

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI



HOÀNG TRUNG HIẾU

**NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC Ô TÔ ĐIỆN
CỖ NHỎ TRONG ĐIỀU KIỆN ĐƯỜNG XÁ VIỆT NAM**

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

Hà Nội – 2024

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI



HOÀNG TRUNG HIẾU

**NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC Ô TÔ ĐIỆN
CỖ NHỎ TRONG ĐIỀU KIỆN ĐƯỜNG XÁ VIỆT NAM**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật Cơ khí Động lực**

Mã ngành: **8520116**

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. TS. LÊ ĐỨC HIẾU
2. TS. PHẠM MINH HIẾU

Hà Nội - 2024

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đề án “Nghiên cứu, tính toán động lực học ô tô điện cỡ nhỏ trong điều kiện đường xá Việt Nam” là công trình nghiên cứu độc lập của riêng tôi, dưới sự hướng dẫn TS. Lê Đức Hiếu, TS. Phạm Minh Hiếu. Các số liệu trong đề án có nguồn gốc rõ ràng, được thu thập và sử dụng một cách trung thực, khách quan. Kết quả nghiên cứu chưa được trình bày hay công bố ở bất cứ công trình nghiên cứu nào trước đây.

Hà Nội, tháng ... năm 2024

Tác giả

Hoàng Trung Hiếu

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành công trình nghiên cứu này, tôi đã nhận được sự hỗ trợ quý báu từ nhiều cá nhân và tổ chức. Lời đầu tiên, tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Nhà trường và tập thể các thầy cô giáo trong Khoa Cơ khí Động lực, cũng như các giảng viên ở các Khoa chuyên môn. Sự tạo điều kiện thuận lợi và những kiến thức nền tảng mà các Thầy/ Cô đã truyền đạt, đã giúp tôi có đủ tự tin và năng lực để thực hiện đề án này.

Đặc biệt, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới thầy giáo Tiến sĩ Lê Đức Hiếu. Sự tận tâm, hướng dẫn tận tình và những lời chỉ bảo quý giá của Thầy đã là nguồn động lực lớn lao giúp tôi hoàn thiện công trình nghiên cứu này. Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn đến Thầy Tiến sĩ Phạm Minh Hiếu, người đã hỗ trợ và đồng hành cùng tôi trong suốt quá trình thực hiện đề án.

Cuối cùng, tôi không quên cảm ơn gia đình, bạn bè và đồng nghiệp, những người luôn ở bên động viên và giúp đỡ tôi trong suốt thời gian học tập và thực hiện đề án. Sự quan tâm và khích lệ từ họ đã giúp tôi vượt qua những khó khăn, hoàn thành nghiên cứu một cách tốt nhất. Tất cả sự hỗ trợ và tình cảm này sẽ mãi là nguồn động viên quý giá cho tôi trong những bước đi tiếp theo của sự nghiệp nghiên cứu và học tập.

Tôi xin chân thành cảm ơn.

Hà Nội, tháng ... năm 2024

Tác giả

Hoàng Trung Hiếu

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	1
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC CÁC BẢNG	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH	vii
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ XE Ô TÔ ĐIỆN CỖ NHỎ VÀ ĐIỀU KIỆN ĐƯỜNG XÁ VIỆT NAM	3
1.1. Tổng quan về xe ô tô điện cỡ nhỏ	3
1.1.1. Lịch sử và sự phát triển của xe ô tô điện	3
1.1.2. Cấu tạo chung của xe ô tô điện	3
1.1.3 Nguyên lý hoạt động	5
1.2 Động lực học ô tô điện.....	6
1.2.1 Động lực học theo phương dọc [1]	8
1.2.2 Động lực học theo phương ngang [1]	9
1.2.3 Động lực học theo phương thẳng đứng.....	12
1.2.4 Động lực học bánh xe [2].....	15
1.2.5 Các nghiên cứu trong và ngoài nước về động lực học xe điện.....	22
1.3. Điều kiện đường xá tại Việt Nam	24
1.3.1 Đường Cao Tốc.....	24
1.3.2 Đường Dốc.....	26
1.3.3 Đường Đô thị	26
1.3.4 Đường hỗn hợp	28
KẾT LUẬN CHƯƠNG 1.....	30

CHƯƠNG 2- CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG XE Ô TÔ ĐIỆN CỖ NHỎ TRÊN MỘT SỐ DẠNG ĐỊA HÌNH TẠI VIỆT NAM	31
2.1 Cơ sở lý thuyết.....	31
2.1.1 Mô hình xe chuyển động theo phương dọc [1].....	32
2.1.2 Các thành phần lực cản tác dụng lên ô tô điện theo phương dọc ..	34
2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng bằng phần mềm Matlab/Simulink. 36	
2.2.1. Giới thiệu phần mềm Matlab Simulink	36
2.2.2. Mô phỏng động lực học của ô tô điện.....	40
2.3. Hiệu chuẩn mô hình mô phỏng.....	52
KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.....	54
CHƯƠNG 3: PHÂN TÍCH KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG	55
3.1 Thiết lập mô hình mô phỏng	55
3.2 Khởi chạy mô hình trong điều kiện đường xá Việt Nam	60
3.2.1 Khởi chạy mô hình trong điều kiện đường cao tốc.....	60
3.2.2 Khởi chạy mô hình trong điều kiện đường đô thị.....	65
3.3 Đánh giá khả năng đáp ứng của ô tô điện cỡ nhỏ với yêu cầu và điều kiện đường xá Việt Nam.....	72
KẾT LUẬN CHƯƠNG 3.....	75
KẾT LUẬN KIẾN NGHỊ.....	76
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	78

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Tiếng Anh	Tiếng Việt
ĐLH	Dynamic	Động lực học
DC	Direct Current	Động cơ điện một chiều
AC	Alternating Current	Động cơ điện xoay chiều
CO ₂	Carbon Dioxide	Carbon Dioxid
Li-Ion	Lithium Ion	Lithium Ion
NiMH	Nickel-Metal Hydride	Nickel-Metal Hydride
NEDC	New European Driving Cycle	Chu trình lái xe mới châu Âu
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure	Quy trình thử nghiệm xe nhẹ hài hòa toàn cầu
PMSM	Permanent Magnet Synchronous Motor	Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu
SOC	State of Charge	Trạng thái sạc
-	Longitudinal Dynamics	Động lực học dọc
-	Vertical Dynamics	Động lực học phương thẳng đứng
-	Lateral Dynamics	Động lực học ngang
-	Drive Cycle Source	Nguồn Chu trình Lái xe
-	Speed Controller (AC)	Bộ điều khiển tốc độ AC
-	Vector Controller	Bộ điều khiển véc-tơ cho động cơ PMSM
-	Three-Phase Inverter	Biến tần ba pha
-	Battery	Pin
-	Vehicle Body	Thân xe
-	Tire (Magic Formula)	Lốp xe (Công thức ma thuật)

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2. 2 Bảng hệ số ma sát theo điều kiện mặt đường [3]	48
Bảng 3. 1 Bảng thông số kỹ thuật của mô hình mô phỏng xe điện VF e34...	55

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH

Hình 1. 1 Cấu tạo xe ô tô điện.....	4
Hình 1. 7 Sơ đồ nguyên lý hoạt động xe ô tô điện.....	5
Hình 1. 8 Đặc tính động cơ điện	7
Hình 1. 9 Sơ đồ các lực và mô men tác dụng lên ô tô khi chuyển động theo phương dọc.....	8
Hình 1. 10 Sơ đồ các lực và mô men tác dụng lên ô tô khi chuyển động theo phương ngang.....	10
Hình 1. 11 Sơ đồ tác dụng lên ô tô khi chuyển động theo phương thẳng đứng..	12
Hình 1. 12 Mô hình tách bộ phận được treo	13
Hình 1. 13 Mô hình tách cầu trước, sau	13
Hình 1. 14 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe đàn hồi trên đường cứng.....	15
Hình 1. 15 Đồ thị mô tả đặc tính biến dạng của bánh xe đàn hồi.....	16
Hình 1. 16 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe cứng trên đường đàn hồi.....	17
Hình 1. 17 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe đàn hồi trên đường đàn hồi.....	17
Hình 1. 18 Sơ đồ minh họa sự lăn của bánh xe đàn hồi.....	18
Hình 1. 19 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe chủ động	20
Hình 1. 20 Sơ đồ bánh xe chủ động lăn trên các dạng đường mấp mô	21
Hình 1. 21 Đường cao tốc	25
Hình 1. 22 Đường dốc.....	26
Hình 1. 23 Đường đô thị	27
Hình 2. 1 Các lực tác dụng lên xe khi xe chuyển động thẳng trên đường bằng.....	32
Hình 2. 2 Các lực tác dụng lên xe khi xe chạy với tốc độ cao.....	33
Hình 2. 3 Logo phần mềm Matlab	37
Hình 2. 4 Giao diện Matlab R2023a	37
Hình 2. 5 Giao diện Simulink và Simulink Library.....	38
Hình 2. 6 Tạo mô hình mới	38

Hình 2. 7 Cửa sổ làm việc, xây dựng mô hình.....	39
Hình 2. 8 Chạy mô hình sau khi hoàn thành.....	39
Hình 2. 9 Tín hiệu từ khối Scope	40
Hình 2. 10 Sơ đồ khối mô hình phạm vi của ô tô	40
Hình 2. 11 Khối nguồn Chu trình Lái xe	42
Hình 2. 12 Khối bộ điều khiển tốc độ AC	42
Hình 2. 13 Khối bộ điều khiển véc-tơ cho động cơ PMSM	43
Hình 2. 14 Khối biến tần ba pha	43
Hình 2. 15 Khối Pin	44
Hình 2. 16 Mạch tương đương của Pin Lithium.....	44
Hình 2. 17 Khối PMSM	45
Hình 2. 18 Khối Thân xe.....	46
Hình 2. 19 Sơ đồ ĐLH dọc của khối thân xe	46
Hình 2. 20 Khối lớp xe.....	47
Hình 2. 21 Mô hình bánh xe.....	48
Hình 2. 22 Thiết lập sơ đồ khối hệ thống Phanh.....	49
Hình 2. 23 Sơ đồ khối động lực của xe điện.....	49
Hình 2. 24 Mô phỏng hệ thống truyền động điện	50
Hình 2. 25 Mô hình ĐLH theo phương dọc của xe điện	50
Hình 2. 26 Mô hình ĐLH xe điện VF-e34 sử dụng phần mềm Matlab/Simulink...	52
Hình 2. 27 So sánh kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm về quãng đường	53
Hình 2. 28 So sánh kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm về vận tốc xe....	53
Hình 3. 1 Thông số đầu vào của Công suất cực đại và Mô men xoắn cực đại.....	57
Hình 3. 2 Thông số về khối thân xe	57
Hình 3. 3 Thông số về khối bánh xe có hệ số bám 0.8	58
Hình 3. 4 Thông số về khối bánh xe có hệ số bám 0.45	58
Hình 3. 5 Thông số về khối Pin Li-Ion	59

Hình 3. 6 Đồ thị thông số đầu vào vận tốc đường cao tốc.....	60
Hình 3. 7 Đồ thị thông số đầu vào vận tốc đường đô thị.....	60
Hình 3. 8 Đồ thị vận tốc – Đường cao tốc	62
Hình 3. 9 Đồ thị quãng đường xe di chuyển – Đường cao tốc	62
Hình 3. 10 Đồ thị Mô men xoắn – Đường cao tốc.....	63
Hình 3. 11 Đồ thị trạng thái sạc – Đường cao tốc.....	64
Hình 3. 12 Đồ thị vận tốc – Đường đô thị	66
Hình 3. 13 Đồ thị quãng đường xe di chuyển – Đường đô thị	67
Hình 3. 14 Đồ thị Mô men xoắn – Đường đô thị.....	69
Hình 3. 15 Đồ thị trạng thái sạc – Đường đô thị.....	71

MỞ ĐẦU

Trong thế kỷ 21, khi các vấn đề về bảo vệ môi trường và sử dụng năng lượng hiệu quả trở thành những ưu tiên toàn cầu, xe ô tô điện đã nổi lên như một giải pháp tiềm năng cho ngành giao thông vận tải. Với nhiều lợi ích rõ ràng, như giảm thiểu ô nhiễm không khí, tiết kiệm chi phí nhiên liệu và bảo vệ sức khỏe cộng đồng, ô tô điện đang trở thành xu hướng phát triển không thể đảo ngược trên toàn thế giới. Tuy nhiên, không phải tất cả các loại xe điện đều có thể đáp ứng các yêu cầu của từng thị trường khác nhau, đặc biệt là những quốc gia có cơ sở hạ tầng giao thông đa dạng và đặc thù, như Việt Nam.

Nghiên cứu và ứng dụng xe ô tô điện cỡ nhỏ, được kỳ vọng là một giải pháp phù hợp hơn trong các khu vực đô thị đông đúc cũng như ở các vùng nông thôn, là một hướng đi quan trọng để phát triển giao thông xanh tại Việt Nam. Những chiếc xe này không chỉ giảm thiểu tác động tiêu cực lên môi trường mà còn góp phần giảm ùn tắc giao thông, nâng cao chất lượng sống cho cư dân. Tuy nhiên, để xe ô tô điện cỡ nhỏ thực sự phát huy hết tiềm năng của mình, việc nghiên cứu ĐLH và điều kiện vận hành trong các môi trường giao thông đặc trưng của Việt Nam là vô cùng quan trọng.

Để ứng dụng xe ô tô điện cỡ nhỏ một cách hiệu quả, một trong những yếu tố then chốt là nghiên cứu ĐLH của xe trong điều kiện thực tế của hệ thống đường xá Việt Nam. Các mô hình mô phỏng được xây dựng có thể giúp đánh giá những yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất và khả năng vận hành của xe, từ đó đưa ra các giải pháp tối ưu cho việc thiết kế và sử dụng xe ô tô điện.

Vì thế, đề tài "Nghiên cứu, tính toán động lực học ô tô điện cỡ nhỏ trong điều kiện đường xá Việt Nam" được lựa chọn nhằm nghiên cứu và xây dựng mô hình mô phỏng cho xe ô tô điện, đặc biệt là xe điện cỡ nhỏ, phù hợp với các điều kiện đường xá tại Việt Nam. Mô hình này không chỉ giúp đánh giá hiệu suất của xe trong các tình huống giao thông khác nhau mà còn góp

phần phát triển các giải pháp giao thông bền vững, phù hợp với thực tế của các khu vực đô thị và nông thôn.

Đề tài này sẽ cung cấp cái nhìn tổng quan về xe ô tô điện, ĐLH của xe và các yếu tố liên quan đến điều kiện đường xá tại Việt Nam, đồng thời xây dựng mô hình mô phỏng thực tế nhằm phân tích và đánh giá khả năng hoạt động của xe ô tô điện cỡ nhỏ trong các điều kiện giao thông cụ thể.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ XE Ô TÔ ĐIỆN CỠ NHỎ VÀ ĐIỀU KIỆN ĐƯỜNG XÁ VIỆT NAM

1.1. Tổng quan về xe ô tô điện cỡ nhỏ

Ô tô điện cỡ nhỏ là loại phương tiện giao thông vận tải sử dụng hoàn toàn động cơ điện làm nguồn động lực chính thay thế cho động cơ đốt trong. Với xu hướng ngày càng phát triển của các giải pháp giao thông phát triển và tiết kiệm năng lượng, ô tô điện cỡ nhỏ đã trở thành một trong những lựa chọn hàng đầu trong việc giải quyết các vấn đề về ô nhiễm môi trường, tiết kiệm chi phí vận hành, và giảm thiểu phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch.

1.1.1. Lịch sử và sự phát triển của xe ô tô điện

Ô tô điện đã xuất hiện từ đầu thế kỷ 19, tuy nhiên các dòng xe điện ban đầu có quy mô lớn và bị giới hạn bởi các vấn đề kỹ thuật như dung lượng pin và phạm vi di chuyển ngắn. Trong những năm gần đây, với sự phát triển vượt bậc của công nghệ pin Li-Ion và sự quan tâm của cả chính phủ lẫn các tập đoàn lớn, xe điện đã và đang trở thành một phần không thể thiếu trong tương lai của ngành vận tải. Nhiều quốc gia đã cam kết chuyển đổi hoàn toàn sang xe điện trong vài thập kỷ tới, mở ra một kỷ nguyên mới cho ngành công nghiệp ô tô toàn cầu. Các hãng xe như Nissan, Chevrolet, Tesla và đặc biệt là Vinfast đã bắt đầu sản xuất hàng loạt các mẫu xe điện cỡ nhỏ, giúp giảm giá thành và mở rộng thị trường tiêu dùng.

Xe điện đã trải qua một chặng đường dài, từ những mô hình thô sơ ban đầu đến các phương tiện công nghệ cao hiện nay. Quá trình phát triển của chúng là minh chứng cho sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật và sự thay đổi nhận thức về môi trường, hướng tới một tương lai bền vững hơn.

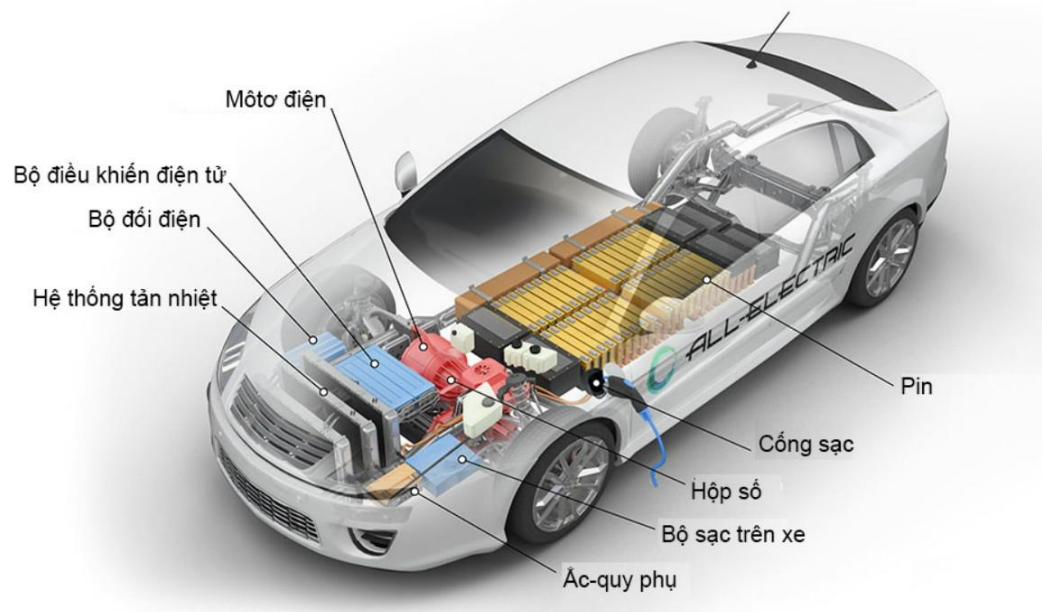
1.1.2. Cấu tạo chung của xe ô tô điện

Các bộ phận chính trên xe điện:

+ **Động cơ điện** là bộ phận quan trọng cung cấp năng lượng quay bánh xe, có thể là động cơ DC hoặc AC, trong đó động cơ AC phổ biến hơn nhờ

hiệu suất cao. Động cơ này nổi bật với khả năng đáp ứng nhanh và hỗ trợ tích hợp vào bánh xe, cải thiện hiệu suất và kiểm soát. Cấu tạo động cơ bao gồm Stato với lõi thép dẫn từ, dây quấn bằng đồng hoặc nhôm và vỏ bằng gang hoặc nhôm để bảo vệ và tản nhiệt. Rôto gồm lõi thép dẫn từ với hai loại: lồng sóc và dây quấn, cả hai đều gắn trên trục để truyền động quay.

+ **Biến tần** là thiết bị đóng vai trò quan trọng trong hoạt động hệ thống của xe điện. Nó thực hiện chuyển đổi DC từ pin thành AC để cung cấp năng lượng cho động cơ, đồng thời chuyển đổi AC sinh ra từ quá trình phanh tái tạo thành DC để sạc lại pin. Ngoài ra, biến tần còn đảm bảo nhiệm vụ điều chỉnh tốc độ cơ sở bằng cách thay đổi tần số và biên độ của AC, góp phần điều khiển tối ưu hóa và vận hành của xe điện.



Hình 1. 1 Cấu tạo xe ô tô điện

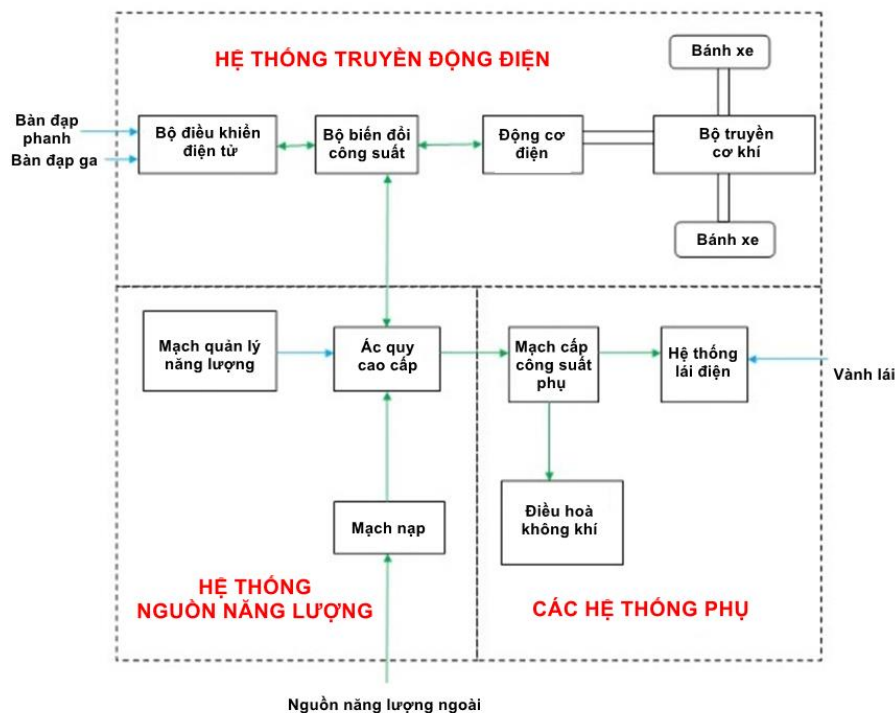
+ **Pin** là bộ phận lưu trữ năng lượng cần thiết để xe điện hoạt động. Khi pin được sạc đầy, xe mới sẵn sàng hoạt động. Công suất pin càng cao, phạm vi chuyển của xe càng lớn. Loại pin phổ biến nhất hiện nay là pin Li-Ion, nổi bật với tốc độ cao, năng lượng nhẹ, khả năng tự động xả thấp và tuổi thọ dài.

Để đảm bảo hiệu suất và độ bền, hệ thống làm mát glycol được tích hợp giúp duy trì nhiệt độ ổn định cho pin trong suốt quá trình sử dụng.

+ **Bộ điều khiển** là trung tâm quản lý và điều phối nhiều hoạt động của xe điện. Nó giám sát và kiểm soát tốc độ sạc bằng cách xử lý thông tin từ pin, đồng thời thực hiện các nhiệm vụ quan trọng như điều chỉnh tốc độ và mô-men xoắn của động cơ. Bộ điều khiển đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa hiệu suất và đảm bảo hoạt động ổn định của hệ thống xe.

+ **Bộ sạc và sạc** đóng vai trò cung cấp năng lượng cho pin bằng cách sạc điện từ nguồn bên ngoài, đồng thời kiểm tra kiểm soát điện để đảm bảo quá trình sạc an toàn và hiệu quả. Bộ phận này là mắt xích quan trọng trong hệ thống cung cấp năng lượng cho xe điện.

1.1.3 Nguyên lý hoạt động



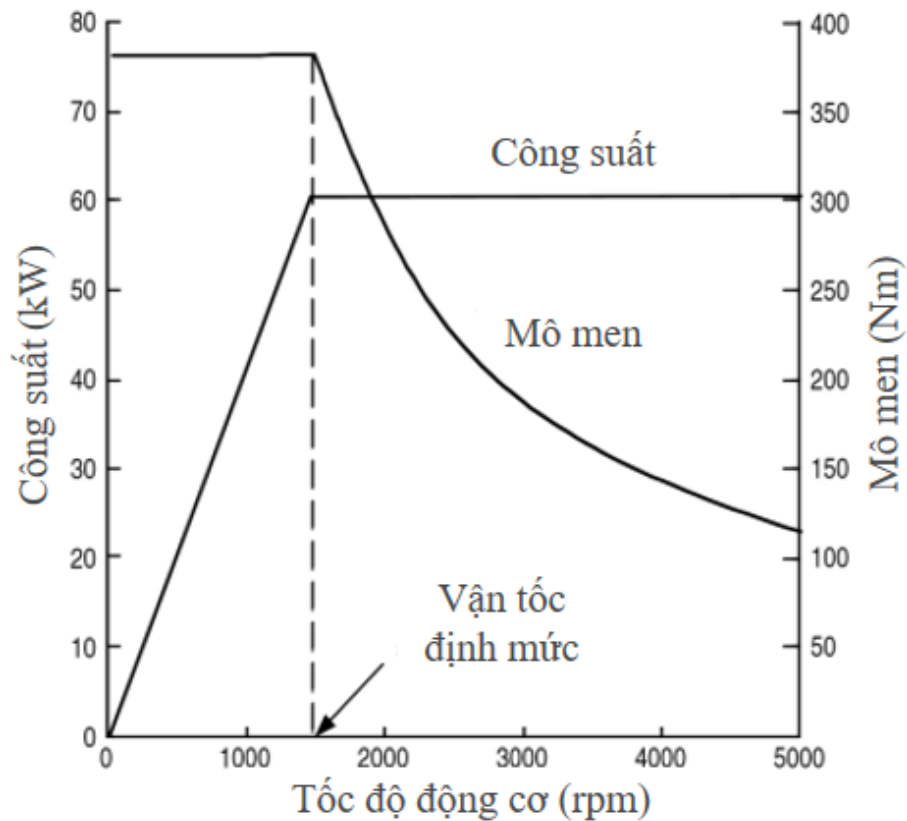
Hình 1. 2 Sơ đồ nguyên lý hoạt động xe ô tô điện

- Khi nhấn bàn đạp ga, nguồn điện được chuyển đổi từ DC thành AC.

