



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Tên đề tài:

**TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MÔ HÌNH VÀ ỨNG DỤNG
XỬ LÝ ẢNH TRÊN MÔ HÌNH XE ĐIỆN**

SVTH: Lê Đăng Tài_ 20C4CLC1

Nguyễn Văn Nhân_20C4CLC1

Nguyễn Chí Kiệt_ 20C4CLC1

Nguyễn Đặng Thanh Huy_20C4CLC1

GVHD: TS. Hoang Thăng

TÓM TẮT

Tên đề tài: **Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện.**

Nhóm sinh viên thực hiện:

Lê Đăng Tài	Lớp: 20C4CLC1	Số thẻSV: 103200100
Nguyễn Văn Nhân	Lớp: 20C4CLC1	Số thẻSV: 103200094
Nguyễn Đăng T. Huy	Lớp: 20C4CLC1	Số thẻSV: 103200085
Nguyễn Chí Kiệt	Lớp: 20C4CLC1	Số thẻSV: 103200088

Đề tài trình bày tổng quan vấn đề nghiên cứu, ứng dụng trí tuệ nhân tạo trên ô tô điện tự hành có khả năng tự hành không người lái được sử dụng trong nhiều trường hợp và mục đích sử dụng khác nhau, ví dụ: sử dụng trong khuôn viên du lịch, sử dụng trong mục đích vận chuyển hàng ở các cơ sở như sân bay, công xưởng,.... Ô tô điện vận hành đơn giản, không gây ô nhiễm môi trường với chi phí rẻ. Ô tô điện được dẫn động bằng động cơ điện ba pha không chổi than BLDC thông qua bộ vi sai có khả năng tải 2 người. Với ứng dụng trí tuệ nhân tạo cho xe có khả năng tự nhận diện và bám làn đường một cách chính xác, đồng thời xây dựng tuyến đường đi nhận biết được vị trí xe hoạt động.

Nội dung đồ án tốt nghiệp gồm các phần sau:

Chương 1: Tổng quan về đề tài.

Chương 2: Tổng quan về ô tô điện.

Chương 3: Tính toán thiết kế mô hình xe điện.

Chương 4: Cơ sở lý thuyết về xử lý ảnh.

Chương 5: Các vấn đề xử lý ảnh trên mô hình xe điện.

Chương 6: Tổng quan về phần cứng.

Chương 7: Thiết kế hệ thống điều khiển động cơ

Chương 8: Xây dựng mô hình khối Simulink mô phỏng mô hình xe điện.

Chương 9: Thực nghiệm và kết quả.

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý thầy cô Khoa Cơ khí Giao thông – Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng đã tận tình giảng dạy, truyền đạt kiến thức và tạo điều kiện thuận lợi để chúng em có thể học tập và hoàn thành tốt đồ án tốt nghiệp.

Trong suốt 5 năm học tập và rèn luyện tại trường, em đã tích lũy được nhiều kiến thức chuyên môn, kỹ năng thực tiễn cũng như những trải nghiệm quý báu. Đó là hành trang quan trọng giúp em tự tin hơn trên con đường phát triển sự nghiệp sau này. Đồ án tốt nghiệp chính là kết quả của cả một quá trình học tập nghiêm túc và nỗ lực không ngừng nghỉ.

Trong quá trình thực hiện đồ án, nhóm chúng em đã nhận được sự quan tâm, hỗ trợ và hướng dẫn tận tình của quý thầy cô. Đặc biệt, em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến TS. Hoàng Thắng và ThS. Lê Nguyên Vũ – hai giảng viên đã luôn tận tâm hướng dẫn, định hướng chuyên môn và đồng hành cùng nhóm trong suốt quá trình thực hiện Capstone Project.

Mặc dù đã cố gắng hoàn thành tốt nhất có thể, nhưng do kiến thức và kinh nghiệm còn hạn chế, đồ án của chúng em chắc chắn vẫn không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp và nhận xét quý báu từ quý thầy cô để nhóm có thể tiếp tục hoàn thiện và nâng cao hơn nữa.

Một lần nữa, nhóm chúng em xin trân trọng cảm ơn quý thầy cô!

LỜI CAM ĐOAN

Chúng em xin cam đoan rằng toàn bộ nội dung trong đề án tốt nghiệp này là kết quả của quá trình học tập, nghiên cứu và thực hiện nghiêm túc của nhóm chúng em, dưới sự hướng dẫn của các giảng viên trong Khoa Cơ khí Giao thông – Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng. Các số liệu, kết quả và nội dung trình bày trong đề án là trung thực, không sao chép từ bất kỳ công trình nghiên cứu nào khác. Nếu có tham khảo, nhóm chúng em đã trích dẫn rõ ràng và đầy đủ theo đúng quy định. Nhóm chúng em xin hoàn toàn chịu trách nhiệm trước nhà trường về tính trung thực và nguyên bản của nội dung đề án này.

Đà Nẵng, ngày ... tháng ... năm 2025

Nhóm sinh viên thực hiện

Lê Đăng Tài

Nguyễn Văn Nhân

Nguyễn Đăng Thanh Huy

Nguyễn Chí Kiệt

MỤC LỤC

TÓM TẮT	I
LỜI CẢM ƠN	II
LỜI CAM ĐOAN	IV
MỤC LỤC	V
DANH SÁCH HÌNH ẢNH BẢNG VẼ.....	XIV
DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU	XXI
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI.....	1
1.1. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI.....	1
1.2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU	2
1.3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU.....	2
1.4. GIỚI HẠN ĐỀ TÀI.....	2
1.5. PHẠM VI ỨNG DỤNG	2
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN VỀ Ô TÔ ĐIỆN	4
2.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI.....	4
2.1.1. Định nghĩa ô tô điện.....	4
2.1.2. Phân loại ô tô điện.....	4
2.2. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN Ô TÔ ĐIỆN	5
2.2.1. Giai đoạn đầu (Cuối thế kỷ 19 – Đầu thế kỷ 20).....	5
2.2.2. Sự suy giảm và tái xuất hiện (Giữa thế kỷ 20 – Những năm 1990).....	5
2.2.3. Sự hồi sinh mạnh mẽ (Những năm 2000 đến nay).....	6
2.3. TIỀM NĂNG VÀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN	7
2.3.1. Lý do thúc đẩy sự phát triển ô tô điện	7
2.3.2. Xu hướng công nghệ.....	7
2.4. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG	9
2.4.1. Cấu tạo chung	9
2.4.2. Nguyên lý hoạt động cơ bản.....	10
2.5. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM.....	11
2.5.1. Ưu điểm.....	11
2.5.2. Nhược điểm	12
2.6. TÌNH HÌNH THỊ TRƯỜNG VÀ CHÍNH SÁCH HỖ TRỢ.....	13

2.6.1. Thị trường toàn cầu	13
2.6.2. Thị trường Việt Nam	13
CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MÔ HÌNH XE ĐIỆN	15
3.1. THIẾT KẾ CHUNG	15
3.1.1. Sơ đồ tổng thể	15
3.1.2. Phân bố tải trọng	18
3.1.2.1. Cơ sở lý thuyết	18
3.1.2.2. Các trường hợp phân bố tải trọng	19
3.2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG	22
3.2.1. Lựa chọn phương pháp bố trí truyền động	22
3.2.2. Lựa chọn phương án thiết kế	27
3.2.3 Tính chọn động cơ điện	27
3.2.4. Tính chọn năng lượng cung cấp cho động cơ	33
3.2.5. Sơ đồ bố trí hệ thống truyền lực	34
3.2.6. Tính toán các thông số động học của ô tô điện tự hành	35
3.2.6.1. Xác định tỷ số truyền	35
3.2.6.2. Đồ thị cân bằng lực kép	35
3.2.6.3. Xác định đặt tính vượt dốc của ô tô	38
3.2.6.4. Tính thời gian tang tốc của ô tô	40
3.3. THIẾT KẾ KHUNG XE	44
3.3.1. Công dụng	44
3.3.2. Yêu cầu	44
3.3.3. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế khung	44
3.3.3.1. Các phương án thiết kế	44
3.3.3.2. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế khung	46
3.3.4. Kết cấu khung xe điện	47
3.3.4.1. Xây dựng mô hình khung	47
3.3.4.2. Vật liệu chế tạo khung:	48
3.3.5. Tính toán kiểm nghiệm khung	48
3.3.5.1. Giả định thiết kế	48
3.3.5.2. Xây dựng mô hình phần tử hữu hạn bằng phần mềm solidworks ..	49
3.3.5.3. Tính toán theo phương án 1	51

3.3.5.4. Tính toán theo phương án 2	55
3.3.6. Phân tích kết quả	59
3.4. TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHANH.....	60
3.4.1.Số liệu cho trước	60
3.4.2. Momen phanh yêu cầu ở các cơ cấu phanh.....	60
3.4.3. Hệ số phân bố lực phanh lên các trục bánh xe	63
3.4.4. Tính toán kiểu cơ cấu phanh đĩa	64
3.4.4.1. Mômen phanh do cơ cấu phanh sinh ra và lực ép yêu cầu.....	64
3.4.4.2. Tính toán xác định bề rộng má phanh	66
3.4.4.3.Tính toán kiểm tra các thông số liên quan khác của cơ cấu phanh .	69
3.5. TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ HỆ THỐNG TREO	77
3.5.1. Tổng quan.....	77
3.5.1.1. Nhiệm vụ	77
3.5.1.2. Vấn đề về hệ thống treo trên ô tô.....	77
3.5.1.3. Công dụng	78
3.5.1.4. Yêu cầu của hệ thống treo	79
3.5.1.5. Phân loại.....	79
3.5.2. Kết cấu của hệ thống treo	80
3.5.2.1. Bộ phận đàn hồi.....	80
3.5.2.2. Bộ phận dẫn hướng	82
3.5.2.3. Bộ phận giảm chấn.....	82
3.5.2.4. Thanh ổn định ngang	85
3.5.2.5. Các bộ phận khác	85
3.5.3. Tính toán các bộ phận đàn hồi của hệ thống treo độc lập	86
3.5.3.1. Thông số đầu vào.....	86
3.5.3.2. Tính toán lò xo trụ.....	88
3.5.4. Tính toán bộ phận giảm chấn treo trước độc lập	89
3.5.5. Tính toán bộ phận đàn hồi hệ thống treo sau phụ thuộc.....	92
3.5.5.1. Các thông số cơ bản	92
3.5.5.2. Tính toán lò xo trụ.....	93
3.5.6. Tính toán bộ phận giảm chấn treo sau phụ thuộc.....	94
3.6.TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ HỆ THỐNG LÁI CHO Ô TÔ ĐIỆN TỰ HÀNH	99

3.6.1. Bố trí hệ thống trên xe.....	99
3.6.2. Tính toán hệ thống lái.....	100
3.6.2.1. Mô-men cản quay vòng của ô tô	100
3.6.2.2. Xác định lực cần thiết tác dụng lên vô lăng.....	104
3.6.2.3. Tính chọn động cơ lái.....	104
3.7. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH CHO XE ĐIỆN TỰ HÀNH	106
3.7.1. Tính ổn định dọc của ô tô.....	106
3.7.2. Tính ổn định ngang của ô tô.....	107
CHƯƠNG 4: CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ XỬ LÝ ẢNH.....	110
4.1. KIẾN THỨC NỀN TẢNG VỀ HÌNH ẢNH SỐ	110
4.1.1. Pixel – Đơn vị cơ bản của ảnh.....	110
4.1.2. Độ phân giải.....	111
4.1.3. Mức xám và phân loại ảnh.....	112
4.1.4. Không gian màu.....	113
4.1.5. Ảnh số hoá	115
4.2. VISUAL STUDIO CODE.....	115
4.2.1. Giới thiệu	115
4.2.2. Đặc điểm	115
4.3. NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH PYTHON.....	117
4.3.1. Giới thiệu	117
4.3.2. Đặc điểm	117
4.4. THƯ VIỆN OPENCV	117
4.4.1. Giới thiệu	117
4.4.2. Đặc điểm	118
4.4.3. Vai trò trong chương trình	118
4.5. THƯ VIỆN NUMPY	118
4.5.1. Giới thiệu	118
4.5.2. Đặc điểm	118
4.5.3. Vai trò trong chương trình	118
4.6. THƯ VIỆN THREADING.....	118
4.6.1. Giới thiệu	118
4.6.2. Đặc điểm	118

4.6.3. Vai trò trong chương trình	119
4.7. THƯ VIỆN PYSERIAL.....	119
4.7.1. Giới thiệu	119
4.7.2. Đặc điểm	119
4.7.3. Vai trò trong chương trình	119
CHƯƠNG 5: CÁC VẤN ĐỀ XỬ LÝ ẢNH TRÊN MÔ HÌNH XE ĐIỆN.....	120
5.1. GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG XỬ LÝ ẢNH.....	120
5.2. CÁC BƯỚC TRONG QUÁ TRÌNH XỬ LÝ ẢNH (IMAGE PROCESSING)	120
5.2.1. Thu nhận ảnh (IMAGE ACQUISITION)	120
5.2.2. Tiền xử lý ảnh (Pre-processing).....	120
5.2.3. Phân đoạn ảnh (segmentation)	121
5.2.4. Trích xuất đặc trưng	121
5.2.5. Nhận dạng và phân loại ảnh (image recognition and classification) ...	121
5.2.6. Hậu xử lý (post-processing)	122
5.3. CÁC THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG XỬ LÝ ẢNH	122
5.3.1. Đầu đo (image sensor)	122
5.3.2. Bộ số hóa (Digitizer/Analog-to-Digital Converter - ADC).....	122
5.3.3. Ống kính (lens).....	122
5.3.4. Bộ xử lý trung tâm (CPU)	122
5.3.5. Bộ nhớ (Memory).....	123
5.3.6. Giao diện đầu ra (Output Interface).....	123
5.4. NHỮNG VẤN ĐỀ TRONG XỬ LÝ ẢNH	123
5.4.1 . Biến đổi ảnh.....	123
5.4.2. Nén ảnh	124
5.4.3. Xử lý nâng cao chất lượng ảnh.....	124
5.5. LỰA CHỌN THUẬT TOÁN CHO NHẬN DIỆN LANE	124
5.5.1. Lựa chọn thuật toán nhận diện lane	124
5.5.2. Giới thiệu sơ lược về thuật toán áp dụng vào bài toán phát hiện lane	125
5.5.2.1 . Đối với phương pháp sử dụng YOLO	125
5.5.2.2. Đối với phương pháp truyền thống Hough transform	126
5.5.2.3. Tổng hợp và đưa ra lựa chọn	127
5.6. NỘI DUNG CHƯƠNG TRÌNH XỬ LÝ ẢNH.....	128

5.6.1. hệ thống phát hiện làn đường	128
5.6.2. Giao tiếp với arduino	128
5.6.3. Giao diện người dùng đồ họa (sử dụng Tkinter)	128
5.6.4. Đa luồng	129
5.7. PHÂN TÍCH CHI TIẾT NỘI DUNG CHƯƠNG TRÌNH	129
5.7.1. Cấu hình và khởi tạo	129
5.7.2. Biến toàn cục	129
5.7.3. Kết nối Serial với Arduino	130
5.7.4. Gửi Lệnh đến Arduino	130
5.7.5. Xử lý YOLO trong Luồng Riêng.....	130
5.7.6. Tính toán độ lệch làn đường.....	131
5.7.7. Vòng Lặp Chính Xử lý Video	131
5.7.8. Giao Diện Người Dùng (Tkinter)	133
5.8. KẾT LUẬN.....	133
5.9. THUẬT TOÁN VÀ QUY TẮC RA QUYẾT ĐỊNH.....	133
5.9.1. Thuật toán YOLO.....	133
5.9.1.1. Công thức tính hàm loss function (hàm mất mát)	134
5.9.1.2. vùng quan tâm ROI (region of interest).....	135
5.9.2. Tính độ lệch (deviation).....	135
5.9.3. Xử lý đa luồng (Threading)	136
5.9.4. Giao tiếp serial	137
CHƯƠNG 6: TỔNG QUAN VỀ PHẦN CỨNG	139
6.1. GIỚI THIỆU VỀ THINKCENTRE M700 TINY	139
6.2. TỔNG QUAN VỀ CHỨC NĂNG	140
6.2.1. GPU (Intel UHD Graphics 630).....	140
6.2.1.1. Tính năng tính toán.....	140
6.2.1.2. Tính năng đồ họa.....	140
6.2.1.3. Kiến trúc GPU	141
6.2.2. Tổng hợp CPU (Intel Core i5/i7 Skylake)	141
6.2.3. Hệ thống bộ nhớ.....	142
6.2.4. Giao diện xuất hình (Display Output)	142
6.2.4.1. DisplayPort (DP 1.2)	142

6.2.4.2. VGA (D-Sub 15-pin).....	142
6.2.4.3. Bộ giải mã/hiển thị.....	143
6.2.5. Bộ xử lý cảm biến.....	143
6.2.6. Hệ thống bảo mật.....	143
6.2.7. Bộ điều khiển hiển thị.....	144
6.2.8. Hệ thống con âm thanh – video độ nét cao.....	144
6.2.8.1. Bộ giải mã (Codec) âm thanh đa kênh	144
6.2.8.2. Bộ tổng hợp hình ảnh video (Display Engine).....	144
6.2.8.3. Công cụ xử lý âm thanh (Audio Processing Engine)	144
6.2.8.4. Âm thanh độ nét cao (HAD).....	145
6.2.9. Mô tả toàn diện các giao tiếp ngoại vi.....	145
6.2.9.1. Bus nối tiếp vạn năng (USB).....	145
6.2.9.2. PCI Express (PCIe)	145
6.2.9.3. Giao diện ngoại vi nối tiếp (SPI)	145
6.2.9.4. Bộ thu/phát không đồng bộ đa năng (UART)	145
6.2.9.5. Mạng khu vực điều khiển (CAN).....	145
6.2.9.6. Gigabit Ethernet.....	146
6.2.9.7. Quạt	146
6.2.9.8. Bộ điều biến độ rộng xung (PWM)	146
6.3. QUẢN LÝ HỆ THỐNG VÀ NGUỒN ĐIỆN.....	146
6.3.1. Đường ray điện.....	146
6.3.2. Miền/Vùng quyền lực	146
6.3.3. Bộ điều khiển quản lý nguồn (PMC)	147
6.3.4. Đặt lại (Reset).....	147
6.3.5. PMIC_BBAT	147
6.3.6. Trình tự nguồn.....	147
6.3.6.1. Bật nguồn	147
6.3.6.2. Tắt nguồn	147
6.3.7. Các trạng thái quyền lực.....	148
6.3.7.1. Trạng thái BẬT (S0)	148
6.3.7.2. Trạng thái TẮT (S5)	148
6.3.7.3. Trạng thái NGỦ (S3).....	148

6.3.8. Giám sát nhiệt và điện	148
6.3.9. Hành vi khởi động lại khi bật nguồn	148
6.3.10. Hành vi ngủ	148
6.3.11. GPIO	148
6.4. LẬP TRÌNH HỆ THỐNG	149
6.4.1. Cài đặt WINDOWS 10	149
6.4.2. Cài Driver Lenovo chính hãng	150
6.4.3. Cài đặt môi trường phát triển (Dev Environment)	151
6.4.3.1. Visual Studio Code (VS Code)	151
6.4.3.2. Cài Python và OpenCV.....	153
6.4.3.3. Cài OpenVINO™ Toolkit trên Windows 10	155
6.4.3.4. Cài đặt Arduino IDE & Giao tiếp Serial.....	156
CHƯƠNG 7: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ.....	157
7.1. PHẦN CỨNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ.....	157
7.1.1. Arduino Uno.....	157
7.1.2. Bộ điều tốc động cơ BLDC HDK-24G-60A-80-A	159
7.1.3. Mạch điều khiển động cơ DC BTS7960.....	160
7.1.4. Biến trở	162
7.1.5. Encoder 600 xung 5-24V PNP (HN3806-AB-600F).....	163
7.1.6. Relay Songle 30A 6 chân SLA-12VDC-SL-C.....	164
7.1.7. Mạch nguồn ổn áp DC 12V 10A.....	166
7.2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN	167
7.2.1. Động cơ ba pha không chổi than BLDC.....	167
7.2.1.1. Mô hình toán học.....	167
7.2.1.2. Phương pháp điều khiển.....	171
7.2.2. Điều khiển động cơ DC.....	174
7.2.2.1. Xung PWM	174
7.2.2.2. Cách hoạt động của xung PWM	175
7.2.2.3. Chu kỳ làm việc và tần số của PWM.....	176
7.2.2.4. Ưu và nhược điểm của PWM.....	177
7.2.2.5. Phương pháp điều khiển.....	179
7.3. SƠ ĐỒ MẠCH ĐIỆN VÀ ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ	181

7.3.1.Điều khiển động cơ BLDC cầu chủ động	181
7.3.1.1. Sơ đồ mạch điện.....	181
7.3.1.2. Nguyên lý làm việc:	181
7.3.2. Điều khiển động cơ DC của hệ thống lái	182
7.3.2.1. Sơ đồ mạch điện.....	182
7.3.2.2. Nguyên lý làm việc.....	182
CHƯƠNG 8: XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHỐI SIMULINK MÔ PHỎNG MÔ	
HÌNH XE ĐIỆN	184
8.1. TỔNG QUAN.....	184
8.1.1. Giới thiệu chung về lịch sử xe điện (Electric Vehicle- EV).....	184
8.1.2. Ưu điểm và nhược điểm của xe điện.....	187
8.1.3. Phân loại xe điện.....	187
8.1.4. Cấu trúc truyền động xe điện.....	189
8.1.5. Các thành phần khác của xe điện	190
8.1.5.1. Pin-Ắc quy	190
8.1.5.2. Bộ chuyển đổi DC-DC	192
8.1.5.3. Hệ thống phanh tái sinh.....	194
8.1.6. Động cơ điện	195
8.2. MÔ HÌNH HOÁ ĐỘNG CƠ BLDC	206
8.2.1. Mô hình hóa	206
8.2.2. Kết quả.....	210
8.3. KẾT QUẢ VÀ MÔ PHỎNG	210
8.3.1. Giới thiệu về phần mềm Matlab/Simulink.....	210
8.3.2. Sơ đồ mô phỏng.....	213
8.3.3. Thiết lập các thông số mô phỏng.....	214
8.3.3.1. Khối chu trình lái.....	214
8.3.3.2. Khối mô phỏng người lái xe	215
8.3.3.3. Khối Power controller (bộ chuyển độ tính hiệu PWM)	217
8.3.3.4. Bộ cấp nguồn cho động cơ (Switch).....	219
8.3.3.5. Mô phỏng dung lượng Pin và trạng thái nạp-xả-tái sinh.	220
8.3.3.6. Động cơ BLDC (Brushless DC Motor):	222
8.3.3.7. Trung tâm xử lý tín hiệu Hall sensor	224

8.3.3.8. Khối Vehicle Body	226
8.3.3.9. Khối tính toán vận tốc thực tế so sánh với vận tốc tham chiếu.....	230
8.3.3.10. Khối tính toán quãng đường đi được.	230
8.3.3.11. Khối lấy tín hiệu từ các cảm biến	231
8.3.4. Mô hình toàn bộ hệ thống.....	231
8.3.5. Kết quả mô phỏng	231
CHƯƠNG 9: THỰC NGHIỆM VÀ KẾT LUẬN.....	237
9.1. ĐO THỰC TẾ VÀ SO SÁNH VỚI MÔ PHỎNG TRÊN MATLAB.....	237
9.2. THỰC NGHIỆM	239
9.3. ĐÁNG GIÁ TỔNG QUAN	241
9.4. HƯỚNG PHÁT TRIỂN	242
9.4. KẾT LUẬN.....	243
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	245
PHỤ LỤC	247

DANH SÁCH HÌNH ẢNH BẢNG VẼ

HÌNH 3.1: HÌNH CHIẾU ĐÚNG CỦA MÔ HÌNH XE ĐIỆN	15
HÌNH 3.2: HÌNH CHIẾU BẰNG CỦA MÔ HÌNH XE ĐIỆN.....	15
HÌNH 3.3: HÌNH CHIẾU THỂ HIỆN MẶT TRƯỚC CỦA MÔ HÌNH XE ĐIỆN.....	16
HÌNH 3.4: HÌNH CHIẾU THỂ HIỆN MẶT SAU CỦA MÔ HÌNH XE ĐIỆN.....	16
HÌNH 3.5: HÌNH CHIẾU KHÔNG GIAN CỦA MÔ HÌNH XE ĐIỆN	17
HÌNH 3.6: SƠ ĐỒ PHÂN BỐ TẢI TRỌNG KHI XE KHÔNG TẢI	19
HÌNH 3.7: SƠ ĐỒ PHÂN BỐ TẢI TRỌNG KHI XE ĐẦY TẢI	21
HÌNH 3.8: PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ Ô TÔ ĐIỆN ĐỘNG CƠ ĐIỆN THAY THẾ CHỖ CHO ĐỘNG CƠ ĐÓT TRONG TRÊN Ô TÔ TRUYỀN THỐNG	22
HÌNH 3.9: PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ Ô TÔ ĐIỆN 4 BÁNH CÓ VI SAI.....	23
HÌNH 3.10: PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ TRUYỀN ĐỘNG HỘP GIẢM TỐC VÀ BỘ VI SAI ĐƯỢC TÍCH HỢP TRONG MỘT CỤM.....	24
HÌNH 3.11: PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ TRUYỀN ĐỘNG TRỰC TIẾP HAI BÁNH XE QUA BỘ TRUYỀN	25
HÌNH 3.12: PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ TRUYỀN ĐỘNG TRỰC TIẾP HAI BÁNH XE.....	26
HÌNH 3.13: PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ TRUYỀN ĐỘNG TRỰC TIẾP 4 BÁNH XE	26
HÌNH 3.14: CÁC LỰC TÁC DỤNG LÊN Ô TÔ KHI LÊN DỐC.....	28
HÌNH 3.15: ĐỘNG CƠ BLDC E-MOTOR BM1109.....	32
HÌNH 3.16: ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH ĐỘNG CƠ BLDC E-MOTOR BM1109.....	33
HÌNH 3.17: HÌNH CHIẾU ĐÚNG	34
HÌNH 3.18: HÌNH CHIẾU BẰNG	34
HÌNH 3.19: HÌNH CHIẾU CẠNH	35
HÌNH 3.20: ĐỒ THỊ ĐẶT TÍNH VƯỢT DỐC CỦA Ô TÔ	38
HÌNH 3.21: ĐỒ THỊ GÓC VƯỢT DỐC	40
HÌNH 3.22: ĐỒ THỊ GIA TỐC	42
HÌNH 3.23: ĐỒ THỊ THỜI GIAN TĂNG TỐC.....	43
HÌNH 3.24: KHUNG GÀM RỜI	45
HÌNH 3.25: LOẠI KHUNG VÀ VỎ CÙNG CHỊU LỰC.....	45
HÌNH 3.26: KHUNG KHÔNG GIAN	46

HÌNH 3.27: HÌNH CHIẾU ĐÚNG KHUNG DÀM XE.....	47
HÌNH 3.28: HÌNH CHIẾU BẰNG KHUNG DÀM XE.	47
HÌNH 3.29: PHÂN BỐ TẢI TRỌNG LÊN KHUNG XE	49
HÌNH 3.30: MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN	51
HÌNH 3.31: ỨNG SUẤT CỦA KHUNG TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẦY TẢI.....	51
HÌNH 3.32: CHUYỂN VỊ CỦA KHUNG TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẦY TẢI.....	51
HÌNH 3.33: ỨNG SUẤT CỦA KHUNG TRONG TRƯỜNG HỢP PHANH GẤP ...	53
HÌNH 3.34: CHUYỂN VỊ CỦA KHUNG KHI XE PHANH GẤP	53
HÌNH 3.35: ỨNG SUẤT TRONG TRƯỜNG HỢP KHI XE VÀO CUA	54
HÌNH 3.36: CHUYỂN VỊ TRONG TRƯỜNG HỢP KHI XE VÀO CUA.....	55
HÌNH 3.37: ỨNG SUẤT CỦA KHUNG TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẦY TẢI.....	55
HÌNH 3.39: ỨNG SUẤT CỦA KHUNG TRONG TRƯỜNG HỢP PHANH GẤP ...	57
HÌNH 3.40: CHUYỂN VỊ CỦA KHUNG KHI XE PHANH GẤP.....	57
HÌNH 3.41: ỨNG SUẤT TRONG TRƯỜNG HỢP KHI XE VÀO CUA	59
HÌNH 3.43: SƠ ĐỒ TÍNH TOÁN LỰC TÁC DỤNG LÊN OTO KHI PHANH.....	61
HÌNH 3.44: CƠ CẤU PHANH ĐĨA CÓ RANH LÀM MÁT.	64
HÌNH 3.45: SƠ ĐỒ TÍNH TOÁN CƠ CẤU PHANH KIỂU ĐĨA	65
HÌNH 3.46: CƠ CẤU TREO ĐỘC LẬP LOẠI HAI ĐÒN	80
HÌNH 3.47: SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẢM CHẤN ỚNG	83
HÌNH 3.48: GIẢM CHẤN ỚNG	84
HÌNH 3.49: SƠ ĐỒ LỰC TÁC DỤNG LÊN GIẢM CHẤN	90
HÌNH 3.50: SƠ ĐỒ TÍNH GIẢM CHẤN	92
HÌNH 3.51: SƠ ĐỒ LỰC TÁC DỤNG LÊN GIẢM CHẤN	96
HÌNH 3.52: SƠ ĐỒ TÍNH GIẢM CHẤN	98
HÌNH 3.53: CÁC KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA GIẢM CHẤN	99
HÌNH 3.54: BỐ TRÍ HỆ THỐNG LÁI TRÊN XE	100
HÌNH 3.55: SƠ ĐỒ TÍNH TOÁN MÔ MEN CẢN QUAY VÒNG DO LỰC CẢN LĂN TÁC DỤNG Ở BÁNH XE DẪN HƯỚNG	102
HÌNH 3.56: SƠ ĐỒ XÁC ĐỊNH MÔ MEN CẢN QUAY GÂY RA DO LỰC NGANG.....	102
HÌNH 3.57: ĐỘNG CƠ EPS 450W	106
HÌNH 3.58: SƠ ĐỒ TÍNH ỔN ĐỊNH DỌC CỦA Ô TÔ.....	106

HÌNH 3.59: SƠ ĐỒ LỰC TÁC DỤNG LÊN Ô TÔ KHI CHUYỂN ĐỘNG TRÊN ĐƯỜNG NGHIÊNG NGANG.....	107
HÌNH 3.60: SƠ ĐỒ LỰC TÁC DỤNG LÊN Ô TÔ KHI CHUYỂN ĐỘNG QUAY VÒNG TRÊN ĐƯỜNG NGHIÊNG NGANG.....	108
HÌNH 4.1: ĐIỂM ẢNH (PIXEL)	110
HÌNH 4.2: CÁC ĐỘ PHÂN GIẢI CỦA ẢNH	112
HÌNH 4.3: ẢNH XÁM (BÊN TRÁI) VÀ ẢNH NHỊ PHÂN (BÊN PHẢI)	112
HÌNH 4.4: CÁC KỸ THUẬT XỬ LÝ ẢNH NHỊ PHÂN	113
HÌNH 4.5: MÔ HÌNH GIÁ TRỊ BẢO HOÀ SẮC ĐỘ (HSV).....	114
HÌNH 4.6: KHÔNG GIAN MÀU CMYK.....	115
HÌNH 5.1: CẤU HÌNH VÀ KHỞI TẠO CHO CHƯƠNG TRÌNH	129
HÌNH 5.2: BIẾN TOÀN CỤC (GLOBAL VARIABLES).....	129
HÌNH 5.3: GIAO TIẾP GIỮA ARDUINO VÀ CHƯƠNG TRÌNH	130
HÌNH 5.4: GỬI LỆNH ĐẾN ARDUINO	130
HÌNH 5.5: XỬ LÝ LUỒNG RIÊNG	130
HÌNH 5.6: THIẾT LẬP CÔNG THỨC TÍNH TOÁN ĐỘ LỆCH (DEVIATION)....	131
HÌNH 5.7: VÒNG LẶP CHÍNH XỬ LÝ.....	132
HÌNH 5.8: GIAO DIỆN NGƯỜI DÙNG SỬ DỤNG THƯ VIỆN TKINTER.....	133
HÌNH 5.9: ĐỒ THỊ BIỂU DIỄN HÀM MẤT MÁT (LOSS FUNCTION).....	134
HÌNH 5.10: QUY TRÌNH ĐA LUỒNG CHO CÁC TÁC VỤ.....	136
HÌNH 5.11: TRUYỀN TÍN HIỆU CHO ARDUINO QUA CỔNG COM CỦA MÁY TÍNH.....	137
HÌNH 6.1: MẶT TRƯỚC CỦA THINKCENTRE M700 TINY.....	139
HÌNH 6.2: MẶT SAU CỦA THINKCENTRE M700 TINY	140
HÌNH 7.1: ARDUINO UNO	157
HÌNH 7.2: SƠ ĐỒ CẤU TRÚC ARDUINO UNO.....	158
HÌNH 7.3: BỘ ĐIỀU TỐC ĐỘNG CƠ BLDC HDK-24G-60A-80-A	159
HÌNH 7.4: PHÂN LOẠI DÂY CHỨC NĂNG CỦA BỘ ĐIỀU TỐC ĐỘNG CƠ BLDC HDK-24G-60A-80-A.....	160
HÌNH 7.5: BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC BTS7960	160
HÌNH 7.6: SƠ ĐỒ NỐI CHÂN BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC BTS7960.....	161
HÌNH 7.7: BIẾN TRỞ B10K (10K Ω)	162

HÌNH 7.8: SƠ ĐỒ 3 CHÂN CỦA BIẾN TRỞ B10K	163
HÌNH 7.9: ENCODER HN3806-AB-600F.....	164
HÌNH 7.10: RELAY SONGLE 30A 6 CHÂN SLA-12VDC-SL-C	165
HÌNH 7.11: SƠ ĐỒ CHÂN RELAY 30A 6 CHÂN	166
HÌNH 7.12: SƠ ĐỒ KẾT NỐI MẠCH NGUỒN ỔN ÁP.....	167
HÌNH 7.13: MÔ HÌNH MẠCH ĐIỆN CỦA ĐỘNG CƠ BLDC.....	168
HÌNH 7.14: DẠNG BACK – EMF, DÒNG ĐIỆN CÁC PHA VÀ MÔ MEN CỦA BLDC.....	170
HÌNH 7.15: HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC.....	170
HÌNH 7.16: THỨ TỰ CHUYỂN MẠCH KHI ĐỘNG CƠ QUAY THEO CHIỀU KIM ĐỒNG HỒ.....	171
HÌNH 7.17: THỨ TỰ CHUYỂN MẠCH KHI ĐỘNG CƠ QUAY NGƯỢC CHIỀU KIM ĐỒNG HỒ	171
HÌNH 7.18: TÍN HIỆU CẢM BIẾN HALL, SỨC PHẢN ĐIỆN ĐỘNG VÀ DÒNG ĐIỆN PHA TRONG CHẾ ĐỘ QUAY THUẬN CHIỀU KIM ĐỒNG HỒ.....	172
HÌNH 7.19: THỨ TỰ CẤP ĐIỆN CHO CÁC CUỘN DÂY TƯƠNG ỨNG VỚI CÁC CẢM BIẾN HALL TRONG CHẾ ĐỘ QUAY THUẬN CHIỀU KIM ĐỒNG HỒ ..	173
HÌNH 7.20: ĐỘNG CƠ BLDC LÀM VIỆC KHÔNG SỬ DỤNG CẢM BIẾN	174
HÌNH 7.21: XUNG PWM.....	175
HÌNH 7.22: XUNG PWM Ở CHU KỲ NHIỆM VỤ 50%	177
HÌNH 7.23: ĐỒ THỊ DẠNG XUNG PWM.....	179
HÌNH 7.24: TẠO XUNG VUÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SO SÁNH.....	180
HÌNH 7.25: SƠ ĐỒ MẠCH ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC CẦU CHỦ ĐỘNG.....	181
HÌNH 7.26: SƠ ĐỒ MẠCH ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC CHO HỆ THỐNG LÁI.....	182
HÌNH 8.1: MÔ HÌNH EV THÔ SƠ ĐẦU TIÊN TRÊN THẾ GIỚI CỦA ROBERT ANDERSON.....	184
HÌNH 8.2: TAXI ĐƯỢC TRIỂN KHAI Ở MỸ VÀO CUỐI THẾ KỶ XIX	185
HÌNH 8.4: XE FORD MODEL T (1908).....	186
HÌNH 8.5: XE TESLA MODEL 3	188
HÌNH 8.6: HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC XE ĐIỆN.....	189

HÌNH 8.7: CẤU TẠO PIN LITHIUM-ION LIFEPO4	191
HÌNH 8.8: SƠ ĐỒ MẠCH BỘ CHUYỂN ĐỔI BUCK.....	192
HÌNH 8.9: SƠ ĐỒ MẠCH BỘ CHUYỂN ĐỔI BOOST	193
HÌNH 8.10: VẬN TỐC VÀ QUÃNG ĐƯỜNG KHI XUỐNG DỐC DỪNG PHANH TÁI SINH.....	195
HÌNH 8.11: ĐỘNG CƠ KHÔNG CHỔI THAN TRÊN HONDA CIVIC HYBRID..	196
HÌNH 8.12: CẤU TẠO BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC.....	197
HÌNH 8.13: SƠ ĐỒ CẤP ĐIỆN CHO CUỘN DÂY STATOR	198
HÌNH 8.14: KIỂU CHUYỂN ĐỔI CHO CHẾ ĐỘ DẪN 120 ĐỘ.....	199
HÌNH 8.15: TRẠNG THÁI HOẠT ĐỘNG VÀ CÁC SECTOR	199
HÌNH 8.16: ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU CÓ CHỔI THAN	200
HÌNH 8.17: ĐỘNG CƠ ĐIỆN XOAY CHIỀU CẢM ỨNG TRÊN TOYOTA PRIUS	203
HÌNH 8.18: ĐỘNG CƠ PMSM.....	204
HÌNH 8.19: ĐỘNG CƠ ĐIỆN TÍCH HỢP TRONG BÁNH XE	204
HÌNH 8.20: SƠ ĐỒ CẤP NGUỒN CHO ĐỘNG CƠ DC.....	206
HÌNH 8.22: MÔ HÌNH THU GỌN CỦA ĐỘNG CƠ BLDC	208
HÌNH 8.23: GIAO DIỆN PHẦN MỀM MATLAB.....	211
HÌNH 8.24: GIAO DIỆN CÔNG CỤ SIMULINK TRONG MATLAB.....	212
HÌNH 8.25: THƯ VIỆN CHỮA ÁC KHỐI BLOCK TRONG SIMULINK.....	212
HÌNH 8.26: SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG XE ĐIỆN BLDC.....	213
HÌNH 8.27: CHU TRÌNH LÁI FTP75	214
HÌNH 8.28: KHỐI TẠO TÍN HIỆU	215
HÌNH 8.29: KHỐI NGƯỜI LÁI (LONGITUDINAL DRIVER).....	216
HÌNH 8.30: MÔ PHỎNG BỘ CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU.....	217
HÌNH 8.32: KHỐI CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU.....	218
HÌNH 8.33: KHỐI H-BRIDGE	218
HÌNH 8.34: ĐIỀU CHỈNH THÔNG SỐ KHỐI H-BRIDGE	218
HÌNH 8.35: BỘ CẤP NGUỒN CHO ĐỘNG CƠ.....	219
HÌNH 8.36: TRANSISTOR ĐIỀU KHIỂN CÁC PHA.....	219
HÌNH 8.37: KHỐI CHUYỂN PHA.....	220
HÌNH 8.38: KHỐI ĐO DÒNG ĐIỆN.....	220

HÌNH 8.39: KHỐI MÔ PHỎNG TRẠNG THÁI PIN.....	220
HÌNH 8.40: KHỐI ĐIỀU KHIỂN NGUỒN DÒNG ĐIỆN	221
HÌNH 8.41: THIẾT LẬP CÁC THÔNG SỐ CHO DÒNG ĐIỀU KHIỂN	221
HÌNH 8.42: KHỐI MÔ PHỎNG PIN	221
HÌNH 8.43: THIẾT LẬP CÁC THÔNG SỐ MÔ PHỎNG PIN	222
HÌNH 8.44: KHỐI MÔ PHỎNG ĐỘNG CƠ BLDC	223
HÌNH 8.45: CÁC THAM SỐ CÓ THỂ ĐIỀU CHỈNH.....	223
HÌNH 8.46: KHỐI MÔ PHỎNG XỬ LÝ TÍN HIỆU HALL	224
HÌNH 8.47: ĐỒ THỊ DÒNG PHA VÀ SDD PHẢN HỒI CỦA BLDC.....	224
HÌNH 8.48: KHỐI MÔ PHỎNG THÂN XE.....	227
HÌNH 8.49: KHỐI MÔ PHỎNG VISAI.....	227
HÌNH 8.50: KHỐI MÔ PHỎNG BÁNH XE.....	227
HÌNH 8.51: THIẾT LẬP CÁC THÔNG SỐ CHO BÁNH XE.....	228
HÌNH 8.52: KHỐI MÔ PHỎNG THÂN XE.....	229
HÌNH 8.53: CÁC THÔNG SỐ ĐƯỢC THIẾT LẬP PHÙ HỢP VỚI XE	230
HÌNH 8.54: KHỐI HIỂN THỊ THÔNG SỐ VẬN TỐC.....	230
HÌNH 8.55: KHỐI HIỂN THỊ QUÃNG ĐƯỜNG ĐI ĐƯỢC	230
HÌNH 8.56: KHỐI TÍN CÁC CẢM BIẾN ĐO ĐƯỢC.....	231
HÌNH 8.57: MÔ HÌNH KHỐI SIMULINK MÔ PHỎNG XE ĐIỆN	231
HÌNH 8.58: THIẾT LẬP CÁC THÔNG SỐ PIN	232
HÌNH 8.59: THIẾT LẬP CÁC THÔNG SỐ Ở KHỐI VEHICLE BODY CỤ THỂ. .	233
HÌNH 9.1. ĐỒ THỊ VẬN TỐC THU ĐƯỢC SAU KHI TIẾN HÀNH ĐO THỰC TẾ.	237
HÌNH 9.2. ĐỒ THỊ QUÃNG ĐƯỜNG XE ĐI ĐƯỢC THỰC TẾ.	238
HÌNH 9.3. ĐỒ THỊ PHẦN TRĂM PIN TIÊU HAO TRONG THỰC TẾ.	239
HÌNH 9.3: MÔ HÌNH HOẠT ĐỘNG VỚI ĐIỀU KIỆN THỰC NGHIỆM.....	240
HÌNH 9.4: KẾT QUẢ CỦA CHƯƠNG TRÌNH NHẬN DIỆN LÀN ĐƯỜNG VÀ XÁC ĐỊNH ĐỘ LỆCH CỦA XE.....	240
HÌNH 9.5: KẾT QUẢ BENCHMARK CHO MÔ HÌNH YOLO XỬ LÝ ẢNH ĐẦU VÀO KÍCH THƯỚC 480X640.....	240

BẢNG 3.1: THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA XE THIẾT KẾ	17
BẢNG 3.2: PHÂN BỐ TRỌNG LƯỢNG XE KHI KHÔNG TẢI.....	19
BẢNG 3.3: PHÂN BỐ TẢI TRỌNG KHI XE ĐẦY TẢI.....	21
BẢNG 3.4:CÁC THÔNG SỐ ĐỘNG CƠ ĐƯỢC CHỌN	32
BẢNG 3.5: BẢNG TÍNH LỰC KÉO	37
BẢNG 3.6: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN GÓC VƯỢT ĐỐC	39
BẢNG 3.7: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN GIA TỐC	41
BẢNG 3.8: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THỜI GIAN TĂNG TỐC.....	42
BẢNG 3.9: BẢNG THÔNG SỐ VẬT LIỆU SS400	48
BẢNG 3.10: KHỐI LƯỢNG PHÂN BỐ.....	49
BẢNG 3.11: THÔNG SỐ BAN ĐẦU CỦA XE THIẾT KẾ.....	60
BẢNG 3.12: BẢNG THÔNG SỐ ĐẦU VÀO	86
BẢNG 3.13: THÔNG SỐ ĐỘNG CƠ EPS 450W.....	105
BẢNG 7.1: THÔNG SỐ KỸ THUẬT ARDUINO UNO	157
BẢNG 7.2: THÔNG SỐ BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC BTS7960.....	161
BẢNG 7.3: CÁC THÔNG SỐ CỦA BIẾN TRỞ B10K.....	162
BẢNG 7.4: CÁC THÔNG SỐ CỦA ENCODER HN3806-AB-600F.....	164
BẢNG 7.5: THÔNG SỐ KỸ THUẬT CHÍNH CỦA RELAY.....	165
BẢNG 7.6: THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA MẠCH ỔN ÁP DC-DC 48V-12V	167
BẢNG 8.1. ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA XE EV.....	187
BẢNG 8.2: BẢNG SO SÁNH GIỮA ĐỘNG CƠ BLDC VÀ ĐỘNG CƠ DC	205
BẢNG 8.3: THÔNG SỐ BÁNH XE TRÊN CÁC DẠNG ĐƯỜNG TRONG MATLAB.....	228
BẢNG 8.4: THÔNG SỐ KỸ THUẬT XE	232

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU

Ký hiệu	Ý nghĩa
l_i	Khoảng cách từ tâm vết tiếp xúc bánh trước đến toạ độ trọng tâm các bộ phận
h_i	Chiều cao trọng tâm các thành phần khối lượng
a	Khoảng cách trục trước bánh xe đến trọng tâm xe
b	Khoảng cách trục trước bánh xe đến trọng tâm xe
L	Khoảng cách giữa hai trục bánh xe
G_k	Trọng lượng xe lúc không tải
G_n	Trọng lượng xe lúc đầy tải
p_k	Lực kéo tiếp tuyến ở bánh xe chủ động
p_{f1}	Lực cản lăn ở bánh xe chủ động
p_{f2}	Lực cản lăn ở bánh xe bị động
p_w	Lực cản không khí
p_i	Lực cản lên dốc
Z_1, Z_2	Phản lực tiếp tuyến của mặt đường tác dụng lên các bánh xe trước và sau
f	Là hệ số cản lăn
G	Là tổng trọng lượng của xe
α	Là góc dốc của mặt đường
M_{bx}	Momen bánh xe
N_c	Công suất cản của xe
N	Công suất cần thiết của động cơ
η	Hiệu suất hệ thống truyền lực
t	Thời gian hoạt động của xe
P	Công suất động cơ điện
U	Hiệu điện thế ắc quy
AH	Dung lượng ắc quy

m	Khối lượng hệ thống truyền lực
n_M	Là vận tốc góc và số vòng quay định mức của động cơ điện
σ	Ứng suất giới hạn chảy của vật liệu chế tạo khung
[s]	Ứng suất cho phép phát sinh tại dầm dọc
K_d	Hệ số tải trọng động
V_{max}	Tốc độ lớn nhất xe đạt được
r_{bx}	Bán kính bánh xe
Ψ	Hệ số bám của xe
M_k	Momen kéo của xe

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI

1.1. Lý do chọn đề tài

Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu và ô nhiễm môi trường đã trở thành những thách thức toàn cầu nghiêm trọng, đòi hỏi các quốc gia phải tìm kiếm các giải pháp bền vững trong mọi lĩnh vực, đặc biệt là giao thông vận tải – ngành chiếm tỷ trọng lớn trong tổng lượng khí thải CO₂. Một trong những hướng đi nổi bật nhằm giảm thiểu tác động môi trường chính là phát triển các phương tiện giao thông sử dụng năng lượng sạch, mà xe điện (EV – Electric Vehicle) là đại diện tiêu biểu [1].

Theo báo cáo tổng kết từ trang Lithaco.vn, doanh số xe điện toàn cầu đã đạt gần 14 triệu chiếc vào năm 2023, chiếm khoảng 18% tổng số xe mới bán ra trên toàn thế giới. Tại Việt Nam, thị trường ô tô mặc dù sụt giảm mạnh (giảm 25% so với năm trước), nhưng ô tô điện lại có sự tăng trưởng bùng nổ, từ chưa đầy 100 chiếc năm 2021 lên đến hơn 30.000 chiếc trong năm 2023, tương đương với khoảng 15% thị phần xe mới. Những con số này phản ánh sự chuyển dịch rõ ràng của người tiêu dùng và chính sách của các quốc gia, trong đó có Việt Nam, theo hướng ưu tiên sử dụng các phương tiện giao thông thân thiện với môi trường, tiết kiệm năng lượng và bền vững.

Song song với xu hướng điện khí hóa phương tiện, công nghệ tự động hóa và trí tuệ nhân tạo (AI) cũng đang được ứng dụng ngày càng sâu rộng vào lĩnh vực giao thông. Hệ thống giao thông thông minh (ITS – Intelligent Transportation System) là một minh chứng tiêu biểu cho việc kết hợp công nghệ với cơ sở hạ tầng giao thông để nâng cao hiệu quả quản lý và đảm bảo an toàn cho người tham gia giao thông. Ở nhiều đô thị lớn tại Việt Nam như TP. Hồ Chí Minh, Hà Nội, Đà Nẵng... hệ thống camera giám sát giao thông có khả năng phân tích hình ảnh vi phạm nhờ ứng dụng AI, góp phần làm giảm tình trạng ùn tắc, tai nạn và tăng cường ý thức chấp hành luật giao thông [2].

Bên cạnh đó, các phương tiện giao thông tự hành – từ xe cá nhân đến xe vận tải – đang ngày càng hoàn thiện nhờ sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thị giác máy tính (Computer Vision). Theo thông tin từ trang Caothienphat.com, các dòng xe hiện đại đã được trang bị hệ thống camera và thuật toán xử lý ảnh nhằm nhận diện vạch kẻ đường, biển báo giao thông, người đi bộ, vật cản..., từ đó ra quyết định điều khiển một cách an toàn và chính xác [3].

1.2. Mục tiêu nghiên cứu

- Thiết kế và chế tạo mô hình xe điện hai chỗ ngồi với cấu trúc cơ khí hợp lý, hệ thống truyền động ổn định và phù hợp với điều kiện vận hành thử nghiệm.
- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào nhận diện làn đường, nhằm mô phỏng khả năng quan sát và định hướng môi trường của các phương tiện giao thông thông minh.
- Phát triển hệ thống xử lý ảnh để hỗ trợ điều khiển phương tiện một cách tự động, nâng cao tính linh hoạt và độ chính xác trong quá trình di chuyển theo làn đường.
- Tích hợp chặt chẽ giữa phần cứng và phần mềm nhằm xây dựng một hệ thống điều khiển tổng thể, thống nhất và có khả năng mở rộng trong các nghiên cứu tiếp theo.

1.3. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu các kiến thức liên quan đến xử lý ảnh và các phần mềm hỗ trợ xử lý ảnh: Ubuntu, Python, OpenCV, Numpy,...
- Nghiên cứu về nền tảng, phương thức hoạt động của các hệ thống sử dụng trí tuệ nhân tạo.
- Sử dụng mạng đã được đào tạo sẵn để nhận diện làn đường.
- Sử dụng các thuật toán để nâng cao nhận diện làn đường làn bằng các thuật toán như Hough Transform, K-means, Kalman filter,...
- Sử dụng Kalman filter để theo dõi làn đường.
- Hiển thị nội dung nhận diện lên màn hình bằng hình ảnh lấy trực tiếp từ webcam.

1.4. Giới hạn đề tài

Hệ thống có khả năng vận hành theo thời gian thực (real-time), tuy nhiên hiệu suất xử lý vẫn còn bị giới hạn do năng lực phần cứng chưa thực sự mạnh, dẫn đến độ trễ nhất định trong quá trình nhận diện và phản hồi điều khiển. Bên cạnh đó, khả năng hoạt động của hệ thống hiện nay vẫn phụ thuộc vào dữ liệu huấn luyện ban đầu, nên chỉ đạt hiệu quả cao tại những đoạn đường đã được training trước đó. Điều này cho thấy tiềm năng mở rộng của đề tài trong tương lai nếu được nâng cấp phần cứng và tối ưu hóa thuật toán để đạt tính tổng quát và khả năng thích nghi cao hơn trong các môi trường giao thông thực tế và phức tạp hơn.

1.5. Phạm vi ứng dụng

Thông qua đề tài này, việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong kỹ thuật ô tô không chỉ dừng lại ở lý thuyết mà đã được triển khai thực tế trên mô hình xe điện. Bằng việc

tích hợp hệ thống xử lý ảnh, xe mô hình đã có khả năng tự động nhận diện làn đường và điều hướng theo làn một cách chính xác mà không cần sự can thiệp của người điều khiển. Kết quả này cho thấy tiềm năng rõ rệt trong việc phát triển các chức năng hỗ trợ lái như cảnh báo lệch làn hay thậm chí là điều khiển hoàn toàn tự động trong các hệ thống xe tự hành. Đề tài là minh chứng sinh động cho việc kết hợp thành công giữa kỹ thuật điều khiển, xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo trong lĩnh vực giao thông thông minh – đồng thời mở ra nhiều hướng nghiên cứu và cải tiến trong tương lai.

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN VỀ Ô TÔ ĐIỆN

2.1. Định nghĩa và phân loại

2.1.1. Định nghĩa ô tô điện

Ô tô điện (Electric Vehicle – EV) là phương tiện giao thông sử dụng động cơ điện làm nguồn lực chính để kéo bánh xe. Thay vì sử dụng động cơ đốt trong (ICE) và nhiên liệu hóa thạch (xăng, dầu diesel), ô tô điện tận dụng năng lượng điện được lưu trữ trong bộ pin (ắc-quy) hoặc tạo ra tức thời từ nguồn ngoài (như hệ thống truyền động hybrid cắm sạc).

Về cơ bản, ô tô điện không đốt cháy nhiên liệu bên trong, do đó không thải ra khí CO₂ trực tiếp, giảm ô nhiễm môi trường và tiết kiệm năng lượng so với xe chạy xăng/dầu diesel.

2.1.2. Phân loại ô tô điện

Ô tô điện được phân thành ba nhóm chính dựa theo cơ chế cấp điện và sự phụ thuộc vào động cơ đốt trong (nếu có):

Xe điện thuần túy (Battery Electric Vehicle – BEV)

- Nguồn năng lượng chính: Bộ pin sạc từ lưới điện (hoặc các nguồn năng lượng tái tạo).
- Đặc điểm: Không có động cơ đốt trong; toàn bộ năng lượng chuyển thành điện để vận hành động cơ điện (Motor).

Xe hybrid cắm sạc (Plug-in Hybrid Electric Vehicle – PHEV)

- Nguồn năng lượng chính: Kết hợp giữa động cơ đốt trong (ICE) và động cơ điện. Pin có thể sạc từ bên ngoài (ổ cắm điện).
- Chế độ hoạt động:
 - EV Mode: Chỉ sử dụng động cơ điện, pin cung cấp năng lượng.
 - Hybrid Mode: Động cơ đốt trong và động cơ điện kết hợp, động cơ đốt trong vừa kéo tải vừa sạc pin.

Xe hybrid (Hybrid Electric Vehicle – HEV)

- Nguồn năng lượng chính: Động cơ đốt trong và động cơ điện; pin được sạc chủ yếu qua động cơ đốt trong hoặc quá trình thu hồi năng lượng phanh (regenerative braking).
- Đặc điểm: Không thể cắm sạc ngoài; pin nhỏ hơn PHEV, chỉ đủ để cung cấp năng lượng hỗ trợ cho động cơ đốt trong.

Xe fuel cell (Fuel Cell Electric Vehicle – FCEV)

- Nguồn năng lượng chính: Pin nhiên liệu (fuel cell), sử dụng hydro kết hợp với oxy để sinh ra điện, sau đó điện cung cấp cho động cơ điện.
- Đặc điểm: Không cần sạc pin từ lưới; chỉ cần tiếp nhiên liệu hydro tại trạm. Chỉ thải ra nước ($H_2 O$).

2.2. Lịch sử phát triển ô tô điện

2.2.1. Giai đoạn đầu (Cuối thế kỷ 19 – Đầu thế kỷ 20)

Cuối thế kỷ 19

- Năm 1832–1839, các nhà khoa học như Robert Anderson và Ánh hào quang Michael Faraday thí nghiệm các hệ thống sơ khai tạo ra dòng điện và động cơ điện.
- Đến năm 1884–1888, nhà phát minh Mỹ Thomas Parker (ở Anh) chế tạo thành công ô tô điện có thể chạy được khoảng 64 km cho mỗi lần sạc pin chì-axit.

Cuối thế kỷ 19 – đầu thế kỷ 20

- Thời điểm này, ô tô điện cạnh tranh với xe hơi chạy xăng và xe hơi hơi nước. Một số mẫu xe điện sản xuất tại Mỹ như Baker Electric, Detroit Electric đạt độ tin cậy cao, được ưa chuộng tại các đô thị nhờ vận hành êm ái, không khói bụi.
- Năm 1900, trong số 4.192 xe đăng ký ở New York City, có khoảng 28% là xe điện, 40% chạy hơi nước và 22% chạy xăng.

2.2.2. Sự suy giảm và tái xuất hiện (Giữa thế kỷ 20 – Những năm 1990)

Giữa thế kỷ 20

- Phát triển mạnh mẽ của động cơ đốt trong, chi phí nhiên liệu rẻ, hạ tầng trạm xăng phát triển đã khiến ô tô điện bị lấn át.
- Quá trình sản xuất ô tô điện gần như ngưng trệ vào giữa thế kỷ 20.

Những năm 1970–1980

- Cuộc khủng hoảng dầu mỏ (1973, 1979) thúc đẩy các nhà sản xuất ô tô nghiên cứu trở lại ô tô điện và hybrid, nhưng công nghệ pin chưa đủ tốt để cho phép tầm hoạt động đủ xa.

2.2.3. Sự hồi sinh mạnh mẽ (Những năm 2000 đến nay)

Những năm 2000–2010

- Tiến bộ trong công nghệ pin lithium-ion (trọng lượng nhẹ hơn, mật độ năng lượng cao hơn, tuổi thọ dài) mở đường cho xe điện thương mại.
- Năm 2008, Tesla giới thiệu Roadster (xe thể thao chạy hoàn toàn bằng điện, tầm hoạt động ~393 km), tạo cú hích cho ngành công nghiệp ô tô điện.
- Nissan Leaf (2010) trở thành mẫu xe điện phổ thông đầu tiên đạt doanh số đáng kể toàn cầu.

2010–2020

- Sự tham gia của nhiều hãng lớn như BMW (i3, i8), Chevrolet (Bolt EV), Renault (ZOE), Hyundai (Ioniq Electric, Kona Electric),...
- Hạ tầng sạc nhanh (fast-charging) dần được đầu tư, độ phủ trạm sạc tăng.
- Nhiều chính phủ châu Âu, châu Á ban hành chính sách ưu đãi về thuế, trợ giá mua xe điện, đầu tư hạ tầng sạc.

2020–2025

- Tăng tốc quá trình điện hóa: Tesla Model 3, Model Y bán chạy toàn cầu; Volkswagen ID.3, ID.4; BYD Dolphin; Kia EV6, Hyundai Ioniq 5;...
- Ô tô điện tầm hoạt động >500 km cho mỗi lần sạc trở nên phổ biến.
- Các nền tảng sản xuất pin thế hệ mới (pin rắn – solid-state, pin LFP – lithium iron phosphate) hứa hẹn tăng mật độ năng lượng, rút ngắn thời gian sạc và nâng cao an toàn.
- Nhiều quốc gia châu Âu đặt mục tiêu ngừng bán xe chạy xăng/dầu diesel vào năm 2030–2035; Trung Quốc đẩy mạnh “chiến lược xe xanh” nhằm giảm tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch và ô nhiễm.

2.3. Tiềm năng và xu hướng phát triển

2.3.1. Lý do thúc đẩy sự phát triển ô tô điện

Giảm thiểu ô nhiễm không khí và khí nhà kính

- Ô tô điện không thải khí CO₂ và các chất độc hại (NO_x, SO₂, hạt mịn) khi vận hành.
- Khi kết hợp với nguồn điện tái tạo (gió, năng lượng mặt trời), ô tô điện gần như không phát thải trong toàn chuỗi (từ sản xuất đến sử dụng).

Tiết kiệm năng lượng và chi phí vận hành

- Động cơ điện có hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao (~90%–95%) so với động cơ đốt trong (~30%–40%).
- Chi phí điện tính trên mỗi km thấp hơn chi phí xăng/dầu.
- Ít chi tiết cơ khí chuyển động → bảo dưỡng đơn giản, chi phí thấp.

Chính sách khuyến khích của chính phủ

- Ưu đãi thuế, trợ giá mua xe điện, miễn phí đăng ký, hỗ trợ lắp đặt trạm sạc, quy định cấm/buộc giảm dần xe chạy xăng tại đô thị.
- Các tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt (Euro 6, Euro 7, ...) thúc đẩy chuyển dịch dần từ ICE sang EV.

Phát triển hạ tầng sạc

- Tốc độ lắp đặt trạm sạc DC nhanh ngày càng tăng; nhiều trạm có công suất >150 kW, sạc 20%→80% chỉ trong 20–30 phút.
- Hệ thống quản lý sạc thông minh, ứng dụng di động hỗ trợ tìm kiếm trạm sạc, đặt chỗ, thanh toán điện tử.

2.3.2. Xu hướng công nghệ

Pin thế hệ mới

- Pin rắn (Solid-State Battery – SSB): Sử dụng điện giải rắn thay vì lỏng, tăng mật độ năng lượng (khoảng 2–3 lần pin lithium-ion hiện tại), giảm nguy cơ cháy nổ, tăng độ bền và số chu kỳ sạc/xả.

- Pin LFP (Lithium Iron Phosphate): Chi phí thấp hơn, độ bền chu kỳ cao (>3.000 chu kỳ), an toàn hơn, xu hướng sử dụng phổ biến trên một số mẫu xe giá rẻ và xe thương mại.
- Pin silicon-graphene (Si-C anodes): Tăng mật độ năng lượng, cải thiện tính ổn định nhiệt.

Hệ thống truyền động hiệu suất cao

- Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (Permanent Magnet Synchronous Motor – PMSM) phổ biến nhờ mô-men xoắn cao, hiệu suất cao, kích thước nhỏ gọn.
- Động cơ không chổi than (Brushless DC Motors – BLDC) và động cơ cảm ứng (Induction Motor) vẫn được sử dụng do chi phí thấp và độ bền.
- Bộ điều khiển động cơ (Inverter/Power Electronics) ngày càng tích hợp nhiều chức năng: quản lý nhiệt, tái sinh năng lượng, chuyển đổi tần số, bảo vệ quá tải.

Hệ thống tái tạo năng lượng phanh (Regenerative Braking)

- Thu hồi năng lượng khi phanh, giảm hao phí và tăng quãng đường di chuyển.
- Các chiến lược quản lý động lực (torque control, blended braking) giúp người lái không cảm thấy khác biệt so với phanh thủy lực truyền thống.

Xe kết nối và tự lái

- Nhiều ô tô điện tích hợp sẵn nền tảng kết nối (telematics) để cập nhật phần mềm qua mạng (Over-the-Air – OTA), giám sát tình trạng pin, lên lịch sạc, điều khiển từ xa.
- Công nghệ tự lái (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems) phát triển song hành: radar, lidar, camera đa hướng, bản đồ HD, trí tuệ nhân tạo (AI) hỗ trợ lái tự động ở mức độ cao.

Xe điện siêu nhẹ và vật liệu mới

- Áp dụng vật liệu composite (sợi carbon, nhôm hợp kim, hợp kim magiê) giảm trọng lượng khung gầm và thân vỏ.
- Thiết kế khí động học tối ưu (hệ số cản Cd thấp) giúp giảm tiêu hao năng lượng.

2.4. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

2.4.1. Cấu tạo chung

Bộ pin (Battery Pack)

- Chất liệu phổ biến: lithium-ion (LCO, NMC, NCA, LFP).
- Thành phần: nhiều cell pin (cell-level) ghép nối theo dạng mô-đun (module) và gói (pack).
- Hệ thống quản lý pin (Battery Management System – BMS):
 - Giám sát điện áp, dòng điện, nhiệt độ của từng cell/module.
 - Bảo vệ quá sạc, quá xả, cân bằng cell (cell balancing).
 - Quản lý trạng thái sạc (State of Charge – SoC) và trạng thái sức khỏe pin (State of Health – SoH).

Động cơ điện (Electric Motor)

- PMSM: Hiệu suất cao, mô-men xoắn lớn ở tốc độ thấp, thường dùng cho xe du lịch.
- BLDC: Tương tự PMSM nhưng cấu tạo đơn giản hơn, chi phí rẻ.
- Induction Motor: Bền, chi phí thấp, nhưng hiệu suất hơi thấp hơn PMSM.

Bộ điều khiển động cơ (Inverter/Controller)

- Chuyển đổi dòng điện một chiều (DC) từ pin thành dòng xoay chiều (AC) cho động cơ (với PMSM/Induction Motor).
- Điều khiển tần số, biên độ điện áp để thay đổi tốc độ và mô-men xoắn động cơ.
- Tích hợp chức năng tái sinh năng lượng (khi người lái phanh, động cơ chuyển thành phát điện, đẩy điện ngược về pin qua inverter).

Hệ thống truyền động (Drivetrain)

- Bao gồm trục (axle), hộp số (nếu có), bộ vi sai (differential), truyền lực từ động cơ ra bánh xe.
- Nhiều mẫu EV sử dụng truyền động trực tiếp (Direct Drive) hoặc hộp số 1 cấp (single-speed gearbox) do động cơ điện có dải vận tốc rộng.

