thể kết nối với mô tơ điện hoặc truyền lực cuối, cả 2 đều với dòng năng lượng 2 chiều.

Bộ kết nối tốc độ cơ khí có thuộc tính:

$$\omega_3 = \omega_1 k_1 + \omega_2 k_2 \quad (2.3)$$

với k_1 và k_2 là hằng số kết hợp với cấu trúc và hình học được thiết kế.



Hình 2.10. Hệ bánh răng hành tinh Willson

Đối với các tốc độ ω_1 , ω_2 và ω_3 ở các khâu, có hai giá trị độc lập với nhau và có thể điều khiển độc lập. Do sự ràng buộc của bảo toàn năng lượng, mômen xoắn được liên kết cùng nhau bởi :

$$T_3 = T_1/k_1 = T_2/k_2 \quad (2.4)$$

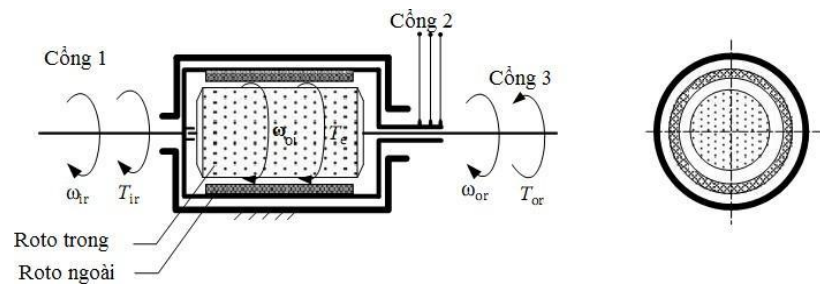
Một thiết bị kết nối tốc độ điển hình là hệ bánh răng hành tinh như trình bày trên hình 2.10.

Hệ bánh răng hành tinh gồm 3 cổng đơn vị: bánh răng mặt trời, bánh răng bao và cần dẫn được đánh số 1, 2, 3 tương ứng trên hình.

Với $i_g = R_2/R_1 = Z_2/Z_1$ ta có mối quan hệ tốc độ và mômen như sau :

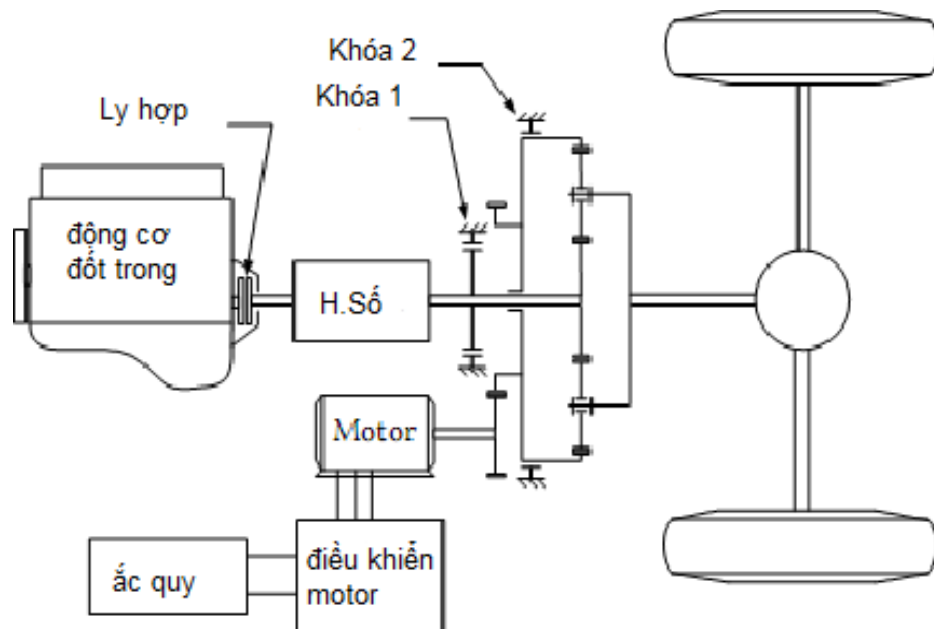
Đơn vị cố định	Tốc độ	Mômen
Bánh răng mặt trời	$\omega_3 = \frac{i_g}{1 + i_g} \omega_2$	$T_3 = -\frac{1 + i_g}{i_g} T_2$
Bánh răng bao	$\omega_3 = \frac{1}{1 + i_g} \omega_1$	$T_3 = -(1 + i_g) T_1$
Cần dẫn	$\omega_1 = -i_g \omega_2$	$T_1 = \frac{1}{i_g} T_2$

Thiết bị khác được sử dụng như một bộ kết nối tốc độ là mô tơ điện với stato không cố định (được gọi là transmoto). Có thể coi mô tơ gồm có stato cố định với khung như 1 mô tơ truyền thống, và có 2 roto – roto trong và roto ngoài. Roto ngoài, roto trong và khoảng không khí là 3 cổng như hình 2.11



Hình 2.11. Động cơ điện có stato không cố định

Năng lượng điện được biến đổi thành năng lượng cơ trong khoảng không khí.



Hình 2.12. Hệ thống truyền lực hybrid sử dụng bộ kết nối tốc độ kiểu hệ bánh răng hành tinh

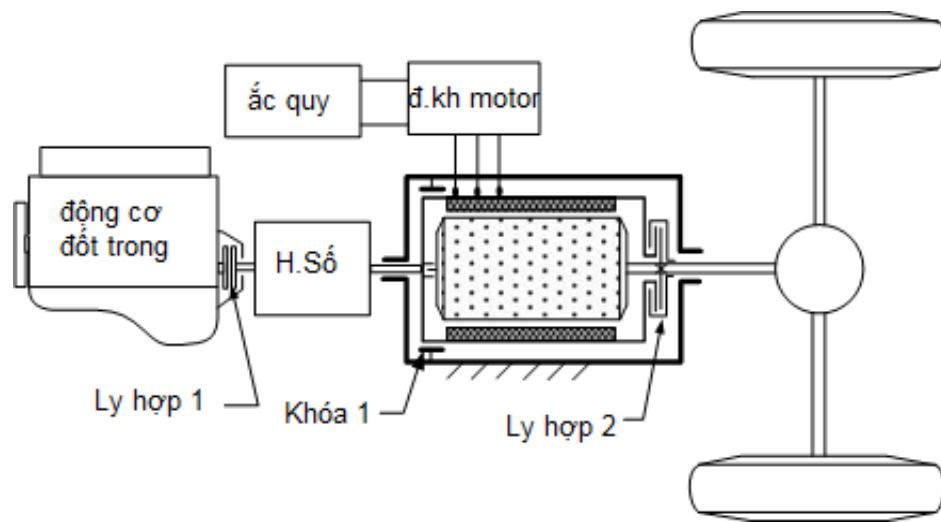
Tốc độ của mô tơ, trong điều kiện thông thường, là tốc độ tương đối của roto trong với roto ngoài. Quan hệ tốc độ có thể được biểu diễn : $\omega_{or} = \omega_{ir} + \omega_{oi}$, và quan hệ mômen :

$$T_{or} = T_{ir} = T_e .$$

Tương tự thiết bị kết nối mômen, bộ kết nối tốc độ có thể sử dụng để cấu thành hệ thống truyền lực hybrid. Với 2 loại thiết bị kết nối tốc độ dùng

hệ bánh răng hành tinh hay transmotor, ta cũng có 2 sơ đồ khác nhau trình bày trên hình 2.12 và 2.13

Như đã phân tích về bộ kết nối tốc độ kiểu hệ bánh răng hành tinh ở trên, để thay đổi chế độ hoạt động của xe ta bố trí thêm cơ cấu khóa 1 và 2. Khi khóa 1 hoạt động, năng lượng truyền từ động cơ đốt trong sẽ bị ngắt, còn khi khóa 2 hoạt động bánh răng bao của hệ hành tinh đứng yên tức là năng lượng truyền từ động cơ điện bị ngắt. Khi cả hai khóa mở, xe hoạt động chế độ hybrid – cả hai động cơ cùng truyền năng lượng tới bánh xe chủ động.



Hình 2.13 Hệ thống truyền lực hybrid sử dụng bộ kết nối tốc độ kiểu transmoto

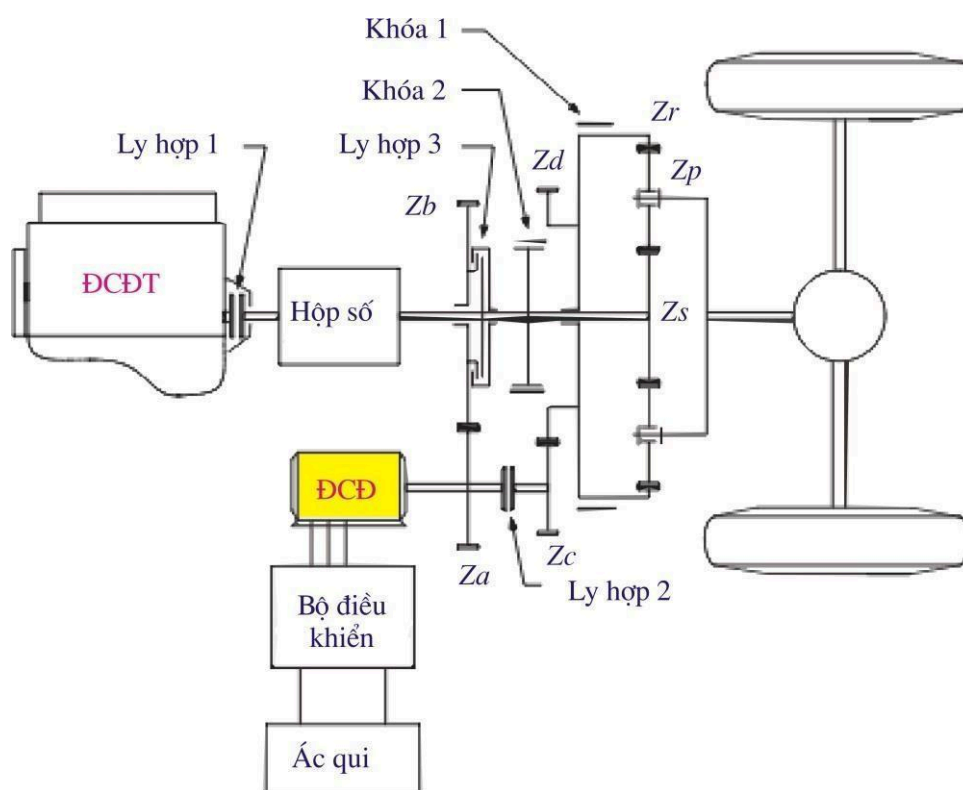
Cũng hoàn toàn tương tự với sơ đồ hình 2.12, trên hình 2.13 khóa 1 và ly hợp 2 được sử dụng để khóa roto ngoài với khung và roto ngoài với roto trong, tương ứng. Trạng thái của hai ly hợp và khóa quyết định đến chế độ hoạt động của xe.

Ưu điểm của sơ đồ: đảm bảo tính linh hoạt về phương diện tốc độ của hai động cơ, tránh được hiện tượng cưỡng bức tốc độ của 1 trong 2 nguồn khi tốc độ làm việc khác nhau.

Nhược điểm của sơ đồ: kết cấu hệ bánh răng hành tinh công kênh, còn transmotor phức tạp yêu cầu chế tạo chính xác cao.

2.1.3 Đối với hệ thống truyền lực kiểu hỗn hợp

Bằng việc sử dụng tổ hợp các kết nối kiểu mômen và tốc độ, có thể thiết lập hệ thống truyền lực hybrid mà trong đó trạng thái kết nối mômen và kết nối tốc độ có thể được lựa chọn xen kẽ như trình bày trên hình 2.14.



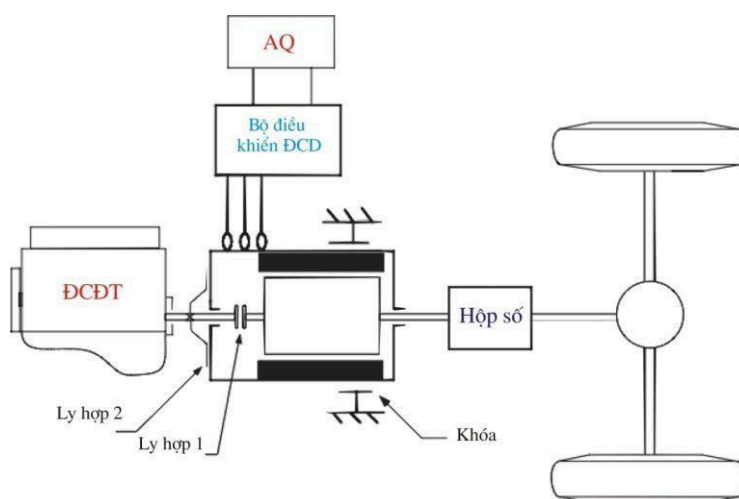
Hình 2.15. Sơ đồ hệ thống truyền lực hybrid xen kẽ mômen và tốc độ với hệ bánh răng hành tinh

Khi chế độ kết nối mômen được chọn, khóa 2 khóa bánh răng bao của hệ hành tinh với khung xe trong khi ly hợp 1 và 3 đóng còn ly hợp 2 mở. Công suất của động cơ và mô tơ điện được cộng cùng nhau bằng cách cộng mômen của chúng thông qua bánh răng Z_a, Z_b và ly hợp 3 tới trục bánh răng mặt trời. Trong trường hợp này, hệ bánh răng hành tinh chỉ có nhiệm vụ như 1 bộ giảm tốc. Tỷ số truyền từ bánh răng mặt trời tới cần dẫn : $\omega_1/\omega_3 = 1+i_g$.

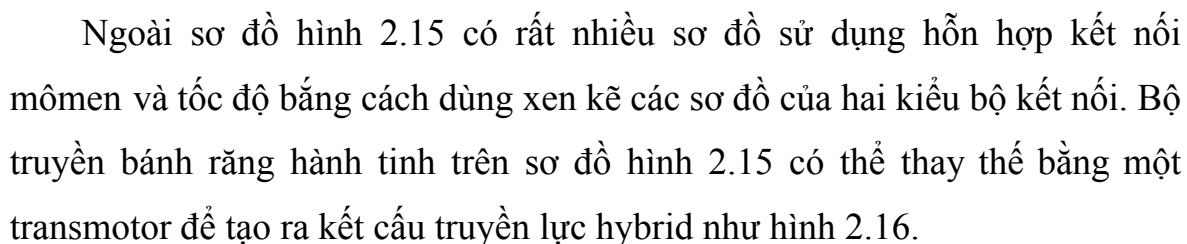
Khi chế độ kết nối tốc độ được chọn là chế độ hoạt động hiện hành, ly hợp 1 và 2 đóng trong khi ly hợp 3 mở, và khóa 1 và 2 giải phóng bánh răng mặt trời và bánh răng bao. Tốc độ của cần dẫn, kết nối tới bánh xe chủ động, là sự kết hợp của tốc độ động cơ và mô tơ. Nhưng mômen của động cơ, của mô tơ điện và trên bánh xe chủ động giữ quan hệ cố định với nhau.

$$T_3 = -(1 + i_g)T_1 = -\frac{1 + i_g}{i_g}T_2$$

Với tùy chọn giữa kết nối mô men và kết nối tốc độ, cho phép xác định phương pháp và khu vực làm việc của các nguồn động lực để tối ưu hóa công suất của chúng. Ví dụ, khi tốc độ ô tô nhỏ hơn tốc độ xác định V_b , mà dưới tốc độ này động cơ không thể làm việc ổn định với chế độ kết nối mô men, kết nối tốc độ. Trong trường hợp này, động cơ điện làm việc như một máy phát và chuyển phần công suất của động cơ thành công suất điện và lưu trữ trong ác qui. Khi tốc độ động cơ cao hơn tốc độ V_b và nhỏ hơn tốc độ V_u chế độ cộng mô men có thể được sử dụng cho mục đích leo dốc hay tăng tốc. Tuy nhiên, khi tốc độ ô tô cao hơn tốc độ V_u , chế độ cộng tốc độ có thể được sử dụng để ngăn tốc độ cao làm tăng tiêu hao nhiên liệu. Trong trường hợp này, động cơ điện làm việc và truyền công suất đến hệ thống truyền lực.