- Bàn đạp ga sẽ gửi tín hiệu đến bộ điều khiển để điều chỉnh tốc độ của xe thông qua cách thay đổi tần số của AC từ biến tần đến động cơ.
- Động cơ kết nối sau đó sẽ quay các bánh xe thông qua một bánh răng.
- Khi thực hiện nhấn phanh hoặc xe giảm tốc, động cơ sẽ trở thành máy phát điện và tạo ra năng lượng, được đưa ngược trở lại pin.

1.2 Động lực học ô tô điện

ĐLH ô tô điện là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng, tập trung vào các nguyên lý và quy luật liên quan đến chuyển động của xe điện. Khác với ô tô sử dụng động cơ đốt trong, xe điện có cấu trúc và tính năng độc đáo, dẫn đến những đặc điểm khác biệt trong ĐLH. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất, an toàn và trải nghiệm lái xe là những vấn đề thiết yếu trong việc phát triển và tối ưu hóa ô tô điện. Ô tô điện bao gồm nhiều thành phần chính, trong đó bộ truyền động điện và hệ thống pin là quan trọng nhất. Bộ truyền động điện bao gồm động cơ điện, bộ chuyển đổi và hệ thống truyền động, trong khi hệ thống pin thường là pin lithium-ion, cung cấp năng lượng cho động cơ. Động cơ điện chịu trách nhiệm chuyển đổi năng lượng điện thành chuyển động cơ học và có thể là động cơ đồng bộ hoặc không đồng bộ. Hiệu suất của ô tô điện nổi bật với khả năng cung cấp mô men xoắn tức thì, cho phép tăng tốc nhanh hơn so với xe sử dụng động cơ đốt trong. Trong quá trình phanh tái sinh, năng lượng động học của xe được chuyển đổi thành năng lượng điện. Khi xe giảm tốc, động cơ điện hoạt động ngược lại như một máy phát điện, chuyển động năng của xe thành điện năng và nạp lại vào pin, giúp tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng và giảm thiểu tổn thất dưới dạng nhiệt, cũng là một yếu tố nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng.



Hình 1. 3 Đặc tính động cơ điện

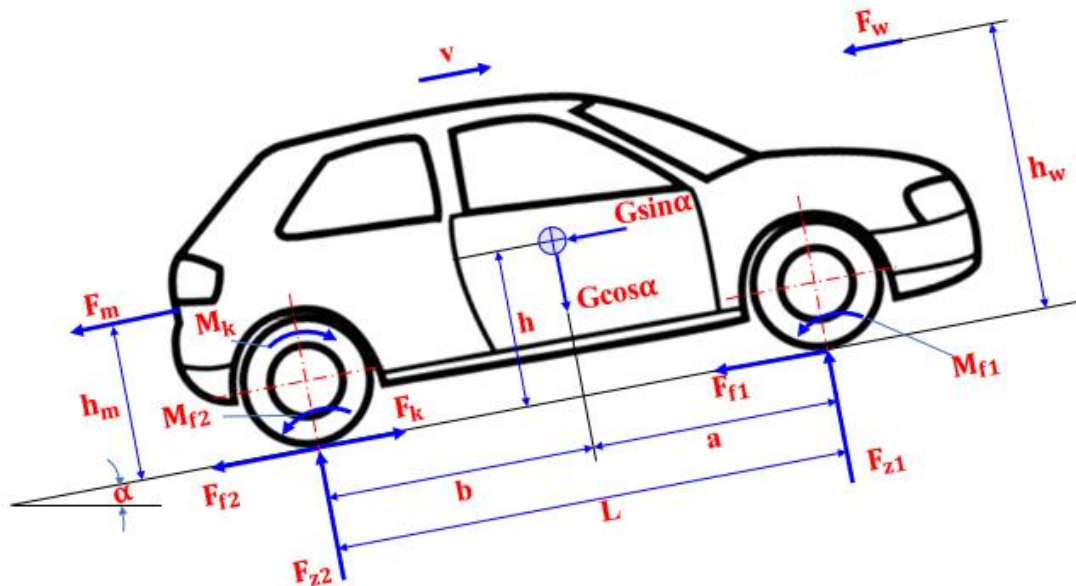
Đồ thị trên thể hiện đặc tính mô men và công suất của động cơ điện trong ô tô là một công cụ quan trọng để hiểu rõ cách thức hoạt động và hiệu suất của động cơ trong các điều kiện khác nhau. Một trong những đặc điểm nổi bật của động cơ điện là mối quan hệ giữa tốc độ, mô men và công suất. Khi tốc độ động cơ giảm, mô men của động cơ thường tăng lên, nhằm khắc phục các lực cản chuyển động của xe. Điều này là rất quan trọng trong các tình huống khởi động hoặc khi xe cần vượt qua các chướng ngại vật, cho phép động cơ phát huy tối đa sức mạnh và đảm bảo khả năng tăng tốc cần thiết.

Khi tốc độ tăng, mô men có giá trị tỉ lệ ngược với tốc độ, điều này có nghĩa là khi động cơ hoạt động ở vận tốc cao, khả năng sinh mô men sẽ giảm. Hiện tượng này là đặc trưng của hầu hết các động cơ điện, và chính điều này đã tạo ra sự khác biệt trong cách vận hành so với động cơ đốt trong. Ở chế độ vận hành bình thường, động cơ điện có thể hoạt động hiệu quả trong khoảng

tốc độ cao, trong khi vẫn duy trì một mức công suất ổn định, tối ưu hóa hiệu suất năng lượng và giúp kéo dài quãng đường đi được cho xe.

ĐLH ô tô bao gồm sự kết hợp giữa động lực ngang, động lực thẳng đứng, và động lực dọc. Thân xe thực hiện ba chuyển động tịnh tiến cùng ba chuyển động quay, đồng thời liên kết với bánh xe như một mô hình con. Do đó, ĐLH ô tô là một mô hình tích hợp, biểu thị ĐLH của một hệ cơ học đa vật, với các liên kết đàn hồi, ma sát, và các mối nối khớp.

1.2.1 Động lực học theo phương dọc [1]



Hình 1. 4 Sơ đồ các lực và mô men tác dụng lên ô tô khi chuyển động theo phương dọc

Trong đó:

G - Trọng lượng toàn bộ của xe.

F_k - Lực kéo tiếp tuyến tác động lên các bánh xe chủ động.

F_{f1} - Lực cản lăn tác dụng lên các bánh xe cầu trước.

F_{f2} - Lực cản lăn tác dụng lên các bánh xe cầu sau.

F_w - Lực cản không khí.

F_d - Lực cản lên dốc.

F_j - Lực cản quán tính khi xe chuyển động không ổn định (có gia tốc)

F_m - Lực cản ở móc kéo.

M_{f1} - Mô men cản lăn tác động lên các bánh xe cầu trước.

M_{f2} - Mô men cản lăn tác động lên các bánh xe cầu sau.

$$M_{f1} + M_{f2} = M_f = G \cdot f \cdot r_b \cdot \cos \alpha \quad (1.1)$$

α - Góc dốc của mặt đường.

f - Hệ số cản lăn.

r_b - Bán kính tính toán của bánh xe.

h - Tọa độ trọng tâm của xe theo chiều cao.

h_m - Khoảng cách từ điểm đặt lực kéo móc đến mặt đường.

L - Chiều dài cơ sở của ô tô.

F_{z1}, F_{z2} - Phản lực pháp tuyến của mặt đường tác dụng lên các bánh xe ở cầu trước và cầu sau.

M_{f1}, M_{f2} - Mô men cản quán tính của bánh xe thường có trị số nhỏ và có thể bỏ qua.

Bằng cách lấy mô men tại các điểm O_2 và O_1 là giao điểm giữa mặt phẳng thẳng đứng với mặt đường qua trục bánh xe cầu trước và cầu sau, đơn giản hóa biểu thức:

$$F_{z1} = \frac{G \cdot \cos \alpha (b - f \cdot r_b) - (G \cdot \sin \alpha + F_j + F_\omega) \cdot h - F_m \cdot h_m}{L} \quad (1.2)$$

$$F_{z2} = \frac{G \cdot \cos \alpha (a + f \cdot r_b) + (G \cdot \sin \alpha + F_j + F_\omega) \cdot h + F_m \cdot h_m}{L} \quad (1.3)$$

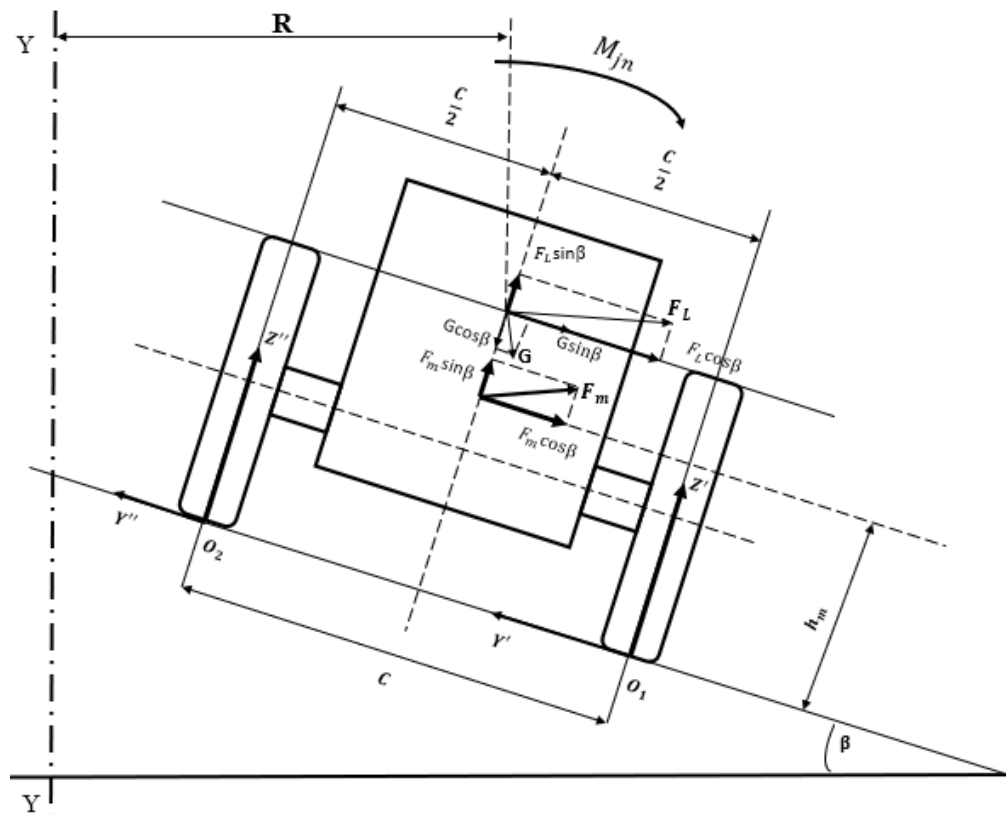
1.2.2 Động lực học theo phương ngang [1]

Giả sử vết bánh sau và trước trùng nhau, trên mặt phẳng trọng tâm xe nằm đối xứng dọc. Các lực và mô men tác động lên xe gồm:

G - Trọng lượng của xe, được phân bố theo góc nghiêng ngang β .

M_{jn} - Mô-men lực quán tính tiếp tuyến của các phần quay động cơ và hệ thống truyền lực trong mặt phẳng ngang khi xe chuyển động không ổn định.

F_m - Lực kéo tại móc kéo, phương lực F_m trùng với phương nằm ngang của mặt đường.



Hình 1. 5 Sơ đồ các lực và mô men tác dụng lên ô tô khi chuyển động theo phương ngang

$$F_L = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot R} = m \cdot R \cdot \omega^2 \quad (1.4)$$

Ở đây:

F_L - Lực ly tâm

v - Vận tốc chuyển động của xe.

R - Bán kính quay vòng của ô tô.

g - Gia tốc trọng trường.

Z'_1, Z''_1 và Z'_2, Z''_2 là các phản lực vuông góc từ mặt đường tác dụng lên bánh xe trái và phải ở cầu trước và cầu sau.

Y'_1, Y''_1 và Y'_2, Y''_2 là các phản lực ngang từ đường tác dụng lên bánh xe phải và trái tại cầu sau và cầu trước.

C - Chiều rộng cơ sở của ô tô.

YY - Trục quay vòng của ô tô.

β - Góc nghiêng ngang của đường.

Để tính toán phản lực bên trái, ta xây dựng công thức cân bằng mô men đi qua hai điểm tiếp xúc tại đường thẳng của bánh xe bên phải với mặt đường:

$$Z'' = Z''_1 + Z''_2 = \frac{1}{c} \left[G \left(\frac{c}{2} \cos \beta - h \sin \beta \right) - F_m \left(h_m \cos \beta + \frac{c}{2} \sin \beta \right) - M_{jn} - F_L \left(h \cos \beta + \frac{c}{2} \sin \beta \right) \right] \quad (1.5)$$

Tương tự, ta xây dựng công thức cân bằng mô men đi qua hai điểm tiếp xúc của bánh xe bên trái với mặt đường tại đường thẳng để tính toán phản lực bên phải.

$$Z' = Z'_1 + Z'_2 = \frac{1}{c} \left[G \left(\frac{c}{2} \cos \beta + h \sin \beta \right) + F_m \left(h_m \cos \beta - \frac{c}{2} \sin \beta \right) + M_{jn} + F_L \left(h \cos \beta - \frac{c}{2} \sin \beta \right) \right] \quad (1.6)$$

Để tính toán phản lực ngang Y_1 , ta xây dựng phương trình mô men đi qua hai điểm tiếp xúc của bánh sau với mặt đường tại đường thẳng.

$$Y_1 = Y'_1 + Y''_1 = \frac{G \sin \beta + F_L b \cos \beta - F_m l_m \cos \beta}{c} \quad (1.7)$$

Tương tự, ta xây dựng phương trình mô men đi qua hai điểm tiếp xúc của bánh trước với mặt đường tại đường thẳng để tính toán phản lực ngang Y_2 :

$$Y_2 = Y'_2 + Y''_2 = \frac{G \sin \beta + F_L a \cos \beta + F_m (l_m + L) \cos \beta}{L} \quad (1.8)$$

$$\frac{G \sin \beta + F_L a \cos \beta - F_m l_m \cos \beta}{c}$$

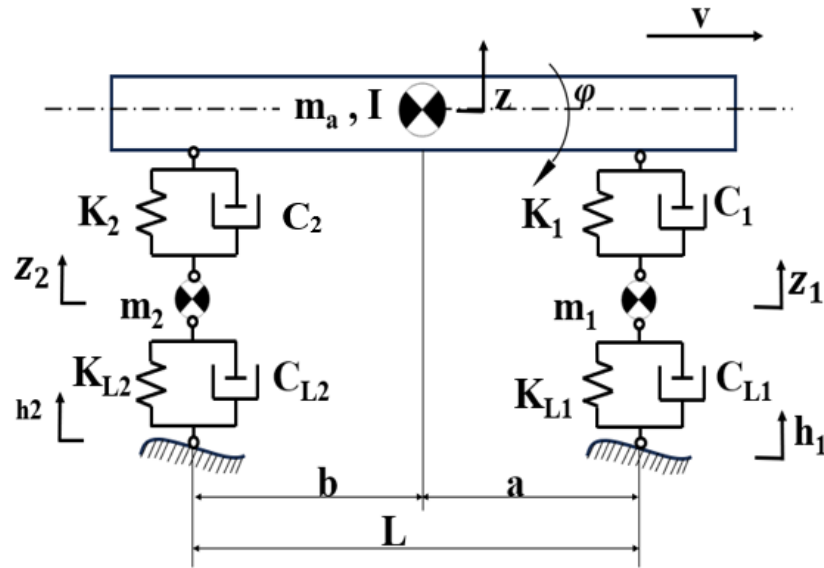
Trong đó:

Y_1 - Phản lực ngang do mặt đường tác động lên bánh trước.

Y_2 - Phản lực ngang do mặt đường tác động lên bánh sau.

l_m - Khoảng cách giữa vị trí lực kéo và O_2 .

1.2.3 Động lực học theo phương thẳng đứng



Hình 1. 6 Sơ đồ tác dụng lên ô tô khi chuyển động theo phương thẳng đứng

Trong đó:

m_a - Khối lượng thân xe (phần được treo)

m_1, m_2 - Khối lượng cầu trước và sau

I - Mô men quán tính quanh trục Y

C_1, C_2 - Hệ số giảm chấn trước và sau

K_1, K_2 - Độ cứng của giảm chấn trước và sau

K_{L1}, K_{L2} - Độ cứng của lớp trước và sau

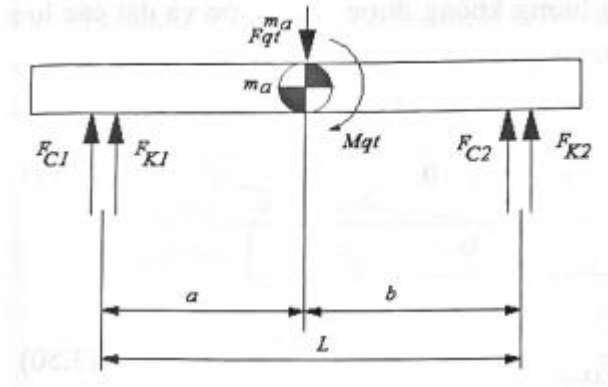
C_{L1}, C_{L2} - Hệ số giảm chấn lớp trước và sau

a, b - Tọa độ trọng tâm đối với cầu trước và sau

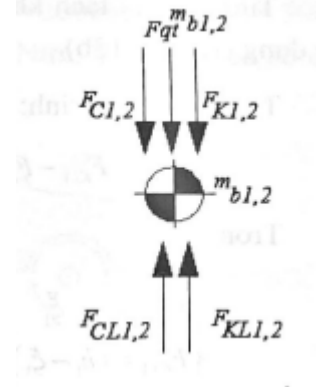
L - Chiều dài cơ sở

Từ sơ đồ dao động, ta xây dựng phương trình vi phân mô tả dao động. Có thể sử dụng một trong các phương pháp Lagrăng loại 2 hoặc Đalambe. Ở đây, ta áp dụng phương pháp Đalambe bằng cách tách các khối lượng trong mô hình dao động, đặt các lực tác dụng lên khối lượng sau đó cân bằng các lực. Tách khối lượng được treo và đặt các lực tác dụng theo hình 1.12 vào cân

bằng các lực và mô men, ta sẽ nhận được hai phương trình cân bằng lực và mô men tại điểm trọng tâm.



Hình 1. 7 Mô hình tách bộ phận được treo



Hình 1. 8 Mô hình tách cầu trước, sau

Ta có 2 phương trình:

$$F_{K1} + F_{C1} + F_{K2} + F_{C2} - F_{qt}^m a = 0 \quad (1.9)$$

$$(F_{K2} + F_{C2}).b - (F_{K1} - F_{C1}).a - M_{qt} = 0 \quad (1.10)$$

Trong đó:

$$\begin{cases} F_{qt}^m a = m_a \cdot \ddot{z} \\ M_{qt} = I \cdot \ddot{\phi} \\ F_{K1} = (\varepsilon_1 - z + a\phi)K_1 \\ F_{K2} = (\varepsilon_2 - z - b\phi)K_2 \\ F_{C1} = (\dot{z}_1 - \dot{z} + a\dot{\phi})C_1 \\ F_{C2} = (\dot{z}_2 - \dot{z} - b\dot{\phi})C_2 \end{cases} \quad (1.11)$$

Triển khai ra, ta có:

$$I\ddot{\phi} - (aC_1 - bC_2).\dot{z} + aC_1\dot{z}_1 - bC_2\dot{z}_2 + (a^2C_1 + b^2C_2).\dot{\phi} - (aK_1 - bK_2).z + aK_1z_1 - bK_2z_2 + (a^2K_1 + b^2K_2).\phi = 0 \quad (1.12)$$

$$m_a\ddot{z} + (C_1 + C_2)\dot{z} - C_1\dot{z}_1 - C_2\dot{z}_2 - (aC_1 - bC_2).\dot{\phi} + (K_1 + K_2).z - K_1z_1 - K_2z_2 - (aK_1 - bK_2).\phi = 0 \quad (1.13)$$

Ta tách khối lượng không được treo trước và đặt các lực tác dụng, ta có phương trình:

$$F_{KL1} + F_{CL1} - F_{qt}^m a - F_{K1} - F_{C1} = 0 \quad (1.14)$$

Trong đó:

$$\begin{cases} F_{qt}^{m_1} = m_1 \cdot \ddot{z}_1 \\ F_{KL1} = (h_1 - z_1)K_{L1} \\ F_{CL1} = (\dot{h}_1 - \dot{z}_1)C_{L1} \end{cases} \quad (1.15)$$

Sau khi thay thế và biến đổi, ta có:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{z}_1 - C_1 \dot{z} + (C_1 + C_{L1}) \cdot \dot{z}_1 + aC_1 \cdot \dot{\varphi} - K_1 z + (K_1 + K_{L1}) \cdot z_1 \\ + aK_1 \varphi = C_{L1} \dot{h}_1 - K_{L1} h_1 \end{aligned} \quad (1.16)$$

Làm tương tự đối với khối lượng không được treo sau, ta được:

$$\begin{aligned} m_2 \ddot{z}_2 - C_2 \dot{z} + (C_2 + C_{L2}) \cdot \dot{z}_2 - bC_2 \cdot \dot{\varphi} - K_2 z + (K_2 + K_{L2}) \cdot z_2 \\ - bK_2 \varphi = C_{L2} \dot{h}_2 - K_{L2} h_2 \end{aligned} \quad (1.17)$$

Ta có phương trình liên kết như sau:

$$\begin{aligned} z_A &\approx z - a \cdot \varphi \\ z_B &\approx z + b \cdot \varphi \\ \dot{z}_A &\approx \dot{z} - a \cdot \dot{\varphi} \\ \dot{z}_B &\approx \dot{z} + b \cdot \dot{\varphi} \end{aligned} \quad (1.18)$$

Căn cứ vào phân tích lực z trong hình ta có:

$$F_A = (C_1(\dot{z}_1 - \dot{z} + a \cdot \dot{\varphi}) + (z_1 - z + a \cdot \varphi)K_1) \quad (1.19)$$

$$F_B = (C_2(\dot{z}_2 - \dot{z} - b \cdot \dot{\varphi}) + (z_2 - z - b \cdot \varphi)K_2) \quad (1.20)$$

$$F_{L1} = (C_{L1}(-\dot{z}_1 + \dot{h}_1) + (-z_1 + h_1)K_{L1}) \quad (1.21)$$

$$F_{L2} = (C_{L2}(-\dot{z}_2 + \dot{h}_2) + (-z_2 + h_2)K_{L2}) \quad (1.22)$$

Từ phương trình trên ta biến đổi thành:

$$F_A = (C_1(\dot{z}_1 - \dot{z}_A) + (z_1 - z_A)K_1) \quad (1.23)$$

$$F_B = (C_2(\dot{z}_2 - \dot{z}_B) + (z_2 - z_B)K_2) \quad (1.24)$$

Suy ra phương trình vi phân có dạng:

$$m_a \ddot{z} = F_A + F_B \quad (1.25)$$

$$I \cdot \ddot{\varphi} = -a \cdot F_A + b \cdot F_B \quad (1.26)$$

$$m_1 \ddot{z}_1 = -F_A + F_{L1} \quad (1.27)$$

$$m_2 \ddot{z}_2 = -F_B + F_{L2} \quad (1.28)$$

1.2.4 Động lực học bánh xe [2]

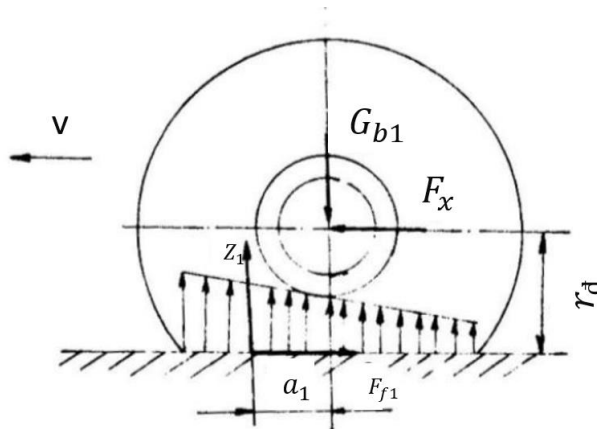
1.2.4.1 Động lực học của bánh xe bị động

* ĐLH của bánh xe đàn hồi lăn trên mặt đường cứng

Khi bánh xe lăn lực tác động lên bánh xe:

- Tải trọng tác dụng lên bánh xe G_{b1} .
- Lực đẩy từ khung đặt vào tâm trục bánh xe, hướng theo chiều chuyển động, F_x .
- Hợp lực của các phản lực tiếp tuyến từ đường tác dụng lên bánh xe đặt tại điểm tiếp xúc giữa bánh xe và đường, Z_1 .
- Hợp lực của các phản lực tiếp tuyến song song với mặt đường và ngược chiều chuyển động của xe, F_{f1} .

Ngoài ra, còn có các lực và mô men ma sát trong ổ trục, mô men quán tính, các lực này có trị số nhỏ nên có thể bỏ qua.

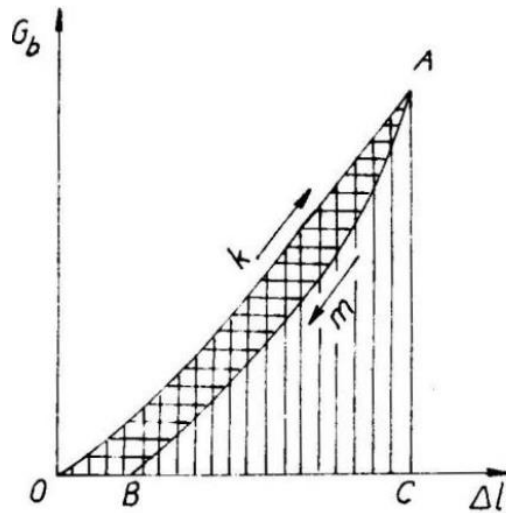


Hình 1. 9 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe đàn hồi trên đường cứng

Khi bánh xe lăn, các phần tử lớp bị biến dạng: phần trước bị nén khi tiếp xúc với mặt đường, trong khi phần sau trở lại trạng thái ban đầu. Quá trình này tạo ra ma sát giữa lớp và mặt đường, gây lực cản chuyển động. Điều này tạo ra ma sát giữa các phần tử của lớp và giữa lớp với mặt đường, dẫn đến lực cản

chuyển động. Nếu lớp có độ đàn hồi hoàn hảo, toàn bộ năng lượng tiêu hao do biến dạng sẽ được hoàn lại khi lớp phục hồi. Tuy nhiên, thực tế là một phần năng lượng này mất đi dưới dạng nhiệt truyền ra từ môi trường bên ngoài.