Hệ thống sạc (Charging System)

- Bộ sạc onboard (Onboard Charger – OBC): Được tích hợp trên xe, chuyển đổi AC từ lưới thành DC để nạp vào pin. Công suất thường dao động 3–22 kW (AC).
- Cổng sạc nhanh DC (DC Fast Charger): Thành phần ngoài xe (trạm sạc), chuyển đổi AC lưới thành DC và cấp thẳng vào pin, công suất 50–350 kW.
- Chuẩn kết nối sạc phổ biến:
 - AC: Type 1 (J1772), Type 2 (Mennekes).
 - DC: CCS (Combined Charging System), CHAdeMO, GB/T (Trung Quốc), Tesla Supercharger (proprietary).

Hệ thống điện phụ trợ (Auxiliary Electrical System)

- Cung cấp điện cho các thiết bị không liên quan truyền động: điều hòa, đèn chiếu sáng, hệ thống giải trí, hệ thống lái trợ lực, bơm nước làm mát, bơm dầu truyền động.
- Thông thường cấp bởi một pin 12V hoặc hệ thống DC-DC Converter từ pin chính (400V–800V → 12V).

2.4.2. Nguyên lý hoạt động cơ bản

Khởi động và tăng tốc

- Khi người lái nhấn chân ga, bộ điều khiển nhận tín hiệu và phân tích độ mở bướm ga (hoặc tín hiệu điện tử từ bộ điều khiển ga).
- Inverter sẽ chuyển đổi điện áp DC từ pin thành AC với tần số/biên độ phù hợp để điều khiển động cơ xoay.
- Động cơ điện sinh mô-men xoắn tức thời, truyền qua hộp số 1 cấp (nếu có) đến bánh xe, giúp xe tăng tốc mượt mà, phản hồi nhanh.

Vận hành ổn định

- Ở tốc độ không đổi, động cơ vẫn hoạt động ở điểm hiệu suất cao, inverter điều khiển để duy trì tần số điện và điện áp ổn định.
- BMS liên tục giám sát trạng thái pin, điều chỉnh mức dòng sạc/xả để đảm bảo an toàn, hiệu suất lâu dài.

Phanh động năng (Regenerative Braking)

- Khi người lái nhấn phanh hoặc nhả ga, hệ thống có thể chuyển động cơ thành phát điện (generator mode).
- Inverter đảo ngược quá trình: động cơ phát điện, đồng thời BMS điều khiển dòng điện tái nạp vào pin.
- Mức tái sinh năng lượng phụ thuộc vào chiến lược điều khiển (nhiều xe cho phép người lái điều chỉnh mức tái sinh bằng lẫy chuyển số hoặc cần số điện tử).

Dừng và đỗ xe

- Khi dừng, động cơ không sinh ra momen nhưng hệ thống vẫn ở trạng thái chờ (ready).
- Hệ thống tự động chuyển sang chế độ tiêu thụ năng lượng thấp (standby) để duy trì điện cho hệ thống an ninh, hệ thống giám sát.

2.5. Ưu, nhược điểm

2.5.1. Ưu điểm

Tiết kiệm chi phí vận hành

- Giá điện (VNĐ/kWh) thường thấp hơn tương đương giá xăng (VNĐ/lít) cho cùng quãng đường.
- Ít chi tiết cơ khí chuyển động → chi phí bảo dưỡng, thay dầu, bảo trì đường ống xăng, hệ thống ống xả giảm đáng kể.

Hiệu suất năng lượng cao

- Động cơ điện có hiệu suất chuyển đổi năng lượng 90%–95%, trong khi động cơ đốt trong chỉ khoảng 30%–40%.
- Tái sinh năng lượng phanh góp phần cải thiện quãng đường.

Bảo vệ môi trường

- Không thải khí CO₂ và các chất ô nhiễm khi vận hành.
- Giảm tiếng ồn, vận hành êm ái.

Trải nghiệm lái

- Mô-men xoắn tối đa có sẵn ngay khi khởi động → tăng tốc mạnh mẽ, mượt mà.
- Hoạt động êm, giảm rung lắc, đem lại cảm giác thoải mái.

Kích thước và thiết kế linh hoạt

- Do không cần lắp đặt động cơ đốt trong lớn, bình xăng, ống xả, khung gầm có thể thiết kế linh hoạt hơn.
- Thân xe có thể tận dụng không gian pin dưới sàn (skateboard platform), giúp hạ thấp trọng tâm, tăng ổn định.

2.5.2. Nhược điểm

Chi phí đầu tư ban đầu cao

- Giá thành pin vẫn còn cao (tuy đã giảm đáng kể từ 2010 đến nay nhưng vẫn chiếm 30%–40% tổng chi phí xe).
- Chi phí xe điện thường cao hơn xe xăng tương đương khoảng 10%–30%.

Quãng đường hoạt động (Range Anxiety)

- Dù tầm hoạt động đã tăng lên 400–600 km cho mỗi lần sạc, song vẫn còn thấp hơn xe xăng (500–800 km).
- Người dùng có thể lo ngại hết pin giữa chừng, đặc biệt ở vùng nông thôn, khu vực hạ tầng sạc chưa phát triển.

Thời gian sạc

- Mặc dù có sạc nhanh, nhưng để đạt được tầm hoạt động tối đa, vẫn phải sạc khoảng 20–60 phút; so với đổ đầy bình xăng chỉ cần 3–5 phút.
- Việc chờ sạc có thể bất tiện cho hành trình dài.

Chu kỳ và tuổi thọ pin

- Sau nhiều chu kỳ sạc/xả (thường ~1.000–2.000 chu kỳ), dung lượng pin giảm dần (khoảng 70%–80% so với ban đầu).
- Chi phí thay thế pin lớn (một bộ pin 60–100 kWh có thể dao động 5.000–10.000 USD).

Hạ tầng sạc chưa đồng bộ

- Ở nhiều khu vực, đặc biệt nông thôn hoặc các nước đang phát triển, số trạm sạc vẫn hạn chế.

- Hệ thống tiêu chuẩn kết nối đa dạng gây khó khăn cho việc tương thích và đầu tư mở rộng hạ tầng.

2.6. Tình hình thị trường và chính sách hỗ trợ

2.6.1. Thị trường toàn cầu

- Thị phần tăng trưởng nhanh: Từ năm 2020 đến 2024, doanh số bán ô tô điện toàn cầu tăng trung bình 35% mỗi năm.
- Các thị trường dẫn đầu:
 - Châu Âu: Na Uy (80% xe bán ra là EV), Hà Lan, Thụy Điển, Đức.
 - Trung Quốc: Là thị trường EV lớn nhất thế giới, với các thương hiệu nội địa như BYD, NIO, Xpeng. Năm 2024, xe điện chiếm khoảng 25% tổng doanh số ô tô (cao nhất toàn cầu).
 - Mỹ: Tesla dẫn đầu, cùng với GM (Chevy Bolt), Ford (Mustang Mach-E), Rivian, Lucid Motors. Tỷ lệ EV chiếm khoảng 15% doanh số bán xe mới.

2.6.2. Thị trường Việt Nam

Xu hướng tăng trưởng

- Từ năm 2021, một số mẫu xe điện du lịch và xe buýt điện đã về thị trường Việt Nam (VinFast VF e34, Mini Cooper SE, Hyundai Ioniq 5).
- Doanh số chưa lớn, song đang có xu hướng tăng do chính sách ưu đãi thuế, phí và trợ giá lắp đặt trạm sạc tại hộ gia đình.

Chính sách hỗ trợ của Chính phủ

- Giảm 50% phí trước bạ cho xe điện mới đến hết năm 2025 (Quyết định 10/2022/QĐ-TTg).
- Trợ giá lắp đặt trạm sạc tại hộ gia đình (mức hỗ trợ 50% chi phí khấu hao thiết bị, tối đa 7,5 triệu đồng/hộ).
- Miễn thuế nhập khẩu linh kiện, phụ tùng dùng cho sản xuất, lắp ráp ô tô điện nội địa.
- Ưu đãi giá điện cho trạm sạc công cộng (giảm 5–10% so với giá bán lẻ điện sinh hoạt, sản xuất).
- Quy hoạch hạ tầng sạc dọc hành lang quốc lộ: Hợp tác với các tỉnh, thành xây dựng trạm sạc nhanh khoảng cách 50–100 km/lượt.

Thách thức:

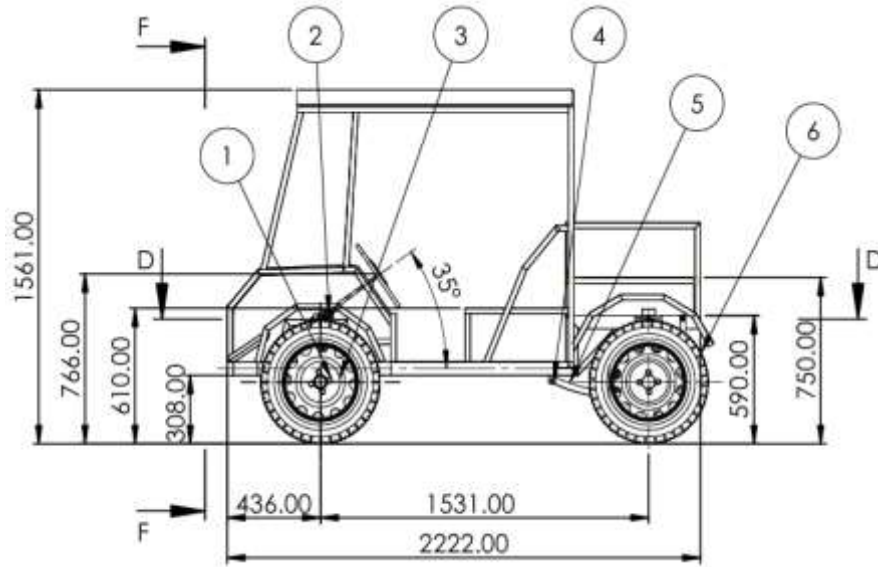
Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

- Chi phí mua xe điện vẫn cao so với xe xăng phổ thông (trên 600–700 triệu đồng cho dòng tầm trung).
- Hạ tầng sạc tập trung chủ yếu tại TP. Hồ Chí Minh, Hà Nội, Đà Nẵng; vùng sâu, vùng xa chưa có.
- Nhận thức người tiêu dùng về lợi ích dài hạn chưa đầy đủ; tâm lý “ngại sạc”, “lo ngại động cơ điện khi trời mưa/nắng cực đoan”.

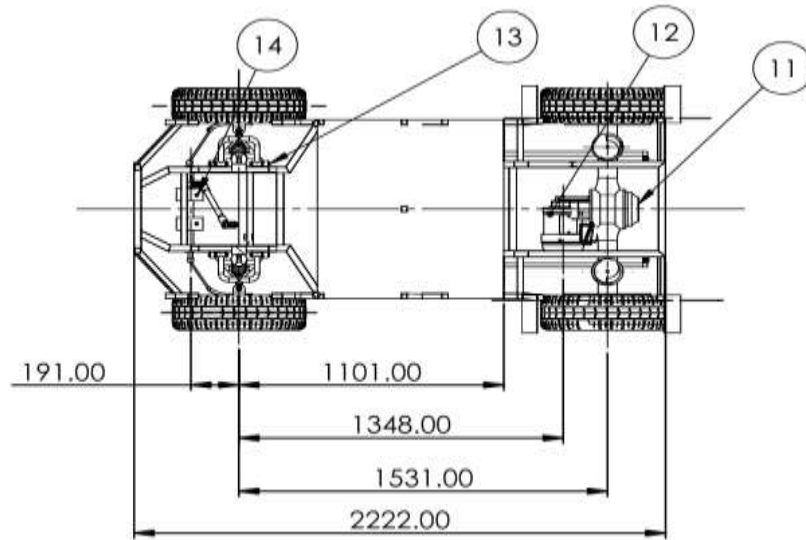
CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MÔ HÌNH XE ĐIỆN

3.1. Thiết kế chung

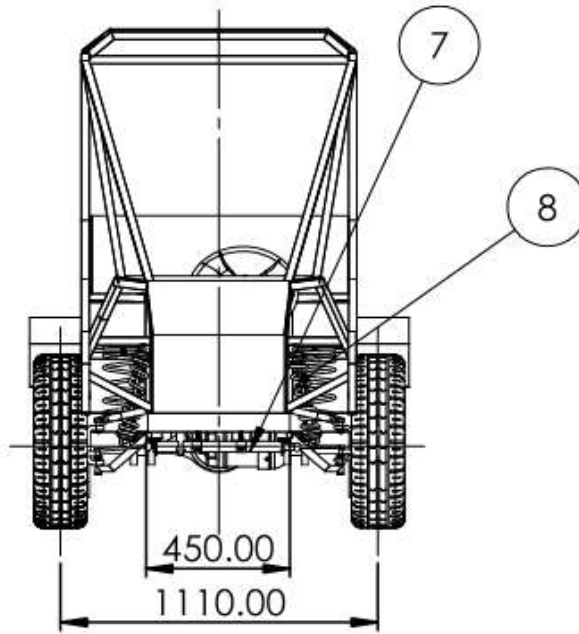
3.1.1. Sơ đồ tổng thể



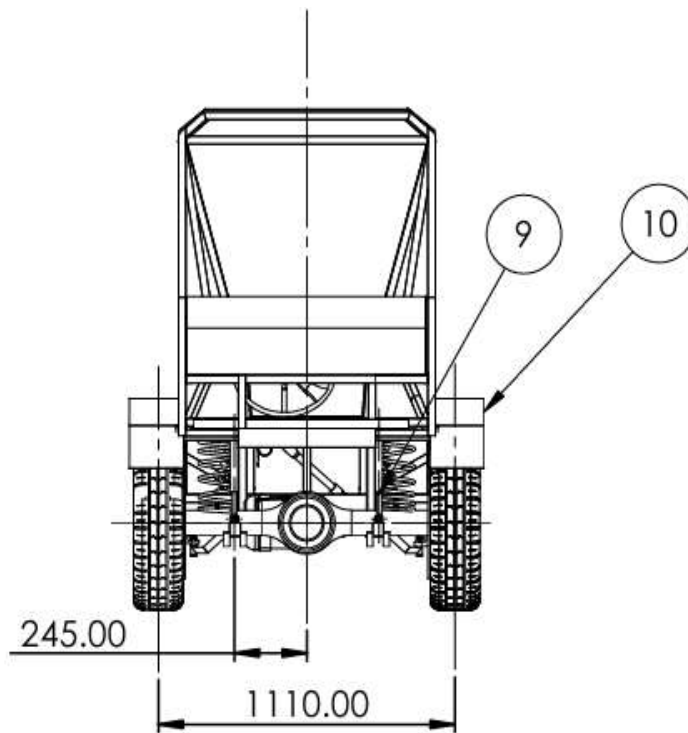
Hình 3.1: Hình chiếu đứng của mô hình xe điện



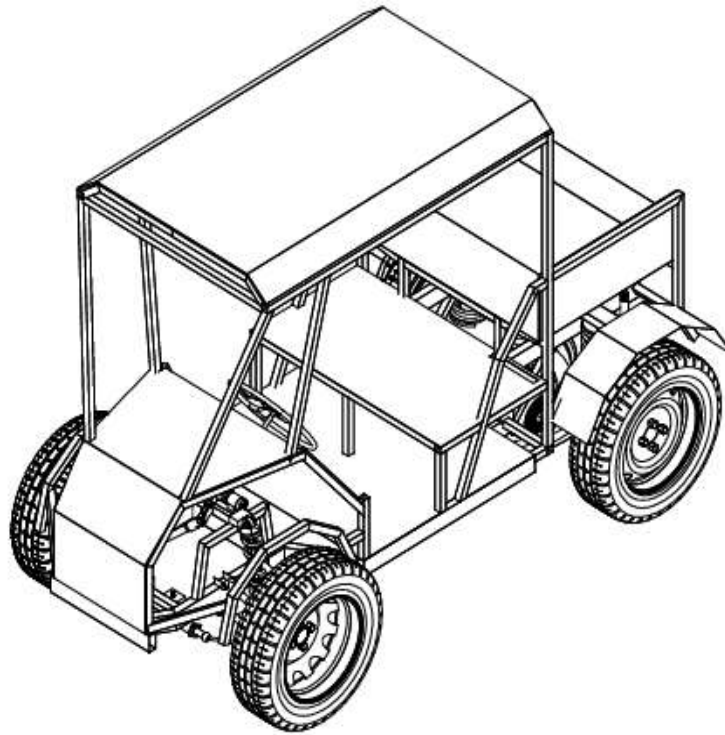
Hình 3.2: Hình chiếu bằng của mô hình xe điện



Hình 3.3: Hình chiếu thể hiện mặt trước của mô hình xe điện



Hình 3.4: Hình chiếu thể hiện mặt sau của mô hình xe điện



Hình 3.5: Hình chiếu không gian của mô hình xe điện

- 1- Đai ốc bánh xe nguyên khối; 2- Motor trợ lực lái; 3- Mâm ô tô; 4- Bulong lục giác;
5- Lá nhíp; 6- Lớp xe; 7- Cụm cơ cấu lái; 8- Cụm cơ cấu treo bánh trước; 9- Cụm giảm chấn bánh sau; 10- Vỏ xe; 11- Cầu xe; 12- Động cơ; 13- Bulong lục giác M10;
14- Đai ốc M8

Bảng 3.1: Thông số kỹ thuật của xe thiết kế

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Loại phương tiện		Xe điện 2 chỗ
2	Công thức bánh xe		4x2
3	Kích thước bao (Dài X Rộng x Cao)	mm	2222x860x1561
4	Chiều dài cơ sở	mm	1531
5	Vết bánh xe trước và sau	mm	1100
6	Chiều dài đầu xe	mm	436
7	Chiều dài đuôi xe	mm	255
8	Khoảng cách gầm xe	mm	230
9	Khả năng tải	Kg	210
10	Góc vượt dốc	Độ	9
11	Tốc độ tối đa	Km/h	20

3.1.2. Phân bố tải trọng

Sự phân bố trọng lượng lên các trục của xe thiết kế khi không tải và khi có tải được xác định trên cơ sở giá trị các thành phần trọng lượng và vị trí tác dụng của chúng lên các trục của xe điện

3.1.2.1. Cơ sở lý thuyết

Tọa độ trọng tâm của xe điện thiết kế theo chiều dọc.

- a: Khoảng cách từ trọng tâm ô tô đến cầu trước
- b: khoảng cách từ trọng tâm ô tô đến cầu sau

Tọa độ trọng tâm của xe theo chiều cao h_g .

Căn cứ vào giá trị các thành phần trọng lượng và tọa độ trọng tâm của chúng ta xác định tọa độ trọng tâm của xe theo công thức [16]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^m (G_i \cdot l_i)}{\sum_{i=1}^m G_i} \quad (3.1)$$

$$b = L - a \quad (3.2)$$

$$h_g = \frac{\sum_{i=1}^m (G_i \cdot l_i)}{\sum_{i=1}^m G_i} \quad (3.3)$$

Trong đó:

+ l_i : Khoảng cách từ tâm vết tiếp xúc bánh trước đến tọa độ trọng tâm các thành phần khối lượng

+ h_i : Chiều cao trọng tâm các thành phần khối lượng.

+ G: Trọng lượng xe

- Các thành phần khối lượng bao gồm:

+ G_1 : Trọng lượng của hệ thống lái

+ G_2 : Bảng táp lô điều khiển

+ G_3 : Trọng lượng bánh xe trước

+ G_4 : Trọng lượng khung vòm

+ G_5 : Trọng lượng của pin

+ G_6 : Trọng lượng của động cơ

+ G_7 : Trọng lượng của cầu sau và bánh xe

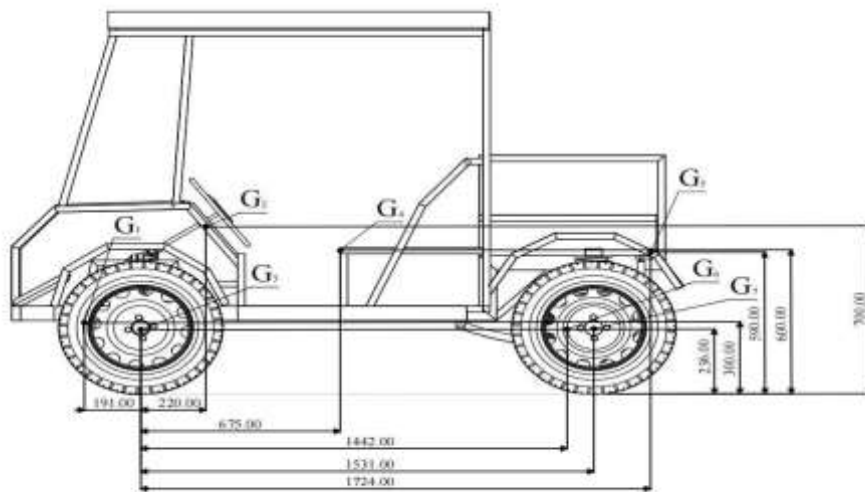
Bỏ qua trọng lượng của khối mạch điều khiển Phân bố trọng lượng lên các cầu:

$$Z_1 = \frac{Gb}{L} \quad (3.4)$$

$$Z_2 = G - Z_1 \quad (3.5)$$

3.1.2.2. Các trường hợp phân bố tải trọng

Trường hợp không tải



Hình 3.6: Sơ đồ phân bố tải trọng khi xe không tải

Ta có bảng số liệu:

Bảng 3.2: Phân bố trọng lượng xe khi không tải

STT	TÊN GỌI	TRỌNG LƯỢNG		l_i (mm)	h_i (mm)	$G_i l_i$	$G_i h_i$
		Kí hiệu	(kg)				
1	Trọng lượng	G_1	14	-191	300	-2674	4200

Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

	của hệ thống lái						
2	Bảng táp lô điều khiển	G_2	5	220	700	1100	3500
3	Trọng lượng của cầu trước và bánh xe	G_3	37	0	236	0	8732
4	Trọng lượng khung vòm	G_4	86	675	600	58050	51600
5	Trọng lượng của pin	G_5	15	1250	610	12500	6100
6	Trọng lượng của động cơ	G_6	12	1442	236	17304	2832
7	Trọng lượng của cầu sau và bánh xe	G_7	56	1531	0	85736	0
Tổng		Σ	225			185376	79714

Suy ra:

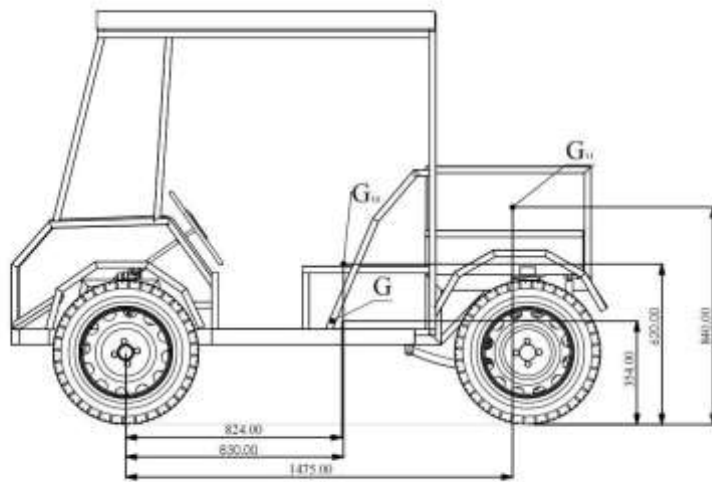
Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

a	824 (mm)
b	707 (mm)
h_g	354 (mm)
Z_1	1019,28 (N)
Z_2	1187,97 (N)

- Trường hợp tải đầy

- Các thành phần trọng lượng gồm:
- G: Trọng lượng xe khi không tải
- G_{10} : Trọng lượng 2 người
- G_{11} : Trọng lượng hành lý

- Sơ đồ phân bố trọng lượng:



Hình 3.7: Sơ đồ phân bố tải trọng khi xe đầy tải

Ta có bảng số liệu sau:

Bảng 3.3: Phân bố tải trọng khi xe đầy tải

STT	TÊN GỌI	TRỌNG LƯỢNG		l_i (mm)	h_i (mm)	$G_i l_i$	$G_i h_i$
		Kí Hiệu	(KG)				
1	Tải trọng khi không tải	G	225	824	354	185400	79650

2	Tải trọng người	G_{10}	160	830	620	132800	99200
3	Tải trọng hành lý	G_{11}	50	1475	840	73750	42000
Tổng		Σ	435			391950	220850

Suy ra:

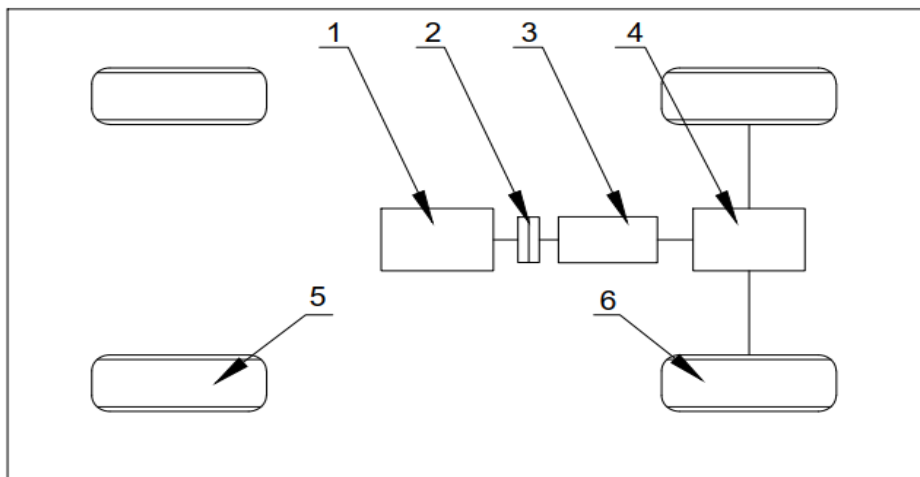
a	901 (mm)
b	630 (mm)
h_g	507 (mm)
Z_1	1755,99 (N)
Z_2	2511,36 (N)

3.2. Thiết kế hệ thống truyền động

3.2.1. Lựa chọn phương pháp bố trí truyền động

Phân tích phương án bố trí truyền động

Phương án 1: Cấu hình xe điện trong đó động cơ điện thế chỗ cho động cơ đốt trong trên ô tô truyền thống. Hệ truyền động này tương tự như hệ truyền động trong động cơ truyền thống sử dụng động cơ đốt trong, chỉ khác là động cơ đốt trong được thay thế bằng động cơ điện.



Hình 3.8: Phương án thiết kế ô tô điện động cơ điện thay thế chỗ cho động cơ đốt trong trên ô tô truyền thống

1– Động cơ; 2 – Ly hợp; 3 – Hộp số; 4 – Vi sai;

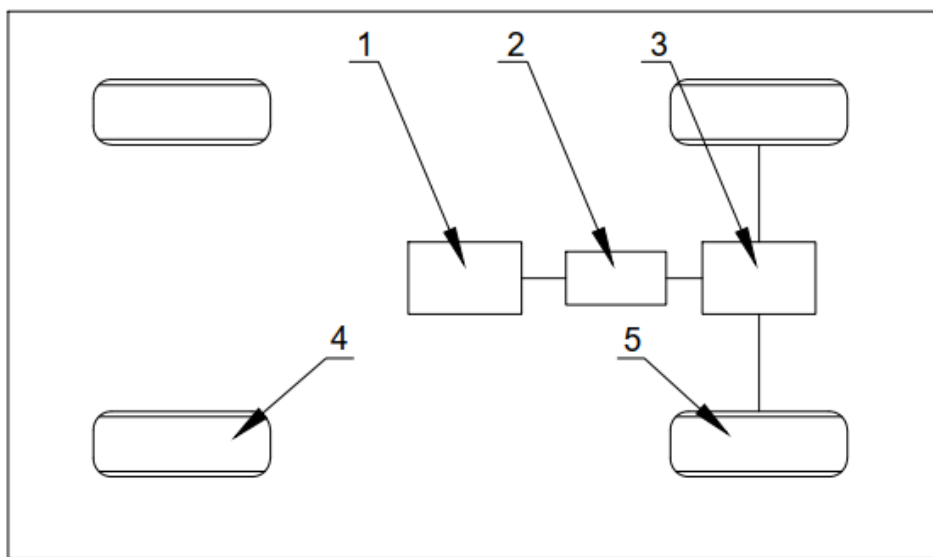
Ưu điểm:

- Điều khiển một động cơ điện dễ dàng.
- Ít hao tổn nhiên liệu.
- Kết cấu đơn giản, dễ bảo dưỡng sửa chữa.
- Động cơ không cần momen lớn.

Nhược điểm:

- Tăng khối lượng của xe.
- Hao tổng công suất từ động cơ đến bánh xe.

Phương án 2: Động cơ điện dẫn động cầu sau có hộp giảm tốc và visai. Với động cơ điện có công suất không đổi trong một phạm vi thay đổi tốc độ rộng, chúng ta có thể sử dụng một bộ bánh răng với tỷ số truyền cố định thay thế cho hộp số nhiều tỷ số truyền nhằm đơn giản hóa ly hợp



Hình 3.9: Phương án thiết kế ô tô điện 4 bánh có vi sai

1– Động cơ; 2 – Hộp số; 3 – Vi sai; 4 – Bánh xe trước; 5 – Bánh xe sau

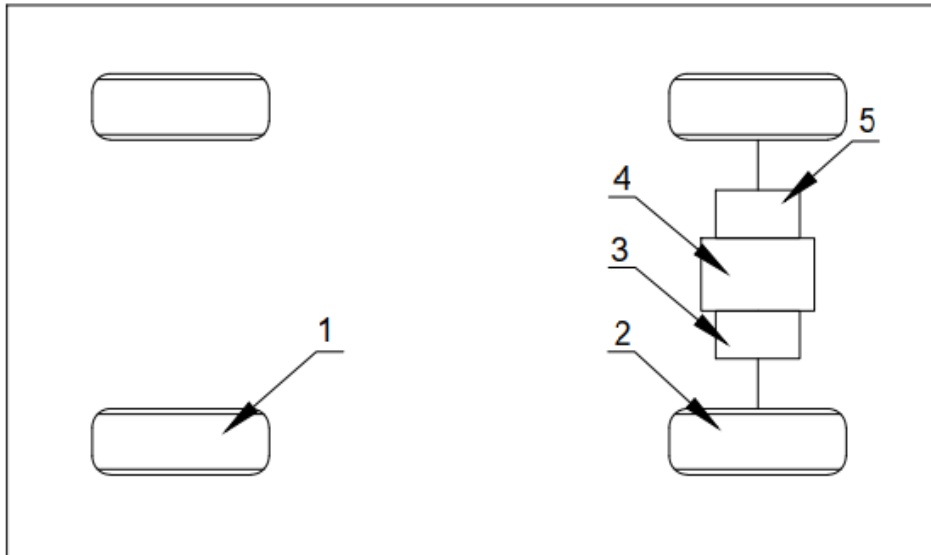
Ưu điểm:

- Hệ truyền động đơn giản, gọn gàng.
- Khối lượng giảm.
- Tăng hiệu suất từ động cơ tới bánh xe.

Nhược điểm:

- Tính kinh tế: giá thành cao khi đặt mua visai theo tính toán thiết kế.
- Động cơ phải đảm bảo dải momen và tốc độ phù hợp với thiết kế.

Phương án 3: Tương tự phương án 2, ở đây động cơ điện, bộ truyền bánh răng cố định và bộ vi sai được tích hợp trong một cụm chi tiết đơn giản và gọn gang



Hình 3.10: Phương án thiết kế truyền động hộp giảm tốc và bộ vi sai được tích hợp trong một cụm

1– Bánh xe trước; 2 – Bánh xe sau; 3,5 – Vi sai; 4 – Động cơ

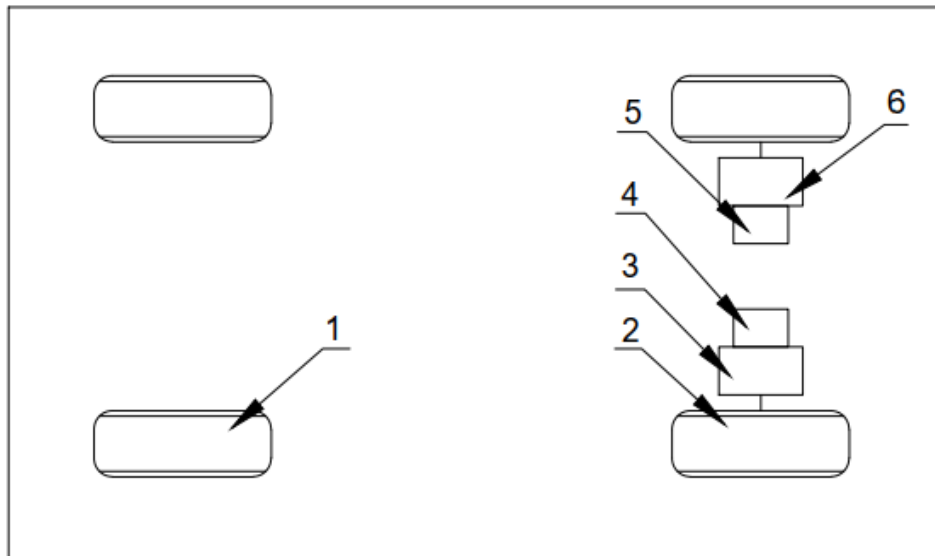
Ưu điểm:

- Bố trí hệ dẫn động thành một cụm nên gọn nhẹ, dễ lắp đặt.
- Khối lượng giảm.
- Giảm hiệu suất từ động cơ tới bánh xe.
- Dễ dàng điều khiển 1 động cơ.

Nhược điểm:

- Khung gian bố trí hạn chế.
- Phân bố tải trọng không đều giữa hai cầu.

Phương án 4: Bộ vi sai cơ khí được thay thế bằng hai động cơ kéo trực tiếp bánh xe. Tốc độ của hai động cơ này khác nhau khi xe chạy trên đường cong



Hình 3.11: Phương án thiết kế truyền động trực tiếp hai bánh xe qua bộ truyền

1 - Bánh xe trước; 2- Bánh xe sau; 3,6- Hộp giảm tốc; 4,5- Động cơ

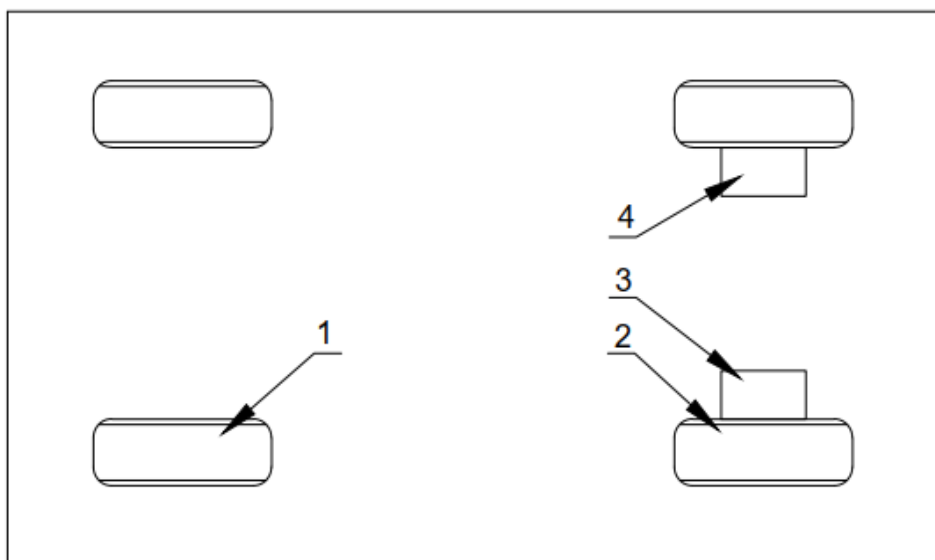
Ưu điểm:

- Dễ dàng gia công và lắp ráp.
- Không cần đồ chuẩn xác cao.
- Kết cấu đơn giản, khối lượng gọn nhẹ.

Nhược điểm:

- Khung gian bố trí hạn chế.
- Phân bố tải trọng không đều giữa hai cầu.
- Khó trong việc điều khiển độc lập hai động cơ.

Phương án 5: Nhằm đơn giản hóa hệ thống truyền động lực, động cơ điện có thể đặt bên trong bánh xe



Hình 3.12: Phương án thiết kế truyền động trực tiếp hai bánh xe

1 - Bánh xe trước; 2- Bánh xe sau; 3,4- Động cơ điện

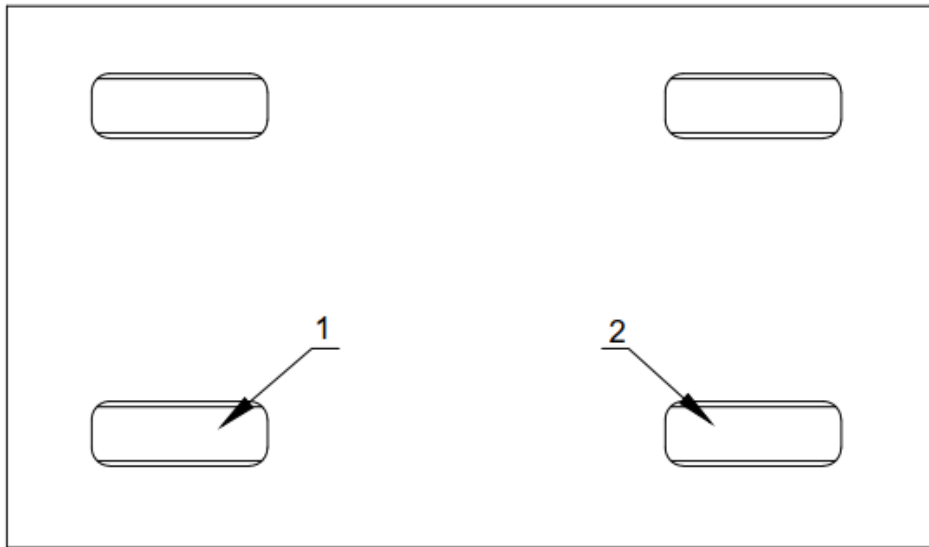
Ưu điểm:

- Kết cấu đơn giản nhỏ gọn.
- Vì không thông qua bộ truyền nên đạt được hiệu suất cao.
- Tăng hiệu suất từ động cơ tới bánh xe.

Nhược điểm:

- Cần độ chính xác cao để hai bánh đồng trục.
- Khó khăn trong vấn đề điều khiển hai động cơ.
- Momen yêu cầu của động cơ lớn.

Phương án 6: Để loại bỏ hoàn toàn cơ cấu bánh răng cơ khí giữa động cơ điện và bánh xe chủ động, người ta sử dụng động cơ điện tốc độ thấp với rotor ngoài lắp trực tiếp vào bánh xe



Hình 3.13: Phương án thiết kế truyền động trực tiếp 4 bánh xe

1,2 - Động cơ điện

Ưu điểm:

- Ít hao tổn nhiên liệu.
- Kết cấu đơn giản, gọn gàng.
- Khối lượng hệ thống truyền động giảm đáng kể.
- Tăng hiệu suất từ động cơ tới bánh xe.

Nhược điểm:

- Đòi hỏi động cơ có momen xoắn cao để khởi động và tăng tốc.

- Khó khăn khi điều khiển hai động cơ.

3.2.2. Lựa chọn phương án thiết kế

Việc lựa chọn một hệ truyền động kéo ô tô điện dựa vào các tiêu chí sau:

- Chế độ hay cấu trúc hệ truyền động: truyền động bánh trước, truyền động bánh sau, hoặc truyền động 4 bánh.
- Số động cơ điện được sử dụng.
- Phương pháp điều khiển.
- Số cấp tốc độ của hộp số.

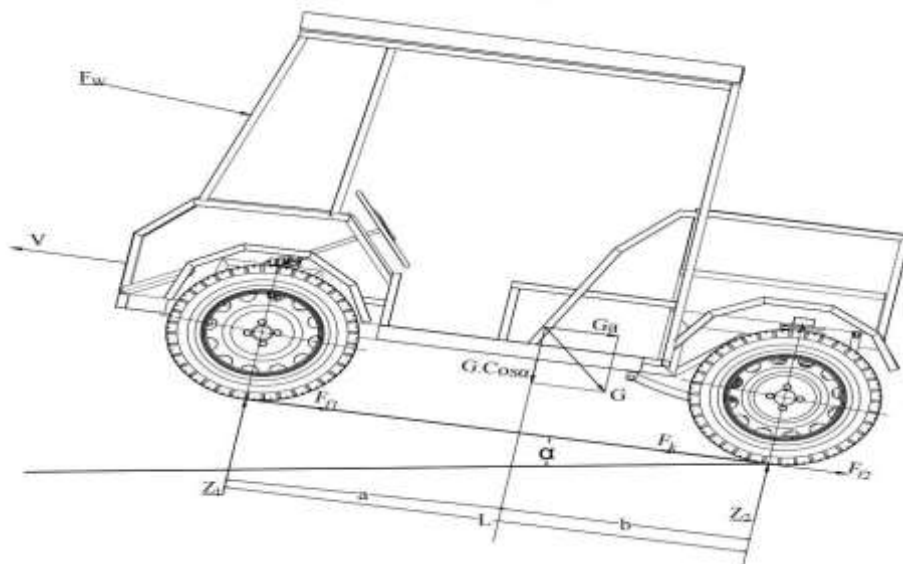
Qua việc phân tích các phương án thiết kế ở trên với những ưu điểm phù hợp với phương án gia công, thiết kế cũng như là tính thông dụng phổ biến trên thị trường nên nhóm quyết định chọn phương án thiết kế ô tô điện với động cơ điện dẫn động cầu sau có hộp giảm tốc và vi sai tích hợp thành cụm.

3.2.3 Tính chọn động cơ điện

Số liệu cho đầu bài:

- Trọng lượng toàn bộ xe: $G_a = 435Kg$
- Tốc độ lớn nhất của xe: $V_{max} = 20[km/h] = 5,56[m/s]$
- Bán kính làm việc của bánh xe: $R_{bx} = 0,23[m]$
- Góc dốc lớn nhất xe có thể vượt $\alpha = 9^\circ$

Công suất cần thiết của động cơ điện có thể tạo ra lực kéo F_k dùng để thắng lực cản lăn của mặt đường F_f , lực cản lên dốc F_α , lực cản gió F_w và lực quán tính khi tăng tốc F_j



Hình 3.14: Các lực tác dụng lên ô tô khi lên dốc

Phương trình cân bằng lực như sau:

$$F_k = F_f + F_\alpha + F_j + F_w \quad (3.6)$$

Theo công thức IV-2 trang 89 [16] để thỏa mãn điều kiện kéo thì công suất của động cơ điện tạo ra phải lớn hơn hoặc bằng tổng công suất các lực cản tác dụng lên ô tô.

Từ đó, ta có biểu thức liên hệ như sau:

$$P_k \eta \geq P_f + P_w \pm P_j \pm P_\alpha \quad (3.7)$$

Trong đó:

- P_k : Công suất của động cơ điện [w]
- P_f : Công suất của lực cản lăn [w]
- P_w : Công suất của lực cản khí động [w]
- P_j : Công suất của lực quán tính [w]
- P_α : Công suất của lực cản do độ dốc gây ra [w]
- η : Hiệu suất của hệ truyền lực từ động cơ đến bánh xe, ta chọn $\eta = 0,98$

Để xác định công suất lớn nhất của động cơ điện, ta xét xe hoạt động ở 3 trường hợp: Mô men cần thiết khi khởi động, tốc độ lớn nhất, độ dốc lớn nhất.

Trường hợp 1: Khi xe khởi động

Trong trường hợp này ta xem xe đang đứng yên trên đường nằm ngang, tốc độ ban đầu của xe là 0 km/h. Khi đó, ta có thể bỏ qua lực cản khí động học và lực cản do độ dốc gây ra. Biểu thức (3.7) trở thành.

$$P_{k \max 1} = \frac{P_f + P_j}{\eta} = \frac{F_f + F_j}{\eta} \cdot V_{\min} \quad (3.8)$$

Lực cản lăn F_f :

Theo công thức I-22 trang 25 [16], lực cản lăn được tính như sau:

$$F_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha \quad (3.9)$$

Trong đó:

G: Trọng lượng của xe khi đầy tải [N]. Theo bảng (6.1): $m=435$ [kg]

$$G = m.g = 435.9,81 = 4267,35 \text{ [N]}$$

f: hệ số cản lăn. Theo [16], khi ô tô hoạt động trên đường nhựa tốt thì $f = 0,015 \div 0,018$

Chọn $f = 0,018$.

α : Góc dốc mặt đường [°]. Trong trường hợp ta đang xét $\alpha = 0$.

Thay các thông số vào công thức (3.9), ta được:

$$F_f = 4267,35.0,018 = 76,81 \text{ [N]}$$

Theo công thức (I-38) trang 30 [16] lực cản quán tính được tính theo công thức

$$F_j = m.j \quad (3.10)$$

Trong đó:

+ m - khối lượng của ô tô

+ j – gia tốc của ô tô. Từ bảng IV-1 trang 113 [16]. Chọn gia tốc $j = 0,3(m/s^2)$

$$\rightarrow F_j = 435.0,3 = 130,5$$

Thay giá trị tính được vào công thức (0.8), ta được:

$$P_{kmax1} = \frac{(76,81+130,5).5,56}{0,98} = 1176,16 \text{ [w]}$$

Trường hợp 2: Khi xe hoạt động với tốc độ lớn nhất

Trong trường hợp này ta xem như xe đang chạy trên đường nằm ngang với tốc độ lớn nhất $V_{max} = 20km/h$. Khi đó ta có thể bỏ qua lực quán tính và lực cản do độ dốc gây ra. Biểu thức (3.7) trở thành:

$$P_{kmax2} = \frac{P_f + P_w}{\eta} = \frac{F_f + F_w}{\eta} . V_{max} \quad (3.11)$$

Lực cản lăn F_f

Lực cản quán tính được tính ở trên có giá trị: $F_j = 76,81[N]$

Lực cản không khí F_w :

Theo công thức I-30 trang 27 [16], lực cản khí động được tính theo công thức:

$$F_w = w \cdot v_{max}^2 \quad (3.12)$$

Trong đó:

- W- Nhân tố cản của không khí $W = K.F$
- K – Hệ số cản không khí, theo bảng I-4 trang 29 [16] hệ số cản không khí ô tô du lịch vỏ hở là $0,4 - 0,5 [Ns^2 / m^4]$. Chọn $K = 0,5 [Ns^2 / m^4]$
- A: Diện tích cản chính diện $[m^2]$ Theo công thức I-36 trang 28 [16],
 $F = 0,8B_0H$ đối với ô tô du lịch
- H: Chiều cao của xe $[m]$. Theo bảng (6.1): $H = 1,561[m]$
- B: Chiều rộng cơ sở trước $[m]$. Theo bảng (6.1): $B = 1,1[m]$

$$\rightarrow F = 0,8 \cdot 1,561 \cdot 1,1 = 1,3734 [m^2]$$

V_{max} : Tốc độ lớn nhất của xe $[m / s]$. Theo bảng (6.1): $V_{max} = 45km / h = 12,5m / s$

Thay các thông số ở trên vào công thức (3.12) ta được:

$$F_w = 0,5 \cdot 1,3734 \cdot 5,56^2 = 21,22 [W]$$

Thay kết quả vào (3.11) ta được công suất lớn nhất của động cơ:

$$P_{kmax2} = \frac{(76,81 + 21,22) \cdot 5,56}{0,98} = 556,17 [W]$$

Trường hợp 3: Khi xe vượt dốc với độ dốc lớn nhất. Khi xe vượt dốc với tốc độ lớn nhất ta xem như xe chạy với tốc độ rất thấp nên có thể bỏ qua lực quán tính và lực cản khí động. Biểu thức tính công suất cần thiết như sau:

$$P_{kmax3} = \frac{P_f + P_\alpha}{\eta} = \frac{F_f + F_\alpha}{\eta} \cdot V_{max} \quad (3.13)$$

Trong đó:

V: tốc độ khi xe vượt dốc với độ dốc lớn nhất $[m/s]$. Khi đó tốc độ khá thấp.

Chọn $V = 5[km/h] = 1,39[m/s]$.

Lực cản lăn.

$$F_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha \quad (3.14)$$

Theo công thức (3.14):

α – Góc dốc mặt đường, chọn $\alpha = 9^\circ$

Thay các thông số vào công thức (3.14), ta được:

$$F_f = 4267,35 \cdot 0,018 \cdot \cos(9^\circ) = 75,86[N]$$

Lực cản lên dốc:

$$F_\alpha = G \cdot \sin \alpha_{max} = 667,56[N]$$

Thế kết quả ở công thức (3.13), ta được:

$$P_{kmax3} = \frac{(75,86 + 667,56) \cdot 1,39}{0,98} = 1054,44[W]$$

Trên thực tế, xe chỉ hoạt động ở một trong 3 trường hợp trên. Để phù hợp với chế độ thực tế của xe và đảm bảo xe hoạt động tốt ở 3 chế độ, ta chọn trường hợp xe công suất cần thiết của động cơ là lớn nhất trong 3 trường hợp. Công suất lớn nhất của động cơ điện thỏa mãn điều kiện.

$$P_{dcmax} \geq \lambda \cdot \max(P_{max1}, P_{max2}, P_{max3}) \quad (3.15)$$

Trong đó:

λ : Hệ số quá tải, ta chọn $\lambda = 1,1$ (khi quá tải khối lượng chở được tăng 120

$$\rightarrow P_{dcmax} \geq 1,1 \cdot 1176,16 = 1293,77[W]$$

Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

Theo phân tích đặt điểm các loại động cơ điện, động cơ điện được chọn thuộc loại động cơ một chiều không chổi than BLDC, có công suất lớn nhất $\geq 1293,77[W]$. Xe được thiết kế sử dụng 1 động cơ điện dẫn động cầu sau qua bộ truyền. Vì vậy yêu cầu phải có động cơ điện có công suất lớn hơn $1293,77[W]$

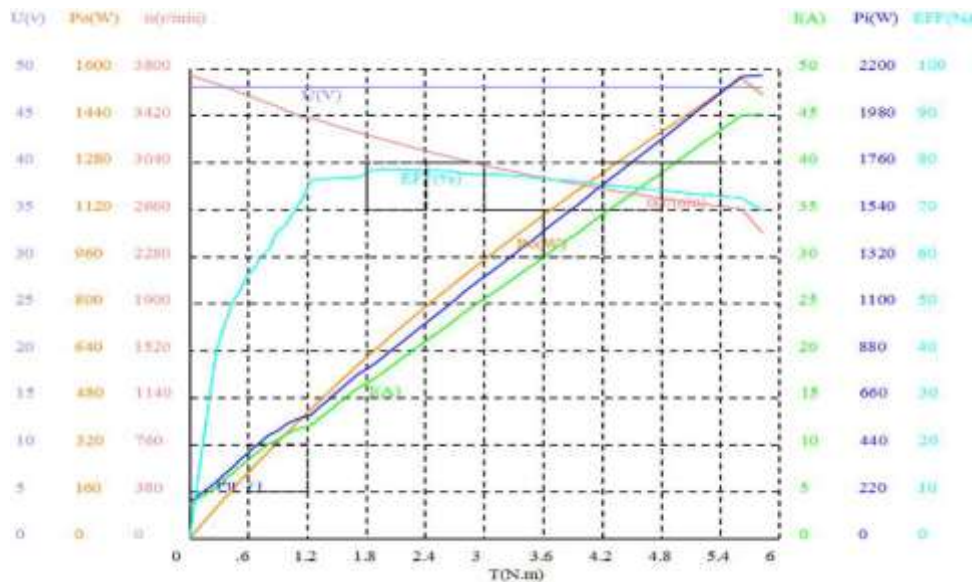
Tham khảo trên thị trường, chúng em chọn động cơ BLDC E-Motor BM1109 có các thông số như sau:

Bảng 3.4: Các thông số động cơ được chọn

Loại động cơ	Không chổi than (BLDC)
Tốc độ quay	3800 (vòng/phút)
Điện áp	48 V
Công suất	1200 W
Xuất xứ	Trung Quốc



Hình 3.15: Động cơ BLDC E-Motor BM1109



Hình 3.16: Đường đặc tính động cơ BLDC E-Motor BM1109

3.2.4. Tính chọn năng lượng cung cấp cho động cơ

Năng lượng được chọn để lắp đặt cho xe là Pin Lithium ion vì kích thước gọn gàng, nhẹ, tuổi thọ cao. Với hiệu điện thế của động cơ điện là 48V, dung lượng của pin phụ thuộc vào số giờ xe chạy. Tỷ lệ của hệ thống truyền động so với tổng khối lượng của xe theo tỷ lệ tối ưu là không quá 30%. Chọn sơ bộ số giờ xe chạy hết pin là 2 giờ, dung lượng của pin được tính như sau.

$$AH = I_M \cdot t = \frac{PM}{U_t} \quad (3.16)$$

Suy ra:
$$AH = \frac{1200}{48.2} = 50(AH)$$

Vì dung lượng pin được sản xuất theo tiêu chuẩn, chọn loại pin lithium có hiệu điện thế là 48V, và dung lượng là 50 AH.

Sau khi chọn được loại pin, ta kiểm tra lại tỷ lệ khối lượng của hệ thống truyền động so với tổng khối lượng của xe. Nếu vượt quá tiêu chuẩn thì hoặc là giảm bớt dung lượng, hoặc là chọn loại pin khác có tỷ trọng khối lượng trên dung lượng nhỏ. Dựa vào thông số kỹ thuật pin do nhà sản xuất cung cấp, loại pin 12V và 50 AH có khối lượng 32 kg. Động cơ điện 48V-1200 kW có khối lượng $m = 12\text{kg}$. Như vậy tổng khối lượng của hệ thống truyền động điện sẽ là:

$$M = m_1 + m_2 = 32 + 12 = 42$$

Tính tỷ lệ khối lượng:

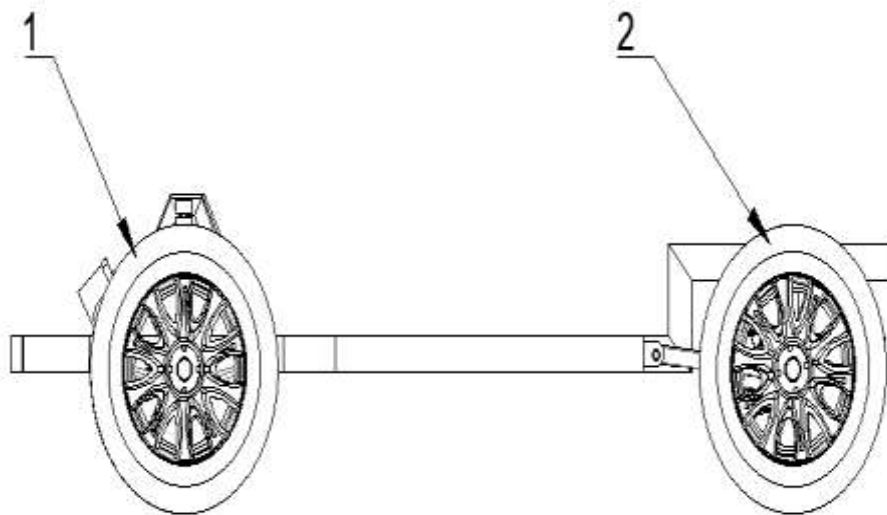
$$\lambda = m / M \quad (3.17)$$

Thay các thông số đã có ta được:

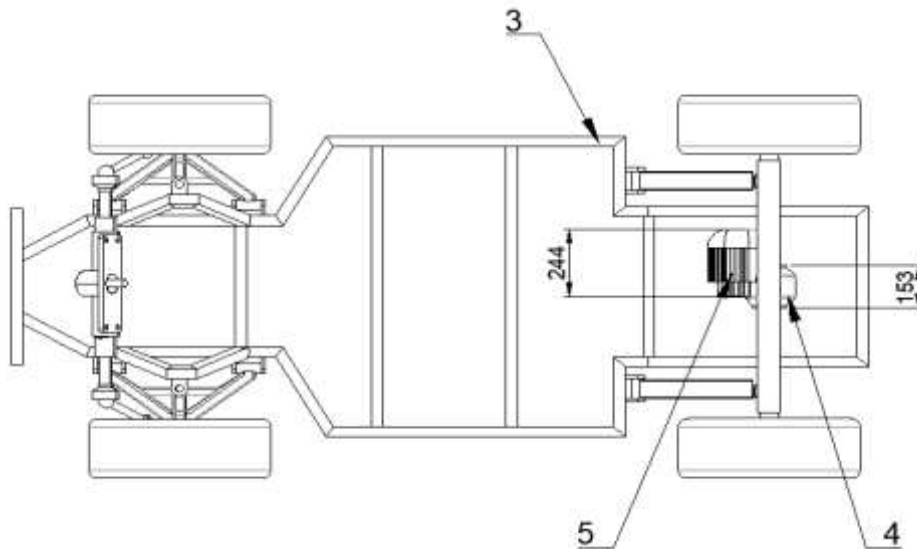
$$\lambda = \frac{44}{390} = 0,12 < 30\%$$

Như vậy tỉ lệ này đã đạt yêu cầu về kỹ thuật

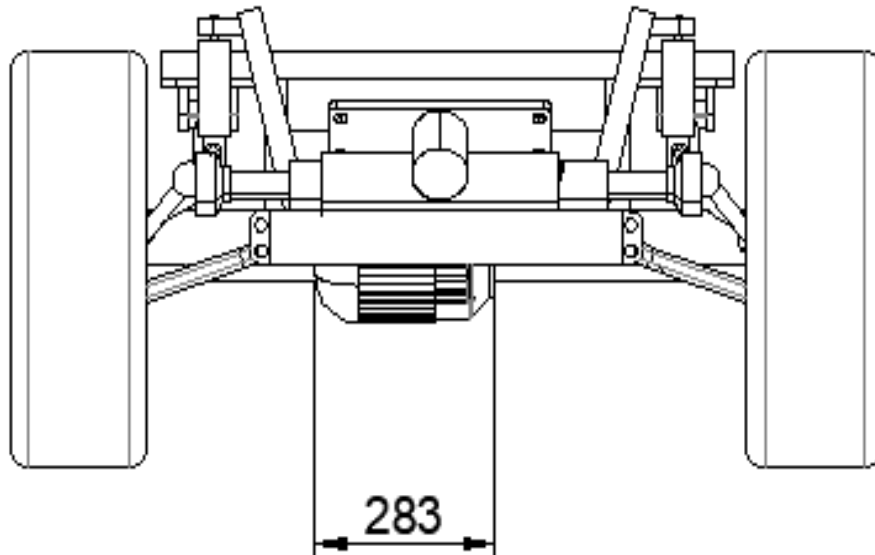
3.2.5. Sơ đồ bố trí hệ thống truyền lực



Hình 3.17: Hình chiếu đứng



Hình 3.18: Hình chiếu bằng



Hình 3.19: Hình chiếu cạnh

3.2.6. Tính toán các thông số động học của ô tô điện tự hành

3.2.6.1. Xác định tỷ số truyền

Từ sơ đồ này, tỷ số truyền của hệ thống xác định theo công thức:

$$i_H = \frac{\omega_M}{\omega_{bx}} = \frac{n_M}{n_{bx}} \quad (3.18)$$

Trong đó ω_M , n_M là vận tốc góc và số vòng quay định mức của động cơ điện và ω_{bx} , n_{bx} là vận tốc góc và số vòng quay cần thiết lớn nhất của bánh xe.

Ta có $n_M = 4600(v/p)$ và theo công thức IV-7 trang 91 [16], n_{bx} được xác định theo công thức:

$$n_{bx} = \frac{30.v_{max}}{\pi.r_{bx}} \quad (3.19)$$

Suy ra:

$$n_{bx} = 212,314(v/p)$$

Thay các giá trị có được vào công thức (3-18) ta được:

$$\text{Suy ra: } i = \frac{3800}{212,314} = 17,898$$

Tham khảo trên thị trường nhóm tìm được cầu chủ động phù hợp với động cơ có tỷ số truyền $i = 17,898$

3.2.6.2. Đồ thị cân bằng lực kép

$$M_E = f(v) \quad (3.20)$$

Theo công thức IV-10 trang 96 [16] lực kéo F_k của động cơ điện theo công thức:

$$F_k = \frac{M_E \cdot i_{gt} \cdot \eta_i}{R_{bx}} \quad (3.21)$$

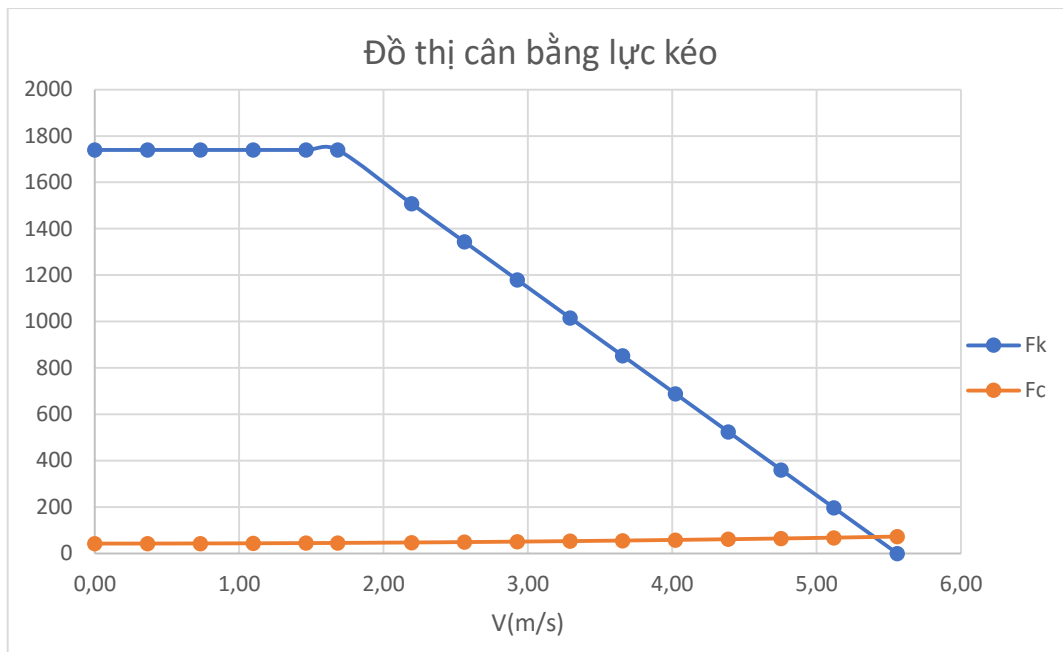
$$V_{xe} = \frac{n \cdot \pi \cdot R}{30 \cdot R_{bx}} \quad (3.22)$$

Với

$$F_{\Sigma c} = F_{\Psi} + F_{\omega} \quad (3.23)$$

Bảng 3.5: Bảng tính lực kéo

n(v/ph)	w(rad)	Mdc	V	Fk	Fc
0	0.00	27.00	0.00	1,739.69	42.47
250	26.18	27.00	0.37	1,739.69	42.60
500	52.36	27.00	0.73	1,739.69	42.99
750	78.54	27.00	1.10	1,739.69	43.64
1000	104.72	27.00	1.46	1,739.69	44.55
1150	120.43	27.00	1.68	1,739.69	45.22
1500	157.08	23.40	2.19	1,507.60	47.16
1750	183.26	20.85	2.56	1,343.73	48.85
2000	209.44	18.31	2.93	1,179.86	50.80
2250	235.62	15.77	3.29	1,016.00	53.01
2500	261.80	13.23	3.66	852.13	55.49
2750	287.98	10.68	4.02	688.27	58.22
3000	314.16	8.14	4.39	524.40	61.22
3250	340.34	5.60	4.75	360.54	64.47
3500	366.52	3.05	5.12	196.67	67.99
3800	397.94	0.00	5.56	0.03	72.55



Hình 3.20: Đồ thị đặt tính vượt dốc của ô tô

3.2.6.3. Xác định đặt tính vượt dốc của ô tô

Từ công thức IV trang 96 [16] ta có:

$$F_k = fG \cdot \cos \alpha + G \sin \alpha + Wv^2 \pm \frac{G}{g} \delta_{1j} \quad (3.24)$$

Ta tổng hợp hai lực cản lăn F_f và lực cản lên dốc F_i ta sẽ được lực cản tổng hợp của đường được biểu diễn như sau:

$$F_\psi = fG \cdot \cos \alpha + G \sin \alpha = G(f \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (3.25)$$

$$F_\psi = \psi \cdot G \quad (3.26)$$

Trong đó:

F_ψ - Lực cản tổng cộng của đường.

ψ - Hệ số cản tổng cộng của đường.