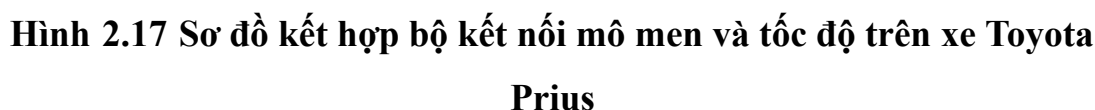


Hình 2.16 Sơ đồ hệ thống truyền lực hybrid sử dụng xen kẽ bộ kết nối mô men và tốc độ với một transmotor



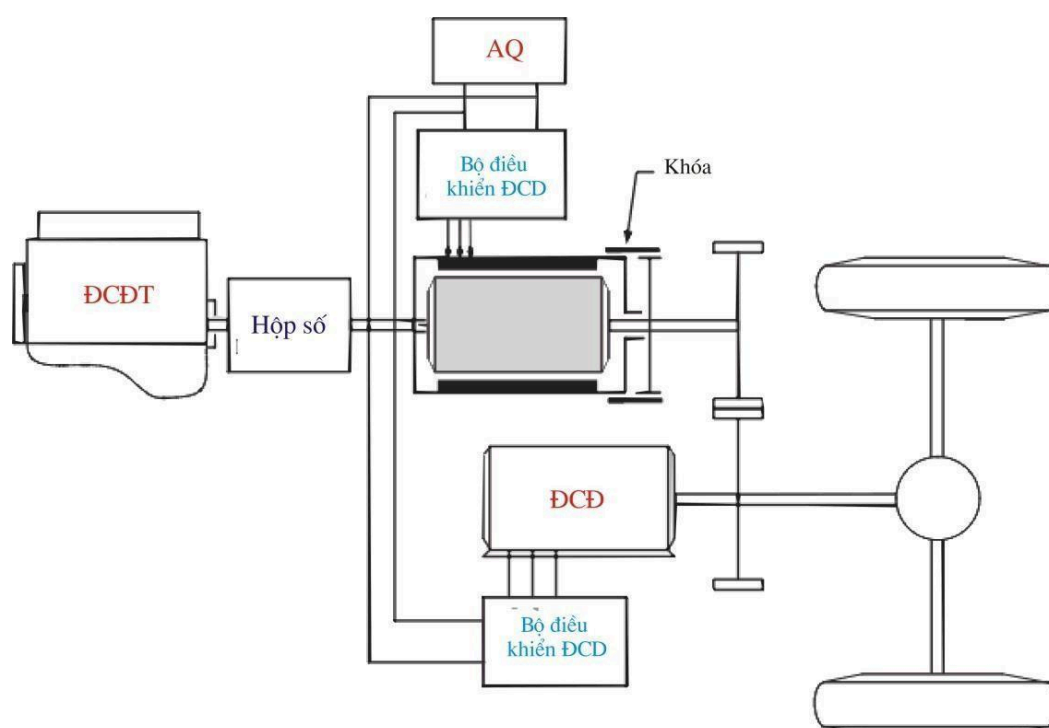
Khi ly hợp 1 đóng để nối trục động cơ với với transmotor, ly hợp 2 được mở và trục động cơ từ rotor của transmotor và khóa được kích hoạt để stato của transmotor được nối với khung xe. Hệ thống truyền lực làm việc ở chế độ cộng mô men. Mặt khác, khi ly hợp 1 được ngắt và ly hợp 2 được nối, khóa được nhả ra, hệ thống truyền lực làm việc ở chế độ cộng tốc độ.

Trường hợp sử dụng cả bộ kết nối mô men và tốc độ được ứng dụng trên ô tô Toyota Prius. Sơ đồ hệ thống truyền lực này được minh họa trên hình.



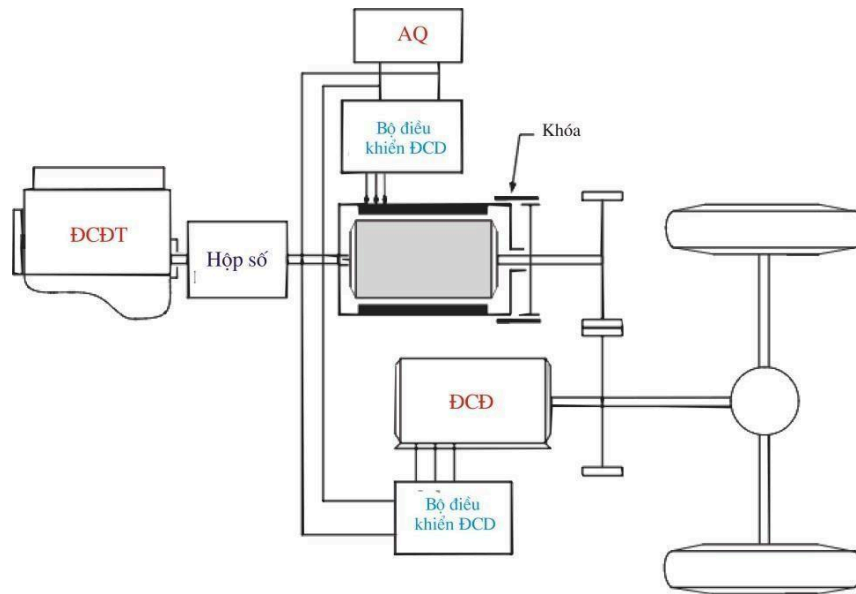
Một động cơ nhỏ hoặc máy phát (một vài KW) được kết nối thông qua một bộ truyền hành tinh (kết nối tốc độ). Bộ truyền hành tinh chia tốc độ động cơ đốt trong thành hai tốc độ theo công thức 2.3, một đường đưa tới động cơ

thông qua bánh răng mặt trười và đường còn lại đưa tới bánh xe bị động thông qua bánh răng bao và một trục cố định (cộng mô men). Một động cơ kéo lớn (vài chục KW) cũng được kết nối tới bộ truyền bánh răng tới bộ cộng mô men của truyền động song song. Ở tốc độ thấp, động cơ nhỏ làm việc với tốc độ dương và tiếp nhận công suất từ động cơ đốt trong. Bởi vì tốc độ ô tô tăng và tốc độ động cơ đượ cố định với một giá trị cho trước, tốc độ động cơ điện giảm tới 0. Đây được gọi là đồng tốc. Ở tốc độ này khóa sẽ thực hiện khóa rotor và stato với nhau. Sau đó hệ thống truyền lực là song song. Khi tốc độ ô tô lớn, để tránh tốc độ quá cao, dẫn tới tiêu thụ nhiều nhiên liệu, động cơ điện nhỏ có thể làm việc với tốc độ âm và truyền công suất tới hệ thống truyền lực. Việc tiết kiệm nhiên liệu có thể thực hiện khi bộ truyền hành tinh và động cơ nhỏ được sử dụng để điều chỉnh tốc độ để làm việc ở dải tốc độ tối ưu.



Hình 2.18. Sơ đồ kết hợp bộ kết nối mô men sử dụng transmotor

Động cơ nhỏ và bộ truyền hành tinh có thể thay thế bằng một transmotor độc lập như hình 2.19. Hệ thống truyền lực này có đặc tính tương tự với sơ đồ như trên hình.



Hình 2.19. Sơ đồ hệ thống truyền lực sử dụng các bộ kết nối với 1 transmotor

2.2. Chiến lược điều khiển xe hybrid kiểu hỗn hợp

2.2.1. Chế độ vận hành của xe hybrid kiểu hỗn hợp:

Chế độ vận hành của động cơ điện và động cơ đốt trong trong sơ đồ truyền lực hybrid kiểu hỗn hợp phụ thuộc vào trạng thái nạp của ắc quy và công suất cần thiết để xe di chuyển. Khi ô tô giảm tốc hoặc phanh công suất này có giá trị âm, phần công suất này thường được sử dụng cho việc phanh tái sinh [7,8,14,15]. Xe hybrid được điều khiển theo các chế độ vận hành sau:

- Chế độ động cơ điện: Nếu trạng thái nạp của ắc quy lớn hơn mức tối thiểu (SOCmin) và công suất yêu cầu nhỏ hơn công suất do ắc quy có thể cung cấp thì ô tô làm việc ở chế độ động cơ điện.
- Chế độ kết hợp: Nếu công suất của một trong hai động cơ không đủ để xe chuyển động hoặc nếu trạng thái nạp của acqui trên mức tối thiểu và việc sử dụng động cơ đốt trong không ở khu vực có hiệu suất cao nhất thì động cơ đốt trong và động cơ điện cùng cung cấp công suất yêu cầu nhưng đảm bảo rằng động cơ đốt trong làm việc ở khu vực gần khu vực có hiệu suất cao nhất và động cơ điện cung cấp phần công suất còn lại.



- Chế độ động cơ đốt trong: Nếu mức nạp của ác qui thấp hơn mức tối thiểu (SOCmin) thì động cơ đốt trong cung cấp thêm phần công suất để nạp cho ác qui và công suất cho xe, động cơ điện trở thành máy phát và cung cấp mô men nạp lại điện cho ác qui, mô men của máy phát được điều khiển sao cho đưa động cơ đốt trong làm việc ở khu vực tối ưu.
- Phanh tái sinh: Khi ô tô giảm tốc, công suất yêu cầu âm và trạng thái nạp của ác qui chưa đạt mức cực đại và công suất yêu cầu này nhỏ hơn công suất cực đại của máy phát thì công suất này sẽ được lưu trữ trong ác qui bằng cách phanh tái sinh.
- Phanh kết hợp: Nếu công suất yêu cầu âm khi giảm tốc hoặc phanh, trạng thái nạp của ác qui chưa đạt mức lớn nhất và công suất yêu cầu để giảm tốc lớn hơn so với công suất cực đại của máy phát thì một phần công suất được lưu trữ lại bằng cách phanh tái sinh và một phần công suất sẽ tổn thất do phanh cơ khí.
- Phanh cơ khí: Nếu công suất yêu cầu âm, trạng thái nạp của ác qui đã đạt cực đại thì chỉ sử dụng hệ thống phanh cơ khí

2.2.2. Kiểm soát ác qui

Cơ sở để kiểm soát ác qui đó là, dung lượng ắc quy phải lớn hơn mức tối thiểu để phục vụ cho các công việc khác khi không tham gia vào hệ thống truyền lực. Với các mục đích:

- Duy trì hệ thống điều khiển điện tử.
- Khởi động động cơ.
- Nuôi các hệ thống khác: đèn tín hiệu, khóa cửa, nâng hạ kính, trợ lực phanh, túi khí....
- Ắc quy cần phải nạp khi dung lượng của nó nhỏ hơn mức cho phép nào đó. Trong luận văn này, các ngưỡng giá trị kiểm soát việc nạp acqui như sau:
 - Ắc qui được nạp khi dung lượng nhỏ hơn 50%
 - Nếu dung lượng của ác qui ≥ 100 thì máy phát không làm việc



- Nếu dung lượng từ 50 đến 100 % thì trích 20% mô men của động cơ thực hiện việc nạp cho ác qui
- Dung lượng của ác qui > 90% chỉ nạp khi xuống dốc và khi phanh nhẹ.

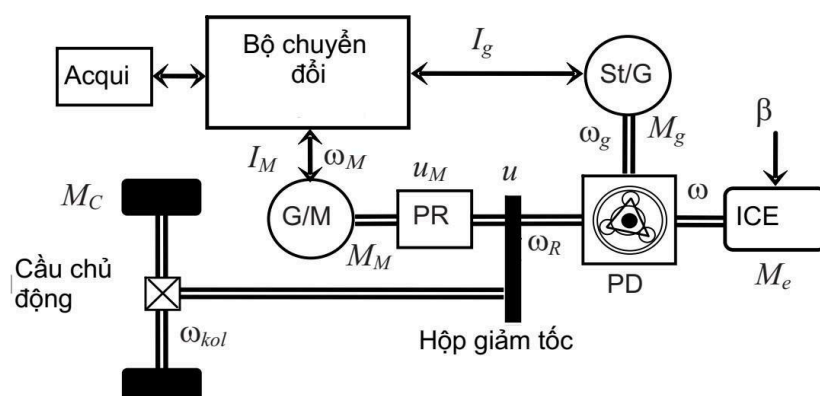
2.3. Phân tích lựa chọn phương pháp mô phỏng nghiên cứu sự kết hợp công suất trên xe hybrid kiểu hỗn hợp

Để đạt được mục tiêu lựa chọn tối ưu chế độ làm việc hệ thống truyền lực ô tô hybrid và tối ưu hóa việc phân chia công suất của các nguồn động lực và tái sinh năng lượng của ô tô hybrid với sơ đồ truyền lực kiểu hỗn hợp nối tiếp - song song, ta có thể sử dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm hoặc phương pháp mô phỏng lý thuyết. Trong hai phương pháp kể trên, phương pháp mô phỏng được sử dụng phổ biến vì nó cho phép nhận được kết quả nhanh chóng, giảm chi phí nghiên cứu do không phải tiến hành trên mô hình thực. Để tiến hành mô phỏng sự kết hợp công suất giữa các nguồn động lực trên xe hybrid, cũng giống như các hệ thống động lực khác ta có thể sử dụng một trong hai cách tiếp cận [8,10].

- Mô phỏng thông qua thiết lập hệ phương trình vi phân mô tả hoạt động của hệ và giải hệ bằng phần mềm hỗ trợ.
- Mô phỏng bằng cách sử dụng các phần mềm chuyên dụng.

2.3.1. Phương pháp mô phỏng thông qua thiết lập mô hình toán học mô phỏng hoạt động của hệ thống truyền lực ô tô hybrid với cấu hình hỗn hợp

Trên hình 2.20 trình bày sơ đồ mô tả hệ thống truyền lực của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp nối tiếp song song.



Hình 2.20 - Sơ đồ hệ thống truyền lực kiểu hỗn hợp nối tiếp - song song

Sơ đồ hệ thống truyền lực kiểu song song nối tiếp được sử dụng rộng rãi trên xe hybrid, sơ đồ này thường sử dụng bộ kết hợp phân chia công suất kiểu cơ cấu hành tinh để phân chia dòng công suất động cơ đốt trong ra hai thành phần, thành phần thứ nhất để trực tiếp dẫn động cầu chủ động, thành phần thứ hai dẫn động cho máy phát St/G.

Trục khuỷu động cơ nối với giá của cơ cấu hành tinh phân chia công suất. Bánh răng mặt trời nối với rô to máy phát St/G. Vành răng nối với bánh xe chủ động thông qua hộp giảm tốc với tỉ số truyền u và nối với rô to động cơ kéo G/M thông qua bộ giảm tốc PR với tỉ số truyền u_m . Hộp giảm tốc hành tinh PR đảm bảo giảm tốc độ quay và tăng mô men xoắn của động cơ điện để tối ưu đặc tính của động cơ điện với chế độ tốc độ chuyển động của ô tô. Ở một vài kết cấu ô tô Hybrid sử dụng sự thay đổi tỉ số truyền của hộp giảm tốc PR vào chế độ chuyển động. Trên hộp số L110 của ô tô Lexus GS450h sử dụng hai hộp giảm tốc hành tinh cùng với bộ điều khiển thủy lực. Một số ô tô không sử dụng hộp giảm tốc PR.

Khi xây dựng mô hình toán học mô tả động lực học của hệ thống ở các chế độ khác nhau ta bỏ qua thuộc tính đàn hồi của hệ thống truyền lực và sự trượt quay của bánh xe chủ động. Tác động vào hệ thống truyền lực - ô tô - đường được kể đến thông qua sự thay đổi của lực cản chuyển động.



Phụ thuộc vào điều kiện chuyển động bánh xe chủ động có thể được dẫn động từ động cơ điện, nhận năng lượng từ bộ acqui và máy phát (St/G), từ động cơ đốt trong hoặc từ động cơ điện và động cơ đốt trong, với chế độ song song và mức công suất khác nhau. Việc phân phối công suất từ động cơ đốt trong trong hệ thống truyền lực kiểu này được thực hiện trực tiếp bởi cơ cấu hành tinh. Quan hệ tốc độ quay của các khâu như vậy được mô tả bằng công thức Willis:

$$\begin{aligned} Z_R \omega - \omega_g &= 0 \\ Z_S \omega_R - \omega &= 0 \end{aligned} \quad (2.5)$$

Z_R - số răng của bánh răng bao; Z_s - số răng của bánh răng mặt trời; ω_G - tốc độ quay của máy phát (bánh răng mặt trời); ω - tốc độ của trục khuỷu động cơ (tốc độ của giá hành tinh); ω_R - tốc độ quay của bánh răng bao.