Trên đồ thị đặc tính biến dạng của bánh xe đàn hồi, năng lượng biến dạng được thể hiện theo đường OkA, trong khi năng lượng phục hồi được mô phỏng bởi đường AmB. Phần năng lượng bị mất là diện tích OAB.



Hình 1. 10 Đồ thị mô tả đặc tính biến dạng của bánh xe đàn hồi

Để xác định F_{f1} cùng hệ số cản lăn ta xây dựng phương trình mô men của các lực tác động lên tâm trục bánh xe như sau:

$$Z_1 \cdot a_1 = F_{f1} \cdot r_d \quad (1.29)$$

$$\text{Hoặc } Z_1 \cdot a_1 = G_{b1} \cdot a_1 = F_x \cdot r_d$$

Rút gọn công thức trên ta có:

$$F_{f1} = Z_1 \cdot \frac{a_1}{r_d} = G_{b1} \cdot \frac{a_1}{r_d} \quad (1.30)$$

r_d - bán kính động học của bánh xe;

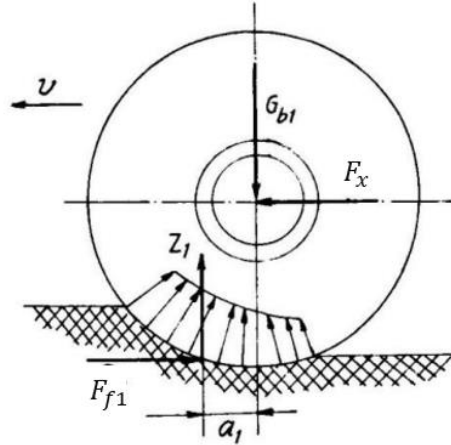
a_1 - khoảng cách từ điểm đặt hợp lực Z_1 đến giao điểm của đường thẳng góc đi qua tâm trục bánh xe với đường

$$\text{Hệ số cản lăn: } f_1 = \frac{a_1}{r_d} \quad (1.31)$$

$$\text{Mô men cản lăn: } M_{f1} = F_{f1} \cdot r_d \quad (1.32)$$

$$\text{Lực cản lăn: } F_{f1} = Z_1 \cdot f_1 \quad (1.33)$$

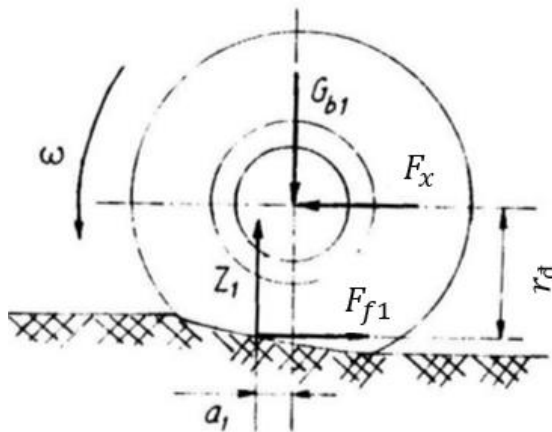
ĐLH trên đường mềm của bánh xe cứng.



Hình 1. 11 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe cứng trên đường đàn hồi

*** ĐLH của bánh xe đàn hồi lăn trên đường biến dạng**

Khi bánh xe đàn hồi di chuyển trên đường nhựa tốt, để giảm lực cản lăn, cần tăng áp suất không khí trong lốp. Ngược lại, khi bánh xe di chuyển trên đường mềm, để giảm tổn thất cản lăn, cần hạ thấp áp suất không khí trong lốp.



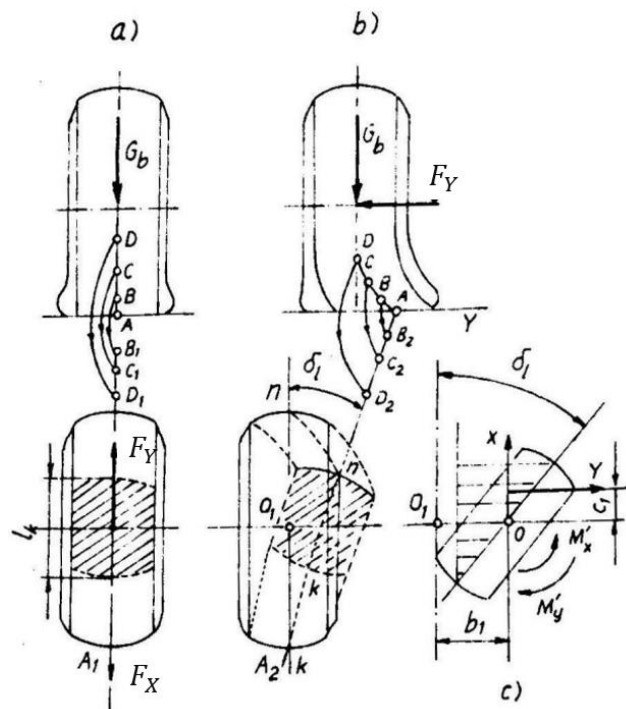
Hình 1. 12 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe đàn hồi trên đường đàn hồi

Biến dạng của bánh xe đàn hồi khi chịu lực ngang, góc lệch hướng.

Khi các bánh xe lăn không có lực ngang F_y tác dụng, bánh xe chỉ chịu tác dụng của lực G_b , lực đẩy F_x , lực cản lăn F_f . Điểm B của lớp sẽ tiếp xúc với đường tại B_1 , điểm C ở C_1 ... Quỹ đạo của mặt phẳng quay của bánh xe trùng với đường thẳng AA_1 . Vết tiếp xúc của bánh xe trùng với đường đối xứng qua mặt phẳng dọc của bánh xe.

Khi lực ngang tác dụng lên bánh xe, các lớp lớp bị uốn cong, khiến mặt phẳng của bánh xe lệch so với tâm điểm tiếp xúc một đoạn b_1 . Các điểm tiếp xúc trên lớp lần lượt di chuyển theo đường chéo, dẫn đến hiện tượng lăn lệch và tạo góc lệch hướng δ giữa mặt phẳng quay của bánh xe và hướng chuyển động.

Trong quá trình này, các phần tử lớp phía trước vết tiếp xúc bị biến dạng ít hơn so với phần sau, dẫn đến phản lực ngang phía trước nhỏ hơn. Hợp lực phản lực ngang Y_b có giá trị bằng F_y và lệch hướng về sau vết tiếp xúc một đoạn c_1 .



Hình 1.13 Sơ đồ minh họa sự lăn của bánh xe đàn hồi

a. Khi không có lực ngang tác dụng. b. Khi có lực ngang tác dụng.

c. Biểu đồ phân bố lực ngang ở vết bánh xe.

Do đó, khi bánh xe đàn hồi lăn và chịu ảnh hưởng của lực ngang F_y , xuất hiện một mô men bổ sung. Mô men này sinh ra do sự lệch hướng của phản lực X_b và Y_b so với tâm của vùng tiếp xúc giữa mặt đường và lốp.

$$M_l = M'_y - M'_x \quad (1.34)$$

Góc lệch hướng δ dựa vào vào lực ngang F_y hoặc Y_b (vì $F_y = Y_b$). Khi F_y cùng chiều nghiêng của bánh xe khi đó δ sẽ tăng; ngược lại, δ sẽ giảm.

Với lực F_y nhỏ, biến dạng đàn hồi của lốp tạo ra sự thay đổi hướng. Khi F_y gần bằng lực bám ngang, lốp lệch hướng tạm thời ở phần sau vùng tiếp xúc. Khi đó, F_y đạt hoặc vượt $F_{\phi y}$ lốp sẽ trượt ngang hoàn toàn.

Quan hệ giữa δ và F_y được thể hiện bằng công thức (khi $F_y < F_{\phi y}$):

$$F_y = k_c \delta \text{ hoặc } Y_b = k_c \delta \quad (1.35)$$

Trong đó:

F_y – Lực ngang tác dụng lên bánh xe (N).

δ – Góc lệch hướng của bánh xe (góc lệch bên) (độ).

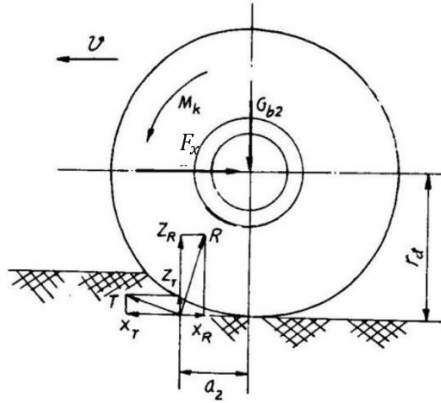
k_c – Hệ số chống lệch bên. Hệ số này phụ thuộc vào kích thước lốp, kết cấu và áp suất lốp (N/độ).

Lệnh hướng dẫn của bánh xe do lực ngang tác động ảnh hưởng mạnh đến khả năng dẫn hướng và ổn định của xe khi di chuyển.

1.2.4.2 Động lực học của bánh xe chủ động

Trong phần này chỉ nghiên cứu trường hợp bánh xe đàn hồi lăn trên đường mềm (đường biến dạng).

Nhiệm vụ: xác định mô men kéo M_k và hệ số cản lăn.



Hình 1. 14 Sơ đồ lực tác dụng lên bánh xe chủ động

$$\text{Hợp lực pháp tuyến R: } \vec{R} = \vec{Z}_R + \vec{X}_R \quad (1.36)$$

$$\text{Hợp lực tiếp tuyến T: } \vec{T} = \vec{Z}_T + \vec{X}_T \quad (1.37)$$

Điểm đặt hợp lực R và T nằm cách giao điểm của đường thẳng đứng qua tâm trục bánh xe và đường một đoạn a_2 .

Phương trình cân bằng mô men quay của bánh xe:

$$M_K = (Z_R + Z_T) \cdot a_2 + (X_T - X_R) \cdot r_d \quad (1.38)$$

Tương đương:

$$M_K = Z_2 \cdot a_2 + X_K \cdot r_d \quad (1.39)$$

Với:

$$\begin{aligned} Z_2 &= Z_R + Z_T \\ X_K &= X_T - X_R \end{aligned} \quad (1.40)$$

Để tính hệ số cản lăn, ta có:

$$Z_2 \cdot a_2 = G_{b2} \cdot a_2 = F_{f2} \cdot r_d = M_{f2} \quad (1.41)$$

Suy ra:

Ta có $f_2 = \frac{a_2}{r_d}$ là hệ số cản lăn của bánh xe tiếp xúc mặt đường.

Do $a_2 > a_1$ vì ảnh hưởng của M_k nên $f_2 > f_1$. Tuy nhiên, để đơn giản trong tính toán:

$$f_1 \approx f_2 \approx f \quad (1.42)$$

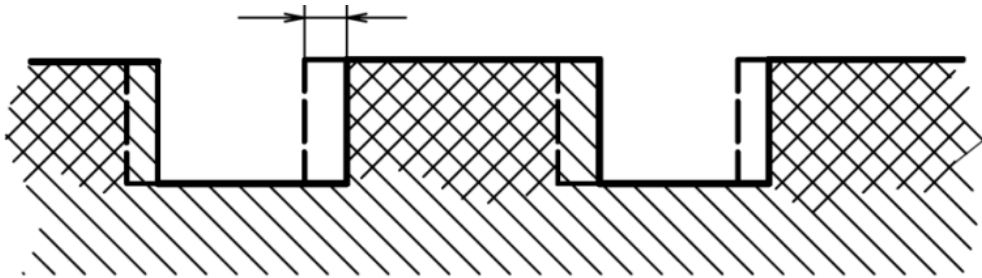
* Sự trượt của bánh xe chủ động

Khi bánh xe quay dưới tác động của mô men xoắn, các mẫu lốp tạo áp lực lên mặt đất theo chiều ngược lại với hướng di chuyển, gây ra sự nén đất trong phạm vi một đoạn b . Điều này làm trục bánh xe lùi lại, giảm vận tốc tịnh tiến và gây trượt quay.

Ngoài ra, sự biến dạng tiếp tuyến của lốp do mô-men xoắn M_k cũng làm giảm vận tốc, vì bán kính thực tế của bánh xe giảm, làm khoảng cách sau mỗi vòng quay giảm.

Khi phanh, mô-men phanh làm đất bị nén cùng chiều chuyển động, khiến trục bánh xe tiến về trước, tăng vận tốc thực tế, gây trượt lết. Biến dạng tiếp tuyến của lốp dưới mô-men phanh cũng làm tăng vận tốc, tạo ra hiện tượng trượt lết.

Các yếu tố như điều kiện đường, áp suất, vật liệu lốp, và tải trọng cũng ảnh hưởng đến sự trượt của bánh xe.



Hình 1. 15 Sơ đồ bánh xe chủ động lăn trên các dạng đường mấp mô

* Phương pháp xác định hệ số trượt

Sự trượt của bánh xe được biểu thị thông qua hệ số trượt δ_k và độ trượt λ_k :

$$\delta_k = \frac{v_s}{v_0} = \frac{v_0 - v}{v_0} = 1 - \frac{v}{v_0} \quad (1.43)$$

Sự trượt của bánh xe xác định thông qua chỉ số λ_k :

$$\lambda_k = \delta_k 100\% \quad (1.44)$$

Hệ số trượt và độ trượt khi phanh:

Trong trường hợp phanh ta có hệ số trượt và độ trượt như sau:

$$\delta_p = -\frac{v_\delta}{v} = \frac{v_o - v}{v} = \frac{v_o}{v} - 1 = \frac{r_b}{r_1} - 1 \quad (1.45)$$

$$\lambda_p = \delta_p 100\% \quad (1.46)$$

1.2.5 Các nghiên cứu trong và ngoài nước về động lực học xe điện

Hiện nay, với tầm nhìn và chiến lược trong ngành nghề phát triển công nghiệp ô tô, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Quyết định theo số 1168/QĐ-TTg ngày 16/07/2014 về việc phê duyệt chiến lược phát triển ngành công nghiệp ô tô Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn 2035. Quyết định này nhấn mạnh công việc “Khuyến khích sản xuất dòng xe thân thiện môi trường (xe tiết kiệm nhiên liệu, xe hybrid, xe sử dụng nhiên liệu sinh học, xe chạy điện...), đáp ứng các yêu cầu về tiêu chuẩn khí thải theo lộ trình” đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt. Dựa trên định hướng phát triển này, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện liên quan đến các loại xe ô tô điện.

Tuy nhiên, khi xem xét trong điều kiện đường xá ở Việt Nam có thể thấy còn thiếu những nghiên cứu toàn diện, khoa học và có hệ thống về xe ô tô điện. Các yếu tố dẫn đến sự gia tăng phổ biến của xe điện bao gồm nhu cầu ngày càng cao về nhiên liệu, trong khi nguồn cung có thể trở nên khan hiếm trong tương lai, cùng với việc cần giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà các phương tiện giao thông đang gây ra sự cố này. Chính vì lý do này, các sáng kiến về xe điện đã ra đời nhằm cải thiện môi trường sống trở nên trong lành hơn.

Xe ô tô chạy bằng nhiên liệu hóa thạch hiện nay đang được hạn chế để thay vào đó là xe ô tô chạy điện với tốc độ gia tăng nhanh chóng và nó cũng đang là xu hướng phát triển mới của tương lai. Tại Việt Nam, đang có nhiều các nhóm nghiên cứu tập trung vào lĩnh vực xe điện. Điển hình là nhóm nghiên cứu của PGS. TS Nguyễn Thanh Quang, PGS. TS Lê Hồng Quân cùng cộng sự dẫn đầu đề tài “Ứng dụng phần mềm Matlab Simcape để mô phỏng

và đáng giá xe ô tô điện” đã đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu của xe trên một số dạng mặt đường [3]. Ngoài ra, Khoa Cơ khí Động lực thuộc trường Đại học Đại học Bách Khoa Hà Nội cũng đã thực hiện đề tài “Xây dựng mô hình khảo sát khả năng vận hành của xe điện cỡ nhỏ trong điều kiện nội đô” do tác giả Trần Quang Minh cùng cộng sự thực hiện, đã nghiên cứu khả năng vận hành và năng lượng tiêu thụ của xe điện trong điều kiện nội đô [4]. Hay như nghiên cứu của tác giả Nguyễn Thành Công với đề tài “Nghiên cứu mô phỏng và khảo sát ảnh hưởng của các chế độ vận hành tới khả năng làm việc của xe điện ” cũng đã phân tích đến khả năng tăng tốc, năng lượng tiêu thụ, quãng đường di chuyển của xe điện so với xe chạy nhiên liệu xăng [5].

Ngoài ra cũng có một số nghiên cứu nước ngoài như: “Design and Development of Small Electric Vehicle using MATLAB/Simulink” của tác giả Bambang Sri Kaloko, Soebagio và Mauridhi Hery Purnomo đã nghiên cứu dung lượng cần thiết của Pin cho một xe điện, xác định hiệu suất của xe điện qua quá trình khởi động hoặc chạy với tốc độ không đổi [6]. Các nghiên cứu nước ngoài thường sử dụng các công cụ để mô phỏng, dưới đây cũng là một nghiên cứu thực hiện với sự hỗ trợ của phần mềm Matlab/Simulink “Modeling of an Electric Vehicle with Matlab/Simulink” của tác giả Ahmet Onur Kiyakli và Hamit Solmaz đã đánh giá mức tiêu hao năng lượng, phanh tái tạo dựa vào chu trình người lái NEDC (New European Driving Cycle) và WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) [7]. Cuối cùng là nghiên cứu “Modelling of Electric Vehicles Using Matlab/ Simulink” của Marah Al Halabi và Anas Al Tarabsheh đã đánh giá đến ĐLH, hiệu suất truyền động và pin của một chiếc xe ô tô thuần điện [8].

Xây dựng mô phỏng ĐLH của ô tô điện để đánh giá được khả năng vận hành, mức tiêu hao năng lượng, hiệu suất truyền động trong các dạng điều kiện khác nhau. Các mô phỏng này thường được sử dụng trên các công cụ

phần mềm chuyên biệt như AVL Boots, Matlab/ Simulink, Carsim, ... được phát triển đặc biệt để mô phỏng ĐLH của xe từ đó phân tích ảnh hưởng của các yếu tố như tốc độ, năng lượng tiêu thụ pin, hiệu suất động cơ điện ... Việc sử dụng các công cụ này không chỉ giúp thiết kế tối ưu hóa và cải thiện hiệu suất của ô tô mà còn tạo ra những hiểu biết về cách thức hoạt động của chúng trong các điều kiện môi trường khác nhau.

Trong đề án này, tôi phân tích ĐLH của xe ô tô điện VF e34 trên các tuyến đường cao tốc và đô thị, nhằm đánh giá hiệu quả tiêu thụ năng lượng, công suất, mô men xoắn và khả năng tái tạo năng lượng, từ đó đưa ra các giải pháp tối ưu cho người sử dụng.

1.3. Điều kiện đường xá tại Việt Nam

Tại Việt Nam, mạng lưới giao thông thể hiện sự phong phú và đa dạng với các điều kiện đường xá khác nhau, mỗi loại đường đều có ảnh hưởng riêng biệt đến tốc độ tối đa và hiệu suất vận hành của xe ô tô. Hiện nay, tốc độ tối đa của phương tiện không chỉ được xác định bởi các quy định pháp lý mà còn bị chi phối mạnh mẽ bởi dạng đường và điều kiện địa hình cụ thể.

1.3.1 Đường Cao Tốc

Đường cao tốc đóng vai trò quan trọng trong hệ thống giao thông của Việt Nam, không chỉ giúp giảm thời gian di chuyển mà còn nâng cao hiệu quả vận tải. Việc tuân thủ tốc độ tối đa và các quy định giao thông là rất cần thiết để đảm bảo an toàn cho tất cả người tham gia giao thông.



Hình 1. 16 Đường cao tốc

Tốc độ Tối Đa: Theo quy định, tốc độ tối đa cho phép trên các tuyến đường cao tốc ở Việt Nam thường là 120 km/h. Tuy nhiên, một số đoạn đường có thể có giới hạn tốc độ thấp hơn tùy thuộc vào điều kiện cụ thể và biển báo giao thông.

Các tuyến đường cao tốc thường có mặt đường phẳng và rộng, ít khúc cua và đèo dốc. Những đặc điểm này giúp giảm thiểu lực cản lăn và lực cản không khí, tạo điều kiện lý tưởng để nghiên cứu mối quan hệ giữa lực kéo, công suất động cơ, và vận tốc. Động lực học ô tô trên đường cao tốc cũng được điều chỉnh để tối ưu hóa khả năng tăng tốc, vận hành ổn định ở tốc độ cao, và đảm bảo hiệu quả tiêu thụ nhiên liệu.

Đặc biệt, các điều kiện trên đường cao tốc giúp các nhà nghiên cứu và nhà sản xuất tập trung vào việc cải tiến các hệ thống hỗ trợ lái, như kiểm soát hành trình tự động (adaptive cruise control), và tối ưu hóa hiệu suất động cơ để đáp ứng nhu cầu thực tế.

1.3.2 Đường Dốc



Hình 1. 17 Đường dốc

Tốc độ Tối Đa: Đối với đường dốc, tốc độ tối đa của xe ô tô thường bị hạn chế để đảm bảo an toàn. Tốc độ tối đa có thể giảm xuống từ 20 km/h đến 60 km/h tùy thuộc vào độ dốc và tình trạng của đường. Các biển báo sẽ cung cấp hướng dẫn cụ thể cho tốc độ tối đa cho phép.

Đường dốc thường có các đoạn dốc ngắn hoặc dài với độ dốc thay đổi, đôi khi vượt quá 10%. Điều này làm tăng yêu cầu về lực kéo của động cơ và lực phanh để duy trì tốc độ an toàn. Trong các đoạn dốc đi lên, động lực học ô tô phải đảm bảo:

Công suất động cơ: Động cơ cần cung cấp đủ công suất để thắng lực hấp dẫn và lực cản lăn.

Mô-men kéo: Độ dốc lớn đòi hỏi mô-men kéo cao hơn để duy trì hoặc tăng tốc độ.

Khi di chuyển xuống dốc, động lực học tập trung vào việc kiểm soát tốc độ thông qua:

Lực phanh: Hệ thống phanh cần hoạt động hiệu quả để giảm tốc độ an toàn.

Phanh động cơ: Sử dụng phanh động cơ để giảm tải cho hệ thống phanh chính và tránh hiện tượng quá nhiệt.

An Toàn và Phương Pháp Vận Hành: Những đoạn đường dốc lớn đòi hỏi người lái xe phải duy trì tốc độ thấp và sử dụng các phương pháp vận hành an toàn, như giữ khoảng cách với xe phía trước và tránh tăng tốc đột ngột. Đối với các xe điện, hệ thống phanh tái sinh có thể được kích hoạt khi xuống dốc, góp phần chuyển đổi năng lượng dư thừa thành năng lượng điện để sạc lại pin, đồng thời hỗ trợ phanh hiệu quả.

1.3.3 Đường Đô thị



Hình 1. 18 Đường đô thị

Tốc độ Tối Đa: Tốc độ tối đa cho phép trên đường nội đô thường là 50 km/h hoặc thấp hơn tùy thuộc vào khu vực và biển báo giao thông. Tại các

khu vực đông dân cư hoặc gần trường học, tốc độ tối đa có thể được giảm xuống để đảm bảo an toàn cho người đi bộ và các phương tiện khác.

Đường đô thị thường có bề mặt không đồng đều, nhiều khúc cua, và các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng vận hành của ô tô như gờ giảm tốc, ổ gà hoặc chướng ngại vật. Những yếu tố này làm tăng yêu cầu về:

Khả năng tăng tốc: Ô tô cần có khả năng tăng tốc nhanh chóng để thích ứng với các tình huống thay đổi giao thông.

Hệ thống phanh: Hệ thống phanh phải nhạy bén và hiệu quả để xử lý các tình huống dừng đột ngột.

Khả năng xoay trở: Thiết kế động lực học cần tập trung vào việc duy trì tính ổn định và khả năng kiểm soát trong không gian hẹp hoặc khi vào cua.

1.3.4 Đường hỗn hợp

Tốc độ Tối Đa: Trên đường hỗn hợp, tốc độ tối đa cho phép thường dao động từ 60-80 km/h, tùy thuộc vào điều kiện cụ thể và biển báo giao thông. Việc tuân thủ tốc độ này là rất quan trọng để đảm bảo an toàn cho tất cả các phương tiện tham gia giao thông, bao gồm cả xe máy và ô tô.

Dạng Địa Hình Đường Hỗn Hợp

- Mặt đường không đồng đều:

Đường hỗn hợp thường bao gồm cả mặt đường nhựa và đường đất, với chất lượng mặt đường thay đổi. Điều này làm tăng hệ số cản lăn, ảnh hưởng đến lực kéo cần thiết và tiêu thụ năng lượng.

Các đoạn đường gồ ghề hoặc trơn trượt đòi hỏi hệ thống treo và lốp xe phải có độ bám tốt để duy trì khả năng điều khiển xe.

- Địa hình đa dạng:

Các đoạn dốc, khúc cua hoặc gồ ghề trên đường hỗn hợp yêu cầu hệ thống động cơ cung cấp mô-men xoắn đủ lớn khi leo dốc và khả năng phanh hiệu quả khi đổ dốc.

Động lực học của ô tô cũng cần đảm bảo sự ổn định khi vào cua hoặc di chuyển qua các đoạn đường phức tạp.