Mà: $\psi = f + i$

i - Độ dốc của đường: $i = \tan \alpha$

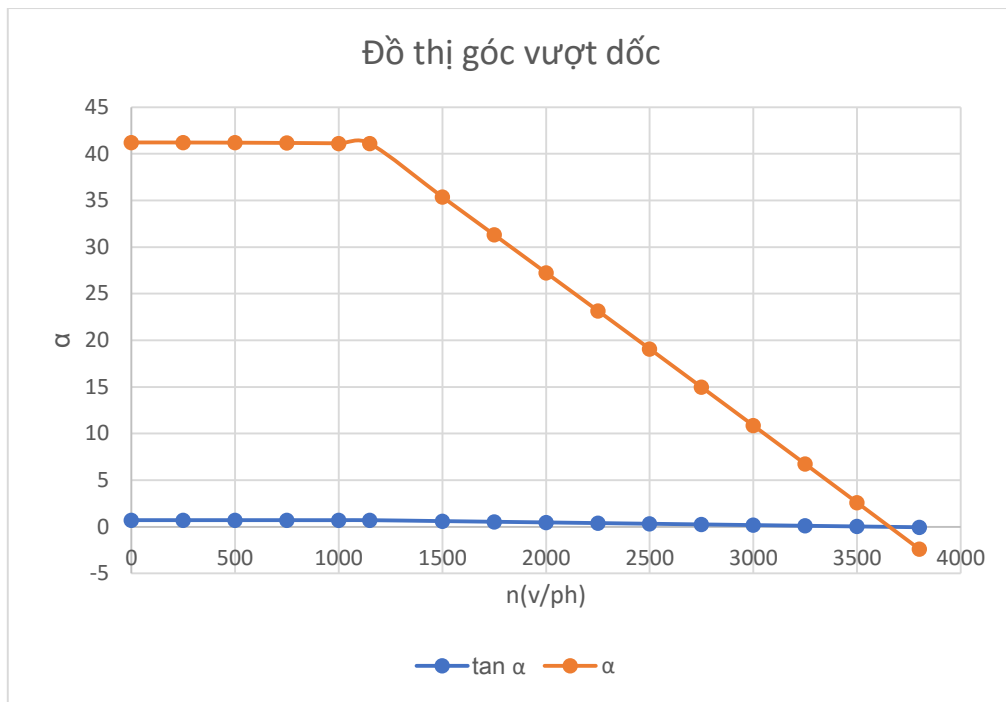
Từ đó xác định được góc dốc từ như sau:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{P_k - Wv^2}{G} - f \right) \quad (3.27)$$

Dựa vào công thức (3.27) ta tính được các giá trị trong bảng sau:

Bảng 3.6: Kết quả tính toán góc vượt dốc

n(v/ph)	$\tan \alpha$	α
0	0.719	41.217
250	0.719	41.211
500	0.719	41.194
750	0.718	41.165
1000	0.718	41.124
1150	0.717	41.094
1500	0.617	35.371
1750	0.547	31.316
2000	0.476	27.249
2250	0.404	23.170
2500	0.333	19.080
2750	0.261	14.978
3000	0.190	10.864
3250	0.118	6.739
3500	0.045	2.602
3800	-0.04	-2.38



Hình 3.21: Đồ thị góc vượt dốc

3.2.6.4. Tính thời gian tang tốc của ô tô

Thời gian tăng tốc từ $v=0$ đến $v=20$ [km/h] theo định nghĩa ta có:

$$J = \frac{dv}{dt} \rightarrow dt = \frac{dv}{J} \quad (3.28)$$

Suy ra:

$$t = \int_0^m dt = \int_{v_0}^{v_n} \frac{dv}{J(v)} \quad (3.29)$$

Trong đó $J(v)$ là hàm gia tốc theo tốc độ

Ta có:

$$F_k = G \cdot f + k \cdot A \cdot v^2 + \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \delta_i \quad (3.30)$$

Suy ra:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F_k - F_\omega - Gf}{G} \cdot \frac{g}{\delta_i} \quad (3.31)$$

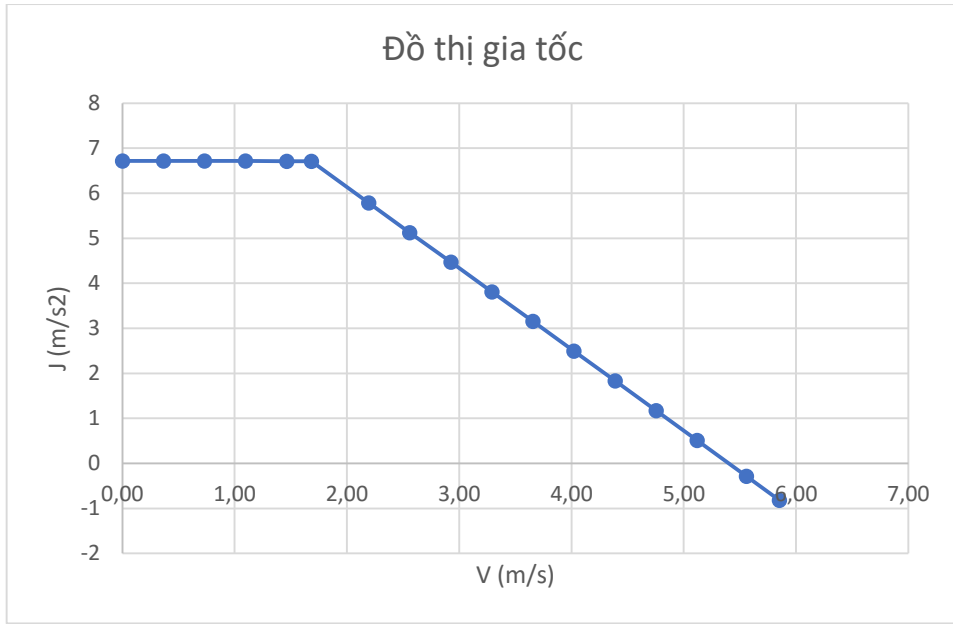
$$\frac{dv}{dt} = \frac{F_k - F_c}{G} \cdot \frac{g}{\delta_i} \quad (3.32)$$

Trong đó δ_i là hệ số tính đến ảnh hưởng của các khối lượng quay của các chi tiết trong động cơ, chọn $\delta_i = 1,05$.

Dựa vào công thức (3.32) ta tính được các giá trị trong bảng sau:

Bảng 3.7: Kết quả tính toán gia tốc

n(v/ph)	w(rad)	V(m/s)	J(m/s ²)
0	0.00	0.00	6.72
250	26.18	0.37	6.72
500	52.36	0.73	6.72
750	78.54	1.10	6.72
1000	104.72	1.46	6.71
1150	120.43	1.68	6.71
1500	157.08	2.19	5.78
1750	183.26	2.56	5.13
2000	209.44	2.93	4.47
2250	235.62	3.29	3.81
2500	261.80	3.66	3.15
2750	287.98	4.02	2.49
3000	314.16	4.39	1.83
3250	340.34	4.75	1.17
3500	366.52	5.12	0.51
3800	397.94	5.56	-0.29



Hình 3.22: Đồ thị gia tốc

Mặt khác:

$$t = \int_{v_0}^{v_i} \frac{dv}{J(v)} = \int_{v_0}^{v_i} \frac{1}{J} (v) \cdot \frac{dv}{dt} \quad (3.33)$$

Suy ra:

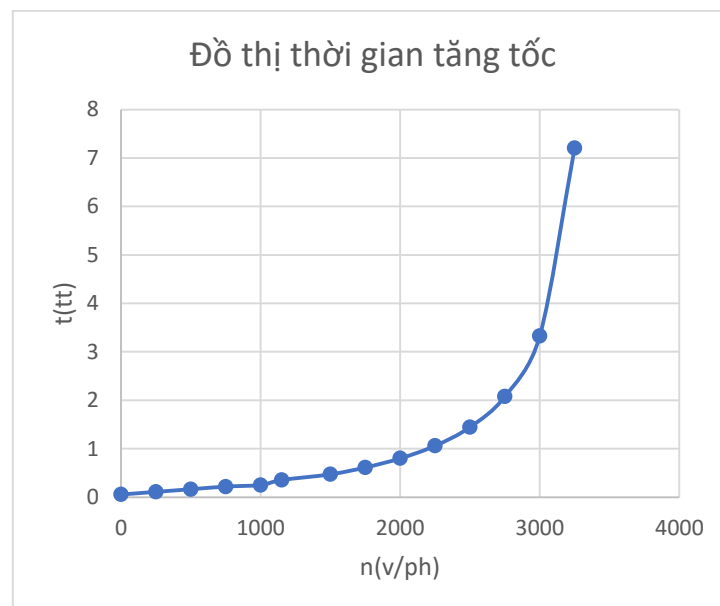
$$t = \sum_{i=1}^{nx} \frac{\left(\frac{1}{J(i)} + \frac{1}{J(i+1)} \right) \cdot \Delta V}{2} \quad (3.34)$$

Tại vận tốc lớn nhất của ô tô v_{max} thì gia tốc $j = 0$ và do đó $1/j$ đến vô cùng, vì vậy khi lập đồ thị và trong tính toán ta chỉ lấy $0,95 \cdot v_{max}$. Dựa vào công thức (3.34) ta tính ra được thời gian tăng tốc ứng với vận tốc trong khoảng từ 0 đến 20[km/h] như sau:

Bảng 3.8: Kết quả tính toán thời gian tăng tốc

n(v/ph)	w(rad)	V	J
0	0.00	0.00	6.72
250	26.18	0.37	6.72
500	52.36	0.73	6.72

750	78.54	1.10	6.72
1000	104.72	1.46	6.71
1150	120.43	1.68	6.71
1500	157.08	2.19	5.78
1750	183.26	2.56	5.13
2000	209.44	2.93	4.47
2250	235.62	3.29	3.81
2500	261.80	3.66	3.15
2750	287.98	4.02	2.49
3000	314.16	4.39	1.83
3250	340.34	4.75	1.17
3500	366.52	5.12	0.51
3800	397.94	5.56	-0.29



Hình 3.23: Đồ thị thời gian tăng tốc

Vậy thời gian tăng tốc trong khoảng từ 0 đến 20[km/h] của ô tô khoảng gần 6[s]

3.3. Thiết kế khung xe

3.3.1. Công dụng

Khung xe là bộ phận kết cấu chính và chịu lực toàn bộ ô tô, khung xe còn hấp thụ và phân tán năng lượng khi xảy ra va chạm tạo nên độ cứng cáp cho xe bảo vệ người trên xe. Nó có nhiệm vụ nâng đỡ tất cả các bộ phận khác như: hệ thống truyền động, hệ thống treo, vô, pin và người lái. Và khung xe còn đóng vai trò định hình và lắp ráp vỏ xe tạo nên tính thẩm mỹ cho xe.

3.3.2. Yêu cầu

Khung xe có vai trò hết sức quan trọng, ngoài việc tạo ra không gian tiện nghi ở trong xe nó còn giúp giảm thiểu thiệt hại về con người và khi xảy ra tai nạn.

Tính toán thiết kế khung xe đảm bảo kích thước khung xe đủ không gian cho người lái và hành lí, tận dụng hết khả năng tải của xe

Khi xe chuyển động nó chịu tác động rất mạnh của các lực chấn động. Lực quán tính khi xe phanh và lực ly tâm khi xe quay vòng, do đó khung xe phải đảm bảo các yêu cầu sau:

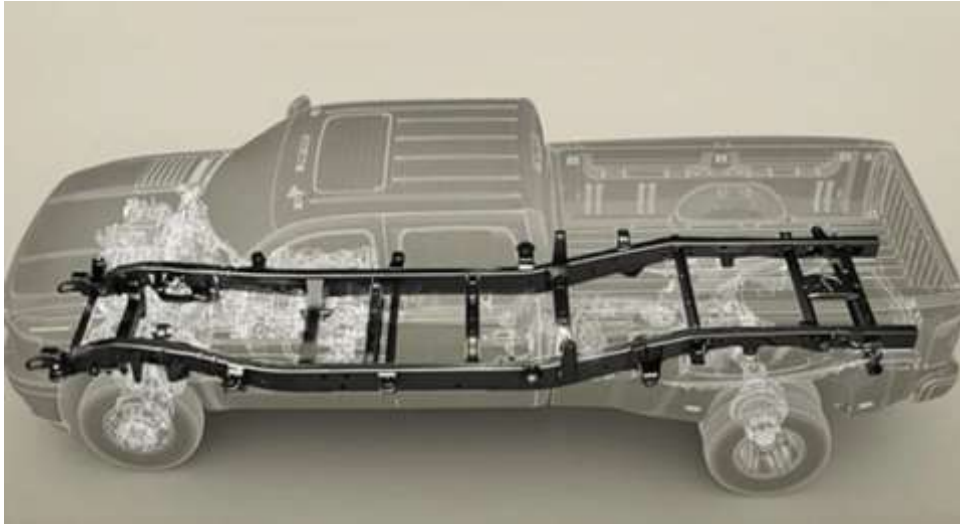
- Khung xe đảm bảo độ cứng vững, chắc chắn, đủ bền với tải trọng rung lắc, tải trọng do hành hóa
- Đảm bảo các điều kiện về uốn, xoắn và bền mỏi
- Khung phải đảm bảo đủ cứng để gắn các chi tiết lên khung phải cố định hoặc chỉ có thể chuyển vị ở vị trí tương đối
- Hình dáng phải thích hợp để có khí động học tốt nhất. Quan hệ kích thước hợp lý: Chiều dài đầu xe, đuôi xe, chiều dài cơ sở
- Dầm ngang phải đảm bảo giữ không cho hai dầm dọc dịch chuyển tương đối với nhau hoặc xô lệch trong quá trình xe di chuyển và gặp phải các chướng ngại vật
- Kích thước ghế ngồi phải phù hợp với người lái tạo cảm giác thoải mái khi lái xe
- Khoảng hành lý kích thước đạt theo số hành lý đã đặt ra

3.3.3. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế khung

3.3.3.1. Các phương án thiết kế

Khung gầm rời: Khung gầm và thân được chế tạo riêng biệt, sau đó thân xe được bắt vào khung xe bằng bu lông. Khung xe thường được làm bằng thép hoặc nhôm, có dạng hình thang hoặc hình chữ nhật, chịu trách nhiệm chính về độ cứng, chịu lực tốt, dễ

sửa chữa, thường cho xe tải, xe buýt, SUV truyền thống. Tuy nhiên, nó có trọng lượng lớn và khả năng hấp thụ va chạm kém hơn so với các phương án hiện đại.



Hình 3.24: Khung gầm rời

Khung liền thân: Khung và thân xe tạo thành một khối liền mạch, cùng chịu lực với nhau. Đây là phương án phổ biến nhất trên xe du lịch hiện đại và xe điện vì nhẹ, hấp thụ va chạm tốt, tăng độ an toàn và tối ưu hóa không gian nội thất. Nhược điểm là khó sửa chữa hoặc thay đổi kết cấu khi bị hư hỏng nặng



Hình 3.25: Loại khung và vỏ cùng chịu lực

Khung không gian: Khung được làm từ các ống thép hoặc nhôm, hàn lại thành kết cấu không gian 3D, sau đó phủ tấm vỏ bên ngoài. Ưu điểm là trọng lượng nhẹ, rất cứng, dễ thay đổi kết cấu, thích hợp cho xe đua, siêu xe, xe thử nghiệm, xe điện nguyên mẫu hoặc xe tự chế. Tuy nhiên, khó sản xuất hàng loạt và yêu cầu tay nghề gia công cao



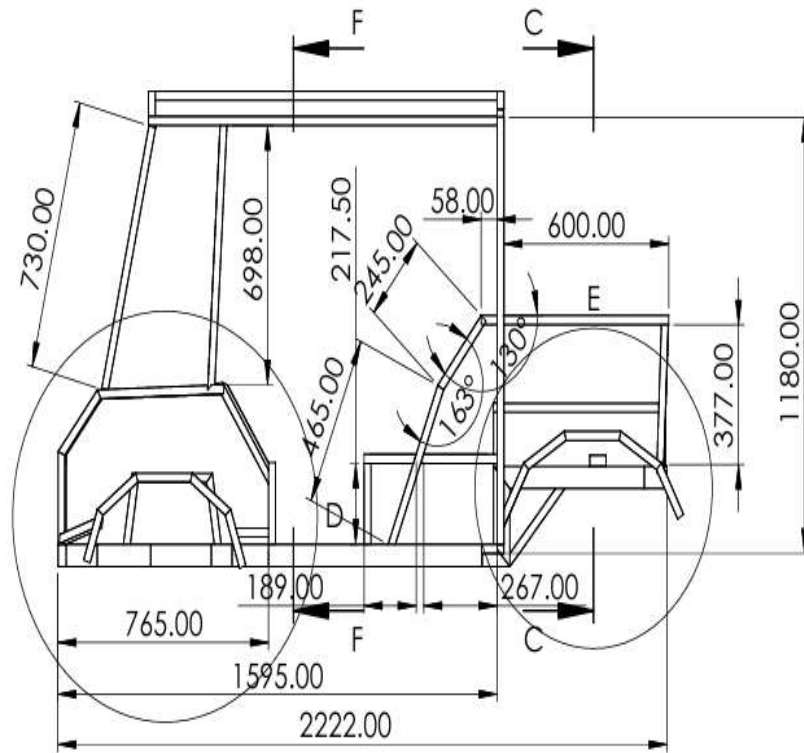
Hình 3.26: Khung không gian

3.3.3.2. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế khung

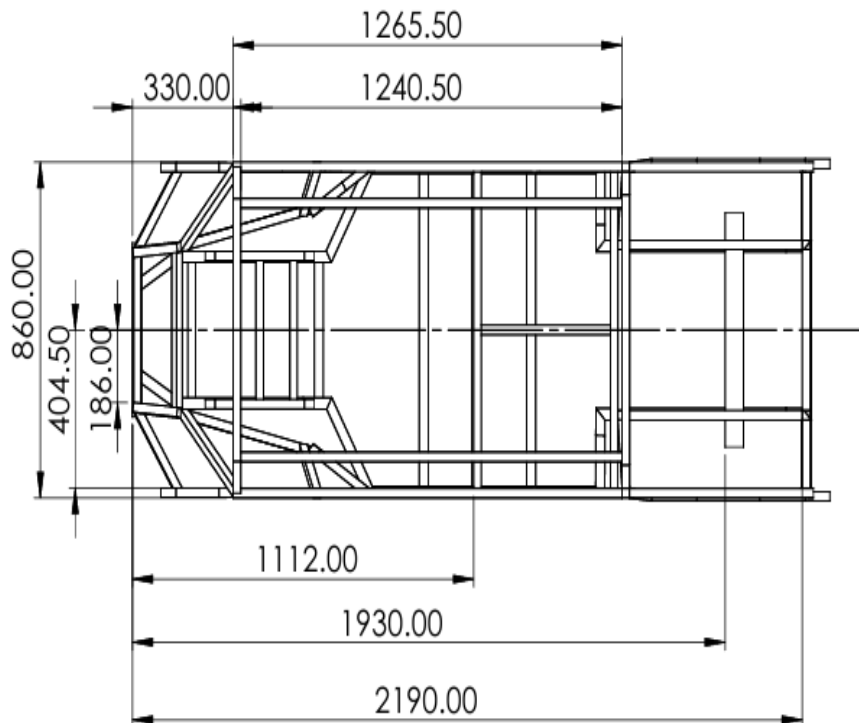
Mẫu xe thiết kế là loại xe điện di chuyển chủ yếu trong đô thị và di chuyển với tốc độ trung bình, nên việc thiết kế khung đòi hỏi phải đảm bảo đáp ứng yêu cầu: Đảm bảo độ bền và yêu cầu làm việc cùng với xe, để gia công tính kinh tế cao, mẫu xe thiết kế cần phải tối ưu không gian nhằm lắp đặt pin và khoang hành lý và khoang lái. Ta chọn loại khung xe không gian dựa trên các yêu cầu lắp đặt thì khung không gian đảm bảo được yêu cầu mẫu xe vừa đảm bảo được độ cứng độ bền của khung và có thể chế tạo và tính kinh tế cao.

3.3.4. Kết cấu khung xe điện

3.3.4.1. Xây dựng mô hình khung



Hình 3.27: Hình chiếu đứng khung dầm xe



Hình 3.28: Hình chiếu bằng khung dầm xe.

3.3.4.2. Vật liệu chế tạo khung:

Vật liệu quyết định gần như toàn bộ các đặc tính bền, nhẹ, an toàn, dễ gia công, tuổi thọ, chi phí của khung. Vật liệu phải có giới hạn bền kéo, giới hạn chảy và mô đun đàn hồi đủ lớn để khung không bị nứt, cong hoặc gãy trong suốt quá trình sử dụng. Khung xe càng nhẹ sẽ tiết kiệm nhiên liệu của pin tăng quãng đường đi được với xe điện. Vật liệu phải có độ bền mỏi cao để không bị nứt sau thời gian sử dụng. Do khung xe sẽ hoạt động ngoài trời tiếp xúc với nhiệt độ và môi trường dễ bị rỉ sét, khung sẽ mục yếu. Vì vậy nên chọn vật liệu khung đáp ứng được những nhu cầu trên.

a. Phương án 1:

Thép là vật liệu truyền thống và phổ biến nhất để chế tạo khung xe ô tô. Thép là một loại hợp kim có thành phần chính gồm thép carbon và thép ở cường độ cao. Thép có các đặc tính như cứng, dễ uốn, sức bền cao và giá thành tương đối thấp nên phù hợp để chế tạo khung ô tô. Tỷ lệ carbon càng cao thì thép sẽ càng cứng. Dựa vào tính chất về độ cứng vững cũng như độ bền của thép ta chọn vật liệu thép SS400 làm vật liệu chế tạo khung xe theo phương pháp hàn các thanh lại với nhau.

Bảng 3.9: Bảng thông số vật liệu SS400

Tính chất	Giá trị	Đơn vị
Khối lượng riêng	7850	kg / m^3
Giới hạn chảy	245	Mpa
Giới hạn bền kéo	400	Mpa
Đàn hồi	200	Gpa
Tỉ số giữa biến dạng ngang và dọc	0,3	
Mô đun đàn hồi	200000	Mpa

3.3.5. Tính toán kiểm nghiệm khung

3.3.5.1. Giả định thiết kế

Tải trọng đặt lên khung có thể chia ra:

Tải trọng tĩnh: do trọng lượng các chi tiết tác dụng lực lên khung xe như hệ thống lái, pin, bảng điều khiển, người lái và hành lí

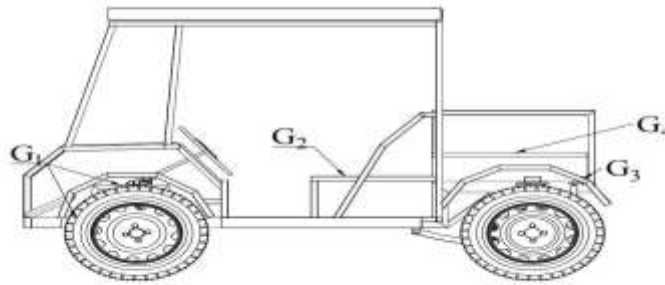
Tải trọng động: chủ yếu là tải trọng thẳng đứng sinh ra khi ô tô chuyển động trên đường không bằng phẳng và tải trọng khi xe tăng tốc hoặc quay vòng.

Các tải trọng thẳng đứng phân bố vuông góc với các dầm dọc xe gây uốn khung. Ảnh hưởng của các tải trọng ngang tác dụng lên khung không đáng kể và tải trọng của bộ điều khiển có thể bỏ qua. Khung được tính toán ở chế độ:

Do mẫu xe hướng tới là xe điện di chuyển ở tốc độ trung bình di chuyển chủ yếu ở đô thị nên điều kiện làm việc tương đối nhẹ nhàng. Với các giá trị trọng lượng tác dụng lên khung như bảng sau:

Bảng 3.10: Khối lượng phân bố

Tải trọng	Chế độ tải trọng		Đơn vị
	Không tải	Có tải	
G_1	14	14	Kg
G_2	0	160	Kg
G_3	10	10	Kg
G_4	0	50	Kg



Hình 3.29: Phân bố tải trọng lên khung xe

Trong đó:

G_1 : Khối lượng tác động của hệ thống lái lên phía trước

G_2 : Khối lượng của người lái tác động lên khung ghế

G_3 : Khối lượng Pin tác động lên dầm dưới

G_4 : Khối lượng hành lý tác động lên khung sau

3.3.5.2. Xây dựng mô hình phần tử hữu hạn bằng phần mềm solidworks

a. Giới thiệu phần mềm:

SolidWorks là phần mềm thiết kế cơ khí tích hợp mạnh mẽ hai chức năng chính: CAD (Computer-Aided Design) và Simulation (mô phỏng kỹ thuật). Với SolidWorks, người dùng có thể dễ dàng tạo các mô hình 3D chi tiết, lắp ráp các bộ phận, xuất bản vẽ kỹ thuật 2D chính xác và thuận tiện. Bên cạnh khả năng thiết kế, SolidWorks nổi bật nhờ mô-đun Simulation, cho phép kiểm tra độ bền, phân tích ứng suất, biến dạng, kiểm tra chuyển động, dao động, kiểm tra mỏi cũng như mô phỏng nhiệt và động lực học chất lỏng ngay trên mô hình CAD. Nhờ sự kết hợp liền mạch giữa thiết kế và mô phỏng, SolidWorks giúp rút ngắn quy trình phát triển sản phẩm, tăng độ chính xác và giảm chi phí thử nghiệm thực tế.

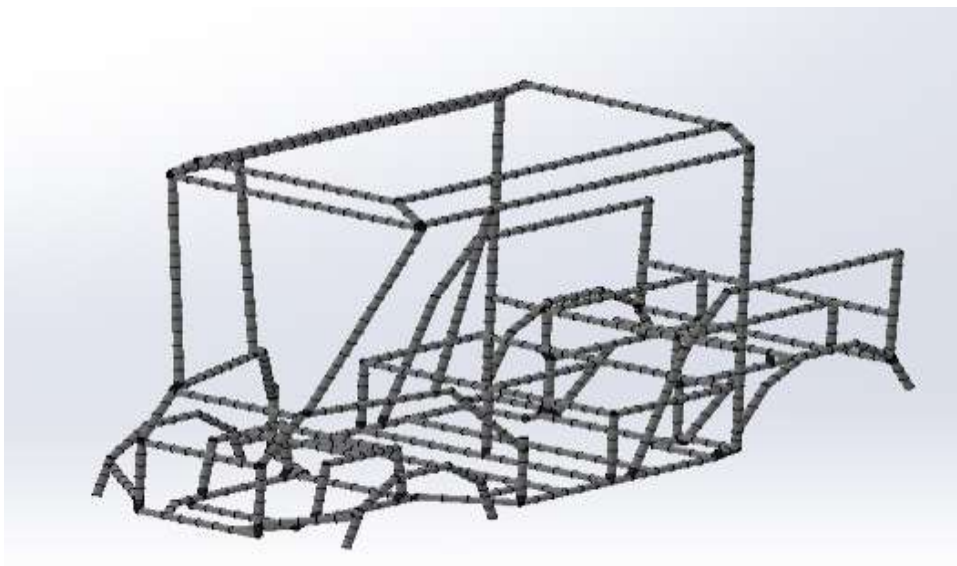
b. Mô hình phần tử hữu hạn

Mô hình phần tử hữu hạn là phương pháp chia nhỏ mô hình khung xe thành nhiều phần tử, liên kết bởi các nút. Trong solidworks simulation có thể dựng mô hình khung xe dưới dạng:

Beam (dầm): Dùng cho khung dạng thanh (thép hộp, ống...) kết quả FEM sẽ là lưới các dầm liên kết dễ dàng xem ứng suất dọc trục, lực cắt, mô men uốn tại từng thanh.

Solid: dùng cho khung khối liền hoặc các tấm phần tử solid cho phép phân tích ứng suất, biến dạng chi tiết trên từng mặt và góc nối.

Do mô hình xây dựng là thép ống và xem ứng suất dọc trục phù hợp với mô hình xe hiện tại nên chọn mô phỏng khung xe dưới dạng beam. Ta có được mô hình PTHH:

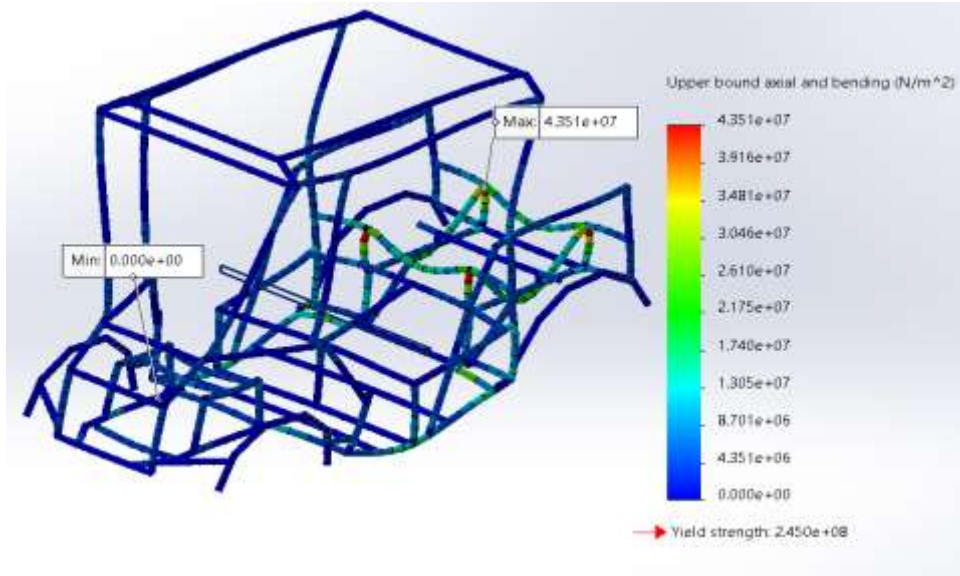


Hình 3.30: Mô hình phần tử hữu hạn

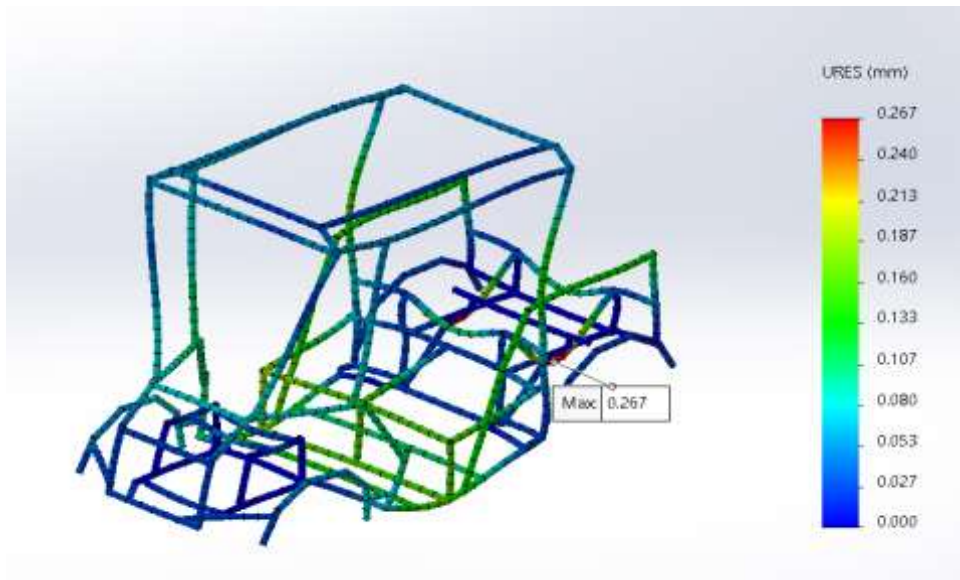
3.3.5.3. Tính toán theo phương án 1

a. Trường hợp tải trọng tĩnh

Trong trường hợp này ta xét xe đứng yên tại chỗ, các tải trọng được đặt lên các thanh dầm dọc và ngang của xe và chịu lực trọng trường và chế độ đầy tải.



Hình 3.31: Ứng suất của khung trong trường hợp đầy tải



Hình 3.32: Chuyển vị của khung trong trường hợp đầy tải

Kết luận: Theo công thức [24], để thỏa mãn điều kiện trong trường hợp khung xe chịu lực tác dụng tĩnh thì các giá trị ứng suất và chuyển vị lớn nhất:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_n \varepsilon_\sigma}{[s]} = \frac{145 \cdot 10^6 \cdot 0,9}{2} = 11,025 \cdot 10^7 \quad (3.35)$$

Ứng suất cực đại: $\sigma_{max} = 4,351 \times 10^7 < [\sigma]$

Chuyển vị có giá trị lớn nhất nhất là: $AL = 0,267 \text{ mm}$

b. Tính toán tải trọng động

Tải trọng động là lực thay đổi theo thời gian thay đổi theo điều kiện trong môi trường xe làm việc lặp lại nhiều lần hoặc thay đổi dao động đột ngột. Là những lực hướng tâm khi xe vào cua, lực quán tính khi xe phanh đột ngột hoặc khi va chạm. Tải trọng động làm kết cấu bị ứng suất tăng cao, biến dạng mạnh hơn so với tải tĩnh. Mô phỏng tải động giúp đánh giá chính xác khả năng chịu lực, tuổi thọ và vùng nguy hiểm trên khung xe.

Tính cho chế độ phanh gấp

Theo công thức [16], khi thực hiện phanh gấp thì khung bị uốn do lực quán tính với gia tốc lớn nhất là

$$J_{pmax} = \varphi g \quad (3.36)$$

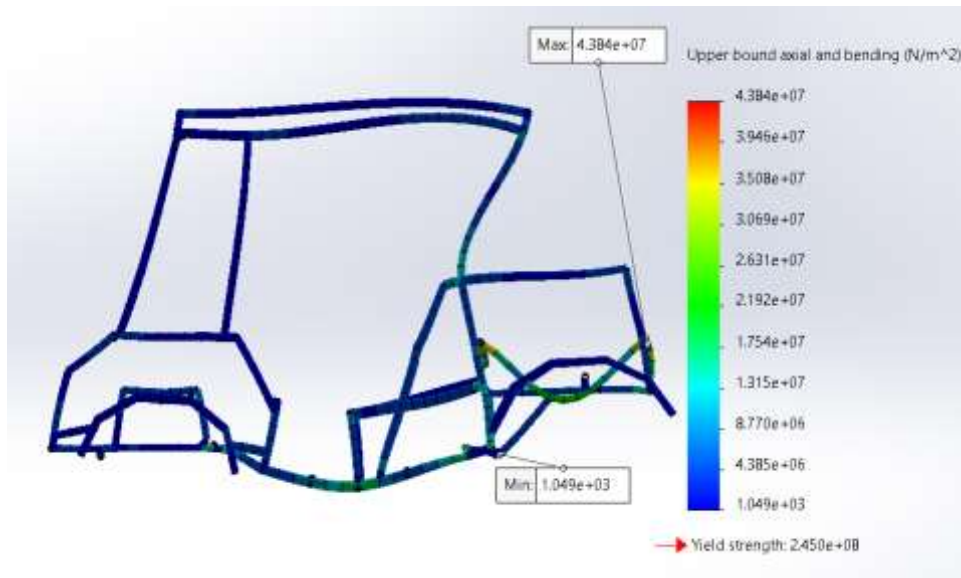
Trong đó:

J_{pmax} : Gia tốc lớn nhất của ô tô khi phanh (m / s^2)

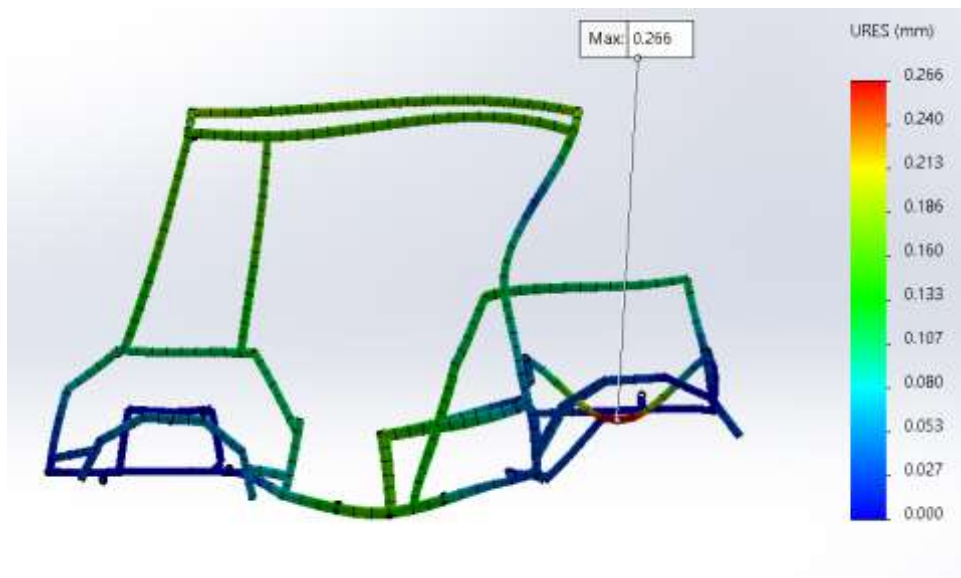
$\varphi = 0,7(0,7 \div 0,8)$: Hệ số bám giữa lốp xe với mặt đường

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

Thay các vào công thức(3.36), ta được gia tốc lớn nhất $J_{pmax} = 6,867(m / s^2)$ Sau đó ta được kết quả như hình:



Hình 3.33: Ứng suất của khung trong trường hợp phanh gấp



Hình 3.34: Chuyển vị của khung khi xe phanh gấp

Kết luận: Trong trường hợp này giá trị ứng suất lớn nhất và chuyển vị lớn nhất:

Ứng suất cực đại: $\sigma_{max} = 4,384 \times 10^7 < [\sigma]$

Chuyển vị có giá trị lớn nhất nhất là: $AL = 0,266 \text{ mm}$

Tính cho chế độ quay vòng:

Khi xe quay vòng ta thực hiện công thức [16]. khung chịu lực ngang lớn dẫn đến biến dạng ngang ứng suất cắt và uốn. Nếu cua gấp khung có thể bị xoắn nhẹ quanh trục dọc xe. Các thanh khung phía ngoài của khúc cua chịu lực lớn hơn thanh phía trong.

Bán kính vòng cua tối thiểu của xe:

$$R = \frac{L}{\sin(\delta_{max})} = \frac{1,531}{\sin(35^\circ)} = 2,67m \quad (3.37)$$

Trong đó:

L: Chiều dài cơ sở của xe 1,531 (m)

δ_{max} : Góc đánh lái tối đa của bánh trước, dựa theo góc lái của xe Toyota Vios góc đánh lái là 35°

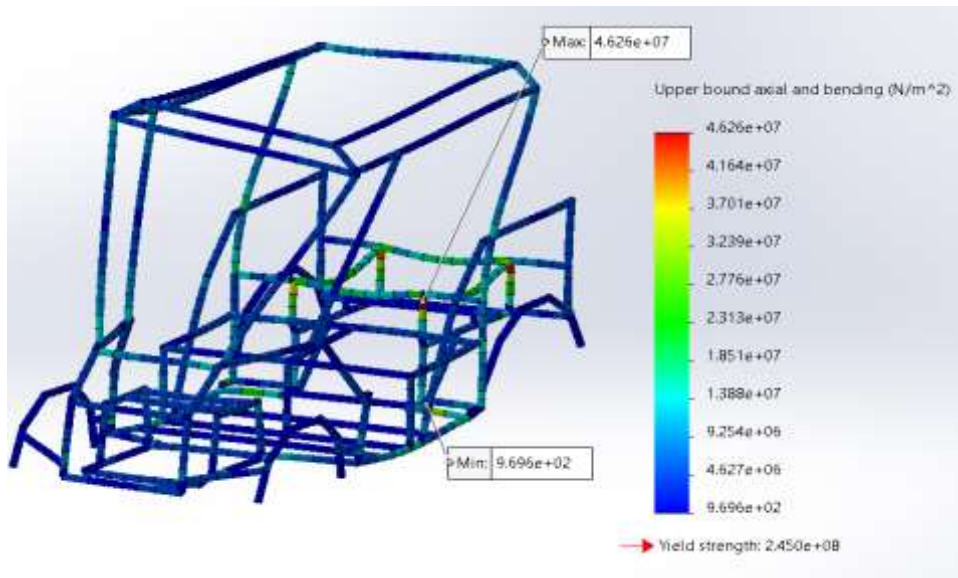
- Gia tốc hướng tâm khi xe vào cua:

$$a_{ht} = \frac{v^2}{R} = \frac{5,56}{2,67} = 2,08(m/s^2) \quad (3.38)$$

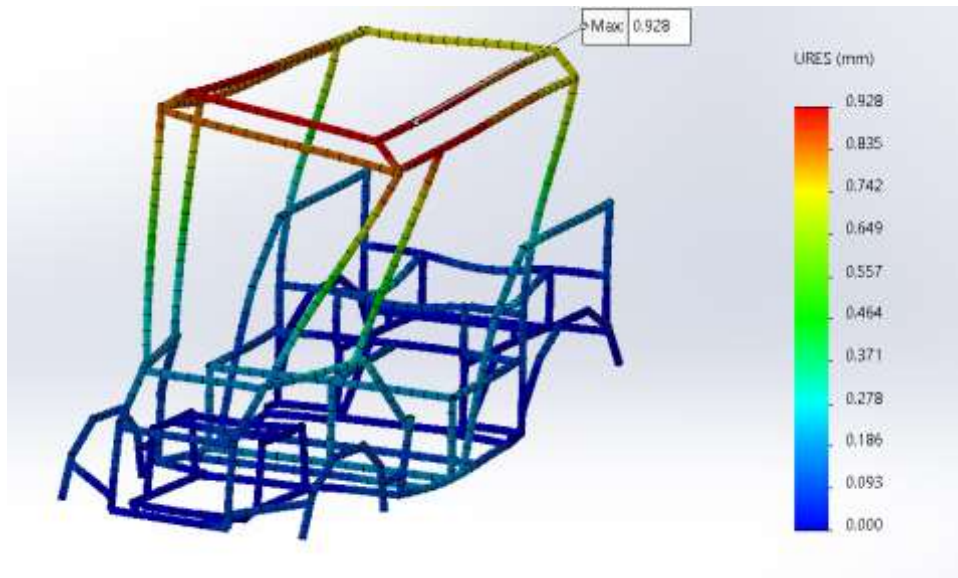
Trong đó:

V: là vận tốc khi xe vào cua xét ở tốc độ lớn nhất xem mức độ phá hủy $5,56(m/s^2)$

Sau đó ta được kết quả như hình:



Hình 3.35: Ứng suất trong trường hợp khi xe vào cua



Hình 3.36: Chuyển vị trong trường hợp khi xe vào cua

Kết luận: Trong trường hợp này giá trị ứng suất lớn nhất và chuyển vị lớn nhất:

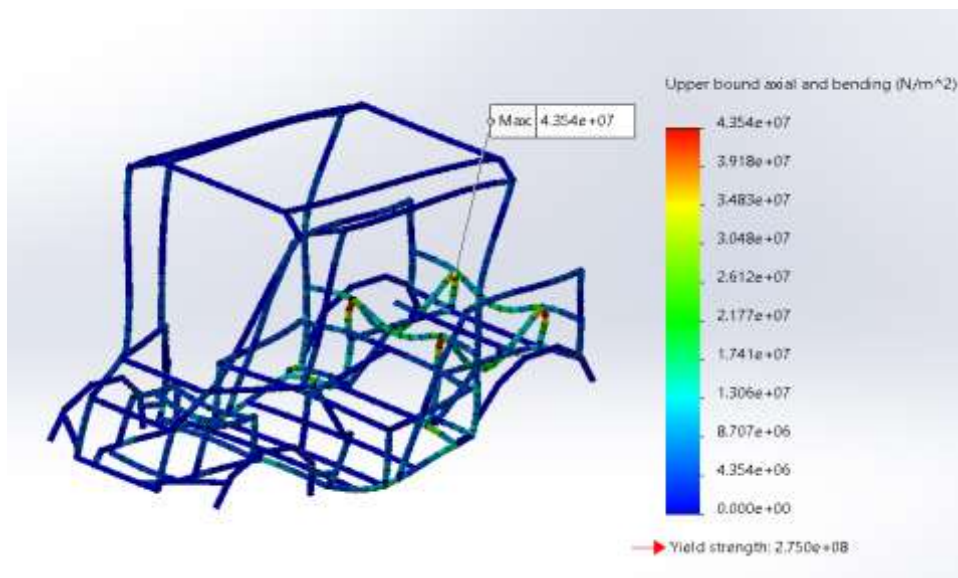
Ứng suất cực đại: $\sigma_{max} = 4,626 \times 10^7 < [\sigma]$

Chuyển vị có giá trị lớn nhất nhất là: $AL = 0,928 \text{ mm}$

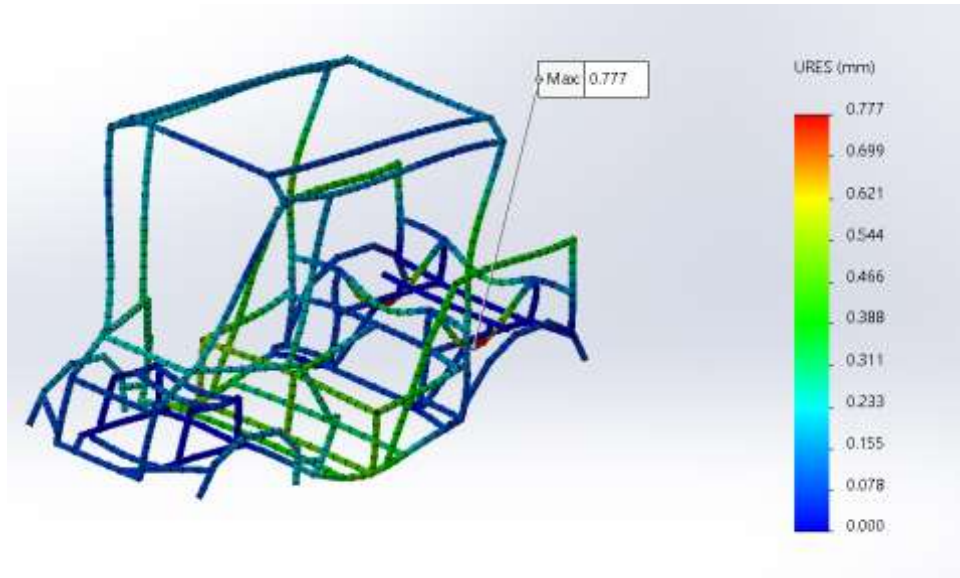
3.3.5.4. Tính toán theo phương án 2

Trong phương án này, tính toán khung xe với điều kiện ràng buộc tương tự như phương án một. Sau khi tính toán ta được các trường hợp tải trọng như sau:

a. Trường hợp tải trọng tĩnh



Hình 3.37: Ứng suất của khung trong trường hợp đầy tải



Hình 3.38: Chuyển vị của khung trong trường hợp tải

Kết luận: Trong trường hợp khung xe chịu lực tác dụng tĩnh thì các giá trị ứng suất và chuyển vị lớn nhất:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_n \cdot \epsilon_\sigma}{[s]} = \frac{2,75 \cdot 10^8 \cdot 0,9}{2} = 12,375 \cdot 10^7 \quad (3.39)$$

- Ứng suất cực đại: $\sigma_{max} = 4,354 \times 10^7 < [\sigma]$

- Chuyển vị có giá trị lớn nhất nhất là: $AL = 0,777 \text{ mm}$

b. Tính toán tải trọng động:

Tải trọng động là lực thay đổi theo thời gian thay đổi theo điều kiện trong môi trường xe làm việc lặp lại nhiều lần hoặc thay đổi dao động đột ngột. Là những lực hướng tâm khi xe vào cua, lực quán tính khi xe phanh đột ngột hoặc khi va chạm. Tải trọng động làm kết cấu bị ứng suất tăng cao, biến dạng mạnh hơn so với tải tĩnh. Mô phỏng tải động giúp đánh giá chính xác khả năng chịu lực, tuổi thọ và vùng nguy hiểm trên khung xe.

Tính cho chế độ phanh gấp:

Khi thực hiện thì khung bị uốn do lực quán tính với gia tốc lớn nhất là:

$$J_{pmax} = \varphi g \quad (3.40)$$

$$J_{pmax} = \varphi g$$

Trong đó:

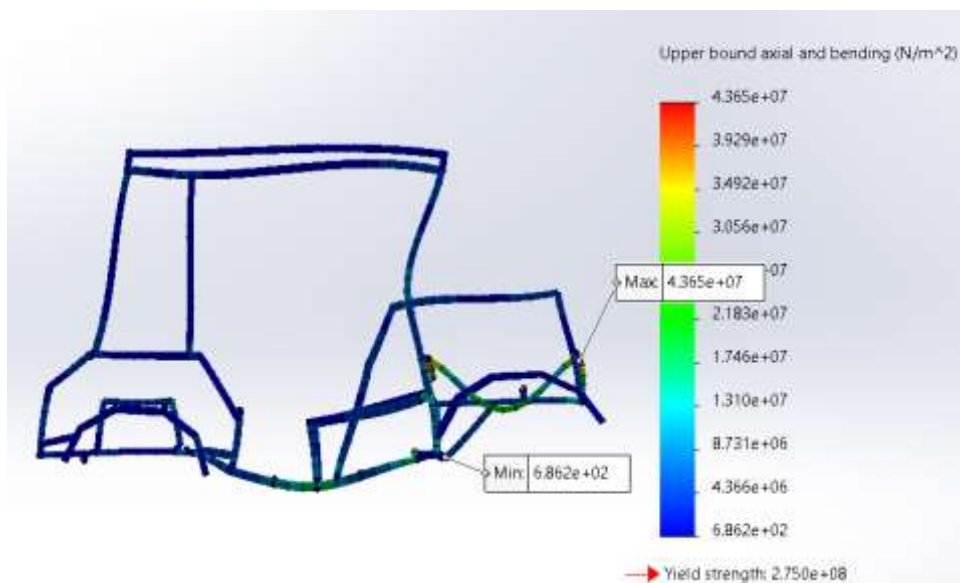
J_{pmax} : Gia tốc lớn nhất của ô tô khi phanh (m / s^2)

$\varphi = 0,7(0,7 \div 0,8)$: Hệ số bám giữa lốp xe với mặt đường.

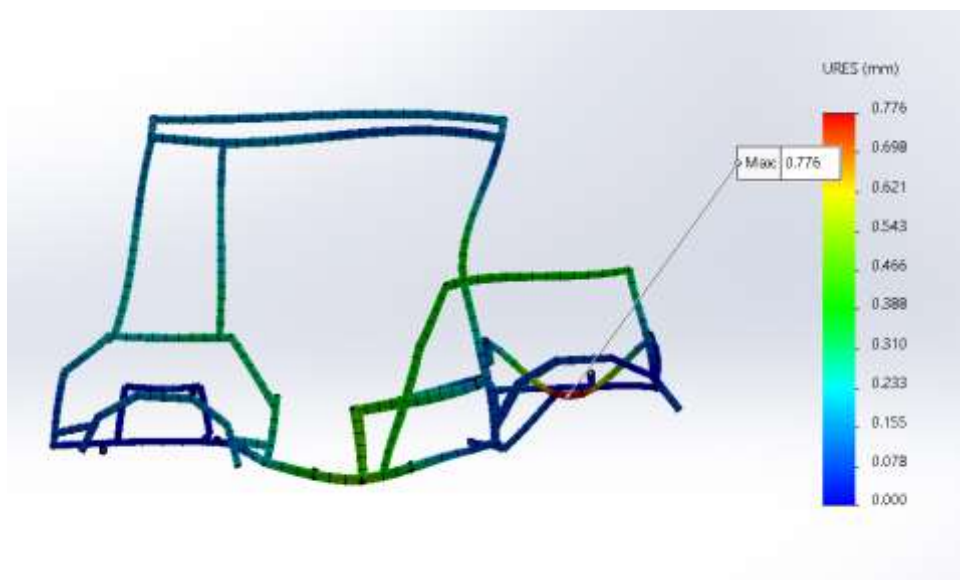
$g = 9,81$: Gia tốc trọng trường (m / s^2)

Thay các giá trị vào (3.40) vào công thức, ta được gia tốc lớn nhất $J_{pmax} = 6,867(m / s^2)$

Sau đó ta được kết quả như hình:



Hình 3.39: Ứng suất của khung trong trường hợp phanh gấp



Hình 3.40: Chuyển vị của khung khi xe phanh gấp

Kết luận: Trong trường hợp này giá trị ứng suất lớn nhất và chuyển vị lớn nhất:

- Ứng suất cực đại: $\sigma_{max} = 4,365 \times 10^7 < [\sigma]$

- Chuyển vị có giá trị lớn nhất là: $AL = 0,776 \text{ mm}$

Tính cho chế độ quay vòng:

Khi xe quay vòng, khung chịu lực ngang lớn dẫn đến biến dạng ngang ứng suất cắt và uốn. Nếu cua gấp khung có thể bị xoắn nhẹ quanh trục dọc xe. Các thanh khung phía ngoài của khúc cua chịu lực lớn hơn thanh phía trong.

- Bán kính vòng cua tối thiểu của xe:

$$R = \frac{L}{\sin(\delta_{max})} = \frac{1,531}{\sin(35^\circ)} = 2,67m \quad (3.41)$$

Trong đó:

L: Chiều dài cơ sở của xe 1,531 (m)

δ_{max} : Góc đánh lái tối đa của bánh trước, dựa theo góc lái của xe Toyota Vios góc đánh lái là 35°

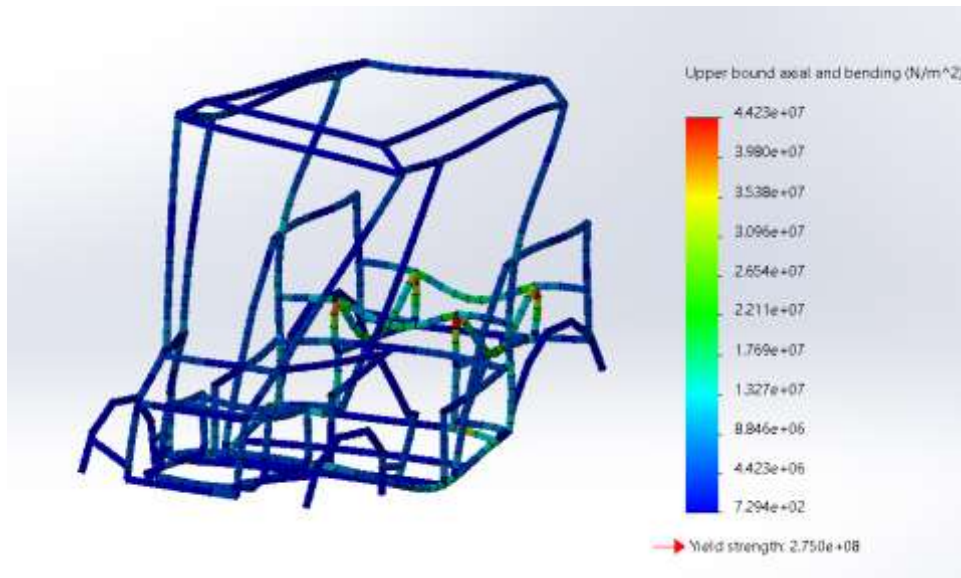
- Gia tốc hướng tâm khi xe vào cua:

$$a_{ht} = \frac{v^2}{R} = \frac{5,56}{2,67} = 2,08(m/s^2) \quad (3.42)$$

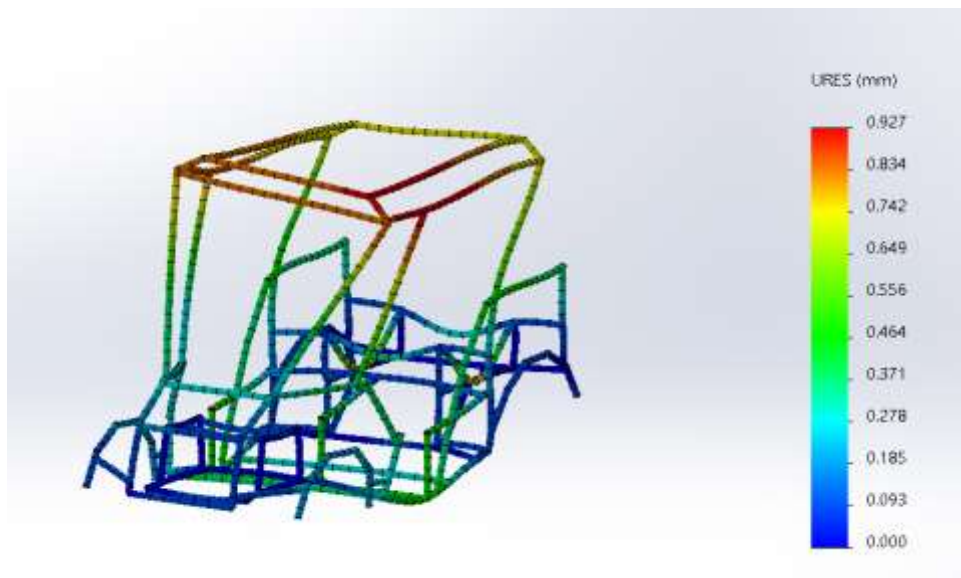
Trong đó:

V: là vận tốc khi xe vào cua xét ở tốc độ lớn nhất xem mức độ phá hủy $5,56 (m/s^2)$

Sau đó ta được kết quả như hình:



Hình 3.41: Ứng suất trong trường hợp khi xe vào cua



Hình 3.42: Chuyển vị trong trường hợp khi xe vào cua

Kết luận: Trong trường hợp này giá trị ứng suất lớn nhất và chuyển vị lớn nhất:

- Ứng suất cực đại: $\sigma_{max} = 4,423 \times 10^7 < [\sigma]$
- Chuyển vị có giá trị lớn nhất nhất là: $AL = 0,927 \text{ mm}$

3.3.6. Phân tích kết quả

Qua kết quả mô phỏng ở các chế độ ta thấy cả 2 phương án đều đạt được điều kiện bền. Tuy nhiên, ở phương án 2 chuyển vị quá lớn so với phương án 1. Mô hình xe điện này không đảm bảo được độ bền dễ gây biến dạng. Độ chuyển vị lớn có thể gây làm giảm độ ổn định của khung gây cảm giác rung lắc ảnh hưởng đến an toàn và độ bền

lâu dài của kết cấu xe. Trong khi đó, phương án 1 có độ chuyển vị thấp hơn giúp khung xe giữ được hình dạng tốt hơn, biến dạng nhỏ, đảm bảo độ cứng vững cần thiết.

Vì vậy để đảm bảo độ an toàn cho khung xe và tính kinh tế. Thép vẫn là lựa chọn tối ưu cho mô hình xe điện trên.

3.4. Tính toán, thiết kế hệ thống phanh

3.4.1. Số liệu cho trước

Bảng 3.11: Thông số ban đầu của xe thiết kế

STT	Tên thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Loại ô tô		Xe Du lịch	
2	Loại động cơ		Động cơ điện một chiều không chổi than (BLDC)	
3	Khối lượng toàn bộ	m_a	435	KG
4	Phân bố trên trục Trước/Sau	m_1 / m_2	167,04/267,96	KG
5	Tốc độ cực đại của xe	V_{max}	20	km/h
6	Chiều dài cơ sở	L	1.531	m
7	Chiều cao trọng tâm khi đầy tải	H_g	0.576	m
8	Bán kính làm việc của bánh xe	R_{bx}	0.23	m

3.4.2. Momen phanh yêu cầu ở các cơ cấu phanh

Viết phương trình cân bằng momen khi xe đứng yên ta có tọa độ trọng tâm xe theo chiều dọc a, b (hình 3.40):

$$L_0 \cdot Z_1 = b \cdot G_a \quad (3.43)$$

Suy ra:

$$b = \frac{L_0 \cdot Z_1}{G_a} \quad (3.44)$$

Trong đó:

Trong đó h_g là chiều cao trọng tâm của xe; còn φ_{bx} là hệ số bám giữa lốp với mặt đường khi oto được phanh phân cấp.

Với hệ thống phanh không trang bị hệ thống kiểm soát và điều chỉnh độ trượt bánh xe (xe không có trang bị hệ thống chống hãm cứng bánh xe ABS – Anti-lock Brake System) thì hệ số bám khi phanh khẩn cấp chỉ có thể được được

$$\varphi_{bx} \approx (0,75 \div 0,8) \cdot \varphi_{max} \approx 0,56 \div 0,68$$

Để bảo đảm hiệu quả phanh cao nhất với gia tốc chậm dần lớn nhất mà các bánh xe không bị trượt thì ta có thể chọn $\varphi_{bx} = 0,68$.

Và với các số liệu đã có: $G_a = 435[KG]$; $L_0 = 1531[mm]$; $h_G = 576[mm]$ và a, b đã tính thì ta có phản lực pháp tuyến tác dụng lên các bánh xe trước/sau khi phanh khẩn cấp như sau.

$$G_{bx1} = \frac{435.9,81}{2.1531} \cdot (587,904 + 576.0,68) = 1365,2[N]$$

$$G_{bx2} = \frac{435.9,81}{2.1531} \cdot (943,096 - 576.0,68) = 768,5[N]$$

Suy ra lực phanh yêu cầu ở mỗi bánh xe trước/sau là:

$$P_{bx1} = G_{bx1} \cdot \varphi_{bx} = 1365,2 \cdot 0,68 = 928,336[N]$$

$$P_{bx2} = G_{bx2} \cdot \varphi_{bx} = 768,5 \cdot 0,68 = 522,58[N]$$

Mômen phanh yêu cầu ở mỗi bánh xe trước/sau là:

$$M_{bx1} = P_{bx1} \cdot R_{bx} = 928,336 \cdot 0,23 = 213,5[N.m]$$

$$M_{bx2} = P_{bx2} \cdot R_{bx} = 522,58 \cdot 0,23 = 120,2[N.m]$$

Trong đó R_{bx} là bán kính làm việc trung bình (hay bán kính động lực) của bánh xe; lấy theo số liệu đã cho trước: $R_{bx} = 0,23[m]$.

3.4.3. Hệ số phân bố lực phanh lên các trục bánh xe

Thực tế mômen phanh sinh ra ở các bánh xe là do cơ cấu phanh lắp đặt ở bánh xe sinh ra. Cơ cấu phanh ở các bánh xe có nhiều kiểu và vì vậy nói chung trên một chiếc xe có thể có các cơ cấu phanh khác nhau đối với các trục bánh xe trước và trục bánh xe sau. Ngay cả khi kiểu cơ cấu phanh giống nhau nhưng kết cấu và kích thước cụ thể vẫn có thể khác nhau tùy theo mômen phanh yêu cầu phân bố trên các trục như đã tính ở mục x.x nêu trên.

Vì vậy, để có cơ sở chọn cơ cấu phanh hợp lý, trước hết cần tính toán đánh giá tỷ số phân bố mômen phanh (hay lực phanh) lên trục trước và trục sau theo hệ số phân bố lực phanh K_{12} như sau:

$$K_{12} = \frac{M_{bx1}}{M_{bx2}} = \frac{P_{bx1}}{P_{bx2}} \quad (3.47)$$

Thế các số liệu đã tính ở (3.40) ta có.

$$K_{12} = \frac{M_{bx1}}{M_{bx2}} = \frac{213,5}{120,2} = 1,77$$

Với xe du lịch do phân bố tải trọng tĩnh lên trục trước và trục sau gần bằng nhau, nên hệ số phân bố lực phanh $K_{12} = 1,77$ là hợp lý. [18]

Với $K_{12} > 1$ thì thường có phân bố tải trọng tĩnh trên trục trước và trục sau bằng nhau, do có sự phân bố lại khi phanh nên hệ số phân bố lực phanh. Vì vậy loại cơ cấu phanh trước/sau có sự khác nhau rõ rệt, chẳng hạn nếu dùng kiểu cơ cấu phanh trống guốc thì cơ cấu phanh sau có thể dùng loại một guốc có tính chất tự siết và một guốc có tính tự tách, trong khi cơ cấu phanh trước dùng loại hai guốc đều có tính tự siết hoặc có thể dùng kiểu cơ cấu phanh khác như cơ cấu phanh đĩa.

⇒ Chọn cơ cấu phanh thiết kế trên xe là: cơ cấu phanh đĩa.

Cơ cấu phanh bánh trước của oto cần đạt hiệu quả phanh cao, thời gian chậm tác dụng bé và cần có độ nhạy lớn do đó để đảm bảo tính ổn định của xe khi phanh nhất là oto. Để đảm bảo được yêu cầu đó ta thấy cơ cấu phanh đĩa có những ưu điểm là phù hợp với yêu cầu nên ta chọn cơ cấu phanh đĩa (có rãnh làm mát) cho cầu trước.

Cơ cấu phanh sau của oto con cần phải có tính thuận nghịch khi xe chuyển động lùi, do đó cơ cấu phanh sau phải thuận nghịch để đảm bảo yêu cầu khi phanh. Ta có cơ cấu phanh đĩa và phanh trống guốc loại 2 (sử dụng hai xy lanh đơn) đều đảm bảo được độ thuận nghịch khi phanh. Tuy nhiên, ta chọn cơ cấu phanh đĩa cho cầu sau (vì những ưu điểm của cơ cấu phanh đĩa và đảm bảo xu hướng thiết kế hệ thống phanh trên oto con hiện nay là đều sử dụng phanh đĩa cho cả hai cầu trước và sau).

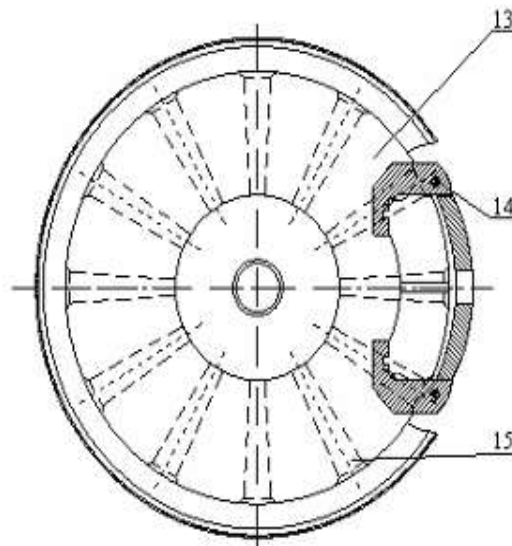
3.4.4. Tính toán kiểu cơ cấu phanh đĩa

3.4.4.1. Mômen phanh do cơ cấu phanh sinh ra và lực ép yêu cầu

Sau khi đã chọn được kiểu và loại cơ cấu phanh hợp lý, chúng ta có thể bắt tay tính toán để xác định các thông số cơ bản của cơ cấu phanh.