Tốc độ quay của rôtor động cơ kéo ω_M liên hệ với tốc độ quay của bánh răng bao của cụm hành tinh PD được biểu diễn như sau:

$$\omega_M = u_M \omega_R \quad (2.6)$$

Khi trong sơ đồ hệ thống truyền lực hybrid không có hộp giảm tốc PR thì:

$$u_M = 1; \omega_M = \omega_R \quad (2.7)$$

Mô men trên các khâu hệ bánh răng hành tinh có liên hệ như sau:

$$M = 0,5M \quad Z_s + 2Z_c \quad (2.8)$$

$$M_g = 0,5M \quad \begin{matrix} R \\ e \\ S \end{matrix} + \begin{matrix} Z_s \\ Z_c \end{matrix} \quad (2.9)$$

Trong đó



M_R - thành phần của mô men động cơ đốt trong truyền tới bánh răng bao của cơ cấu hành tinh PD;

$M_g = M_g(\omega_g, I_g)$ - mô men cản của máy phát (tác dụng lên bánh răng mặt trời)

I_g - cường độ dòng điện của máy phát;

Z_c - số lượng của bánh răng nối với cần dẫn



Cụm động cơ/máy phát G/M là một máy điện có thể làm việc ở hai chế độ, làm việc ở chế độ máy phát khi xe thực hiện quá trình phanh, nó có thể tạo ra mô men phanh cần thiết, đồng thời đảm bảo việc tái sinh năng lượng phanh. Đặc điểm của sơ đồ xem xét là không có ly hợp. Chuyển động khi ngắt ly hợp tương ứng với chế độ mô men cản của máy phát St/G bằng 0, khi đó tương ứng với việc cấu hành tinh không truyền công suất từ động cơ đến dẫn động bánh xe chủ động cũng như đến máy phát.

Theo sơ đồ động học, tốc độ của rotor máy phát động cơ điện kéo ω_M liên hệ với tốc độ quay của bánh xe chủ động ω_K theo quan hệ sau

$$\omega_K = \omega_M \frac{1}{u_M u} \quad (2.10)$$

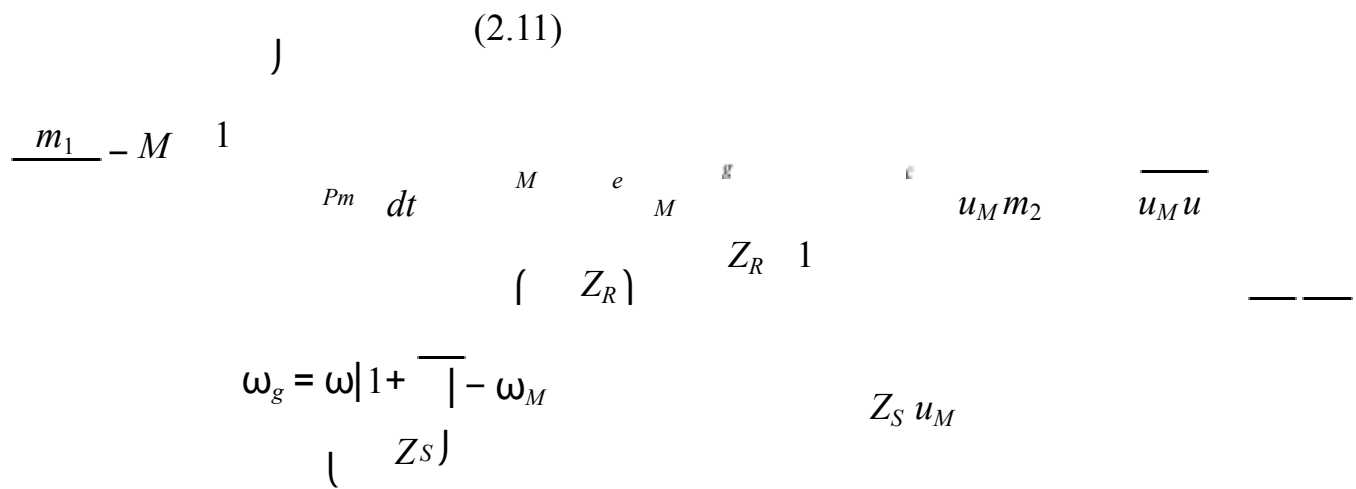
Khi không có sự trượt của bánh xe, tốc độ chuyển động của ô tô được xác định như sau:

$$V = \omega_K r_K$$

Hệ thống truyền lực hybrid với bộ kết hợp công suất kiểu hành tinh, trong trường hợp ô tô chuyển động thẳng khi vi sai không làm việc tạo thành một hệ hai bậc tự do. Sử dụng phương pháp D'alambert ta viết được phương trình cân bằng lực của hệ. Khi $M_g \neq 0$ phương trình này có dạng:

$$J_{Pe} \frac{d\omega}{dt} = M_e \left(\frac{1}{M_g m} + \frac{1}{m} \left(1 - \frac{M}{c u} \right) \left(\frac{1}{M} + \frac{u}{M} \right) \right)$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_2 + M_1 \left(\frac{M}{M} + M \frac{m_1}{M} - M \right)$$



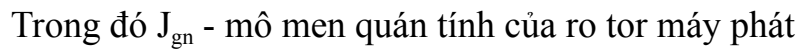
Trong đó J_{pe} - tổng mô men quán tính của các khối lượng quay của hệ thống qui dẫn về trục khuỷu; J_{pm} - tổng mô men quán tính của các khối lượng quay của hệ thống qui dẫn về trục rotor của động cơ kéo.

$$\overline{Z_s + Z_c} \quad (2.12)$$

Là các hệ số đặc trưng cho thuộc tính của bộ kết hợp công suất PD

Tổng mô men quán tính qui dẫn có thể xác định từ điều kiện cân bằng động năng qui dẫn của các khối lượng chuyển động quay và động năng của các khối lượng chuyển động, như sau:

$$J = J_0 + J_1 \left| -\frac{z}{2} \right| + J_{dv} \left| \frac{z}{2} \right| + k_{vm} m_A \left| -\frac{z}{2} \right|$$



Khi $M_g=0$ sẽ không có sự truyền công suất từ động cơ đến bánh xe chủ động cũng như đến máy phát. Trong trường hợp này phương trình cân bằng động lực học có dạng sau:

$$J_{Pe} \frac{d\underline{\omega}}{dt} = \underline{M} - 1 \quad (2.14)$$

$$d^{\omega}_M$$



$$J_{Pm1} = J_{em} + \sum_{vm} k_{vm} m_A \left| \underline{\underline{kol}} \right|$$

là tổng mô men quán tính của các khối

$$\left(\begin{matrix} u \\ M \\ u \end{matrix} \right)$$

lượng quay của hệ thống qui dẫn về trục của rotor động cơ kéo không kể đến khối lượng của máy phát và động cơ đốt trong.

Mô hình toán học mô tả hoạt động của hệ thống truyền lực ô tô hybrid đã xây dựng dựa trên việc điều khiển tốc độ của ô tô. Sử dụng mô hình toán học mô tả hệ thống truyền lực ô tô hybrid với sơ đồ nối tiếp song song như trên cho phép nghiên cứu tối ưu quá trình phân chia dòng công suất giữa các cơ cấu của hệ thống truyền lực ở các chế độ làm việc khác nhau làm cơ sở cho việc thiết kế hệ thống truyền lực ô tô hybrid.

Tuy nhiên, có thể thấy hệ phương trình đề cập trên mới chỉ là mô hình đơn giản chưa mô tả được quá trình quá độ chuyển đổi chế độ làm việc giữa các nguồn động lực trên xe. Để đảm bảo mô hình mô phỏng sát với mô hình thực thì hệ phương trình vi phân mô tả hoạt động của hệ thống sẽ rất phức tạp gây khó khăn cho việc mô phỏng, đây là một nhược điểm lớn của phương pháp này.

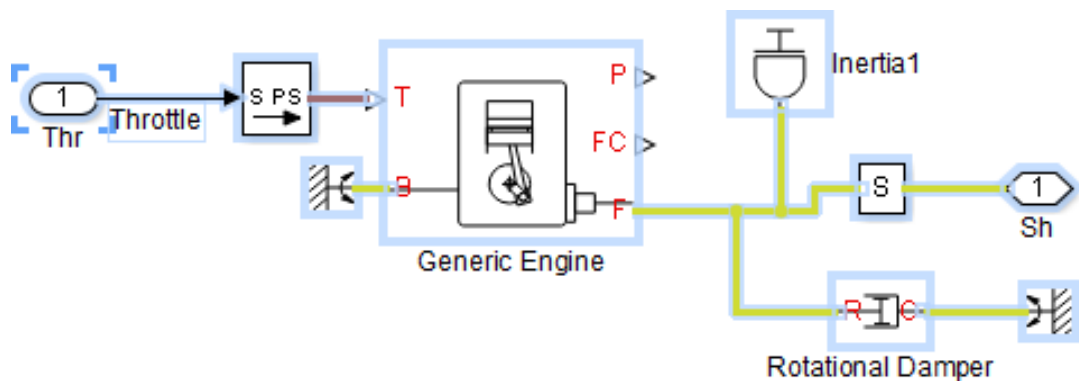
2.3.2. Mô phỏng bằng các phần mềm chuyên dùng

Để mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid có thể sử dụng nhiều phần mềm khác nhau như AVL-cruise, GT power, Advisor, Matlab... Việc mô phỏng với sự trợ giúp của các phần mềm cho phép lựa chọn được các thông số thiết kế ô tô hybrid phù hợp với yêu cầu đặt ra mà không cần đến mô hình thực. Mỗi phần mềm có thể mạnh và những hạn chế khác nhau.

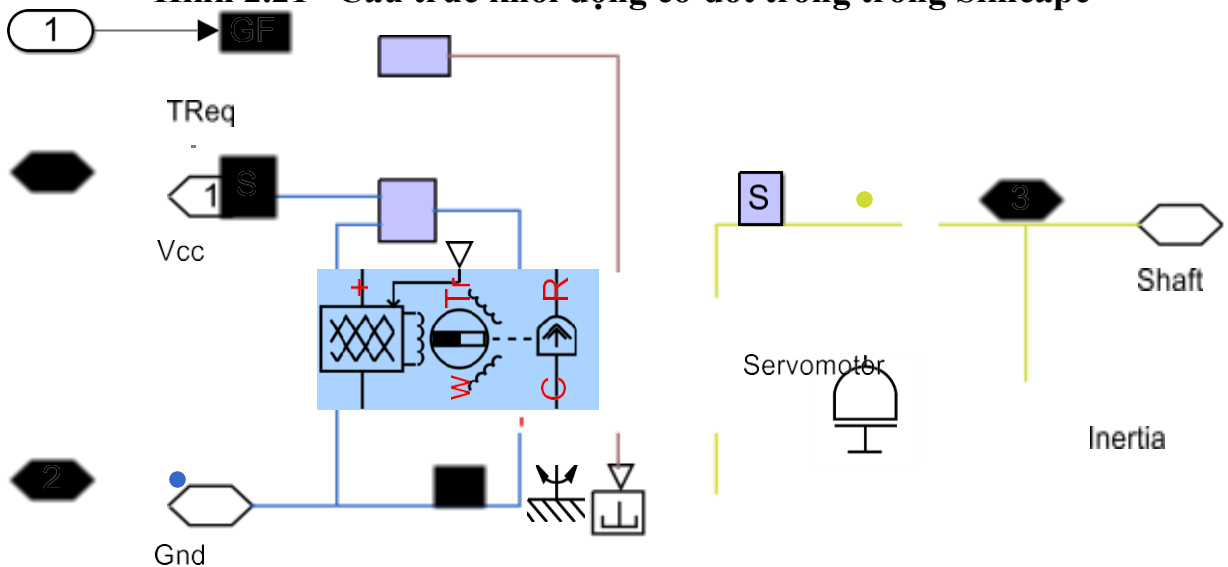
a. Phần mềm Matlab

Phần mềm Matlab là viết tắt của Matrix Laboratory là một phần mềm khoa học được thiết kế để cung cấp việc tính toán số và hiển thị đồ họa bằng ngôn ngữ lập trình cấp cao. MATLAB cung cấp các tính năng tương tác tuyệt vời cho phép người sử dụng thao tác dữ liệu linh hoạt dưới dạng mảng ma trận để tính toán và quan sát. Các dữ liệu vào của MATLAB có thể được nhập từ "Command line" hoặc từ "mfiles", trong đó tập lệnh được cho trước bởi MATLAB. MATLAB cung cấp cho người dùng các toolbox tiêu chuẩn tùy chọn. Người dùng cũng có thể tạo ra các hộp công cụ riêng của mình gồm các "mfiles" được viết cho các ứng dụng cụ thể.

Trong Matlab - Simulink đồng thời cũng cung cấp những mô hình mẫu dành cho mô phỏng các hệ thống thực trên ô tô như hệ thống truyền lực, động cơ, hệ thống thủy lực. Ngoài ra công cụ Simulink và Simscape cho phép người dùng xây dựng các mô hình mô phỏng nhờ sử dụng các mô hình phần tử được xây dựng sẵn như khối động cơ, thân xe, cầu xe... kết hợp với việc xây dựng các phần tử người dùng phù hợp với mục tiêu mô phỏng.



Hình 2.21– Cấu trúc khối động cơ đốt trong trong Simcape

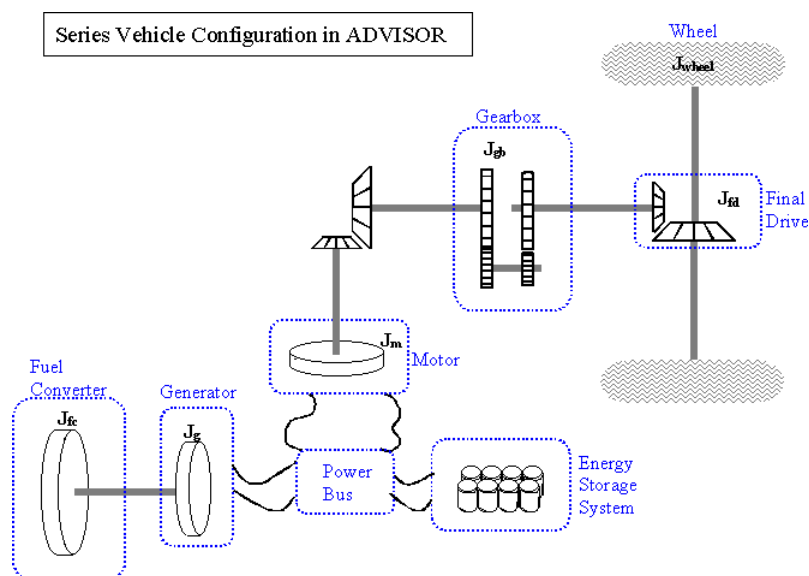


Hình 2.22 - Sơ đồ cấu trúc mô phỏng động cơ điện trong Simcape

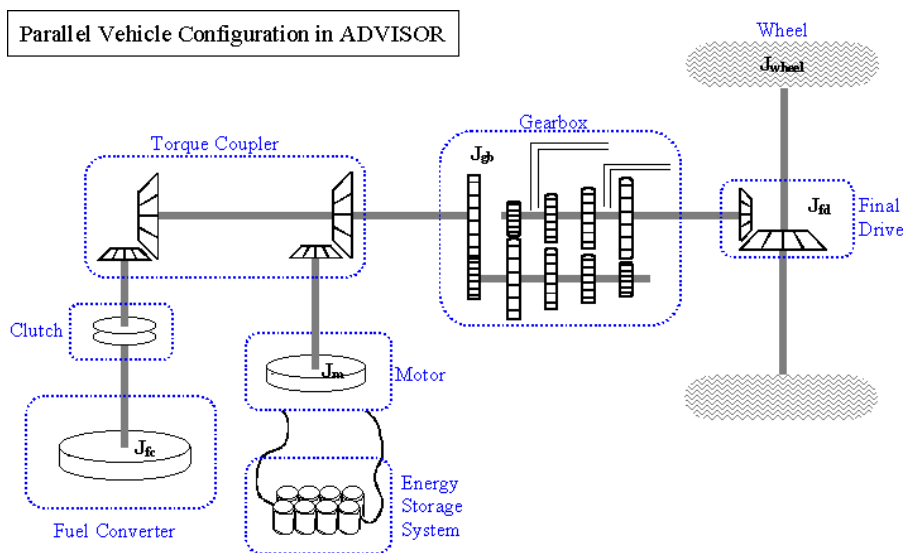
b. Phần mềm Advisor

Phần mềm Advisor thực chất cũng được xây dựng bằng các modul của Matlab dành riêng cho mô phỏng ô tô hybrid, tuy nhiên người dùng khó can

thiệt sâu vào phần mềm để cá nhân hóa các sơ đồ mô phỏng. Trên hình 2.23 -2.26 trình bày giao diện của phần mềm Advisor và sơ đồ khối dùng để mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu song song.