- Tình huống giao thông phức tạp:

Sự xuất hiện của người đi bộ, xe đạp, hoặc các phương tiện khác đòi hỏi hệ thống phanh và hệ thống hỗ trợ lái phải hoạt động hiệu quả để đảm bảo an toàn.

Trong các tình huống giao thông đột ngột, động cơ cần phản hồi nhanh để tăng hoặc giảm tốc độ.

- Biển báo giao thông và tuân thủ quy định:

Trên đường hỗn hợp, các biển báo giao thông cung cấp thông tin quan trọng về tốc độ tối đa, hướng đi và các quy định khác. Hệ thống hỗ trợ lái tiên tiến như kiểm soát hành trình thích ứng (ACC) và nhận diện biển báo giao thông (TSR) giúp tài xế tuân thủ các quy định này, đồng thời tối ưu hóa hiệu suất vận hành của xe.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Chương 1 đã trình bày tổng quan về xe ô tô điện cỡ nhỏ và điều kiện đường xá tại Việt Nam, bao gồm lịch sử phát triển, cấu tạo, nguyên lý hoạt động của xe điện, đồng thời phân tích động lực học và đặc điểm các loại đường đặc trưng. Qua việc tóm lược lịch sử phát triển và nguyên lý hoạt động, chương này đã cung cấp nền tảng lý thuyết quan trọng giúp hiểu rõ hơn về công nghệ và yếu tố kỹ thuật của xe điện. Phân tích ĐLH theo các phương dọc, ngang, thẳng đứng và ĐLH bánh xe làm rõ những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất và độ ổn định của xe khi di chuyển. Đồng thời, việc đánh giá điều kiện đường xá tại Việt Nam, bao gồm đường đô thị, đường cao tốc, đường đồi núi và đường hỗn hợp cho thấy tầm quan trọng của việc thiết kế mô hình xe phù hợp với địa hình thực tế. Các nội dung này không chỉ tạo cơ sở lý thuyết vững chắc mà còn làm tiền đề cho việc xây dựng mô hình mô phỏng xe điện trong chương tiếp theo, góp phần vào nghiên cứu và phát triển xe điện tối ưu hóa cho điều kiện vận hành tại Việt Nam.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG XE Ô TÔ ĐIỆN CỠ NHỎ TRÊN MỘT SỐ DẠNG ĐỊA HÌNH TẠI VIỆT NAM

2.1 Cơ sở lý thuyết

Việc hiểu rõ các yếu tố ĐLH giúp tối ưu hóa hiệu suất, cải thiện sự ổn định và tăng cường khả năng kiểm soát của xe. Trong đó, các lực tác động lên xe bao gồm lực cản không khí, lực cản lăn, lực kéo và lực trọng trường. Mỗi thành phần lực này tác động đến quá trình phanh, tăng tốc và duy trì tốc độ của xe, đặc biệt là trong các điều kiện vận hành khác nhau như đường bằng, đường dốc hoặc đường gồ ghề.

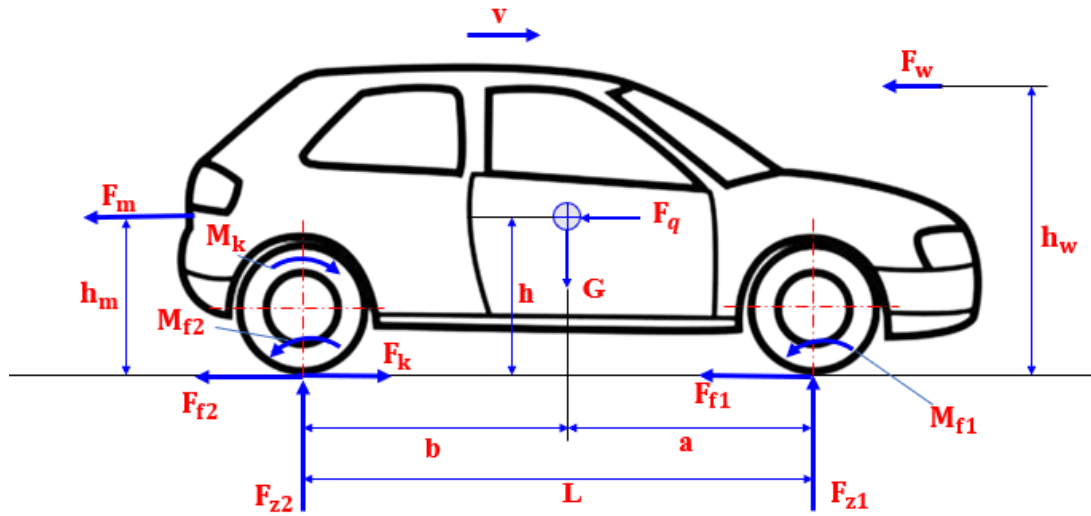
Trong bối cảnh xe ô tô điện, những đặc điểm riêng biệt của hệ thống truyền động điện và cách thức mà xe điện phản ứng với các lực tác động này càng trở nên quan trọng hơn. Việc nghiên cứu chi tiết các yếu tố ĐLH tổng quát giúp xác định được những yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến quá trình vận hành của xe, từ đó tối ưu hóa khả năng tiêu thụ năng lượng và hiệu suất của xe.

Trong số các khía cạnh của ĐLH, **ĐLH theo phương dọc** là một thành phần quan trọng. Nghiên cứu này mô tả cách xe đáp ứng với các lực kéo và cản dọc theo chiều dài của xe, tác động trực tiếp đến sức mạnh tăng tốc, giảm tốc và vận hành trên các loại mặt đường khác nhau. Hiểu rõ ĐLH theo phương dọc giúp phân tích sự cân bằng lực tác động lên xe, từ đó tính toán các thông số như lực kéo, mô men xoắn và công suất cần thiết để xe vận hành ổn định trên mọi địa hình. Phần tiếp theo sẽ đi sâu vào cơ sở lý thuyết của ĐLH chuyển động dọc theo xe, làm rõ cách các lực này tác động và ảnh hưởng đến hiệu suất của xe điện.

2.1.1 Mô hình xe chuyển động theo phương dọc [1]

2.1.1.1 Xe chuyển động trên đường bằng

Để xác định các phản lực F_{z1} , F_{z2} ta cân bằng mô men do các lực tạo ra lần lượt tại các điểm đặt của F_{z1} và F_{z2} (điểm tiếp xúc giữa bánh xe trước và sau với đường). Lưu ý rằng mô men chủ động M_k là nội lực và không tham gia vào các phương trình cân bằng mô men dưới đây:



Hình 2. 1 Các lực tác dụng lên xe khi xe chuyển động thẳng trên đường bằng

Mô men tại điểm tiếp xúc giữa mặt đường với bánh sau:

$$F_{z1}L + F_w h_w \pm F_q h + M_{f1} + M_{f2} - Gb + F_m h_m = 0, \quad (2.1)$$

Trong đó : $M_{f1} + M_{f2} = F_1 f r_b + F_2 f r_b = G f r_b$

Suy ra:

$$\begin{aligned} F_{z1} &= \frac{Gb - G f r_b - F_w h_w \mp F_q h - F_m h_m}{L} \\ &= \frac{G(b - f r_b) - F_w h_w \mp F_q h - F_m h_m}{L} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Làm tương tự ta được:

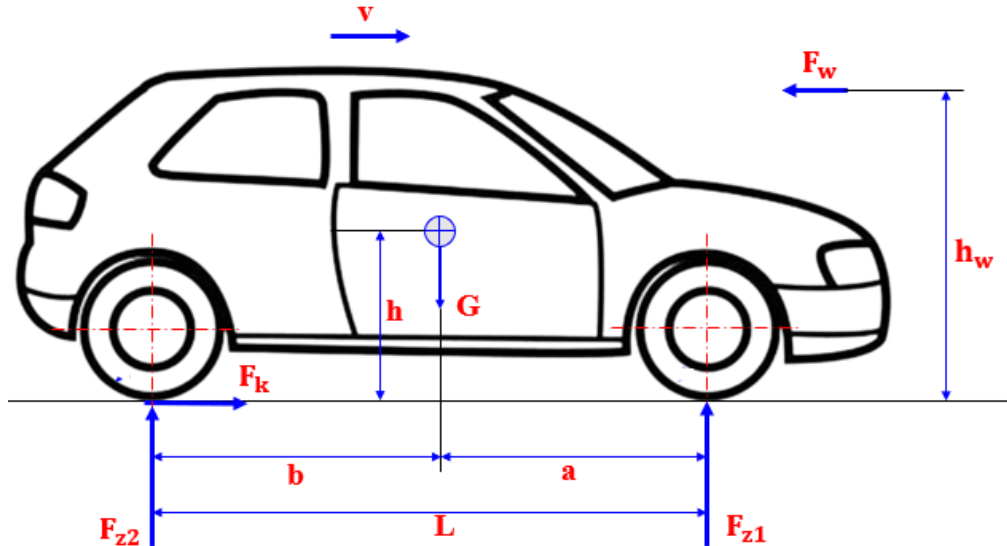
$$F_{z2} = \frac{G(a + f r_b) + F_w h_w \pm F_q h + F_m h_m}{L} \quad (2.3)$$

Trường hợp xe không kéo moóc và di chuyển trên đường bằng:

$$F_{z1} = \frac{G(b - fr_b) - F_w h_w \mp F_q h}{L} \quad (2.4)$$

$$F_{z2} = \frac{G(a + fr_b) + F_w h_w \pm F_q h_g}{L} \quad (2.5)$$

2.1.1.2 Xe chuyển động trên đường bằng với vận tốc cao



Hình 2. 2 Các lực tác dụng lên xe khi xe chạy với tốc độ cao

Khi xe chuyển động với tốc độ cao, lực cản không khí F_w sẽ tăng đáng kể. Khi đó, phản lực từ mặt đường lên bánh xe sẽ giảm, thậm chí bằng 0 và dẫn đến tình trạng gây nguy hiểm và xe bị mất kiểm soát.

Lấy mô men tại điểm tiếp xúc của đường với bánh xe sau (bỏ qua lực cản lăn) ta có:

$$F_{z1}L - Gb + F_w h_w = 0 \quad (2.6)$$

Ta rút ra:

$$F_{z1} = \frac{Gb - F_w h_w}{L} \quad (2.7)$$

Tốc độ xe càng tăng, lực cản không khí F_w tăng theo, phản lực F_{z1} sẽ giảm đi, khi $F_{z1} \rightarrow 0$ bánh trước của xe sẽ nhấc khỏi mặt đất, khi đó xe sẽ mất lái rất nguy hiểm và kèm theo đó là nguy cơ lật xe về phía sau.

Điều kiện bánh trước của xe sẽ nhấc khỏi mặt đất:

$$F_{z1} \leq 0 \rightarrow Gb - F_w h_w \leq 0. \quad (2.8)$$

Thay F_w vào công thức Lực cản không khí ta có:

$$Gb \leq 0,5\rho C A v^2 h_w \rightarrow v \geq \sqrt{\frac{2Gb}{\rho C A h_w}}. \quad (2.9)$$

Từ điều kiện trên, ta nhận thấy rằng xe có chiều cao lớn sẽ dễ mất ổn định. Vì vậy, các xe có tốc độ cao thường được thiết kế với chiều cao thấp để cải thiện sự ổn định.

2.1.1.3 Xe chuyển động trên đường dốc

Trong trường hợp chung (theo hình 1.9), khi xe kéo theo mooc và di chuyển không ổn định. Xe có đủ thành phần các lực cản: lực cản lăn F_{f1}, F_{f2} ; lực cản không khí F_w ; lực cản quán tính F_q ; lực cản lên dốc F_d ; lực cản mooc kéo F_m ; mô men cản lăn M_{f1}, M_{f2} ; Mô men chủ động M_k trong trường hợp này được coi là nội lực.

Cân bằng mô men với điểm tiếp xúc của bánh sau với mặt đường ta có:

$$F_{z1}L - bG\cos\alpha \pm hG\sin\alpha + F_w h_w \pm F_q h + F_m h_m + M_{f1} + M_{f2} = 0 \quad (2.10)$$

trong đó: $M_{f1} + M_{f2} = F_{z1}fr_b + F_{z2}fr_b = G\cos\alpha fr_b$,

Từ phương trình trên ta rút ra:

$$F_{z1} = \frac{G(bc\cos\alpha - fr_b\cos\alpha \mp h\sin\alpha) - F_w h_w \mp F_q h - F_m h_m}{L} \quad (2.11)$$

Làm tương tự ta được:

$$F_{z2} = \frac{G(ac\cos\alpha + fr_b\cos\alpha \pm h\sin\alpha) + F_w h_w \pm F_q h + F_m h_m}{L} \quad (2.12)$$

2.1.2 Các thành phần lực cản tác dụng lên ô tô điện theo phương dọc

Để tối ưu hóa hiệu suất và kiểm soát tốt hơn chuyển động của ô tô điện, việc dựa trên các nguyên tắc cơ bản của cơ học là cần thiết. Trong đó, định luật II Newton đóng vai trò quan trọng, cung cấp lý thuyết giúp giải thích mối

quan hệ giữa lực tác dụng, khối lượng xe và gia tốc. Khi áp dụng định luật này vào chuyển động của ô tô điện, chúng ta có thể hiểu rõ hơn về cách các lực tương tác ảnh hưởng đến vận tốc và khả năng tăng tốc của xe, đồng thời tạo cơ sở để cải thiện hiệu quả năng lượng (theo hình 1.9).

Định luật II Newton về gia tốc của một vật chuyển động có thể mô tả theo phương trình sau:

$$F = Gj = G \frac{dv}{dt} \quad (2.13)$$

Từ phương trình trên áp dụng vào chuyển động của ô tô điện, ta có phương trình sau:

$$F_k - (F_f + F_w \pm F_d \pm F_q + F_m) = Gj \quad (2.14)$$

trong đó:

$$F_f = f \cdot G \cdot \cos \alpha \text{ là lực cản lăn} \quad (2.15)$$

$$F_d = G \cdot \sin \alpha \text{ là lực cản dốc} \quad (2.16)$$

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2 \text{ là lực cản không khí} \quad (2.17)$$

$$F_q = \delta \frac{G}{g} j \text{ là quán tính của ô tô} \quad (2.18)$$

$$F_m = n \cdot Q \cdot \Psi \text{ là lực cản mooc kéo} \quad (2.19)$$

Với:

f là hệ số cản lăn tương ứng ở bánh xe với mặt đường;

G là trọng lượng của xe (kg);

α là góc dốc của mặt đường;

ρ là mật độ không khí ($\rho = 1,24 \text{ kg/m}^3$);

A là diện tích chính diện của ô tô (m^2);

v là vận tốc tương đối của xe với không khí (m/s);

C_w là hệ số khí động (không thứ nguyên): phụ thuộc hình dáng, chất lượng bề mặt ô tô, vỏ ô tô càng trơn nhẵn, hình dạng ô tô càng có dạng khí động học thì C_w càng nhỏ (Ns^2/m^4);

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

j là gia tốc tịnh tiến của ô tô (m/s^2);

δ là hệ số tính đến ảnh hưởng của các khối lượng vận động quay của ô tô;

($\delta = 1,04 + 0,05i_t^2$: Với i_t là tỷ số truyền của hộp số) [1]

n là số mooc kéo;

Q là trọng lượng một mooc kéo (kg);

Ψ là hệ số cản tổng cộng của đường.

Ngoài ra, ta cần lưu ý đến điều kiện chuyển động của ô tô điện, ô tô điện muốn di chuyển, đầu tiên lực kéo sinh ra tại bánh xe phải thắng toàn bộ các thành phần lực cản (điều kiện cần):

$$F_k \geq \Sigma F_c = F_f + F_d + F_w + F_q + F_m \quad (2.20)$$

Tuy nhiên, lực kéo F_k không thể tăng vô hạn mà bị giới hạn bởi lực bám F_φ , tức là $F_{k\max} = F_\varphi$. Do đó, để xe có thể di chuyển, cần thêm một điều kiện bổ sung (điều kiện đủ): $F_k \leq F_\varphi$

Cuối cùng ta có điều kiện chuyển động của xe là:

$$F_q \geq F_k \geq \Sigma F_c = F_f + F_d + F_w + F_q + F_m \quad (2.21)$$

2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng bằng phần mềm Matlab/Simulink

2.2.1. Giới thiệu phần mềm Matlab Simulink

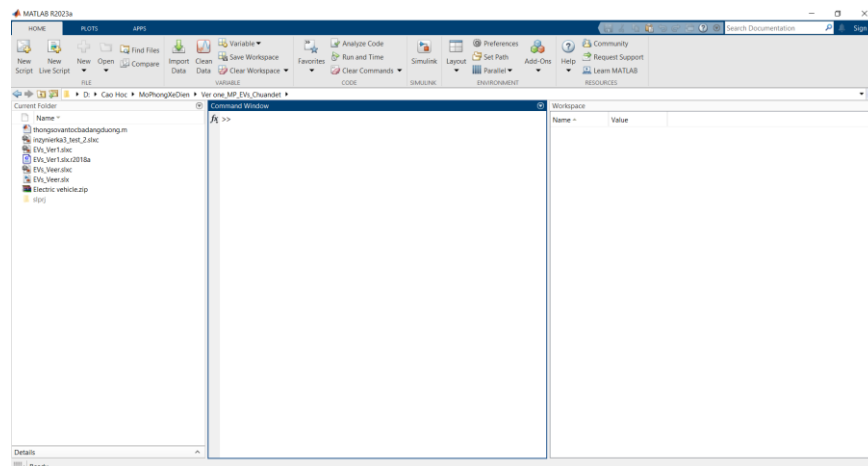
2.2.1.1. Matlab

Matlab (Matrix Laboratory) và Simulink là hai phần mềm mạnh mẽ được phát triển bởi MathWorks, một công ty hàng đầu trong lĩnh vực phần mềm tính toán và mô phỏng. Matlab được ra mắt lần đầu vào năm 1984, với mục tiêu ban đầu là giúp các nhà nghiên cứu và kỹ sư tiếp cận dễ dàng vào

tính toán số học và xử lý ma trận. Ngày nay, Matlab không chỉ là công cụ quan trọng trong khoa học máy tính mà còn ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như kỹ thuật, y học, kinh tế và nhiều ngành nghiên cứu khác. [9]



Hình 2. 3 Logo phần mềm Matlab

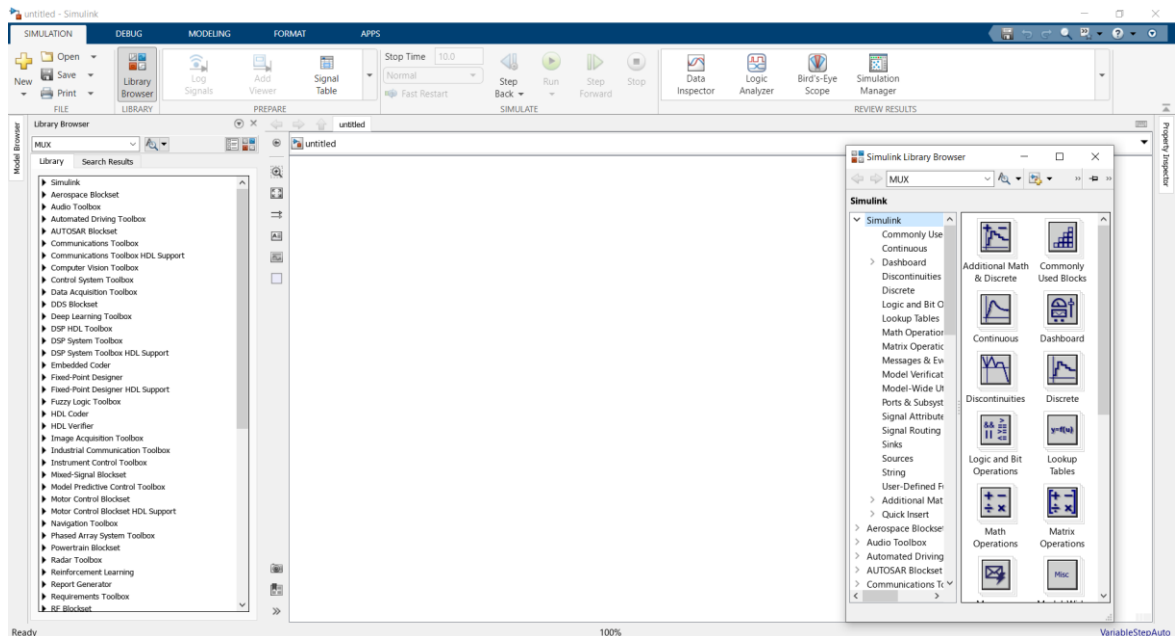


Hình 2. 4 Giao diện Matlab R2023a

2.2.1.2. Simulink

Simulink, một công cụ mở rộng của Matlab, được giới thiệu vào cuối thập kỷ 1980 nhằm mục đích giúp người sử dụng tạo ra các mô hình mô phỏng dựa trên hệ thống block diagram. Được tích hợp chặt chẽ với Matlab, Simulink cung cấp một môi trường trực quan cho việc phân tích và thiết kế các hệ thống ĐLH và quản lý hệ thống.

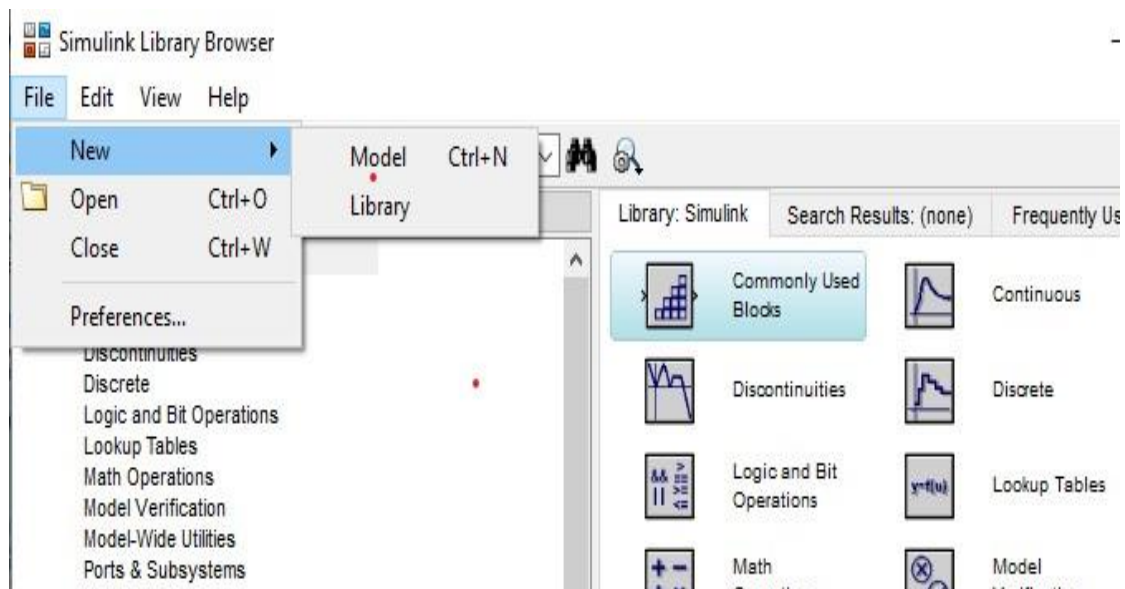
Để chạy Simulink ta vào mục “SIMULINK LIBRARY” hoặc đánh “Simulink” ra màn hình làm việc.