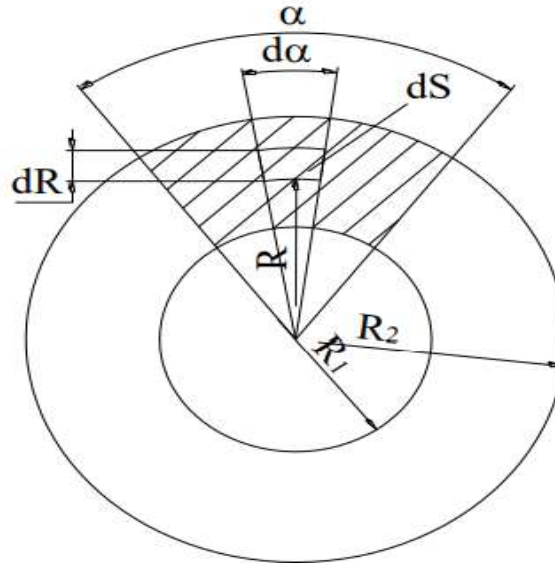
Các thông số cơ bản của cơ cấu phanh bao gồm mômen phanh do cơ cấu phanh tạo ra, lực ép của cơ cấu phanh. Cách tính mômen phanh và do đó công thức tính lực ép yêu cầu của cơ cấu ép phụ thuộc vào kiểu và loại cơ cấu phanh cụ thể như đã chọn ở trên.

Kiểu cơ cấu phanh ở cầu trước cũng như cầu sau thường là kiểu đĩa có xẻ rãnh bên trong để thông gió làm mát cho đĩa khi phanh; có cơ cấu ép bởi hai xy lanh đơn bố trí ở hai phía khác nhau (hình 3.44).



Hình 3.44: Cơ cấu phanh đĩa có rãnh làm mát.

13-Đĩa ma sát; 14-Giá kẹp xy lanh; 15-Rãnh làm mát.



Hình 3.45: Sơ đồ tính toán cơ cấu phanh kiểu đĩa

Phanh đĩa thường có cơ cấu ép có tính đối xứng hoàn toàn về phương diện kết cấu qua mặt phẳng chứa đĩa phanh. Vì vậy mômen ma sát của đĩa được tạo ra bởi hai má phanh có giá trị hoàn toàn giống nhau vì đĩa được ép bởi hai piston bằng nhau bố trí đối xứng qua đĩa có cùng áp lực dầu.

$$M_{g1} = P_1 \cdot \mu \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2} \right) \quad (3.48)$$

$$M_{g2} = P_2 \cdot \mu \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2} \right) \quad (3.49)$$

Nếu xem các lực ép P_1 và P_2 là như nhau và bằng lực ép P của piston thì mômen phanh tổng cộng do hai má phanh tạo ra cho đĩa phanh được xác định bằng:

$$M_p = 2 \cdot P \cdot \mu \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2} \right) \quad (3.50)$$

Trong đó R_2 là đường kính ngoài của đĩa và có thể được xác định với bán kính bánh xe $R_{bx} = 230 [mm]$ có thể chọn $R_2 = 0,45 \cdot R_{bx} = 103,5 [mm] = 0,1035 [m]$. [17]

Còn R_1 là bán kính trong của đĩa phanh, chúng có thể được chọn theo kinh nghiệm bằng: $R_1 = (0,55 \div 0,73) \cdot R_2$. Bằng cách tính lặp theo các điều kiện giới hạn trong quá trình thiết kế, có thể chọn $R_1 = 0,7 \cdot R_2 = 0,0725 [m]$.

Suy ra công thức tính các lực ép yêu cầu P đối với cơ cấu phanh kiểu đĩa được xác định như sau:

$$P = \frac{3}{4} \cdot \frac{M_p}{\mu} \cdot \left(\frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2} \right) \quad (3.51)$$

Thế số vào (3.51) ta có lực ép của cơ cấu phanh đĩa ở phía cầu trước và sau.

+ Cơ cấu phanh trước:

$$\text{Số liệu: } M_{p1} = 213,5 [N.m]; R_2 = 0,1035 [m]; R_1 = 0,0725 [m]$$

$$P_1 = \frac{3}{4} \cdot \frac{213,5}{0,3} \cdot \left(\frac{0,1035^2 - 0,0725^2}{0,1035^3 - 0,0725^3} \right) = 4002,2 [N]$$

+ Cơ cấu phanh sau:

$$\text{Số liệu: } M_{p2} = 120,2 [N.m]; R_2 = 0,1035 [m]; R_1 = 0,0725 [m]$$

$$P_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{120,2}{0,3} \cdot \left(\frac{0,1035^2 - 0,0725^2}{0,1035^3 - 0,0725^3} \right) = 2253,2 [N]$$

3.4.4.2. Tính toán xác định bề rộng má phanh

Bề rộng má phanh sẽ xác định diện tích làm việc của má phanh ép lên đĩa. Bề rộng má phanh tăng làm cho diện tích làm việc tăng; điều này nói chung có lợi cho sự mài mòn của tấm ma sát vì diện tích làm việc tăng đồng nghĩa với áp lực tác dụng trên một đơn vị diện tích giảm, dẫn đến mức độ mài mòn giảm trong mỗi lần phanh (mỗi lần phanh diễn ra là một lần quá trình trượt giữa má phanh và đĩa phanh diễn ra mảnh liệt, vừa làm mài mòn má phanh vừa sinh nhiệt lớn làm nung nóng đĩa cũng như má phanh và các chi tiết liên quan đến truyền nhiệt với chúng). Tuy vậy bề rộng má phanh không nên tăng lớn quá vì như vậy sẽ làm giảm tính đồng đều của áp lực phân bố trên toàn bộ diện tích má phanh, dẫn đến mòn má phanh đều và giảm hiệu quả phanh.

Khi các thông số khác đã được chọn và xác định theo mômen yêu cầu nêu trên thì bề rộng má phanh sẽ được xác định theo áp suất cho phép $[q]$ hình thành đối với má phanh trong quá trình phanh.

Với kiểu cơ cấu phanh đĩa, bề rộng má phanh có thể được xác định theo lực ép P tạo ra cho đĩa phanh như sau:

$$P = A_{ms} \cdot q = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot q \quad (3.52)$$

Trong đó R_1, R_2 là đường kính trong và ngoài của đĩa, α là góc ôm của tâm ma sát theo chu vi hình vành khăn của đĩa – đặc trưng cho bề rộng má phanh của cơ cấu phanh đĩa – tính bằng [rad], còn q là áp suất làm việc trung bình hình thành giữa má phanh và đĩa phanh trong quá trình phanh.

Suy ra góc ôm đặc trưng cho bề rộng má phanh kiểu đĩa:

$$\alpha = \frac{2P}{q \cdot (R_2^2 - R_1^2)} \quad (3.53)$$

Để bảo đảm tuổi thọ của má phanh cho một chu kỳ giữa hai lần bảo dưỡng thì giá trị áp suất làm việc của má phanh $q [N/m^2]$ phải nhỏ hơn giá trị cho phép [q] nằm trong giới hạn từ $1,5 \div 2 [MN / m^2]$.

Với cơ cấu phanh kiểu đĩa, do ưu tiên cho quá trình làm mát đĩa nên đĩa không được bao kín vì vậy bụi bẩn bám vào và do đó góp phần làm tăng mòn má phanh và đĩa. Để hạn chế sự mài mòn của chúng, trong thiết kế cần thiết chọn áp suất làm việc của bề mặt ma sát đủ nhỏ so với giá trị giới hạn $q = 1,2 \cdot 10^6 [N / m^2] \leq [q] = 1,5 \div 2 [MN / m^2]$

Thế tất cả các thông số đã biết thì ta có bề rộng má phanh như sau:

- **Với cơ cấu phanh trước:** ($P_1 = 4002,2 [N]$)

+ Tính theo góc ôm của má phanh:

$$\alpha_1 = \frac{2 \cdot 4002,2}{1,5 \cdot 10^6 \cdot (0,1035^2 - 0,0725^2)} = 0,98 rad (\alpha_1 = 56^\circ)$$

+ Tính theo chiều dài cung tại bán kính trung bình:

$$C_1 = R_b \cdot \alpha_1 \quad (3.54)$$

Trong đó R_{tb} là bán kính trung bình của đĩa phanh:

$$R_{tb} = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2} \right) = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{0,1035^3 - 0,0725^3}{0,1035^2 - 0,0725^2} \right) = 0,089[m]$$

Thế số, ta có:

$$C_1 = 0,089 \cdot 0,98 = 0,087[m]$$

So với bề rộng hình vành khăn của đĩa với bán kính ngoài $R_2 = 0,1035[m]$ và bán kính trong $R_1 = 0,0725[m]$ là:

$$b_{vk1} = (R_2 - R_1) = (0,1035 - 0,0725) = 0,031[m]$$

Tỷ số bán kính $K_r = \frac{R_1}{R_2}$ trong giới hạn 0,52 đến 0,73 sao cho sai lệch giữa C_1

so với b_{vk1} đạt giá trị dương. Bằng cách đó ta tìm được nhanh chóng bộ thông số cho cơ cấu phanh trước như sau:

Bán kính ngoài đĩa phanh: $R_2 = 0,1035[m]$

Hệ số tối ưu: $K_{r1} = 0,7$

Bán kính trong: $R_1 = 0,072[m]$

Bán kính trung bình: $R_{tb1} = 0,089[m]$

Bề rộng vành khăn: $b_{vk1} = 0,032[m]$

Lực ép của piston: $P_1 = 4012[N]$

Góc ôm má phanh: $\alpha_1 = 0,97[rad]$

Chiều dài cung trung bình: $C_1 = 0,086[m]$

Với cơ cấu phanh sau: cũng bằng phương pháp tính tối ưu đối với hệ số bán kính đĩa với $K_{r2} = 0,7$ ta có:

Bán kính ngoài đĩa phanh: $R_2 = 0,1035[m]$

Bán kính trong: $R_1 = 0,072[m]$

Bán kính trung bình: $R_{tb2} = 0,089[m]$

Bề rộng vành khăn: $b_{vk2} = 0,032[m]$

Lực ép của piston: $P_2 = 2258,7[N]$

Góc ôm má phanh: $\alpha_2 = 0,55[rad]$

Chiều dài cung trung bình: $C_2 = 0,049[m]$

3.4.4.3. Tính toán kiểm tra các thông số liên quan khác của cơ cấu phanh

a. Tính toán kiểm tra công trượt riêng

Kích thước má phanh không chỉ xác định theo tiêu chí áp suất làm việc phải nhỏ hơn hoặc bằng áp cho phép $[q]$ đã nêu ở trên nhằm bảo đảm tuổi thọ cho má phanh; mà còn được xác định theo tiêu chí công ma sát trượt riêng nhằm bảo đảm cho má phanh làm việc trong thời gian lâu dài. Bởi vì với cùng áp suất làm việc của má phanh trong quá trình phanh như nhau nhưng tốc độ xe khi bắt đầu phanh càng lớn thì má phanh sẽ càng mau mòn.

Theo định nghĩa công ma sát trượt riêng chính là công ma sát trượt của má phanh trong quá trình phanh tính trên một đơn vị diện tích làm việc của má phanh. Giả sử công ma sát trượt L trong quá trình phanh sẽ thu toàn bộ động năng của oto khi bắt đầu phanh với vận tốc v_1 cho đến khi oto dừng hẳn $v_2 = 0$; tức là:

$$L = \frac{m_a \cdot (v_1^2 - v_2^2)}{2} = \frac{G_a \cdot v_1^2}{2g} \quad (3.55)$$

Trong đó: m_a là khối lượng toàn bộ của oto đầy tải khi phanh [KG], G_a là trọng lượng của oto [N], v_1 là tốc độ oto khi bắt đầu phanh [m/s], g là gia tốc trọng trường $g = 9,81[m/s^2]$, A_Σ là tổng diện tích làm việc của các má phanh trong tất cả các cơ cấu phanh $[m^2]$.

Diện tích làm việc của một má phanh có thể được xác định:

$$A_{\Sigma} = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \quad (3.56)$$

Thế số vào (6.48) đã biết cho hai má phanh của hai cơ cấu phanh trước, ta có:

$$A_{\Sigma 1} = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \frac{\alpha}{2\pi} = 3,1416 \cdot (0,1035^2 - 0,072^2) \cdot \frac{0,97}{2\pi} \cdot 4 = 0,01 [m^2]$$

Thế số vào (6.48) đã biết cho hai má phanh của hai cơ cấu phanh sau, ta có:

$$A_{\Sigma} = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \frac{\alpha}{2\pi} = 3,1416 \cdot (0,1035^2 - 0,072^2) \cdot \frac{0,55}{2\pi} \cdot 4 = 0,0061 [m^2]$$

Vậy tổng diện tích ma sát của cả xe:

$$A_{\Sigma} = 0,0161 [m^2]$$

Suy ra công trượt riêng là:

$$L_r = \frac{L}{A_{\Sigma}} = \frac{G_a \cdot v_1^2}{2 \cdot g \cdot A_{\Sigma}} \quad (3.57)$$

Trị số công ma sát riêng tính theo các công thức trên khi bắt đầu phanh với tốc độ trung bình bằng nửa tốc độ cực đại $v_1 = 20 \text{ km/h}$ cho đến khi xe dừng hẳn ($v_2 = 0$) phải nằm trong giới hạn cho phép $[L_r] = 0,4 \div 15 [MJ / m^2]$ đối với oto du lịch.

Với $V_1 = 20 [km/h] = 5,55 \left[\frac{m}{s} \right]$ thì ta có:

$$L_r = \frac{L}{A_{\Sigma}} = \frac{G_a \cdot v_1^2}{2 \cdot g \cdot A_{\Sigma}} = \frac{(435,9,81) \cdot 5,55^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,0125} = 0,42 \left[\frac{MJ}{m^2} \right]$$

So với giá trị cho phép là thỏa mãn.

b. Tính toán kiểm tra nhiệt độ hình thành ở cơ cấu phanh.

Trong quá trình oto bị phanh, động năng oto bị tiêu tán bởi ma sát trượt và biến thành nhiệt năng, làm nung nóng má phanh -trống phanh (hoặc đĩa phanh) và một phần nhiệt truyền ra môi trường không khí. Tuy nhiên khi phanh ngắt trong thời gian ngắn,

năng lượng nhiệt không kịp truyền ra cho môi trường không khí hoặc truyền ra không đáng kể nên trong tính toán thiết kế, để an toàn về nhiệt chúng ta có thể coi đĩa phanh nhận hết nhiệt năng này trong quá trình phanh. Vì vậy ta có phương trình cân bằng nhiệt như sau:

$$\frac{m_a \cdot (v_1^2 - v_2^2)}{2} = m_p \cdot C \cdot \Delta C \quad (3.58)$$

Trong đó: m_p là tổng khối lượng của các đĩa phanh; C là nhiệt dung riêng của vật liệu làm đĩa phanh – đối với thép hoặc gang thì $C \approx 500$ [J/kg] – còn với hợp kim xi-lu-min thì C có thể lấy lên tới 950 [J/kg]. Còn ΔT là độ tăng nhiệt độ của hoặc đĩa phanh.

Độ tăng nhiệt độ của đĩa phanh khi phanh với tốc độ của oto $v_1 = 5,55$ [m/s] cho đến khi dừng hẳn ($v_2 = 0$) không được vượt quá 15 độ. Khi phanh ngắt với tốc độ trung bình bằng nửa tốc độ cực đại thì nhiệt độ cũng không được vượt quá 125 độ.

+ Tính kiểm tra độ tăng nhiệt độ phanh với tốc độ $v = 5,55$ [m/s] Suy ra khối lượng tổng cộng của đĩa phanh phải đủ lớn để độ tăng nhiệt độ không quá 10 độ khi phanh với tốc độ $v = 5,55$ [m/s]:

$$m_p = \frac{m_a v_1^2}{2 \cdot C \cdot [10^0]} = \frac{435 \cdot 5,55^2}{2 \cdot 500 \cdot [10^0]} = 1,34 \text{ [kg]}$$

+ Tính kiểm tra độ tăng nhiệt độ khi phanh với vận tốc ($v = 0,5 \cdot v_{max}$). Suy ra khối lượng tổng cộng của đĩa phanh phải đủ lớn để độ tăng nhiệt độ không quá 100 độ khi phanh với tốc độ ($v_1 = 0,5 \cdot v_{max}$):

$$m_p = \frac{m_a v_1^2}{2 \cdot C \cdot [100^0]} = \frac{435 \cdot 2,775^2}{2 \cdot 500 \cdot [100^0]} = 0,034 \text{ [kg]}$$

Vậy để bảo đảm điều kiện bền nhiệt, thì khối lượng của mỗi đĩa phanh của oto du lịch (có công thức bánh xe 4x2 hoặc 4x4) phải bằng:

$$m_t = 1,34 / 4 \approx 0,335 \text{ [kg]}$$

Cùng với bài toán kiểm tra nhiệt, bài toán tính toán thiết kế bề dày δ đĩa phanh có thể được suy ra từ công thức khối lượng đĩa phanh như sau:

$$\pi \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \delta \cdot \rho = m_i \quad (3.59)$$

Trong đó ρ là khối lượng riêng của vật liệu làm tang trống hoặc đĩa phanh. Với gang hoặc thép thì $\rho = 7800 [kg / m^3]$. Với số liệu đã có, suy ra:

$$+ \text{Cơ cấu phanh trước } R_1 = 0,1035 [m]; R_2 = 0,072 [m]$$

$$\delta_1 = \frac{0,335}{\pi \cdot (0,1035^2 - 0,072^2) \cdot 7800} = 2,5 [mm]$$

$$+ \text{Cơ cấu phanh sau } R_1 = 0,1035 [m]; R_2 = 0,072 [m];$$

$$\delta_2 = \frac{0,335}{\pi \cdot (0,1035^2 - 0,072^2) \cdot 7800} = 2,5 [mm]$$

Đĩa phanh trước và sau là đĩa đặc :8-13 mm theo [16], chọn: $\delta = 8$ (mm).

c. Hành trình dịch chuyển đầu piston xy lanh công tác của cơ cấu ép.

Trong truyền động phanh dầu, để tạo lực ép cho cơ cấu phanh chúng ta thường dùng piston để truyền lực ép P lên đĩa phanh.

Đối với kiểu cơ cấu phanh đĩa: hành trình dịch chuyển của piston công tác x [mm] của cơ cấu ép phanh đĩa được xác định bằng:

$$x = \delta_0$$

Với cơ cấu phanh đĩa, khe hở hướng trục δ_0 thường khá nhỏ với giá trị vào khoảng 0,3÷0,5 [mm]. Chú ý trong kiểu cơ cấu phanh đĩa thì khe hở hướng trục δ_0 thường được tự điều chỉnh bằng chính ma sát giữa đĩa phanh và má phanh hoặc bởi cơ cấu điều chỉnh cương bức khe hở δ_0 , vì vậy trong công thức không có thông số về lượng mòn cho phép δ_m . Chính vì vậy cơ cấu phanh đĩa có ưu điểm nổi bật hơn hẳn cơ cấu phanh gốc là “độ chậm tác dụng” nhỏ.

Chọn $\delta_0 = 0,5 [mm]$ thì ta có:

$$x = 0,5 [mm]$$

d. Đường kính xy lanh công tác.

Đường kính xy lanh công tác d_k ở các cơ cấu phanh được xác định từ lực ép yêu cầu tương ứng P_k .

$$d_k = \sqrt{\frac{4.P_k}{\pi.p_d}} \quad (3.60)$$

Trong đó: P_k là lực ép yêu cầu ở cơ cấu phanh thứ k; p_d là áp suất làm việc của dầu phanh trong hệ thống. Khi phanh với lực phanh lớn nhất thì áp suất dầu phanh trong hệ thống hiện nay nằm trong khoảng:

- Hệ thống phanh không có bơm dầu hỗ trợ: $p_d \approx 5 \div 10 [MN / m^2]$

+ Với cơ cấu phanh trước, có lực ép $P_1 = 4012 [N]$ và với áp suất dầu $p_d = 8 [MN / m^2]$ thì ta có đường kính xy lanh công tác ở cơ cấu phanh trước bằng:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4.P_k}{\pi.p_d}} = \sqrt{\frac{4.4012}{\pi.8.10^6}} = 0,025 [m]$$

+ Với cơ cấu phanh trước, có lực ép $P_2 = 2258,7 [N]$ và với áp suất dầu $p_d = 8 [MN / m^2]$ thì ta có đường kính xy lanh công tác ở cơ cấu phanh trước bằng:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4.P_k}{\pi.p_d}} = \sqrt{\frac{4.2258,7}{\pi.8.10^6}} = 0,019 [m]$$

e. Đường kính xy lanh chính.

Đường kính xy lanh chính D_c sẽ được xác định từ tỷ số khuếch đại thủy lực i_k như sau:

$$i_k = \left(\frac{d_k}{D_c} \right)^2 \quad (3.61)$$

Trong đó i_k là tỷ số khuếch đại thủy lực của xy lanh công tác thứ k so với xy lanh chính.

Trong thực tế kinh nghiệm đối với hệ thống phanh dầu kiểu cơ cái phanh đĩa thì tỷ số đường kính có thể từ 1,0 đến 1,7 nên tỷ số khuếch đại thủy lực có thể lên đến $i_k = 2,89$. Vì vậy, trong tính toán thiết kế có thể tính đường kính xy lanh chính theo giá trị trung bình gần đúng như sau:

$$D_c \approx \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{d_{k\min}^2}{1} + \frac{d_{k\max}^2}{2,9} \right)} \quad (3.62)$$

Ở đây $d_{k\min}$ là giá trị nhỏ nhất của các đường kính xy lanh công tác; $d_{k\max}$ là giá trị lớn nhất của các đường kính xy lanh công tác; còn các số 1,0 và 2,9 là hệ số kinh nghiệm đã nêu ở trên.

Thế số với các giá trị đường kính xy lanh công tác đã tính, ta có:

$$D_c \approx \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{0,019^2}{1} + \frac{0,025^2}{2,9} \right)} = 0,017[m]$$

Đường kính xy lanh điều khiển trợ lực có thể lấy bằng $d_{dk} = D_c = 0,017[m]$

f. Hành trình dịch chuyển của piston xy lanh chính.

Piston chính có nhiệm vụ truyền lực từ bàn đạp và bộ trợ lực phanh (nếu có) để tạo ra áp suất cao trong hệ thống khí phanh. Áp suất cao trong hệ thống chỉ bắt đầu hình thành khi tất cả các khe hở trong hệ thống phanh đã khắc phục, nên hành trình dịch chuyển của piston xy lanh chính h [mm] được xác định.

$$h = \left(\left(\frac{2 \cdot x_1 \cdot n_1 \cdot d_1^2}{D_c^2} + \frac{2 \cdot x_2 \cdot n_2 \cdot d_2^2}{D_c^2} \right) \cdot 2 + \delta_1 + \delta_2 + \delta_{dk} \cdot \frac{d_{dk}^2}{D_c^2} \right) \cdot K \quad (3.63)$$

Trong đó:

x_1, x_2 là hành trình dịch chuyển của piston công tác ở cơ cấu phanh cầu trước/sau. Mục x.x đã tính $x_1 = x_2 = 0,5[mm]$; còn số 2 đi theo thông số x để xác định số lượng hai piston công tác trong mỗi cơ cấu phanh.

n_1, n_2 tương ứng là số lượng trục bánh xe của cầu trước/sau. Với xe du lịch có công thức bánh xe 4x4 hoặc 4x2 thì $n_1 = n_2 = 1$.

d_1, d_2 lần lượt là đường kính xy lanh công tác ở cơ cấu phanh cầu trước/sau; ta có $d_1 = 25[mm], d_2 = 19[mm]$. Chỉ số 2 bên ngoài ngoặc đơn xác định có hai cơ cấu phanh trên mỗi trục bánh xe trước/sau.

d_{dk} là đường kính xy lanh dầu điều khiển đóng mở van của bộ trợ lực phanh bằng chân:
 $d_{dk} = 17[mm]$. D_c là đường kính xy lanh chính $D_c = 17[mm]$

δ_1, δ_2 lần lượt là khe hở thông dầu trong xy lanh chính ở trạng thái không phanh ứng với dòng trước/sau. Có thể chọn: $\delta_1 = \delta_2 = 1,5[mm]$

δ_{dk} là khoảng dịch chuyển của piston trợ lực để điều khiển đóng mở van của bộ trợ lực. Chọn $\delta_{dk} = 1,0[mm]$. Còn K là hệ số tính đến độ đàn hồi của hệ thống. Thường $K \approx 1,05 \div 1,07$. Chọn $K = 1,07$. Thế tất cả các thông số, ta có:

$$h = \left(\frac{2.0,5.1.25^2}{17^2} + \frac{2.0,5.1.19^2}{17^2} \right) . 2 + 1,5 + 1,5 + 1,0 . \frac{17^2}{17^2} = 10,8[mm]$$

j. Hành trình và tỷ số truyền bàn đạp phanh

Đòn bàn đạp phanh có nhiệm vụ truyền lực đạp của lái xe lên piston của xy lanh chính. Vì vậy dịch chuyển của đầu bàn đạp phanh có thể được xác định:

$$S_{bd} = (h + \delta.K).i_{bd} \quad (3.64)$$

Trong đó h là hành trình dịch chuyển của piston xy lanh chính; δ là khe hở cần thiết giữa cần đẩy và piston xy lanh chính; i_{bd} là tỷ số khếch đại lực từ bàn đạp đến piston xy lanh chính; và thường được gọi là tỷ số truyền bàn đạp.

Thay công thức tính hành trình dịch chuyển của piston xy lanh chính h vào công thức với điều kiện giá trị hành trình bàn đạp lớn nhất đối với cơ cấu phanh đĩa không vượt quá giá trị cho phép $[S_{bd}] \approx 80 \div 100[mm]$

$$(h + \delta K)i_{bd} \in [S_{bd}] \quad (3.65)$$

Chọn $[S_{bd}] = 90[mm]$ với khe hở $\delta = 0,5[mm]$ thì tỷ số truyền bàn đạp:

$$i_{bd} = \frac{90}{(10,8 + 0,5 \cdot 1,07)} = 7,94$$

Chọn $i_{bd} = 5$

Do khe hở làm việc giữa má phanh và đĩa nhỏ hơn nên hành trình làm việc thực tế của bàn đạp nhỏ hơn kiểu trống guốc; vì vậy tỷ số giữa hành trình bàn đạp tổng cộng trên hành trình làm việc của cơ cấu phanh đĩa là lớn hơn và thường nằm trong khoảng 1,6 đến 1,8:

$$K_{bd/lv} = \frac{S_{bd}}{S_{lv}} = \frac{90}{54} = 1,67$$

h. Lực cần thiết tác dụng lên bàn đạp phanh khi chưa tính trợ lực

Lực cần thiết phải tác dụng lên bàn đạp phanh (khi chưa tính đến trợ lực) để thực hiện quá trình phanh khẩn cấp với lực phanh lớn nhất yêu cầu như sau:

$$P_{bd} \geq \frac{\pi \cdot D_{xl}^2 \cdot p_d}{4 \cdot i_{bd} \cdot \eta_{bd} \cdot \eta_{xl}} \quad (3.66)$$

Trong đó:

- D_{xl} là đường kính xy-lanh cung cấp dầu cho các xy-lanh công tác khi không có trợ lực hoặc dùng kiểu trợ lực trực tiếp thì D_{xl} cũng là xy-lanh chính D_c .
- Thông số p_d là áp suất làm việc của dầu trong hệ thống đã chọn $p_d = 8 [MN / m^2]$
- Đại lượng η_{bd} là hiệu suất của bàn đạp, kể đến tổn thất truyền lực tính từ bàn đạp đến piston xy-lanh chính và hiệu suất thủy lực η_d xét đến tổn thất truyền lực do ma sát của piston với xy-lanh chính: có thể chọn theo kinh nghiệm sau:
 - Hiệu suất truyền động cơ khí : $\eta_{bd} \approx 0,85 \div 0,9$ chọn $\eta_{bd} = 0,9$
 - Hiệu suất của piston-xy-lanh: $\eta_{xl} \approx 0,92 \div 0,95$ chọn $\eta_{xl} = 0,95$

Thế số ta có lực đạp cần phải tác dụng khi chưa tính đến trợ lực:

$$P_{bd} \geq \frac{\pi \cdot 0,017^2 \cdot 8 \cdot 10^6}{4 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 0,95} = 424,75 [N]$$

Giá trị tính toán về lực bàn đạp này so với yêu cầu cho phép nhằm bảo đảm điều khiển nhẹ nhàng cho lái xe đối với các ô tô hiện nay đối với xe du lịch nằm trong khoảng $[P_{bd}] \approx 200 \div 300 [N]$ thì cần thiết phải có trợ lực.

3.5. Tính toán, thiết kế hệ thống treo

3.5.1. Tổng quan

3.5.1.1. Nhiệm vụ

Trên cơ sở tài liệu tham khảo và xe thực tế nhằm tìm hiểu khái quát hệ thống treo. Qua đó lựa chọn phương án thiết kế phù hợp và phân tích, tính toán điều kiện làm việc, tính ứng dụng của phương án thiết kế, nhằm củng cố kiến thức đã học. 3.5.3. Tính toán bộ phận đàn hồi của hệ thống treo độc lập

3.5.1.2. Vấn đề về hệ thống treo trên ô tô

Khi ô tô chuyển động trên đường không bằng phẳng, xe thường chịu tải trọng dao động do bề mặt đường mấp mô sinh ra. Những dao động này ảnh hưởng xấu tới tuổi thọ của xe và đặc biệt là gây cảm giác khó chịu đối với hành khách trong xe. Các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng dao động đối với con người điều đi tới kết luận là con người phải chịu đựng lâu trong môi trường dao động của ô tô sẽ mắc bệnh về thần kinh và não.

Vì vậy tính êm dịu trong chuyển động của ô tô là một trong những chỉ tiêu quan trọng của xe. Tính năng này phụ thuộc vào khá nhiều yếu tố trong đó hệ thống treo đóng vai trò quyết định.

Tuy nhiên, đối với hệ thống treo dùng cho xe điện tự hành chạy trong khuôn viên du lịch thì những vấn đề về độ êm dịu hay những hiện tượng chống lật ngang do những mấp mô của mặt đường gây nên là không bị ảnh hưởng nhiều, vì đường xá trong khu vực du lịch tương đối tốt, đồng thời tốc độ chuyển động của xe thấp nên những vấn đề trên sẽ tự động được khắc phục. Đồng thời vì chi phí cho động cơ điện là rất tốn kém nên nếu ta sử dụng hệ thống treo có nhiều ưu điểm thì sẽ dẫn đến giá thành của xe tăng lên nhiều mà mục đích sử dụng của xe là phục vụ sự đi lại của hành khách trong khu vực du lịch với một quãng đường tương đối ngắn nên điều đó là không cần thiết. Vì vậy ta cần phải chọn phương án đơn giản nhưng đảm bảo điều kiện đáp ứng yêu cầu của xe là tốt.

3.5.1.3. Công dụng

Trên ô tô, hệ thống treo và cụm bánh xe được gọi là phần chuyển động của ô tô. Chức năng cơ bản của phần chuyển động là tạo điều kiện thực hiện “chuyển động bánh xe” của ô tô đảm bảo các bánh xe lăn và thân xe chuyển động tịnh tiến, thực hiện nhiệm vụ vận tải của ô tô.

Sự chuyển động của ô tô trên đường phụ thuộc nhiều vào khả năng lăn êm bánh xe trên nền và hạn chế tối đa các rung động truyền từ bánh xe lên thân xe. Do vậy giữa bánh xe và khung vỏ cần thiết có sự liên kết mềm. Hệ thống treo là tập hợp tất cả những chi tiết tạo nên liên kết đàn hồi giữa bánh xe và thân vỏ hoặc khung xe nhằm thỏa mãn các chức năng chính sau đây:

- Đảm bảo yêu cầu về độ êm dịu trong chuyển động, tạo điều kiện nâng cao được tính an toàn cho hàng hóa trên xe, đó là tập hợp các điều kiện nhằm đảm bảo duy trì sức khỏe và giảm thiểu những mệt mỏi vật lý và tâm sinh lý của con người (lái xe, hành khách). Các dao động cơ học của ô tô trong quá trình chuyển động bao gồm: biên độ, tần số, gia tốc,... các yếu tố này có thể ảnh hưởng tới sự an toàn của hàng hóa và trạng thái làm việc của con người trên ô tô.
- Đảm bảo yêu cầu về khả năng tiếp nhận các thành phần lực và mômen tác dụng giữa bánh xe và đường nhằm tăng tối đa sự an toàn trong chuyển động, giảm thiểu sự phá hỏng nền đường của ô tô, trong đó một chỉ tiêu quan trọng là độ bám đường của bánh xe.
- Hệ thống treo nói chung, gồm có ba bộ phận chính là: bộ phận đàn hồi, bộ phận dẫn hướng và bộ phận giảm chấn. Mỗi bộ phận đảm nhận một chức năng và nhiệm vụ riêng biệt.
- Bộ phận đàn hồi: dùng để tiếp nhận và truyền các tải trọng thẳng đứng, làm giảm va đập, giảm tải trọng động tác dụng lên khung vỏ và hệ thống chuyển động, đảm bảo độ êm dịu cần thiết cho ô tô máy kéo khi chuyển động.
- Bộ phận dẫn hướng: dùng để tiếp nhận và truyền lên khung các lực dọc, ngang cũng như các mômen phản lực và mômen phanh tác dụng lên bánh xe. Động học của bộ phận dẫn hướng xác định đặc tính dịch chuyển tương đối của bánh xe đối với khung vỏ.

- Bộ phận giảm chấn: cùng với ma sát trong hệ thống treo, có nhiệm vụ tạo lực cản, dập tắt các dao động của phần được treo và không được treo, biến cơ năng của dao động thành nhiệt năng tiêu tán ra môi trường xung quanh.

3.5.1.4. Yêu cầu của hệ thống treo

Hệ thống treo phải đảm bảo được các yêu cầu cơ bản sau đây:

- Đặc tính đàn hồi của hệ thống treo (đặc trưng bởi độ võng tĩnh f_t và hành trình động f_d) phải đảm bảo cho xe có độ êm dịu cần thiết khi chạy trên đường tốt và không bị va đập liên tục khi chạy trên đường xấu không bằng phẳng với tốc độ cho phép. Khi xe quay vòng, tăng tốc hoặc phanh thì vỏ xe không bị nghiêng, ngửa hay chúc đầu.
- Giảm chấn phải có hệ số dập tắt dao động thích hợp để dập tắt dao động được hiệu quả và êm dịu.
- Có khối lượng nhỏ, đặc biệt là các phần không được treo.
- Kết cấu đơn giản, dễ bố trí. Làm việc bền vững, tin cậy.
- Không gây nên tải trọng lớn tại các mối liên kết với khung hoặc vỏ.
- Có độ bền cao, giá thành thấp và mức độ phức tạp kết cấu không lớn.
- Có độ tin cậy lớn, trong điều kiện sử dụng phù hợp với tính năng kỹ thuật, không gặp hư hỏng bất thường.

3.5.1.5. Phân loại

Hệ thống treo của ô tô ngày nay sử dụng 2 kiểu chính: hệ thống treo phụ thuộc và hệ thống treo độc lập.

- Hệ thống treo độc lập

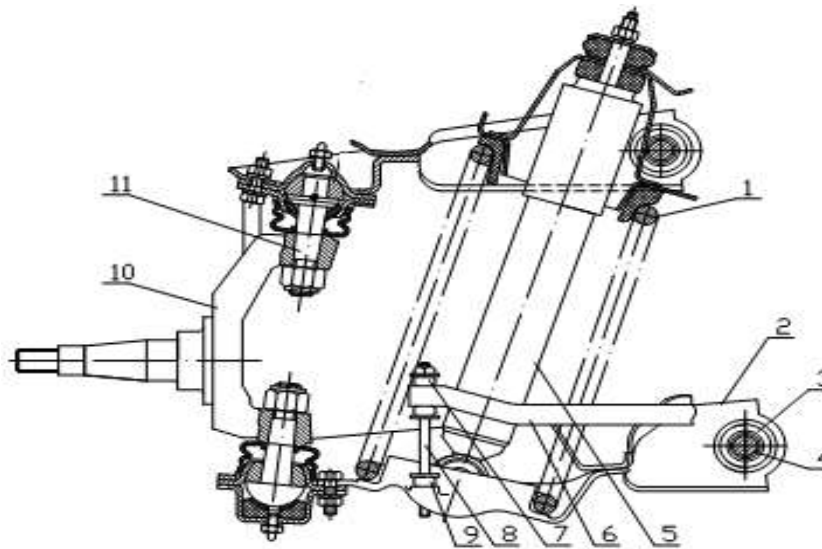
Hệ thống treo độc lập là hệ thống treo được đặc trưng cho dầm cầu cắt (không liền) cho phép các bánh xe dịch chuyển độc lập

Ưu điểm:

- Nó cho phép tăng độ võng tĩnh, độ võng động, do đó tăng độ êm dịu chuyển động của xe.
- Nó cho phép giảm dao động các bánh xe dẫn hướng do hiệu ứng momen con quay.
- Tăng khả năng bám đường, cho nên tăng được tính ổn định và điều khiển.

Nhược điểm:

- Có kết cấu phức tạp, đắt tiền đặc biệt với cầu chủ động.



Hình 3.46: Cơ cấu treo độc lập loại hai đòn

1- Lò xo; 2- Tay đòn dưới; 3-Bản lề; 4- Trụ; 5- Giảm sóc; 6- Cân bằng ngang; 7,9- Đệm cao su; 8- Trụ của bộ cân bằng
10- Ngõng quay; 11- Trụ của cơ cấu treo phía trước.

- Hệ thống treo phụ thuộc

Là hệ thống đặc trưng dùng với dầm cầu liền. Bởi vậy, dịch chuyển của các bánh xe trên một cầu phụ thuộc lẫn nhau. Việc truyền lực và mô men từ bánh xe lên khung có thể thực hiện trực tiếp qua các phần tử đàn hồi dạng nhíp hay nhờ các thanh đòn.

Ưu điểm:

- Cấu tạo đơn giản, giá thành hạ trong khi đảm bảo hầu hết các yêu cầu của hệ thống treo khi tốc độ không lớn.

Nhược điểm:

- Khi tốc độ lớn không đảm bảo tính ổn định và điều khiển so với hệ thống treo độc lập.

3.5.2. Kết cấu của hệ thống treo

3.5.2.1. Bộ phận đàn hồi

Trên ô tô bộ phận đàn hồi có thể dùng các loại: Nhíp, lò xo, thanh xoắn, cao su, khí nén hay thủy khí.

Nhíp

Là loại phần tử đàn hồi được dùng phổ biến nhất.

Ưu điểm

- Kết cấu và chế tạo đơn giản
- Sửa chữa bảo dưỡng dễ dàng

- Có thể đồng thời làm nhiệm vụ của bộ phận dẫn hướng và một phần nhiệm vụ của bộ phận giảm chấn.

Nhược điểm

- Trọng lượng lớn, tốn nhiều kim loại hơn tất cả các cơ cấu đàn hồi khác, do thể năng biến dạng đàn hồi riêng (của một đơn vị thể tích) nhỏ. Theo thống kê, trọng lượng của nhíp cộng giảm chấn thường chiếm từ 5,5 - 8,0 trọng lượng bản thân của ô tô.
- Thời hạn phục vụ ngắn: Do ma sát giữa các lá nhíp lớn và trạng thái ứng suất phức tạp (nhíp vừa chịu các tải trọng thẳng đứng vừa chịu mô men cũng như các lực dọc và ngang khác). Khi chạy trên đường tốt tuổi thọ của nhíp đạt khoảng 10 - 15 vạn Km. Trên đường xấu nhiều ổ gà, tuổi thọ của nhíp giảm từ 10 - 50 lần.

Lò xo trụ

Lò xo trụ là loại được dùng nhiều ở ô tô du lịch với cả hệ thống treo độc lập và phụ thuộc.

Ưu điểm:

- Kết cấu và chế tạo đơn giản.
- Trọng lượng nhỏ.
- Kích thước gọn, nhất là khi bố trí giảm chấn và bộ phận hạn chế hành trình ngay bên trong lò xo.

Nhược điểm:

- Nhược điểm của phần tử đàn hồi loại lò xo là chỉ tiếp nhận được tải trọng thẳng đứng mà không truyền được các lực dọc ngang và dẫn hướng bánh xe nên phải đặt thêm bộ phận hướng riêng.

Thanh xoắn

Ưu điểm

- Kết cấu đơn giản, khối lượng phần không được treo nhỏ.
- Tải trọng phân bố lên khung tốt hơn (khi thanh xoắn bố trí dọc) vì mô men của các lực thẳng đứng tác dụng lên khung không nằm trong vùng chịu tải, nơi lắp các đòn dẫn hướng mà ở đầu kia của thanh xoắn.

Nhược điểm

- Chế tạo khó khăn hơn.

- Bố trí lên xe khó hơn do thanh xoắn thường có chiều dài lớn.

3.5.2.2. Bộ phận dẫn hướng

Hệ thống treo cho phép các bánh xe dịch chuyển thẳng đứng, ở mỗi vị trí của nó so với thân xe, bánh xe phải đảm nhận khả năng truyền lực đầy đủ, thực hiện nhiệm vụ “chuyển động bánh xe” của ô tô. Bộ phận dẫn hướng phải làm tốt chức năng này. Với mỗi hệ thống treo, bộ phận dẫn hướng có cấu tạo khác nhau và chúng tạo nên các quan hệ: động học (quy luật dịch chuyển vị trí bánh xe), động lực học (quy luật truyền lực và mômen ở các vị trí của bánh xe đối với khung xe).

Ở hệ thống treo phụ thuộc nếu phần tử đàn hồi là nhíp lá thì nhíp sẽ đảm nhận luôn vai trò của bộ phận hướng. Nếu phần tử đàn hồi không thực hiện được chức năng của bộ phận hướng thì người ta dùng các cơ cấu đòn 4 thanh hay chữ V.

Sự thay đổi góc nghiêng của mặt phẳng quay bánh xe sẽ làm xuất hiện các mômen con quay. Các mômen con quay này sẽ làm cho cầu bị xoay đi và các bánh xe dẫn hướng dao động xung quanh trụ quay đứng. Đặc biệt ở tốc độ lớn, các bánh xe dẫn hướng dao động mạnh có thể làm xe mất tính điều khiển.

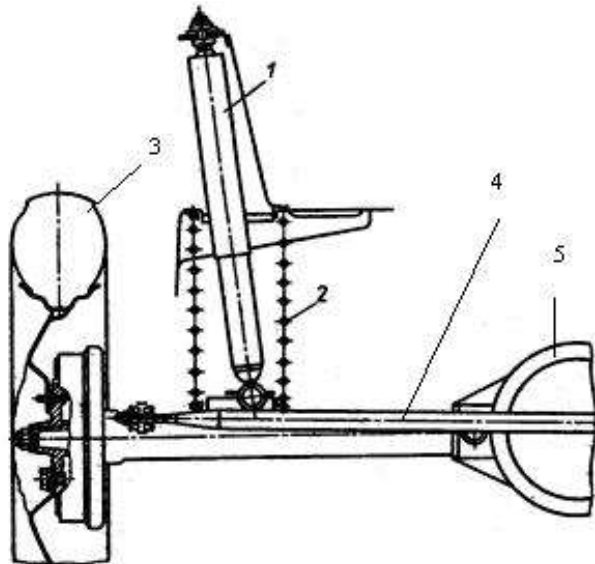
3.5.2.3. Bộ phận giảm chấn

Trên ô tô ngày nay thường sử dụng giảm chấn ống thủy lực có tác dụng hai chiều (trả và nén). Ở hành trình bánh xe dịch chuyển đến gần khung vỏ (gọi là hành trình nén của giảm chấn), giảm chấn giảm bớt xung lực va đập truyền từ bánh xe lên khung. Ở hành trình bánh xe đi xa khung vỏ (gọi là hành trình trả của giảm chấn), giảm chấn giảm bớt xung lực va đập của bánh xe trên nền đường, tạo điều kiện đặt êm bánh xe trên nền và giảm bớt phản lực truyền ngược từ mặt đường tới thân xe. Các giảm chấn ống hiện đang dùng bao gồm:

- Theo kết cấu, có: giảm chấn loại đòn và loại ống.
- Theo tỷ số giữa các hệ số cản nén K_n và hệ số cản trả K_t , giảm chấn được chia ra các loại: tác dụng một chiều, tác dụng hai chiều đối xứng, tác dụng hai chiều không đối xứng.

Hiện nay phổ biến nhất là loại giảm chấn ống tác dụng hai chiều có đặc tính không đối xứng và có van giảm tải. Hệ số cản nén được làm nhỏ hơn nhằm mục đích giảm lực truyền qua giảm chấn lên khung khi bánh xe gặp chướng ngại vật.

Giảm chấn ống được bố trí trên ô tô như trên hình 2.2. Do được bố trí như vậy nên lực tác dụng lên piston giảm chấn nhỏ và điều kiện làm mát giảm chấn rất tốt.



Hình 3.47: Sơ đồ bố trí giảm chấn ống

1- Giảm chấn; 2- Lò xo; 3- lóp xe; 4- đòn ngang; 5-bộ truyền lực

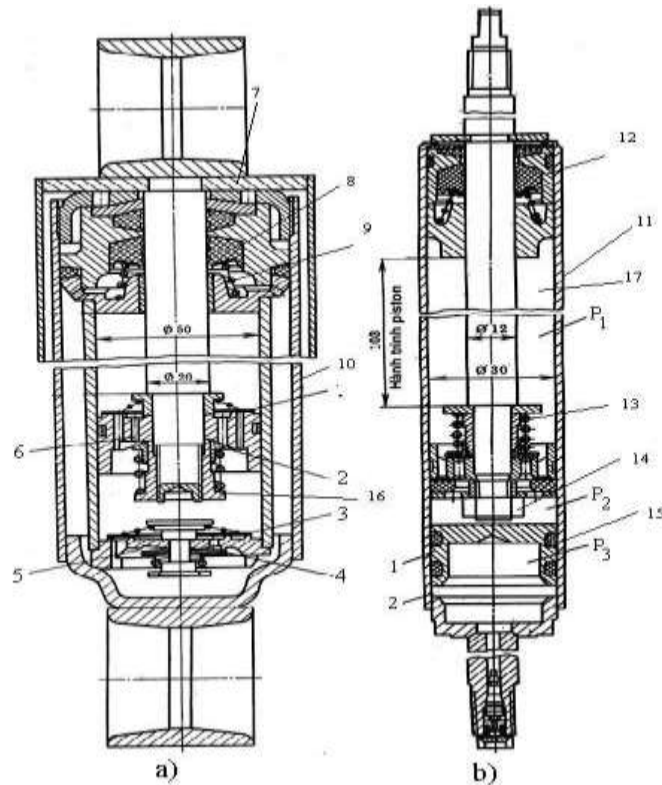
Kết cấu và chế tạo giảm chấn ống cũng đơn giản hơn nên hiện nay giảm chấn ống được sử dụng rộng rãi trên tất cả các loại ô tô

Giảm chấn ống loại hai ống:

- Trên piston có hai dây lỗ khoan theo các vòng tròn đồng tâm. Dây lỗ ngoài được đẩy phía trên bởi đĩa của van thông 1. Dây lỗ trong được đẩy phía dưới bởi van trả 2. Trên piston có một lỗ tiết lưu 6 thường xuyên mở.
- Trên đáy xy lanh cũng được làm các dây lỗ: dây lỗ ngoài được che phía trên bởi đĩa của van hút 3, dây lỗ trong được che phía dưới bởi van nén 4.
- Giữa hai ống của giảm chấn có khe hở tạo nên một buồng chứa phụ còn gọi là buồng bù, để chứa dầu khi giảm chấn làm việc.

Nguyên lý làm việc:

Nén nhẹ: piston dịch chuyển xuống dưới với tốc độ nhỏ. Dầu được ép từ khoang dưới, qua các lỗ tiết lưu 6 và van thông 1 đi lên khoang trên. Do thể tích piston giải phóng ở khoang trên nhỏ hơn thể tích do nó chiếm chỗ khi di chuyển xuống dưới (do ở khoang trên có thêm cần piston). Nên một phần dầu phải chảy qua khe tiết lưu 5 trên van 4, đi sang buồng bù của giảm chấn



Hình 3.48: Giảm chấn ống

a- Giảm chấn ống loại hai ống; b- Giảm chấn ống loại một ống.

1.piston;2 trục; 3. đệm kín; 4.van; 5 khoang dầu xả; 6. bulông;7. thân xilanh;8. đệm kín; 10. vỏ;11. khoang dầu;12. đệm kín;13. lò xo; 14 đai ốc khoá;15. roăng làm kín;16. đế lò xo

Trả nhẹ: piston dịch chuyển lên trên với tốc độ nhỏ. Dầu được ép từ khoang trên, qua các lỗ tiết lưu 6 đi xuống khoang dưới. Do thể tích piston giải phóng ở khoang dưới lớn hơn thể tích do nó chiếm chỗ khi di chuyển lên trên (do ở khoang trên có thêm cần piston). Nên dầu từ khoang trên chảy xuống không đủ bù cho thể tích piston giải phóng ở khoang dưới. Lúc này giữa khoang dưới và buồng bù có độ chênh áp. Vì thế dầu từ buồng bù chảy qua van hút 3 vào khoang dưới piston để bù cho lượng dầu còn thiếu.

Trả mạnh: piston dịch chuyển lên trên với tốc độ lớn. Áp suất trong khoang trên piston tăng cao ép lò xo mở van trả 2 ra cho dầu đi qua dây lỗ trong xuống khoang dưới. Nhờ thế sức cản giảm chấn giảm đột ngột, hạn chế bớt lực tác dụng lên cần giảm chấn.

So với giảm chấn loại hai ống có cùng đường kính ngoài, thì giảm chấn loại một ống có khối lượng nhỏ hơn (20%÷40%), số lượng chi tiết ít hơn (15÷22 so với 45÷55), đặc tính ổn định hơn. Vì thế giảm chấn loại này ngày càng được sử dụng rộng rãi.

Giảm chấn loại một ống có buồng bù 1 chứa đầy Nitơ với áp suất 2÷3 MPa, ngăn cách với khoang chứa dầu bởi piston tùy động 2 có các vòng làm kín. Ở một số kết cấu

khác có thể dùng màng ngăn thay cho piston. Trên piston, ngoài các lỗ hay khe tiết lưu còn có cả van nén và van trả.

Nguyên lý làm việc của giảm chấn một ống tương tự như giảm chấn hai ống, chỉ khác là khi giảm chấn làm việc không có chất lỏng chảy sang buồng bù mà thể tích buồng bù chứa khí, sẽ thay đổi tương ứng để bù cho sự chênh lệch thể tích giữa khoang trên và dưới piston.

3.5.2.4. Thanh ổn định ngang

Thanh ổn định ngang có tác dụng làm giảm góc nghiêng ngang thân xe, tức là làm tăng tính chất chuyển động ổn định của ô tô. Trong ô tô, thanh ổn định ngang thường thấy trên cả hai đầu của ô tô buýt, cầu trước (đôi khi cả trên cầu sau) của ô tô tải.

Cấu tạo chung thanh ổn định có dạng chữ U, làm việc giống như một thanh xoắn đàn hồi. Có hai dạng bố trí:

- Các đầu chữ U nối với bánh xe (dầm cầu), còn thân thanh ổn định nối với thân xe nhờ các ổ đỡ bằng cao su.
- Trên một số ô tô có dạng bắt ngược lại: hai đầu của chữ U nối với thân xe, thân thanh ổn định ngang nối với dầm cầu cứng.

Thanh ổn định ngang chỉ chịu xoắn khi có sự sai lệch lực tác dụng lên hai đầu (gây xoắn) của nó.

Khi xe chuyển động trên đường không bằng phẳng hoặc quay vòng, dưới tác dụng của lực bên (lực ly tâm, gió bên), phản lực thẳng đứng của hai phần tử đàn hồi trên một cầu thay đổi, một bên tăng tải và một bên giảm tải gây nên sự nghiêng thân xe. Thanh ổn định ngang lắp trên ô tô được xem là bộ phận đàn hồi phụ với chức năng hạn chế sự nghiêng thân xe. Với các ô tô có yêu cầu cao về tiện nghi đòi hỏi bộ phận đàn hồi (nhíp lá, lò xo, thanh xoắn) có độ cứng nhỏ. Khả năng gây nên mômen chống lật của bộ phận đàn hồi chính nhỏ, vì vậy cần thiết thêm vào hệ thống treo thanh ổn định ngang. Khi làm việc ở các vùng góc nghiêng ngang thân xe gần giá trị giới hạn, mômen chống lật đảm bảo cân bằng với mômen gây lật thì hệ thống treo không có mặt phần tử đàn hồi phụ (thanh ổn định).

3.5.2.5. Các bộ phận khác

Ngoài các bộ phận kể trên, hệ thống treo của ô tô còn có các bộ phận khác:

- Vấu cao su tăng cứng: thường đặt trên nhíp lá và tỳ vào phần biến dạng của nhíp lá, kết cấu này làm giảm chiều dài biến dạng của nhíp lá khi tăng tải. Vấu cao su

vừa tăng cứng vừa hạn chế hành trình làm việc của bánh xe (được gọi là vấu hạn chế hành trình). Các vấu hạn chế hành trình trên thường được kết hợp với chức năng tăng cứng cho bộ phận đàn hồi. Các vấu hạn chế hành trình này có khi được đặt trong vỏ của giảm chấn.

- Các gối đỡ cao su: làm chức năng liên kết mềm. Nó có mặt ở hầu hết các mối ghép với khung vỏ. Ngoài chức năng liên kết, nó còn có tác dụng chống rung truyền từ bánh xe lên, giảm tiếng ồn cho khoang người ngồi.

3.5.3. Tính toán các bộ phận đàn hồi của hệ thống treo độc lập

3.5.3.1. Thông số đầu vào

Bảng 3.12: Bảng thông số đầu vào

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Trọng lượng bản thân	G_0	225	KG
Phân bố trên cầu trước	G_{01}	86,4	KG
Phân bố trên cầu sau	G_{02}	138,6	KG
Trọng lượng toàn bộ	G	435	KG
Phân bố trên cầu trước	G_1	167,04	KG
Phân bố trên cầu sau	G_2	267,96	KG
Chiều dài cơ sở	L	1532	mm

Bỏ qua ma sát và khối lượng phần không được treo. Nếu có số liệu về khối lượng phần không được treo thì có thể trừ đi phần khối lượng này khi tính phản lực Z .

Tải trọng tĩnh tác dụng lên hệ thống treo trước khi ô tô mang đầy tải (tính trên một bánh xe):

$$Z_{tt} = \frac{G_{t1} \cdot g}{2}, [N] \quad (3.67)$$

Trong đó: $G_{t1} = G_1 - G_{ct}$

- G_1 - khối lượng phân bố lên cầu trước khi ô tô mang đầy tải, $G_1 = 167,04$ [kg].
- G_{ct} - khối lượng phần không được treo cầu trước [kg], $G_{ct} = 37$ [kg]

Giảm khối lượng không được treo sẽ giảm được lực va đập truyền lên khung vỏ.

$$G_{t1} = 167,04 - 37 = 130,04 [kg]$$

$$Z_u = \frac{130,04 \cdot 9,8}{2} = 637,196 (N)$$

Hệ số động lực học k_d : Nếu chọn k_d nhỏ thì có sự va đập liên tục lên bộ phận hạn chế làm giảm tính êm của xe. Nếu chọn k_d quá lớn sẽ làm cho hệ thống treo quá cứng. Chọn k_d thích hợp sao cho khi xe chuyển động trên đường bằng tải trọng truyền qua hệ thống treo sẽ gây va đập ít. Theo trang 39 - giáo trình kết cấu và tính toán hệ thống treo của TS Nguyễn Hoàng Việt để đảm bảo điều kiện tránh va đập giữa phần được treo và không được treo, hệ số động lực học được chọn trong giới hạn $k_d = 1,75 \div 2,5$. Chọn $k_d = 2,0$.

Tải trọng lớn nhất có thể truyền qua hệ thống treo trước:

$$Z_{max} = k_d \cdot Z_u \quad (3.68)$$

Suy ra: $Z_{max} = 2 \cdot 637,196 = 1274,392 [N]$

Độ võng tĩnh của hệ thống treo trước f_{tt} :

Độ võng tĩnh hệ thống treo quyết định đến tần số dao động riêng của hệ thống treo. Do đó quyết định đến độ êm dịu của chuyển động. Theo nghiên cứu người ta thấy rằng tần số riêng của hệ thống treo xe du lịch là $n=60 \div 70$ (lần /phút) là phù hợp với con người. Như vậy đối với xe điện tự hành ta chọn $n = 20 \div 30$ (lần / phút), tương ứng với tần số này có độ võng tĩnh $f_u = 200 \div 250$ (mm). Ta chọn $f_u = 200$ (mm).

Độ võng động của hệ thống treo trước f_{dt} :

Độ võng động f_d quan hệ chặt chẽ với hệ số động k_d . Độ võng động f_d lớn thì độ êm dịu lớn và dễ phối hợp với hệ số k_d lớn, đảm bảo tiếp xúc lốp và mặt đường tốt. Để đảm bảo cho xe chuyển động êm dịu, hệ thống treo còn phải có dung năng động đủ lớn để tránh xảy ra va đập giữa phần được treo và không được treo khi ô tô chuyển động trên đường không bằng phẳng. Dung năng động của hệ thống treo là công cần thiết để làm biến dạng hệ thống treo từ vị trí ứng với tải trọng tĩnh cho đến giá trị lớn nhất. Để tăng dung năng động cần phải tăng độ võng động hoặc độ cứng của hệ thống treo. Tuy vậy, độ võng động tăng sẽ làm tăng dịch chuyển tương đối của khung xe so với bánh xe và do đó làm:

- Giảm tính ổn định của xe.

- Phức tạp điều kiện làm việc của dẫn động lái.

Theo *giáo trình kết cấu và tính toán hệ thống treo* thì f_d của hệ thống treo (kể cả vỏ cao su) phụ thuộc vào f_t . Chọn đối với xe điện tự hành là $f_{dt} = 0,25.f_t$

$$f_{dt} = 0,25.200 = 50[\text{mm}]$$

3.5.3.2. Tính toán lò xo trụ

Các công thức sử dụng khi tính toán đã được xây dựng trong sức bền vật liệu, bao gồm:

- Ứng suất:

$$\tau_t = \frac{8KZ_{lx}D}{\pi d^3} \quad (3.69)$$

Trong đó :

- Z_{lx} - Lực tác dụng lên lò xo; $Z_{lx} = 3500$ (N)
- D, d - Đường kính trung bình của lò xo và đường kính dây lò xo;
- Ta chọn : $D = 80$ (mm), $d = 10$ (mm).
- K - Hệ số tính đến sự tăng ứng suất ở bề mặt trong của lò xo. Hệ số này tăng khi giảm tỷ số D/d và có thể xác định theo công thức:

$$K = \frac{\frac{4D}{d} - 1}{\frac{4D}{d} - 4} + \frac{0,615}{\frac{D}{d}} = 1,184$$

Từ (3.69) suy ra:

$$\tau_t = \frac{8KZ_{lx}D}{\pi d^3} = 844,2(\text{Mpa})$$

- Độ võng (biến dạng) của lò xo:

$$f_{lx} = \frac{8Z_{lx}D^3n}{Gd^4} \quad (3.70)$$

Trong đó :

- n - Số vòng làm việc của lò xo;
- Ta chọn : $n = 10$.
- G - Mô đun đàn hồi xoắn, $G = 7,8.10^4$ MPa.
- Suy ra : $f_{lx} = 183,8$ (mm)

Độ cứng của lò xo:

$$C_{lx} = \frac{Z_{lx}}{f_{lx}} = \frac{Gd_4}{8D^3n} = 1904,29(N)$$

- Vật liệu và ứng suất cho phép:

Vật liệu chế tạo lò xo của hệ thống treo thường là: 55TC (55MnSi), có ứng suất $[\tau] = 800 \dots 1000$ MPa khi biến dạng cực đại. Với $\tau_t \leq [\tau]$ nên thỏa mãn.

3.5.4. Tính toán bộ phận giảm chấn treo trước độc lập

Lực cản của giảm chấn hệ thống treo được tính:

$$Z_g = K.V_g^m \quad (3.71)$$

Trong đó:

- K - Hệ số cản của hệ thống treo (giảm chấn)
- V_g - Tốc độ piston.
- m - Chỉ số phụ thuộc vào kết cấu van, kết cấu lỗ tiết lưu $m = 1$.

Hệ số cản K của hệ thống treo thật chất là hệ số cản của giảm chấn mà qui dẫn về bánh xe được xác định theo hệ số tắt dần nguy hiểm. Ký hiệu K_{ngh} :

$$Z_g = 2.\sqrt{C.M} \quad (3.72)$$

Trong đó:

- C - Độ cứng của hệ thống treo.
- M - Khối lượng của phần được treo tác dụng lên hệ thống treo đó.
- Nếu $K > K_{ngh}$ thì dao động bị dập tắt đột ngột gây ra tải trọng động và gia tốc lớn.
- Nếu $K \ll K_{ngh}$ quá thì dao động kéo dài không có lợi.

Qua nghiên cứu thấy hợp lý nhất là:

$$K = \Psi.K_{ngh} \quad (3.73)$$

Ta có: Ψ - Hệ số dập tắt dao động tương đối $\Psi = 0,3$

Suy ra:

$$K = 2.\Psi.\sqrt{C.M} \quad (3.74)$$

$$C = \frac{G_t}{f_t} = \frac{167,04 \cdot 9,81}{0,2} = 8193,312(N)$$

$$M = \frac{G_t}{g} = \frac{167,04 \cdot 9,81}{9,81} = 167,04(kg)$$

Trong đó:

- G_t - Trọng lượng của phần được treo tác dụng lên một bánh xe (N)
- f_t - Độ võng tĩnh của hệ thống treo (m)
- g - Gia tốc trọng trường $g = 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

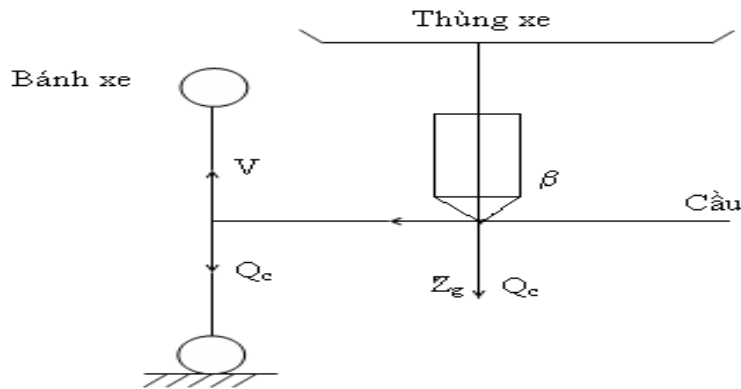
$$K = 2.0,3 \cdot \sqrt{8193,312 \cdot 167,04} = 701,93 \left[\frac{NS}{m} \right]$$

Trong giảm chấn thủy lực tác dụng hai chiều không đối xứng nên lực cản của hành trình trả lớn hơn lực cản của hành trình nén của giảm chấn. Hệ số cản của giảm chấn có thể viết dưới dạng tổng quát:

$$K_g = \xi \cdot K \quad (3.75)$$

ξ - Hệ số phụ thuộc vào loại sơ đồ định hướng và bố trí giảm chấn.