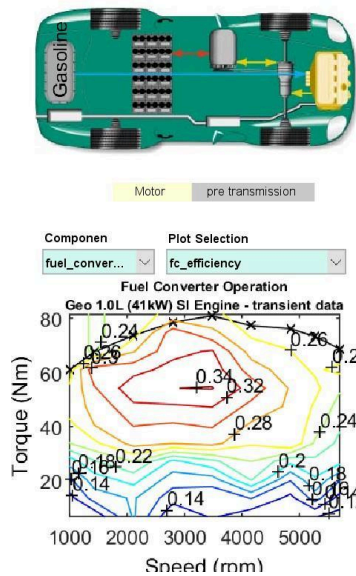


Hình 2.23 – Sơ đồ cấu hình hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp trong ADVISOR



Hình 2.24 – Sơ đồ cấu hình hệ thống truyền lực ô tô hybrid kiểu nối tiếp trong ADVISOR

Vehicle Input



Load File				PARALLEL_defaults_in		Auto-Size	
Drivetrain Co.				parallel		Scale	
	versi...	type		max pwr	peak eff	mass (kg)	
Vehicle	?	VEH_SMCAR				592	
Fuel Converter	ic	si	FC_SI41_emis	41	0.34	131	
Exhaust Aftertr...			EX_SI	#of	V nom	11	
Energy Storage	rint	pb	ESS_PB25	25	308	275	
Energy Storage 2			ess 2 options				
Motor			MC_AC75	75	0.92	91	
Motor 2			motor 2 options				
Starter			starter options				
Generator			gc options				
Transmission	man	man	TX_5SPD		1	114	
Transmission 2			trans 2 options				
Clutch/Torq. Co...			clutch/torque conv...				
Torque Coupling			TC_DUMMY		1		
Wheel/Axle	Crr	Crr	WH_SMCAR			0	
Accessory	C...	Co...	ACC_HYBRID				
Acc Electrical			acc elec options				
Powertrain Cont...	par	man	PTC_PAR				

Cargo: 136

Calculated: 1350

override: 1

View Block Diag... BD_PAR

Variable

Compon: fuel_converter Edit V...

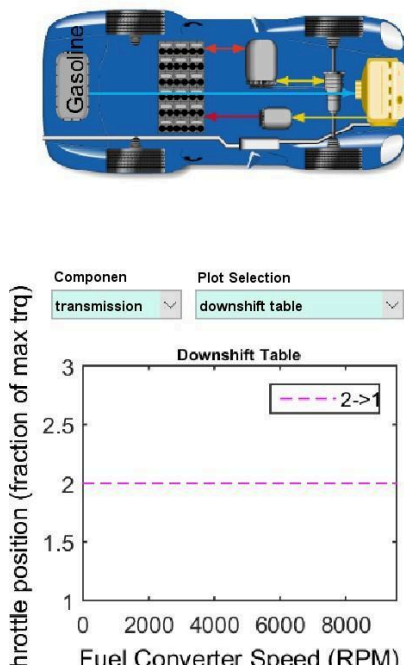
Variable: fc_acc_mass 32.8056

Save Help

Back Continue

Hình 2.25 – Giao diện phần mềm advisor với cấu hình hybrid song song

Vehicle Input



Load File				SERIES_defaults_in		Auto-Size	
Drivetrain Co.				series		Scale	
	versi...	type		max pwr	peak eff	mass (kg)	
Vehicle	?	VEH_SMCAR				592	
Fuel Converter	ic	si	FC_SI41_emis	41	0.34	131	
Exhaust Aftertr...			EX_SI	#of	V nom	11	
Energy Storage	rint	pb	ESS_PB25	25	308	275	
Energy Storage 2			ess 2 options				
Motor			MC_AC75	75	0.92	91	
Motor 2			motor 2 options				
Starter			starter options				
Generator	reg	reg	GC_ETA95	75	0.95	87	
Transmission	man	man	TX_1SPD		1	50	
Transmission 2			trans 2 options				
Clutch/Torq. Co...			clutch/torque conv...				
Torque Coupling			TC_DUMMY				
Wheel/Axle	Crr	Crr	WH_SMCAR			0	
Accessory	C...	Co...	ACC_HYBRID				
Acc Electrical			acc elec options				
Powertrain Cont...	ser	man	PTC_SER				

Cargo: 136

Calculated: 1373

override: 1

View Block Diag... BD_SER

Variable

Compon: fuel_converter Edit V...

Variable: fc_acc_mass 32.8056

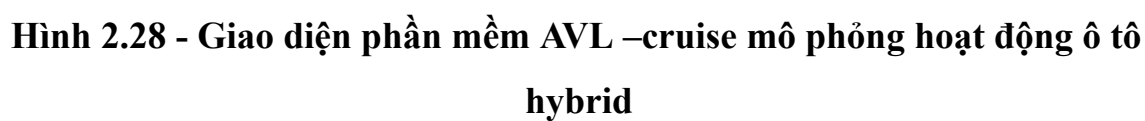
Save Help

Back Continue

Hình 2.26 – Giao diện phần mềm advisor với cấu hình hybrid song song



c. Phần mềm AVL - cruise





AVL-Cruise được AVL Advance Simulation Technologies ra mắt phiên bản đầu tiên vào năm 1997, là phần mềm mô phỏng được sử dụng để nghiên cứu các đặc điểm lái, mức tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải. Nhờ các mô đun cho trước người dùng có thể thiết lập bất kỳ các mô hình xe. AVL-Cruise được sử dụng chủ yếu cho việc tính toán và tối ưu: tiêu thụ nhiên liệu và khí thải, khả năng vận hành; tính toán tỉ số truyền, hiệu suất phanh, tải trọng tập trung khi tính toán ứng suất, rung động gây ra.

Các mô đun của Cruise cho phép có thể mô phỏng tất cả các mẫu xe hiện tại và tương lai. AVL-Cruise có thể kết hợp để nghiên cứu khả năng vận hành, mức tiêu thụ nhiên liệu và khí thải của xe trong các điều kiện khác nhau (ví dụ như FTP72, ECER15, HDC,...), tăng tốc, tốc độ tối đa, khả năng leo dốc.

Trong số các phần mềm kể trên, Advisor và AVL cruise là các phần mềm chuyên dùng rất thuận tiện cho việc sử dụng nghiên cứu về các nguồn động lực và phát thải do động cơ gây ra. Tuy nhiên, đây là các phần mềm yêu cầu chi phí bản quyền lớn và không cho phép người dùng tự xây dựng các khối chức năng bổ xung thêm vào mô hình.

Từ phân tích trên cho thấy mỗi một phương pháp mô phỏng và phần mềm mô phỏng có những ưu điểm và nhược điểm riêng. So với phần mềm Advisor và AVL phần mềm Matlab với các modul Simulink, Simscape, State flow phổ thông hơn. Ưu điểm của phần mềm này là có các mô hình mẫu dùng để mô phỏng và có thư viện phong phú xây dựng sẵn để mô tả vật bằng Simscape. Ngoài ra, nó cho phép người dùng xây dựng thêm các khối mô tả vật bổ xung bằng Similink dựa trên hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của hệ. Việc sử dụng các mô hình, khối chức năng có sẵn cùng với các khối chức năng người dùng giúp cho việc mô phỏng các hệ đơn giản, trực quan hơn và giảm được thời gian xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả

toàn hệ. Do vậy, trong luận văn này tác giả lựa chọn phần mềm Matlab với các modul State flow, Simulink, Simscape làm công cụ mô phỏng.

2.4. Kết luận chương 2

Qua nghiên cứu trong chương 2 có thể rút ra một số kết luận sau đây:

- Hiện nay, việc phối hợp các nguồn động lực trên xe hybrid có thể sử dụng theo một trong 3 phương án: phương án nối tiếp, phương án song song và phương án hỗn hợp nối tiếp - song song. Việc kết hợp này có thể thực hiện nhờ sử dụng các bộ kết nối tốc độ và kết nối mô men.

- Để nghiên cứu việc kết hợp công suất giữa các nguồn động lực trên xe hybrid có thể sử dụng hai phương pháp mô phỏng: 1) phương pháp mô phỏng thông qua xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả hệ, giải mô hình toán và phân tích kết quả; 2) phương pháp mô phỏng bằng các phần mềm chuyên dùng như Advisor, AVL-Cruise, GT-power, Matlab...

- Để đảm bảo chủ động linh hoạt trong việc nghiên cứu sự kết hợp công suất giữa các nguồn động lực trên xe hybrid kiểu hỗn hợp, trong luận văn này tác giả lựa chọn phần mềm Matlab với các modul State flow, Simulink, Simscape làm công cụ mô phỏng. Tác giả thừa kế mô hình mẫu trong Simulink Matlab đồng thời xây dựng thêm các khối chức năng dựa trên xây dựng mô hình toán học mô tả khối để xây dựng mô hình mô phỏng hoạt động của xe hybrid kiểu hỗn hợp. Việc xây dựng mô hình mô phỏng này được trình bày trong chương 3.



Chương 3

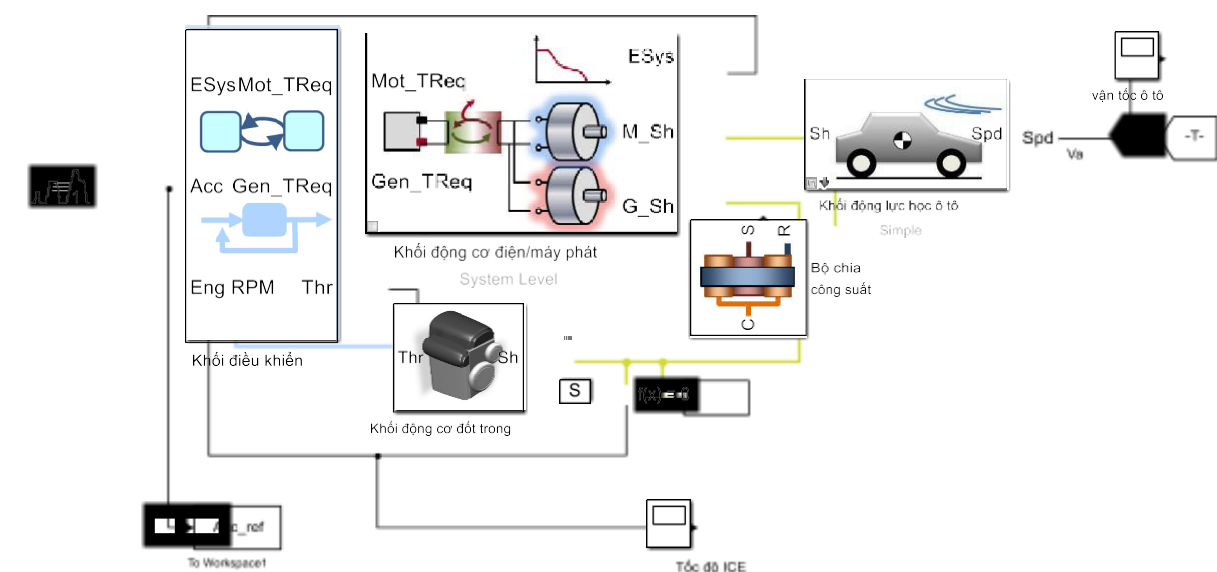
MÔ PHỎNG SỰ KẾT HỢP CÔNG SUẤT CỦA Ô TÔ HYBRID KIỂU HỖN HỢP BẰNG PHẦN MỀM MATLAB-SIMULINK

Nội dung của chương này trình bày phương pháp xây dựng mô hình mô phỏng nghiên cứu sự kết hợp công suất trên xe hybrid với cấu hình hỗn hợp bằng cách sử dụng kết hợp công cụ Simulink và Simscape. Đồng thời trình bày kết quả mô phỏng tính toán sự kết hợp công suất của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp theo 5 chu trình thử của ECE.

3.1. Xây dựng mô hình mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp

Để mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp, tác giả đã xây dựng sơ đồ mô phỏng hoạt động của xe hybrid dựa trên việc thừa kế các mô hình mẫu và bổ xung xây dựng thêm các khối chức năng nhờ sự hỗ trợ của công cụ Simscape, Simulink trong phần mềm Matlab. Mô hình gồm các khối hình 3.1:

1. Khối động cơ đốt trong
2. Khối động cơ điện/máy phát gồm: modul động cơ điện/máy phát, modul chuyển đổi DC và bộ ác qui;
3. Bộ cộng công suất
4. Khối điều khiển gồm các modul: modul logic để chọn chế độ; các modul điều khiển ĐCĐT; điều khiển ĐCĐ/Máy phát; Điều khiển nạp acqui;
5. Khối động lực học ô tô.