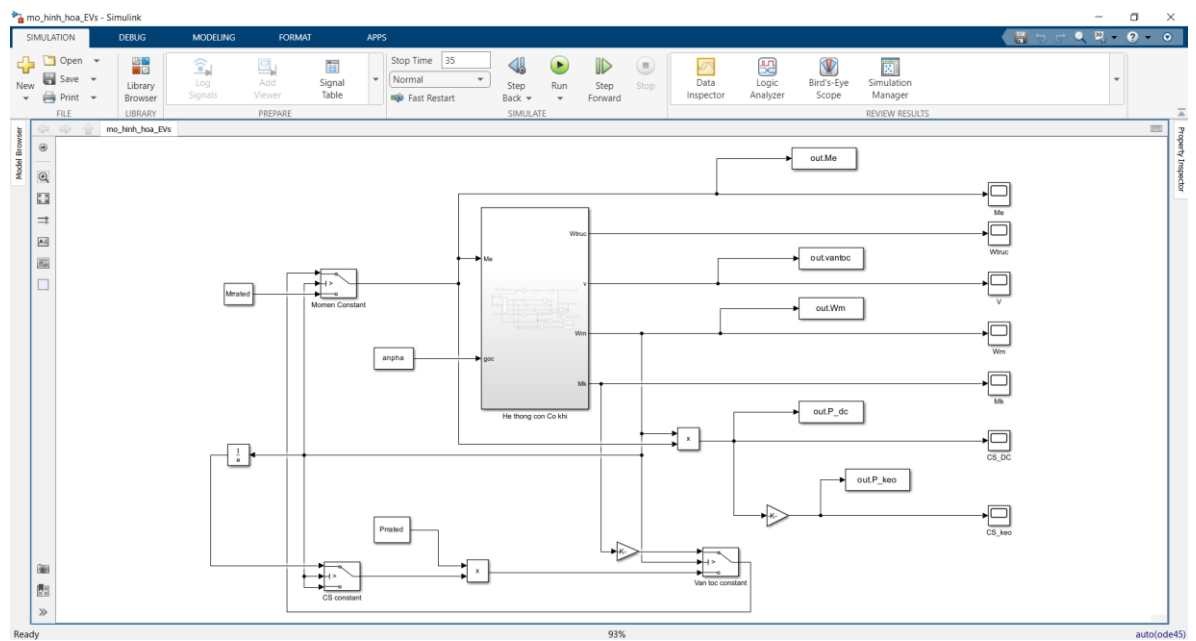
Hình 2. 5 Giao diện Simulink và Simulink Library

Tạo một mô hình mới bằng cách:

Click vào icon New model hoặc gõ Ctrl-N

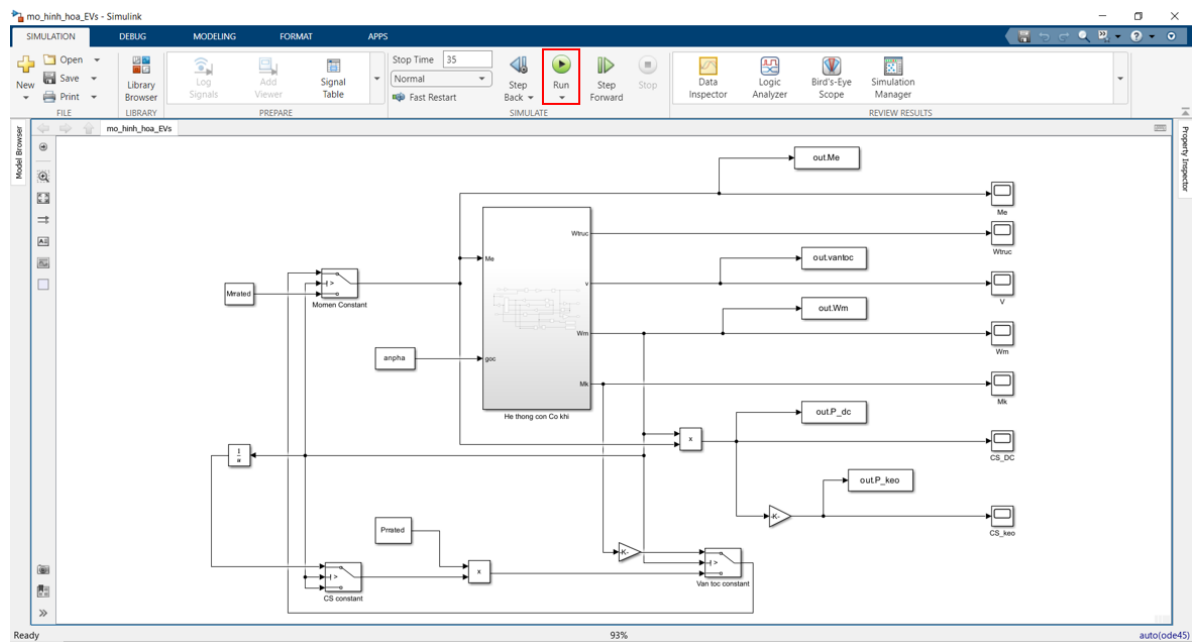


Hình 2. 6 Tạo mô hình mới



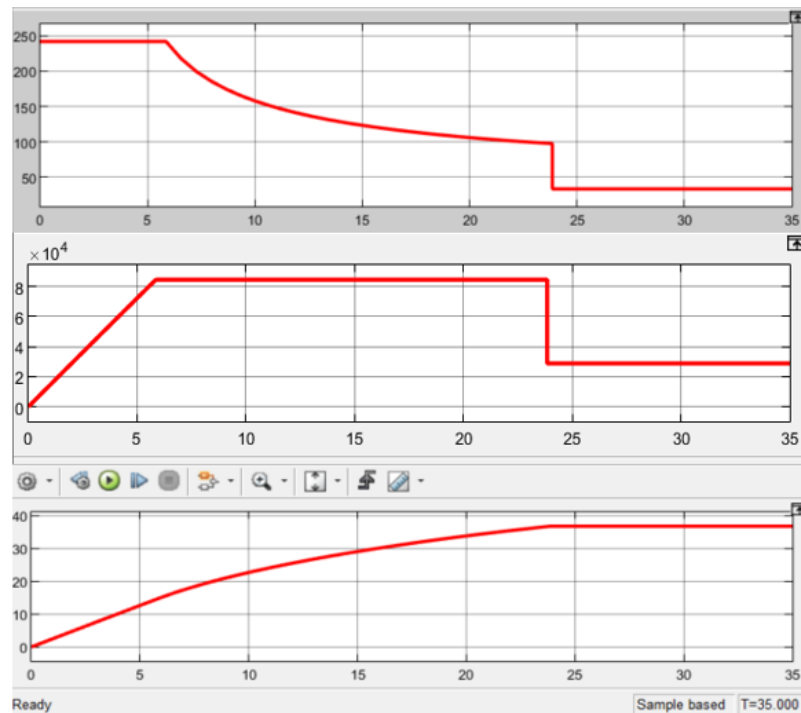
Hình 2. 7 Cửa sổ làm việc, xây dựng mô hình

Mô phỏng mô hình: Dùng lệnh Start (Menu Simulation > Start) hoặc nhấp chuột vào icon Start



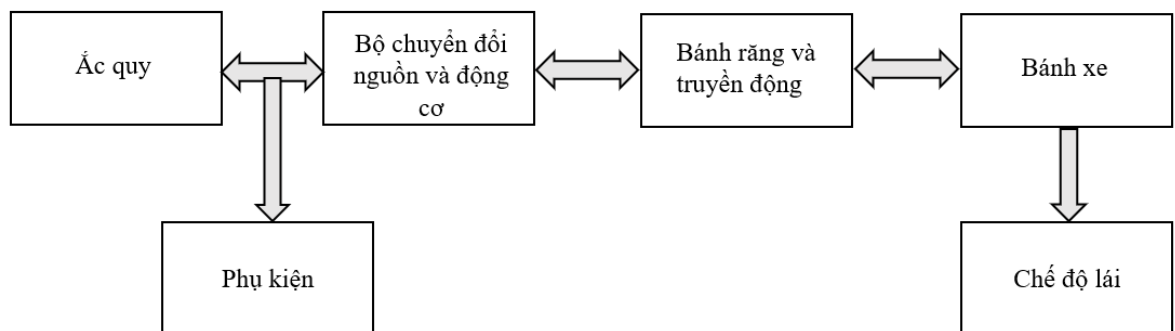
Hình 2. 8 Chạy mô hình sau khi hoàn thành

Xem tín hiệu từ Scope: nhấp đôi vào khối Scope



Hình 2. 9 Tín hiệu từ khối Scope

2.2.2. Mô phỏng động lực học của ô tô điện



Hình 2. 10 Sơ đồ khối mô hình phạm vi của ô tô

Nhìn vào Hình 2.10, ta có thể thấy các thành phần quan trọng như khối ắc quy, bộ chuyển đổi năng lượng, động cơ, và khối phụ kiện. Khối phụ kiện này bao gồm các hệ thống như điều hòa không khí, máy sưởi, trợ lực lái, hệ thống thông tin giải trí, cùng với nhiều hệ thống khác có trên xe. Ngoài ra, còn có các khối bánh răng và truyền động, khối bánh xe, cả hai đều được coi là phần của hệ thống cơ khí trên xe. Vì vậy, việc mô hình hóa ĐLH của xe

điện trong một chiếc xe điện chạy bằng pin, hoặc trong các phương tiện khác như xe sử dụng pin nhiên liệu, siêu tụ điện, xe điện dựa trên bánh đà, hoặc sự kết hợp của nhiều nguồn lực khác nhau, đều là những bước quan trọng để hiểu và tối ưu hóa cách thức vận hành của các hệ thống này trong việc điều khiển một chiếc xe điện.

Việc sử dụng phần mềm Matlab/Simulink nhằm phân tích hiệu suất của xe dựa trên các mô hình toán học là một công cụ vô cùng hiệu quả. Quá trình mô phỏng mô hình điện tử này sử dụng các khối chức năng có sẵn trong thư viện của Simulink, cho phép xây dựng hệ thống mô phỏng chi tiết và chính xác. Nhờ sự linh hoạt và mô-đun hóa của phần mềm, người dùng có thể dễ dàng tích hợp các thành phần như cơ điện, bộ truyền động, pin và hệ thống điều khiển, từ đó đánh giá khả năng vận hành của xe trong nhiều điều kiện khác nhau.

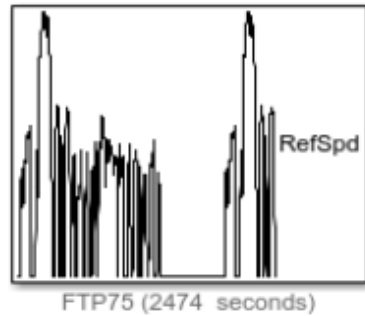
Mô hình xe điện trong Matlab/ Simulink sử dụng các thông số đầu vào quan trọng như: khối lượng xe, bán kính bánh xe, diện tích bề mặt cản trước, tỷ số truyền động, tốc độ xe, khối lượng người lái, mô men xoắn cực đại và công suất cực đại. Những thông số này là cơ sở để mô phỏng chính xác các yếu tố ĐLH của xe, từ khả năng tăng tốc, tỷ lệ chuyển hóa năng lượng và các thành phần lực cản của xe. Việc nhập đúng các thông tin này giúp mô tả các báo cáo thực tế, cung cấp chi tiết về hiệu suất hoạt động của xe điện trong các điều kiện vận hành khác nhau.

Trong quá trình xây dựng ĐLH xe điện bằng phần mềm Matlab/ Simulink, ta sử dụng các khối chính sau để thiết lập mô hình mô phỏng:

- Khối Nguồn Chu trình Lái xe [9]:

Khối Nguồn Chu trình Lái xe trong Simulink mô phỏng các chu kỳ lái xe chuẩn, cung cấp dữ liệu vận tốc theo thời gian để kiểm tra và phân tích hiệu suất động cơ và xe. Dữ liệu này có thể bao gồm các chu kỳ lái xe như

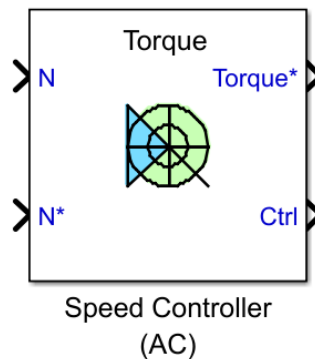
FTP-75, HWFET hoặc các chu kỳ tùy chỉnh khác. Chức năng chính của khối là tạo ra tín hiệu tốc độ tham chiếu (RefSpd) để kiểm tra phản ứng của hệ thống dưới các điều kiện lái xe khác nhau.



Hình 2. 11 Khối nguồn Chu trình Lái xe

- Khối Bộ điều khiển tốc độ AC [9]:

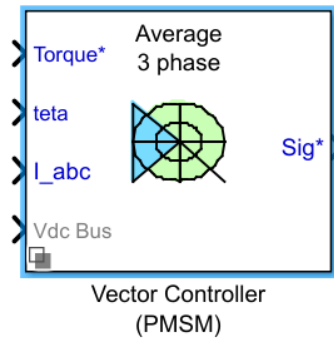
Bộ điều khiển tốc độ AC đóng vai trò quan trọng trong hệ thống điều khiển của mô hình, thường thực hiện chức năng điều chỉnh tốc độ xoay chiều (AC) bằng cách so sánh tốc độ thực tế với tốc độ mong muốn. Khối này dựa trên sự khác nhau giữa tốc độ thực tế và tốc độ mong muốn để tính toán mô men xoắn cần thiết để đạt hoạt động hiệu quả. Bao gồm các tín hiệu:



Hình 2. 12 Khối bộ điều khiển tốc độ AC

- Khối Bộ điều khiển véc-tơ cho động cơ PMSM [9]:

Khối Bộ điều khiển véc-tơ cho động cơ PMSM đóng vai trò quan trọng trong việc điều khiển cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu trong mô hình xe ô tô điện. Nó tối ưu hóa mô men xoắn và dòng điện ba pha, đảm bảo hiệu quả cơ sở hoạt động, đáp ứng nhanh chóng và chính xác theo yêu cầu của hệ thống.

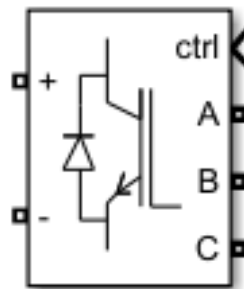


Hình 2. 13 Khối bộ điều khiển véc-tơ cho động cơ PMSM

- **Khối Biến tần ba pha [9]:**

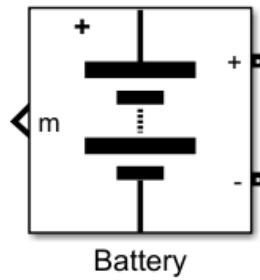
Khối Biến tần ba pha là một thiết bị điện tử dùng để chuyển đổi điện áp một chiều (DC) thành điện áp xoay chiều ba pha (AC). Trong xe ô tô điện, khối biến tần nhận điện áp DC áp dụng từ các nguồn như pin hoặc bộ lưu trữ năng lượng và chuyển đổi nó thành điện áp AC. Bộ biến tần cho phép điều chỉnh tốc độ và mô men xoắn của động cơ bằng cách thay đổi tần số và biên độ điện áp đầu ra.

Three-phase Inverter



Hình 2. 14 Khối biến tần ba pha

- **Khối Pin:** Đại diện cho nguồn năng lượng điện của ô tô điện. Nó cung cấp ứng dụng và dòng điện cần thiết để vận hành các thiết bị điện bao gồm động cơ điện và điều khiển hệ thống. Trong mô phỏng này, khối pin tích hợp các khối điều khiển để quản lý năng lượng bao gồm các công việc sạc và phóng điện, giúp tối ưu hiệu suất và tuổi thọ của pin. Khối này mô phỏng dưới điện áp DC. [9]



Hình 2. 15 Khối Pin

- **Chế độ sạc:**

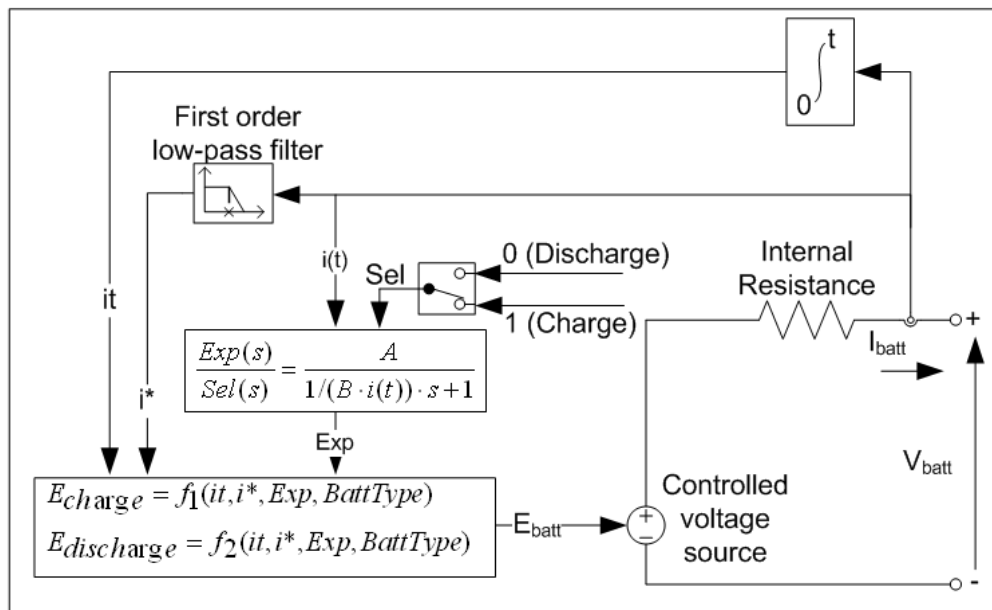
Mô phỏng khối pin quá trình sạc pin bằng cách tính toán dòng sạc và áp dụng điện dựa trên số lượng pin như dung lượng, điện trở, nhiệt độ, ...

Khối lượng tính toán đầy đủ và hiệu suất tổng hợp cũng được tính toán theo thời gian để đánh giá kết quả hiệu quả của quá trình sạc.

- **Chế độ xả:**

Khi pin cung cấp năng lượng để tải, khối Battery sẽ mô phỏng quá trình xả pin bằng cách tính toán dòng phóng, điện áp và pin theo thời gian.

Khối lượng lớn tính toán thời gian sử dụng và năng lượng còn lại trong pin để đánh giá hiệu suất và khả năng cung cấp điện của pin.



Hình 2. 16 Mạch tương đương của Pin Lithium

Mô hình xả ($i^* > 0$):

$$f_1(it, i^*, i) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it) \quad (2.22)$$

Mô hình nạp ($i^* < 0$):

$$f_2(it, i^*, i) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{it + 0.1 \cdot Q} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it) \quad (2.23)$$

Trong đó:

E_0 : Điện áp không đổi của pin (V)

K : Hằng số phân cực (V / Ah)

Q : Dung lượng pin (Ah)

i^* : dòng lực dòng điện tần số thấp (A)

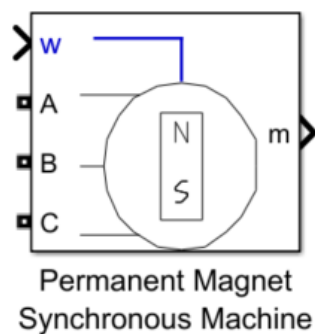
i : dòng điện của pin (A)

A : điện áp hàm mũ (V)

$\exp$: ĐLH vùng theo hàm mũ (V)

B : dung lượng theo cấp số nhân (Ah^{-1})

- **Khối PMSM**: là khối mô phỏng động cơ điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu, giúp tạo ra mô men và điều khiển tốc độ của động cơ.



Hình 2. 17 Khối PMSM

Các khối trên kết nối với nhau giúp phân tích hiệu suất của xe điện, đánh giá các chiến lược điều khiển khác nhau, tối ưu hóa hiệu quả năng lượng và đáp ứng điều khiển trong điều kiện vận hành thực tế. [9]

$$m\dot{V}_x = F_x - F_d - mg \cdot \sin \beta \quad (2.25)$$

$$F_x = n(F_{xf} + F_{xr}) \quad (2.26)$$

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A (V_x + V_w)^2 \cdot \text{sgn}(V_x + V_w) \quad (2.27)$$

Trong đó C_d, ρ, A, V_w là các thông số liên quan đến lực cản không khí, khí động học, diện tích cản chính diện, và n là số lượng bánh xe trên mỗi trục (f – trục trước, r – trục sau).

Các phản lực từ mặt đường được tính theo công thức sau:

$$F_{zf} = \frac{-h(F_d + mg \sin \beta + m\dot{V}_x) + b \cdot mg \cos \beta}{n(a + b)} \quad (2.28)$$

$$F_{zr} = \frac{+h(F_d + mg \sin \beta + m\dot{V}_x) + a \cdot mg \cos \beta}{n(a + b)} \quad (2.29)$$

Khi xe dừng, các bánh xe chịu lực phản tác dụng tĩnh theo phương trình sau:

$$F_{zf} + F_{zr} = mg \frac{\cos \beta}{n} \quad (2.30)$$

Khối Thân xe trong Simulink là công cụ quan trọng cho việc mô phỏng ĐLH và động học của thân xe, giúp xác định các lực tác động và phản ứng của xe trong các tình huống lái khác nhau.

- Khối Lớp xe (Công thức ma thuật):



Hình 2. 20 Khối lớp xe

Khối này sử dụng để mô phỏng mối quan hệ giữa lực và chuyển động của lớp xe, bao gồm các yếu tố như lực kéo, lực cản và lực phanh. Mô hình giúp xác định cách lớp xe tương tác với mặt đường, cho phép mô phỏng đặc tính ĐLH của xe trong các điều kiện lái khác nhau. Được mô tả như sau:



Hình 2. 21 Mô hình bánh xe

Phương trình thực nghiệm dựa trên bốn hệ số A, B, C, D.

$$F_x = f(k, F_z) = F_z D \sin(C \times \arctan\{B_k - E[B_k - \arctan(B_k)]\}) \quad (2.31)$$

Trong đó:

F_z là lực thẳng đứng;

F_x là lực dọc;

B, C, D, và E là các hệ số liên quan đến thông số hình học của lốp và trạng thái mặt đường.

$k = \frac{r_e W - V_x}{|V_x|}$ là hệ số trượt với W - vận tốc góc của bánh xe, V_x - vận tốc dài tại tâm bánh xe; r_e - bán kính làm việc trung bình của bánh xe.

Bảng 2. 1 Bảng hệ số ma sát theo điều kiện mặt đường [3]

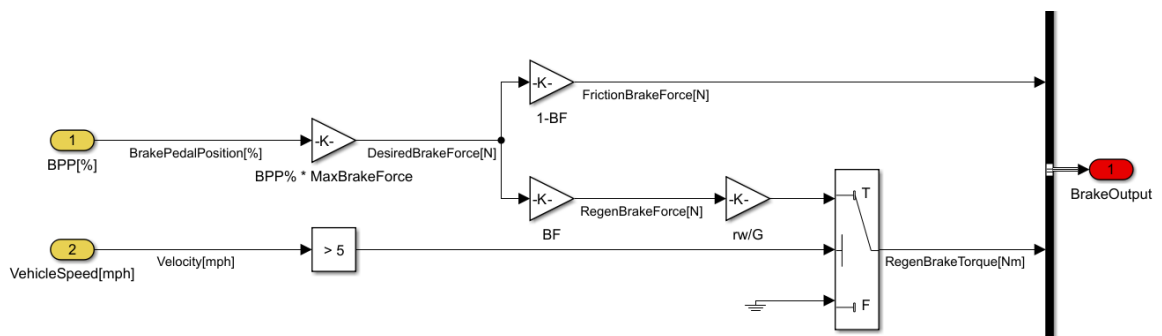
Loại mặt đường	B	C	D	E
Đường khô	10	1.9	1	0.97
Đường ướt	12	2.3	0.82	1
Đường có tuyết	5	2	0.3	1
Đường đóng băng	4	2	0.1	1

Mô hình mô phỏng bánh xe chuyển động ổn định, không có dao động quay, lắc ngang do các góc camber hoặc lực bên.

Khối Lốp xe (Công thức ma thuật) trong Simulink là công cụ mạnh mẽ cho việc mô phỏng hành vi của lốp xe, giúp phân tích các lực tác động và đặc tính chuyển động của xe. Nó cung cấp thông tin quan trọng cho việc phân tích hiệu suất, nghiên cứu độ bám đường và tối ưu hóa hệ thống điều khiển.

Sau khi kết nối với nhau, ta xây dựng được mô hình ĐLH theo phương diện của xe điện bằng phần mềm Matlab/ Simulink:

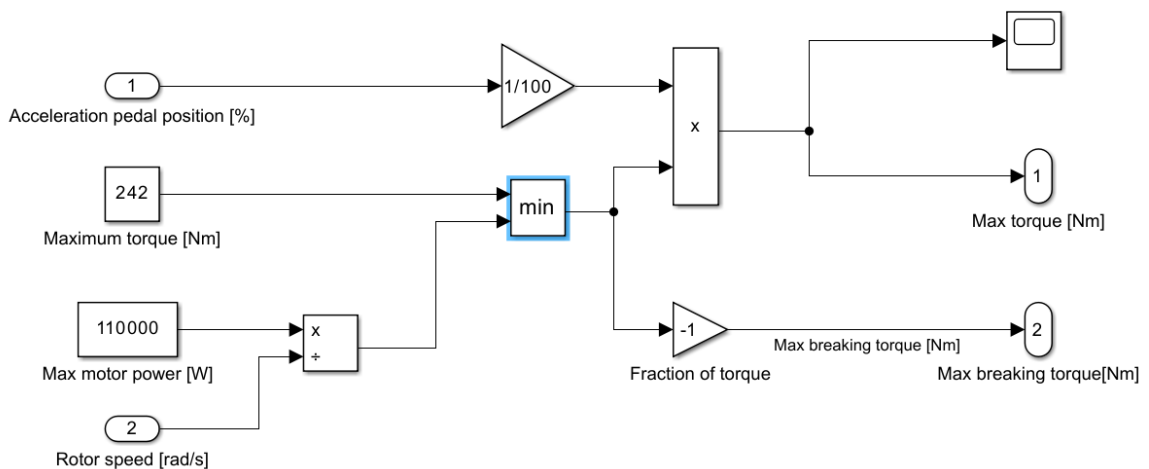
- Khối hệ thống Phanh:



Hình 2. 22 Thiết lập sơ đồ khối hệ thống Phanh

Sơ đồ khối này trong Simulink được thiết kế để mô phỏng hệ thống phanh của xe điện, tập trung vào việc phân phối lực phanh giữa phanh ma sát và phanh tái sinh. Ngoài ra, sơ đồ này giúp phân bổ tối ưu lực phanh để cải thiện hiệu quả năng lượng và kéo dài tuổi thọ của hệ thống phanh xe điện.

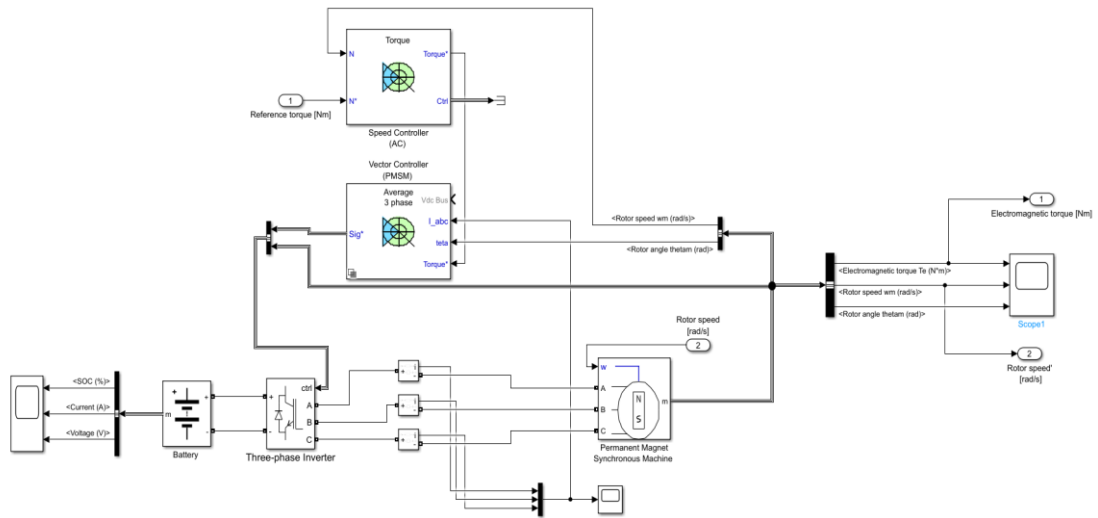
- Khối động lực xe điện



Hình 2. 23 Sơ đồ khối động lực của xe điện

Sơ đồ khối này trong Simulink mô phỏng ĐLH của xe điện, tập trung vào việc tính toán mô men xoắn động cơ dựa trên vị trí bàn đạp ga và giới hạn công suất động cơ. Ngoài ra, giúp quản lý hiệu quả việc phân phối mô men xoắn, tối ưu hóa hiệu suất và tiết kiệm năng lượng trong quá trình vận hành xe điện.