Sơ đồ như hình vẽ:



Hình 3.49: Sơ đồ lực tác dụng lên giảm chấn

Từ sơ đồ ta có :

$$Q_c = Z_g \cdot \sin \beta \quad (3.76)$$

Theo định luật bảo toàn công thì: $Q \cdot V = Z_g \cdot V_g$

$$V = \frac{V_g}{\sin \beta} \quad (3.77)$$

Từ (3.76) và (3.77) ta có:

$$Z_g = \frac{Q_c}{\sin \beta} = \frac{K.V_g^m}{(\sin \beta)^{m+1}} = K_g.V_g^m = \zeta.K.V_g^m \quad (3.78)$$

Với :

$$\zeta = \frac{1}{(\sin \beta)^{m+1}} = \frac{1}{(\sin \beta)^2}$$

Góc đặt giảm chấn $\beta = 90^0$

Suy ra:

$$\zeta = \frac{1}{(\sin 90^0)^2} = 1$$

Đối với giảm chấn tác dụng hai chiều không đối xứng có hành trình trả và hành trình nén khác nhau: $K_{gn} \neq K_{gt}$

Mà:

$$K_g = \zeta.K = K_{tb} \frac{K_{gn} + K_{gt}}{2}$$

Ta có:

$$K_{gt} = \alpha.K_{gn}$$

Với α - Hệ số thực nghiệm $\alpha = 3$

Suy ra:

$$K_{gn} + \alpha.K_{gn} = 2.K_{tb} = 2\zeta.K$$

Với:

$$K_{gn} \cdot (1 + \alpha) = 2\zeta.K$$

$$K_{gn} = \frac{2\zeta.K}{(1 + \alpha)} = \frac{2 \cdot 1.701,90}{1 + 3} = 350,965 \left[\frac{NS}{m} \right]$$

$$K_{gt} = 3.350,965 = 1052,895 \left[\frac{NS}{m} \right]$$

Lực cản giảm chấn:

- Hành trình nén:

$$Z_{gn} = K_{gn}.V_g$$

Với: $V_g = (0,2 \div 0,3) \left[\frac{m}{s} \right]$ để phù hợp ta chọn $V_g = 0,2 \left[\frac{m}{s} \right]$

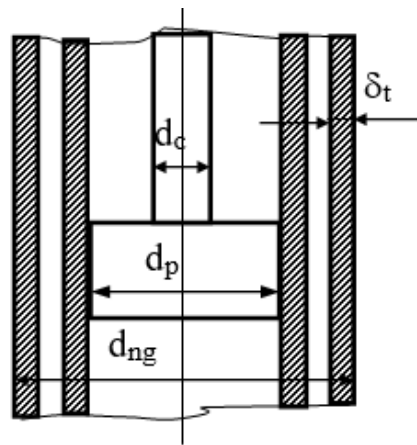
Suy ra: $Z_{gn} = 350,965.0,2 = 70,193 [N]$ [N]

- Hành trình trả:

$$Z_{gt} = K_{gt}.V_g$$

$$Z_{gt} = 1053,895.0,2 = 210,579 [N]$$

Các thông số, kích thước cơ bản cho trước của giảm chấn:



Hình 3.50: Sơ đồ tính giảm chấn

- Đường kính piston giảm chấn $d_p = 25(mm)$
- Đường kính cần piston giảm chấn $d_c = 0,4d_p = 10(mm)$
- Đường kính ngoài của giảm chấn $D = 40(mm)$
- Chiều dày của thành xi lanh $\delta_t = 2,5(mm)$
- Hành trình piston hp: $h_p = 7.d_p = 7.25 = 175(mm)$

Chiều dài piston giảm chấn và các van bố trí trên nó $C = d_p = 25(mm)$

- Diện tích piston F_p :

$$F_p = \frac{\pi.d_p^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,025^2}{4} = 4,9 \times 10^{-4}$$

3.5.5. Tính toán bộ phận đàn hồi hệ thống treo sau phụ thuộc

3.5.5.1. Các thông số cơ bản

Tải trọng tĩnh tác dụng lên hệ thống treo sau khi ô tô mang đầy tải (tính trên một

bánh xe):

$$Z_{ts} = \frac{G_{t2} \cdot g}{2}, [N] \quad (3.79)$$

Với $G_{t2} = G_2 - G_{cs}$

Trong đó:

- G_2 - khối lượng phân bố lên cầu sau khi ô tô mang đầy tải, $G_2 = 267,96$ [kg].
- G_{cs} - khối lượng phần không được treo cầu sau, $G_{cs} = 56$ [kg].
- $G_{t2} = 267,96 - 56 = 211,96$ [kg].

$$Z_{ts} = \frac{211,96 \cdot 9,81}{2} = 1039,67 (N)$$

- Hệ số động lực học $k_d = 2$.

Tải trọng lớn nhất có thể truyền qua hệ thống treo sau:

$$Z_{max} = k_d \cdot Z_{ts} \quad (3.80)$$

$$Z_{ds} = 2 \cdot 1039,67 = 2079,34 [N]$$

Độ võng tĩnh của hệ thống treo sau f_{ts}

- Ta chọn $f_{ts} = 200$ (mm).
- Độ võng động của hệ thống treo sau f_{ds} .

Theo *giáo trình kết cấu và tính toán hệ thống treo* thì f_d của hệ thống treo (kể cả vỏ cao su) phụ thuộc vào f_t .

$$f_{ds} = 0,25 \cdot 200 = 50 [mm]$$

3.5.5.2. Tính toán lò xo trụ

Các công thức sử dụng khi tính toán đã được xây dựng trong sức bền vật liệu, bao gồm:

- Ứng suất:

$$\tau_t = \frac{8KZ_{xl}D}{\pi l^3} \quad (3.81)$$

Trong đó :

- Z_{lx} - Lực tác dụng lên lò xo; $Z_{lx} = 5000(N)$
- D, d - Đường kính trung bình của lò xo và đường kính dây lò xo;
- Ta chọn : $D = 90 (mm), d = 12 (mm)$.

K - Hệ số tính đến sự tăng ứng suất ở bề mặt trong của lò xo. Hệ số này tăng khi giảm tỷ số D/d và có thể xác định theo công thức:

$$K = \frac{4D/d - 1}{4D/d - 4} + \frac{0,615}{D/d} = 1,1973 \quad (3.82)$$

Suy ra :

$$\tau_t = \frac{8KZ_{lx}D}{\pi d^3} = 794,04(Mpa)$$

- Độ võng (biến dạng) của lò xo:

$$f_{lx} = \frac{8Z_{lx}D^3n}{Gd^4} \quad (3.83)$$

Trong đó :

- n - Số vòng làm việc của lò xo;
- Ta chọn : $n = 6$.
- G - Mô đun đàn hồi xoắn, $G = 7,8.10^4 Mpa$.

Suy ra : $f_{lx} = 108,173 (mm)$

- Độ cứng của lò xo:

$$C_{lx} = \frac{Z_{lx}}{f_{lx}} = \frac{Gd^4}{8D^3n} = 4622,22(N) \quad (3.84)$$

- Vật liệu và ứng suất cho phép:

Vật liệu chế tạo lò xo của hệ thống treo ô tô thường là: 55FC (55MnSi), có ứng suất $[\tau]=800...1000 MPa$ khi biến dạng cực đại. Với $\tau_t \leq [\tau]$ nên thỏa mãn.

3.5.6. Tính toán bộ phận giảm chấn treo sau phụ thuộc

Lực cản của giảm chấn hệ thống treo được tính:

$$Z_g = K.V_g^m \quad (3.85)$$

Trong đó:

- K - Hệ số cản của hệ thống treo (giảm chấn)
- V_g -Tốc độ piston.

- m - Chỉ số phụ thuộc vào kết cấu van, kết cấu lỗ tiết lưu: $m = 1$.

Hệ số cản K của hệ thống treo thật chất là hệ số cản của giảm chấn mà qui dẫn về bánh xe được xác định theo hệ số tắt dần nguy hiểm. Ký hiệu K_{ngh} :

$$K_{ngh} = 2 \cdot \sqrt{C \cdot M} \quad (3.86)$$

Trong đó:

- C - Độ cứng của hệ thống treo.
- M - Khối lượng của phần được treo tác dụng lên hệ thống treo đó.
- Nếu $K > K_{ngh}$ Thì dao động bị dập tắt đột ngột gây ra tải trọng động và gia tốc lớn.
- Nếu $K \ll K_{ngh}$ quá thì dao động kéo dài không có lợi.

Qua nghiên cứu thấy hợp lý nhất là:

$$K = \Psi \cdot K_{ngh} \quad (3.87)$$

Trong đó: Ψ - Hệ số dập tắt dao động tương đối $\Psi = 0,3$.

Suy ra:

$$K = 2 \cdot \Psi \cdot \sqrt{C \cdot M}$$
$$C = \frac{G_t}{f_t} = \frac{267,96 \cdot 9,81}{0,2} = 13143,438(N)$$

$$M = \frac{G_t}{g} = \frac{267,96 \cdot 9,81}{9,81} = 267,96(kg)$$

Trong đó:

- G_t - Trọng lượng của phần được treo tác dụng lên một bánh xe.
- f_t - Độ vũng tĩnh của hệ thống treo.
- g - Gia tốc trọng trường $g = 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$.

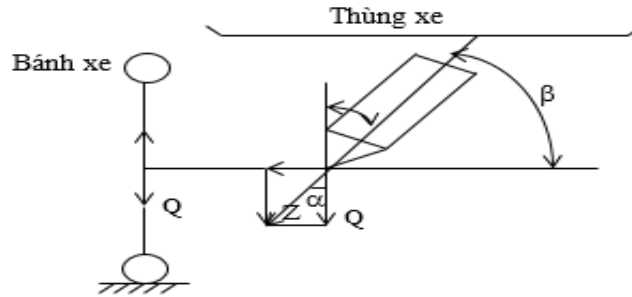
$$K = 2 \cdot 0,3 \cdot \sqrt{13143,438 \cdot 267,96} = 1126 \left[\frac{NS}{m} \right]$$

Trong giảm chấn thủy lực tác dụng hai chiều không đối xứng nên lực cản của hành trình trả lớn hơn lực cản của hành trình nén của giảm chấn. Hệ số cản của giảm chấn có thể viết dưới dạng tổng quát:

$$K_g = \zeta \cdot K \quad (3.88)$$

Trong đó:

- Hệ số phụ thuộc vào loại sơ đồ định hướng và bố trí giảm chấn.
- Sơ đồ như hình vẽ:



Hình 3.51: Sơ đồ lực tác dụng lên giảm chấn

- Từ sơ đồ ta có :

$$Q_c = Z_g \cdot \sin \beta \quad (3.89)$$

- Suy ra :

$$V = \frac{V_g}{\sin \beta} \quad (3.90)$$

Từ (3.89) và (3.90) ta có:

$$Z_g = \frac{Q_c}{\sin \beta} = \frac{K \cdot V_g^m}{(\sin \beta)^{m+1}} = K_g \cdot V_g^m = \zeta \cdot K \cdot V_g^m \quad (3.91)$$

$$\zeta = \frac{1}{(\sin \beta)^{m+1}} = \frac{1}{(\sin \beta)^2} \quad (3.92)$$

- Góc đặt giảm chấn $\beta = 70^\circ$

Suy ra:

$$\zeta = \frac{1}{(\sin 70^\circ)^2} = 1,13$$

Đối với giảm chấn tác dụng hai chiều không đối xứng có hành trình trả và hành trình nén khác nhau: $K_{gn} \neq K_{gt}$

$$K_g = \zeta \cdot K = K_{tb} = \frac{K_{gn} + K_{gt}}{2} \quad (3.93)$$

Ta có:

$$K_{gt} = \alpha.K_{gn} \quad (3.94)$$

- Với α - Hệ số thực nghiệm $\alpha = 3$

Suy ra:

$$K_{gn} + \alpha.K_{gn} = 2.K_{tb} = 2\zeta K \quad (3.95)$$

$$K_{gn} \cdot (1 + \alpha) = 2\zeta K$$

$$K_{gn} = \frac{2\zeta \cdot K}{(1 + \alpha)} = \frac{2 \cdot 1,13 \cdot 1126}{1 + 3} = 636,19 \left[\frac{NS}{m} \right]$$

$$K_{gt} = 3 \cdot 636,19 = 1908,57 \left[\frac{NS}{m} \right]$$

- Lực cản giảm chấn:

Hành trình nén:

$$Z_{gn} = K_{gn} \cdot V_g$$

$$V_g = (0,2 \div 0,3) \left[\frac{m}{s} \right]$$

Ta chọn: $V_g = 0,2 \left[\frac{m}{s} \right]$

Suy ra:

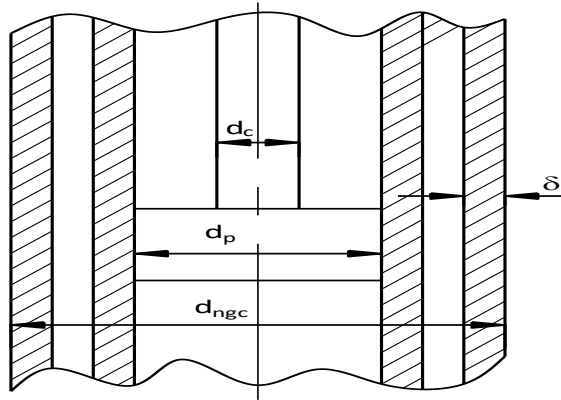
$$Z_{gn} = 636,19 \cdot 0,2 = 127,238 [N]$$

Hành trình trả:

$$Z_{gt} = K_{gt} \cdot V_g$$

$$Z_{gt} = 1908,57 \cdot 0,2 = 381,714 [N]$$

Các thông số, kích thước cơ bản cho trước của giảm chấn:



Hình 3.52: Sơ đồ tính giảm chấn

- Đường kính piston giảm chấn $d_p = 30$ (mm)
- Đường kính cần piston giảm chấn $d_c = 0,4.d_p = 12$ (mm)
- Đường kính ngoài của giảm chấn $D = 46$ (mm)
- Chiều dày của thành xi lanh $\delta_t = 2,5$ (mm)
- Hành trình piston hp: $h_p = 7.d_p = 210$ (mm)
- Chiều dài piston giảm chấn và các van bố trí trên nó $C = d_p = 30$ (mm)

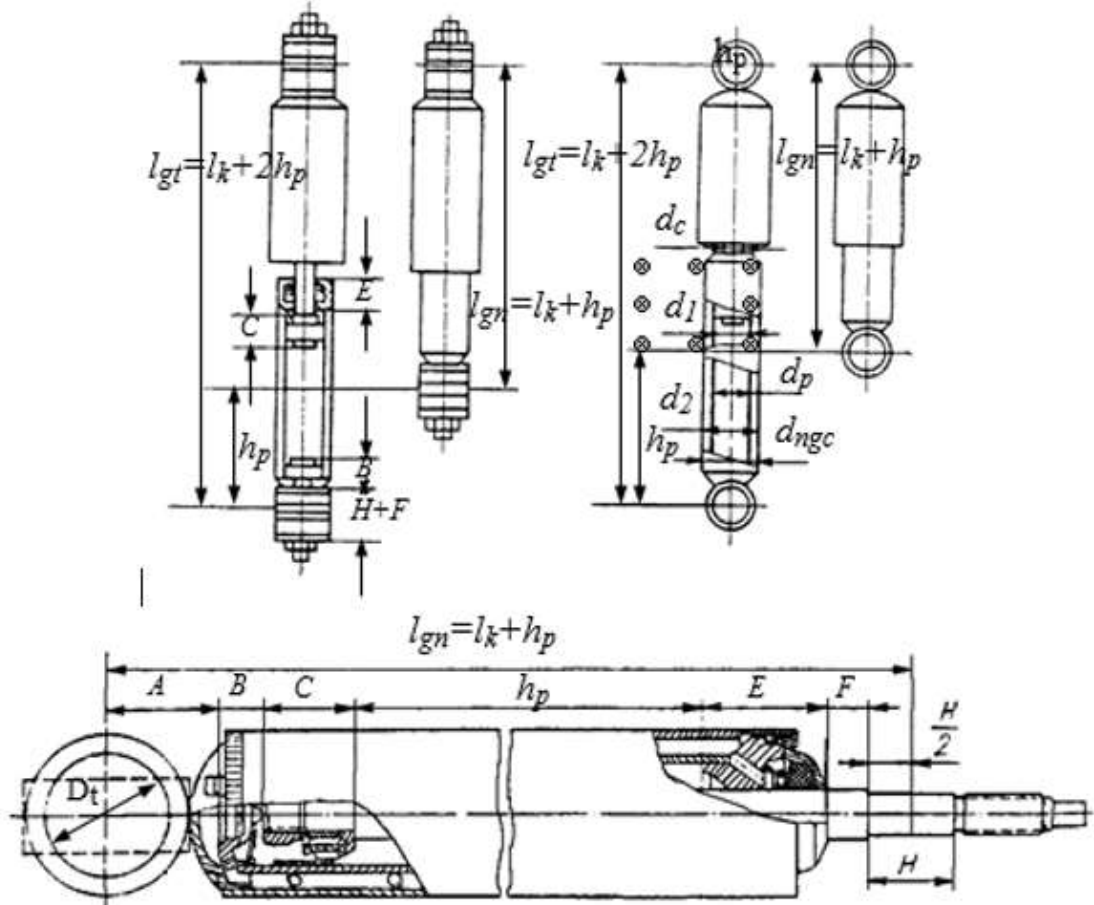
Chiều dài kết cấu của giảm chấn l_k là tổng chiều dài các bộ phận cấu thành nó, bao gồm:

- A: Chiều dài một nửa tai và chiều dày đáy giảm chấn. Kích thước tai giảm chấn được chọn sao cho ứng suất trên bề mặt các ống lót cao su lắp trong tai không vượt quá giới hạn cho phép. Kích thước tai cũng không được quá lớn vì sẽ làm tăng kích thước và trọng lượng giảm chấn. Thường thường đường kính tai $D_t = 1,35d_p$ - đối với các giảm chấn nhỏ, $D_t = 1,31d_p$ - đối với các giảm chấn đường kính trung bình và $D_t = 1,17d_p$ - đối với các giảm chấn lớn.

Ta chọn $D_t = 1,31d_p = 1,31.30 = 39,3$ (mm)

- B = (0,4÷0,9) d_p : Chiều dài cụm van nén ở dưới đáy giảm chấn, B = 0,5.30 = 15 (mm).
- C = (0,75÷1,1) d_p : Chiều dài piston giảm chấn và các van bố trí trên nó. Vậy chiều dài piston giảm chấn và các van bố trí trên nó $C = d_p = 30$ (mm)
- E = (0,75÷1,5) d_p : Chiều dài bộ phận dẫn hướng cần, các chi tiết làm kín và các chi tiết khác ở đầu trên của giảm chấn. Ta chọn E = $d_p = 30$ (mm)

- F: Chiều dài phần nhô ra của cần giảm chấn;
- H/2: Khoảng cách từ phần nhô ra trên cần đến đường tương ứng với vị trí thùng xe mà giảm chấn lắp nối với nó. $H + F = (1,1 \div 1,5) d_p = 1,2 \cdot 30 = 36 \text{ (mm)}$
- Chiều dài kết cấu của giảm chấn thường không vượt quá $5 d_p$ và không nhỏ hơn $2,5 d_p$, tức là: $l_k = \sum l_i = (2,5 \div 5) d_p$. Ta chọn $l_k = 5 d_p = 5 \cdot 30 = 150 \text{ (mm)}$
- Đường kính tại $D_t = 1,31 d_p = 39,3 \text{ (mm)}$



Hình 3.53: Các kích thước cơ bản của giảm chấn

- Diện tích piston F_p :

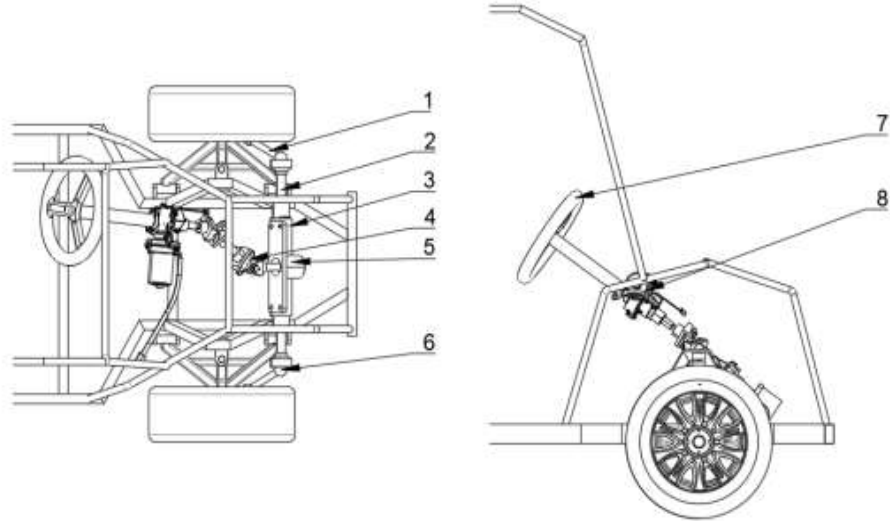
$$F_p = \frac{\pi d_p^2}{4} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]} = 7 \text{ [cm}^2\text{]}$$

3.6. Tính toán, thiết kế hệ thống lái cho ô tô điện tự hành

3.6.1. Bố trí hệ thống trên xe

Hệ thống lái thuần tự hành bao gồm hai thành phần chính: dẫn động lái và cơ cấu lái. Cơ cấu lái là bộ chuyển đổi mô men giữa góc quay vòng các bánh xe dẫn hướng và

góc quay vành lái lớn. Dẫn động lái truyền chuyển động từ cơ cấu lái đến các bánh xe dẫn hướng đồng thời đảm bảo cho các bánh xe dẫn hướng quay quanh trụ đứng với vận tốc và góc quay khác nhau nhằm tránh hiện tượng trượt khi quay vòng.



Hình 3.54: Bố trí hệ thống lái trên xe

1. Đòn kéo ngang, 2. Thanh răng, 3. Ống bao thanh răng, 4. Các đũa,
5. Vỏ bao bánh răng, 6. Khớp cầu, 7. Vô lăng, 8. Động cơ trợ lực lái.

3.6.2. Tính toán hệ thống lái

3.6.2.1. Mô-men cản quay vòng của ô tô

$$M_{cq} = M_1 + M_2 + M_3 \quad (3.9)$$

Trong đó:

Mô men sinh ra do lực cản lăn M_1 :

$$M_1 = f \cdot G_{bx} \cdot a \quad (3.97)$$

G_{bx} - Trọng lượng tác dụng lên một bánh xe dẫn hướng. Đối với hệ thống lái sử dụng cầu trước với hai bánh dẫn hướng thì G_{bx} lúc này sẽ bằng một nửa tải trọng tác dụng lên cầu trước, hay:

$$G_{bx} = 0,5 \cdot G_{ctr} \quad (3.98)$$

- G_{ctr} - Trọng lượng tác dụng lên cầu trước của xe khi toàn tải:

$$G_{bx} = 0,5 \cdot 2096,04 = 1048,02 [N]$$

- F - Hệ số cản lăn. Thường có giá trị trong khoảng từ $0,015 \div 0,018$, ta thực hiện chọn $f = 0,015$ cho việc tính toán.
- a - Cánh tay đòn. Theo quan hệ hình học như hình 4.1 dưới đây thì giá trị này có thể xác định gần đúng bằng hiệu của khoảng cách l với độ dài cung quét bởi r_{bx} trong một góc $\alpha + \beta$, nghĩa là:

$$a \approx \left[1 - r_{bx} \cdot \frac{\pi(\alpha + \beta)}{180} \right] \quad (3.99)$$

r_{bx} - Bán kính làm việc của bánh xe, do xét đến sự biến dạng của lốp nên $r_{bx} = 0,96r_0$ với r_0 là bán kính tự do của bánh xe dẫn hướng và ta có thể tính được thông qua thông số kỹ thuật của lốp. Lốp mà xe sử dụng có ký hiệu 165/60R14 nghĩa là lốp có bề rộng $B = 165\text{mm}$, đường kính vành bánh xe $d = 14$ inch. Vậy từ đó ta sẽ tìm được bán kính tự do của bánh xe dẫn hướng được xác định bởi công thức:

$$R_0 = \left(H + \frac{d}{2} \right) = \left(Bx\% + \frac{d}{2} \right)$$

$$= 165.0,60 + 14.25,4 / 2 = 276,8 [\text{mm}]$$

$$x = R_0 \frac{\sqrt{1 - \lambda^2}}{2} = R_0 \frac{\sqrt{1 - 0,96^2}}{2} = 0,14.R_0$$

$$R_{bx} = 0,96.R_0 = 0,2657 [\text{m}]$$

$$X = R_0 \cdot (1 - 0,96^2)^{\frac{1}{2}}$$

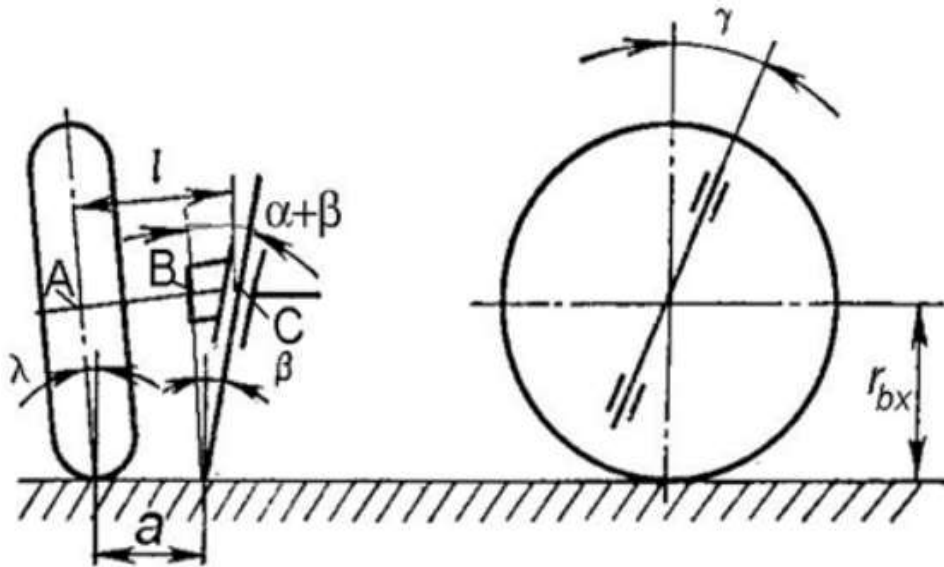
- α - góc doãng của bánh xe; $\alpha = 2^\circ$.
- β - góc nghiêng của trục chuyển hướng; $\beta = 8^\circ$.
- L - Khoảng cách được xác định: $L = \frac{B_1 - m}{2}$

Với vết bánh xe $B = 1,1$ m và khoảng cách giữa hai tâm trụ quay đứng $m = 0,8$ m ta có thể tính được khoảng cách l bằng:

$$l = \frac{1,1 - 0,8}{2} = 0,15 [\text{m}]$$

Thay vào công thức (3.99) ta tìm được:

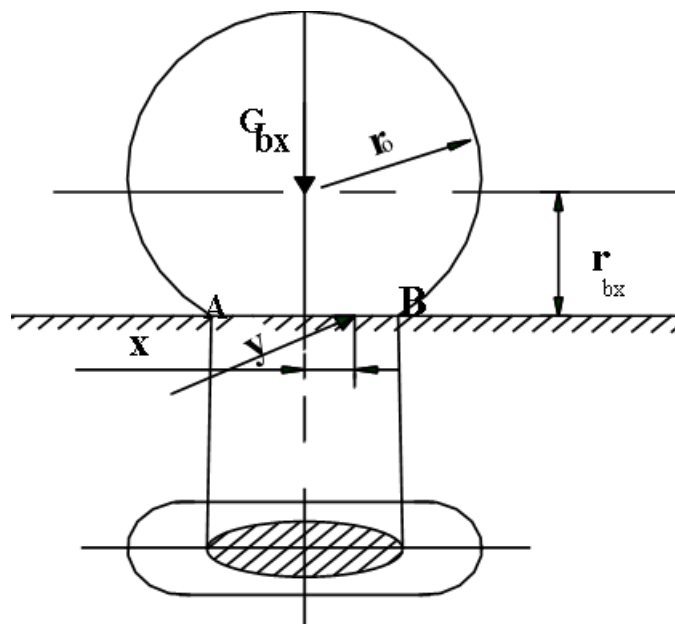
$$a \approx \left[l - r_{bx} \frac{\pi \cdot (\alpha + \beta)}{180} \right] = \left[0,15 - 0,2657 \frac{\pi \cdot (2 + 8)}{180} \right] = 0,103 [m]$$



Hình 3.55: Sơ đồ tính toán mô men cản quay vòng do lực cản lăn tác dụng ở bánh xe dẫn hướng

Suy ra: $M_1 = f \cdot G_{bx} \cdot a = 0,015 \cdot 2096,04 \cdot 0,103 = 3,2 [N.m]$

Mô men cản của các phản lực ngang ở vết tiếp xúc bánh xe với mặt đường M_2



Hình 3.56: Sơ đồ xác định mô men cản quay gây ra do lực ngang

Xét phương trình cân bằng mô men tại tâm của trục bánh xe dẫn hướng ta sẽ tìm được giá trị của mô men cản quay M_2 gây ra do lực ngang được xác định bởi công thức:

$$M_2 = \varphi_n \cdot G_{bx} \cdot x = Y \cdot x \quad (3.100)$$

Trong đó:

- φ_n - Hệ số bám ngang của bánh xe dẫn hướng với mặt đường, hệ số này có giá trị thường trong khoảng từ $0,9 \div 1$. Ta chọn $\varphi_n = 0,95$
- G_{bx} - Trọng lượng tác dụng lên một bánh xe dẫn hướng
 - $G_{bx} = 1048,02$
- Y- Lực ngang tổng hợp
- X - Độ dịch về phía sau của điểm đặt lực ngang tổng hợp so với tâm diện tích tiếp xúc giữa lốp với mặt đường do sự đàn hồi bên của lốp gây ra, $x=0,3$ m

Suy ra: $M_2 = \varphi_n \cdot G_{bx} \cdot x = 0,95 \cdot 1048,02 \cdot 0,3 = 298,68 [N.m]$

Thành phần mô men cản quay M_3

Khi tính toán có thể bỏ qua (do giá trị của nó khá nhỏ so với các mô men thành phần khác) hoặc tính đến bằng một hệ số nào đó.

Như vậy, trên cầu trước có hai bánh xe dẫn hướng và thực hiện quy dẫn mô men cản quay của chúng về trục ra của cơ cấu lái(thanh răng) thì ta được mô men cản quay tổng:

$$M_\Sigma = 2 \frac{(M_1 + M_2) K_{M_3}}{i_{dd} \eta_{dd}} \quad (3.101)$$

Trong đó:

- M_1, M_2 - Lần lượt là các mô men cản lăn và mô men cản của các phản lực ngang
- η_{dd} - Hiệu suất của dẫn động lái, bởi vì dẫn động lái bao gồm các khớp liên kết và các đòn dẫn động bằng cơ khí nên vẫn còn tồn tại các khe hở và ma sát vì thế hiệu suất cao nhất cũng chỉ đạt khoảng $\eta_{dd} = 0,98$.

- i_{dd} - Tỷ số truyền của dẫn động lái. Hệ thống lái sử dụng ở đây là loại bánh răng - thanh răng, nên truyền động từ cơ cấu lái đến bánh xe dẫn hướng chỉ qua một đòn kéo vì thế mà tỷ số truyền của dẫn động lái $i_{dd} = 1$.
- K_{M_3} - Hệ số tính đến ảnh hưởng của mô men ổn định các bánh xe dẫn hướng M_3 , khi tính toán có thể lấy $K_{M_3} = 1,07 - 1,15$, Lấy $K_{M_3} = 1,1$

$$\text{Suy ra: } M_{\Sigma} = 2 \frac{(M_1 + M_2) K_{M_3}}{i_{dd} \eta_{dd}} = 2 \frac{(3,2 + 298,68) \cdot 1,1}{1,0,98} = 677,68 [N.m]$$

3.6.2.2. Xác định lực cần thiết tác dụng lên vô lăng.

Khi đã có mô men cản quay vòng tổng cộng trên trục ra của cơ cấu lái (thanh răng) thì ta dễ dàng xác định được lực cần thiết tác dụng lên vô lăng theo công thức:

$$P_{lmax} = \frac{M_{\Sigma}}{R \cdot i_{\omega} \cdot \eta_{th}} \quad (3.102)$$

Trong đó:

- R- Bán kính vô lăng, theo thông số kỹ thuật thì $R = 180$ [mm] hay $0,18$ [m].
- i_{ω} - Tỷ số truyền động học của cơ cấu lái, $i_{\omega} = 18,5$.
- η_{th} - Hiệu suất thuận cơ cấu lái, cơ cấu lái sử dụng là loại bánh răng thanh răng nhờ có thêm bộ phận tăng cường khả năng ăn khớp bằng lò xo ép nên cơ cấu làm việc ít bị trượt vì thế mà hiệu suất rất cao và đạt khoảng $\eta_{th} = 0,99$.

$$\text{Suy ra: } P_{lmax} = \frac{M_{\Sigma}}{R \cdot i_{\omega} \cdot \eta_{th}} = \frac{677,68}{0,18 \cdot 18,5 \cdot 0,99} = 205,5 [N]$$

Giá trị lực cho phép theo quy chuẩn áp dụng cho loại xe du lịch $[P_{lmax}] = 150 \div 250 [N]$, vì vậy trong trường hợp bộ cường hóa lái bị hỏng thì người lái vẫn đảm bảo điều khiển được xe. Nhằm mục đích để giảm sức lao động nặng nhọc cho người lái xe, đồng thời tăng sức cơ động của ô tô đảm bảo an toàn khi chuyển động cần thiết phải cải tiến hệ thống lái cơ khí thành hệ thống lái có cường hoá.

3.6.2.3. Tính chọn động cơ lái

Tính mômen quy dẫn về trục lái

Ta có công thức:

$$M_{dl} = \frac{M_c}{i_c \cdot i_d \cdot \eta_t} \quad (3.103)$$

Trong đó:

- M_{dl} – mômen quy dẫn về trục lái
- i_c – tỷ số truyền cơ cấu lái, $i_c = 23,4$
- i_d – tỷ số truyền của dẫn động lái, chọn $i_d = 0,95$
- η_t - hiệu suất thuận của cơ cấu lái, chọn $\eta_t = 0,72$

Thay các giá trị trên vào công thức ta có:

$$M_{dl} = \frac{M_c}{i_c \cdot i_d \cdot \eta_t} = \frac{677,68}{23,4 \cdot 0,95 \cdot 0,72} = 42,3 [N.m]$$

Công suất động cơ lái:

$$N_{dcl} = M_{dl} \cdot \omega_{dl} \quad (3.104)$$

- Số vòng quay trung bình trục lái $n = 100$ v/ph.
- Suy ra vận tốc góc

$$\omega = \frac{n\pi}{30} = 10,47 (rad / s)$$

Suy ra : $N_{dcl} = 42,3 \cdot 10,47 = 442,8W$

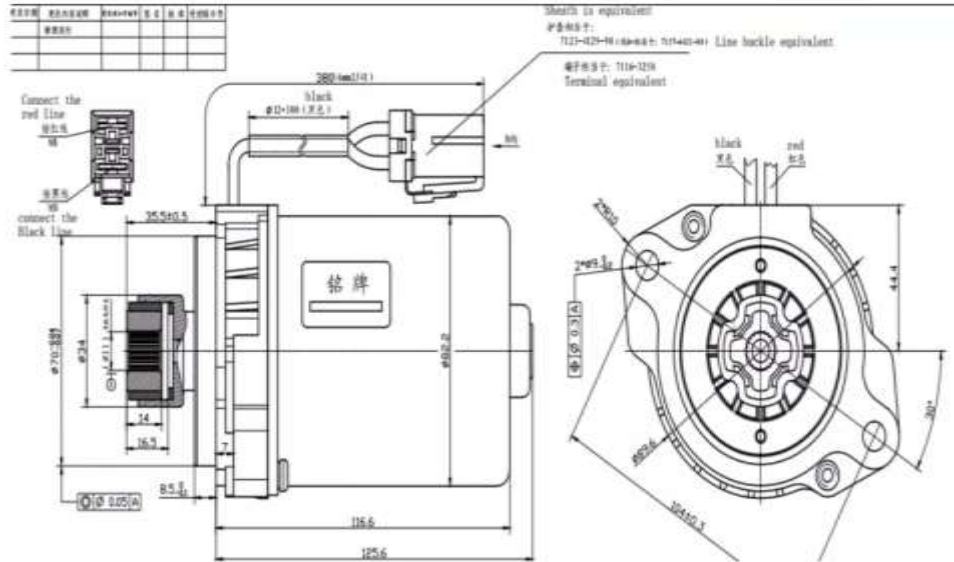
Sau khi tính toán nhóm chọn động cơ cho hệ thống lái là động cơ Động cơ DC nam châm vĩnh cửu EPS 450W

Bảng 3.13: Thông số động cơ EPS 450W

Thông số	Giá trị
Hiệu điện thế định mức	12V
Tốc độ định mức	1500 rpm
Công suất	450 W

Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

Cường độ dòng điện	70 A
Momen xoắn định mức	3,3 N.m

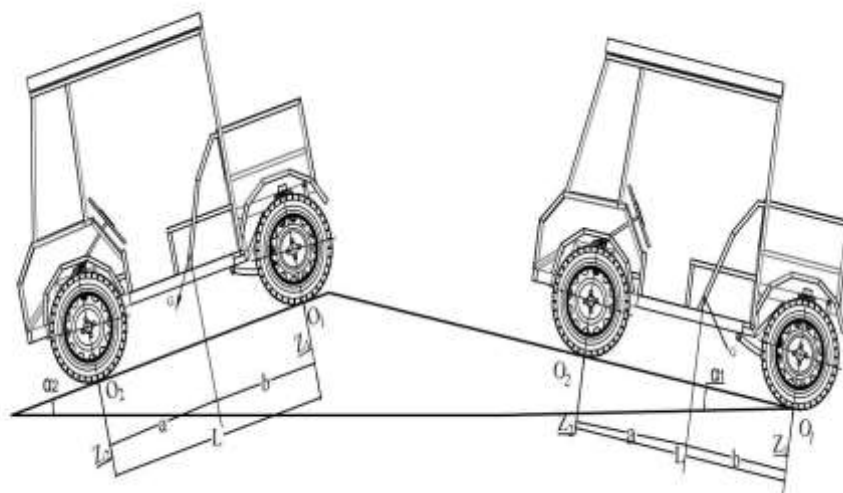


Hình 3.57: Động cơ EPS 450W

3.7. Tính toán ổn định cho xe điện tự hành

3.7.1. Tính ổn định dọc của ô tô.

Tính ổn định dọc tĩnh của ô tô là khả năng đảm bảo cho xe không bị lật hoặc bị trượt khi đứng yên trên đường dốc dọc.



Hình 3.58: Sơ đồ tính ổn định dọc của ô tô

Theo [16] trường hợp xe đứng trên dốc quay đầu lên, khi góc dốc α tăng dần cho tới lúc bánh xe trước nhấc khỏi mặt đường, lúc đó hợp lực $Z_1 = 0$ và xe sẽ bị lật quanh

điểm O_2 . Để xác định góc dốc giới hạn mà xe bị lật đổ khi đứng quay đầu lên dốc, ta lập phương trình momen của tất cả các lực đối với điểm O_2 rồi rút gọn với $Z_1 = 0$ sẽ được:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{b}{h_g} \quad (3.105)$$

Suy ra:

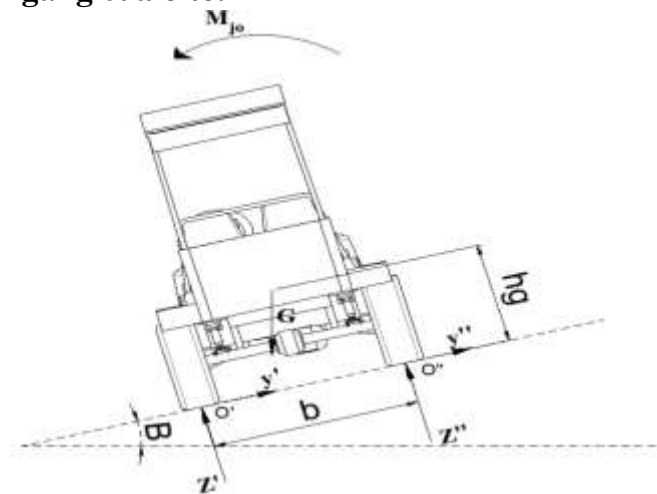
$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{b}{h_g} = \operatorname{arctg} \frac{752}{620} = 50,5^\circ$$

Trường hợp khi xe đứng trên dốc quay đầu xuống ta cũng làm tương tự bằng cách lấy momen đối với điểm O_1 , thay $Z_2 = 0$ rồi rút gọn ta được:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{a}{h_g} \quad (3.106)$$

Suy ra:
$$\alpha_2 = \operatorname{arctg} \frac{a}{h_g} = \operatorname{arctg} \frac{779}{620} = 51,5^\circ$$

3.7.2. Tính ổn định ngang của ô tô.



Hình 3.59: Sơ đồ lực tác dụng lên ô tô khi chuyển động trên đường nghiêng ngang

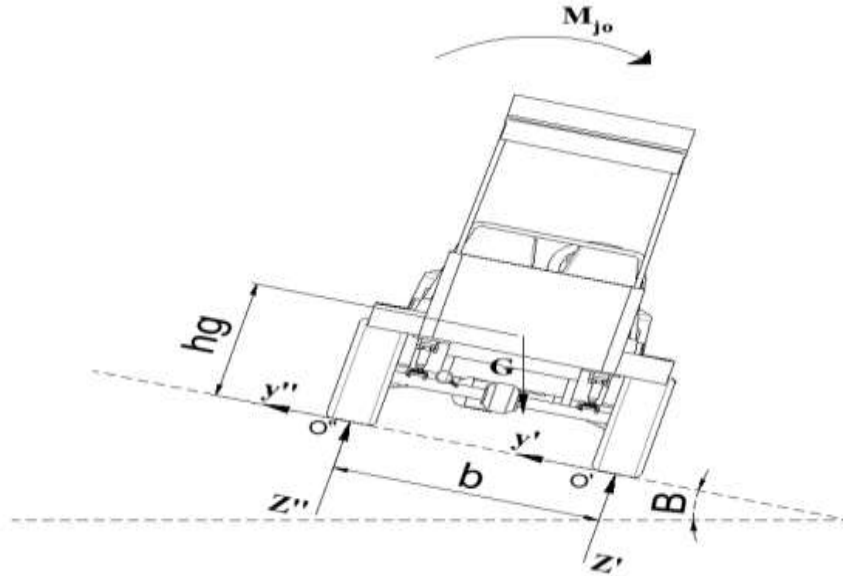
M_{jn} : momen của các lực quán tính tiếp tuyến tác dụng trong mặt phẳng ngang khi xe chuyển động không ổn định

Khi góc β tăng dần tới giới hạn, xe bị lật quanh điểm A. Lúc này $Z'' = 0$, ta lập phương trình momen của tất cả các lực đối với điểm B, vì trị số của M_{jn} nhỏ có thể bỏ qua ta được:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{B}{2h_g} \quad (3.107)$$

Suy ra: $\beta_1 = \operatorname{arctg} \frac{B}{2h_g} = \operatorname{arctg} \frac{860}{2.620} = 34,74^\circ$

Tính ổn định động ngang khi ô tô chuyển động quay vòng trên đường nghiêng ngang:



Hình 3.60: Sơ đồ lực tác dụng lên ô tô khi chuyển động quay vòng trên đường nghiêng ngang

$$P_1 = \frac{G.v^2}{g.R} \quad (3.108)$$

P_1 : lực ly tâm,

Khi góc β tăng dần, động thời dưới tác dụng của lực P_1 xe sẽ bị lật đổ quanh mặt phẳng đi qua O_1 ứng với vận tốc giới hạn và hợp lực $Z'' = 0$. Lập phương trình cân bằng momen đối với điểm O_1 và rút gọn ta được:

$$v_n = \sqrt{\frac{gR \left(\frac{b}{2h_g} - \operatorname{tg} \beta \right)}{1 + B / 2h_g \operatorname{tg} \beta}} \quad (3.109)$$

Với :

- β : góc dốc giới hạn khi xe quay vòng bị lật đổ;
- R : bán kính quay vòng của ô tô;

- v_n : vận tốc chuyển động quay vòng giới hạn;

$$v_n = \sqrt{\frac{9,81.3,15 \cdot \left(\frac{0,86}{2,0,62} - \text{tg}(34,74) \right)}{1 + \frac{0,86}{2,0,62 \cdot \text{tg}(34,74)}}$$

$$v_n = 0,035(\text{km} / \text{h}).$$

Trường hợp ô tô chuyển động trên đường ngang phẳng ($\beta = 0$), vận tốc giới hạn khi quay vòng với bán kính quay vòng nhỏ nhất được tính theo công thức:

$$v_{gh} = \sqrt{\frac{BR_{min}}{2h_g}} = \sqrt{\frac{860.3,15}{2.620}} = 1,47(\text{m} / \text{s}) = 5,29(\text{km} / \text{h})$$

CHƯƠNG 4: CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ XỬ LÝ ẢNH

4.1. Kiến thức nền tảng về hình ảnh số

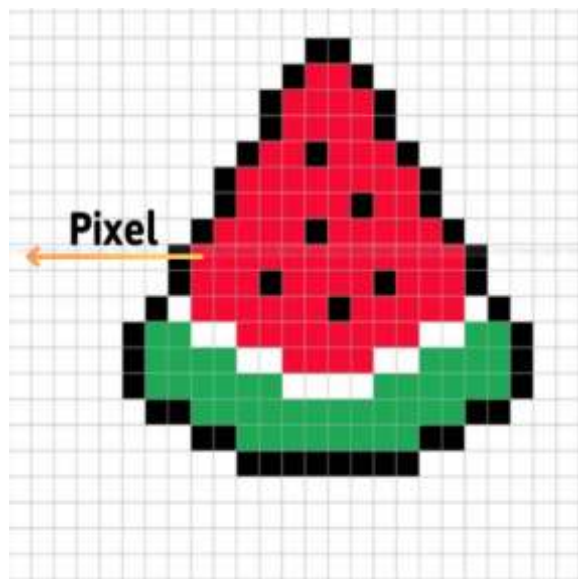
4.1.1. Pixel – Đơn vị cơ bản của ảnh

a. Khái niệm

Pixel (picture element) là phần tử nhỏ nhất cấu thành nên một bức ảnh kỹ thuật số [7]. Về bản chất, khi ta số hóa một ảnh từ thế giới thực (ảnh “liên tục”), máy tính sẽ chia toàn bộ vùng ảnh thành một lưới đều đặn, mỗi ô vuông trên lưới được gọi là một pixel.

Mỗi pixel lưu trữ một giá trị số: với ảnh xám là cường độ ánh sáng (0 tối nhất – 255 sáng nhất với 8-bit), với ảnh màu là bộ ba giá trị (R, G, B).

Khi ta phóng to ảnh, nếu kích thước pixel quá lớn so với mắt thường, sẽ nhìn thấy rõ ranh giới giữa các ô vuông, gọi là hiện tượng “vỡ ảnh”.



Hình 4.1: Điểm ảnh (Pixel)

b. Quy trình số hoá

- **Lấy mẫu (Sampling):** Xác định số hàng và số cột của lưới pixel. Tần suất lấy mẫu càng cao (nhiều pixel) thì ảnh càng gần với ảnh gốc.
- **Lượng hóa (Quantization):** Gán mỗi pixel một giá trị rời rạc dựa trên thang bit đã chọn (8-bit, 16-bit, v.v.). Độ sâu bit (bit depth) quyết định tổng số mức giá trị (ví dụ 8-bit \Rightarrow 256 mức).

c. Tác động đến chất lượng ảnh

- Với cùng kích thước vật lý, pixel càng nhỏ (nhiều pixel) \Rightarrow độ chân thực và chi tiết càng cao.
- Nếu số pixel quá ít hoặc độ sâu bit quá thấp, ảnh sẽ bị rỗ, mất chi tiết, gặp hiện tượng “vỡ ảnh” khi phóng to.

4.1.2. Độ phân giải

a. Định nghĩa

Độ phân giải của ảnh là chỉ số thể hiện số lượng điểm ảnh (pixel) theo chiều rộng và chiều cao của ảnh. Nó phản ánh mức độ chi tiết và độ sắc nét mà ảnh có thể hiển thị.

- Độ phân giải không gian (Spatial Resolution): Số pixel theo chiều ngang \times chiều dọc, ví dụ 1920 \times 1080.
- Độ phân giải in/trên màn hình (DPI/PPI): Số pixel (hoặc chấm mực) trên mỗi inch; thường dùng 300 DPI cho in ấn, 72 PPI cho màn hình.

Ví dụ: Độ phân giải của ảnh trên màn hình CGA (Color Graphic Adaptor) là một lưới điểm theo chiều ngang màn hình: 320 điểm chiều dọc \times 200 điểm ảnh (320 \times 200). Rõ ràng, cùng màn hình CGA 12” ta nhận thấy mịn hơn màn hình CGA 17” độ phân giải 320 \times 200. Lý do: cùng một mật độ (độ phân giải) nhưng diện tích màn hình rộng hơn thì độ mịn (liên tục của các điểm) kém hơn. Các độ phân giải thường dùng được thể hiện qua hình 4.2.



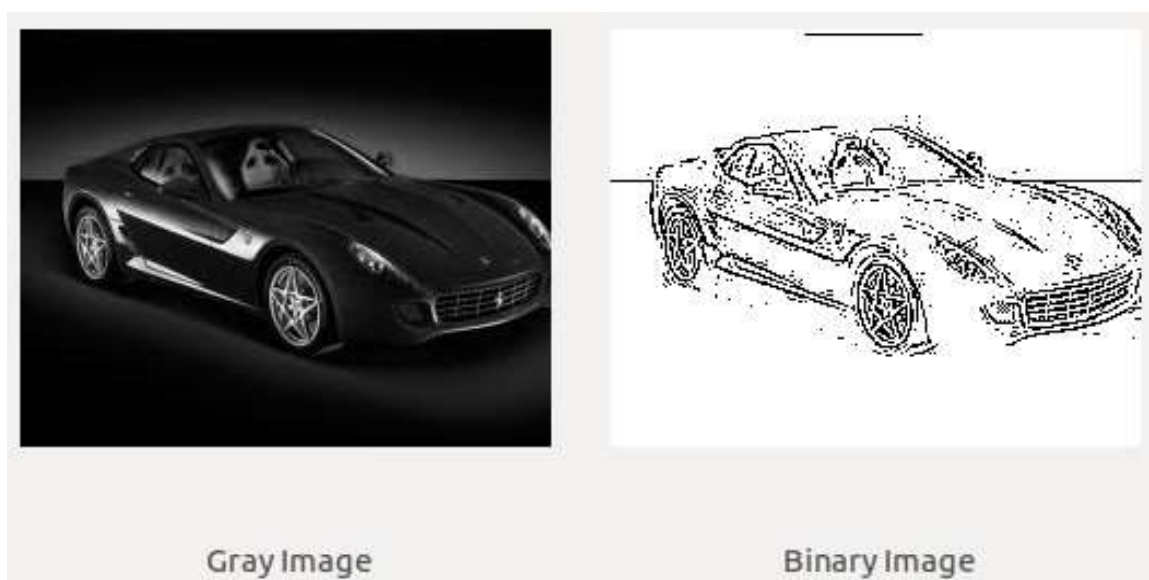
Hình 4.2: Các độ phân giải của ảnh

b. Ảnh hưởng đến ứng dụng

- In ấn: Độ phân giải thấp gây in mờ, rỗ; đặt ngưỡng tối thiểu ~300 DPI để bảo đảm chất lượng.
- Xử lý ảnh: Ảnh độ phân giải cao chứa nhiều chi tiết, nhưng tăng gánh nặng xử lý (RAM, thời gian tính toán). Trái lại, ảnh độ phân giải thấp xử lý nhanh nhưng giảm chính xác khi phát hiện biên, nhận dạng đối tượng.

4.1.3. Mức xám và phân loại ảnh

Mức xám của điểm ảnh là cường độ sáng của nó được gán bằng giá trị số tại điểm đó.



Hình 4.3: Ảnh xám (bên trái) và ảnh nhị phân (bên phải)

Ảnh xám (Grayscale)

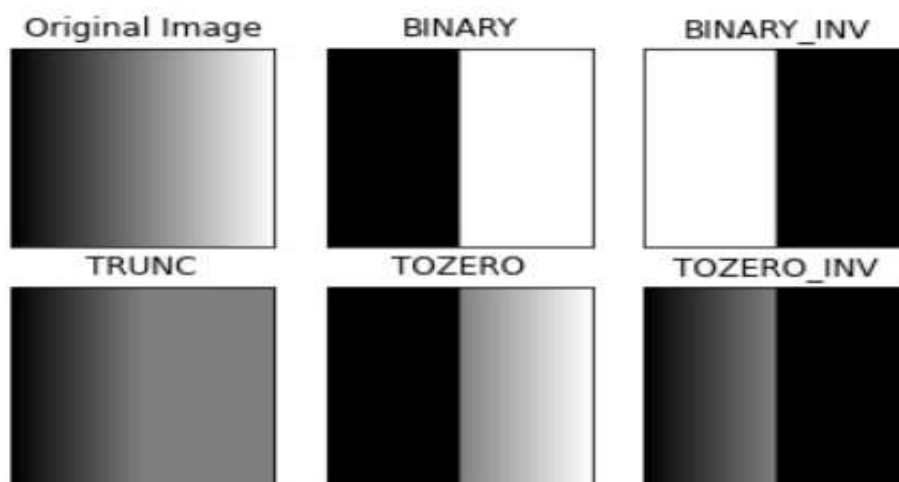
Chỉ chứa một kênh dữ liệu: giá trị từ 0 (đen) đến 255 (trắng).

Ảnh xám có ưu điểm là đơn giản, tiết kiệm bộ nhớ và thường dùng làm bước tiền xử lý cho nhiều thuật toán (Canny edge, thresholding,..).

Ảnh nhị phân (Binary)

Mỗi pixel chỉ có hai mức {0,1}. Được tạo từ ảnh xám qua ngưỡng (threshold). Ví dụ như thuật toán Otsu's method tự sinh ngưỡng tối ưu để tách đối tượng – nền.

Ảnh nhị phân được ứng dụng rộng rãi trong phân đoạn ảnh, đếm số tương, trích biên.



Hình 4.4: Các kỹ thuật xử lý ảnh nhị phân

Ảnh màu (Color)

Trong khuôn khổ lý thuyết ba màu RGB (Red, Green, Blue) để tạo nên thế giới màu, người ta thường dùng 3 byte để mô tả mức màu, khi đó các giá trị màu: $28 \times 3 = 224 \approx 16,7$ triệu màu. Được lưu trữ dưới dạng ba ma trận độc lập cùng kích thước, mỗi ma trận chứa giá trị cường độ của một kênh.

Ảnh màu được ứng dụng cao trong việc phân tích màu, nhận diện biển báo, theo dõi vật thể theo màu sắc.

4.1.4. Không gian màu RGB (Red-Green-Blue)

Màu được thể hiện bằng cường độ pha trộn của ba kênh đỏ, lục, lam. Giúp tương thích trực tiếp với cách hiển thị màn hình, thao tác pha trộn đơn giản.

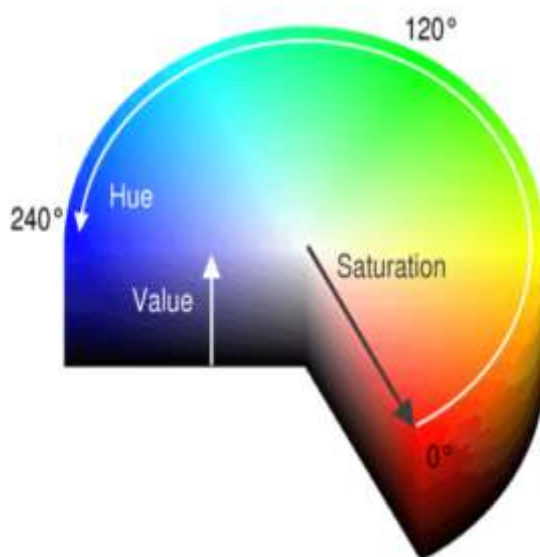
HSV (Hue-Saturation-Value)

Hue (H): Góc ($0^\circ - 360^\circ$) trên vòng màu, xác định “màu thuần” (đỏ, cam, vàng, v.v.).

Saturation (S): Độ tinh khiết của màu (0 = xám, 1 = nguyên màu).

Value (V): Độ sáng (0 = đen, 1 = sáng nhất).

Ưu điểm của HSV là dễ dàng tách phần thông tin màu (H,S) khỏi độ sáng (V), rất thuận tiện cho các bước tiền xử lý như cân bằng sáng hay lọc nhiễu.

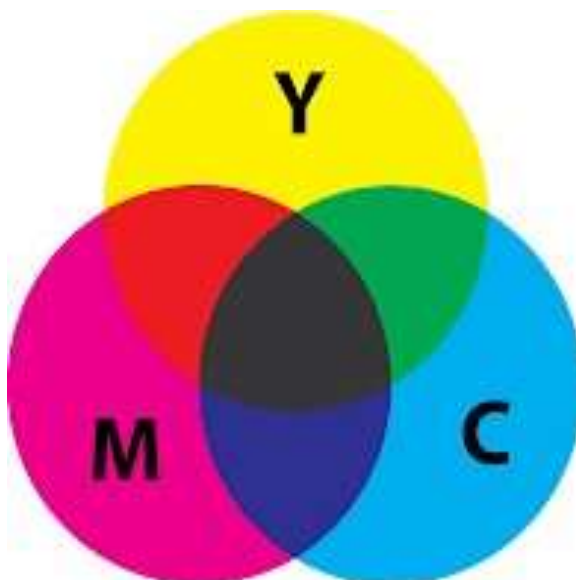


Hình 4.5: Mô hình giá trị bão hoà sắc độ (HSV)

CMYK (Cyan–Magenta–Yellow–Key)

Chủ yếu dùng trong in ấn: Cyan, Magenta, Yellow là ba màu cơ bản; kênh Key (đen) giúp in vùng đen sâu, tiết kiệm mực.

Ứng dụng: Trên một nền giấy trắng, khi mỗi màu này được in lên sẽ loại bỏ dần đi thành phần màu trắng. 3 màu C, M, Y khác nhau in theo những tỉ lệ khác nhau sẽ loại bỏ đi thành phần đó một cách khác nhau và cuối cùng cho ta màu sắc cần in. Khi cần in màu đen, thay vì phải in cả 3 màu người ta dùng màu đen để in lên. Nguyên lý này khác với nguyên lý làm việc của hệ RGB ở chỗ hệ RGB là sự kết hợp của các thành phần màu, còn hệ CMYK là sự loại bỏ lẫn nhau của các thành phần màu.



Hình 4.6: Không gian màu CMYK

4.1.5. Ảnh số hoá

Ảnh số hoá là kết quả sau khi ảnh analog (liên tục) đã qua hai bước sampling và quantization. Kết quả là ma trận số mà máy tính có thể lưu trữ, xử lý và truyền tải. Ảnh số hoá dễ dàng áp dụng các phép toán ma trận (như convolution, biến đổi Fourier); hỗ trợ metadata (EXIF) lưu thông tin chụp, thiết bị, vùng GPS; cho phép thực hiện hàng loạt thuật toán: lọc nhiễu, phát hiện cạnh, phân đoạn, nhận dạng đối tượng, học sâu,..

Cấu trúc lưu trữ:

- Ảnh xám: ma trận 2D kích thước HxW, mỗi phân tử là giá trị từ 0 đến 255.
- Ảnh RGB: gồm ba ma trận 2D HxW (R,G,B).
- Ảnh CMYK: gồm bốn ma trận HxW

4.2. Visual Studio Code

4.2.1. Giới thiệu

Visual Studio Code (VSCode) là một trình soạn thảo mã nguồn mở và miễn phí được phát triển bởi Microsoft. Được thiết kế nhằm mang lại trải nghiệm làm việc hiệu quả cho các nhà phát triển phần mềm, VSCode nhanh chóng trở thành một trong những công cụ phổ biến nhất trong cộng đồng lập trình. Bài tiểu luận này sẽ tập trung vào việc thảo luận về những ứng dụng quan trọng của Visual Studio Code và tầm ảnh hưởng của nó đối với quá trình phát triển phần mềm.

4.2.2. Đặc điểm

Giao diện người dùng đơn giản và linh hoạt:

Giao diện thân thiện, giúp người dùng dễ dàng làm quen và sử dụng.

Khả năng tùy chỉnh giao diện theo sở thích cá nhân, cho phép người dùng điều chỉnh không gian làm việc theo nhu cầu riêng.

Hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình:

VSCode cung cấp hỗ trợ cho nhiều ngôn ngữ lập trình phổ biến, từ C++ và Java đến Python, JavaScript, TypeScript, và nhiều ngôn ngữ khác nữa.

Cung cấp các tính năng thông minh như gợi ý mã, kiểm tra lỗi, và định dạng mã tự động.

Môi trường phát triển đa nhiệm:

Hỗ trợ mở nhiều tab và cửa sổ cùng một lúc, giúp người dùng dễ dàng chuyển đổi giữa các file và dự án.

Cung cấp tính năng phân chia màn hình để có thể xem và so sánh nhiều phần của mã nguồn cùng một lúc.

Tích hợp Git và kiểm soát phiên bản:

Tích hợp sẵn với Git, giúp người dùng quản lý phiên bản mã nguồn một cách thuận tiện.

Cung cấp các công cụ giúp theo dõi thay đổi, hợp nhất (merge) mã nguồn, và xem lịch sử commit.

Hệ thống mở rộng và Extensions:

Khả năng mở rộng mạnh mẽ qua các extensions, giúp mở rộng chức năng và tính năng của VSCode.

Cộng đồng lớn và tích hợp trực tiếp từ trình duyệt giúp người dùng dễ dàng cài đặt và quản lý các extensions.

Hiệu suất và tương thích:

Visual Studio Code được tối ưu hóa để hoạt động mượt mà và hiệu quả trên nhiều hệ điều hành, bao gồm Windows, macOS và Linux.

Hỗ trợ đa nhiệm và làm việc hiệu quả trên cả những dự án lớn và phức tạp.

Hỗ trợ cộng đồng và phiên bản mã nguồn mở:

Được xây dựng trên mã nguồn mở, giúp cộng đồng đóng góp vào sự phát triển và cải tiến liên tục của công cụ.

Cung cấp tài liệu chi tiết và diễn đàn hỗ trợ trực tuyến để người dùng có thể chia sẻ kinh nghiệm và giải đáp thắc mắc.

4.3. Ngôn ngữ lập trình Python

4.3.1. Giới thiệu

Python là một ngôn ngữ lập trình được sử dụng phổ biến ngày nay từ trong môi trường học đường cho tới các dự án lớn. Ngôn ngữ phát triển nhiều loại ứng dụng, phần mềm khác nhau như các chương trình chạy trên desktop, server, lập trình các ứng dụng web... Ngoài ra Python cũng là ngôn ngữ ưa thích trong xây dựng các chương trình trí tuệ nhân tạo trong đó bao gồm machine learning [8]. Ban đầu, Python được phát triển để chạy trên nền Unix, nhưng sau này, nó đã chạy trên mọi hệ điều hành từ MS-DOS đến Mac OS, OS/2, Windows, Linux và các hệ điều hành khác thuộc họ Unix.

Python do Guido van Rossum tạo ra năm 1989. Python được phát triển trong một dự án mã nguồn mở, do tổ chức phi lợi nhuận Python Software Foundation quản lý. dù sự phát triển của Python có sự đóng góp của rất nhiều cá nhân, nhưng Guido van Rossum hiện nay vẫn là tác giả chủ yếu của Python. Ông giữ vai trò chủ chốt trong việc quyết định hướng phát triển của Python.

4.3.2. Đặc điểm

Python là ngôn ngữ có hình thức đơn giản, cú pháp ngắn gọn, sử dụng một số lượng ít các từ khoá, do đó Python là một ngôn ngữ dễ học đối với người mới bắt đầu tìm hiểu. Python là ngôn ngữ có mã lệnh không mấy phức tạp.

Python có nhiều ứng dụng trên nhiều nền tảng, chương trình phần mềm viết bằng ngôn ngữ Python có thể được chạy trên nhiều nền tảng hệ điều hành khác nhau bao gồm Windows, Mac OSX và Linux.

4.4. Thư viện OpenCV

4.4.1. Giới thiệu

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) là một thư viện mã nguồn mở rất phổ biến dùng trong lĩnh vực thị giác máy tính (computer vision) và xử lý ảnh (image

processing). Nó được viết bằng C++ nhưng có giao diện hỗ trợ nhiều ngôn ngữ, trong đó có Python.

4.4.2. Đặc điểm

- Hỗ trợ đọc, ghi và xử lý ảnh, video, webcam.
- Cung cấp các thuật toán như phát hiện cạnh, nhận diện khuôn mặt, phân đoạn ảnh, theo dõi vật thể,...
- Tích hợp tốt với NumPy để thao tác dữ liệu ảnh như mảng số học.
- Có khả năng hoạt động thời gian thực, thích hợp cho các ứng dụng AI, robot, và xe tự hành.

4.4.3. Vai trò trong chương trình

Dùng OpenCV để đọc hình ảnh từ camera hoặc video, xử lý dữ liệu hình ảnh, vẽ bounding box sau khi nhận diện từ YOLO và hiển thị kết quả lên giao diện.

4.5. Thư viện NumPy

4.5.1. Giới thiệu

NumPy (Numerical Python) là một thư viện cốt lõi của Python dùng để tính toán khoa học, đặc biệt là các phép toán trên mảng và ma trận.

4.5.2. Đặc điểm

- Xử lý mảng nhiều chiều (ndarray) cực kỳ hiệu quả.
- Cung cấp hàng trăm hàm toán học.
- Là nền tảng của nhiều thư viện khác như OpenCV, Pandas, SciPy,...

4.5.3. Vai trò trong chương trình

NumPy hỗ trợ các thao tác xử lý ảnh số, ví dụ như trích xuất pixel, chuyển đổi định dạng ảnh, và xử lý dữ liệu đầu ra từ mô hình YOLO.

4.6. Thư viện threading

4.6.1. Giới thiệu

Đây là thư viện chuẩn trong Python hỗ trợ lập trình đa luồng (multithreading), cho phép thực thi nhiều tác vụ đồng thời trong một chương trình.

4.6.2. Đặc điểm

- Dễ sử dụng để tạo các luồng (thread) mới.
- Phù hợp với các tác vụ cần chạy song song như đọc dữ liệu liên tục từ camera hoặc thiết bị ngoại vi.

- Hữu ích trong giao diện người dùng, giúp chương trình không bị đứng khi thực hiện các tác vụ nặng.

4.6.3. Vai trò trong chương trình

Dùng threading để xử lý đồng thời việc đọc camera, nhận dữ liệu từ cổng serial và cập nhật giao diện mà không bị xung đột hay treo giao diện.