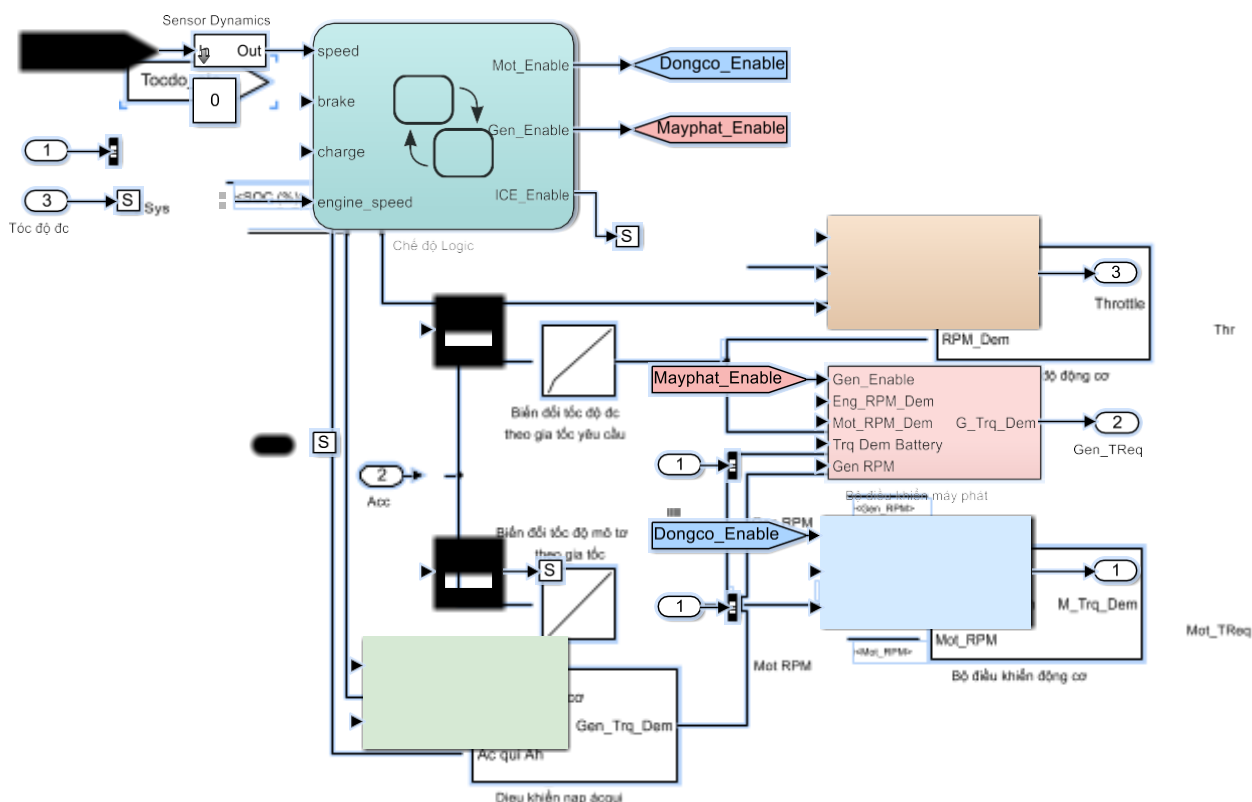


Đồ thị kết quả
Đồ thị kết quả
Tính kinh tế nhiên liệu

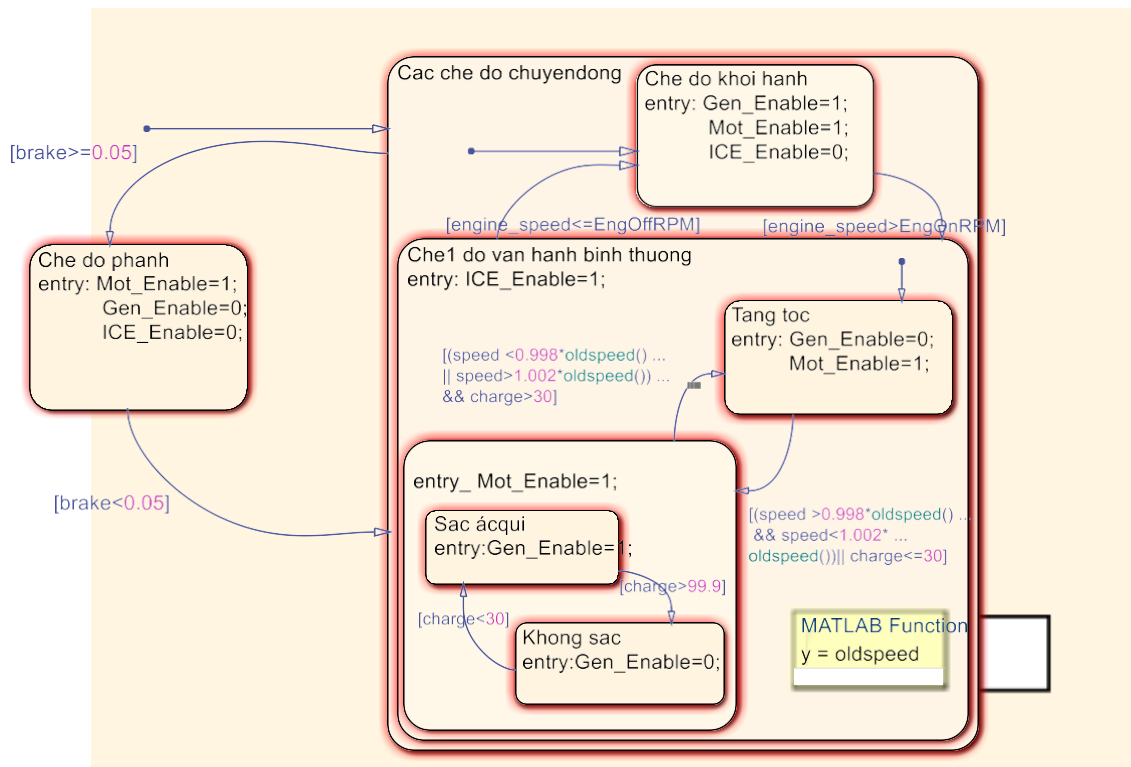
powergui

Hình 3.2– Sơ đồ Simulink mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp

Trên hình 3.2 trình bày sơ đồ mô phỏng xây dựng, trên hình 3.3 là sơ đồ cấu trúc khối điều khiển được xây dựng theo chiến lược điều khiển trình bày trong phần

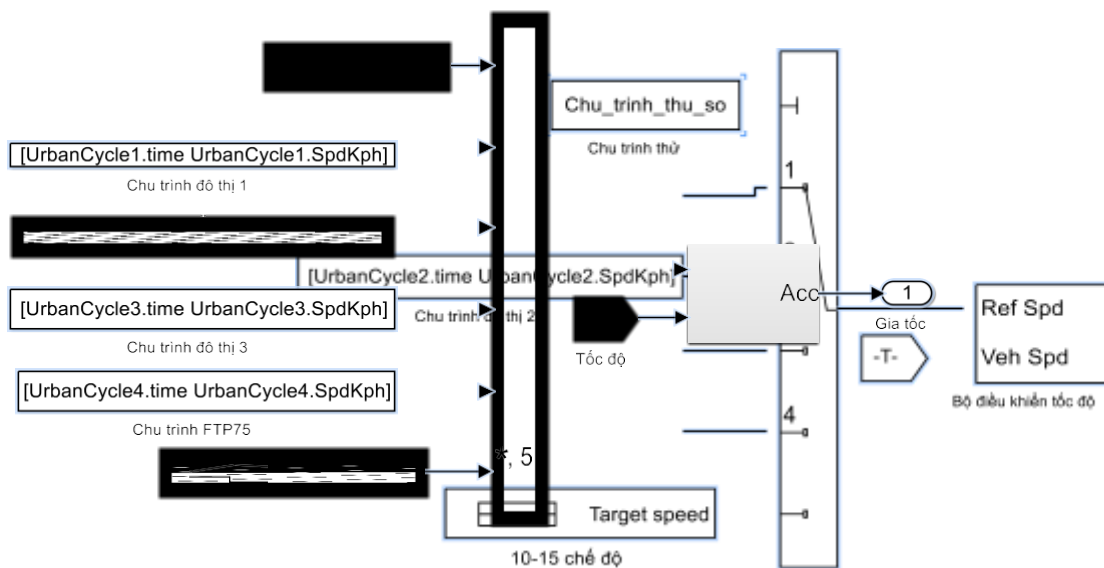


Hình 3.2– Sơ đồ cấu trúc khối điều khiển



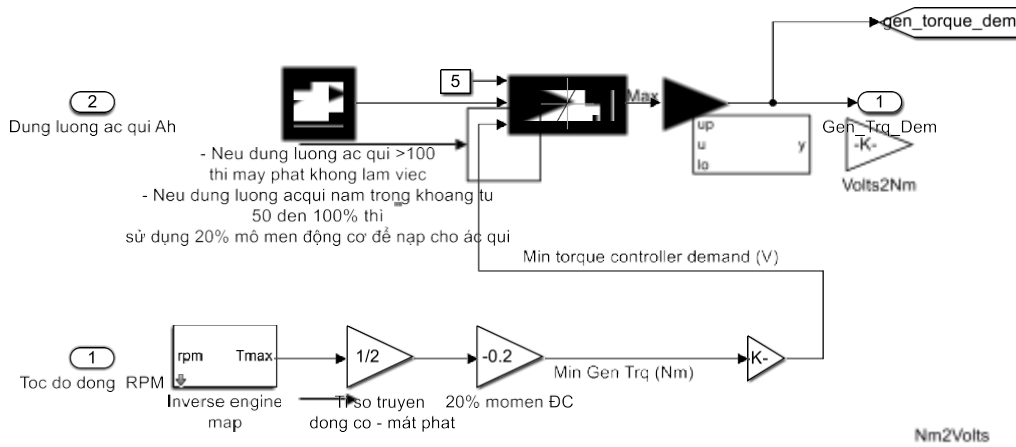
Hình 3.3– Sơ đồ logic chế độ làm việc của các động cơ

Để mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid, mô hình đã xây dựng cho phép nghiên cứu sự làm việc của ô tô hybrid theo chu 5 trình thử mẫu UN/ECE. Trên hình trình bày cấu trúc Simulink lựa chọn chu trình thử.



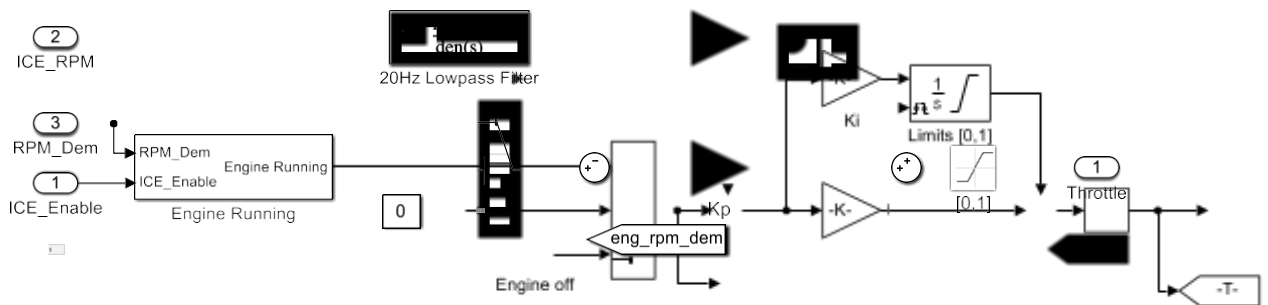
Hình 3.4 – Sơ đồ cấu trúc Simulink lựa chọn chu trình thử

Để thực hiện việc kiểm soát acqui, một mô hình mô phỏng việc kiểm soát này được xây dựng bằng Simulink như trên hình 3.6



Hình 3.5 - Sơ đồ Simulink kiểm soát quá trình nạp của acqui

Tương ứng với mỗi trạng thái làm việc của động cơ, các thông số chi tiết đặc trưng cho động cơ ở chế độ làm việc đó được tính toán nhờ các khối điều khiển. Trong sơ đồ mô phỏng xây dựng riêng 3 khối điều khiển cho động cơ đốt trong, động cơ, máy phát. Trên hình 3.7 là sơ đồ Simulink mô phỏng xác định độ mở bướm ga:



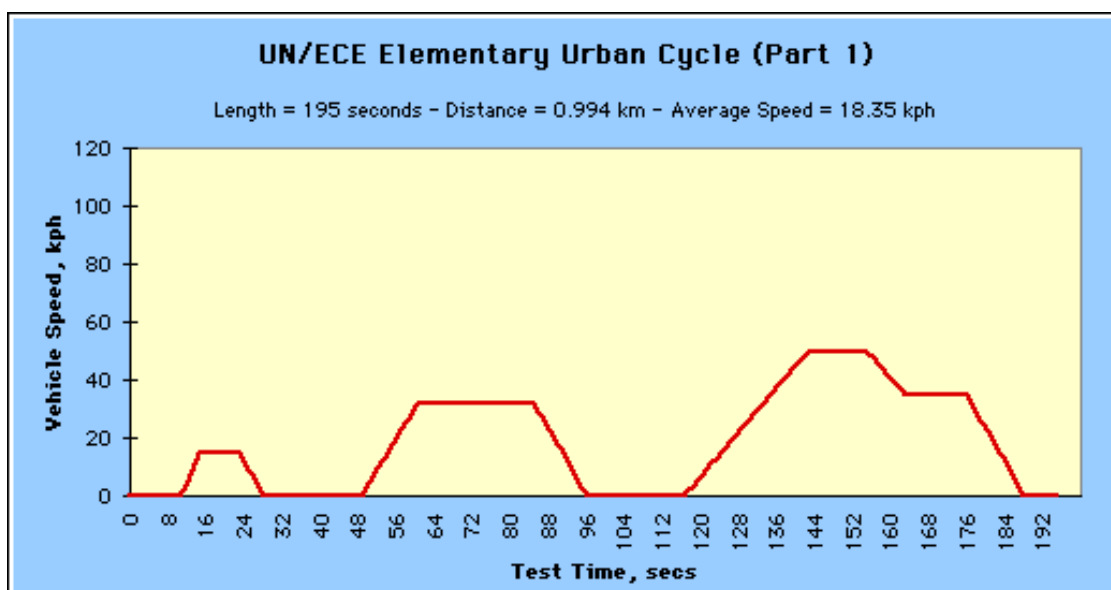
Hình 3.6 - Sơ đồ Simulink xác định độ mở bướm ga động cơ đốt trong ứng với trạng thái làm việc

3.2. Mô phỏng và phân tích kết quả

Để tiến hành mô phỏng tác giả sử dụng mô hình đã xây dựng trong phần 3.1. Trong luận văn này, để nghiên cứu sự kết hợp giữa các nguồn động

lực trên xe hybrid kiểu hỗn hợp nối tiếp - song song, tác giả sử dụng dụng cụ trình thử theo tiêu chuẩn ECE với 5 chu trình thử khác nhau.

Trên hình trình bày chu trình thử đô thị 1 tiêu chuẩn ECE, chu trình này có tổng quãng đường gần 1km (0,994km) tốc độ trung bình của xe 18.35km/h trong thời gian 195s.



Hình 3.7. Chu trình đô thị loại 1 theo chuẩn UN/ECE II

Các thông số đầu vào dùng để mô phỏng tính toán, cụ thể như sau:

- Chu trình thử: thực hiện theo 5 chu trình thử đô thị loại 1, đô thị loại 2, 3, 4, 5 theo tiêu chuẩn UN/ECE.
- Các thông số của modul thân xe
- Các thông số của động cơ đốt trong
- Các thông số của động cơ điện:

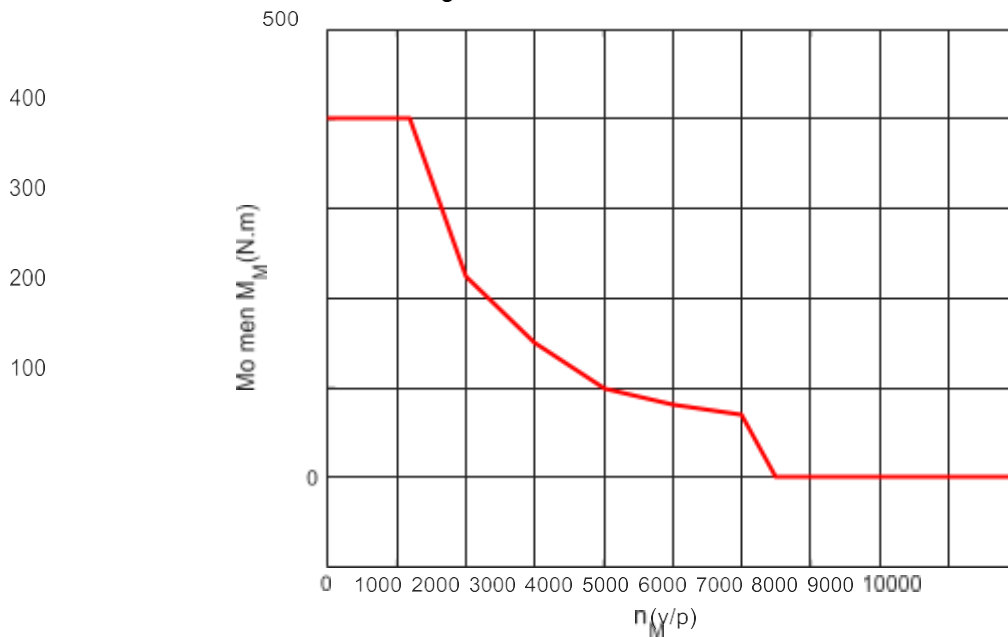
Bảng 3.1 -Các thông số ô tô

STT	Thông số	Giá trị
1	Khối lượng của ô tô [kg]	1200
2	Diện tích cản chính diện [m ²]	2,16
3	Bán kính bánh xe[m]	0,3
4	Mô men quán tính bánh xe [kg.m ²]	0.1



5	Công suất cực đại của ĐCĐT[W]	114000
5	Tốc độ của động cơ ứng với công suất cực đại [v/p]	5000
6	Số vòng quay không tải của ĐCĐT [v/p]	500
7	Số vòng quay lớn nhất của ĐCĐT [v/p]	5000