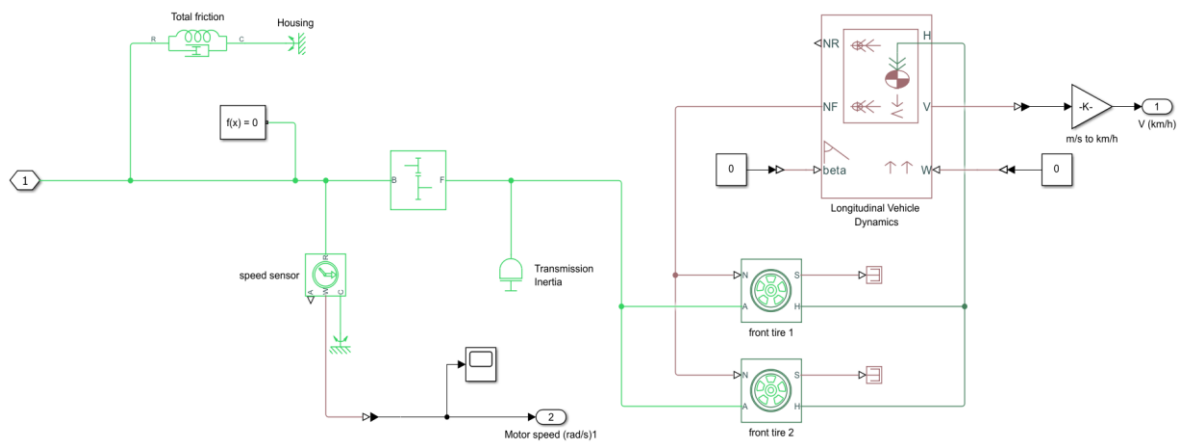
- Khối mô phỏng hệ thống truyền động điện



Hình 2. 24 Mô phỏng hệ thống truyền động điện

Sơ đồ khối này trong Simulink mô phỏng ĐLH của xe điện, tập trung vào hệ thống truyền động điện sử dụng động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM).

- Khối mô hình ĐLH theo chuyển động dọc của xe điện:



Hình 2. 25 Mô hình ĐLH theo phương dọc của xe điện

Sơ đồ khối này trong Simulink được thiết kế để mô phỏng ĐLH của xe điện, tập trung vào các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển động dọc của xe.

Sau khi hoàn tất việc thiết lập các khối hệ thống con, tiến hành kết nối các khối này với nhau để xây dựng mô hình ĐLH của xe điện theo phương dọc.

Quá trình này diễn ra theo các bước sau:

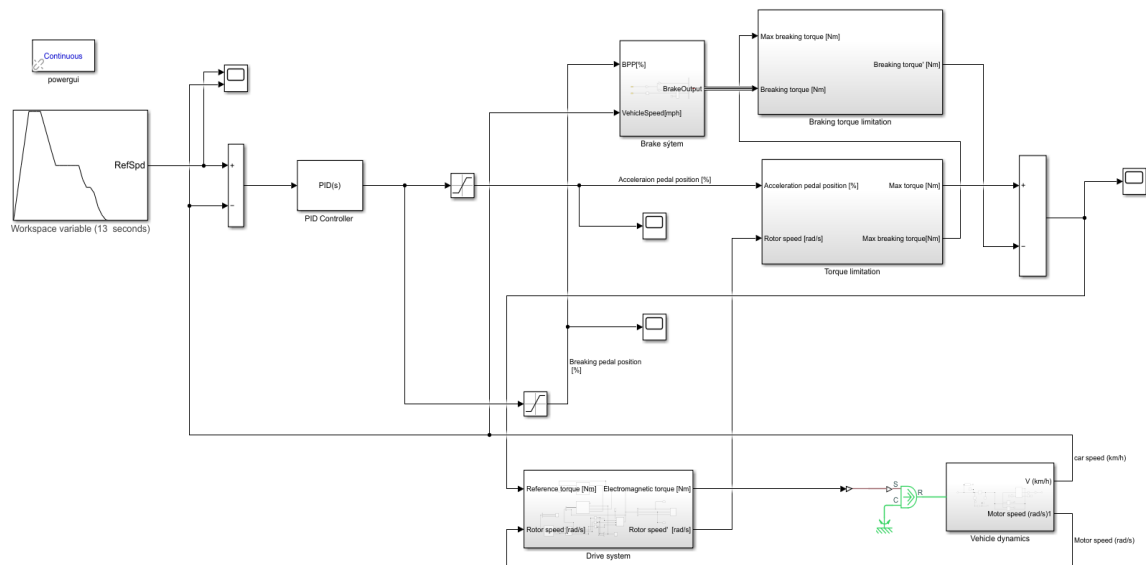
Kết nối các khối hệ thống phanh: Các khối mô phỏng hệ thống phanh tái sinh và phanh thường được liên kết với nhau, cho phép mô hình phản ánh chính xác khả năng phục hồi năng lượng trong quá trình phanh.

Liên kết khối động lực học: Khối ĐLH xe điện được kết nối với các khối khác, tạo thành một chuỗi liên kết từ lực tác động đến chuyển động của xe. Điều này giúp mô hình mô phỏng các yếu tố như trọng lực, lực cản lăn, và lực cản không khí.

Kết nối hệ thống truyền động điện: Khối mô phỏng hệ thống truyền động điện được gắn liền với khối động lực học, cho phép tính toán và tối ưu hóa mô men xoắn và công suất truyền động trong suốt quá trình vận hành.

Tích hợp mô hình chuyển động dọc: Cuối cùng, các khối mô phỏng chuyển động dọc của xe được kết nối với nhau, đảm bảo rằng mọi yếu tố ảnh hưởng đến vận tốc và ĐLH đều được phản ánh chính xác trong mô hình.

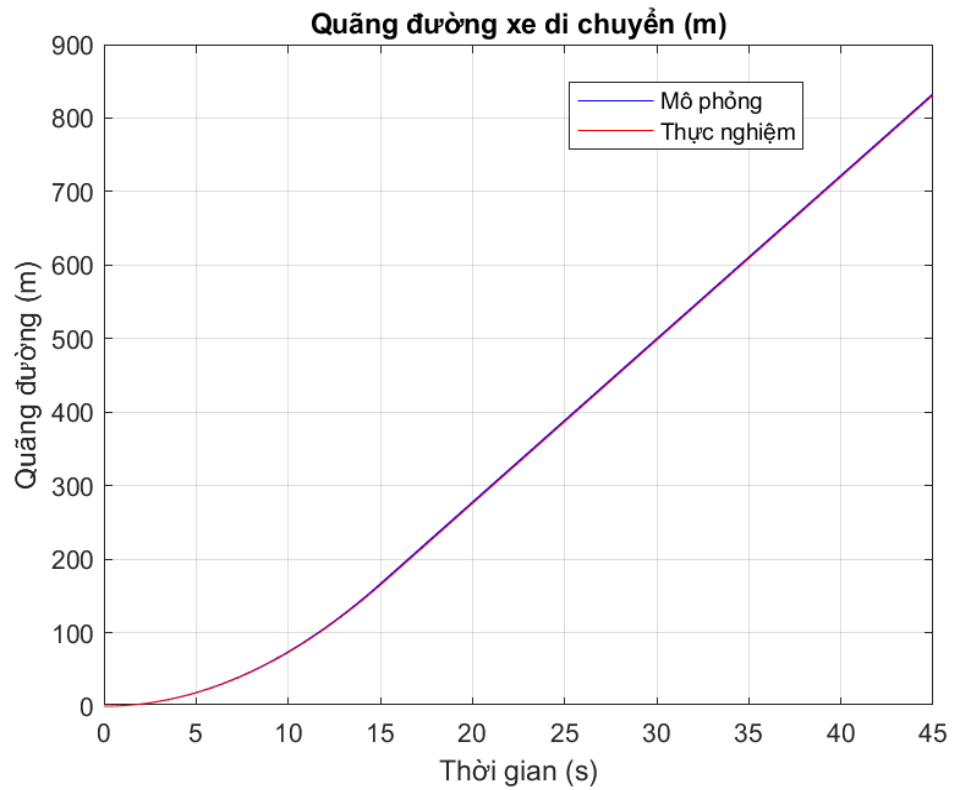
Quá trình kết nối các khối này tạo thành một mô hình ĐLH hoàn chỉnh cho xe điện VinFast VFe34, giúp thực hiện các phân tích và đánh giá hiệu suất trong các điều kiện vận hành khác nhau. Mô hình này sẽ là công cụ hữu ích trong việc hiểu rõ hơn về hành vi vận hành của xe và tối ưu hóa hiệu suất năng lượng.



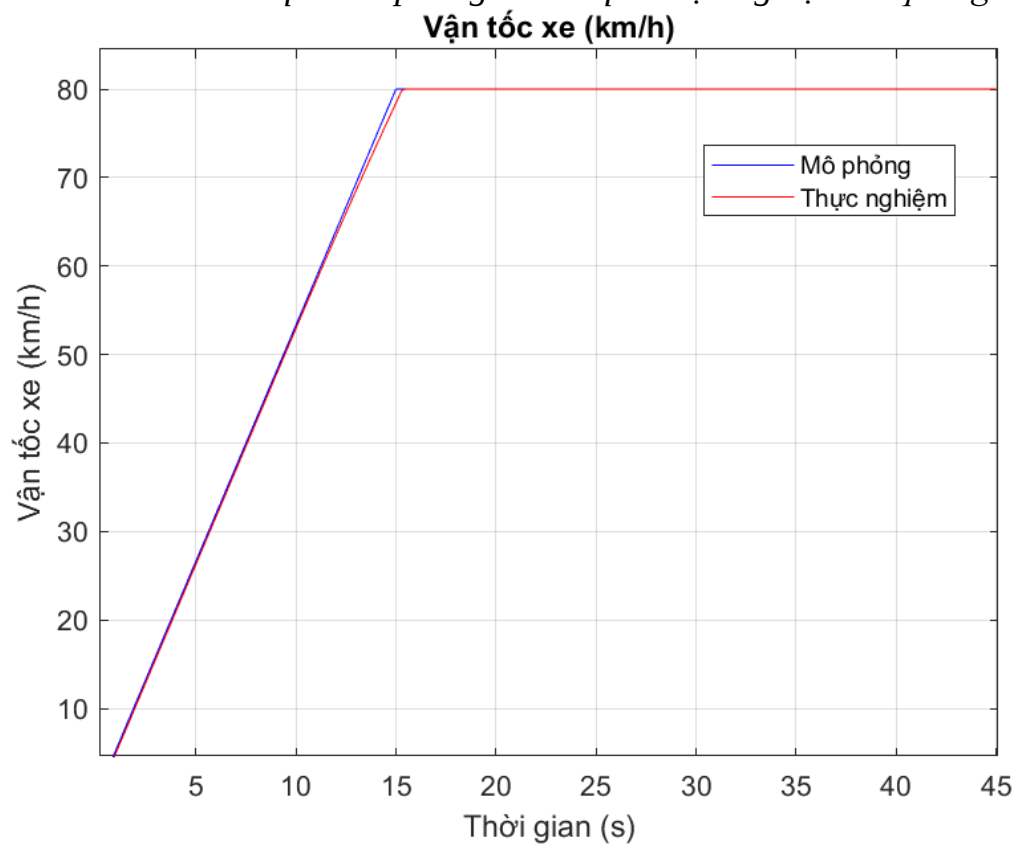
Hình 2. 26 Mô hình ĐLH xe điện VF e34 sử dụng phần mềm Matlab/Simulink

2.3. Hiệu chuẩn mô hình mô phỏng

Để hiệu chuẩn chính xác được độ tin cậy của mô hình mô phỏng thì mô hình cần được hiệu chuẩn trước khi được sử dụng vào việc nghiên cứu ảnh hưởng của xe điện đối với các dạng địa hình. Để phục vụ cho việc chuẩn hóa mô hình mô phỏng, một thí nghiệm được tiến hành trong các điều kiện cụ thể, chọn loại xe điện Vinfast VF e34 với khối lượng của xe là 1861 kg, mô men xoắn cực đại của động cơ là 242Nm, công suất cực đại của động cơ là 110kW, với điều kiện không có gió, độ dốc bằng 0% và chạy trên mặt đường nhựa khô, sạch. Mô hình mô phỏng trong 45 giây. Kết quả so sánh giữa mô hình và thực nghiệm cho thấy vận tốc xe và quãng đường xe di chuyển được gần như giống nhau (Hình 2.27 và Hình 2.28), trong khi sự khác biệt lớn nhất về tốc độ là xấp xỉ 2% ở giây thứ 15. Sự khác giữa giá trị thực nghiệm và mô phỏng này là hoàn toàn chấp nhận được vì giá trị thực nghiệm ghi được nằm trong phạm vi cho phép. Kết quả so sánh giữa các mô phỏng chứng tỏ tính chính xác của mô hình mô phỏng.



Hình 2. 27 So sánh kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm về quãng đường



Hình 2. 28 So sánh kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm về vận tốc xe

KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Chương 2 đã xây dựng cơ sở lý thuyết và phát triển mô hình mô phỏng ô tô điện cỡ nhỏ trên các loại địa hình đặc trưng tại Việt Nam. Các cơ sở lý thuyết về ĐLH ô tô, mô hình toán học của hệ thống truyền động điện và ảnh hưởng của các yếu tố như điều kiện đường xá, tải trọng và vận tốc đã được trình bày chi tiết, tạo nền tảng vững chắc cho việc xây dựng mô hình. Mô hình mô phỏng được thực hiện trên phần mềm Matlab/Simulink, với quá trình hiệu chuẩn dựa trên dữ liệu thực nghiệm, đảm bảo độ chính xác cao và khả năng phản ánh sát thực tế. Kết quả mô phỏng không chỉ giúp đánh giá hiệu suất vận hành của ô tô điện trên các dạng địa hình khác nhau mà còn cung cấp cơ sở cho việc tối ưu hóa thiết kế và điều kiện vận hành, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng xe điện trong điều kiện thực tế tại Việt Nam.

Những nội dung trong chương này đã xây dựng nền tảng vững chắc cho việc tiếp cận các vấn đề tiếp theo. Chương 3 sẽ đi sâu vào phân tích kết quả mô phỏng, từ đó đề xuất các giải pháp nhằm tối ưu hóa hiệu suất vận hành của ô tô điện, đảm bảo khả năng ứng dụng trong điều kiện giao thông đa dạng tại Việt Nam.

CHƯƠNG 3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG

3.1 Thiết lập mô hình mô phỏng

Trong phần này, tôi sẽ trình bày quá trình thiết lập mô hình mô phỏng cho xe điện VinFast VF e34, dựa trên cơ sở lý thuyết đã được trình bày trong Chương 2. Mô hình mô phỏng được xây dựng trong Simulink với mục đích nghiên cứu và đánh giá hiệu suất của xe điện trong các điều kiện vận hành khác nhau. Cụ thể, mô phỏng sẽ được sử dụng để tính toán và đánh giá các đại lượng quan trọng như công suất tiêu thụ, mô men xoắn, vận tốc, và năng lượng thu hồi từ hệ thống phanh tái sinh.

Việc thiết lập mô hình mô phỏng cho phép phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất và hành vi của xe, từ đó đưa ra những kết luận về mức độ hiệu quả trong vận hành và khả năng tiết kiệm năng lượng của xe điện VinFast VF e34. Mô phỏng sẽ thực hiện các phép tính dựa trên các thông số kỹ thuật của xe, bao gồm:

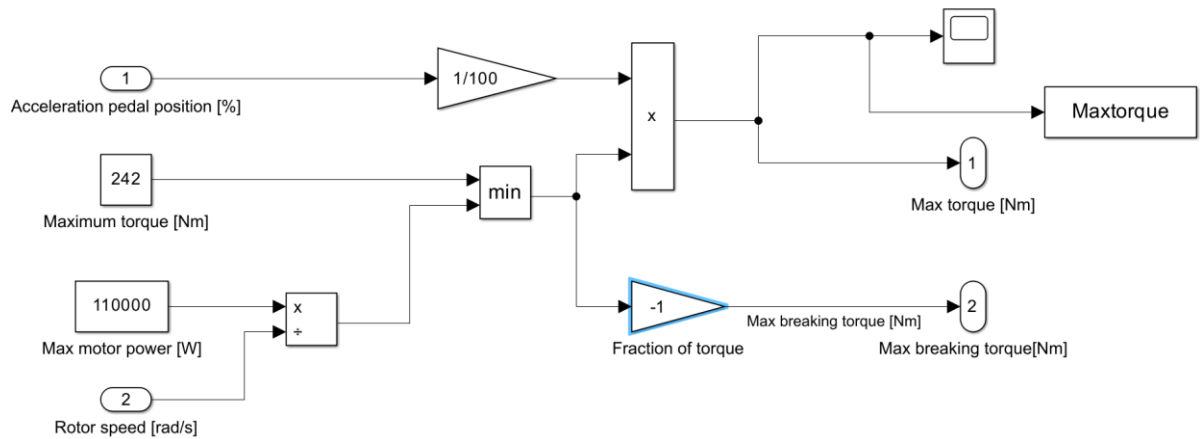
Bảng 3. 1 Bảng thông số kỹ thuật của mô hình mô phỏng xe điện VF e34

TT	Thông số	Giá trị
1	Công suất cực đại (kW)	110
2	Mô men xoắn cực đại (Nm)	242
3	Số lượng động cơ điện	1
4	Dẫn động HTTL	FWD
5	Khối lượng xe không tải/toàn tải (kg)	1536/1861
6	Chiều dài cơ sở (mm)	2610.8
7	Dài x Rộng x Cao tổng thể (mm)	4300 x 1768 x 1613
8	Khoảng sáng gầm xe không tải/ đầy tải (mm)	180/140
9	Diện tích bề mặt đối diện không khí (m ²)	2.37
10	Số tay số	1 AT

TT	Thông số	Giá trị
11	Tỷ số truyền	7.94
12	Hiệu suất hệ thống truyền lực	0.9
13	Vận tốc cực đại (km/h)	137
14	Loại pin	Pin lithium
15	Điện áp danh định của khối pin Lithium (V)	396
16	Điện áp hoạt động (V)	308 – 456.5
17	Dung lượng định mức của khối pin Lithium (Ah)	106.06
18	Khối lượng pin (kg)	300
19	Quãng đường nạp lại (km)	285
20	Kiểu lốp trước	215/45R18
21	Kiểu lốp sau	215/45R18
22	Hệ số cản lăn	0.015
23	Biến dạng dọc của lốp (m)	0.01
24	Hệ số cản không khí	0.25
25	Mật độ không khí (kg/m^3)	1.24
26	Hệ số bám (loại đường nhựa – khô, sạch)	0.8
27	Hệ số bám (loại đường nhựa - ướt)	0.45
28	Gia tốc trọng trường (m/s^2)	9.81

Ghi chú: Pin của VinFast VF e34 gồm 11 pack, mỗi pack chứa 220 cell. Trong mỗi pack, có 22 cell mắc song song và 10 cell mắc nối tiếp.

Sau khi thu thập các thông số đầu vào của xe điện VFe 34, các dữ liệu này sẽ được nhập vào khối mô hình trong quá trình mô phỏng.



Hình 3. 1 Thông số đầu vào của Công suất cực đại và Mô men xoắn cực đại

Block Parameters: Longitudinal Vehicle Dynamics

Vehicle Body

☒
Auto Apply

Settings

Description

NAME	VALUE		
Main			
> Mass	1861	kg	
> Number of wheels per axle	2		
> Horizontal distance from CG to front axle	2610.8/2	1305.4	mm
> Horizontal distance from CG to rear axle	2610.8/2	1305.4	mm
> CG height above ground	876.5	mm	
Externally-defined additional mass	Off		
> Gravitational acceleration	9.81	m/s^2	
Negative normal force warning	Off		
Drag			
> Frontal area	2.37	m^2	
> Drag coefficient	0.25		
> Air density	1.24	kg/m^3	

Hình 3. 2 Thông số về khối thân xe

Block Parameters: front tire 1

Tire (Magic Formula) ☒ Auto Apply

Settings Description

NAME	VALUE
Parameterize by	Peak longitudinal force and corresponding slip
> Rated vertical load	4564.1025 N
> Peak longitudinal force at rated load	4564.1025*0.8 3651.3 N
> Slip at peak force at rated load (percent)	10
Geometry	
> Rolling radius	325.35 mm
Rolling Resistance	
☒ Model rolling resistance	
Resistance model	Constant coefficient
> Constant coefficient	0.015
> Velocity threshold for rolling resistance	1 m/s
Dynamics	
Compliance	Specify stiffness and damping
> Longitudinal stiffness	4564.1025/0.01 4.5641e+05 N/m
> Longitudinal damping	400 N/(m/s)
Configurability	Compile-time
Inertia	Specify inertia and initial velocity
> Tire inertia	10*0.32535*0.32535 1.0585 kg*m^2
> Initial velocity	0 rad/s

Hình 3. 3 Thông số về khối bánh xe có hệ số bám 0.8

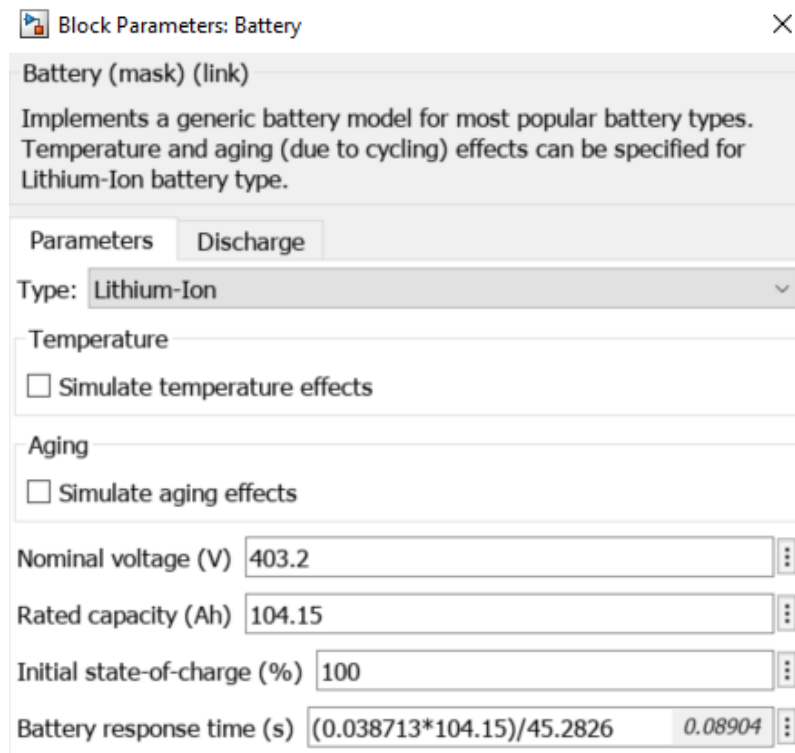
Block Parameters: front tire 1

Tire (Magic Formula) ☒ Auto Apply

Settings Description

NAME	VALUE
> Rated vertical load	4564.1025 N
> Peak longitudinal force at rated load	4564.1025*0.45 2053.8 N
> Slip at peak force at rated load (percent)	15
Geometry	
> Rolling radius	325.35 mm
Rolling Resistance	
☒ Model rolling resistance	
Resistance model	Constant coefficient
> Constant coefficient	0.015
> Velocity threshold for rolling resistance	1 m/s
Dynamics	
Compliance	Specify stiffness and damping
> Longitudinal stiffness	4564.1025/0.01 4.5641e+05 N/m
> Longitudinal damping	400 N/(m/s)
Configurability	Compile-time
Inertia	Specify inertia and initial velocity
> Tire inertia	10*0.32535*0.32535 1.0585 kg*m^2
> Initial velocity	0 rad/s

Hình 3. 4 Thông số về khối bánh xe có hệ số bám 0.45

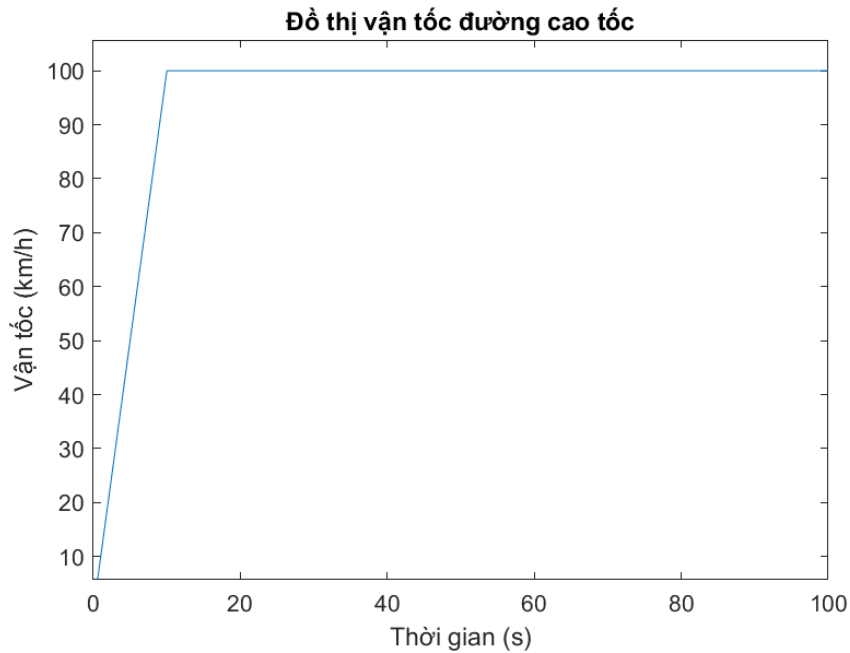


Hình 3. 5 Thông số về khối Pin Li-Ion

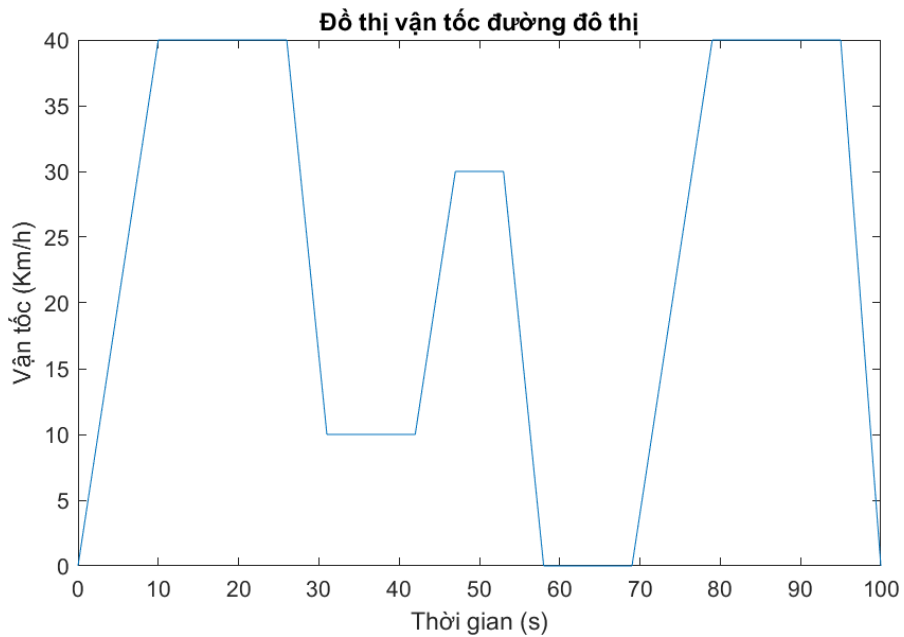
Để mô phỏng vận tốc trên hai loại địa hình khác nhau, ngoài các thông số cơ bản của xe, chúng ta sẽ thiết lập thêm các tham số đầu vào cho mô hình: đường cao tốc và đường đô thị. Đối với đường cao tốc, vận tốc tối đa của xe đạt 100 km/h, trong khi vận tốc tối đa cho đường đô thị chỉ là 40 km/h.