4.7. Thư viện pySerial

4.7.1. Giới thiệu

PySerial là thư viện giao tiếp qua cổng nối tiếp (UART, USB-COM) giữa máy tính và các thiết bị phần cứng như Arduino, ESP32,...

4.7.2. Đặc điểm

- Dễ dùng, hỗ trợ cả Windows và Linux.
- Có thể đọc và ghi dữ liệu chuỗi từ thiết bị ngoại vi

4.7.3. Vai trò trong chương trình

Sử dụng serial.Serial() để truyền dữ liệu nhận diện từ máy tính đến vi điều khiển điều khiển thiết bị phần cứng như servo hoặc động cơ.

CHƯƠNG 5: CÁC VẤN ĐỀ XỬ LÝ ẢNH TRÊN MÔ HÌNH XE ĐIỆN

5.1. Giới thiệu về hệ thống xử lý ảnh

Xử lý ảnh là quá trình ứng dụng các thuật toán để phân tích và biến đổi hình ảnh kỹ thuật số, giúp cải thiện chất lượng hoặc trích xuất thông tin hữu ích. Về bản chất, mọi bức ảnh - từ ảnh chụp thông thường, video đến ảnh y tế X-quang - đều được cấu thành từ một ma trận các điểm ảnh (pixel). Quá trình xử lý bao gồm nhiều thao tác cơ bản như điều chỉnh độ tương phản để làm nổi bật chi tiết, áp dụng bộ lọc khử nhiễu hay làm mờ, thực hiện các phép biến đổi hình học, cũng như nén dữ liệu để tiết kiệm dung lượng lưu trữ. Khác với xử lý ảnh analog truyền thống, xử lý ảnh số bằng máy tính cho phép thực hiện các thuật toán phức tạp một cách linh hoạt và chính xác hơn. Lĩnh vực này đóng vai trò then chốt trong nhiều ứng dụng thực tế, từ nâng cấp chất lượng ảnh thông thường đến các hệ thống thị giác máy tính tiên tiến như nhận diện khuôn mặt, xe tự hành hay chẩn đoán y tế, mở ra những khả năng vô tận trong việc khai thác thông tin từ dữ liệu hình ảnh.

5.2. Các Bước trong quá trình xử lý ảnh (Image Processing)

5.2.1. Thu nhận ảnh (IMAGE ACQUISITION)

Là bước đầu tiên quan trọng nhất trong quá trình xử lý ảnh, quyết định chất lượng dữ liệu đầu vào. Quá trình này chuyển đổi thông tin từ thế giới thực thành tín hiệu số để máy tính xử lý, 1 số hệ thống thu nhận ảnh bao gồm :

- Thiết bị thu ảnh (camera, cảm biến).
- Phần cứng xử lý tín hiệu (ADC – Analog-to-Digital Converter). Môi trường truyền dẫn (cáp quang, không dây).
- Các thành phần chính trong hệ thống thu nhận ảnh bao gồm nguồn sáng, cảm biến ảnh, ống kính, bộ chuyển đổi tín hiệu ADC

5.2.2. Tiền xử lý ảnh (Pre-processing)

Tiền xử lý ảnh là bước quan trọng nhất trong pipeline xử lý ảnh, giúp cải thiện chất lượng dữ liệu đầu vào trước khi áp dụng các thuật toán phân tích phức tạp. Mục tiêu chính là khử nhiễu, chuẩn hóa và tăng cường đặc trưng ảnh. Việc lựa chọn đúng kỹ thuật sẽ quyết định 70% độ chính xác của toàn bộ hệ thống. Các phương pháp truyền thống (lọc Gauss, Canny) vẫn hiệu quả, nhưng xu hướng AI-based pre-processing đang dần chiếm ưu thế nhờ khả năng xử lý các trường hợp phức tạp

5.2.3. Phân đoạn ảnh (segmentation)

Phân đoạn ảnh là 1 bước nhằm chia 1 hình ảnh số thành nhiều vùng hoặc đối tượng có ý nghĩa riêng biệt. Mục tiêu chính của segmentation là tách biệt các thành phần trong ảnh để dễ dàng phân tích, nhận diện hoặc xử lý thêm. Mỗi vùng được gán nhãn hoặc phân loại, giúp máy tính hiểu được nội dung của ảnh. Tuy nhiên, việc chọn phương pháp phù hợp phụ thuộc vào đặc điểm của bài toán và tài nguyên sẵn có.

5.2.4. Trích xuất đặc trưng

Trích xuất đặc trưng (feature extraction) là một bước quan trọng trong xử lý ảnh và thị giác máy tính, nhằm xác định và biểu diễn các đặc điểm quan trọng của ảnh dưới dạng số học để phục vụ cho các tác vụ như nhận diện, phân loại, hoặc phân đoạn. Kết quả sau khi trích xuất là 1 tập hợp các đặc trưng dưới dạng vecto số, thay vì là dữ liệu pixel gốc.

Các loại đặc trưng thường bao gồm :

- **Biên (edge)**: ứng dụng trong nhận diện vạch kẻ đường
- **Góc (angle)**: Các góc được sử dụng để tìm các điểm khớp (keypoints) giữa các ảnh, hỗ trợ ghép ảnh panorama.
- **Vùng (Blobs)**: Xác định các vùng đặc trưng như mắt, bánh xe, hoặc các bộ phận cơ thể trong ảnh.
- **Kết cấu (texture)**: Phát hiện các mẫu kết cấu bất thường trong mô (ví dụ: mô ung thư trong ảnh siêu âm).

5.2.5. Nhận dạng và phân loại ảnh (image recognition and classification)

Nhận dạng (recognition) và phân loại (classification) trong xử lý ảnh là hai quá trình quan trọng của thị giác máy tính, đóng vai trò quan trọng trong việc giúp máy tính hiểu và diễn giải nội dung hình ảnh một cách tự động, tương tự như cách con người nhận biết thế giới.

Nhận dạng liên quan đến việc xác định và định danh các đối tượng, mẫu hoặc đặc điểm cụ thể trong ảnh (ví dụ: nhận diện một con mèo, một biển báo giao thông, hoặc một khuôn mặt), trong khi phân loại tập trung vào việc gán nhãn cho toàn bộ ảnh hoặc các vùng trong ảnh vào một hoặc nhiều danh mục được xác định trước (ví dụ: phân loại

ảnh là "chó" hay "mèo", hoặc xác định một ảnh y khoa là "bình thường" hay "bất thường").

5.2.6. Hậu xử lý (post-processing)

Là giai đoạn cuối cùng trong xử lý ảnh. Đây là bước để tăng cường độ chính xác rõ ràng của kết quả đảm bảo phù hợp với yêu cầu của bài toán. Với sự phát triển của học sâu, các phương pháp hậu xử lý như CRF hoặc các mô hình tinh chỉnh dựa trên mạng nơ-ron đang ngày càng phổ biến, nhưng các kỹ thuật truyền thống như morphological operations vẫn giữ vai trò quan trọng trong các ứng dụng đơn giản hoặc hạn chế tài nguyên.

5.3. Các thành phần cơ bản của hệ thống xử lý ảnh

5.3.1. Đầu đo (image sensor)

Đầu đo là thiết bị quang điện tử chuyển đổi ánh sáng thành tín hiệu điện, đóng vai trò thu nhận hình ảnh từ môi trường thực tế. Các loại cảm biến phổ biến bao gồm CCD (Charge-Coupled Device) và CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor).

5.3.2. Bộ số hóa (Digitizer/Analog-to-Digital Converter - ADC)

Bộ số hóa (Digitizer), hay còn gọi là bộ chuyển đổi analog sang số (Analog-to-Digital Converter - ADC), là một thành phần quan trọng trong hệ thống xử lý ảnh, đóng vai trò chuyển đổi tín hiệu analog (từ đầu đo hoặc cảm biến hình ảnh) thành tín hiệu số để máy tính có thể xử lý. Trong xử lý ảnh, bộ số hóa đảm bảo dữ liệu hình ảnh được biểu diễn dưới dạng số (pixel values) để phục vụ các tác vụ như phân tích, nhận dạng, hoặc lưu trữ.

5.3.3. Ống kính (lens)

Ống kính (Lens System) là một thành phần quan trọng trong hệ thống xử lý ảnh, đóng vai trò thu nhận và tập trung ánh sáng từ môi trường thực tế lên cảm biến hình ảnh (như CCD hoặc CMOS) để tạo ra hình ảnh có chất lượng cao. Ống kính quyết định các đặc điểm như trường nhìn, độ sắc nét, độ phóng đại, và khả năng thu nhận ánh sáng, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến dữ liệu đầu vào cho các bước xử lý ảnh tiếp theo.

5.3.4. Bộ xử lý trung tâm (CPU)

Bộ xử lý trung tâm, bao gồm CPU (Central Processing Unit), GPU (Graphics Processing Unit), và TPU (Tensor Processing Unit), là các thành phần phần cứng cốt lõi trong hệ thống xử lý ảnh, chịu trách nhiệm thực hiện các phép tính cần thiết để phân

tích, xử lý và diễn giải dữ liệu hình ảnh. Mỗi loại bộ xử lý có đặc điểm riêng, phù hợp với các tác vụ khác nhau trong xử lý ảnh, từ các thuật toán truyền thống đến các mô hình học sâu phức tạp. Việc lựa chọn bộ xử lý phụ thuộc vào yêu cầu cụ thể về tốc độ, độ chính xác, và chi phí của bài toán.

5.3.5. Bộ nhớ (Memory)

Bộ nhớ (Memory) là một thành phần thiết yếu trong hệ thống xử lý ảnh, đóng vai trò lưu trữ tạm thời hoặc lâu dài dữ liệu hình ảnh, các đặc trưng trích xuất, mô hình xử lý, và kết quả đầu ra trong quá trình xử lý. Bộ nhớ đảm bảo rằng dữ liệu được truy xuất nhanh chóng và hiệu quả để hỗ trợ các tác vụ tính toán, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu xử lý ảnh độ phân giải cao hoặc thời gian thực. Dưới đây là trình bày chi tiết về bộ nhớ, bao gồm khái niệm, chức năng, các loại, thông số kỹ thuật, ứng dụng, thách thức, và xu hướng trong xử lý ảnh.

5.3.6. Giao diện đầu ra (Output Interface)

Giao diện đầu ra bao gồm tập hợp các thiết bị, phần mềm, hoặc giao thức dùng để hiển thị, lưu trữ, hoặc truyền kết quả xử lý ảnh từ hệ thống đến người dùng cuối hoặc các hệ thống khác. Kết quả có thể là hình ảnh được xử lý, mask phân đoạn, bounding box, văn bản mô tả, hoặc dữ liệu phân tích.

Giao diện đầu ra là thành phần cuối cùng trong hệ thống xử lý ảnh, đảm bảo kết quả được trình bày, truyền tải, hoặc lưu trữ một cách hiệu quả và dễ sử dụng. Từ màn hình hiển thị, API, đến giao thức mạng, giao diện đầu ra đáp ứng nhu cầu đa dạng của các ứng dụng như y khoa, xe tự hành, an ninh, hoặc nhiếp ảnh. Việc thiết kế giao diện cần cân nhắc giữa tốc độ, tính tương thích, và trải nghiệm người dùng để tối ưu hóa hiệu quả hệ thống.

5.4. Những vấn đề trong xử lý ảnh

5.4.1 . Biến đổi ảnh

Biến đổi ảnh (image transformation) trong xử lý ảnh là quá trình thay đổi cấu trúc, nội dung hoặc đặc điểm của một hình ảnh số để phục vụ các mục đích như cải thiện chất lượng, chuẩn hóa dữ liệu, hỗ trợ phân tích, hoặc đáp ứng yêu cầu của ứng dụng cụ thể, và nó đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực như y khoa, xe tự hành, nhận diện đối tượng, và chỉnh sửa ảnh. Các loại biến đổi phổ biến bao gồm biến đổi hình học (geometric transformation) như xoay, dịch chuyển, co giãn, hoặc biến dạng để điều chỉnh góc nhìn, căn chỉnh ảnh, hoặc sửa biến dạng ống kính; biến đổi cường độ (intensity

transformation) như điều chỉnh độ sáng, độ tương phản, hoặc cân bằng histogram để tăng cường khả năng đọc của ảnh; và biến đổi không gian màu (color space transformation) như chuyển từ RGB sang HSV để hỗ trợ phân tích màu sắc.

5.4.2. Nén ảnh

Nén ảnh (image compression) trong xử lý ảnh là quá trình giảm kích thước dữ liệu của một hình ảnh số nhằm tiết kiệm không gian lưu trữ, tăng tốc độ truyền tải, hoặc giảm tải tính toán, đồng thời cố gắng duy trì chất lượng hình ảnh ở mức chấp nhận được, đóng vai trò quan trọng trong các ứng dụng như lưu trữ ảnh, truyền video, y khoa, và xử lý ảnh thời gian thực. Nén ảnh được chia thành hai loại chính: nén không mất dữ liệu (lossless compression) như PNG, GIF, hoặc ZIP, giữ nguyên toàn bộ thông tin gốc, phù hợp cho ảnh y khoa hoặc tài liệu cần độ chính xác cao; và nén mất dữ liệu (lossy compression) như JPEG, MP4, giảm chất lượng không đáng kể để đạt tỷ lệ nén cao, lý tưởng cho nhiếp ảnh, truyền thông, hoặc ứng dụng web. Các kỹ thuật nén phổ biến bao gồm biến đổi tần số (như Discrete Cosine Transform trong JPEG) để loại bỏ dữ liệu tần số cao ít ảnh hưởng đến mắt người, mã hóa entropy (như Huffman hoặc Run-Length Encoding) để giảm độ dư thừa, và kỹ thuật dựa trên học sâu để tối ưu hóa nén thông minh.

5.4.3. Xử lý nâng cao chất lượng ảnh

Xử lý nâng cao chất lượng ảnh (image enhancement) trong xử lý ảnh là quá trình áp dụng các kỹ thuật để cải thiện chất lượng hình ảnh về mặt thị giác hoặc tính toán, nhằm làm nổi bật các chi tiết quan trọng, tăng độ rõ nét, giảm nhiễu, hoặc chuẩn bị dữ liệu cho các tác vụ như phân tích, nhận dạng, hoặc phân đoạn, đóng vai trò thiết yếu trong các lĩnh vực như y khoa, nhiếp ảnh, giám sát an ninh, và xe tự hành. Các kỹ thuật phổ biến bao gồm điều chỉnh độ sáng và độ tương phản (contrast stretching, histogram equalization) để tăng khả năng đọc của ảnh, lọc nhiễu (Gaussian blur, median filter, bilateral filter) để loại bỏ nhiễu hạt hoặc nhiễu muối-tiêu, và làm sắc nét (sharpening) bằng các bộ lọc như Laplacian hoặc Unsharp Mask để làm nổi bật biên và chi tiết.

5.5. Lựa chọn thuật toán cho nhận diện lane

5.5.1. Lựa chọn thuật toán nhận diện lane

Có nhiều thuật toán giúp phát hiện, nhận diện lane có thể kể đến như YOLO(you only look once), laneNet hay phương pháp truyền thống hough transform...nhưng chúng ta cần xét qua các đặc điểm để lựa chọn bao gồm các tiêu chí :

- Phù hợp với phần cứng hiện có
- Tốc độ xử lý của thuật toán
- Hiệu năng làm việc tốt
- Có thêm các tính năng hỗ trợ khác

⇒ có 2 phương án được chọn để so sánh bao gồm : YOLO và hough transform

5.5.2. Giới thiệu sơ lược về thuật toán áp dụng vào bài toán phát hiện lane

5.5.2.1 . Đối với phương pháp sử dụng YOLO

Giới thiệu

Phương pháp sử dụng YOLO (You Only Look Once) để phát hiện làn đường là một cách tiếp cận hiện đại dựa trên học sâu, tận dụng sức mạnh của thuật toán phát hiện đối tượng để giải quyết bài toán nhận diện vạch làn trong các hệ thống xe tự hành hoặc hỗ trợ lái xe (ADAS). YOLO, vốn được thiết kế để phát hiện và phân loại các đối tượng trong hình ảnh với tốc độ cao, đã được điều chỉnh để nhận diện các vạch làn đường như một dạng "đối tượng" đặc biệt, mang lại sự linh hoạt và hiệu quả trong các ứng dụng thời gian thực (real-time).

Đặc điểm

Trong nhận diện làn đường, YOLO xem các vạch làn như các đối tượng cần phát hiện trong khung hình. Thay vì phân đoạn từng pixel như các phương pháp dựa trên phân đoạn hình ảnh (ví dụ: LaneNet), YOLO dự đoán các hộp giới hạn (bounding boxes) bao quanh các vạch làn hoặc các điểm mấu chốt (keypoints) đại diện cho đường làn. Bằng cách huấn luyện trên các bộ dữ liệu chuyên biệt như TuSimple hoặc CULane, YOLO có thể nhận diện các vạch làn, phân loại chúng (ví dụ: làn trái, làn phải), và thậm chí dự đoán hình dạng của làn đường trong các điều kiện khác nhau.

Cách hoạt động

Phương pháp YOLO bắt đầu bằng việc xử lý toàn bộ khung hình từ camera hoặc video. Mạng nơ-ron của YOLO chia hình ảnh thành một lưới (grid) và dự đoán các hộp giới hạn cùng với xác suất thuộc về lớp "vạch làn" tại mỗi ô lưới. Để phù hợp với bài toán làn đường, YOLO có thể được tùy chỉnh theo các cách sau:

Phát hiện hộp giới hạn: Các vạch làn được bao quanh bởi các hộp, giúp xác định vị trí và hướng của chúng.

Dự đoán điểm mẫu chốt: Thay vì hộp, YOLO có thể dự đoán các điểm dọc theo vạch làn, sau đó kết nối chúng để tạo thành đường làn.

5.5.2.2. Đối với phương pháp truyền thống Hough transform

Giới thiệu

Hough Transform là một kỹ thuật xử lý hình ảnh truyền thống, được sử dụng rộng rãi trong nhận diện các mẫu hình học như đường thẳng, đường tròn, hoặc đường cong trong hình ảnh. Trong bài toán nhận diện làn đường, Hough Transform đặc biệt hiệu quả để phát hiện các vạch kẻ đường, vốn thường là các đường thẳng hoặc gần thẳng trong khung hình từ camera xe. Được phát triển bởi Paul Hough vào năm 1962 và cải tiến qua thời gian, phương pháp này trở thành một công cụ cơ bản trong các hệ thống hỗ trợ lái xe (ADAS) hoặc xe tự hành nhờ tính đơn giản và khả năng xử lý nhanh.

Đặc điểm

Hough Transform có những đặc điểm nổi bật trong nhận diện làn đường:

- Hiệu quả với đường thẳng: Rất phù hợp để phát hiện các vạch làn đường, vốn thường là các đường thẳng hoặc có dạng gần thẳng trong điều kiện lý tưởng.
- Đơn giản và dễ triển khai: Không yêu cầu huấn luyện dữ liệu như các phương pháp học sâu, dễ tích hợp vào các hệ thống nhúng.
- Nhạy với nhiễu: Hiệu quả phụ thuộc vào chất lượng tiền xử lý hình ảnh; các yếu tố như bóng mờ, vạch làn không rõ, hoặc điều kiện ánh sáng yếu có thể làm giảm độ chính xác.
- Hạn chế với đường cong phức tạp: Hough Transform chủ yếu phù hợp với đường thẳng, nên cần kết hợp với các kỹ thuật khác (như khớp đa thức) để xử lý các làn đường cong.

Cách hoạt động

Hough Transform trong nhận diện làn đường hoạt động qua các bước chính sau:

- Tiền xử lý hình ảnh
 - Chuyển sang ảnh xám: Hình ảnh từ camera (thường là ảnh màu) được chuyển thành ảnh xám để giảm độ phức tạp tính toán.
 - Làm mờ: Áp dụng bộ lọc Gaussian để giảm nhiễu, giúp các cạnh của vạch làn rõ nét hơn.

- Phát hiện cạnh: Sử dụng thuật toán Canny để tìm các cạnh trong hình ảnh, nơi các vạch làn thường xuất hiện dưới dạng các đường có độ tương phản cao.
- Xác định vùng quan tâm (ROI)
 - Một vùng hình thang được xác định trong khung hình, tập trung vào khu vực đường phía trước xe, loại bỏ các phần không liên quan như bầu trời, lề đường, hoặc xe khác.
 - Điều này giúp giảm nhiễu và tăng tốc độ xử lý bằng cách chỉ tập trung vào khu vực có khả năng chứa vạch làn.
- Biến đổi phối cảnh ngược (IPM) (tùy chọn)
 - Để đơn giản hóa việc phát hiện đường thẳng, hình ảnh có thể được biến đổi sang góc nhìn từ trên xuống (bird's-eye view) thông qua kỹ thuật IPM. Điều này làm cho các vạch làn trông giống như các đường thẳng song song, dễ phát hiện hơn.
- Áp dụng Hough Transform
 - Hough Transform chuyển các điểm cạnh trong không gian hình ảnh sang không gian tham số (Hough space), nơi mỗi đường thẳng được biểu diễn bằng hai tham số: khoảng cách từ gốc (ρ) và góc nghiêng (θ).
 - Biến thể Probabilistic Hough Transform (HoughLinesP) thường được sử dụng để phát hiện các đoạn thẳng ngắn, phù hợp hơn với vạch làn bị gián đoạn hoặc không liên tục.
- Xử lý và vẽ kết quả
 - Các đường thẳng được phát hiện trong không gian Hough được chuyển ngược về không gian hình ảnh gốc.
 - Các đường này được lọc để loại bỏ những đường không hợp lý (ví dụ: quá ngắn hoặc không nằm trong vùng làn đường).
 - Các vạch làn được vẽ lên khung hình gốc (thường với màu nổi bật như xanh lá) để hiển thị kết quả trực quan.
 - Trong một số trường hợp, các đường thẳng được nhóm lại để xác định làn trái và làn phải, hoặc khớp với mô hình đường cong (như đa thức bậc ba) để xử lý các đường cong nhẹ.

5.5.2.3. Tổng hợp và đưa ra lựa chọn

Tiêu chí	Hough transform	YOLO
Phù hợp với phần cứng hiện có	Phù hợp	Phù hợp
Tốc độ xử lý của thuật toán	Rất nhanh nhưng chỉ xử lý edge	Nhanh (đặc biệt với GPU)
Hiệu năng làm việc	Thường chỉ làm việc tốt trong điều kiện đường thẳng	Khả năng phát hiện đường cong, đường thẳng tốt
Có thêm các tính năng hỗ trợ khác	Chỉ tập trung phát hiện làn đường	Có thể tích hợp thêm nhiều tính năng

⇒ Có thể thấy rằng YOLO là 1 lựa chọn vượt trội hơn dựa trên các tiêu chí đặt ra ban đầu.

5.6. Nội dung chương trình xử lý ảnh

Đoạn code nạp vào hệ thống để giúp phát hiện làn đường sử dụng YOLO (từ ultralytics) và giao tiếp với arduino. Dưới đây là phân phân tích những gì đoạn mã này thực hiện:

Các tính năng chính

5.6.1. hệ thống phát hiện làn đường

- Sử dụng YOLO để phát hiện làn đường trong thời gian thực (real-time)
- Xử lý đầu ra mask để tính toán độ lệch làn đường.
- Hiển thị trực quan tâm làn đường và tâm khung hình bằng các đường màu.

5.6.2. Giao tiếp với arduino

- Kết nối với Arduino qua giao tiếp nối tiếp (mặc định là cổng COM9).
- Gửi lệnh điều khiển lái ('L', 'R', 'S') dựa trên độ lệch làn đường.
- Xử lý lỗi cho giao tiếp nối tiếp (serial).

5.6.3. Giao diện người dùng đồ họa (sử dụng Tkinter)

- Hiển thị luồng video đã được xử lý.
- Cung cấp các nút điều khiển bắt đầu/dừng.
- Hiển thị trạng thái hệ thống.
- Tùy chọn chọn giữa đầu vào từ camera hoặc từ file video.

5.6.4. Đa luồng

- Tạo luồng riêng cho việc suy luận YOLO để tránh tình trạng giao diện người dùng bị đơ.
- Hệ thống hàng đợi để truyền kết quả giữa các luồng.

5.7. Phân tích chi tiết nội dung chương trình

5.7.1. Cấu hình và khởi tạo

```
# ===== CẤU HÌNH =====  
logging.basicConfig(level=logging.INFO, format='%(asctime)s - %(levelname)s - %(message)s')  
  
model_path = 'nck.pt'  
threshold = 3  
serial_port = 'COM9'  
baud_rate = 9600
```

Hình 5.1: cấu hình và khởi tạo cho chương trình

- **logging:** Cấu hình hệ thống log để ghi lại thông tin, cảnh báo và lỗi.
- **model_path:** Đường dẫn đến file model YOLO đã được huấn luyện (nck.pt).
- **threshold:** Ngưỡng cho phép để xác định xe có bị lệch làn hay không (3 pixel).
- **serial_port** và **baud_rate:** Cấu hình kết nối Serial với Arduino.

5.7.2. Biến toàn cục

```
# ===== GLOBAL =====  
model = YOLO(model_path)  
result_queue = queue.Queue()  
last_mask = None  
running = False  
cap = None  
arduino = None
```

Hình 5.2: Biến toàn cục (global variables)

- **model:** Load model YOLO từ file .pt.
- **result_queue:** Hàng đợi (queue) để trao đổi kết quả giữa luồng chính và luồng xử lý YOLO.
- **last_mask:** Lưu mask cuối cùng phát hiện được để sử dụng khi YOLO chưa xử lý xong frame mới.
- **running:** Biến kiểm soát vòng lặp chính.
- **cap** và **arduino:** Đối tượng camera và kết nối Arduino.

5.7.3. Kết nối Serial với Arduino

```
def connect_serial():
    global arduino
    try:
        arduino = serial.Serial(serial_port, baud_rate, timeout=1)
        time.sleep(2)
        logging.info("✅ Arduino kết nối thành công.")
    except Exception as e:
        logging.warning(f"❌ Không thể kết nối Arduino: {e}")
        arduino = None
```

Hình 5.3: Giao tiếp giữa arduino và chương trình

- **Chức năng:** Mở kết nối Serial với Arduino qua cổng COM9.
- **Xử lý lỗi:** Nếu không kết nối được, in cảnh báo và gán arduino = None.

5.7.4. Gửi Lệnh đến Arduino

```
def send_to_arduino(cmd):
    if arduino and arduino.is_open:
        try:
            arduino.write(cmd.encode())
            arduino.flush()
            logging.info(f"📡 Gửi lệnh: {cmd}")
        except Exception as e:
            logging.error(f"❌ Gửi lỗi: {e}")
```

Hình 5.4: Gửi lệnh đến arduino

- **cmd:** Lệnh gửi đi ('L', 'R', 'S' tương ứng trái, phải, thẳng).
- **Kiểm tra kết nối:** Chỉ gửi nếu Arduino đã kết nối.
- **Ghi log:** Thông báo lệnh đã gửi hoặc lỗi nếu có.

5.7.5. Xử lý YOLO trong Luồng Riêng

```
def yolo_worker(frame, q):
    try:
        rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
        results = model(rgb)
        q.put(results)
    except Exception as e:
        logging.error(f"❌ YOLO lỗi: {e}")
        q.put([])
```

Hình 5.5: Xử lý luồng riêng

- **Đầu vào:** Frame ảnh (BGR) và hàng đợi q.
- **Xử lý :**
 - Chuyển ảnh từ BGR sang RGB (YOLO yêu cầu).
 - Dùng model(rgb) để nhận diện làn đường.
 - Đưa kết quả vào hàng đợi để luồng chính xử lý.
- **Xử lý lỗi:** Nếu YOLO lỗi, đưa vào hàng đợi một list rỗng [].

5.7.6. Tính toán độ lệch làn đường

```
def calculate_deviation(mask, frame_w, threshold=3):
    ctrs, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    valid_ctrs = [c for c in ctrs if cv2.contourArea(c) > 180]
    if not valid_ctrs:
        return None, 'S', False
    c = max(valid_ctrs, key=cv2.contourArea)
    x, y, w, h = cv2.boundingRect(c)
    lane_c = x + w // 2
    frame_c = frame_w // 2
    dev = lane_c - frame_c
    if dev < -threshold:
        return dev, 'R', True
    elif dev > threshold:
        return dev, 'L', True
    else:
        return dev, 'S', True
```

Hình 5.6: Thiết lập công thức tính toán độ lệch (deviation)

- **Ý tưởng:** So sánh tâm làn đường (lane_c) với tâm khung hình (frame_c).
- **Ngưỡng threshold:** Nếu lệch > 3 pixel, xác định là lệch làn.
- **Trả về:**
 - dev: Độ lệch (pixel).
 - Hướng điều chỉnh : ('L', 'R', 'S').
 - True/False : Tìm thấy làn đường hay không.

5.7.7. Vòng Lặp Chính Xử lý Video

```
def video_loop(cap, canvas, label_status):
    global running, last_mask
    frame_id = 0
    while running:
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            break
        frame = cv2.resize(frame, (640, 480))
        display = frame.copy()
        mask = np.zeros((480, 640), dtype=np.uint8)

        # ---- ROI ----
        roi = frame[240:480, :] # Nửa dưới khung hình

        if frame_id % 2 == 0:
            t = threading.Thread(target=yolo_worker, args=(roi, result_queue))
            t.start()

        if not result_queue.empty():
            results = result_queue.get()

            for r in results:
                if hasattr(r, 'masks') and r.masks is not None:
                    for i, box in enumerate(r.bboxes):
                        if int(box.cls[0]) == 0:
                            seg = r.masks[i].data[0].cpu().numpy()
                            seg = (seg * 255).astype(np.uint8)
                            seg = cv2.resize(seg, (640, 240))
                            mask[240:480, :] = cv2.bitwise_or(mask[240:480, :], seg)
                    last_mask = mask

            if last_mask is not None:
                mask = last_mask

            deviation, direction, found = calculate_deviation(mask, 640)
            send_to_arduino(direction)

            overlay = frame.copy()
            overlay[mask == 255] = (0, 255, 0)
```

```
blended = cv2.addWeighted(overlay, 0.4, frame, 0.6, 0)

if found:
    ctrs, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    if ctrs:
        c = max(ctrs, key=cv2.contourArea)
        x, y, w, h = cv2.boundingRect(c)
        lane_center = x + w // 2
        frame_center = 640 // 2
        cv2.line(blended, (lane_center, 0), (lane_center, 480), (0, 0, 255), 2)
        cv2.line(blended, (frame_center, 0), (frame_center, 480), (255, 0, 0), 2)
        text = f"Deviation: {deviation}px | Direction: {direction}"
        color = (255, 255, 255)
    else:
        text = "loading"
        color = (0, 0, 255)

cv2.putText(blended, text, (10, 30), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, color, 2)

img = Image.fromarray(cv2.cvtColor(blended, cv2.COLOR_BGR2RGB))
imgtk = ImageTk.PhotoImage(image=img)
canvas.imgtk = imgtk
canvas.config(image=imgtk)

frame_id += 1
time.sleep(0.03)

cap.release()
label_status.config(text="🛑 Dừng")
```

Hình 5.7: Vòng lặp chính xử lý

Chi tiết xử lý

- Đọc frame
 - Resize về 640x480 để đồng nhất.
- Chạy YOLO mỗi 2 frame
 - $(frame_id \% 2 == 0)$ để giảm tải CPU/GPU.
- Kết quả được đưa vào hàng đợi result_queue.
 - Lấy mask từ YOLO (class 0) và resize về kích thước frame.
 - Dùng bitwise_or để hợp các mask lại.
 - Gọi calculate_deviation() để xác định hướng điều chỉnh.
 - Gửi lệnh 'L', 'R', 'S' tới Arduino
 - Tô màu làn đường (xanh lá), vẽ tâm làn (đỏ) và tâm khung hình (xanh dương).
 - Hiển thị độ lệch và hướng điều chỉnh.
- Xác định ROI (region of interest)
 - ROI = frame[240:480]

5.7.8. Giao Diện Người Dùng (Tkinter)

```
root = tk.Tk()
root.title("🚗 Nhận diện làn đường với YOLO")

canvas = tk.Label(root)
canvas.pack()

frame_controls = tk.Frame(root)
frame_controls.pack(pady=10)

source_var = tk.StringVar(value='Camera')
tt = ttk.Combobox(frame_controls, textvariable=source_var, values=['Camera', 'Video'], state='readonly', width=10)
tt.grid(row=0, column=0, padx=5)

btn_start = tk.Button(frame_controls, text="🔴 Bắt đầu", command=lambda: start(source_var, canvas, label_status))
btn_start.grid(row=0, column=1, padx=5)

btn_stop = tk.Button(frame_controls, text="🛑 Dừng", command=lambda: stop(label_status))
btn_stop.grid(row=0, column=2, padx=5)

label_status = tk.Label(root, text="Trạng thái: 🟢 Sẵn sàng", font=('Arial', 10))
label_status.pack(pady=5)

root.protocol("WM_DELETE_WINDOW", lambda: (stop(label_status), root.destroy()))
root.mainloop()

if arduino and arduino.is_open:
    arduino.close()
```

Hình 5.8:Giao diện người dùng sử dụng thư viện tkinter

- Combobox: Chọn nguồn video (Camera hoặc file video).
- Nút Start/Stop: Khởi động/dừng hệ thống.
- Hiển thị video: Frame sau xử lý được hiển thị trên canvas.
- Xử lý thoát: Đảm bảo dừng luồng và đóng kết nối Serial trước khi thoát.

5.8. Kết luận

Đoạn code ứng dụng thuật toán YOLO mang lại hiệu quả nhận diện làn đường tốt trong nhiều điều kiện đường xá. Với khả năng xử lý đa luồng cho phép xử lý và tính toán nhiều tác vụ cùng 1 lúc bao gồm chạy model yolo, tính toán lệch (deviation), gửi các command về arduino và sau cùng là màn hình giao diện. Bên cạnh đó, có thể quan sát tình trạng chương trình , các lỗi nếu có nhờ hàm logging.

5.9. Thuật toán và quy tắc ra quyết định

5.9.1. Thuật toán YOLO

Các bước tiến hành

Ảnh input được chia thành lưới 640x480

Mỗi ô lưới dự đoán sẽ cho ra output gồm các Bounding box, độ tin cậy (confidence score)

Công thức đầu ra của 1 bounding box với mỗi bounding box,

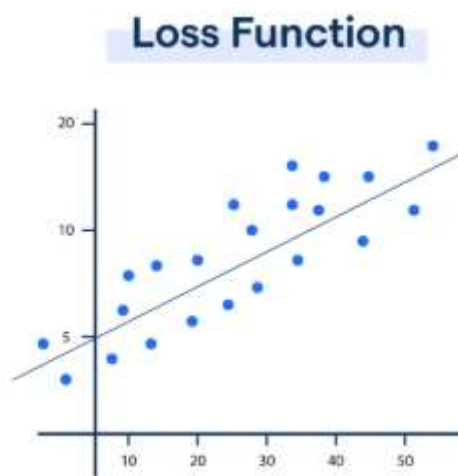
Output = (x, y, w, h, confidence, class probabilities)

- (x,y) : Tâm hộp giới hạn, tương đối trong ô lưới
- (w,h): Chiều rộng và chiều cao, tương đối với toàn ảnh

5.9.1.1. Công thức tính hàm loss function (hàm mất mát)

Định nghĩa

Là một công thức toán học đo lường sự khác biệt giữa dự đoán của mô hình và giá trị thực tế. Nó đóng vai trò là chỉ số đánh giá để mô hình học cách tự điều chỉnh thông qua quá trình tối ưu hóa (ví dụ: gradient descent).



Hình 5.9: Đồ thị biểu diễn hàm mất mát (loss function)

Mục đích

Giúp việc training cho mô hình xác định được cần cải thiện theo hướng nào. Bên cạnh đó, còn giúp tối ưu hóa các tham số giúp mô hình dự đoán chính xác hơn.

Công thức

- Mất mát hồi quy (Regression loss)

$$\lambda_{coord} \sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} \left[(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2 \right] + \lambda_{coord} \sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} \left[\left(\sqrt{W_i} - \sqrt{\hat{W}_i} \right) + \left(\sqrt{h_i} - \sqrt{\hat{h}_i} \right)^2 \right]$$

- Độ tin cậy (confidence)

$$\sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} (c_i - \hat{c}_j)^2 + \lambda_{noobj} \sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} (c_i - \hat{c}_j)^2$$

Chú thích

- 1_{ij}^{obj} : có đối tượng trong ô thứ i, bounding thứ j
- $\lambda_{coord}, \lambda_{noobj}$: hệ số cân bằng

5.9.1.2. vùng quan tâm ROI (region of interest)

Khái niệm

Là 1 phương pháp loại bỏ các vùng xung quanh chỉ tập trung vào vùng chứa đối tượng phát hiện. Nhằm giảm tài nguyên máy tính và hạn chế phát hiện sai các đối tượng từ các vùng không cần thiết. ROI được biểu diễn như sau :

$$ROI = \text{frame [H:W]}$$

Với :

- H : chiều cao của ảnh (pixel)
- W : chiều rộng của ảnh (pixel)

Xác định vùng ROI cho bài toán

Vùng ROI được chọn có kích thước như sau : ROI = frame[240:480] .

Lí do lựa chọn

Chỉ số 240:48 tức là lấy nửa dưới của ảnh 640×480. Phần nửa dưới của ảnh camera gắn trên xe thường chứa mặt đường, vạch kẻ làn đường, và các chi tiết liên quan đến đường đi và Phần nửa trên ảnh thường là cảnh nền: trời, cây cối, xe khác, hoặc các vật thể không cần thiết cho việc phát hiện làn đường.

5.9.2. Tính độ lệch (deviation)

Mục đích

- Là xác định được độ lệch của làn đường so với tâm khung hình để
- Phục vụ cho việc gửi tín hiệu lệnh về arduino.

Các bước tính toán bao gồm

- Xử lý mask nhị phân : là kết quả phân đoạn của mô hình YOLO (segmentation)
- Lọc và chọn contour lớn nhất
- Loại bỏ các đường viền có diện tích nhỏ để loại bỏ nhiễu hoặc các vùng không chứa làn đường.

Tính tâm của làn đường (lane_center)

$$\text{lane_center} = x + w/2$$

Tính tâm khung hình (frame_center)

$$\text{frame_center} = \text{frame_width}/2$$

Tính độ lệch

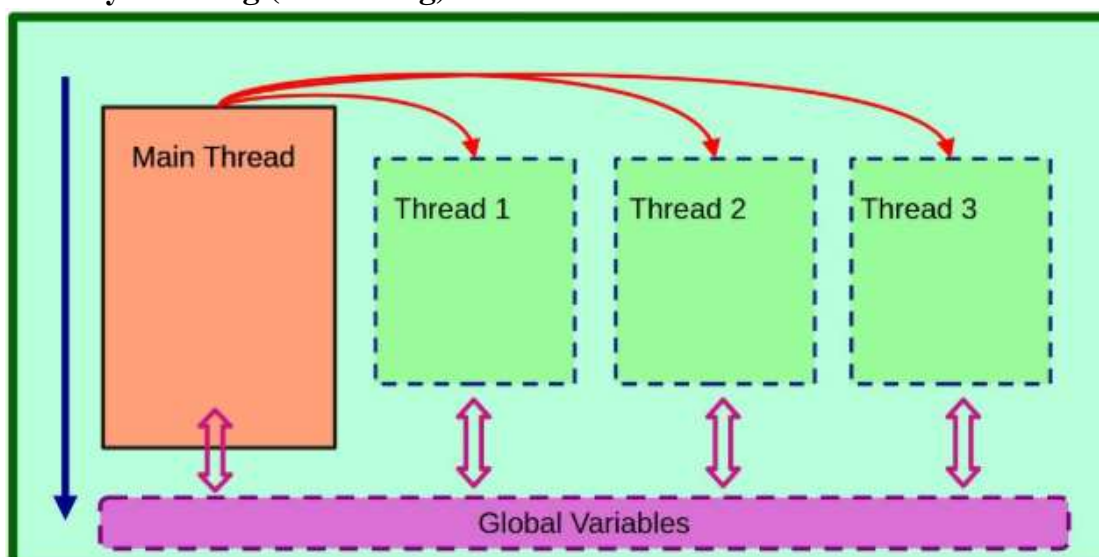
Độ lệch (deviation) là hiệu số giữa tâm của làn đường và tâm của khung hình

$$\text{deviation} = \text{lane_center} - \text{frame_center}$$

Nếu kết quả

- deviation >0 : làn đường lệch sang phải
- deviation <0 : làn đường lệch sang trái
- deviation =0 : làn đường gần trung tâm

5.9.3. Xử lý đa luồng (Threading)



Hình 5.10: Quy trình đa luồng cho các tác vụ

Khái niệm

Thread (luồng) là đơn vị thực thi nhỏ nhất trong 1 tiến trình, chia sẻ không gian bộ nhớ với các luồng khác trong cùng tiến trình. Bên cạnh đó còn có multi_threading , kỹ thuật này cho phép nhiều luồng chạy đồng thời trong một tiến trình, giúp tận dụng đa lõi CPU hoặc xử lý song song các tác vụ độc lập.

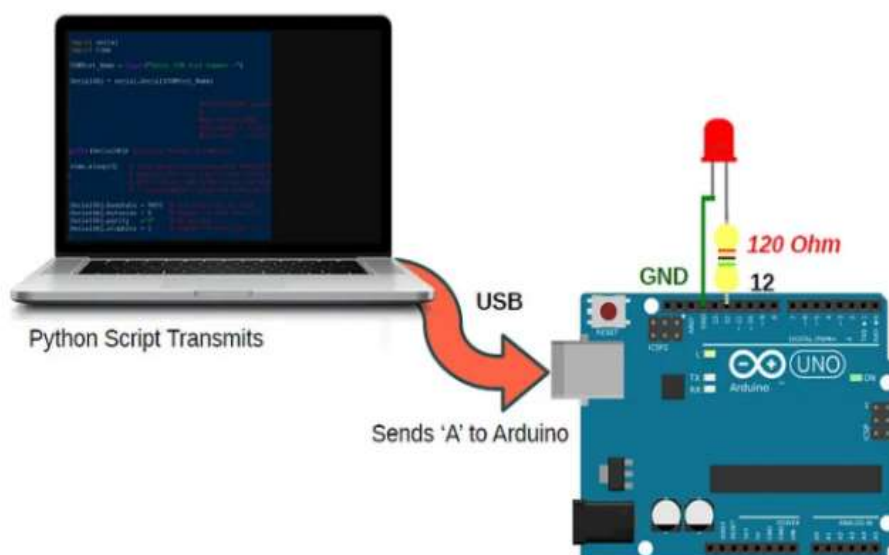
Mục đích

Giúp xử lý nhiều tác vụ song song, tránh bị block luồng chính (ở đây là các tác vụ xử lý YOLO). ngoài ra còn giúp tiết kiệm bộ nhớ so với sử dụng multi_processing (do chia sẻ không gian bộ nhớ)

Công thức

Thread = threading.Thread(target =yolo,...)

5.9.4. Giao tiếp serial



Hình 5.11: Truyền tín hiệu cho arduino qua cổng com của máy tính

Khái niệm

Giao tiếp serial là phương thức truyền dữ liệu theo từng bit một trên một đường truyền duy nhất (hoặc một cặp đường truyền đối xứng), khác với giao tiếp song song (truyền nhiều bit đồng thời). Đây là phương pháp phổ biến trong các hệ thống nhúng, IoT và giao tiếp giữa vi điều khiển với các thiết bị ngoại vi (cảm biến, màn hình, module RF, v.v.). Là nền tảng quan trọng trong nhúng và IoT, cân bằng giữa tốc độ, độ phức tạp và khoảng cách truyền. Tùy ứng dụng mà lựa chọn chuẩn phù hợp (UART cho đơn giản, SPI/I2C cho tốc độ, RS-485 cho công nghiệp).

Các bước thiết lập và nhận lệnh

- Thiết lập Baud Rate (ví dụ: 9600 bps) → xác định thời gian mỗi bit.
- Cấu hình khung dữ liệu (số bit dữ liệu, bit parity, bit stop).

Quy trình hoạt động

Sau khi khởi tạo, hệ thống sẽ gửi bit Start bằng cách kéo đường TX xuống mức 0 trong một chu kỳ Baud để báo hiệu bắt đầu quá trình truyền. Tiếp theo, từng bit dữ liệu được truyền tuần tự, mỗi bit giữ nguyên trạng thái trong đúng một chu kỳ Baud, thường bắt đầu từ bit LSB hoặc MSB tùy cấu hình. Nếu được kích hoạt, hệ thống sẽ gửi thêm bit Parity để kiểm tra lỗi trước khi kết thúc khung dữ liệu bằng cách kéo đường TX lên mức 1 (bit Stop) trong ít nhất một chu kỳ Baud, đánh dấu hoàn tất quá trình truyền. Ví dụ, để truyền ký tự 'A' (0x41 trong hệ hexa, tương ứng 01000001 trong hệ nhị phân) với khung 8N1, hệ thống sẽ gửi bit Start (0), tiếp theo là các bit dữ liệu theo thứ tự LSB (10000010), và cuối cùng là bit Stop (1). Quá trình này được lặp lại liên tục cho mỗi byte dữ liệu cần truyền đi, đảm bảo dữ liệu được gửi tuần tự và chính xác giữa thiết bị phát và thiết bị thu.

CHƯƠNG 6: TỔNG QUAN VỀ PHẦN CỨNG

6.1. Giới thiệu về ThinkCentre M700 Tiny

ThinkCentre M700 Tiny là một máy tính để bàn (mini PC) dạng nhỏ gọn do Lenovo phát triển, thuộc dòng ThinkCentre hướng đến đối tượng doanh nghiệp và các ứng dụng nhúng/giám sát yêu cầu diện tích bàn làm việc hạn chế, nhưng vẫn đảm bảo hiệu năng đáp ứng được các công việc xử lý hình ảnh, AI nhẹ, điều khiển hệ thống [15]. Về cơ bản, M700 Tiny có kích thước chỉ bằng một cuốn sách (khoảng $17.9 \times 17.9 \times 3.4$ cm), hỗ trợ gắn ngàm VESA phía sau màn hình, dễ dàng bố trí trong không gian hạn chế. Về cấu hình, tùy từng model, ThinkCentre M700 Tiny có thể được trang bị CPU Intel Core i3/i5/i7 thế hệ 6 (Skylake) tiết kiệm năng lượng, hỗ trợ tối đa 32 GB RAM DDR4, ổ lưu trữ SSD M.2 PCIe hoặc SATA, cùng các giao tiếp phổ biến như USB 3.1, DisplayPort, VGA, LAN Gigabit, audio in/out.



Hình 6.1: Mặt trước của ThinkCentre M700 Tiny

- Đa màn hình: Tùy model bo mạch, M700 Tiny thường có tối đa 2 đầu ra video (1×DisplayPort + 1×VGA), hoặc (1×DP + 1×DP) ở một số mẫu nâng cấp, cho phép chạy song song GUI hiển thị kết quả nhận diện + giao diện điều khiển Arduino.
- Tích hợp DirectX 12 & OpenGL 4.5: Cho phép hiển thị đồ họa 3D cơ bản, thuận tiện khi cần vẽ overlay (ví dụ vẽ đường lane) lên luồng video trong môi trường Windows hoặc Ubuntu với X Server/OpenGL.

6.2.1.3. Kiến trúc GPU

- EU (Execution Unit): UHD Graphics 630 có 24 EU, chia thành 3 slice, mỗi slice 8 EU. Mỗi EU thực thi đồng thời 2 luồng SIMD 8 phần tử FP32.
- Media Engine: Bao gồm VME (Video Motion Estimation), FE (Fixed Function Encoder), IE (Image Enhancer) và LV (Low-power Video Accelerator) dùng cho giải mã/mã hóa H.264/H.265, tối ưu thao tác streaming camera.
- Memory Interface: Dùng chung RAM hệ thống (shared memory), với controller DDR4-2133/2400, băng thông tối đa (~34 GB/s), đủ để xử lý khung hình 1080p @ 30 fps cho AI CV cơ bản.

6.2.2. Tổng hợp CPU (Intel Core i5/i7 Skylake)

ThinkCentre M700 Tiny thường trang bị các CPU thuộc Intel Core thế hệ 6 (Skylake), ví dụ: Core i5- 6500T (4 cores/4 threads, 2.5 GHz–3.1 GHz Turbo, TDP 35 W), hoặc Core i7- 6700T (4 cores/8 threads, 2.8 GHz–3.6 GHz Turbo, TDP 35 W). Các thông số chủ yếu:

- Kiến trúc Skylake (14 nm): Mỗi core có 32 KB L1 I- cache + 32 KB L1 D-cache, 256 KB L2 cache, dùng chung 6 MB SmartCache (L3).
- TDP 35 W: Thấp hơn so với desktop thông thường (65 W), phù hợp cho hệ mini tiết kiệm điện, làm mát bằng quạt nhỏ.
- Hyper- Threading (với i7): Cho phép xử lý 8 luồng đồng thời, đem lại hiệu năng tốt khi chạy đa tiến trình (ví dụ: một tiến trình lấy khung hình + tiền xử lý; một tiến trình infer; một tiến trình vẽ/kết nối Arduino).
- Instruction Set: Hỗ trợ SSE4, AVX2, BMI1/2, giúp tăng tốc các phép toán vector, arithmetic cần thiết cho xử lý ảnh (OpenCV sử dụng SSE/AVX).

Nhờ CPU Intel Skylake, ThinkCentre M700 Tiny đủ đáp ứng các tác vụ:

- Tiền xử lý ảnh (filter, Gaussian blur, edge detection) cỡ 30–45 fps cho ảnh 640×480.
- Infer nhẹ (ví dụ YOLOv5-nano, OpenVINO FP16) ~10–15 fps ở độ phân giải thấp.
- Điều khiển giao tiếp UART/USB với Arduino, thu dữ liệu cảm biến, v.v.

6.2.3. Hệ thống bộ nhớ

ThinkCentre M700 Tiny hỗ trợ hai khe SO-DIMM DDR4 2400 MHz, tối đa 32 GB (2 × 16 GB). Cụ thể:

- RAM: Thường xuất xưởng với 4 GB hoặc 8 GB DDR4- 2400 SO-DIMM, hỗ trợ nâng cấp lên 16/32 GB.
- Ổ cứng chính: Khe M.2 2280 SATA hoặc PCIe 3.0 x4 (tùy model) cho SSD, thường dùng SSD 128/256/512 GB NVMe, cho tốc độ đọc/ghi lên đến ~1 500 MB/s (đối với PCIe SSD) hoặc ~500 MB/s (SATA SSD).
- Ổ cứng phụ (2.5"): Một số phiên bản hỗ trợ khay 2.5" SATA, người dùng có thể lắp HDD 500 GB 7200 rpm hoặc SSD 2.5", làm kho lưu trữ dataset hình ảnh/video.

Bộ nhớ RAM tốc độ cao giúp xử lý buffer hình nhanh, giảm lag khi chạy pipeline xử lý ảnh. SSD NVMe cho phép khởi động hệ điều hành nhanh, đọc/ghi log và dataset AI thuận tiện.

6.2.4. Giao diện xuất hình (Display Output)

6.2.4.1. DisplayPort (DP 1.2)

Hỗ trợ độ phân giải tới 4K (3840×2160) @ 60 Hz, dùng cáp DP-to-DP hoặc DP-to-HDMI (adapter) để kết nối với màn hình/tivi.

Chức năng Multi- stream Transport (MST): Có thể nối daisy- chain hai màn hình DP (tùy model BIOS) hoặc xuất đồ hai màn hình độc lập (tùy số lượng cổng DP).

6.2.4.2. VGA (D-Sub 15-pin)

Hỗ trợ độ phân giải tối đa 1920×1200 @ 60 Hz (năng lực VGA tích hợp). Thích hợp với các màn cũ, phòng lab sử dụng màn CRT/LCD cũ.

6.2.4.3. Bộ giải mã/hiển thị

Intel Display Engine: Quản lý hiển thị, hỗ trợ overlay hình ảnh 2D từ CPU/GPU, Scale/Rotate. Đối với Ubuntu, dùng driver i915 tích hợp trong kernel Linux; đối với Windows 10, dùng Intel UHD Graphics driver.

6.2.5. Bộ xử lý cảm biến

- Camera USB (SJCAM): Hình ảnh từ camera SJCAM được truyền qua USB 2.0/3.0 về CPU, sau đó CPU/GPU sẽ xử lý trực tiếp.
- GPIO Header (COM port): M700 Tiny có một header COM/Serial (RS-232 TTL) để giao tiếp với cảm biến rời (ví dụ cảm biến vùng, cảm biến siêu âm, v.v.), xử lý dữ liệu trên CPU.
- USB Port: Các cảm biến dạng USB (Lidar USB-to-UART, Mic camera stereo) truyền dữ liệu vào qua USB, CPU/GPU/OSS (Operating System Services) chuyển thành dữ liệu người dùng.

Toàn bộ “xử lý cảm biến” (ví dụ: đọc Góc lái từ Arduino, dữ liệu Lidar) đều diễn ra trên CPU, thay vì có ISP chuyên biệt. Ưu điểm: linh hoạt nhiều loại cảm biến, nhưng CPU phải chịu tải.

6.2.6. Hệ thống bảo mật

ThinkCentre M700 Tiny được trang bị nhiều tính năng bảo mật ở phần cứng.

- Trusted Platform Module (TPM 2.0) (tùy phiên bản): Lưu trữ an toàn khóa mã hóa, chứng thực BIOS/UEFI, hỗ trợ BitLocker (Windows) hoặc LUKS (Linux).
- Intel vPro / Intel AMT (tùy biến thể): Quản lý từ xa (remote management), cho phép IT giám sát, cập nhật BIOS, cài đặt OS từ xa (khi triển khai tại phòng lab/doanh nghiệp).
- UEFI Secure Boot: Chỉ khởi động phần mềm/driver đã được ký số, tránh việc rootkit hoặc bootkit.
- Antivirus/Anti- malware: Mặc định ThinkCentre đi kèm Lenovo Endpoint Security, tích hợp sẵn driver cho TPM để mã hóa ổ đĩa.

Do đồ án chỉ tập trung vào thời gian chạy tại lab, phần “bảo mật” chủ yếu liên quan đến việc đảm bảo hệ thống không bị reboot do code lỗi; dùng UEFI thoát nhanh khi cần debug.

6.2.7. Bộ điều khiển hiển thị

Như đã nêu ở mục 5.2.4, ThinkCentre M700 Tiny dùng Intel Integrated Graphics để điều khiển hiển thị. Cụ thể:

- Intel Display Power Management Signaling (DPMS): Tự động tắt/mở màn hình khi không có tín hiệu.
- DDI (Digital Display Interface): CPU/GPU gửi tín hiệu số (TMDS/DP) đến màn hình hỗ trợ HDCP 2.2 (DRM), phù hợp khi xuất hình video mã hóa.
- GT Tuning & Power States: Quản lý clock GPU dựa trên tải, giảm điện năng khi idle.

Trong đồ án, nhiệm vụ chính là thể hiện kết quả xử lý hình ảnh – có thể là vẽ lane detection lên khung ảnh – thông qua thư viện như OpenCV imshow() (Windows) hoặc cv2.imshow() (Ubuntu), hoặc sử dụng Qt để render. M700 Tiny xử lý lệnh draw overlay lên buffer video, sau đó chuyển xuống GPU để hiển thị thực tế.

6.2.8. Hệ thống con âm thanh – video độ nét cao

ThinkCentre M700 Tiny trang bị codec Realtek ALC 221 HD Audio (trên bus HD Audio, liên kết qua Intel Lynx Point PCH). Các thành phần chính:

6.2.8.1. Bộ giải mã (Codec) âm thanh đa kênh

- Hỗ trợ High Definition Audio: Lên tới 5.1 surround sound, sample 24-bit @ 192 kHz (đối với Windows) hoặc 24-bit @ 96 kHz (Ubuntu).
- Realtek ALC221: Được tích hợp trên chân cắm mạch, đảm bảo playback/record âm thanh; microphone-in (stereo), line-in, line-out, headphone-out.
- Âm thanh kỹ thuật số (S/PDIF): Không có cổng S/PDIF tích hợp trên M700 Tiny chuẩn, nhưng có thể dùng USB dongle.

6.2.8.2. Bộ tổng hợp hình ảnh video (Display Engine)

- Như đã trình bày ở 6.2.4.3, Intel Display Engine đóng vai trò tổng hợp các layer GUI và buffer video trước khi đưa ra DisplayPort/VGA.
- Hỗ trợ overlay OSD (On- Screen Display) do BIOS/UEFI cung cấp (ví dụ hiển thị thông số nhiệt độ, tốc độ quạt khi cần debug).

6.2.8.3. Công cụ xử lý âm thanh (Audio Processing Engine)

- Driver Realtek HD Audio (Windows) hoặc ALSA/PulseAudio (Ubuntu): Cung cấp khả năng áp dụng filter, equalizer, echo cancellation (khi dùng microphone).

- Trong đồ án, phần âm thanh ít được dùng (chỉ khi cần thông báo trạng thái, cảnh báo). Thông thường code Python có thể gọi pygame hoặc thư viện playsound.

6.2.8.4. Âm thanh độ nét cao (HAD)

- Intel PCH cung cấp bus HDA (hi-profile PCM), kết nối codec Realtek, hỗ trợ sampling rate cao.
- Trong Ubuntu, module snd_hda_intel đảm nhiệm việc tương tác kernel với codec; dễ dàng điều chỉnh AlsaMixer.

6.2.9. Mô tả toàn diện các giao tiếp ngoại vi

6.2.9.1. Bus nối tiếp vạn năng (USB)

- 4× USB 3.1 Gen 1 (5 Gbps): Thường gồm 2 cổng phía sau, 2 cổng phía trước. Dùng kết nối camera USB (SJCAM, webcam), USB-to-UART (Arduino), USB storage (dự trữ dataset).
- 2× USB 2.0: Dùng kết nối chuột/bàn phím, USB dongle Lidar/ cảm biến chậm.

6.2.9.2. PCI Express (PCIe)

- 1× khe M.2 2280 PCIe 3.0 x4: Dùng cho SSD NVMe, tốc độ đọc ghi lên tới ~1 500 MB/s.
- 1× khe M.2 2242/2260 SATA (tùy model): Có thể gắn SSD SATA M.2 hoặc module Wi-Fi/Bluetooth M.2 (CNVi).
- Không có khe PCIe x16/x1: Do kích thước Tiny, không thể cắm card rời.

6.2.9.3. Giao diện ngoại vi nối tiếp (SPI)

ThinkCentre M700 Tiny không expose SPI header ra bên ngoài; mọi tương tác SPI nếu có phải thông qua adapter USB-to-SPI (ví dụ FTDI).

6.2.9.4. Bộ thu/phát không đồng bộ đa năng (UART)

- Header 4-pin COM trên bo mạch (RS-232 TTL) nối vào cổng logic-level UART (TX, RX, GND, VCC). Dùng để giao tiếp với Arduino hoặc mô-đun GNSS.
- Cần mở trong BIOS “Serial Port Redirection” để sử dụng COM trên Linux/Windows (ví dụ /dev/ttyS0 hoặc COM1).

6.2.9.5. Mạng khu vực điều khiển (CAN)

ThinkCentre M700 Tiny không tích hợp giao thức CAN; nếu cần CAN bus (như đọc dữ liệu OBD2), phải dùng USB-to-CAN module (ví dụ PEAK CAN USB, hoặc CAN-Bridge).

6.2.9.6. Gigabit Ethernet

Intel I219-LM Gigabit Ethernet (10/100/1000 Mbps), hỗ trợ Wake-on-LAN, PXE boot.

Thích hợp cho giao tiếp giữa máy chủ trung tâm và xe mô hình (nếu cần streaming video), hoặc dùng SSH từ xa trong giai đoạn debug.

6.2.9.7. Quạt

- ThinkCentre M700 Tiny dùng quạt 40 mm hoặc 60 mm (tùy revision), điều khiển tốc độ bằng PWM (4-pin fan header).
- BIOS tích hợp Fan Curve: điều khiển dựa trên nhiệt độ CPU/PCH, giúp quản lý tiếng ồn và nhiệt độ tối ưu.

6.2.9.8. Bộ điều biến độ rộng xung (PWM)

- PWM 4-pin fan header: Cho phép BIOS/OS điều chỉnh tốc độ quạt (tần số ~25 kHz).
- GPIO pins: Một số chân GPIO có thể xuất PWM (thông qua CMT, điều khiển quạt phụ) khi chạy Ubuntu với module pwm-generic hoặc Windows với driver OEM.

6.3. Quản lý hệ thống và nguồn điện

ThinkCentre M700 Tiny sử dụng một adapter nguồn ngoài (External Power Brick) 65 W (DC 19 V – 3.42 A), tích hợp mạch PMIC trên bo mạch để cung cấp điện cho các thành phần. Phần này tóm tắt các khía cạnh quản lý nguồn như sau:

6.3.1. Đường ray điện

- Vin 19 V từ adapter: Cấp cho mạch DC-DC Buck bên trong bo mạch, hạ xuống 12 V, 5 V, 3.3 V, 1.2 V, 1.0 V (cho CPU), 0.9 V (cho GPU), 5 VSB (standby).
- Buck Converters: Dựa vào IC (ví dụ Texas Instruments, Richtek) để chuyển điện áp, cấp cho CPU, chipset, RAM và các thiết bị ngoại vi.

6.3.2. Miền/Vùng quyền lực

- Domain VIN 19 V: Ngoài adapter, khi có 19 V, mạch PMIC bắt đầu cấp 5 VSB (standby), duy trì mạch BIOS, RTC, UART, cho phép “Wake on LAN” và “Power button” luôn sẵn sàng.
- Domain S0 (On): CPU và chipset nhận đủ điện áp (1.0 V–1.2 V cho CPU, 0.9 V cho GPU, 1.05 V cho PCH), toàn bộ hệ thống hoạt động.

- Domain S3 (Sleep): CPU ngừng hầu hết modules, chỉ RAM được cấp năng lượng (để giữ nội dung), cho phép resume nhanh.
- Domain S5 (Soft Off): Tắt gần như toàn bộ ngoại trừ 5 VSB, chờ tín hiệu bật máy.

6.3.3. Bộ điều khiển quản lý nguồn (PMC)

- PmCtrl IC (Power Management Controller): Được tích hợp trên chipset Intel PCH Lynx Point. Đảm nhận chức năng: giám sát điện áp, điều khiển rail điện, seed reset, wake events (Power Button, LAN, RTC).
- EC (Embedded Controller): Một MCU nhỏ (đôi khi tích hợp trên chipset PCH hoặc riêng) quản lý bàn phím, power button, đèn LED trạng thái, quạt, v.v.

6.3.4. Đặt lại (Reset)

- CPU Reset: Khi phát hiện lỗi điện áp (UV/OV) hoặc watchdog (thông qua BIOS/EC), PMC gửi tín hiệu RESET# xuống CPU để khởi động lại.
- EC Watchdog: Theo dõi tình trạng hệ thống (như nếu OS không phản hồi, EC có thể kích hw reset).

6.3.5. PMIC_BBAT

BBAT (Battery Backup): Cung cấp nguồn cho CMOS RTC (pin cmos 3 V) để giữ giờ, giữ BIOS settings khi adapter tháo. ThinkCentre Tiny có pin CMOS rời, lưu trữ lịch BIOS và ngày giờ.

6.3.6. Trình tự nguồn

6.3.6.1. Bật nguồn

1. Adapter 19 V được cắm, PCH nhận, cung cấp 5 VSB, EC khởi tạo.
2. Khi nhấn Power Button, EC gửi tín hiệu PS_ON# tới PMIC, PMC bật các rail điện: 1.05 V (PCH), 1.2 V (CPU), 0.9 V (GPU), 5 V, 3.3 V.
3. CPU nhận clock reference từ ClkGen (Clock Generator), khởi động BIOS/UEFI, ECC memory training (DDR4).
4. Khi DRAM và CPU sẵn sàng, BIOS load boot loader từ SSD/HDD, chuyển sang khởi động OS.

6.3.6.2. Tắt nguồn

1. OS gửi tín hiệu shutdown ACPI (ACPI- S5) tới EC.
2. EC yêu cầu PCH cắt nguồn hệ thống, giữ 5 VSB duy trì CMOS, sau đó adapter vẫn cắm. Nếu rút adapter, 5 VSB mất, CMOS mất điện, RTC ngừng.

6.3.7. Các trạng thái quyền lực

6.3.7.1. Trạng thái BẬT (S0)

CPU, chipset, GPU, RAM hoạt động, quạt chạy theo nhiệt độ. OS khởi động hoàn chỉnh, driver tất cả thiết bị sẵn sàng.

6.3.7.2. Trạng thái TẮT (S5)

Toàn bộ rail hệ thống tắt, chỉ còn 5 VSB (khoảng 0.1 W), EC vẫn nhận tín hiệu Power Button, LAN.

6.3.7.3. Trạng thái NGỦ (S3)

RAM vẫn có điện (để giữ data), CPU, GPU, PCH ở chế độ nghỉ (cắt xung clock nhưng giữ rail), tiêu thụ ~2–3 W. Quạt tắt, adapter vẫn cấp 5 VSB. Khi nhấn Power Button, hệ thống resume nhanh (trong vài giây).

6.3.8. Giám sát nhiệt và điện

Intel PCH Sensor + EC: Theo dõi nhiệt độ CPU, VRM (Voltage Regulator Module), PCH. Khi nhiệt > threshold (ví dụ 90 °C), EC tăng tốc độ quạt lên max (PWM 100 %), nếu vẫn quá nhiệt, EC có thể yêu cầu BIOS shut- down để bảo vệ.