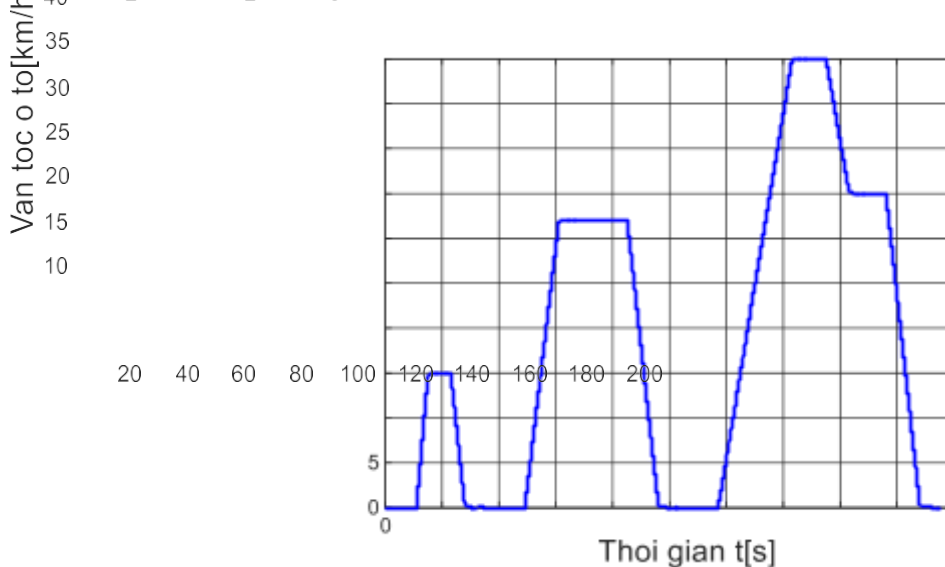
Đặc tính của động cơ điện



Chu trình thử đô thị loại 1

Hình 3.8 - Đặc tính của động cơ điện

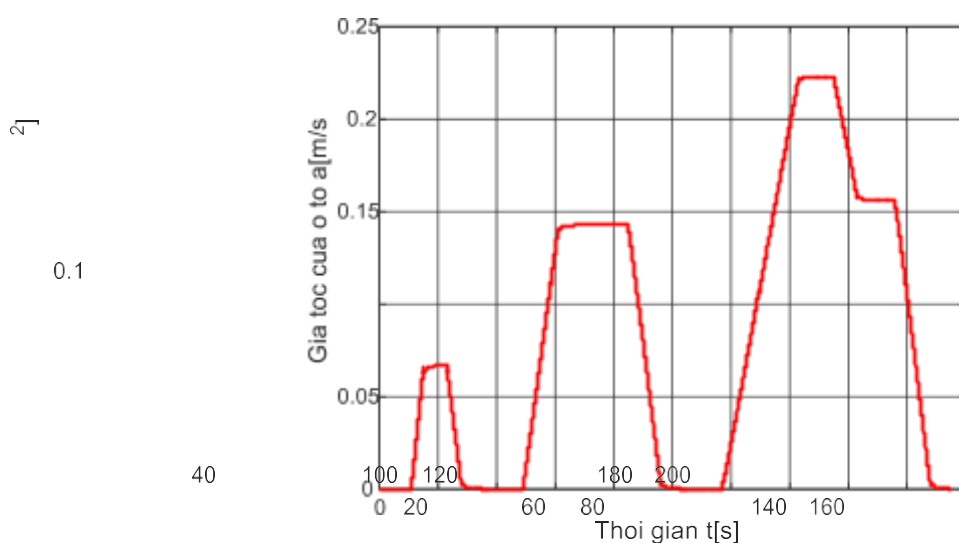
Kết quả mô phỏng theo chu trình thử đô thị loại 1



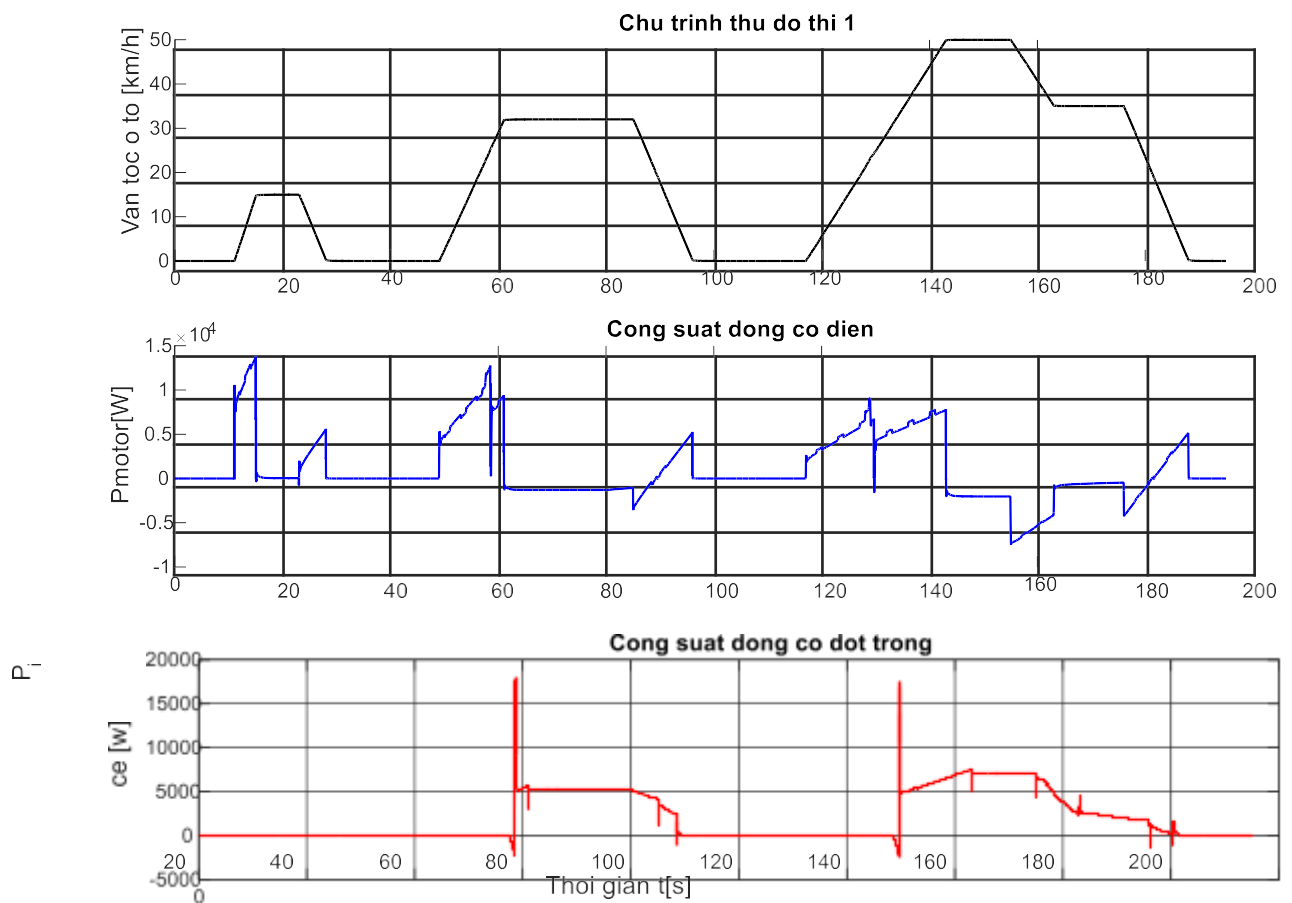
Hình 3.9 – Chu trình thử đô thị loại 1 ECE trong sơ đồ mô phỏng bằng Matlab

Dựa trên chu trình tiêu chuẩn hóa của ECE, trong luận văn đã xây dựng chu trình thử để đưa vào mô hình mô phỏng. Trên hình 3.9 là kết quả mô phỏng chu trình thử đô thị loại 1. Khi tiến hành mô phỏng hoạt động của xe hybrid theo chu trình thử đô thị loại 1 cho phép ta thu được kết quả là các thông số mô tả hoạt động xe như: gia tốc của ô tô, công suất cần cung cấp của các động cơ điện và động cơ đốt trong ứng với từng giai đoạn của chu trình, sự thay đổi của mức nạp ác qui...các thông số làm việc của động cơ/máy phát, động cơ đốt trong và bộ kết hợp, phân chia công suất.

Trên hình 3.10. là kết quả tính toán sự thay đổi của gia tốc ô tô khi làm việc theo chu trình thử đô thị loại 1 ECE. Kết quả mô phỏng thu được cho thấy, gia tốc cần đạt được của ô tô ở mỗi giai đoạn theo chu trình thử biến đổi theo qui luật thay đổi của vận tốc. Gia tốc lớn nhất cần đạt được khoảng $0,21\text{m/s}^2$ trong khoảng thời gian $t= 143\text{-}155\text{ s}$.



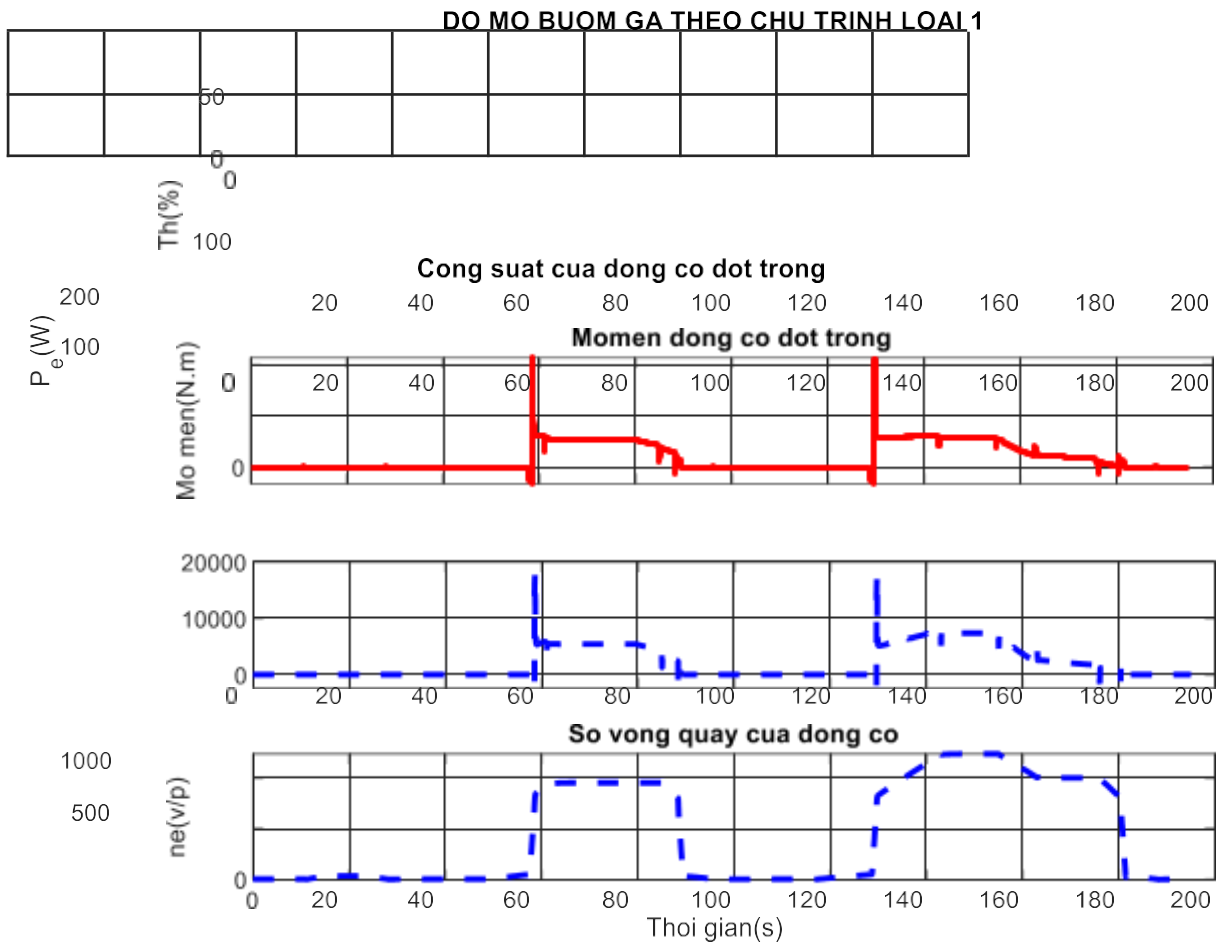
Hình 3.10– Sự thay đổi của gia tốc ô tô theo chu trình thử loại 1



Hình 3.11– Kết quả mô phỏng công suất cần thiết của ĐCD và ĐCDT theo chu trình thử đô thị loại 1

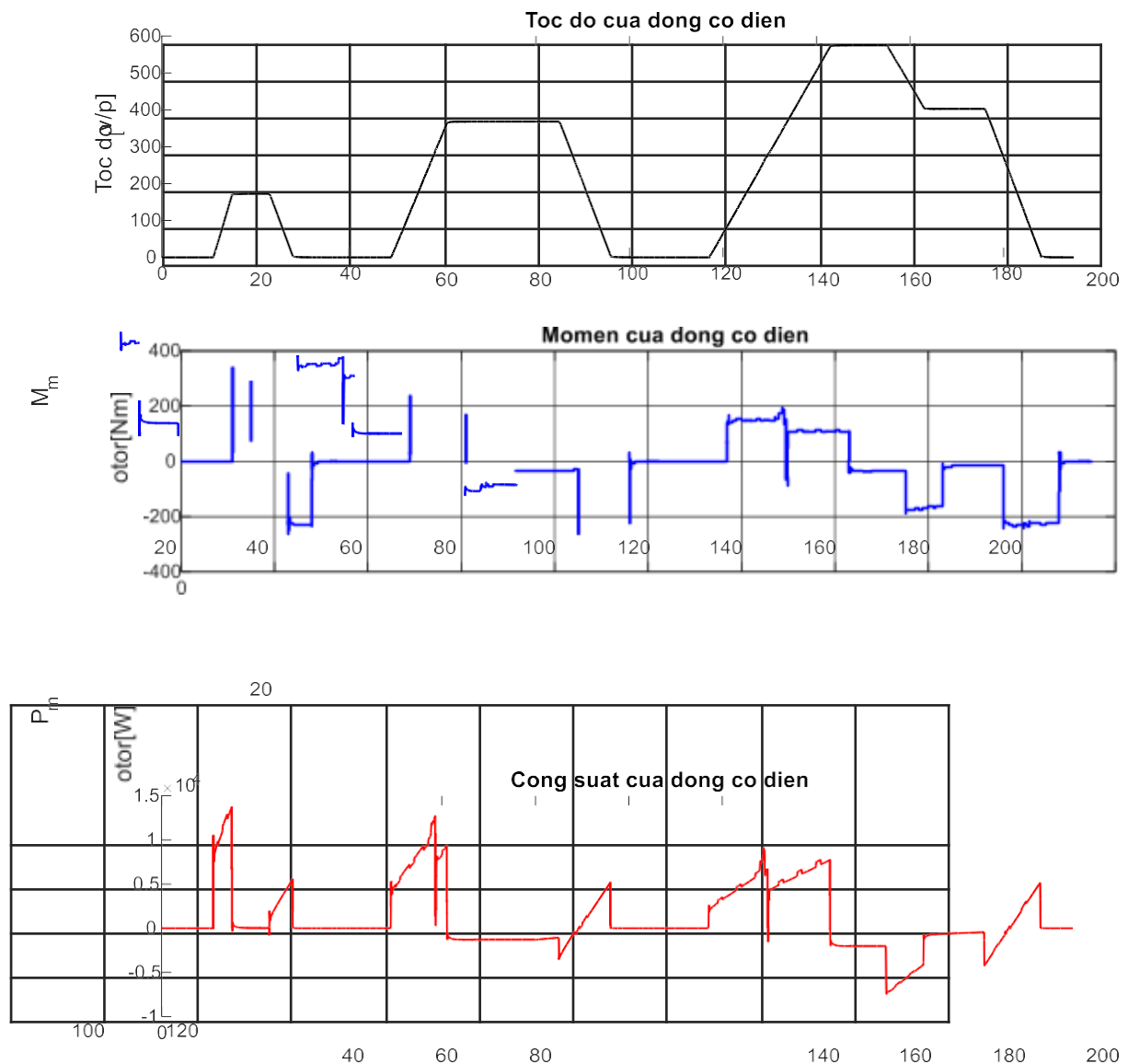
Kết quả mô phỏng xác định việc sử dụng công suất của các động cơ trên xe hybrid theo chu trình thử đô thị loại 1 UN/ECE trình bày trên hình 3.11 cho thấy, ở 54s đầu tiên của chu trình, ô tô chỉ cần lấy công suất từ động cơ điện, khi gia tốc ô tô cần đạt $>0,1$ s cần thêm hỗ trợ công suất của động cơ đốt trong. Ở giai đoạn tiếp theo khi cần gia tốc ô tô từ vận tốc 30 đến 50 km/s (ở khoảng thời gian $t=130s$) cần thêm hỗ trợ của động cơ đốt trong.

Như vậy, về cơ bản theo chu trình thử đô thị UN/ECE loại 1, xe hybrid sử dụng ở chế độ động cơ điện là chủ yếu.



Hình 3.12 – Sự thay đổi các thông số ĐCĐT theo chu trình thử đô thị

Trên các hình 3.12 và 3.13 trình bày sự thay đổi các thông số của ĐCĐT, còn trên hình 3.13 trình bày kết quả mô phỏng sự thay đổi các thông số của động cơ điện theo chu trình thử đô thị loại 1 kể trên. Các kết quả thu được gồm sự thay đổi của tốc độ, mô men xoắn trên trục động cơ, độ mở bướm ga...