Trong điều kiện đường cao tốc, chúng ta sẽ giả lập quá trình tăng tốc của xe từ 0 đến 100 km/h trong 10 giây đầu tiên, sau đó xe sẽ duy trì vận tốc tối đa trong phần thời gian còn lại.

Ngược lại, đối với đường đô thị, do đặc thù của điều kiện giao thông, xe không thể giữ tốc độ 40 km/h liên tục. Chúng ta sẽ mô phỏng tình huống xe đạt được tốc độ tối đa 40 km/h, rồi sau đó giảm tốc và tăng tốc lại. Điều này phản ánh những tình huống thực tế mà xe thường gặp phải, như việc đi qua các chướng ngại vật hoặc do tình trạng tắc đường. Dưới đây là đồ thị thể hiện vận tốc của xe trên đường cao tốc và đường đô thị.



Hình 3. 6 Đồ thị thông số đầu vào vận tốc đường cao tốc



Hình 3. 7 Đồ thị thông số đầu vào vận tốc đường đô thị

3.2 Khởi chạy mô hình trong điều kiện đường xá Việt Nam

3.2.1 Khởi chạy mô hình trong điều kiện đường cao tốc

Mô phỏng ĐLH của xe điện đã được thực hiện trong điều kiện đường cao tốc, không có độ dốc và với vận tốc gió bằng không. Mục tiêu là phân tích và so sánh hiệu suất của xe trên hai loại bề mặt: đường khô (với hệ số bám là

0.8) và đường ướt (với hệ số bám là 0.45). Mô hình giả lập cho phép xe tăng tốc từ 0 đến 100 km/h trong vòng 10 giây và sau đó duy trì vận tốc tối đa trong suốt thời gian còn lại của mô phỏng (100 giây).

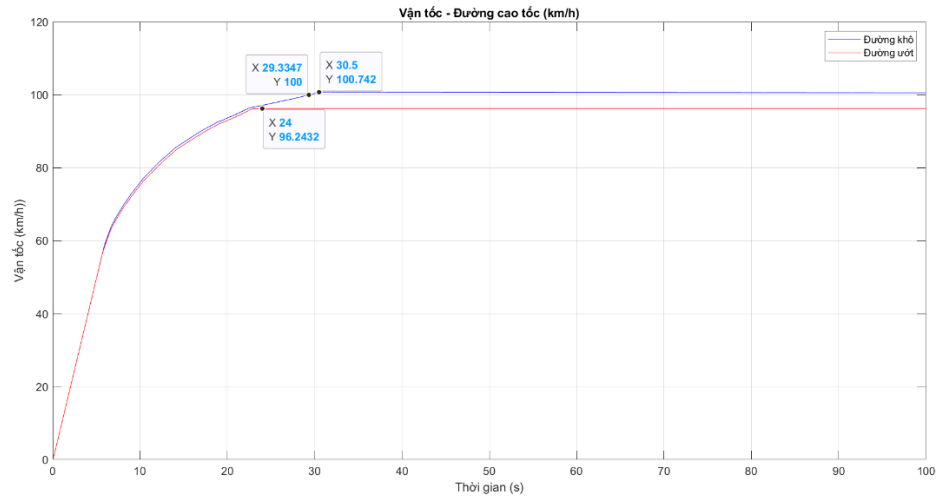
Kết quả mô phỏng cho thấy một sự khác biệt rõ rệt giữa hiệu suất của xe trên hai loại đường. Đầu tiên, khi xem xét đường khô, xe đạt được vận tốc tối đa 100 km/h trong khoảng 29.3 giây. Sau đó, xe duy trì vận tốc và đạt vận tốc tối đa là 100.74 km/h này cho đến hết thời gian mô phỏng. Điều này cho thấy rằng trên bề mặt khô, khả năng bám đường tốt giúp xe hoạt động hiệu quả, có thể phát huy tối đa công suất và mô men xoắn, cho phép xe duy trì vận tốc ổn định mà không gặp phải tình trạng trượt.

Trong khi đó, trên đường ướt, xe không thể đạt được vận tốc 100 km/h, mà chỉ có thể đạt tốc độ đến 96.24 km/h trong thời gian 24 giây và duy trì vận tốc này cho đến khi kết thúc mô phỏng. Sự khác biệt này cho thấy rằng hệ số bám đường thấp hơn trên bề mặt ướt đã ảnh hưởng tiêu cực đến khả năng tăng tốc của xe, dẫn đến việc xe không thể đạt được vận tốc đầu vào giả định.

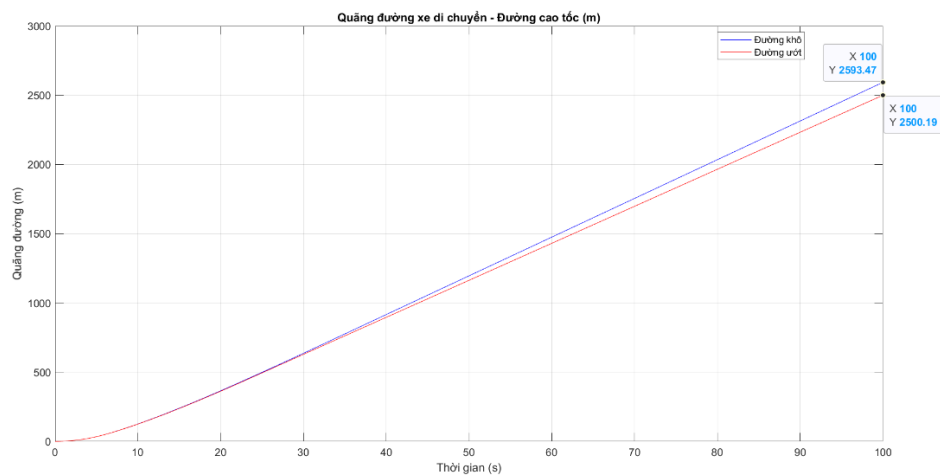
Khi so sánh vận tốc đầu vào và vận tốc mô phỏng, ta thấy rằng trên đường khô, xe hoàn toàn có khả năng đạt và duy trì vận tốc xấp xỉ 100 km/h, như được dự kiến trong mô hình đầu vào. Điều này chứng tỏ rằng điều kiện bề mặt tốt đã cho phép xe tận dụng tối đa khả năng của động cơ điện và mô men xoắn, đạt được hiệu suất tối ưu.

Ngược lại, trên đường ướt, mặc dù xe đã được lập trình để tăng tốc đến 100 km/h, nhưng thực tế chỉ đạt 96.24 km/h. Sự khác biệt này không chỉ đơn thuần là một con số, nó phản ánh một thực tế quan trọng về việc thiết kế và vận hành xe điện trong các điều kiện thời tiết khác nhau. Hệ số bám đường thấp hơn đã dẫn đến sự giảm sút khả năng bám đường, làm cho lực kéo không đủ để đạt được vận tốc tối đa. Sự tác động này rõ ràng có thể thấy qua quãng đường đi được: xe trên đường khô đạt quãng đường 2593.47 mét, trong khi xe

trên đường ướt chỉ đạt 2500.19 mét, cho thấy sự giảm hiệu suất rõ rệt do điều kiện mặt đường không thuận lợi.



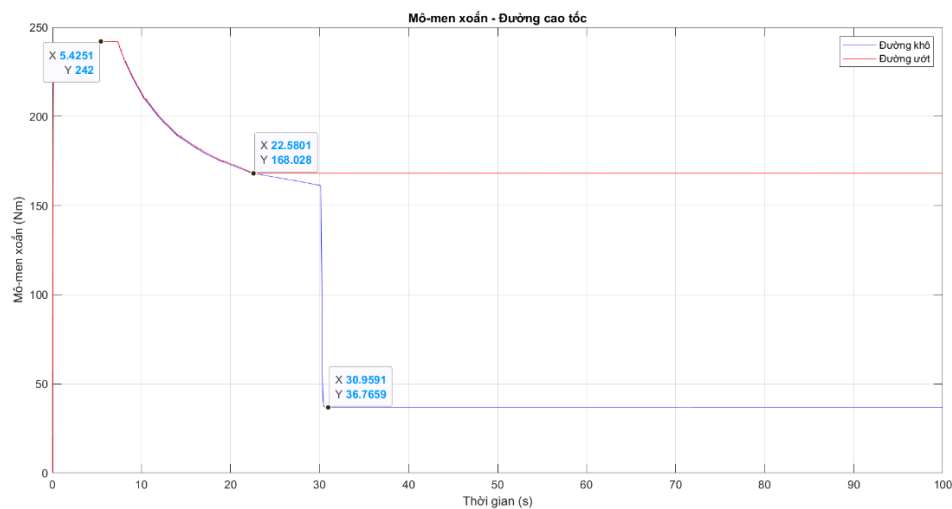
Hình 3. 8 Đồ thị vận tốc – Đường cao tốc



Hình 3. 9 Đồ thị quãng đường xe di chuyển – Đường cao tốc

Mô men xoắn cũng đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích ĐLH của xe. Đối với đường khô, mô men xoắn tăng lên nhanh chóng khi xe tăng tốc, đạt giá trị tối đa 242 Nm trong thời gian 5.42 giây. Khi vận tốc xe vượt qua vận tốc định mức, mô men bắt đầu giảm và ổn định ở mức khoảng 36.7 Nm trong thời gian từ 31 giây đến hết mô phỏng. Điều này cho thấy rằng khi xe đã đạt đến vận tốc tối đa, không cần duy trì mô men xoắn ở mức cao nữa, vì hệ thống động cơ và truyền động đã được tối ưu hóa để giữ cho xe di chuyển ổn định.

Trái lại, trên đường ướt, mô men xoắn cũng đạt giá trị mô men cực đại là 242 Nm trong quá trình tăng tốc. Tuy nhiên, khi xe đạt đến vận tốc tối đa 96 km/h, mô men xoắn chỉ ổn định ở mức khoảng 168 Nm. Điều này phản ánh rằng mặc dù xe đã đạt được mô men tối đa trong giai đoạn tăng tốc, nhưng do hạn chế của điều kiện bề mặt ướt, mô men xoắn không cần phải duy trì ở mức cao để giữ vận tốc ổn định.



Hình 3. 10 Đồ thị Mô men xoắn – Đường cao tốc

Trạng thái sạc của pin (SOC) đánh giá hiệu suất và khả năng hoạt động của xe điện. SOC được đo lường theo tỷ lệ phần trăm, cho biết mức năng lượng còn lại trong pin so với tổng dung lượng của nó. Trong quá trình mô phỏng, pin xe điện bắt đầu với SOC đạt 100%, từ đồ thị ta thấy sự giảm sút SOC trên hai bề mặt đường khác nhau.

Trạng thái sạc trên đường khô:

Sau 100 giây hoạt động, SOC của pin giảm khoảng 1.53%. Điều này cho thấy rằng xe điện có khả năng duy trì hiệu suất cao và tiêu thụ năng lượng tương đối thấp khi hoạt động trên bề mặt đường khô. Hệ số bám đường tốt (0.8) cho phép xe đạt được hiệu suất tối ưu trong việc truyền tải động năng từ động cơ đến bề mặt đường, dẫn đến việc tiêu thụ năng lượng hiệu quả hơn.

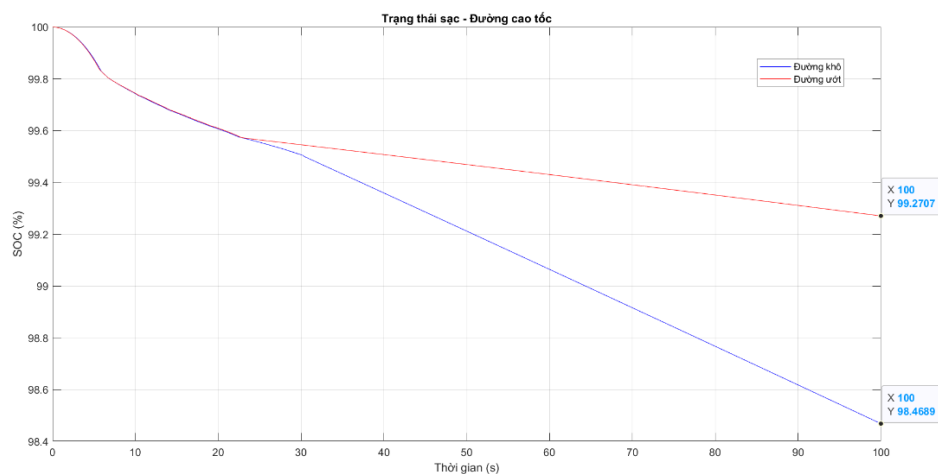
Sự giảm chỉ khoảng 1.53% trong SOC cho thấy pin có thể duy trì hiệu suất lâu dài mà không cần sạc lại thường xuyên, đặc biệt khi xe di chuyển trên điều kiện đường tốt. Điều này có lợi cho việc giảm tần suất sạc và kéo dài thời gian hoạt động của xe.

Trạng thái sạc trên đường ướt:

Trong cùng khoảng thời gian 100 giây, SOC của pin trên đường ướt chỉ giảm khoảng 0.73%. Mặc dù đường ướt có hệ số bám đường thấp (0.45), dẫn đến việc xe không đạt được vận tốc tối đa, nhưng sự giảm SOC thấp hơn trên đường ướt có thể được giải thích như sau:

Việc giảm bám đường có thể đã làm giảm tổng công suất cần thiết cho xe, dẫn đến việc tiêu thụ năng lượng thấp hơn trong điều kiện này. Xe hoạt động dưới tải trọng nhẹ hơn khi tốc độ không đạt tối đa, cho phép pin tiêu thụ ít năng lượng hơn so với khi chạy trên đường khô.

Hơn nữa, trong điều kiện đường ướt, xe có thể đã áp dụng các phương thức lái xe an toàn hơn, như không tăng tốc đột ngột hoặc phanh quá mức, điều này cũng góp phần vào việc tiết kiệm năng lượng.



Hình 3. 11 Đồ thị trạng thái sạc – Đường cao tốc

Ngoài ra, việc chỉ giảm SOC từ 100% xuống khoảng 98.5% trên đường khô và 99.27% trên đường ướt trong 100 giây chứng tỏ rằng pin có khả năng phục hồi và hoạt động hiệu quả dưới các điều kiện khác nhau.

Từ những phân tích trên, có thể thấy rằng điều kiện bề mặt đường ảnh hưởng lớn đến hiệu suất ĐLH của xe điện. Sự so sánh giữa vận tốc đầu vào và vận tốc thực tế cho thấy xe hoạt động tốt hơn trên đường khô, trong khi đường ướt làm giảm khả năng tăng tốc và duy trì vận tốc tối ưu. Điều này cung cấp thông tin quan trọng cho việc cải tiến thiết kế xe điện, đặc biệt là trong việc tối ưu hóa khả năng bám đường và hiệu suất năng lượng trong các điều kiện lái xe khác nhau.

3.2.2 Khởi chạy mô hình trong điều kiện đường đô thị

Mô phỏng ĐLH của ô tô điện trong trường hợp đường đô thị với hai loại đường khô và đường ướt được tiến hành với mục đích đánh giá hiệu suất tăng tốc, khả năng phanh và ảnh hưởng của điều kiện bề mặt đường lên hoạt động của xe. Với tốc độ tối đa giới hạn ở 40 km/h, mô phỏng được chia thành sáu giai đoạn với các thay đổi vận tốc cụ thể, từ đó giúp phân tích và đánh giá khả năng vận hành của xe trong môi trường giao thông đô thị, nơi thường xuyên xảy ra ùn tắc và tình trạng giao thông phức tạp:

Giai đoạn 1: Xe tăng tốc từ 0 lên 40 km/h trong thời gian 10 giây, sau đó giữ tốc độ 40 km/h trong 15 giây.

Giai đoạn 2: xe giảm tốc từ 40 km/h xuống 10 km/h trong 5 giây, sau đó tiếp tục giữ tốc độ 10 km/h trong 10 giây.

Giai đoạn 3: Xe tăng tốc từ 10 km/h lên 30 km/h trong thời gian 5 giây và giữ tốc độ 30 km/h trong 5 giây.

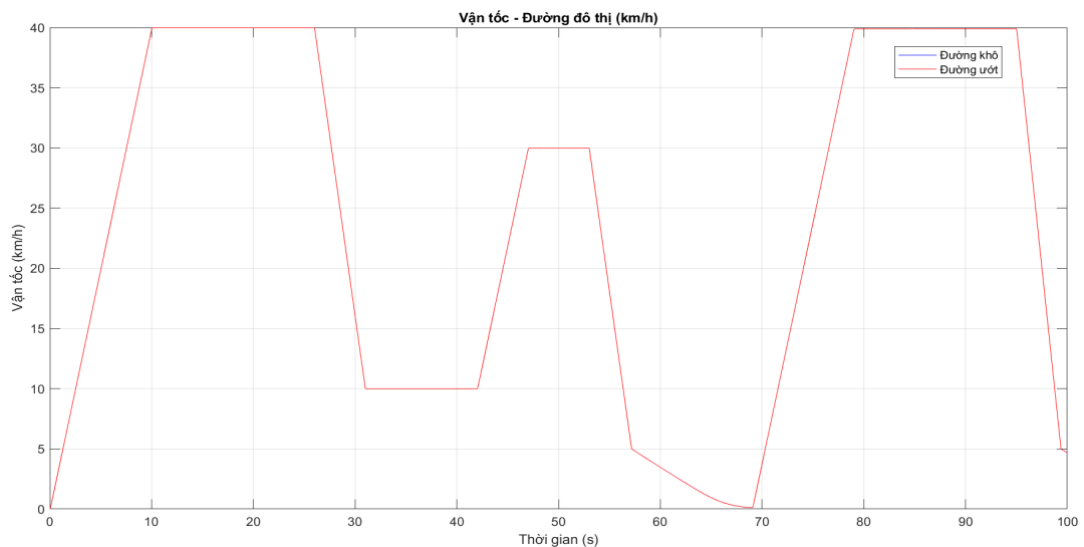
Giai đoạn 4: Xe giảm tốc từ 30 km/h xuống 0 km/h trong vòng 5 giây và giữ tốc độ 0 km/h trong 10 giây.

Giai đoạn 5: Xe tăng tốc từ 0 lên 40 km/h trong 10 giây và giữ tốc độ 40 km/h trong vòng 15 giây.

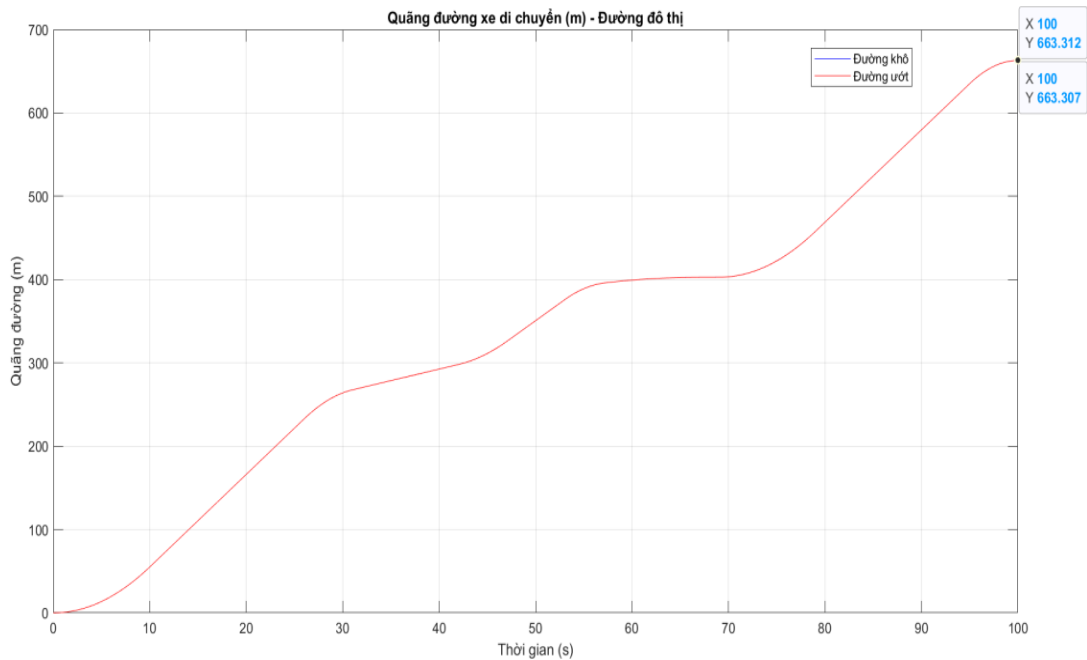
Giai đoạn 6: Xe giảm tốc độ từ 40 km/h xuống 0 km/h trong thời gian còn lại.

Mô phỏng ĐLH của ô tô điện trong trường hợp đường đô thị cho thấy khả năng tăng tốc và duy trì vận tốc của xe đạt hiệu quả cao. Trong giai đoạn đầu tiên, xe tăng tốc từ 0 lên 40 km/h trong 10 giây và duy trì tốc độ này trong 10 giây tiếp theo. Kết quả cho thấy vận tốc thực tế trên cả hai điều kiện đường khô và đường ướt đều đạt được 40 km/h mà gần như không có sự khác biệt giữa chúng. Điều này phản ánh sự hiệu quả của hệ thống điều khiển và truyền động, cho phép xe đáp ứng nhanh chóng với những thay đổi về tốc độ, đồng thời thể hiện khả năng vận hành mượt mà ngay cả trong môi trường đô thị phức tạp.

Về quãng đường di chuyển, kết quả mô phỏng cho thấy xe đi được 663.312 mét đối với đường khô và đường ướt là 663.307 mét. Sự đồng nhất này cho thấy khả năng duy trì hiệu suất di chuyển tốt của xe, bất chấp sự khác biệt về hệ số bám của bề mặt đường. Điều này chứng tỏ rằng xe điện có thể hoạt động hiệu quả trong những tình huống giao thông đa dạng, điều này là rất quan trọng trong bối cảnh giao thông thường xuyên xảy ra ùn tắc tại các thành phố lớn, nơi mà quãng đường di chuyển có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau.



Hình 3. 12 Đồ thị vận tốc – Đường đô thị



Hình 3. 13 Đồ thị quãng đường xe di chuyển – Đường đô thị

Trong quá trình vận hành ĐLH của xe ô tô điện qua 6 giai đoạn, mô men xoắn của động cơ thay đổi theo sự điều chỉnh vận tốc và lực phanh, thể hiện rõ các đặc điểm của hệ thống truyền động điện.

Ở giai đoạn 1, khi xe tăng tốc từ trạng thái nghỉ đến 40 km/h trong 10 giây đầu, mô men xoắn tăng đột ngột lên đến 106.4 Nm, nhằm cung cấp lực kéo cần thiết để đạt được gia tốc mong muốn, phù hợp với yêu cầu tăng tốc nhanh của xe điện. Sau đó, khi xe đạt đến và duy trì tốc độ 40 km/h trong 15 giây tiếp theo, mô men xoắn giảm và ổn định ở mức 18.58 Nm, cho thấy khả năng duy trì tốc độ ổn định với mô men nhỏ hơn do không còn cần tăng tốc mạnh.

Giai đoạn 2 đánh dấu quá trình giảm tốc từ 40 km/h xuống 10 km/h trong khoảng thời gian 5 giây. Mô men xoắn giảm từ 18.58 Nm xuống 0 Nm, biểu hiện giai đoạn phanh chủ động của xe điện. Khi tốc độ giảm và xe cần duy trì vận tốc 10 km/h trong 10 giây tiếp theo, mô men xoắn tăng lên 12.745 Nm, phản ánh sự điều chỉnh của hệ thống truyền động để giữ ổn định tại tốc độ thấp này.

Giai đoạn 3 tiếp tục cho thấy khả năng gia tốc lại từ 10 km/h lên 30 km/h trong 5 giây, đây mô men xoắn đạt mức cao 104.206 Nm để nhanh chóng tăng tốc. Khi tốc độ 30 km/h được duy trì trong 5 giây tiếp theo, mô men xoắn giảm dần xuống còn 16.4 Nm, biểu hiện quá trình giảm mô men để chỉ duy trì lực kéo đủ cho vận tốc ổn định.