Voltage Monitoring: PMIC giám sát rail điện (1.05 V, 1.2 V, 0.9 V, 5 V, 3.3 V). Khi điện áp lệch (UV/OV), hệ thống reset hoặc tắt cứng.

6.3.9. Hành vi khởi động lại khi bật nguồn

Khi nguồn AC restored sau khi mất điện, EC/BIOS có tùy chọn: “Power on” (khởi động tự động), “Stay off”, “Last State”. Thường cài mặc định “Last State” (nếu đang bật, bật lại; nếu tắt, giữ tắt).

6.3.10. Hành vi ngủ

Khi OS gọi ACPI S3 (Sleep), EC/PMC cắt clock CPU, GPU, PCH ngoại trừ DIMM, module wake events (Power Button, LAN), toàn bộ quạt tắt, tiêu thụ thấp. Khi nhấn nút, power sequence thực hiện resume, load lại hệ thống từ RAM.

6.3.11. GPIO

ThinkCentre M700 Tiny không có header GPIO giống như board nhúng; tuy nhiên, có SPI/I2C/GPIO ẩn trong SIO chip (thường dùng microcontroller EC). Nếu cần, phải nối dây từ board mạch chủ (đòi hỏi kỹ năng hàn). Trong đồ án, ta chủ yếu dùng UART (COM header) hoặc USB để giao tiếp với Arduino thay vì GPIO trực tiếp.

6.4. Lập trình hệ thống

6.4.1. Cài đặt WINDOWS 10

Tạo USB Bootable

- Tải file ISO Windows 10 (phiên bản 21H2 trở lên) từ trang chính thức của Microsoft.
- Dùng Rufus:
 - Chọn USB ≥ 8 GB, format FAT32.
 - Partition scheme: GPT, Target system: UEFI (non CSM).
 - Chọn ISO Windows, nhấn Start \rightarrow chờ ~ 5 phút để hoàn thành.

Cấu hình BIOS/UEFI

- Khi khởi động ThinkCentre M700 Tiny, nhấn giữ F1 để vào BIOS.
- Trong mục Security \rightarrow Secure Boot Control:
 - Nếu cài driver chuẩn của Lenovo và OpenVINO (đã ký số), giữ Enabled. Nếu gặp lỗi driver custom, tạm Disabled.
- Trong Security \rightarrow Trusted Platform Module (TPM): Enable (cần cho Windows 10 BitLocker hoặc chuẩn Windows 11).
- Trong Config \rightarrow Serial Port: Enabled nếu dùng header COM onboard để giao tiếp Arduino.
- Trong Config \rightarrow Fan Control \rightarrow Fan Speed Mode: Chọn “Optimized” (mặc định) hoặc “Cooler” (nếu ưu nhiệt).
- Trong Power \rightarrow AC Power Recovery: Chọn Last State (máy tự khởi nếu trước đó đang bật khi mất điện).
- Trong Boot \rightarrow Boot Mode: UEFI Only (disable CSM).
- Nhấn F10 \rightarrow Yes để lưu và thoát.
- Quy trình cài Windows 10
- Khởi động từ USB Bootable, chọn kiểu ngôn ngữ (English/Việt), múi giờ “Vietnam (UTC+07:00)”, bàn phím “US” (hoặc “Vietnamese”).
- Chọn Install Now \rightarrow nhập hoặc bỏ qua Product Key (có thể activate sau).
- Chọn Custom: Install Windows only.
- Xóa toàn bộ phân vùng hiện tại (nếu cần làm sạch), nhấn New để Windows tự tạo đồ phân vùng:

- EFI System Partition (~100 MB, FAT32)
- MSR (~16 MB)
- Primary Partition (còn lại, NTFS, gán C:)
- Chọn phân vùng C: → Next, Windows sẽ copy file và cài đặt (~10–15 phút).
- Máy tự khởi lại 1–2 lần, vào giao diện OOBE:
 - Chọn khu vực “Vietnam”, bố cục bàn phím “US” (hoặc “Vietnamese Keyboard”).
 - Tạo tài khoản Local (hoặc Microsoft, tùy bạn).
 - Tắt/tắt các tùy chọn privacy.
- Khi vào Desktop, kết nối Internet (Ethernet hoặc USB Wi-Fi) để Windows 10 tự tải một số driver cơ bản.

6.4.2. Cài Driver Lenovo chính hãng

Sau khi vào Windows 10 lần đầu, cần cài đủ driver để đảm bảo mọi thiết bị hoạt động ổn định. Có hai cách:

1. Sử dụng Lenovo Vantage
 - Mở Microsoft Store, tìm và cài Lenovo Vantage.
 - Mở Lenovo Vantage → vào System Update → nhấn Check for updates.
 - Chọn tất cả BIOS, driver Chipset, Intel UHD Graphics 630, Intel Management Engine Interface, LAN (I219-LM), Realtek Audio, Intel Serial IO (nếu bạn cần dùng serial onboard), Intel Rapid Storage Technology (nếu gắn HDD SATA).
 - Nhấn Download & Install.
 - Khi hoàn tất, khởi động lại máy.
2. Tải và cài thủ công từ support.lenovo.com
 - Truy cập trang Lenovo Support → chọn model ThinkCentre M700 Tiny → Downloads.
 - Tải theo thứ tự sau:
 1. Chipset Driver (Intel C236)
 2. Intel UHD Graphics 630 Driver
 3. Intel Management Engine (MEI) Driver
 4. Intel LAN Driver (I219-LM)
 5. Realtek High Definition Audio Driver

6. Intel Serial IO Driver (khi dùng COM header onboard)
7. Intel Rapid Storage Technology (khi dùng ổ SATA)
 - Cài lần lượt từng driver theo đúng thứ tự (mỗi gói cài xong, khởi động lại nếu cần).
 - Mở Device Manager (nhấn Windows + X → Device Manager), kiểm tra không còn mục “Other devices” hoặc chấm than vàng.

6.4.3. Cài đặt môi trường phát triển (Dev Environment)

Ở mục này, chúng ta sẽ cài Visual Studio Code, Python, OpenCV, OpenVINO, và Arduino IDE trên Windows 10.

6.4.3.1. Visual Studio Code (VS Code)

1. Tải & cài đặt
 - Truy cập <https://code.visualstudio.com> → Download bản Windows 64-bit (User Installer).
 - Chạy file .exe, chọn “Add to PATH” để có thể gọi code từ Command Prompt.
 - Khi cài, có thể tick “Open with Code” để dễ mở thư mục dự án.
2. Cài extension cần thiết
 - Mở VS Code, vào Extensions (Ctrl+Shift+X), tìm và cài:
 - Python (Microsoft): hỗ trợ IntelliSense, linting, debug, virtual environment.
 - C/C++ (Microsoft): hỗ trợ IntelliSense và debug C/C++.
 - CMake Tools (nếu dùng CMake cho dự án C++).
 - Arduino (Microsoft) hoặc PlatformIO IDE (tùy chọn): hỗ trợ biên dịch và upload code Arduino từ VS Code.
 - Remote - SSH: nếu bạn muốn remote debug hoặc SSH vào M700 Tiny từ máy khác.
 - GitLens (nếu quản lý mã nguồn với Git).
3. Cấu hình cơ bản
 - Khởi tạo thư mục dự án; tạo file .vscode/settings.json

```
{  
  
  "python.pythonPath": "C:/Python39/python.exe",  
  
  "python.linting.enabled": true,  
  
  "python.linting.flake8Enabled": false,
```

```
"python.linting.pylintEnabled": true,  
"python.formatting.provider": "black"  
}
```

- Tạo file launch.json (trong .vscode/launch.json) để debug Python hoặc C++:

```
{  
  "version": "0.2.0",  
  "configurations": [  
    {  
      "name": "Python: Current File",  
      "type": "python",  
      "request": "launch",  
      "program": "${file}",  
      "console": "integratedTerminal"  
    },  
    {  
      "name": "C++ Launch (gdb)",  
      "type": "cppdbg",  
      "request": "launch",  
      "program": "${workspaceFolder}/build/<your_executable>.exe",  
      "args": [],  
      "stopAtEntry": false,  
      "cwd": "${workspaceFolder}",  
      "environment": [],  
      "externalConsole": false,
```

```
"MIMode": "gdb",  
  
"miDebuggerPath": "C:/MinGW/bin/gdb.exe",  
  
"setupCommands": [  
  
  {  
  
    "description": "Enable pretty-printing for gdb",  
  
    "text": "-enable-pretty-printing",  
  
    "ignoreFailures": true  
  
  }  
  
]  
  
}  
  
]
```

6.4.3.2. Cài Python và OpenCV

1. Cài Python 3.x

- Tải Python từ <https://www.python.org/downloads/windows> (ví dụ Python 3.9.16 64-bit).
- Khi cài, tick vào “Add Python to PATH”.
- Mở Command Prompt (nhấn Windows + R → gõ cmd), kiểm tra:
 - `python --version` # hiển thị Python 3.9.x
 - `pip --version`

2. Tạo Virtual Environment (venv)

Trong Command Prompt (hoặc PowerShell), chuyển vào thư mục dự án:

- `cd C:\path\to\your_project`

```
python -m venv venv
```

```
venv\Scripts\activate # Kích hoạt venv
```

Khi thấy prompt chuyển thành (venv) C:\path\to\your_project>, nghĩa là venv đã được kích hoạt.

- Cập nhật pip:

```
python -m pip install --upgrade pip
```

3. Cài OpenCV và thư viện khoa học

- Trong venv, gõ:

```
pip install numpy
```

```
pip install opencv-python # Bao gồm các module cơ bản
```

```
pip install opencv-contrib-python # Nếu cần các module extra (SIFT, xfeatures2d...)
```

```
pip install scipy scikit-learn matplotlib pillow
```

```
pip install pyserial # Giao tiếp Serial với Arduino
```

```
pip install ultralytics # Nếu cần YOLOv8
```

- Để dung PyTorch CPU

```
pip install torch torchvision --index-url https://download.pytorch.org/whl/cpu
```

4. Kiểm tra OpenCV hoạt động

- Tạo file test_opencv.py với nội dung:

```
import cv2
```

```
print("OpenCV version:", cv2.__version__)
```

```
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
```

```
if not cap.isOpened():
```

```
    print("Không thể mở camera")
```

```
else:
```

```
    ret, frame = cap.read()
```

```
    if ret:
```

```
        print("Đã nhận frame kích thước:", frame.shape)
```

cap.release()

- Chạy:

python test_opencv.py

- Kết quả phải in ra phiên bản OpenCV và kích thước frame

6.4.3.3. Cài OpenVINO™ Toolkit trên Windows 10

1. Tải và cài OpenVINO for Windows

- Truy cập Intel OpenVINO Toolkit (<https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/tools/opencv-toolkit/download.html>).
- Chọn gói Installer for Windows (ví dụ w_openvino_toolkit_p_2022.1.0.643.exe).
- Chạy file .exe, cài đặt vào đường dẫn mặc định (C:\Program Files (x86)\Intel\opencv_<version>).
- Trong quá trình cài, tích chọn “Install Intel® OpenVINO™ Runtime” và “Install Intel® Model Optimizer and Deep Learning Workbench”.

2. Cài Intel® Graphics Compute Runtime for OpenCL (plugin GPU)

- Truy cập trang GitHub “Intel Graphics Compute Runtime for OpenCL on Windows” (ví dụ <https://github.com/intel/compute-runtime/releases>).
- Tải bản phù hợp cho Windows 10, cài xong để hệ thống nhận iGPU là thiết bị OpenCL.

3. Thiết lập biến môi trường

- Mở Start → All Apps → Intel OpenVINO™ → OpenVINO Environment Variables (Use Setup Wizard).
- Hoặc từ Command Prompt as Administrator, gõ: cd "C:\Program Files (x86)\Intel\opencv_<version>\bin\intel64\Release" setupvars.bat
- Việc này sẽ thêm InferenceEngine, MO (Model Optimizer) vào PATH, đặt IE_PLUGINS_PATH trỏ đến các thư mục plugin CPU/GPU.

4. Kiểm tra OpenVINO

- Mở Command Prompt (mới) và chạy: cd "C:\Program Files (x86)\Intel\opencv_<version>\deployment_tools\inference_engine\samples\c

```
pp\x64\Release" benchmark_app.exe -m "..\..\..\models\intel\resnet-50\FP16\resnet-50.xml" -d CPU
```

- Nếu hiển thị các chỉ số latency, throughput, nghĩa là plugin CPU đã hoạt động.
 - Chạy thử với -d GPU để kiểm tra plugin GPU (iGPU).
5. Chuyển mô hình (ONNX/TensorFlow) sang IR (FP16)
- VD. chuyển YOLOv5-nano ONNX sang IR: `cd "C:\Program Files (x86)\Intel\openvino_<version>\deployment_tools\model_optimizer" mo.exe -input_model "C:\path\to\yolov5n.onnx" --data_type FP16 --output_dir "C:\path\to\model_ir"`
 - Kết quả: tập hợp file .xml và .bin trong model_ir.

6.4.3.4. Cài đặt Arduino IDE & Giao tiếp Serial

1. Cài Arduino IDE

- Truy cập <https://www.arduino.cc/en/software> → tải “Windows Installer”.
- Chạy file .exe, cài đặt. Trong suốt quá trình, chọn “Install USB driver” để Windows 10 tự nhận Arduino.

2. Kiểm tra cổng COM

- Sau khi cắm Arduino UNO qua USB, mở Device Manager → Ports (COM & LPT), bạn sẽ thấy “Arduino UNO (COM x)”. Ghi nhớ cổng COM này để cấu hình trong Python.

6.4.4. Kiểm tra và sử dụng Camera UVC trên Windows

1. Kiểm tra Device Manager

- Mở Device Manager → Imaging Devices → phải chuột vào “USB Video Device” (hoặc “SJCAM ...”), chọn Properties.
- Nếu không hiện, thử right-click → “Scan for hardware changes”.

2. Cài phần mềm điều chỉnh camera

- Có thể cài AMCap (free) hoặc Camera Control để điều chỉnh exposure, focus, gain. Tuy nhiên, với OpenCV, chúng ta vẫn có thể set trực tiếp qua code.

CHƯƠNG 7: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

7.1. Phần cứng điều khiển động cơ

7.1.1. Arduino Uno

Arduino UNO là một bo mạch vi điều khiển dựa trên ATmega328P. Nó có 14 chân đầu vào/đầu ra kỹ thuật số (trong đó 6 chân có thể được sử dụng làm đầu ra PWM), 6 đầu vào tương tự, một bộ cộng hưởng gồm 16 MHz, kết nối USB, giắc cắm nguồn, đầu cắm ICSP và nút đặt lại. Arduino UNO được sử dụng làm vi điều khiển xử lý tín hiệu trung tâm và đưa ra các tín hiệu điều khiển cho động cơ BLDC và động cơ DC. Arduino Uno là nền tảng vi điều khiển phổ biến cho các ứng dụng nhúng, đặc biệt trong prototyping hệ thống điều khiển [22].



Hình 7.1: Arduino UNO

Bảng 7.1: Thông số kỹ thuật Arduino UNO

Thông số	Chi tiết
Vi điều khiển (Microcontroller)	ATmega328P (8-bit AVR core)
Điện áp hoạt động (Operating Voltage)	5 V
Điện áp đầu vào (đề nghị)	7–12 V
Điện áp đầu vào (giới hạn)	6–20 V
Chân I/O số (Digital I/O Pins)	14 (trong đó 6 chân hỗ trợ PWM)
Kênh PWM (PWM Channels)	6
Kênh vào Analog (Analog Input Channel)	6

Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

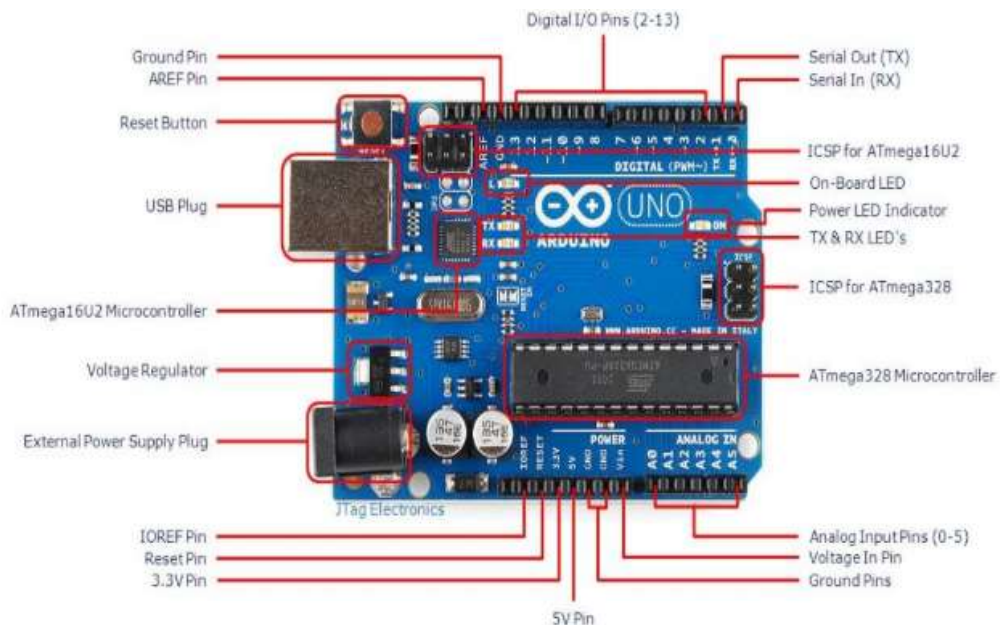
Dòng tối đa trên mỗi chân I/O	20 mA
Dòng tối đa ở chân 3.3 V	50 mA
Bộ nhớ Flash	32 KB (0.5 KB dành cho bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Tốc độ xung (Clock Speed)	16 MHz
Kết nối USB	USB-B
Jack nguồn (Barrel Jack)	5.5 mm/2.1 mm, hỗ trợ 6–20 V
Kích thước	68.6 mm × 53.4 mm
Trọng lượng	~25 g

Arduino UNO là một vi điều khiển hoạt động dựa trên chip Atmega328P:

14 chân digital (trong đó có 6 chân hỗ trợ PWM: 3,5,6,9,10,11).

2 ngắt ngoài: chân 2 (interrupt 0), chân 3 (interrupt 1).

6 chân vào analog (từ A0 đến A5).



Hình 7.2: Sơ đồ cấu trúc Arduino UNO

7.1.2. Bộ điều tốc động cơ BLDC HDK-24G-60A-80-A

Bộ điều tốc HDK-24G-60A-80-A là một bộ điều khiển động cơ BLDC chuyên dụng, hỗ trợ điều chế xung PWM với chức năng “tự học” (self-learning), phù hợp cho các ứng dụng xe điện, xe đạp điện, scooter...



Hình 7.3: Bộ điều tốc động cơ BLDC HDK-24G-60A-80-A

- Điện áp đầu vào (Operating Voltage): 24–60 V DC
- Dòng định mức liên tục (Continuous Current): 60 A
- Dòng đỉnh (Peak Current): 80 A
- Công suất tối đa (Max. Power): 4 800 W (tính theo 60 V × 80 A)
- Kiểu điều khiển (Control Mode): PWM self-learning
- Tín hiệu điều khiển (Command Inputs):
 - 3 kênh cảm biến Hall (3-phase Hall Sensors)
 - Tín hiệu ga tay, chân ga (throttle) hoặc analog 0-5 V
- Giao tiếp lập trình (Programming Interface): CAN bus hoặc UART/RS485 (tùy model)
- Chức năng bảo vệ (Protections):
 - Kết nối (Terminals): nguồn vào, 3 pha ra motor, Hall, throttle, CAN/RS485
 - Kích thước (Dimensions): khoảng 120 × 70 × 45 mm
 - Trọng lượng (Weight): ~200 g



Hình 7.4: Phân loại dây chức năng của bộ điều tốc động cơ BLDC HDK-24G-60A-80-A

1. Dây pha động cơ;
2. Dây chìa khóa;
3. Dây cảm biến Hall;
4. 3 dây tốc độ;
- 5,6. Dây hệ thống phanh;
7. Dây ga;
8. Dây cảm biến PAS;
9. Dây đảo chiều động cơ;
10. Dây hiển thị tốc độ;
11. Dây nối nguồn.

7.1.3. Mạch điều khiển động cơ DC BTS7960

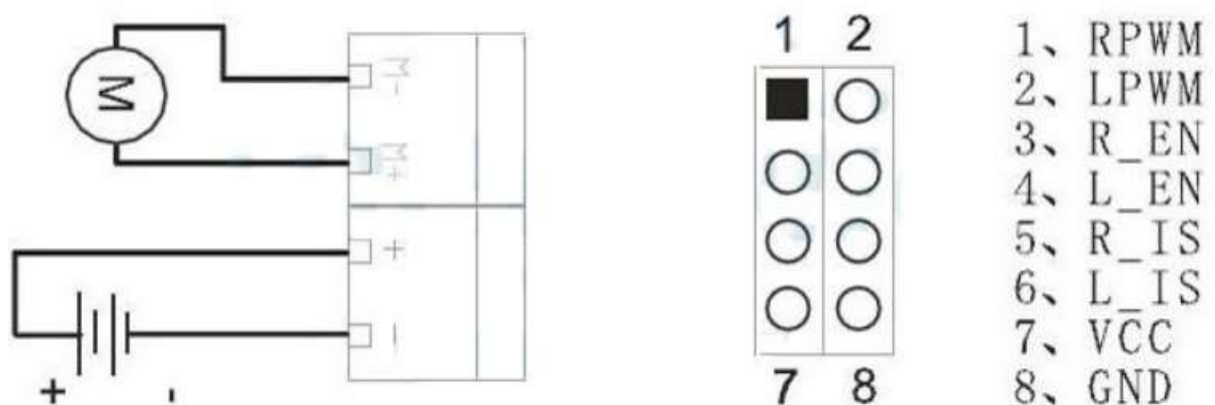
Bộ điều khiển động cơ DC BTS7960 là một mạch điều khiển cầu H tích hợp cao, bao gồm MOSFET kênh cao P-channel và MOSFET kênh thấp N-channel cùng mạch lái bên trong, hỗ trợ dòng liên tục đến 43 A và dòng đỉnh lên đến 100 A, với các chức năng bảo vệ quá áp, thấp áp, quá dòng và quá nhiệt tích hợp sẵn. Mạch điều khiển này nhận tín hiệu PWM logic 5 V để điều khiển tốc độ và chiều quay động cơ, rất phù hợp cho ứng dụng lái xe hoặc điều khiển động cơ công suất trung bình – cao.



Hình 7.5: Bộ điều khiển động cơ DC BTS7960

Bảng 7.2: Thông số bộ điều khiển động cơ DC BTS7960

Thông số	Giá trị điển hình
Điện áp nguồn động cơ (Drive Voltage)	6 – 27 V DC
Điện áp logic (V_{CC})	3.3 – 5 V
Dòng định mức liên tục (I_{cont})	43 A
Dòng đỉnh (I_{peak})	Lên đến 100 A (theo module thực tế)
Điện trở MOSFET ($R_{DS(on)}$)	16 mΩ @ 25 °C
Dòng tĩnh (Quiescent Current)	7 μA @ 25 °C
Tần số PWM hỗ trợ	0 – 25 kHz (active free-wheeling)
Chế độ điều khiển	PWM hoặc tín hiệu mức (level)
Đầu vào điều khiển	2 kênh PWM/level (INA, INB)
Công trạng thái (Status Flag)	Báo lỗi quá dòng/quá nhiệt/undervoltage (active low)
Chức năng bảo vệ	Over-current, Over-temp., Over-voltage, Under-voltage, Short-circuit
Kích thước module (PCB)	~50 × 50 × 20 mm
Nhiệt độ làm việc	-40 °C đến +150 °C (datasheet Infineon)



Hình 7.6: Sơ đồ nối chân bộ điều khiển động cơ DC BTS7960

1. RPWM – chân đảo chiều hoặc cấp PWM nửa cầu phải, Mức tích cực cao; 2. LPWM – chân đảo chiều hoặc cấp PWM nửa cầu trái, Mức tích cực cao; 3. R_EN – 0 Disable

nửa cầu phải, 1 Enable nửa cầu phải; 4. L_EN – 0 Disable nửa cầu trái, 1 Enable nửa cầu trái; 5. R_IS – giới hạn dòng nửa cầu phải; 6. L_IS – giới hạn dòng nửa cầu trái; 7. VCC – nguồn tạo mức logic điều khiển (5V-3V3); 8. GND – chân đất.

Thông thường chân R_EN và L_EN được nối chung với nhau, hai chân này sẽ được nối vào chân số 5 của Arduino UNO để nhận xung từ Arduino UNO giúp thay đổi tốc độ của động cơ DC.

7.1.4. Biến trở

Mục đích sử dụng biến trở là để cung cấp một tín hiệu điện áp analog biến thiên (từ 0V đến +5V) để Arduino UNO (hoặc khối so sánh) có thể đọc và xử lý. Cho phép thay đổi ngưỡng kích hoạt Relay một cách “thực tế” bằng cơ cấu cơ khí (xoay núm), không phải sửa đổi phần mềm hay hoán đổi linh kiện cố định.



Hình 7.7: Biến trở B10K (10kΩ)

Biến trở 3 chân tiêu chuẩn thường được quy định 2 chân 1 và 2 là chân cố định tức là có giá trị cố định, chân số 3 là chân chạy tức là chân thay đổi giá trị điện khi xoay núm vặn.

Bảng 7.3: Các thông số của biến trở B10K

Thông số	Giá trị
Độ dài nút chỉnh	15 (mm)
Đường kính nút chỉnh	7 (mm)
Loại biến trở	Volume đơn, loại 3 chân

Tổng trở kháng	1K Ω -1M Ω
Tổng dung sai kháng	$\pm 20\%$
Điện áp hoạt động tối đa	B Linear DC 50V/AC 25V
Công suất định mức	B Linear 0,5W
Điện áp chịu được	1 phút ở AC 250V
Góc quay toàn bộ	300 ± 10 (độ)
Khoảng cách quay	10~200gf.cm
Vòng quay	10000 chu kỳ



Hình 7.8: Sơ đồ 3 chân của biến trở B10K

1. Vcc – chân dương 5V; 2. Signal – chân tín hiệu; 3. GND – chân âm.

7.1.5. Encoder 600 xung 5-24V PNP (HN3806-AB-600F)

Encoder HN3806-AB-600F là một loại encoder quay với độ phân giải 600 xung trên mỗi vòng quay, sử dụng tín hiệu đầu ra dạng PNP và hoạt động ở điện áp từ 5 đến 24V. Trong đồ án này, encoder có nhiệm vụ chính là đo vị trí góc hoặc tốc độ quay của một trục, thường là trục động cơ hoặc trục bánh xe. Mỗi vòng quay của trục sẽ tạo ra 600 xung điện, từ đó vi điều khiển (Arduino UNO) có thể tính toán chính xác số góc đã quay hoặc vận tốc quay thông qua việc đếm số xung trong một khoảng thời gian. Tín hiệu PNP của encoder sẽ tạo mức điện áp cao (HIGH) khi có xung, giúp vi điều khiển dễ dàng nhận biết và xử lý tín hiệu. Trong hệ thống điều khiển, encoder này đóng vai trò phản hồi (feedback) giúp thực hiện điều khiển vòng kín, đảm bảo độ chính xác và ổn định cho quá trình điều khiển động cơ hoặc giám sát chuyển động.



Hình 7.9: Encoder HN3806-AB-600F

Bảng 7.4: Các thông số của Encoder HN3806-AB-600F

Thông số	Giá trị
Model	HN3806-AB-600F
Độ phân giải	600PPR (xung/vòng)
Điện áp hoạt động	DC 5-24V
Kiểu đầu ra	PNP (open-emitter), AB hai pha quadrature
Tần số đáp ứng	30 kHz
Tốc độ quay tối đa	6300 RPM
Kích thước thân	Đường kính $\phi 38$ mm
Đường kính trục	$\phi 6$ mm

7.1.6. Relay Songle 30A 6 chân SLA-12VDC-SL-C

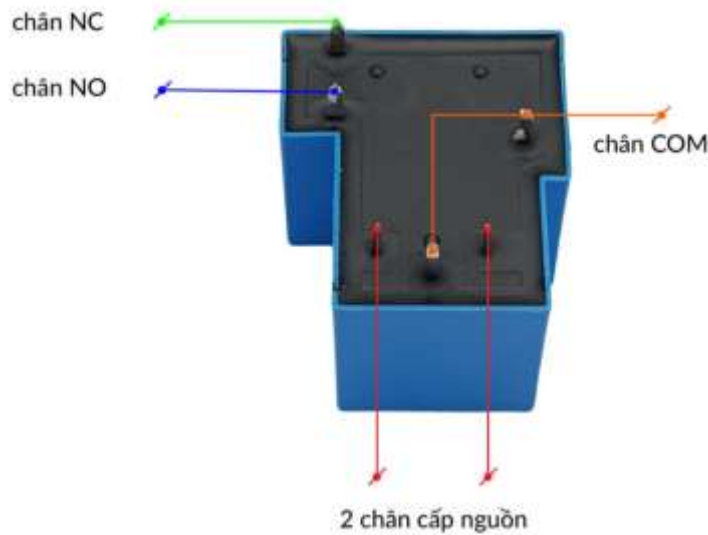
Relay Songle SLA-12VDC-SL-C là một relay điện từ SPDT (Single-Pole Double-Throw) 1 kênh, cuộn hút hoạt động ở điện áp 12 VDC với dòng tiêu thụ khoảng 75 mA (tương đương 0,9 W), cho phép đóng/ngắt các tải công suất cao lên đến 30 A/250 VAC hoặc 30 A/30 VDC. Ở đây, relay này đảm nhận vai trò cách ly hoàn toàn giữa mạch điều khiển (ví dụ Arduino, PLC...) và mạch tải công suất, đồng thời thực hiện chức năng đóng/ngắt tự động nguồn cho động cơ DC, tải điện trở hay các thiết bị công nghiệp theo tín hiệu điều khiển 12 VDC, giúp bảo vệ vi điều khiển và nâng cao tính ổn định của hệ thống.



Hình 7.10: Relay Songle 30A 6 chân SLA-12VDC-SL-C

Bảng 7.5: Thông số kỹ thuật chính của Relay

Thông số	Giá trị
Model	SLA-12VDC-SL-C
Điện áp cuộn hút (Coil)	12 VDC
Tiếp điểm tải (Contacts)	30 A / 250 VAC 30 A / 30 VDC
Số chân	6 (COM1, COM2, NO, NC)
Dòng tiêu thụ	~ 75 mA
Kích thước	~ 29 × 12.7 × 15.7 mm
Trọng lượng	~ 25 g
Tuổi thọ (cơ/điện)	10 ⁷ lần / 10 ⁵ lần



Hình 7.11: Sơ đồ chân relay 30A 6 chân

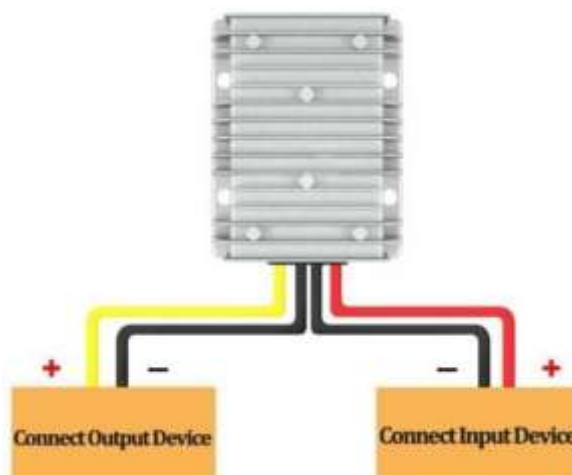
7.1.7. Mạch nguồn ổn áp DC 12V 10A

Vì mô hình sử dụng ắc-quy lithium 48V làm nguồn chính, việc trực tiếp cấp điện áp cao này cho các thiết bị điều khiển và cảm biến (Arduino UNO, Relay 12V, Encoder PNP, Mạch điều khiển động cơ,..) sẽ gây hư hỏng và hoạt động không ổn định. Do đó, sử dụng bổ sung một mạch ổn áp hạ nguồn từ 48V xuống 12V với dòng tối đa 10A, nhằm đảm bảo:

Điện áp ổn định: giúp loại bỏ dao động và nhiễu từ ắc-quy 48V, cung cấp cho các linh kiện nhạy cảm một mức 12V chính xác, tránh reset hay nhiễu tín hiệu.

Dung lượng dòng lớn: dòng ra 10A đủ để cấp đồng thời cho Arduino, Relay cuộn hút (~ 75 mA), Encoder, Module điều khiển motor và các phụ tải khác mà không lo quá tải.

Bảo vệ hệ thống: giảm thiểu nguy cơ quá áp, bảo vệ mạch điều khiển và gia tăng tuổi thọ thiết bị.



Hình 7.12: Sơ đồ kết nối mạch nguồn ổn áp

Bảng 7.6: Thông số kỹ thuật của mạch ổn áp DC-DC 48V-12V

Thông số	Giá trị	Ghi chú
Kiểu mạch	DC-DC Buck Converter (có tản nhiệt nhôm)	Làm mát bằng tản nhiệt nhôm
Điện áp đầu ra (Input)	36-60V DC	Phù hợp với Pin Li-ion 48V (13S)
Điện áp đầu ra (Output)	12V DC \pm 0,1V	Ổn định cho Arduino, relay,...
Dòng ra tối đa	10A	Cho phép cấp đồng thời nhiều tải
Công suất tối đa	120W	12V x 10A
Hiệu suất chuyển đổi	90 – 95 %	Giảm tổn thất tỏa nhiệt
Tính năng bảo vệ	Quá dòng, quá áp, quá nhiệt, ngắn mạch	Tự động ngắt/phục hồi

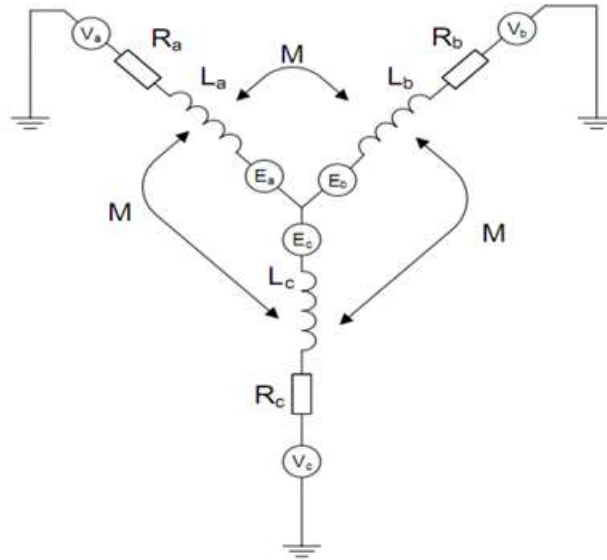
7.2. Mô hình toán học và phương pháp điều khiển

7.2.1. Động cơ ba pha không chổi than BLDC

7.2.1.1. Mô hình toán học

Mô hình toán của đối tượng là các mối quan hệ toán học nhằm mục đích mô tả lại đối tượng thực tế đó nhưng dưới dạng các biểu thức toán học để thuận lợi cho quá trình phân tích, khảo sát thiết kế. Đối với động cơ, mô tả toán học đóng vai trò quan trọng vì mọi khảo sát và tính toán bằng lý thuyết đều dựa trên mô hình toán. Vì vậy mô hình toán là chìa khóa để mở ra một vấn đề trong quá trình tính toán thiết kế cho động cơ.

Stator động cơ có ba cuộn dây được cấp nguồn bởi điện áp ba pha có độ lớn lần lượt là U_a, U_b, U_c . Khi được cấp nguồn, các cuộn dây stator sinh ra dòng điện, dòng điện này sinh ra từ trường quét qua từ trường của nam châm rotor. Sự tương tác giữa hai từ trường của stator và rotor động cơ sẽ làm cho rotor động cơ quay và làm xuất hiện trong cuộn dây stator các sức phản điện động tương ứng là E_a, E_b, E_c . Giả sử điện trở và điện cảm tương ứng của các pha là R_a, R_b, R_c và L_a, L_b, L_c .



Hình 7.13: Mô hình mạch điện của động cơ BLDC

Từ mô hình mạch điện của động cơ thì phương trình điện áp của một pha:

$$V_b = R_b + L_b \cdot \frac{di}{dt} + e_b \quad (7.1)$$

$$V_c = R_c + L_c \cdot \frac{di}{dt} + e_c \quad (7.2)$$

Đặt s là toán tử Laplace khi đó $di/dt = i \cdot s$

Phương trình điện áp của ba pha:

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_s - M & 0 & 0 \\ 0 & L_s - M & 0 \\ 0 & 0 & L_s - M \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (7.3)$$

Trong đó:

- v_a, v_b, v_c : là điện áp các pha
- R_s : là điện trở các cuộn dây stator

- i_a, i_b, i_c : là dòng điện các pha stato
- L_s, M : là điện cảm và hồ cảm của cuộn dây
- e_a, e_b, e_c : là back-EMF của các pha
- ω_m là tốc độ động cơ

Phương trình động học của động cơ BLDC:

$$T_e = (J_m + J_c) \cdot \frac{d\omega}{dt} + T_f + T_c \quad (7.4)$$

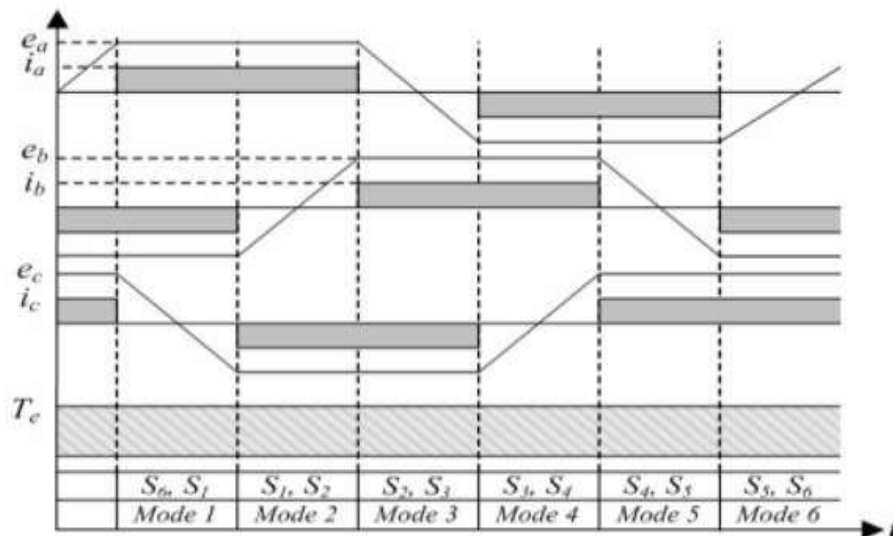
Trong đó:

- T_e là mô men điện từ của động cơ
- J_m là mô men quán tính của động cơ
- J_c là mô men quán tính của tải
- $d\omega$ mô men ma sát với d là hệ số cản
- T_c là mô men tải

Đặt $J = J_m + J_c$ và Laplace hoá phương trình

$$\omega = \frac{T - D \cdot \omega - T_c}{J \cdot s} \quad (7.5)$$

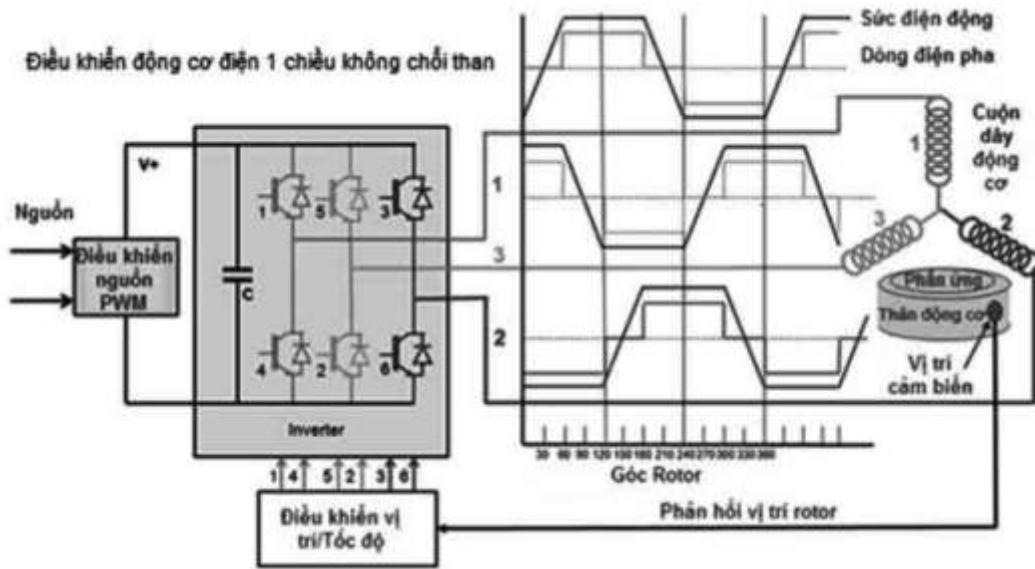
Để đảm bảo điều khiển ổn định và cực tiểu hóa mức độ nhấp nhô của mô men thì dòng điện các pha có dạng xung xuống phải được đưa vào khi biên độ của back-EMF cố định.



Hình 7.14: Dạng back – EMF, dòng điện các pha và mô men của BLDC

Hình ảnh trên mô tả quá trình chuyển mạch sáu bước của động cơ BLDC, trong đó dòng điện và điện áp của ba pha (A,B,C) thay đổi theo từng chế độ (Mode 1 đến Mode 6) để tạo mô-men xoắn liên tục. Trong mỗi mode, hai pha dẫn dòng (một pha dương, một pha âm) và pha còn lại ngắt. Việc điều khiển được thực hiện thông qua các khoá chuyển mạch (S1 đến S6). Biểu đồ này giúp hiểu rõ nguyên lý hoạt động và cách điều khiển động cơ BLDC.

Phương pháp điều khiển bằng tín hiệu cảm biến Hall được dựa trên nguyên lý hoạt động cơ bản của động cơ BLDC, dùng tín hiệu đưa về từ cảm biến vị trí rotor để làm tín hiệu điều khiển các khóa điện tử đóng hoặc ngắt dòng điện vào các cuộn dây tương ứng [23].



Hình 7.15: Hệ thống điều khiển động cơ BLDC

Giản đồ xung kích và dòng điện đóng ngắt tương ứng thể hiện ở trong lưu đồ về tín hiệu cảm biến Hall và dòng điện tương ứng các pha.

Hình 7.16 và 7.17 là thứ tự chuyển mạch của các van dựa trên các đầu vào từ cảm biến Hall A,B,C ứng với chiều quay của động cơ. Trong đó các cảm biến Hall đặt lệch nhau 60 độ.

Thứ tự	Đầu vào từ cảm biến Hall			Các tín hiệu PWM		Dòng điện pha		
	A	B	C			A	B	C
1	1	0	1	PWM5(Q5)	PWM6(Q6)	-	-DC	+DC
2	1	0	0	PWM1(Q1)	PWM6(Q6)	+DC	-DC	-
3	1	1	0	PWM1(Q1)	PWM2(Q2)	+DC	-	-DC
4	0	1	0	PWM3(Q3)	PWM2(Q2)	-	+DC	-DC
5	0	1	1	PWM3(Q3)	PWM4(Q4)	-DC	+DC	-
6	0	0	1	PWM5(Q5)	PWM4(Q4)	-DC	-	+DC

Hình 7.16: Thứ tự chuyển mạch khi động cơ quay theo chiều kim đồng hồ

Thứ tự	Đầu vào từ cảm biến Hall			Các tín hiệu PWM		Dòng điện pha		
	A	B	C			A	B	C
1	0	0	1	PWM5(Q5)	PWM6(Q6)	-	-DC	+DC
2	0	1	1	PWM5(Q5)	PWM4(Q4)	-DC	-	+DC
3	0	1	0	PWM3(Q3)	PWM4(Q4)	-DC	+DC	-
4	1	1	0	PWM3(Q3)	PWM2(Q2)	-	+DC	-DC
5	1	0	0	PWM1(Q1)	PWM2(Q2)	+DC	-	-DC
6	1	0	1	PWM1(Q1)	PWM6(Q6)	+DC	-DC	-

Hình 7.17: Thứ tự chuyển mạch khi động cơ quay ngược chiều kim đồng hồ

7.2.1.2. Phương pháp điều khiển

Để điều khiển động cơ BLDC có hai phương pháp chính: phương pháp dùng cảm biến vị trí Hall (hoặc Encoder) và phương pháp điều khiển không cảm biến (sensorless control). Trong đó ta có hai phương pháp điều chế điện áp ra từ bộ điều khiển đó là điện áp dạng sóng hình thang và dạng sóng hình sin. Đối với phương pháp điều khiển sử dụng cảm biến Hall có thể sử dụng được cả điện áp hình sin và hình thang, ngược lại đối với phương pháp không cảm biến chỉ có thể sử dụng điện áp hình thang.

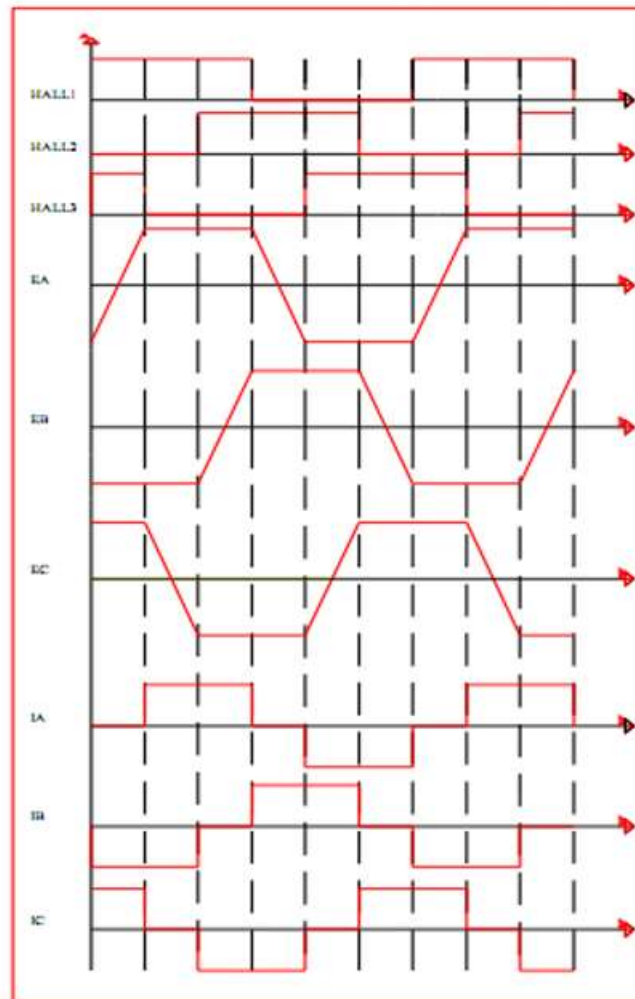
Phương pháp điều khiển bằng tín hiệu cảm biến Hall – phương pháp 6 bước

Hình 7.18 là một ví dụ về các tín hiệu của cảm biến Hall tương ứng với sức phản điện động của động cơ và dòng điện pha. Hình 7.19 chỉ ra thứ tự chuyển mạch tương ứng với các cảm biến Hall khi động cơ quay thuận chiều kim đồng hồ.

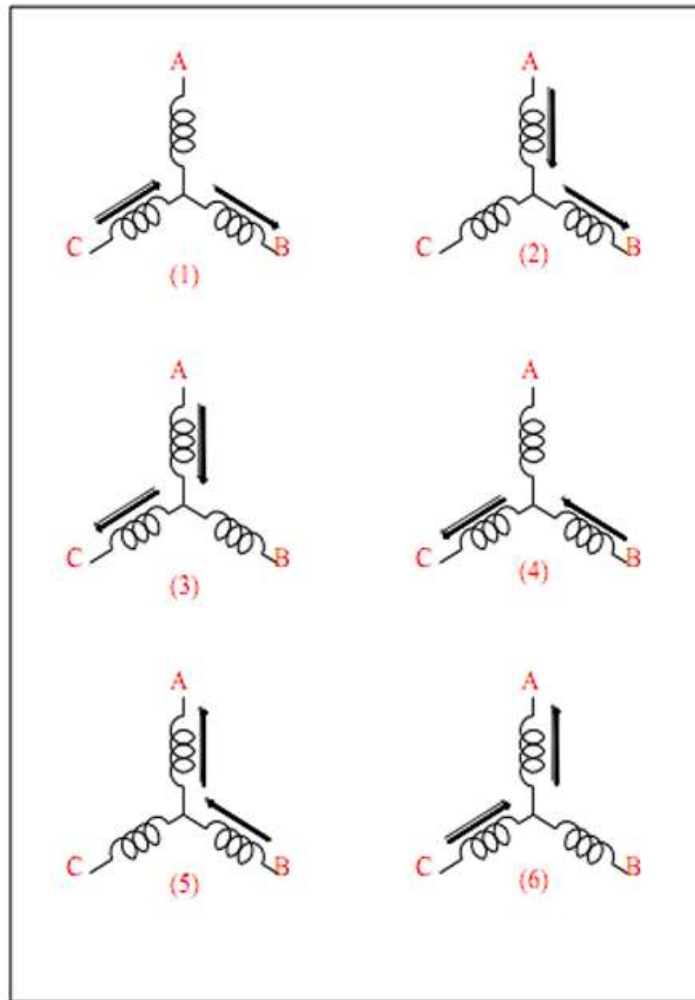
Cứ mỗi khi quay được 60 độ điện, một cảm biến Hall lại thay đổi trạng thái. Như vậy, có thể thấy, có cần 6 bước để hoàn thành một chu kỳ điện. Đồng thời, cứ mỗi 60 độ điện, chuyển mạch dòng điện pha cần được cập nhật. Tuy nhiên, cũng chú ý là một chu kỳ điện có thể không tương ứng với một vòng quay của roto về cơ khí. Số lượng chu kỳ

điện cần lặp lại để hoàn thành một vòng quay của động cơ được xác định với số cặp cực của rotor. Một chu kỳ điện được xác định bởi một cặp cực rotor. Do đó số lượng chu kỳ điện trên một chu kỳ bằng số cặp cực rotor.

Không giống như các loại động cơ thông thường như động cơ điện một chiều và động cơ đồng bộ thì động cơ BLDC có đường sức phản điện động là hình thang còn điện động của ba cuộn dây lệch nhau $2\pi/3$ do các cuộn stator được đặt lệch nhau $2\pi/3$ và góc chuyển mạch của sức điện động là $\pi/3$ vì thế trong thời gian này thì không cấp dòng cho cuộn dây stator tương ứng. Căn cứ vào dạng dòng điện của 2 pha của động cơ theo vị trí của cảm biến Hall để xác định được sơ đồ mở van cho bộ nghịch lưu. Do một chu kỳ có 6 lần cảm biến Hall thay đổi vị trí nên sẽ có 6 trạng thái mở van.



Hình 7.18: Tín hiệu cảm biến Hall, sức phản điện động và dòng điện pha trong chế độ quay thuận chiều kim đồng hồ

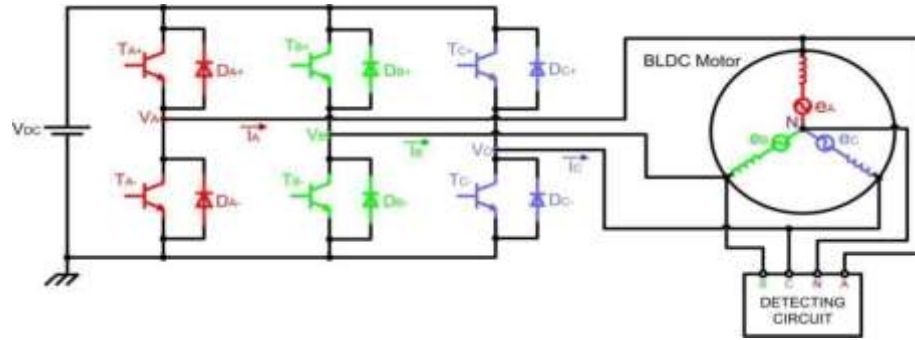


Hình 7.19: Thứ tự cấp điện cho các cuộn dây tương ứng với các cảm biến Hall trong chế độ quay thuận chiều kim đồng hồ

Điều khiển bằng phương pháp PWM

Trên cơ sở điều khiển tốc độ động cơ BLDC bằng phương pháp điều chỉnh điện áp vào ta có thể áp dụng kỹ thuật PWM để điều khiển tốc độ động cơ. Đây cũng là phương pháp được sử dụng rộng rãi trong điều khiển điện áp hiện nay. Với phương pháp này điện áp cung cấp cho bộ khoá công suất không đổi, tuy nhiên điện áp ra khỏi bộ khoá đến động cơ thay đổi theo thuật toán điều khiển. Phương pháp PWM có thể dùng cho khoá trên, khoá dưới hay đồng thời cả hai khoá trên và dưới cùng lúc.

Điều khiển động cơ BLDC không sử dụng cảm biến (sensorless control)



Hình 7.20: Động cơ BLDC làm việc không sử dụng cảm biến

Đây là phương pháp sử dụng các ước lượng từ thông roto để điều khiển các khoá đóng cắt thay cho cảm biến Hall truyền thống. Do đó phương pháp này được gọi là phương pháp điện khiển không cảm biến. Cơ sở chính của điều khiển không cảm biến đối với động cơ BLDC là dựa vào thời điểm qua zezo của sức điện động cảm ứng trên các pha của động cơ. Tuy nhiên phương pháp này chỉ áp dụng được phương pháp điện áp hình thang.

Về cơ bản có hai kỹ thuật điều khiển không cảm biến:

- Một là xác định vị trí roto dựa vào sức điện động của động cơ, phương pháp này đơn giản, dễ dàng thực hiện và giá thành rẻ.
- Hai là ước lượng vị trí dùng các thông số của động cơ, các giá trị điện áp và dòng điện trên động cơ. Phương pháp này tính toán phức tạp, khó điều khiển, giá thành cao.

7.2.2. Điều khiển động cơ DC

7.2.2.1. Xung PWM

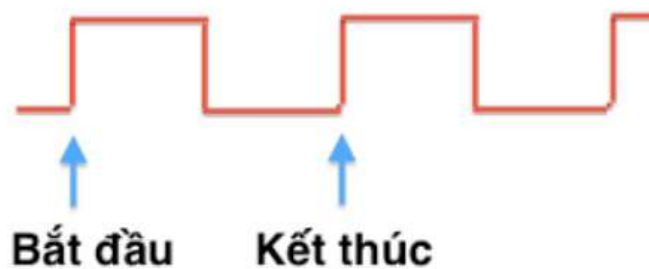
PWM là một loại tín hiệu có thể được tạo ra từ một vi mạch kỹ thuật số như vi điều khiển hoặc bộ định thời 555. Do đó, tín hiệu được tạo ra sẽ có một nhóm các xung và các xung này sẽ ở dạng một sóng vuông. Có nghĩa là, tại bất kỳ thời điểm cụ thể nào, sóng sẽ cao hoặc sẽ thấp. Để dễ hiểu, chúng ta hãy xem xét tín hiệu 5V PWM, trong trường hợp này tín hiệu PWM sẽ là 5V (cao) hoặc ở mức mặt đất 0V (thấp). Khoảng thời gian mà tín hiệu duy trì ở mức cao được gọi là “đúng giờ” và khoảng thời gian tín hiệu duy trì ở mức thấp được gọi là “thời gian tắt”.

Điều chế độ rộng xung (PWM) là một kỹ thuật điều khiển dòng điện tiện lợi cho phép bạn kiểm soát tốc độ của động cơ, sản lượng nhiệt của máy sưởi và hơn thế nữa

theo cách tiết kiệm năng lượng (và thường là êm hơn). Các ứng dụng hiện có cho PWM bao gồm, nhưng không giới hạn:

- Bộ điều khiển quạt tản nhiệt tốc độ thay đổi.
- Hệ thống truyền động máy nén VRF HVAC.
- Mạch truyền động động cơ xe hybrid và điện.
- Bộ điều chỉnh độ sáng LED.

Điều biến độ rộng xung đã thay đổi thế giới bằng cách cắt giảm mức tiêu thụ điện năng của các thiết bị sử dụng động cơ như máy điều hòa không khí biến tần, tủ lạnh biến tần, máy giặt biến tần, trong số nhiều thiết bị khác. Ví dụ, máy điều hòa không khí biến tần có thể tiêu thụ ít hơn một nửa năng lượng so với máy điều hòa không khí biến tần trong một số trường hợp.



Hình 7.21: Xung PWM

7.2.2.2. Cách hoạt động của xung PWM

PWM hoạt động bằng cách tạo xung dòng điện một chiều và thay đổi khoảng thời gian mà mỗi xung ở trạng thái “bật” để kiểm soát lượng dòng điện chạy đến một thiết bị chẳng hạn như đèn LED. PWM là kỹ thuật số, có nghĩa là nó có hai trạng thái: bật và tắt (tương ứng với 1 và 0 trong ngữ cảnh nhị phân, sẽ trở nên phù hợp hơn với bạn nếu sử dụng bộ vi điều khiển).

Mỗi xung được bật càng lâu, đèn LED sẽ càng sáng. Do khoảng thời gian giữa các xung quá ngắn nên đèn LED không thực sự tắt. Nói cách khác, nguồn điện của đèn LED bật và tắt quá nhanh (hàng nghìn lần mỗi giây) đến mức đèn LED thực sự vẫn sáng mà không nhấp nháy. Điều này được gọi là làm mờ PWM, và mạch như vậy chỉ được gọi là mạch điều chỉnh độ sáng LED PWM.

Nếu chu kỳ làm việc của bộ nguồn PWM được đặt thành 70%, thì xung sẽ bật trong 70% thời gian và nó tắt 30% thời gian. Chu kỳ nhiệm vụ đề cập đến lượng thời gian nó được bật. Ở chu kỳ hoạt động 70%, độ sáng của đèn LED phải gần 70%. Mối tương quan giữa chu kỳ nhiệm vụ và độ sáng không phải là tuyến tính 100%, vì hiệu suất của đèn LED thay đổi theo lượng dòng điện được cung cấp.

Nếu chu kỳ nhiệm vụ là 0%, toàn bộ tín hiệu sẽ bằng phẳng. Chu kỳ nhiệm vụ PWM là 0% có nghĩa là nguồn bị tắt. Trong trạng thái như vậy, đèn LED sẽ không hoạt động.

Lý do chính khiến các mạch PWM rất hiệu quả là chúng không cố gắng hạn chế một phần dòng điện sử dụng điện trở mà chúng bật và tắt hoàn toàn dòng điện.

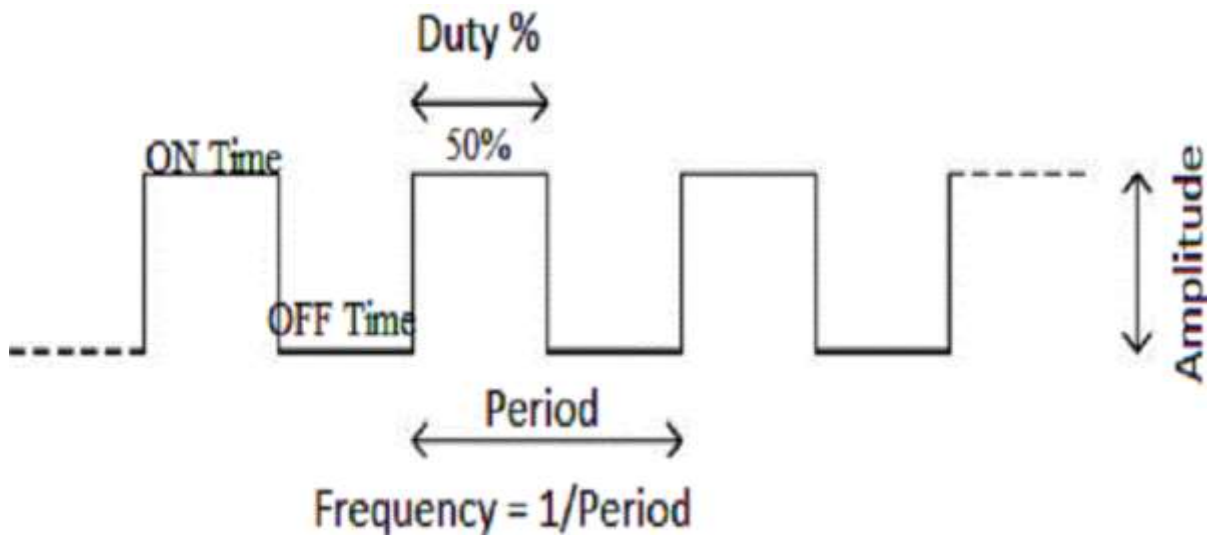
7.2.2.3. Chu kỳ làm việc và tần số của PWM

Đối với một tín hiệu PWM, chúng ta cần xem xét hai tham số quan trọng liên quan đến nó, một là chu kỳ nhiệm vụ PWM và một là tần số PWM.

Chu kỳ nhiệm vụ:

Như đã nói trước đó, tín hiệu PWM vẫn bật trong một thời gian cụ thể và sau đó tắt trong khoảng thời gian còn lại. Điều làm cho tín hiệu PWM này trở nên đặc biệt và hữu ích hơn là chúng ta có thể đặt thời gian hoạt động của nó bằng cách kiểm soát chu kỳ nhiệm vụ của tín hiệu PWM.

Phần trăm thời gian mà tín hiệu PWM vẫn ở mức CAO (đúng giờ) được gọi là chu kỳ nhiệm vụ. Nếu tín hiệu luôn BẬT, nó đang ở trong chu kỳ làm việc 100% và nếu nó luôn tắt thì đó là chu kỳ làm việc 0%. Các công thức để tính toán chu kỳ nhiệm vụ được hiển thị bên dưới.



Hình 7.22: Xung PWM ở chu kỳ nhiệm vụ 50%

Hình ảnh 7.22 đại diện cho tín hiệu PWM với chu kỳ nhiệm vụ 50%. Như bạn có thể thấy, nếu xét trong toàn bộ khoảng thời gian (đúng giờ + thời gian tắt), tín hiệu PWM chỉ bật trong 50% khoảng thời gian.

Bằng cách kiểm soát chu kỳ Nhiệm vụ từ 0% đến 100%, chúng ta có thể kiểm soát “đúng thời gian” của tín hiệu PWM và do đó độ rộng của tín hiệu. Vì chúng ta có thể điều chỉnh độ rộng của xung, nó có tên mang tính biểu tượng là “Điều chế độ rộng xung”.

Tần số của một PWM:

Tần số của tín hiệu PWM xác định tốc độ PWM hoàn thành một giai đoạn. Một khoảng thời gian là thời gian BẬT và TẮT hoàn toàn của tín hiệu PWM như thể hiện trong hình trên. Các công thức để tính Tần số được đưa ra dưới đây.

Thông thường tín hiệu PWM do vi điều khiển tạo ra sẽ ở khoảng 500 Hz, tần số cao như vậy sẽ được sử dụng trong các thiết bị chuyển mạch tốc độ cao như bộ nghịch lưu hoặc bộ chuyển đổi. Nhưng không phải tất cả các ứng dụng đều yêu cầu tần suất cao. Ví dụ để điều khiển một động cơ servo, chúng ta cần tạo ra tín hiệu PWM với tần số 50Hz, vì vậy tần số của tín hiệu PWM cũng có thể được điều khiển bằng chương trình cho tất cả các vi điều khiển.

7.2.2.4. Ưu và nhược điểm của PWM

Ưu điểm:

- Giá rẻ

- Tiêu thụ ít điện năng
- Hiệu quả lên đến 90%
- Một tín hiệu có thể được tách rất dễ dàng tại giải điều chế và nhiễu cũng có thể được tách ra một cách dễ dàng
- Công suất xử lý năng lượng cao
- Có thể sử dụng tần số rất cao
- Hơi nóng khi vận hành
- Nhiễu ít hơn
- Rất tiết kiệm năng lượng khi sử dụng để chuyển đổi điện áp hoặc cho bóng đèn
- Một hệ thống kém hiệu quả vừa phải trong số cả ba loại
- Đồng bộ hóa giữa máy phát và máy thu không bắt buộc không giống như điều chế vị trí xung (PPM)
- Yêu cầu bộ lọc được giảm xuống
- Biên độ và tần số có thể được kiểm soát độc lập
- Giảm đáng kể THD của dòng tải

Nhược điểm:

- Mạch phức tạp
- Đột biến điện áp
- Hệ thống yêu cầu một thiết bị bán dẫn có thời gian BẬT và TẮT thấp nên chúng rất đắt
- Nhiễu tần số vô tuyến
- Tiếng ồn điện từ
- Băng thông phải lớn để sử dụng trong giao tiếp
- Suy hao chuyển mạch cao do tần số PWM cao
- Công suất tức thời của máy phát thay đổi

Ứng dụng:

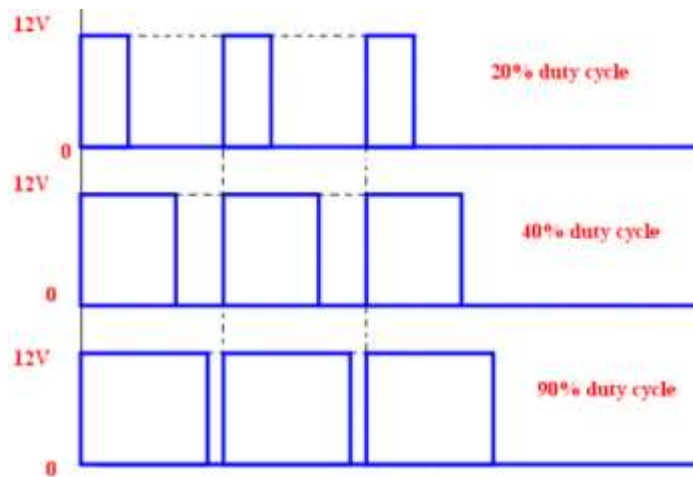
- Trong những ngày hiện đại, kỹ thuật điều chế độ rộng xung được sử dụng để điều khiển tốc độ của động cơ trong các ngành công nghiệp.
- Để làm mờ ánh sáng.
- Để kiểm soát công suất điện.