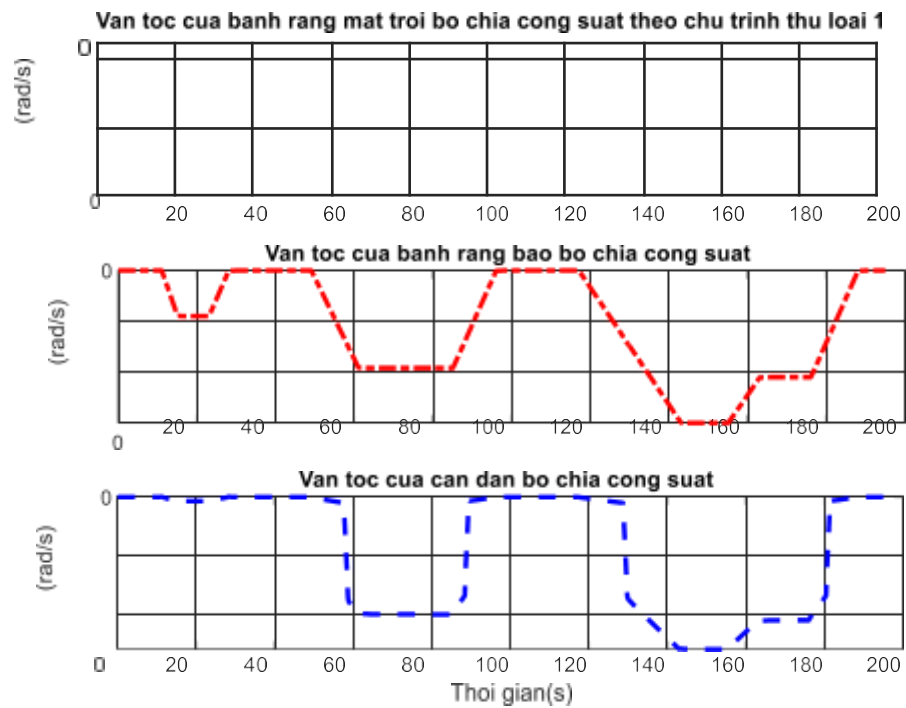
Hình 3.13– Sự thay đổi các thông số ĐCĐ theo chu trình thử đô thị loại 1

Ngoài ra, khi tiến hành mô phỏng bằng chương trình đã xây dựng cho phép nghiên cứu các thông số khác của hệ thống: như trạng thái nạp của acqui, mức tiêu thụ nhiên liệu trong chu trình...

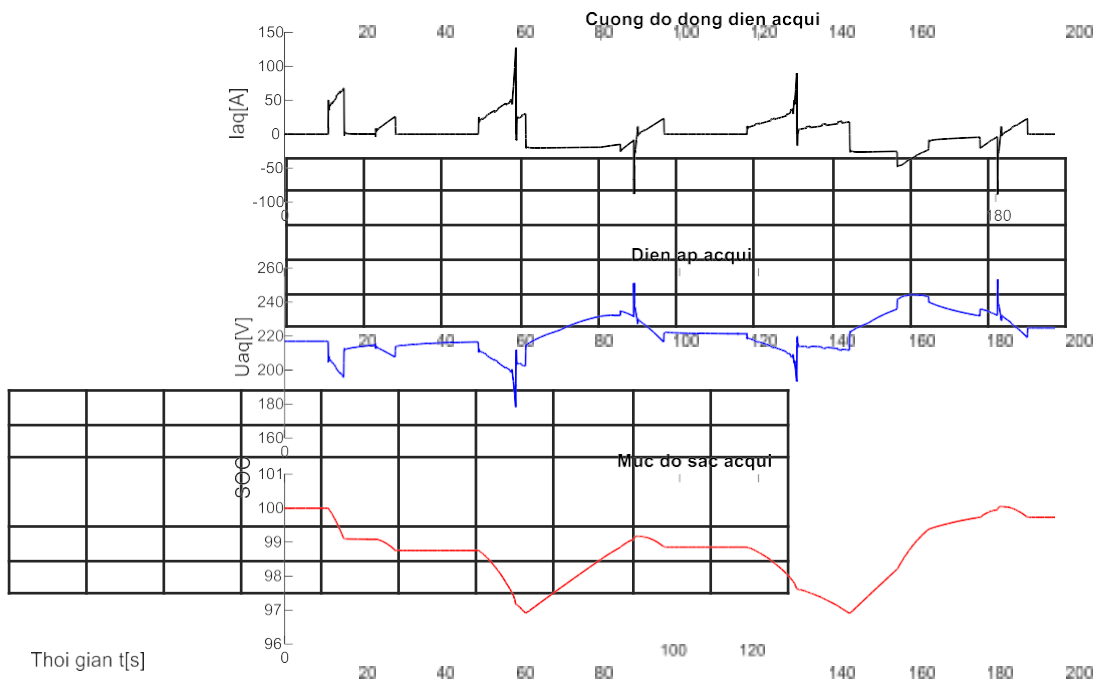
Trên hình 3.14 là kết quả mô phỏng động học của các khâu của bộ kết hợp công suất...Kết quả xác định được vận tốc của bánh răng bao, bánh răng mặt trời và vận tốc của cần...

Trên hình 3.15 là đồ thị biểu diễn sự thay đổi của mức sạc acqui theo chu trình thử.

-400
-200
 ω_s



Hình 3.14. Động học của bộ chia công suất PD khi ô tô hoạt động theo chu trình thử đô thị loại 1 ECE

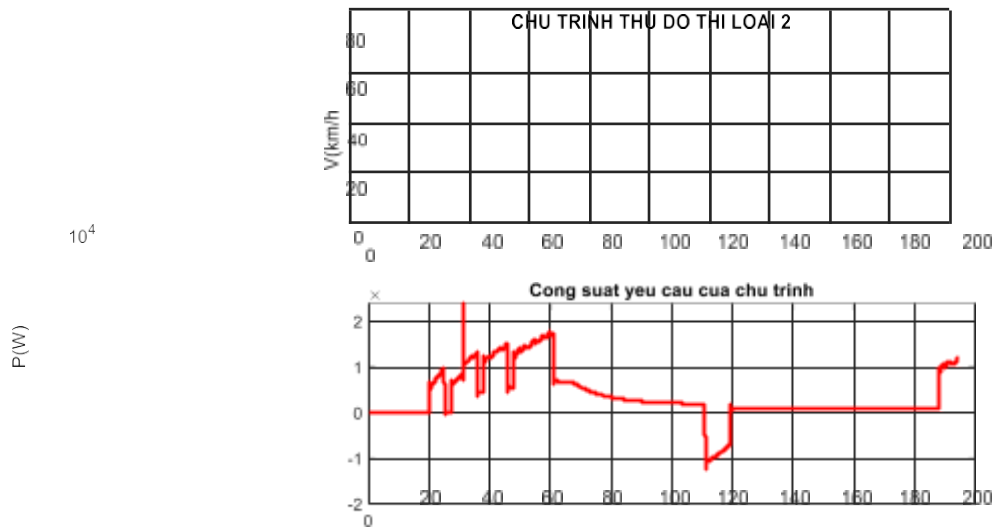


Hình 3.15. Sự thay đổi các thông số của acqui khi ô tô hoạt động theo chu trình thử đô thị loại 1

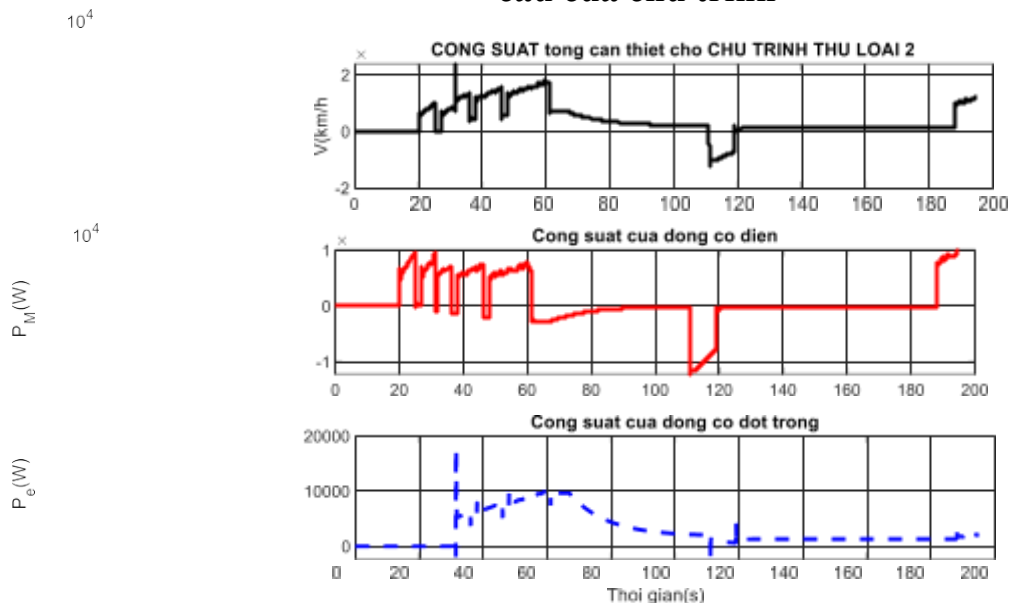
Kết quả mô phỏng tính toán theo chu trình thử loại 2

Tương tự như với chu trình thử loại 1, khi tiến hành mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp theo chu trình thử đô thị loại 2, ta thu được 1 số kết quả biểu diễn thông qua các đồ thị sau:

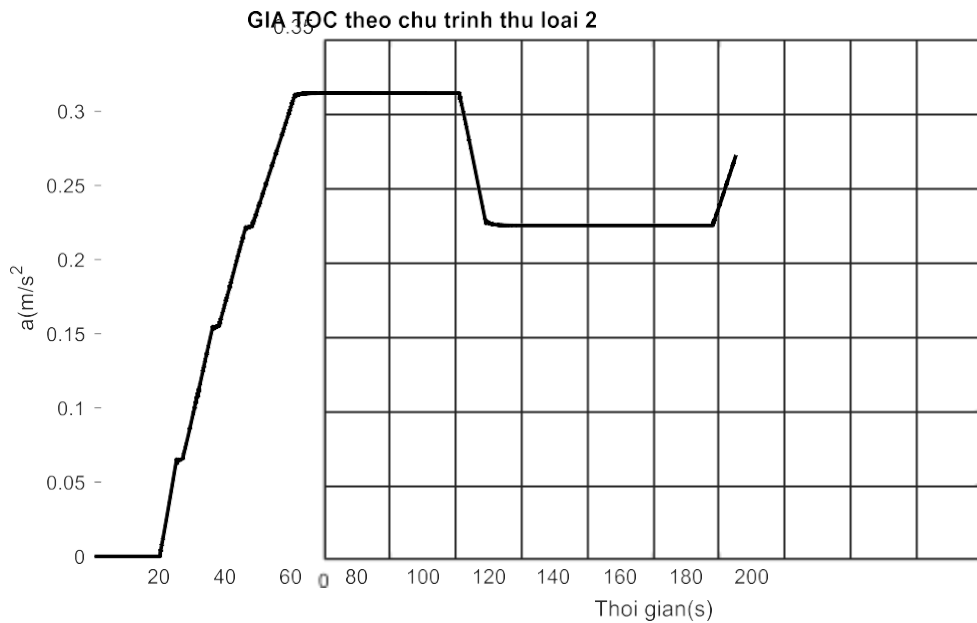
- Đồ thị kết hợp công suất
- Sự thay đổi các thông số làm việc của máy điện
- Sự thay đổi các thông số làm việc của động cơ đốt trong
- Trạng thái nạp ắc qui



Hình 3.16- Sự thay đổi của vận tốc và công suất cần thiết theo yêu cầu của chu trình

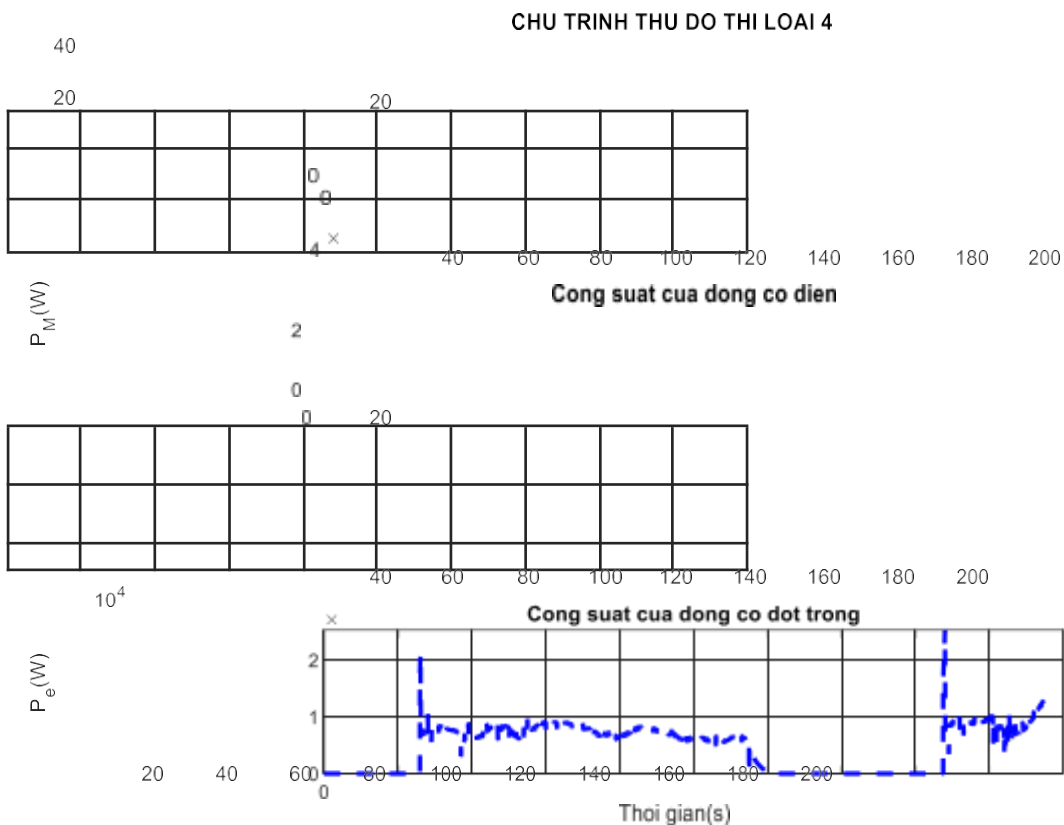


Hình 3.17- Sự phân chia công suất cho từng động cơ ứng với các giai đoạn khác nhau của chu trình thử loại 2

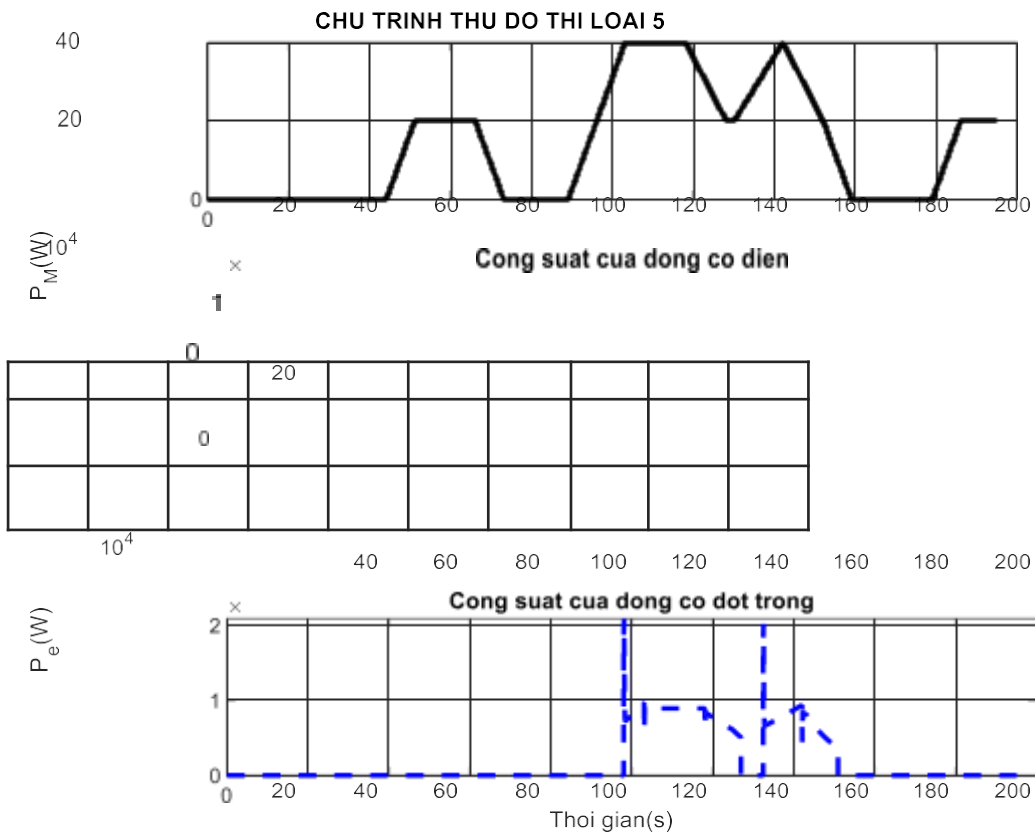


Hình 3.18 - Sự biến thiên của gia tốc của ô tô theo chu trình thử đô thị loại 2

Một số kết quả tính toán ứng với chu trình làm việc khác của xe hybrid kiểu song song, nối tiếp được trình bày trên các hình 3.19 đến 3.21