Giai đoạn 4 đánh dấu một chu kỳ phanh khác, khi xe giảm tốc từ 30 km/h về 0 km/h trong 5 giây và giữ ở trạng thái dừng trong 10 giây tiếp theo. Mô men xoắn về 0 Nm, hoàn toàn thể hiện giai đoạn phanh của xe khi không còn yêu cầu lực kéo và động cơ không sản sinh mô-men.

Giai đoạn 5 bắt đầu với quá trình tăng tốc từ trạng thái nghỉ lên 40 km/h trong 10 giây, với mô men xoắn đạt mức 106.386 Nm, gần như tối đa để đạt gia tốc mong muốn. Khi xe đạt đến tốc độ 40 km/h và duy trì trong 15 giây, mô men giảm xuống còn 18.57 Nm, cho thấy khả năng điều chỉnh lực kéo nhằm giữ ổn định vận tốc mà không cần gia tốc bổ sung.

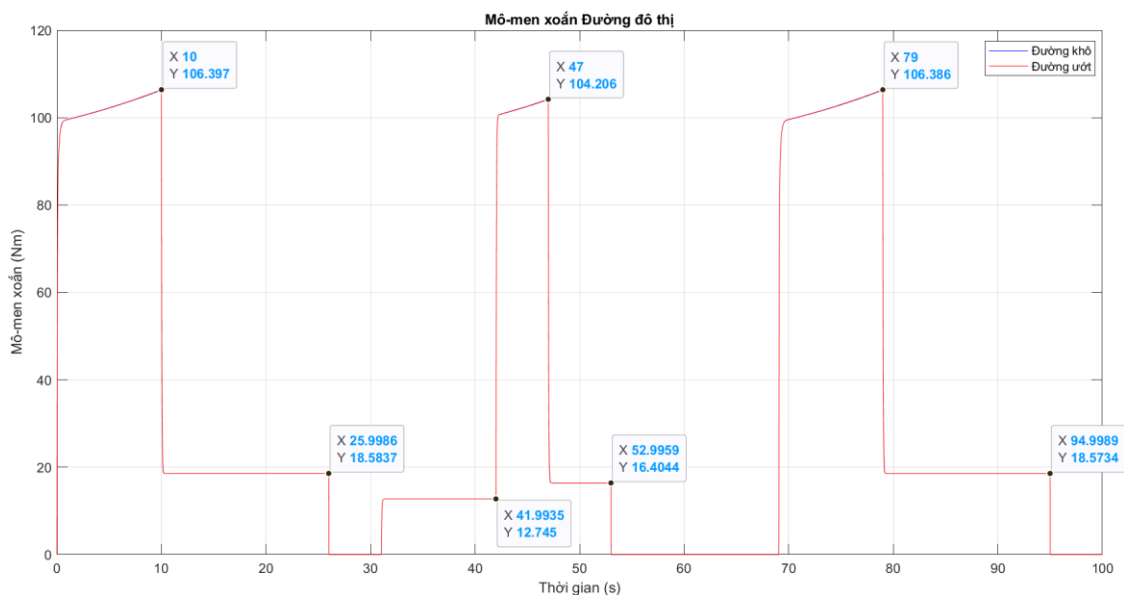
Cuối cùng, giai đoạn 6 thể hiện quá trình phanh cuối cùng của xe khi giảm tốc độ từ 40 km/h xuống 0 km/h trong thời gian còn lại của chu trình, với mô men xoắn trở về 0 Nm, thể hiện rõ quá trình phanh và dừng xe.

Nhìn chung, sáu giai đoạn này minh họa rõ nét sự linh hoạt và hiệu quả của hệ thống truyền động điện trong việc đáp ứng các yêu cầu vận hành khác nhau. Giai đoạn tăng tốc cho thấy mô men xoắn tăng nhanh và đạt giá trị tối đa khi xe cần gia tốc lớn, nhờ đó mà xe điện có thể tăng tốc tức thì, đảm bảo độ nhanh nhạy và thoải mái cho người lái. Ngược lại, các giai đoạn duy trì tốc độ cho thấy mô men giảm xuống mức thấp và ổn định khi không cần gia tốc, tiết kiệm năng lượng cho hệ thống và giúp tăng cường hiệu suất.

Các giai đoạn phanh thể hiện một đặc điểm độc đáo của hệ thống truyền động xe điện khi mô men về 0 Nm hoặc giảm mạnh, phản ánh sự chuyển đổi của động cơ từ trạng thái tạo lực kéo sang hỗ trợ phanh. Việc giảm

mô men về 0 Nm ở những điểm phanh cho thấy hiệu quả của hệ thống trong việc tiết kiệm năng lượng và giảm hao mòn phanh. Đồng thời, với khả năng mô men xoắn điều chỉnh linh hoạt, xe điện giảm thiểu hao hụt năng lượng trong quá trình vận hành không cần thiết và chỉ tiêu thụ mô men khi có nhu cầu tăng tốc, giúp tăng cường quãng đường hoạt động của xe.

Điều này không chỉ giúp cải thiện hiệu suất mà còn cho phép xe hoạt động trơn tru trong môi trường đô thị với tần suất dừng và khởi động cao. Tổng thể, các giai đoạn vận hành này cho thấy tiềm năng tối ưu của xe điện trong việc điều chỉnh năng lượng thông minh và phản ứng linh hoạt với các thay đổi về tốc độ, mang lại trải nghiệm lái mượt mà và tiết kiệm năng lượng.



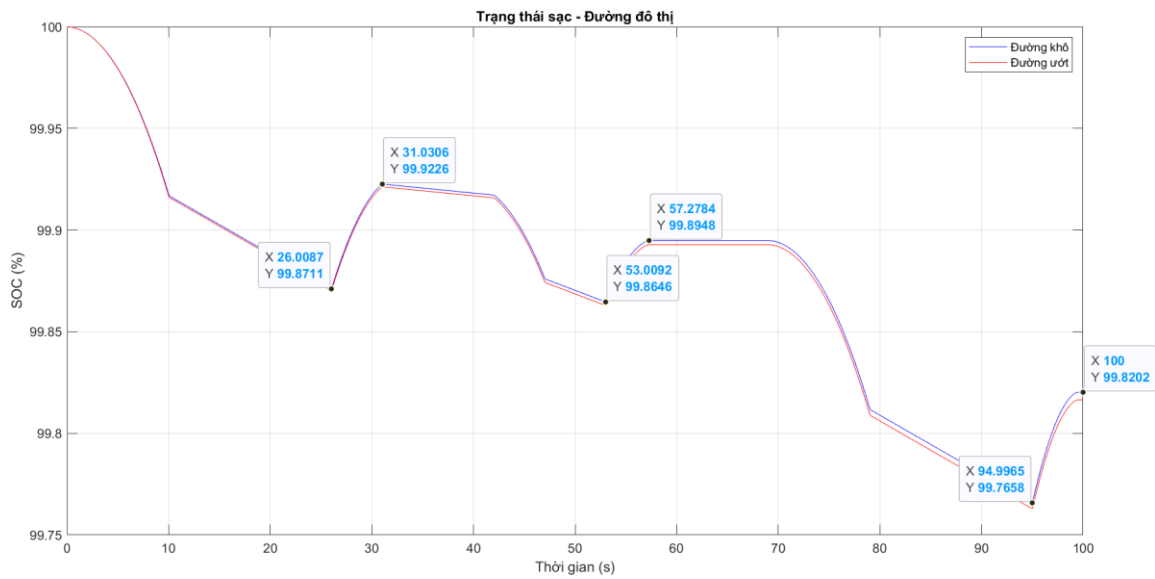
Hình 3. 14 Đồ thị Mô men xoắn – Đường đô thị

Đồ thị của trạng thái sạc pin (SOC) qua sáu giai đoạn mô phỏng ĐLH của xe điện cho thấy rõ hiệu quả của hệ thống tái tạo năng lượng, đồng thời phản ánh quá trình tiêu thụ năng lượng trong các trạng thái hoạt động khác nhau. Trong giai đoạn 1 mô tả giai đoạn tăng tốc ban đầu, khi SOC giảm nhẹ từ 100% xuống 99.87% do xe tiêu hao năng lượng để tăng tốc từ 0 lên 40 km/h, sau đó duy trì ở tốc độ ổn định 40 km/h. Đây là biểu hiện của việc hệ thống động cơ hoạt động mạnh để cung cấp mô men xoắn ban đầu và ổn định

khi đạt vận tốc mong muốn. Giai đoạn 2 nổi bật với quá trình giảm tốc từ 40 km/h xuống 10 km/h, trong đó SOC tăng lên từ 99.87% lên 99.92% nhờ hệ thống phanh tái tạo. Điều này thể hiện khả năng thu hồi năng lượng khi phanh của xe điện, giúp bù đắp một phần năng lượng tiêu hao trước đó, đồng thời kéo dài thời gian hoạt động cho xe.

Sự biến thiên SOC tiếp tục ở Giai đoạn 3, khi xe lại tăng tốc từ 10 km/h lên 30 km/h và duy trì tốc độ này, dẫn đến mức SOC giảm nhẹ từ 99.92% xuống 99.86%. Tốc độ tiêu hao năng lượng ở mức vừa phải, do tốc độ và mô men xoắn không đạt đỉnh, nhưng vẫn yêu cầu tiêu hao năng lượng để duy trì gia tốc ổn định. Đến Giai đoạn 4, khi xe giảm dần tốc độ từ 30 km/h về 0 km/h và giữ trạng thái dừng, hệ thống phanh tái tạo lại phát huy hiệu quả, tăng SOC từ 99.86% lên 99.89%, cho thấy sự tận dụng triệt để của xe điện trong việc thu hồi năng lượng phanh. Giai đoạn 5 tiếp tục quá trình tăng tốc từ 0 đến 40 km/h và giữ vận tốc cao trong 15 giây, mức SOC giảm đáng kể từ 99.89% xuống 99.76%, do động cơ đòi hỏi năng lượng cao để đạt tốc độ đỉnh điểm. Cuối cùng, Giai đoạn 6 cho thấy quá trình giảm tốc từ 40 km/h về 0 km/h, với SOC tăng từ 99.76% lên 99.82% nhờ phanh tái tạo, thể hiện sự hiệu quả của hệ thống tái tạo trong việc thu hồi năng lượng ngay cả ở tốc độ cao.

Qua các giai đoạn này, có thể thấy SOC của xe điện thay đổi linh hoạt, phản ánh sự cân bằng giữa tiêu thụ và tái tạo năng lượng. Hệ thống tái tạo năng lượng của xe giúp tối ưu hóa phạm vi hoạt động, tận dụng tối đa năng lượng dư thừa trong quá trình giảm tốc. Đồ thị SOC này không chỉ minh họa sự hiệu quả của hệ thống tái tạo năng lượng mà còn thể hiện sự bền bỉ và khả năng tiết kiệm năng lượng của xe điện trong các điều kiện vận hành phức tạp.



Hình 3. 15 Đồ thị trạng thái sạc – Đường đô thị

Trên toàn bộ đồ thị mô phỏng ĐLH của xe điện trong điều kiện vận hành trên đường đô thị với tốc độ 40 km/h, ta có thể nhận thấy những đặc điểm về sự ổn định của xe cũng như hiệu quả của hệ thống phanh tái tạo năng lượng trong cả điều kiện đường khô và ướt.

Khi xe duy trì tốc độ 40 km/h, mức tiêu thụ năng lượng được giữ ổn định, với SOC giảm đều, phản ánh mức độ hiệu quả trong việc tiêu thụ và duy trì năng lượng của hệ thống động cơ điện khi hoạt động ở vận tốc trung bình trên đường đô thị. Những biến động nhỏ về SOC chỉ xảy ra trong các giai đoạn tăng tốc và giảm tốc, điều này cho thấy hệ thống động cơ điện tiêu thụ một mức năng lượng tối thiểu khi xe chạy ổn định, và có khả năng tối ưu hóa năng lượng trong điều kiện đường đô thị, nơi vận tốc thường thay đổi trong phạm vi thấp và trung bình.

Khi so sánh hai điều kiện đường khô và đường ướt, sự thay đổi không đáng kể về mô men xoắn và tiêu thụ năng lượng cho thấy rằng điều kiện mặt đường không có tác động lớn đến hiệu quả vận hành của xe điện ở tốc độ 40 km/h. Hệ thống kiểm soát động lực và phanh tái tạo của xe hoạt động ổn định trong cả hai điều kiện mặt đường, đảm bảo rằng mức tiêu thụ năng lượng

không tăng quá nhiều khi đường ướt, nhờ đó giúp duy trì tốt việc sử dụng năng lượng và đảm bảo tính an toàn khi phanh tái tạo.

Đồ thị vận hành trên đường đô thị với tốc độ 40 km/h cho thấy xe điện hoạt động ổn định và hiệu quả trong cả điều kiện đường khô và ướt, với mức tiêu thụ năng lượng được duy trì và kiểm soát tốt. Điều này làm nổi bật khả năng vận hành tiết kiệm năng lượng của xe điện trên đường đô thị, đồng thời khẳng định tính bền bỉ và khả năng thích ứng của hệ thống động lực học xe điện trong các điều kiện mặt đường khác nhau.

3.3 Đánh giá khả năng đáp ứng của ô tô điện cỡ nhỏ với yêu cầu và điều kiện đường xá Việt Nam

Đề án đã mô phỏng và đánh giá hiệu suất của ô tô điện cỡ nhỏ trong điều kiện đường xá tiêu biểu tại Việt Nam, qua đó mang đến cái nhìn mới về cách tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng và cải thiện tính ứng dụng của xe điện trong môi trường thực tế. Tính mới của đề án nằm ở việc xây dựng một mô hình mô phỏng toàn diện, kết hợp các yếu tố đặc thù như điều kiện đường khô và ướt, hệ số bám đường, quá trình phanh tái tạo và tình trạng pin, từ đó phân tích tác động của từng yếu tố đến hiệu suất vận hành của xe điện.

Yếu tố về điều kiện đường xá

Điều kiện đường xá là một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến tiêu thụ năng lượng của pin. Trong điều kiện đường khô, hệ số bám là 0.8, cho phép xe có thể đạt vận tốc cao hơn và tiêu thụ ít năng lượng hơn so với điều kiện đường ướt, khi hệ số bám chỉ còn 0.45. Điều này chứng tỏ rằng, trong những tình huống có độ bám kém, xe điện cần tiêu tốn nhiều năng lượng hơn để duy trì vận tốc và khả năng tăng tốc. Do đó, việc cải thiện chất lượng hạ tầng giao thông, như bảo trì mặt đường, làm cho bề mặt đường không bị trơn trượt và các yếu tố khác sẽ góp phần nâng cao hiệu suất năng lượng của xe điện.

Tốc độ và kiểu vận hành

Tốc độ là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến tiêu thụ năng lượng của xe điện. Mô phỏng cho thấy xe điện tiêu thụ ít năng lượng hơn khi vận hành ở tốc độ ổn định, đặc biệt là trong điều kiện đường khô. Trong khi đó, việc tăng tốc đột ngột từ 0 lên 40 km/h cần một lượng năng lượng lớn để đạt được tốc độ cao, nhất là khi gặp phải những trở ngại trong lưu thông như đèn đỏ hoặc giao cắt đông đúc. Do đó, việc duy trì tốc độ ổn định, kết hợp với việc sử dụng các phương pháp lái xe thân thiện với môi trường, sẽ giúp giảm thiểu lượng năng lượng tiêu thụ.

Quá trình phanh tái tạo

Một trong những lợi ích lớn nhất của xe điện là khả năng phanh tái tạo. Trong quá trình phanh, năng lượng thường bị mất đi do chuyển hóa thành nhiệt. Tuy nhiên, nhờ vào công nghệ phanh tái tạo, năng lượng từ quá trình phanh được thu lại và chuyển hóa thành điện năng để nạp lại cho pin. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng trong quá trình phanh, SOC (State of Charge) của pin tăng lên, cho thấy khả năng phục hồi năng lượng hiệu quả. Người sử dụng cần hiểu rõ cách tối ưu hóa việc phanh tái tạo, như giảm tốc từ từ và tránh phanh gấp, nhằm tối ưu hóa quá trình thu hồi năng lượng này.

Tình trạng của pin

Tình trạng của pin cũng đóng vai trò quan trọng trong việc tiêu thụ năng lượng. Một viên pin cũ hoặc không được bảo trì tốt sẽ giảm hiệu suất, làm tiêu tốn nhiều năng lượng hơn so với pin mới. Người sử dụng nên định kỳ kiểm tra tình trạng pin, bảo trì đúng cách và thay thế khi cần thiết để đảm bảo hiệu suất tối ưu của xe điện.

Khuyến nghị cho người sử dụng

Tối ưu hóa cách lái: Người sử dụng nên điều chỉnh thói quen lái xe, hạn chế việc tăng tốc đột ngột và phanh gấp, thay vào đó nên giữ tốc độ ổn định trong các điều kiện đường xá, đặc biệt là khi tham gia giao thông ở đô thị.

Lên kế hoạch sạc pin hợp lý: Để tối ưu hóa hiệu suất pin, người dùng nên tránh việc sạc pin khi pin đang trong tình trạng quá thấp hoặc quá cao. Sạc pin tại thời điểm thích hợp sẽ giúp tăng tuổi thọ của pin.

Sử dụng chế độ lái hiệu quả: Nhiều xe điện hiện nay cung cấp các chế độ lái khác nhau. Người sử dụng nên lựa chọn chế độ lái tiết kiệm năng lượng khi di chuyển trong đô thị hoặc khi không cần thiết phải tăng tốc nhanh chóng.

Khuyến nghị cho nhà sản xuất

Nâng cấp hệ thống phanh tái tạo: Các nhà sản xuất nên cải thiện hệ thống phanh tái tạo, nhằm tối ưu hóa khả năng thu hồi năng lượng. Điều này có thể thông qua việc thiết kế lại phần mềm điều khiển để tăng cường hiệu suất thu hồi năng lượng.

Nghiên cứu và phát triển pin: Các nhà sản xuất nên tiếp tục đầu tư vào nghiên cứu và phát triển công nghệ pin mới, nhằm tạo ra những viên pin có tuổi thọ cao hơn, hiệu suất tốt hơn và khả năng chịu nhiệt tốt hơn.

Hợp tác với chính quyền địa phương: Để cải thiện hạ tầng giao thông, các nhà sản xuất có thể hợp tác với chính quyền địa phương nhằm xây dựng và duy trì các con đường an toàn hơn, từ đó góp phần giảm thiểu tiêu thụ năng lượng của xe điện.

Từ những phân tích trên, có thể thấy rằng việc tiêu thụ năng lượng của pin trong xe điện chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau, bao gồm điều kiện đường xá, tốc độ vận hành, quá trình phanh tái tạo và tình trạng của pin. Việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng không chỉ giúp kéo dài thời gian sử dụng pin mà còn tăng cường tính bền vững của xe điện trong môi trường giao thông tại Việt Nam. Các khuyến nghị đưa ra không chỉ hỗ trợ người sử dụng trong việc tối ưu hóa việc tiêu thụ năng lượng mà còn là hướng đi cho các nhà sản xuất trong việc phát triển xe điện bền vững hơn trong tương lai.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 đã trình bày một cách hệ thống việc xây dựng mô hình mô phỏng cho ô tô điện Vinfast VF e34, với các thông số kỹ thuật tham khảo được chọn lọc kỹ lưỡng. Mô hình được xây dựng dựa trên bộ thông số đầu vào đã xác định, nhằm tái hiện chính xác các điều kiện vận hành thực tế của xe.

Mô phỏng trong điều kiện đường xá tại Việt Nam cho thấy hiệu suất vận hành của xe điện phụ thuộc vào bề mặt đường. Trên đường đô thị, xe đạt tốc độ tối đa 40 km/h, so sánh quãng đường di chuyển gần như không thay đổi giữa mặt đường khô (663,312 m) và ướt (663,307 m), cho thấy hệ số bám ảnh hưởng không đáng kể. Tuy nhiên, trên đường cao tốc, hệ số bám thấp trên mặt đường ướt (0,45) làm giảm khả năng tăng tốc và lực kéo, khiến xe chỉ đạt 96,24 km/h sau 24 giây, so với 100,74 km/h trên mặt đường khô. Kết quả này cho thấy ảnh hưởng của bề mặt đường đối với hiệu suất vận hành và năng lượng tiêu thụ của xe. Những điều này cho phép đánh giá tổng thể khả năng vận hành của ô tô điện trong các tình huống thực tế mà người dùng có thể gặp phải.

Từ đó, chương 3 đã phân tích và đưa ra các khuyến nghị thiết thực cho người sử dụng để tối ưu hóa hiệu suất vận hành, cũng như đề xuất cho các nhà sản xuất nhằm cải thiện chất lượng và hiệu quả của xe điện, đảm bảo phù hợp với yêu cầu và điều kiện giao thông tại Việt Nam.

KẾT LUẬN KIẾN NGHỊ

Trong bối cảnh phát triển không ngừng của ngành công nghiệp ô tô, đặc biệt là sự gia tăng của các phương tiện điện, đề án tốt nghiệp này đã tập trung vào việc nghiên cứu và mô phỏng ĐLH của xe ô tô điện cỡ nhỏ trong điều kiện đường xá Việt Nam. Đề án đã đóng góp những điểm đáng kể, bắt đầu từ việc cung cấp cái nhìn tổng quan về lịch sử, cấu tạo, và nguyên lý hoạt động của ô tô điện. Qua đó, người đọc có thể hiểu rõ hơn về các khía cạnh cơ bản cũng như sự phát triển của ô tô điện, từ đó nâng cao nhận thức và kiến thức về lĩnh vực này trong cộng đồng nghiên cứu và giảng dạy.

Bên cạnh đó, việc xây dựng mô hình mô phỏng bằng phần mềm Matlab/Simulink không chỉ giúp minh họa rõ ràng các thành phần ĐLH của xe điện mà còn tạo ra công cụ hữu ích cho các nhà nghiên cứu và kỹ sư trong ngành. Mô hình này cung cấp một cái nhìn sâu sắc về sự tương tác giữa các yếu tố trong ĐLH ô tô, đồng thời hỗ trợ việc cải thiện thiết kế và hiệu suất của xe điện, phù hợp với điều kiện cụ thể tại Việt Nam.

Ngoài ra, đề án còn thực hiện phân tích về khả năng đáp ứng của ô tô điện cỡ nhỏ dưới các điều kiện đường xá khác nhau, từ đường đô thị đến đường cao tốc. Từ kết quả mô phỏng, các yếu tố ảnh hưởng đến việc tiêu thụ năng lượng của pin được làm rõ, và từ đó, những khuyến nghị thiết thực được đưa ra cho người tiêu dùng và các đơn vị sản xuất xe ô tô điện, nhằm tối ưu hóa hiệu quả vận hành của phương tiện trong thực tiễn.

Từ những kết quả đạt được, nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào một số hướng đi mới để mở rộng và làm phong phú thêm kiến thức về xe điện. Đầu tiên, cần có những nghiên cứu sâu hơn về ĐLH của ô tô điện trong các điều kiện phức tạp hơn, bao gồm yếu tố ảnh hưởng đến sự ổn định và bảo đảm an toàn của xe trong điều kiện khắc nghiệt của thời tiết hoặc địa hình đặc biệt. Thứ hai, nghiên cứu và phát triển công nghệ pin mới với hiệu suất cao

hơn, thời gian sạc nhanh hơn và các công nghệ tái tạo năng lượng sẽ đóng góp vào việc nâng cao tính cạnh tranh của xe điện trên thị trường.

Cuối cùng, việc thực hiện các nghiên cứu thực nghiệm để kiểm chứng những giả định trong mô hình mô phỏng là cần thiết. Điều này không chỉ giúp điều chỉnh và cải tiến mô hình cho chính xác hơn mà còn tạo ra nền tảng vững chắc cho những nghiên cứu tiếp theo. Thêm vào đó, việc tích hợp các công nghệ thông minh như Internet of Things (IoT) và trí tuệ nhân tạo (AI) vào xe điện sẽ mở ra những cơ hội mới, giúp tối ưu hóa hiệu suất vận hành và nâng cao trải nghiệm người dùng. Những kiến nghị này hy vọng sẽ đóng góp vào sự phát triển bền vững của ngành công nghiệp ô tô điện tại Việt Nam, nâng cao chất lượng cuộc sống cho người dân.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Lưu Văn Tuấn, Lý thuyết ô tô, Hà Nội: NXB Giáo dục Việt Nam, 2019.
- [2] Võ Văn Hường, Nguyễn Tiến Dũng, Động lực học ô tô, Hà Nội: NXB Giáo dục Việt Nam, 2014.
- [3] Nguyễn Thanh Quang, Lê Hồng Quân, Phạm Việt Thành, Dương Thị Thanh Thùy, “Ứng dụng phần mềm Matlab simscape để mô phỏng và đánh giá xe ô tô điện,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, tập 59, số 4, 2023.
- [4] Trần Quang Minh, Lê Văn Nghĩa, Đàm Hoàng Phúc, “Xây dựng mô hình khảo sát khả năng vận hành của xe điện cỡ nhỏ trong điều kiện nội đô,” *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, tập 293, 2022.
- [5] Nguyễn Công Thành, “Nghiên cứu mô phỏng và khảo sát ảnh hưởng của các chế độ vận hành tới khả năng làm việc của xe điện,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 2018.

Tiếng Anh

- [6] Bambang Sri Kaloko, Soebagio, Mauridhi Hery Purnomo, “Design and Development of Small Electric Vehicle using MATLAB/ Simulink,” *International Journal of Computer Applications*, tập 24, số 6, 2011.
- [7] Ahmet Onur Kiyakli, Hamit Solmaz, “Modeling of an Electric Vehicle with MATLAB/Simulink,” *INTERNATIONAL JOURNAL OF AUTOMOTIVE SCIENCE AND TECHNOLOGY*, tập 2, số 4, pp. 9-15, 2018.
- [8] Marah Al Halabi, Anas Al Tarabsheh, “Modelling of Electric Vehicles Using Matlab/Simulink,” *SAE International*, 2020.
- [9] MathWorks, "MATLAB Documentation," MathWorks, [Online]. Available: <https://www.mathworks.com>. [Accessed 5 11 2024].
- [10] HUI ZHANG, DONGPU CAO, HAIPING DU, Modeling, dynamics, and control of electrified vehicles, Duxford, Cambridge: Woodhead Publishing, 2018.