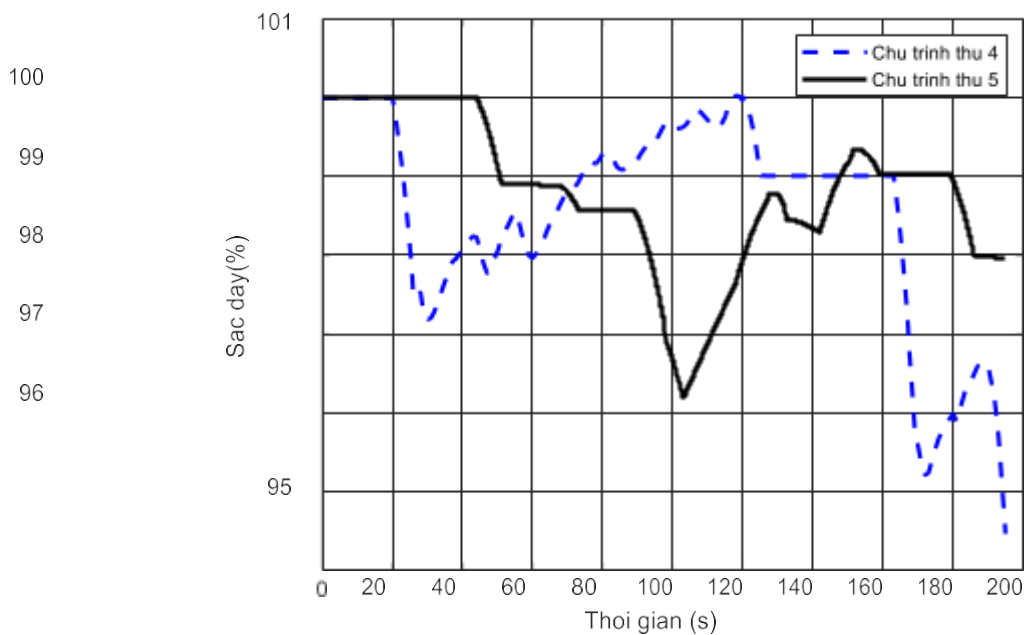


Hình 3.19. Kết quả tính toán sự phân chia công suất giữa ĐCĐ và ĐCĐT khi làm việc theo chu trình thử đô thị loại 4



Hình 3.20. Kết quả tính toán sự phân chia công suất giữa ĐCD và ĐCĐT khi làm việc theo chu trình thử đô thị loại 4

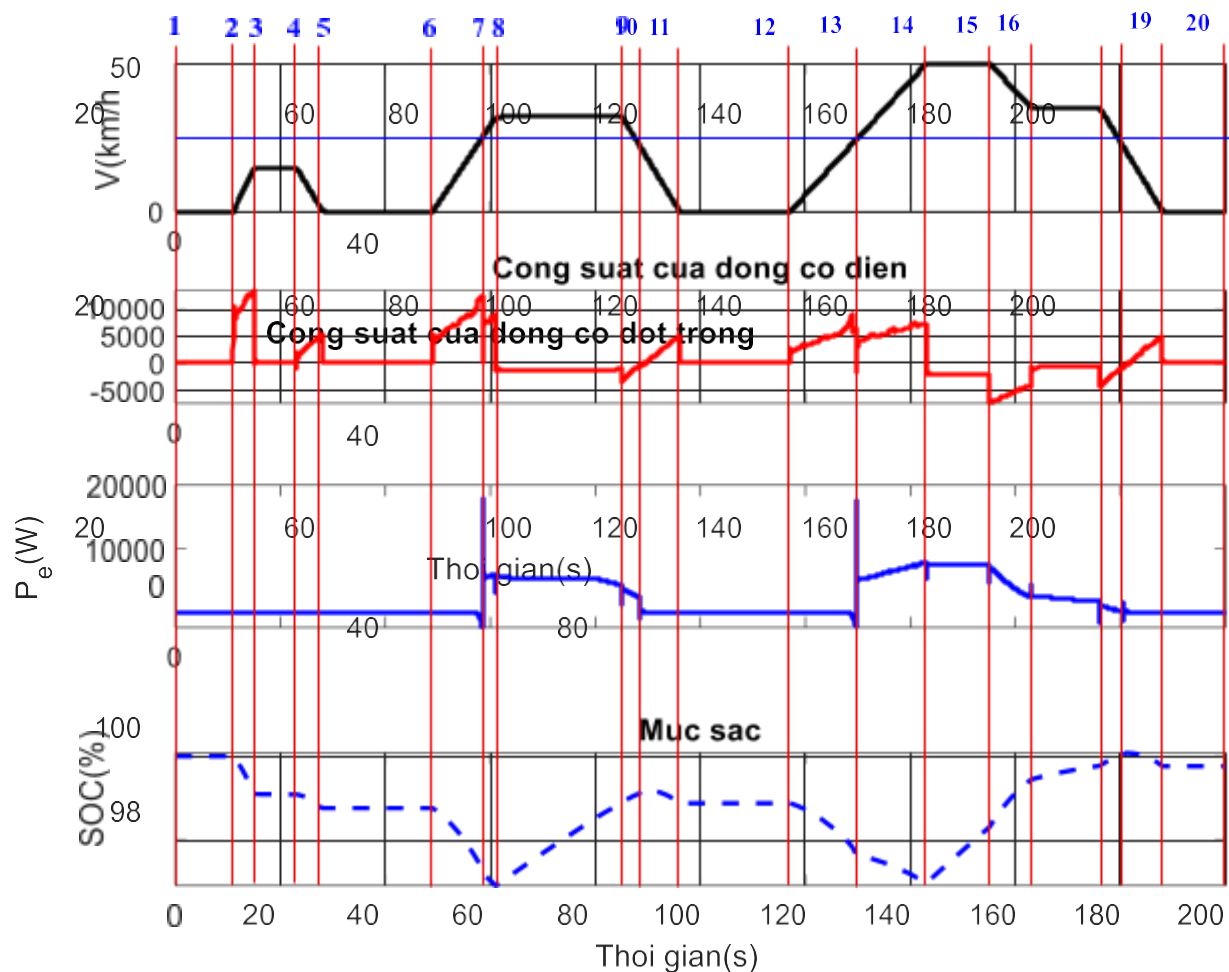
MUC DO SAC ACQUI



Hình 3.21. Kết quả tính toán mức độ sạc của ác qui ứng với các chu trình thử loại 4 và loại 5

Phân tích đánh giá kết quả:

1748



Hình 3.21. Phân tích các chế độ làm việc của động cơ điện và động cơ đốt trong khi xe hoạt động theo chu trình thử ECE

Phân tích đồ thị hình 3.21 cho thấy, khi ô tô hybrid làm việc theo chu trình thử đô thị tùy theo tốc độ chuyển động sẽ có các chế độ làm việc như sau:

- Chế độ sử dụng chỉ động cơ điện: ứng với các giai đoạn 2-3; 4-5; 6-7; 10-11; 12-13 và 18-19 khi này công suất cần thiết để đảm bảo chuyển động vẫn còn nhỏ ứng với vận tốc ô tô <25km/h; trong các giai đoạn này ác qui cung cấp năng lượng cho động cơ điện hoạt động và dung lượng ác qui giảm xuống.



- Chế độ chỉ sử dụng động cơ đốt trong: ứng với các giai đoạn ô tô chuyển động ổn định 3-4; 8-9; 14-15 và 16-17. Trong các giai đoạn này động cơ đốt trong duy trì vận tốc ổn định của ô tô và một phần công suất để quay máy phát MG2 làm việc ở chế độ máy phát để nạp điện cho ắc quy, mức sạc của ắc quy trong các giai đoạn chuyển động ổn định tăng lên.
- Chế độ hybrid: ứng với các giai đoạn 7-8; 13-14; chế độ này tương ứng khi ô tô chuyển động tăng tốc từ vận tốc 15km/h lên vận tốc lớn hơn. Lúc này do ắc quy cung cấp năng lượng cho động cơ điện nên mức sạc của ắc quy giảm xuống.
- Chế độ phanh tái sinh: ứng với các giai đoạn 9-10; 15-16 và 17-18; trong giai đoạn này ô tô chuyển động giảm tốc, máy điện hoạt động ở chế độ máy phát sạc điện lại cho ắc quy làm dung lượng của ắc quy tăng lên.

Như vậy, sử dụng mô hình mô phỏng hình 3.1 giúp ta phân tích một cách chi tiết hoạt động và các chế độ làm việc của các động cơ điện cũng như động cơ đốt trong trên xe hybrid. Tiến hành tương tự cho phép ta nghiên cứu hoạt động của xe ở các chế độ làm việc khác nhau làm cơ sở cho việc nghiên cứu tối ưu kết cấu của cụm động lực trên ô tô hybrid.

3.3. Kết luận chương 3

Trong chương 3 đã xây dựng được mô hình mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp nối tiếp, song song bằng phần mềm Matlab-Simulink. Đã tiến hành mô phỏng tính toán hoạt động của ô tô hybrid theo 5 chu trình thử đô thị theo chu trình thử ECE. Các kết quả tính toán cho thấy, việc sử dụng mô hình mô phỏng xây dựng bằng phần mềm Matlab-Simulink kể trên cho phép nghiên cứu một cách chi tiết sự thay đổi của các thông số làm việc của các cụm chi tiết và hệ thống trên ô tô, việc mô phỏng cho phép xác định



được chế độ làm việc của các động cơ, sự phối hợp công suất theo từng điều kiện làm việc khác nhau.... Như vậy, có thể sử dụng mô hình mô phỏng này cho việc lựa chọn tối ưu hóa các sơ đồ và thông số kết cấu, lựa chọn tối ưu chế độ làm việc hệ thống truyền lực ô tô hybrid và tối ưu hóa việc phân chia công suất của các nguồn động lực và tái sinh năng lượng của ô tô hybrid với sơ đồ truyền lực kiểu hỗn hợp.



KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Sau một thời gian thực hiện, với sự nỗ lực của bản thân và sự giúp đỡ của người hướng dẫn khoa học TS. Nguyễn Khắc Tuấn cùng các thầy cô trong Khoa Kỹ thuật ô tô & máy động lực – trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, đến nay đề tài luận văn tốt nghiệp của em đã hoàn thành. Các kết quả chính đạt được của đề tài đó là:

- Nghiên cứu tổng quan về ô tô hybrid;
 - Nghiên cứu việc kết hợp giữa các nguồn động lực trên ô tô hybrid;
 - Xây dựng được mô hình toán học mô tả hoạt động của ô tô hybrid với hệ thống truyền lực kiểu hỗn hợp;
 - Xây dựng được mô hình mô phỏng hoạt động của ô tô hybrid kiểu hỗn hợp bằng phần mềm Matlab-simulink;
 - Đã tính mô phỏng tính toán sự kết hợp công suất giữa động cơ điện và động cơ đốt trong của xe hybrid kiểu hỗn hợp theo 5 chu trình thử.
- Mô hình đã xây dựng có thể được sử dụng cho việc lựa chọn tối ưu thông số kết cấu hệ thống truyền lực và điều khiển tối ưu sự phối hợp các chế độ giữa động cơ điện và động cơ đốt trong trên xe.

HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI

Đề tài có thể phát triển theo hướng

- Nghiên cứu mức độ phát thải của xe hybrid ở các chế độ vận hành khác nhau;
- Nghiên cứu tính kinh tế nhiên liệu của xe hybrid.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1]. Nguyễn Hữu Cẩn (2005), *Lý thuyết ô tô máy kéo*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
- [2]. Nguyễn Văn Định (2013), Nghiên cứu thiết kế, chế tạo mô hình ô tô hybrid 2 chỗ ngồi phục vụ đào tạo kỹ sư ngành Cơ điện tử và Kỹ thuật ô tô, Báo cáo đề tài NCKH cấp Trường, Đại học Nha Trang.
- [3]. Bùi Văn Ga, Nguyễn Quân, “Thiết kế bố trí hệ thống động lực trên ô tô hybrid 2 chỗ ngồi”, Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng
- [4]. Bùi Văn Ga, Nguyễn Quân, Nguyễn Hương (2009), “Thiết kế xe gắn máy hybrid”, Tạp Chí Khoa Học Và Công Nghệ, Đại Học Đà Nẵng - Số 4 (33).
- [5]. Nguyễn Trí Thành, (2014), Nghiên cứu thiết kế, chế tạo, thử nghiệm bộ phân phối công suất trang bị trên mô hình xe hybrid kiểu hỗn hợp, Luận văn cao học, Trường Đại học Nha Trang.
- [6]. Trần Tuấn Anh, Nghiên cứu phối hợp nguồn động lực cho xe hybrid bằng phần mềm AVL - Cruise. Luận văn cao học, Đại học Bách Khoa Hà Nội 2016

Tiếng Anh

- [7]. Hodgkinson R., Fenton J. (2001) *Lightweight Electric/Hybrid Vehicle Design Butterworth-Heinemann*, 280 p. — ISBN:0-7506-5092-3.
- [8]. Wei Liu. (2013) *Introduction to hybrid vehicle system modeling & control*, John Wiley & Sons Press, ISBN 978-1-118-30840-0
- [9]. Gao W. and Porandla S. K. (2005), Design Optimization of a Parallel Hybrid Electric Powertrain, Vehicle Power and Propulsion Conference, 530-535.
- [10]. C. C., Peng H., Grizzle J. W. and Kang J. (2003), “Power Management Strategy for a Parallel hybrid Electric Truck”, IEEE Trans Control Syst. Technol. 11, 6, 839-849.



- [11]. Liu J. and Peng H. (2006), “Control Optimization for a Power-Split Hybrid Vehicle”, American Control Conf., Minneapolis, Minnesota. 466-471.
- [12]. Liu X., Wu Y., and Duan J. (2007), Optimal Sizing of a Series Hybrid Electric
- [13]. Vehicle Using a Hybrid Genetic Algorithm, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, Jinan, China, 1125-1129

Tiếng Nga

- [14]. Бахмутов С.В., Карунин А.Л., Селефонов В.В., Карпухин К.Е. и др. *Конструктивные схемы автомобилей с гибридными силовыми установками*. М. МГТУ «МАМИ», 2007.
- [15]. Бахмутов С.В., Селефонов В.В., Ломанкин В.В., Карпухин К.Е. и др. *Автомобиль с гибридными силовыми установками*. М. МГТУ «МАМИ», 2009.
- [16]. Селефонов В.В., Нгуен Хак Туан, Исследование влияния структурных параметров на динамические нагрузки в механической трансмиссии автомобиля с ГСУ // Извещения МГТУ «МАМИ», 2010, №2- с. 75-78.
- [17]. Тарасик В.П. *Теория движения автомобиля*, Учебник для вузов. - СПб. БХВ-Петербург, 2006. - 478 с.: ил.

Website

- [18]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Lohner-Porsche>
- [19]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Honda Insight](http://en.wikipedia.org/wiki/Honda_Insight)
- [20]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota Prius](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius)
- [21]. <https://www.mathworks.com/>



THÔNG TIN HỎI ĐÁP:

Bạn còn nhiều thắc mắc hoặc muốn tìm kiếm thêm nhiều tài liệu luận văn mới mẻ khác của Trung tâm [Best4Team](#) ,
Liên hệ [dịch vụ viết thuê luận văn](#)
Hoặc qua SĐT Zalo: 091.552.1220 hoặc email: best4team.com@gmail.com để hỗ trợ ngay nhé!