- Trong hệ thống thông tin liên lạc.
- Trong hệ thống âm thanh.
- Trong các biến tần hiện đại.
- Sử dụng kỹ thuật PWM và cơ chế chuyển mạch, chúng ta có thể điều khiển các tín hiệu tương tự bằng cách sử dụng tín hiệu số.

7.2.2.5. Phương pháp điều khiển

Phương pháp điều xung PWM (Pulse Width Modulation) là phương pháp điều chỉnh điện áp ra tải, hay nói cách khác, là phương pháp điều chế dựa trên sự thay đổi độ rộng của chuỗi xung vuông, dẫn đến sự thay đổi điện áp ra.

Các PWM khi biến đổi thì có cùng 1 tần số và khác nhau về độ rộng của sườn dương hay sườn âm.



Hình 7.23: Đồ thị dạng xung PWM

Nguyên lý: Trong khoảng thời gian 0 - t_0 , ta cho van G mở, toàn bộ điện áp nguồn U_d được đưa ra tải. Còn trong khoảng thời gian t_0 - T , cho van G khóa, cắt nguồn cung cấp cho tải. Vì vậy với t_0 thay đổi từ 0 cho đến T , ta sẽ cung cấp toàn bộ, một phần hay khóa hoàn toàn điện áp cung cấp cho tải.

Công thức tính giá trị trung bình của điện áp ra tải:

Gọi t_1 là thời gian xung ở sườn dương (khóa mở) còn T là thời gian của cả sườn âm và dương, U_{max} là điện áp nguồn cung cấp cho tải. Ta có:

$$U_d = U_{max} \cdot \frac{t_1}{T} \text{ (V) hay } U_d = U_{max} \cdot D$$

(Với $D = \frac{t_1}{T}$ là hệ số điều chỉnh và được tính bằng % tức là PWM)

Các cách để tạo ra được PWM để điều khiển:

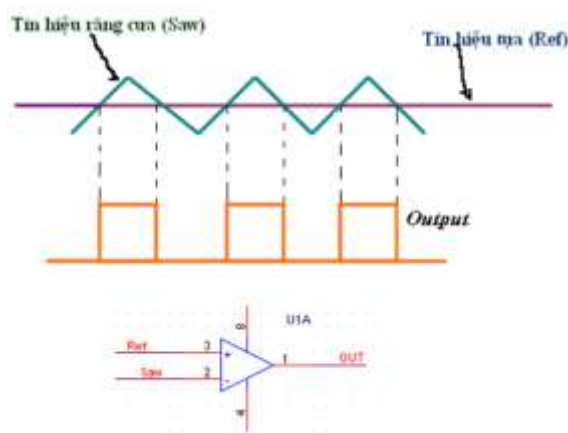
Để tạo được ra PWM thì hiện nay có hai cách thông dụng: Bằng phần cứng và bằng phần mềm. Trong phần cứng có thể tạo bằng phương pháp so sánh hay là từ trực tiếp từ các IC dao động tạo xung vuông như : 555, LM556... Trong phần mềm được tạo bằng các chip có thể lập trình được. Tạo bằng phần mềm thì độ chính xác cao hơn là tạo bằng phần cứng. Nên người ta hay sử dụng phần mềm để tạo PWM. Ở đây ta tham khảo 2 cách điều chế PWM phổ biến: bằng phương pháp so sánh và tạo xung vuông bằng phần mềm:

Tạo xung vuông bằng phương pháp so sánh:

Để tạo được bằng phương pháp so sánh ta cần 2 điều kiện sau đây:

- Tín hiệu răng cưa: Xác định tần số của PWM
- Tín hiệu tựa (Ref) là tín hiệu xác định mức công suất điều chế (Tín hiệu DC).

Xét sơ đồ mạch sau:



Hình 7.24: Tạo xung vuông bằng phương pháp so sánh

Với tần số xác định được là: $f = \frac{1}{\ln C_1 \cdot (R_1 + 2R_2)}$ nên chỉ cần điều chỉnh R_2 là có thể thay đổi độ rộng xung dễ dàng. Ngoài 555 ra còn rất nhiều các IC tạo xung vuông khác.

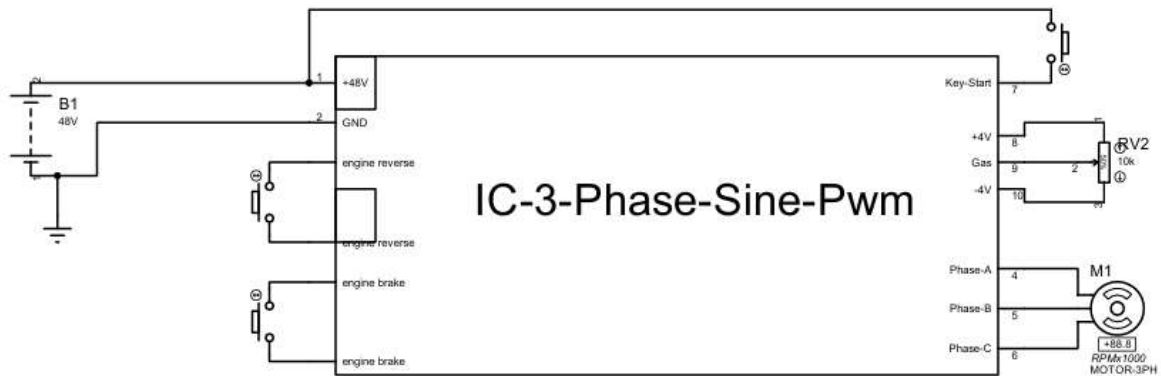
Tạo xung vuông bằng phần mềm:

Đây là cách tối ưu trong các cách để tạo được xung vuông. Việc tạo bằng phần mềm cho độ chính xác cao về tần số và PWM. Và mạch đơn giản hơn rất nhiều. Xung này được tạo dựa trên xung của CPU.

7.3. Sơ đồ mạch điện và điều khiển động cơ

7.3.1. Điều khiển động cơ BLDC cầu chủ động

7.3.1.1. Sơ đồ mạch điện



Hình 7.25: Sơ đồ mạch điện điều khiển động cơ BLDC cầu chủ động

7.3.1.2. Nguyên lý làm việc:

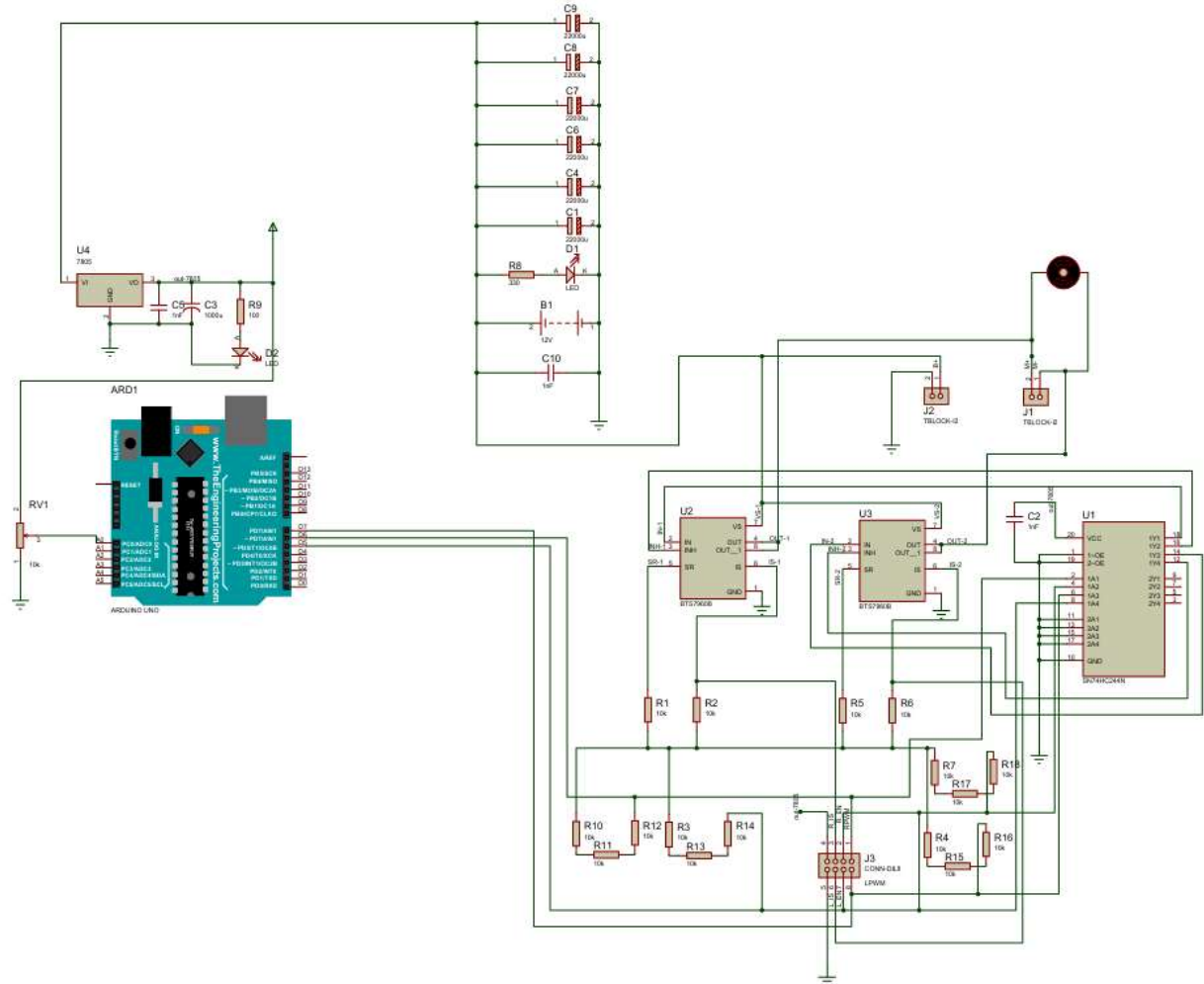
Sơ đồ nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển “IC- 3- Phase- Sine- PWM” thể hiện cách điều khiển một động cơ điện 3 pha sử dụng nguồn điện 1 chiều 48V. Nguồn điện được cung cấp từ ắc-quy (B1), với cực dương nối vào chân "+48V" và cực âm nối vào chân "GND" của IC. Khi công tắc khởi động (Key-Start) được bật, IC bắt đầu khởi động và chuyển sang trạng thái sẵn sàng hoạt động. Lúc này, hệ thống chờ tín hiệu điều khiển từ biến trở RV2 – đóng vai trò như tay ga – để xác định tốc độ và mô-men cần thiết. Biến trở này được cấp nguồn $\pm 4V$ từ IC và xuất ra một tín hiệu analog ở chân giữa (chân “Gas”). IC đọc giá trị điện áp này và chuyển đổi thành tín hiệu điều khiển bên trong, từ đó nội suy ra biên độ và tần số thích hợp của các sóng sin 3 pha. Thông qua bộ điều chế xung PWM tích hợp sẵn, IC tạo ra các tín hiệu xung tương ứng với các pha A, B, và C. Các xung PWM này được sử dụng để điều khiển các linh kiện công suất (thường là MOSFET hoặc IGBT) bên trong IC, từ đó tạo ra dòng điện xoay chiều 3 pha có tần số và biên độ biến thiên phù hợp để cấp cho động cơ 3 pha M1.

Ngoài chức năng điều tốc, mạch còn tích hợp các công tắc điều khiển đảo chiều và phanh điện. Hai công tắc “engine reverse” cho phép thay đổi thứ tự cấp pha đầu ra của IC, từ đó làm đổi chiều quay của động cơ (ví dụ từ A-B-C sang C-B-A). Khi một trong các công tắc này được bật, IC sẽ xử lý tín hiệu và đảo thứ tự phát sóng sin trên 3 pha, giúp động cơ quay ngược lại. Bên cạnh đó, hai công tắc “engine brake” được sử dụng để kích hoạt chế độ hãm động cơ. Khi người dùng nhấn phanh, IC sẽ điều chỉnh xung ra hoặc tạo kết nối nội tại giữa các pha, từ đó tạo ra lực điện từ ngược chiều làm giảm tốc độ quay của rotor. Phương pháp phanh này có thể là phanh tái tạo (trả năng lượng về ắc-quy) hoặc phanh động năng (biến năng lượng thành nhiệt). Trong suốt quá trình vận hành, IC liên tục giám sát trạng thái điện áp nguồn, dòng điện động cơ và các tín hiệu đầu vào để đảm bảo hoạt động an toàn, hiệu quả. Khi phát hiện quá dòng, quá áp hoặc tín hiệu bất thường, IC có thể tự động ngắt đầu ra hoặc giảm công suất để bảo vệ hệ thống. Nhờ sự phối hợp giữa các thành phần điều khiển điện tử và công suất, mạch

IC- 3- Phase- Sine- PWM cho phép điều khiển mượt mà, chính xác tốc độ và hướng quay của động cơ 3 pha, rất phù hợp cho các ứng dụng như xe điện, hệ truyền động công nghiệp hoặc các thiết bị cần điều khiển tốc độ biến thiên.

7.3.2. Điều khiển động cơ DC của hệ thống lái

7.3.2.1. Sơ đồ mạch điện



Hình 7.26: Sơ đồ mạch điện điều khiển động cơ DC cho hệ thống lái

7.3.2.2. Nguyên lý làm việc

Mạch điều khiển mô-tơ lái DC của xe tự hành này bắt đầu từ ắc-quy 12 V, được lọc kỹ bằng cụm tụ C1–C9 rồi cấp trực tiếp cho hai module BTS7960B (U2 và U3) ghép thành H-Bridge công suất, cho phép điều khiển chiều quay cũng như mô-men xoắn của mô-tơ lái. Song song với đó, nguồn 12 V cũng được đưa qua IC 7805 (U4) để tạo ra 5 V ổn định cấp cho Arduino Uno (ARD1) cùng các phụ kiện 5 V. Mỗi khi Arduino khởi động, các chân digital từ nó được dẫn qua bộ đệm SN74HC244 (U1) – nơi có các điện trở kéo xuống mass (10 kΩ mỗi chân) để giữ cho tín hiệu ở mức 0 V khi chưa có lệnh – rồi từ SN74HC244 mới đưa vào chân IN/IN-2 của hai BTS7960B. Trong hoạt động thực

tế, chương trình nhận diện làn đường (chạy trên máy chủ hoặc máy tính nhúng) tính toán độ lệch của xe so với tâm làn và truyền tín hiệu điều hướng (ví dụ “lệch trái 10%” hoặc “lệch phải 15%”) về Arduino Uno qua giao tiếp serial hoặc giao tiếp số khác. Arduino nhận giá trị độ lệch này, so sánh và chuyển thành hai loại tín hiệu: một tín hiệu direction (chọn quay trái hoặc phải) và một tín hiệu PWM tỷ lệ thuận với độ lớn lệch (để điều chỉnh mô-men cần thiết). Những tín hiệu logic này được xuất từ Arduino vào SN74HC244, sau đó SN74HC244 khuếch đại, đảm bảo mức 0 V/5 V rõ ràng, rồi đưa tiếp sang IN/IN-2 của BTS7960B. Khi $IN = 1, IN-2 = 0$, một nửa cầu trong BTS7960B cấp +12 V vào một đầu mô-tơ, nửa cầu kia ngắt, mô-tơ xoay theo chiều “tiến” (ví dụ đánh lái sang phải); ngược lại, khi $IN = 0, IN-2 = 1$, mô-tơ sẽ quay theo chiều “ngược” (đánh lái sang trái). Dòng PWM do Arduino xuất qua SN74HC244 điều khiển duty-cycle trên BTS7960B, từ đó thay đổi mô-men xoắn và tốc độ quay mô-tơ để bánh lái uốn đúng góc cần thiết dựa trên tín hiệu lệch làn. Trong suốt quá trình, Arduino liên tục nhận các lệnh mới về độ lệch làn và điều chỉnh PWM/direction cho phù hợp mà không dùng encoder vòng kín; nếu có lệnh dừng khẩn cấp hoặc giá trị lệch bằng 0 (xe đã vào đúng giữa làn), Arduino lập tức xuất $IN = IN-2 = 0$ (tắt cả MOSFET), hoặc $IN = IN-2 = 1$ (phanh điện) để mô-tơ dừng hẳn.

Cấu trúc tách biệt giữa mạch công suất (12 V) và mạch logic (5 V) vừa bảo đảm tính ổn định, vừa giúp bảo vệ an toàn và dễ dàng bảo trì, phù hợp cho việc điều khiển động cơ DC cho hệ thống lái tự động trên mô hình xe điện.

CHƯƠNG 8: XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHỐI SIMULINK MÔ PHỎNG MÔ HÌNH XE ĐIỆN

8.1. Tổng quan

8.1.1. Giới thiệu chung về lịch sử xe điện (Electric Vehicle- EV)

Ô tô điện ra đời đầu tiên vào năm 1834. Trong thế kỷ XIX, nhiều công ty tại Hoa Kỳ, Anh và Pháp đã sản xuất xe điện, nhưng do hạn chế về công nghệ Ắc-quy và sự phát triển vượt bậc của động cơ đốt trong, ô tô điện gần như biến mất sau thập niên 1930. Đến nay, với sự cải tiến mạnh mẽ, xe điện không chỉ hồi sinh mà còn hứa hẹn thay đổi tương lai ngành giao thông toàn cầu [19].

Mô hình xe điện sơ khai:

Năm 1828, nhà vật lý Anyos Jedlik phát minh động cơ điện đơn giản, tạo nền tảng cho động cơ hiện đại với stato, roto và cổ góp. Năm 1832, Robert Anderson chế tạo xe điện đầu tiên có kích thước hoàn chỉnh, dù Ắc-quy không sạc lại được. Đến năm 1835, giáo sư Sibrandus Stratingh ở Hà Lan chế tạo xe điện nhỏ, nhưng do hạn chế kỹ thuật, các mẫu này chỉ là tiền đề sơ khai.



Hình 8.1: Mô hình EV thô sơ đầu tiên trên thế giới của Robert Anderson

Bước đột phá đến vào năm 1859 khi Gaston Planté phát minh Ắc-quy Axít-chì sạc lại, giúp giấc mơ xe điện trở nên thực tế hơn. Năm 1884, Thomas Parker chế tạo ô tô điện đầu tiên ở Anh, sử dụng Ắc-quy có dung lượng cao, tạo bước tiến lớn. Tại Mỹ, William Morrison cũng ghi dấu ấn với mẫu xe điện tiên phong (1889-1891), đặt nền tảng cho sự phát triển trong tương lai.

Thời kỳ hoàng kim (1890-1912):

Vào cuối thế kỷ XIX, xe điện trở thành biểu tượng của sự tiện nghi và hiện đại. Năm 1897, kỹ sư Walter Bersey ở London đưa đội taxi điện hoạt động, được gọi là “chim ruồi” nhờ âm thanh đặc trưng. Tại Mỹ, Samuel’s Electric Carriage triển khai 12 taxi điện tại New York cùng năm.



Hình 8.2: Taxi được triển khai ở mỹ vào cuối thế kỷ XIX

Xe điện nổi bật nhờ không rung lắc, không mùi, không cần tay quay để khởi động như xe xăng. Đến năm 1912, khi nhiều gia đình Mỹ được kết nối điện, số lượng xe điện tăng vọt, với 33.842 xe đăng ký, chiếm 38% tổng số ô tô. Dù vậy, xe điện chủ yếu được sử dụng trong đô thị do hạn chế về quãng đường và cơ sở hạ tầng.



Hình 8.3: Trạm sạc điện xe EV những năm cuối thế kỷ XIX

Sự “thoái trào” của ô tô điện (1920-1960)

Ford Model T (1908) với giá chỉ 650 USD so với 1.750 USD của xe điện đã thay đổi ngành ô tô. Xe xăng trở nên rẻ và phổ biến nhờ sản xuất hàng loạt, trong khi hệ thống đường bộ và trạm xăng phát triển nhanh chóng. Năm 1912, phát minh bộ khởi động điện trên xe xăng càng làm xe điện mất ưu thế.



Hình 8.4: Xe Ford Model T (1908)

Đến thập niên 1920, xe xăng chiếm lĩnh thị trường nhờ quãng đường dài và chi phí vận hành thấp. Xe điện rơi vào dĩ vãng, chỉ được sử dụng hạn chế trong Thế chiến II. Dù Henney Kilowatt (1950) cải tiến hiệu suất, chi phí cao vẫn khiến xe điện khó cạnh tranh.

Sự “trỗi dậy hồi sinh” của ô tô điện (1970)

Kết thúc không mấy “êm đẹp” vào những năm 1950, tương chừng xe điện đã rơi vào “dĩ vãng”.

Cuộc khủng hoảng năng lượng thập niên 1970-1980 và áp lực biến đổi khí hậu đã hồi sinh xe điện. Năm 1959, American Motors Corporation phát triển pin sạc nhẹ, đặt nền móng cho công nghệ hiện đại. Xe điện ngày nay không chỉ khắc phục nhược điểm truyền thống mà còn mang tính đột phá với công nghệ pin tiên tiến và thiết kế thông minh. Từ công cụ di chuyển, xe điện đang trở thành biểu tượng của tương lai bền vững.

8.1.2. Ưu điểm và nhược điểm của xe điện

Bảng 8.1. Ưu điểm và nhược điểm của xe EV

Ưu điểm	Nhược điểm
Xe chạy điện không sản sinh ra khí thải độc hại như các dòng xe sử dụng động cơ đốt trong thông thường.	Giá xe điện thường mắc hơn các dòng xe truyền thống. Người lái phải tốn phí ban đầu nhiều hơn trước khi nhận thấy lợi ích từ việc tốn tiền xăng.
Người lái loại bỏ được nhu cầu đổ xăng, tiết kiệm phần lớn chi phí nhiên liệu do chuyển sang sử dụng điện năng.	Xe điện khó có thể đi xa vì có mức năng lượng hạn chế.
Xe điện thường có chi phí bảo trì định kỳ thấp hơn xe truyền thống hoặc xe hybrid (không cần thay dầu, vệ sinh ống xả,...).	Thời gian sạc, nạp điện cho xe cũng là một điểm bất lợi đáng chú ý.
Chủ xe có thể nhận được giá ưu đãi do giảm thuế, khuyến mãi nhằm khuyến khích người dùng chuyển sang các dòng xe thân thiện với môi trường.	Xe điện vẫn chưa có mạng lưới sạc mở rộng, số lượng các trạm sạc đang phát triển nhưng vẫn còn hạn chế.

8.1.3. Phân loại xe điện

Xe điện chạy bằng pin toàn hệ thống – BEV

Xe ô tô điện chạy ắc quy chạy hoàn toàn bằng điện (không sử dụng động cơ đốt trong) và năng lượng điện để sạc ắc quy được cung cấp hoàn toàn từ điện lưới. Xe sử dụng bộ pin lớn hơn nhiều so với các dòng xe điện khác. Tùy thuộc vào phạm vi hoạt động, dung lượng của bộ pin trên xe dao động từ 18kWh đến 35kWh. Phạm vi hoạt động của phương tiện này có thể đạt khoảng 80 km.



Hình 8.5: Xe TESLA MODEL 3

Để sạc được bộ ắc quy có dung lượng lớn, loại xe này phải sử dụng các bộ sạc có công suất lớn hơn và điện áp đầu vào của bộ ắc quy cũng lớn hơn, thường lớn hơn 240VDC.

Một số loại ô tô điện cá nhân khác

Một số loại ô tô điện cỡ nhỏ có tốc độ tối đa cho phép khoảng 40km / h cũng đang được sử dụng trên thị trường như ô tô điện dùng trong sân golf, ô tô điện dùng trong các khu du lịch, xe điện nâng hạ hàng hóa ...

HEV (hay xe Hybrid): là loại xe có cấu tạo bao gồm cả động cơ đốt trong và động cơ điện. Động cơ đốt trong lấy năng lượng từ nhiên liệu, còn pin sẽ cung cấp năng lượng cho động cơ điện. Hộp số được quay đồng thời bởi cả hai loại động cơ trên, sau đó truyền động cho bánh xe.

PHEV (xe Hybrid có sạc): hay được gọi tắt là xe Plug-in. PHEV có cấu tạo gần giống với HEV ở bên trên, cũng sử dụng cả động cơ đốt trong và động cơ điện. Về sự khác nhau của 2 loại xe này thì PHEV có thể sạc được điện từ bên ngoài cho pin để tích trữ năng lượng. Khối pin của các xe PHEV cũng lớn hơn và cung cấp nhiều năng lượng hơn cho chiếc xe chuyển động với tỷ lệ xăng/điện gần như cân bằng nhau.

Xe FCEV: hoạt động bằng cách sử dụng pin nhiên liệu để tạo ra điện từ khí hydrogen và oxi trong không khí. Quá trình này không gây ra khí thải gây ô nhiễm môi trường. Thay vào đó, sản phẩm chính là nước, khiến xe FCEV trở thành một phương tiện hoàn toàn không gây ô nhiễm và có khả năng giảm thiểu hiệu ứng nhà kính. Xe FCEV có hiệu suất cao. Xe FCEV hoạt động bằng cách sử dụng pin nhiên liệu để tạo ra điện từ khí hydrogen và oxi trong không khí. Quá trình này không gây ra khí thải gây ô nhiễm môi trường. Thay vào đó, sản phẩm chính là nước, khiến xe FCEV trở thành một phương tiện hoàn toàn không gây ô nhiễm và có khả năng giảm thiểu hiệu ứng nhà kính. Để thuận lợi cho việc

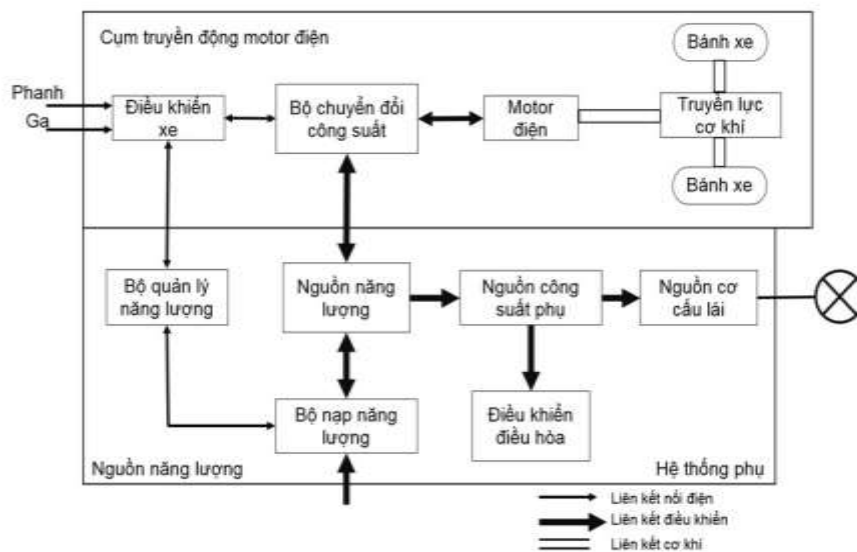
tính toán và tiếp cận đến xu thế ngành công nghiệp ô tô điện trong tương lai gần sắp đến ta chọn mô phỏng xe điện sử dụng pin cho toàn hệ thống _BEV_ làm tiền đề cho bài nghiên cứu.

8.1.4. Cấu trúc truyền động xe điện

Trước đây, xe EV chủ yếu được chuyển đổi từ ICE (Internal Combustion Engine) bằng cách thay thế động cơ đốt trong và thùng nhiên liệu bằng một động cơ điện dẫn động và ắc quy cung cấp điện trong khi các bộ phận khác được giữ nguyên.

Kiểu EV này có nhiều hạn chế như trọng lượng xe lớn, độ linh hoạt kém, tính năng hoạt động giảm, điều đó làm cho kiểu EV này ít được sử dụng. EV hiện đại được thiết kế lại khung sườn. Điều đó làm thỏa mãn các yêu cầu về cấu trúc thống nhất của EV và làm cho EV linh hoạt hơn. Một hệ thống dẫn động điện được miêu tả khái quát như sau:

Hệ thống bao gồm 3 cụm chính: cụm năng motor điện, nguồn lượng chính và nguồn các hệ thống phụ. Cụm động cơ điện gồm một bộ điều khiển xe, bộ chuyển đổi điện tử công suất, motor điện, bộ truyền lực cơ khí và bánh xe dẫn động. Cụm nguồn năng lượng thì có nguồn năng lượng, bộ điều khiển năng lượng, bộ nạp năng lượng. Cụm nguồn các hệ thống phụ gồm nguồn cho cụm cơ cấu lái, cụm điều khiển điều hòa không khí và các hệ thống phụ khác.



Hình 8.6: Hệ thống truyền lực xe điện

Dựa vào tín hiệu đầu vào từ bàn đạp ga và bàn đạp phanh, bộ điều khiển trung tâm sẽ cung cấp đúng các tín hiệu điều khiển đến bộ chuyển đổi công suất điện tử, bộ phận này có chức năng điều chỉnh dòng công suất giữa motor điện và nguồn điện. Dòng công suất ngược lại là do hệ thống phanh nạp của EV và năng lượng nạp này có thể được giữ lại trong nguồn năng lượng. Hầu hết các ắc quy của EV cũng như các siêu tụ đều có khả năng tiếp nhận nguồn năng lượng nạp này. Bộ điều khiển năng lượng phối hợp với bộ điều khiển trung tâm để điều khiển hệ thống phanh nạp và tái tạo năng lượng của quá trình phanh. Nó cũng làm việc cùng với bộ nạp lại năng lượng để điều khiển nạp lại và kiểm tra tính hiệu quả sử dụng nguồn năng lượng. Nguồn năng lượng phụ thì cần thiết để cấp nguồn tại mức điện áp khác cho tất cả các hệ thống phụ trên EV, đặc biệt là hệ thống điều hòa và cụm nguồn cơ cấu lái.

8.1.5. Các thành phần khác của xe điện

8.1.5.1. Pin-Ắc quy

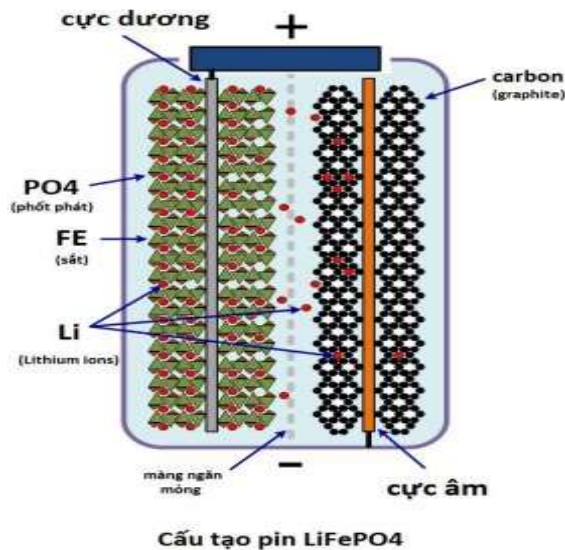
Hệ thống lưu trữ năng lượng là một trong những hệ thống quan trọng nhất trong chiếc xe Hybrid, xe điện và trực tiếp ảnh hưởng đến hiệu quả của chiếc xe. Có nhiều loại thiết bị tích trữ năng lượng đã được đề xuất ứng dụng trên xe Hybrid, xe điện. Các thiết bị tích trữ năng lượng chính gồm: ắc quy hóa học, các siêu tụ và các bánh đà cao tốc. Hiện nay, ắc quy hóa học vẫn là thiết bị lưu trữ năng lượng phổ biến của xe Hybrid, xe điện. Có rất nhiều các yêu cầu cho các thiết bị tích trữ năng lượng ứng dụng trên một phương tiện giao thông như: chỉ số năng lượng riêng, công suất riêng, hiệu suất, yêu cầu bảo dưỡng, bảo quản, giá cả, sự thích ứng thân thiện với môi trường và an toàn. Đối với trên HEV thì chỉ số công suất riêng được quan tâm đầu tiên, chỉ số năng lượng riêng ít quan trọng hơn. Bởi vì tất cả năng lượng thì xuất phát từ nguồn hóa năng của nhiên liệu nên việc tạo ra đủ công suất là cần thiết để đảm bảo cho tính năng hoạt động của xe, đặc biệt trong suốt quá trình tăng tốc, leo dốc và phanh tái sinh.

Ắc quy là thiết bị điện hóa chuyển đổi năng lượng điện thành năng lượng hóa học trong suốt quá trình nạp và ngược lại trong suốt quá trình phóng điện. Một thông số rất quan trọng của ắc quy là trạng thái sạc (SOC). SOC được định nghĩa như tỉ số của dung lượng điện đang duy trì với dung lượng điện khi nạp đầy.

Nguồn xe điện dùng hiện nay – Pin Lithium- Ion

Trong các loại nguồn điện hiện nay thì pin lithium dần được dùng rộng rãi hơn so với acquy dùng hóa chất. Pin Lithium được nghiên cứu và phát triển nghiêm ngặt, nên khả năng chịu đựng môi trường cao hơn so với ắc quy chì. Nó có thể chống nước, bụi bẩn và chống va đập (tùy theo pin sở hữu thêm công nghệ nổi bật của mỗi hãng), dĩ nhiên khả năng chịu nhiệt độ trung bình từ -20 đến 45 độ C, thậm chí có loại đến 60 độ C. Mức độ an toàn của pin Lithium cao hơn, vì dù có xảy ra hiện tượng hư hỏng, nó không làm giải phóng chì và axit bên trong như loại bình ắc quy. Một cell Li-ion có điện áp khoảng 4 Volt. Hoàn toàn có thể tạo ra cell pin to hơn và có dung lượng lớn hơn (đo bằng Watt.giờ, hay nói cho đúng kỹ thuật hơn là Amp.giờ), nhưng điện áp của nó thì vẫn chỉ có 4 Volt mà thôi.

Đó không phải con số lý tưởng để điều khiển một chiếc xe điện.



Hình 8.7: Cấu tạo pin Lithium-ion LiFePO4

Pin sẽ cần phải tạo ra dòng điện 25,000 Amp để cung cấp cho động cơ chiếc xe (xe cần phải có công suất 100 kW hoặc hơn) để gia tốc. Thay vì như vậy, có thể sử dụng lốc pin có điện áp 400V (và chỉ cần 250 Amp). Thiết kế này trở thành kiểu mẫu cho những chiếc xe điện thế hệ đầu, mặc dù những phiên bản mới hơn sử dụng lốc pin 400V.

Để đạt 400V thì ta mắc nối tiếp 94 cell pin lại, thành 1 cell lớn điện áp 400V, vậy là đủ điện áp để vận hành động cơ. Nhưng 1 cell lớn đó dung lượng sẽ không đủ, mà cần thêm 74 cell mắc song song như vậy, nên lấy $96 \times 74 = 7104$.

Đây là cách mà Nissan đã và đang sử dụng trong chiếc xe LEAF (có đến 96 cell trong lốc pin). Vậy là đã có được nguồn 400V, mỗi cell trong đó chỉ cần tạo ra 250 Amp.

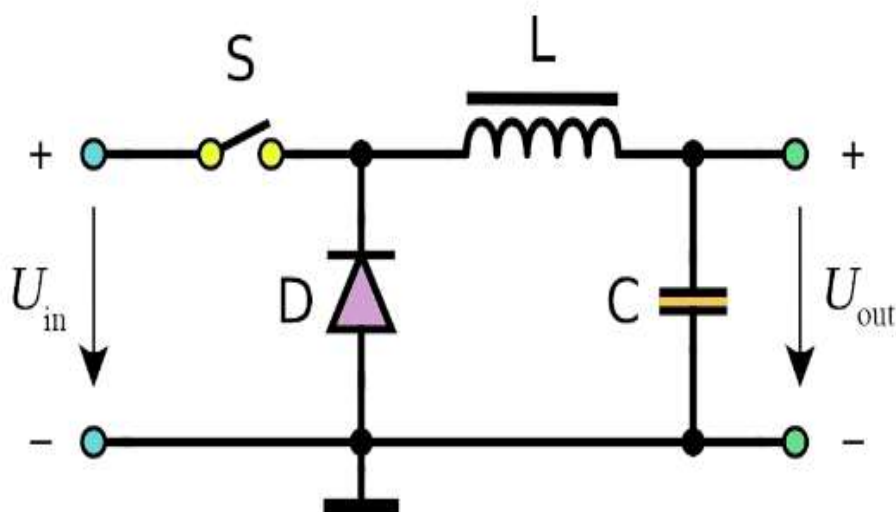
Mặt khác, việc xếp những cell pin cũng cho phép chúng ta sạc lốc pin nhanh hơn với điện áp và dòng sạc cao (miễn là bộ sạc đủ công suất đáp ứng).

Tất cả phụ thuộc vào những thông số mà chiếc xe chú trọng tới. Nhà sản xuất có thể chấp nhận đánh đổi giá thành để có được chất lượng lắp ráp hoàn thiện hơn.

Trong bài có nói về các kiểu mắc cell nối tiếp và song song (giả sử tất cả cell đều giống nhau).

Khi mắc nối tiếp, điện áp bằng tổng điện áp từng từng cell, dung lượng và dòng xả tối đa không đổi. Khi mắc song song, điện áp không đổi, dung lượng và dòng xả tối đa bằng tổng từng cell.

8.1.5.2. Bộ chuyển đổi DC-DC



Hình 8.8: Sơ đồ mạch bộ chuyển đổi Buck

Bộ chuyển đổi DC/DC là thiết bị được sử dụng để chuyển đổi nguồn dòng điện một chiều DC từ một cấp điện áp sang cấp điện áp khác. Đơn giản hơn, bộ chuyển đổi DC/DC lấy điện áp DC đầu vào và tạo ra điện áp DC đầu ra khác. Điện áp DC đầu ra có thể cao hơn hoặc thấp hơn so với điện áp DC đầu vào. Bộ chuyển đổi DC/DC chỉ hoạt động với nguồn dòng điện một chiều DC, không hoạt động với nguồn dòng điện thay đổi AC. Quá trình chuyển đổi từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác có một mức độ hao phí. Hiệu suất của bộ chuyển đổi DC/DC phụ thuộc vào điểm vận hành của nó, bao gồm

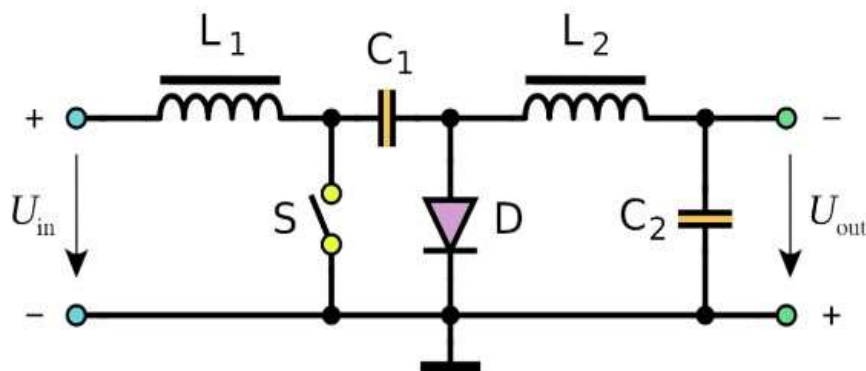
điện áp và dòng điện, cũng như loại bộ chuyển đổi được sử dụng. Thông thường, hiệu suất của bộ chuyển đổi DC/DC có thể nằm trong khoảng từ 75% đến 95%. Có hai bộ chuyển đổi phổ biến là bộ chuyển đổi buck và boost:

Bộ chuyển đổi Buck là bộ chuyển đổi DC/DC bước xuống, chuyển đổi nguồn DC/DC làm giảm điện áp đầu ra, đồng thời tăng dòng điện đầu ra. Nó bao gồm ít nhất bốn thành phần: Một bóng bán dẫn điện được sử dụng như một phần tử chuyển mạch (S) Diode chỉnh lưu (D) Một cuộn cảm (L) làm phần tử lưu trữ năng lượng Một tụ lọc (C)

Mối quan hệ giữa điện áp đầu vào và đầu ra, dòng điện và công suất như sau:

- $U_{out} < U_{in}$
- $I_{out} < I_{in}$
- $P_{out} = P_{in} - P_{loss}$

Trong các ứng dụng xe điện, bộ chuyển đổi buck được sử dụng để giảm điện áp cao của pin chính (ví dụ: 400 V) xuống các giá trị thấp hơn (12-14 V) theo yêu cầu của các hệ thống phụ trợ của xe (đạp phương tiện, điều hướng, radio, sét, cảm biến, v.v.).



Hình 8.9: Sơ đồ mạch bộ chuyển đổi Boost

Bộ chuyển đổi Boost là bộ chuyển đổi DC/DC bước lên, là bộ chuyển đổi nguồn DC/DC giúp tăng điện áp đầu ra, đồng thời giảm dòng điện đầu ra. Nó chứa các thành phần giống như bộ chuyển đổi Buck DC/DC nhưng được sắp xếp theo cấu trúc liên kết khác. Mối quan hệ giữa điện áp đầu vào và đầu ra, dòng điện và công suất như sau:

- $U_{out} > U_{in}$
- $I_{out} < I_{in}$

- $P_{out} = P_{in}$

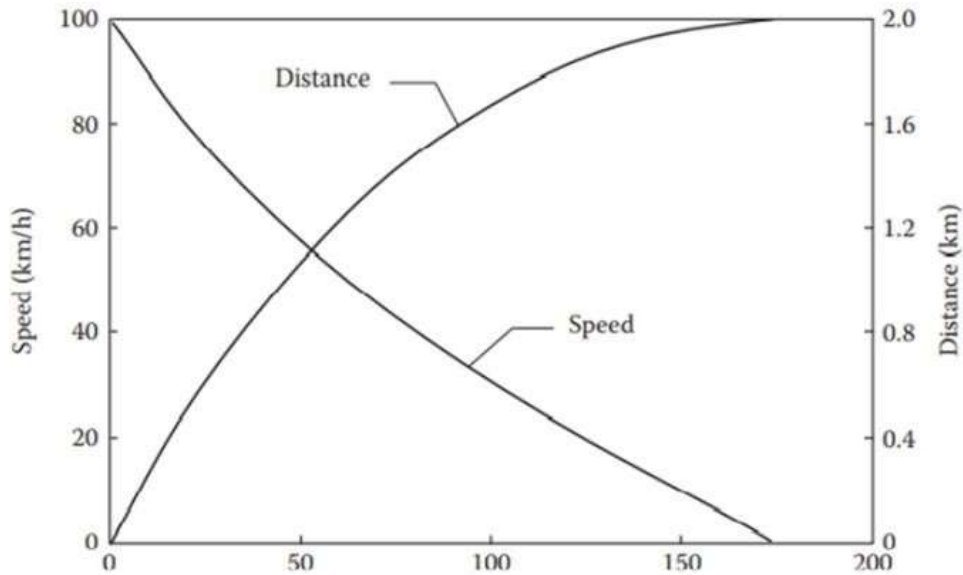
Trong một số ứng dụng Xe điện lai (HEV), bộ chuyển đổi DC/DC tăng cường được sử dụng để tăng điện áp từ ắc quy từ 202 V lên 500 V. Điện áp của ắc quy trong ứng dụng xe điện hybrid (HEV) bị giới hạn bởi số lượng pin mắc nối tiếp. Do không gian hạn chế, pin bị giới hạn về số lượng tế bào nối tiếp do đó điện áp đầu ra cũng bị hạn chế. Sử dụng bộ chuyển đổi DC/DC tăng áp, điện áp của ắc quy có thể tăng lên mức điện áp cao hơn theo yêu cầu của máy điện.

8.1.5.3. Hệ thống phanh tái sinh

Một trong những tính năng quan trọng nhất của EVs, HEV và xe pin nhiên liệu (FCV) là khả năng phục hồi một lượng đáng kể năng lượng phanh. Các động cơ điện 24 trong EV, HEV và FCV có thể được điều khiển để hoạt động như máy phát điện để chuyển đổi động năng hoặc năng lượng tiềm năng của khối lượng xe thành năng lượng điện có thể được lưu trữ vào pin và sau đó được tái sử dụng. Hiệu suất phanh của xe là một yếu tố quan trọng trong an toàn của xe. Hệ thống phanh được thiết kế thành công cho xe phải luôn đáp ứng nhu cầu riêng biệt là giảm tốc độ xe nhanh chóng và duy trì điều khiển hướng xe bằng vô lăng. Trước đây yêu cầu hệ thống phanh để có thể cung cấp đủ mô-men xoắn phanh trên tất cả các bánh xe. Loại thứ hai đòi hỏi sự phân bố lực phanh thích hợp trên tất cả các bánh xe.

Nói chung, mô-men phanh cần thiết lớn hơn nhiều so với mô-men xoắn mà điện động cơ có thể sản xuất, đặc biệt là phanh với tải trọng nặng. Trong EVs, HEV và FCV, hệ thống phanh ma sát cơ học phải cùng tồn tại với phanh tái tạo điện. Do đó, đây là một hệ thống phanh Hybrid. Trong hệ thống truyền lực xe lai xe điện có nhiều phương án bố trí đặc điểm xe và chiến lược kiểm soát. Tuy nhiên, mục tiêu cuối cùng của thiết kế và kiểm soát các hệ thống này đó là đảm bảo hiệu suất phanh của xe và khả năng phục hồi càng nhiều năng lượng phanh càng tốt.

Một lượng năng lượng đáng kể bị tiêu tán khi phanh. Phanh một chiếc xe nặng 1500 kg từ 100 km/h về tốc độ 0 sẽ tiêu hao khoảng 0,16 kWh năng lượng trong một quãng đường dài vài chục mét. Nếu lượng năng lượng này bị tiêu hao khi lao dốc và chỉ bằng các lực cản (lực cản lăn và lực cản khí động học) mà không cần phanh thì xe sẽ đi được quãng đường 2 km



Hình 8.10: Vận tốc và quãng đường khi xuống dốc dùng phanh tái sinh

8.1.6. Động cơ điện

Động cơ điện là nguồn công suất chính trong hệ thống truyền lực xe điện – EV, là nguồn công suất thứ hai trong hệ thống truyền lực xe Hybrid. Động cơ điện một chiều không chổi than – BLDC và động cơ điện xoay chiều cảm ứng – AC Induction Motor là hai loại nguồn công suất được sử dụng phổ biến nhất hiện nay vì các ưu điểm hiệu suất cao, ít cần bảo dưỡng và tuổi thọ lâu dài. Ngoài ra, động cơ điện tích hợp trong bánh xe được sử dụng khá nhiều trên các xe điện và xe Hybrid hai bánh và đang là xu hướng mới trong thiết kế nguồn động lực điện xe Hybrid, xe điện bốn bánh.

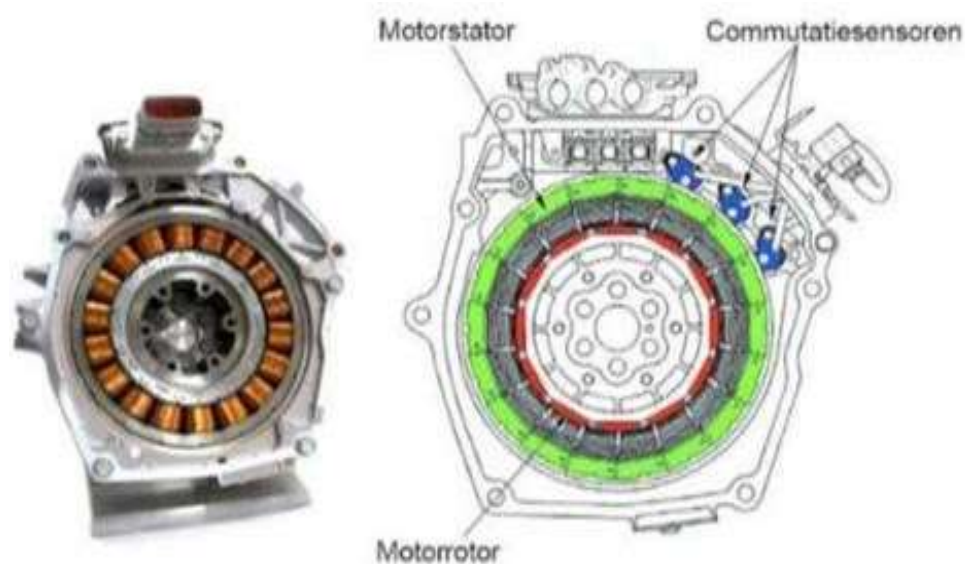
Động cơ điện một chiều không chổi than

Động cơ DC không chổi than cũng tương tự như một động cơ DC có chổi than nhưng chức năng của rotor và stator được đảo ngược. Rotor được tạo thành từ một bộ nam châm vĩnh cửu và stator là nam châm điện được điều khiển. Động cơ không chổi than không còn chổi than và cổ góp, tia lửa điện sinh ra giữa chúng cũng được loại bỏ với thiết kế này. Tia lửa này không chỉ làm giảm tuổi thọ của động cơ mà còn tạo ra nhiễu điện từ. Điều đó ảnh hưởng không tốt cho các hệ thống điều khiển điện tử hiện đại.

Thay thế cho chổi than là một mạch điện tử điều khiển dòng điện vào các cuộn dây stator khác nhau khi cần thiết để giữ cho rotor quay. Sự đảo chiều của dòng điện qua các cuộn dây được thực hiện bởi các transistor công suất điều khiển chuyển đổi theo vị

trí của rotor. Nhiều động cơ DC không chổi than sử dụng cảm biến Hall để theo dõi vị trí rotor.

Ưu điểm động cơ không chổi than so với động cơ có chổi than là: đáng tin cậy hơn, mạnh hơn.



Hình 8.11: Động cơ không chổi than trên Honda Civic Hybrid

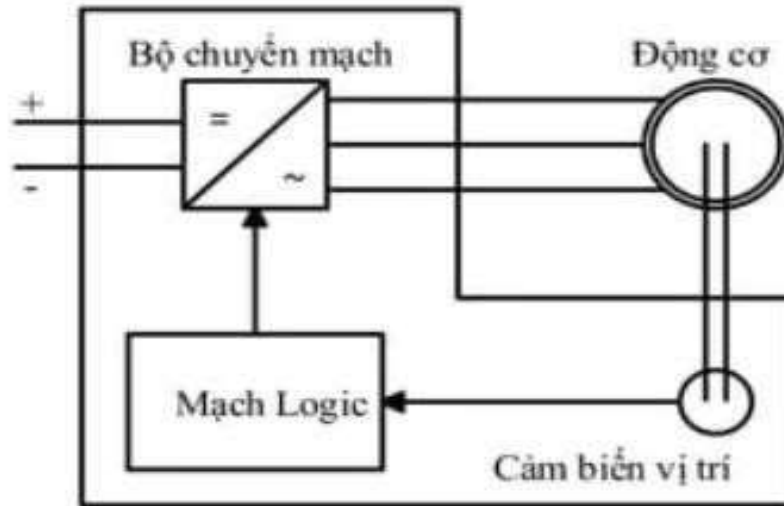
Cấu tạo

Rotor: Được hình thành từ nam châm vĩnh cửu. Số cặp cực khoảng 2 đến 8 với các cực Nam và Bắc xếp xen kẽ với nhau.

Stator: Stator của BLDC hầu như cũng giống như các động cơ cảm ứng khác, gồm các lá thép cùng các cuộn dây quấn xung quanh.

Cảm biến Hall: Dùng xác định đúng vị trí quay của rotor từ đó đưa ra các tín hiệu ở mức cao hoặc thấp đến bộ phận chuyển mạch điện tử.

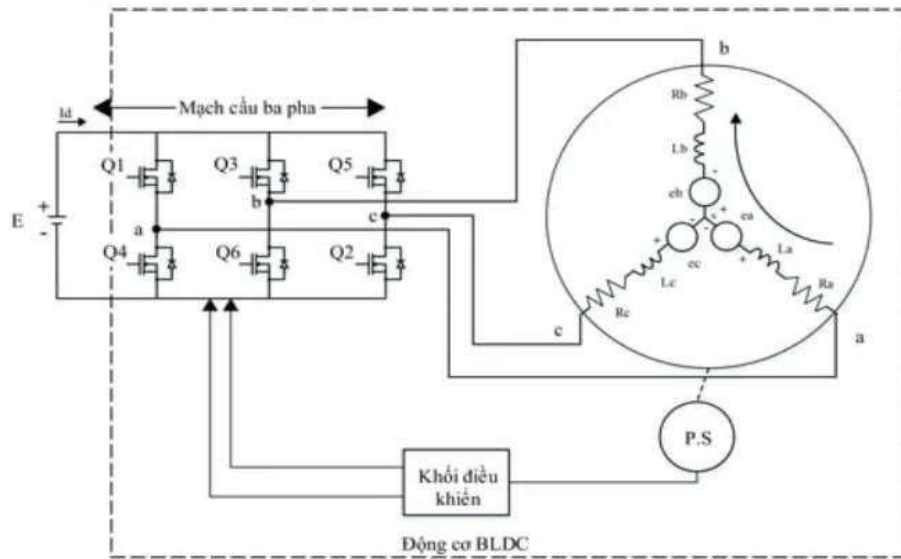
Bộ phận chuyển mạch điện tử: Xác định vị trí của rotor thông qua tín hiệu từ cảm biến Hall và sau đó xác định các cặp cuộn dây trong stator mà cần được kích hoạt để tạo ra một trường từ đúng phù hợp với vị trí hiện tại của rotor. Bằng cách kích hoạt và tắt các transistor tương ứng, bộ chuyển mạch điện tử điều khiển dòng điện trong cuộn dây theo một thứ tự xác định, tạo ra một trường từ quay đi theo hướng mong muốn và tác động lên rotor để tạo ra lực quay.



Hình 8.12: Cấu tạo bộ điều khiển động cơ BLDC

Nguyên lý hoạt động

Để điều khiển BLDC, cần biết chính xác vị trí của rotor thông qua cảm biến Hall cung cấp thông tin về vị trí của rotor cho bộ điều khiển. Dựa vào thông tin vị trí rotor, bộ điều khiển xác định thứ tự kích hoạt các cuộn dây trong stator. Thứ tự này quyết định dòng điện được cung cấp vào các cuộn dây, tạo ra từ trường quay. Bộ điều khiển điện tử kích hoạt các bộ chuyển mạch, thường là các transistor công suất như MOSFET hoặc IGBT, để điều khiển dòng điện vào từng cuộn dây theo thứ tự xác định. Việc kích hoạt và tắt các transistor này tạo ra một chuỗi chuyển đổi dòng điện theo thứ tự kích hoạt cuộn dây. Thông qua tương tác giữa từ trường tạo bởi cuộn dây stator và từ trường của rotor, Mô men xoắn được tạo ra, đẩy rotor quay. Bằng cách thay đổi thứ tự kích hoạt cuộn dây, bộ điều khiển điện tử điều chỉnh Mô men xoắn và tốc độ quay của động cơ. Bằng cách điều chỉnh tần số và độ rộng xung điều khiển cuộn dây, bộ điều khiển điện tử có thể điều khiển tốc độ và hướng quay của động cơ BLDC.

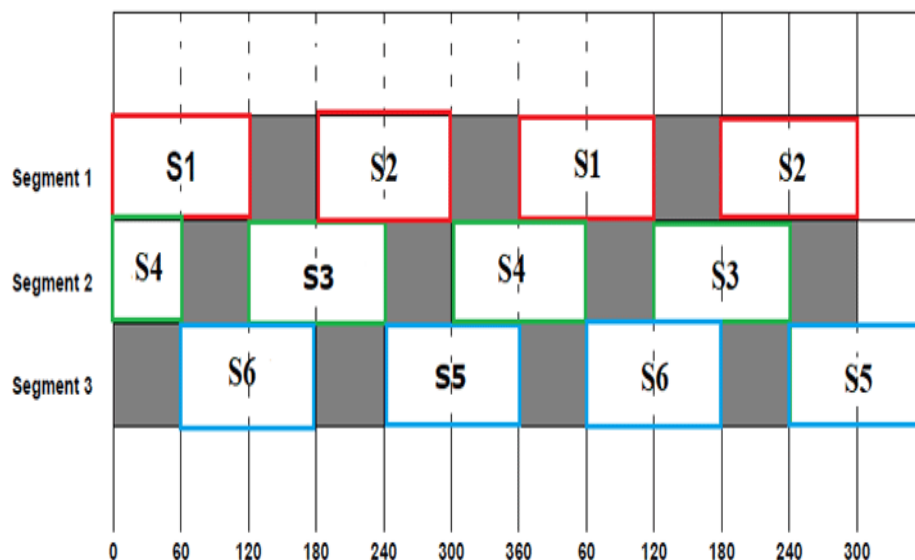


Hình 8.13: Sơ đồ cấp điện cho cuộn dây stator

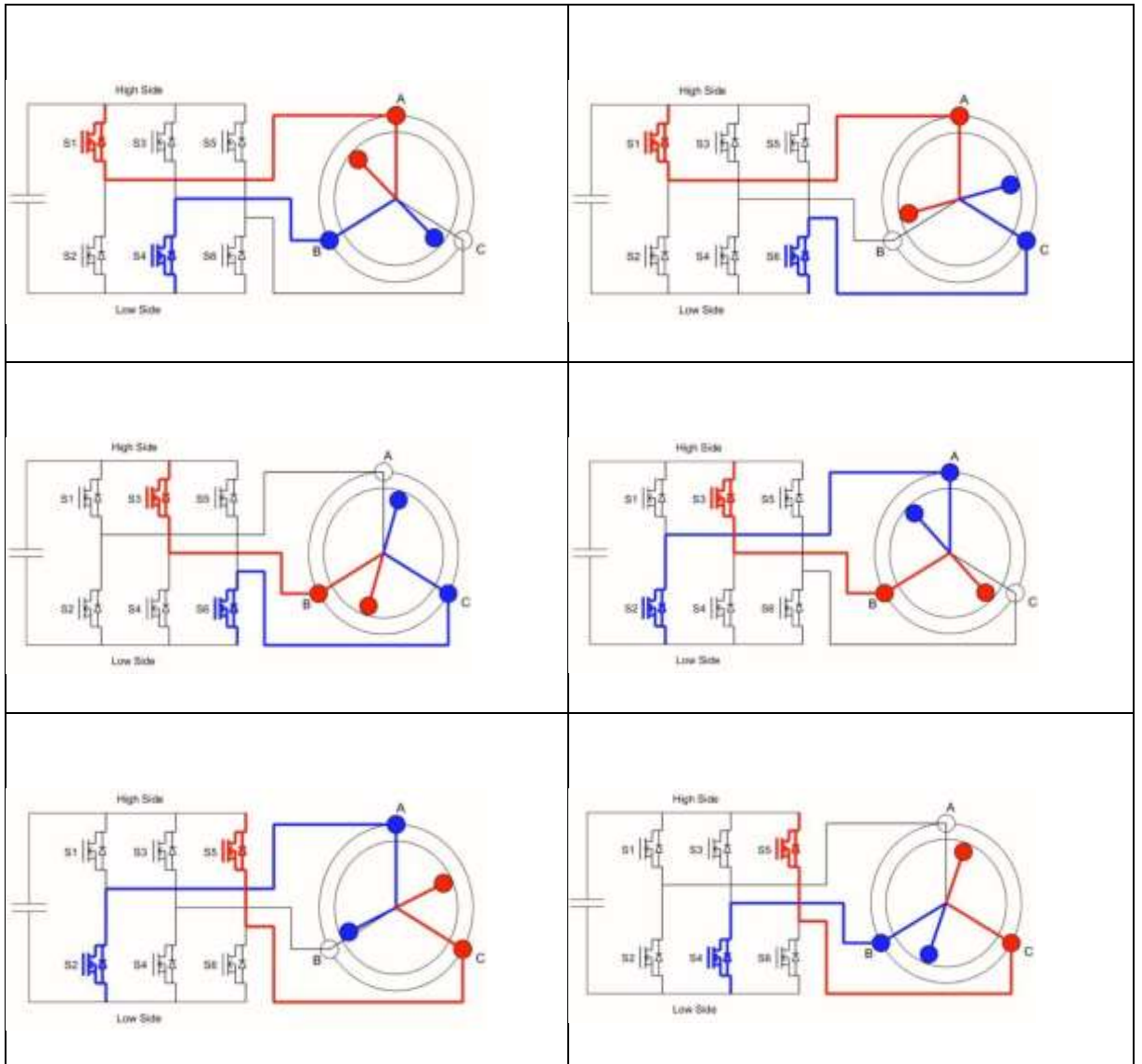
Phương pháp điều khiển động cơ BLDC dựa trên việc đóng mở các MOSFET hoặc IGBT ở các nhánh mạch và tuân theo các nguyên tắc cơ bản sau:

Trong cùng một nhánh điều khiển, nếu MOSFET hoặc IGBT phía trên đang ở trạng thái mở thì MOSFET hoặc IGBT phía dưới phải được ngắt và ngược lại, nhằm tránh hiện tượng trùng dẫn gây hỏng các linh kiện điều khiển.

Tín hiệu điều khiển tại chân G là tín hiệu PWM phát ra từ bộ điều khiển và cần được đồng bộ với các linh kiện để điều khiển động cơ một cách chính xác. Động cơ BLDC yêu cầu cảm biến hiệu ứng Hall để xác định vị trí từ trường của rotor so với các pha của cuộn dây stator.



Hình 8.14: Kiểu chuyển đổi cho chế độ dẫn 120 độ



Hình 8.15: Trạng thái hoạt động và các sector

Dưới đây là các phương pháp điều khiển động cơ BLDC:

Phát hiện vị trí bằng cảm biến hoặc không cảm biến Hall: Vị trí của rotor được xác định thông qua cảm biến vị trí như cảm biến hiệu ứng Hall hoặc bằng các kỹ thuật không cần cảm biến như cảm biến phản lực và phương pháp dựa trên người quan sát.

Điều khiển vòng kín: Sử dụng hệ thống điều khiển vòng kín để điều chỉnh tốc độ và vị trí của động cơ. Các thuật toán điều khiển phổ biến bao gồm bộ điều khiển tỷ lệ- tích phân (PI) để điều khiển tốc độ và bộ điều khiển tỷ lệ-tích phân vị trí (PPI) để điều khiển vị trí.

Cảm biến tải: Để kiểm soát tải, cần có cảm biến để nhận biết tải, như cảm biến tải trọng, bộ mã hóa, hoặc cảm biến dòng điện. Thông tin về tải sau đó được tích hợp vào hệ thống điều khiển.

Kiểm soát dòng điện: Sử dụng vòng điều khiển dòng điện để quản lý dòng điện cung cấp cho cuộn dây động cơ, giúp kiểm soát mô-men xoắn và quản lý tải một cách hiệu quả.

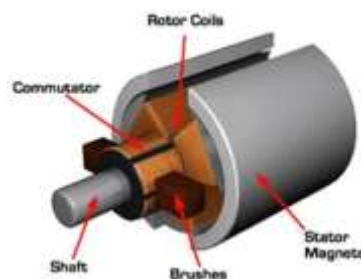
Kiểm soát tốc độ: Điều chỉnh điểm đặt tốc độ tham chiếu của hệ thống điều khiển dựa trên tốc độ mong muốn. Bộ điều khiển sẽ điều chỉnh điện áp hoặc dòng điện cung cấp cho động cơ để đạt và duy trì tốc độ mong muốn.

Kiểm soát vị trí: Để đạt được điều khiển vị trí chính xác, sử dụng vòng điều khiển vị trí cùng với bộ mã hóa hoặc bộ phân giải để nhận phản hồi chính xác.

Phản hồi và điều chỉnh: Liên tục theo dõi các tín hiệu phản hồi từ hệ thống (tốc độ, vị trí, dòng điện) và điều chỉnh các tham số điều khiển (như độ lợi PI) để tối ưu hóa hiệu suất và độ ổn định của hệ thống.

Động cơ điện một chiều có chổi than (DC motor)

Động cơ một chiều DC (DC là từ viết tắt của "Direct Current Motors") là động cơ điều khiển bằng dòng có hướng xác định hay nói dễ hiểu hơn thì đây là loại động cơ chạy bằng nguồn điện áp DC. Đầu dây ra của động cơ thường gồm hai dây (dây nguồn- VCC và dây tiếp đất- GND). DC motor là một động cơ một chiều với cơ năng quay liên tục.



Hình 8.16: Động cơ điện một chiều có chổi than

Khi cung cấp năng lượng, động cơ DC sẽ bắt đầu quay, chuyển điện năng thành cơ năng. Hầu hết các động cơ DC sẽ quay với cường độ RPM rất cao (số vòng quay/

phút). Tốc độ không tải của động cơ DC nếu không giảm tốc có thể đạt từ 1000RPM tới 40.000RPM.

Cấu tạo và phân loại (theo cách kích từ):

a) Cấu tạo:

Gồm có 3 phần chính stator (phần cảm), rotor (phần ứng), và phần cổ góp - chỉnh lưu.

Stator của động cơ điện 1 chiều thường là 1 hay nhiều cặp nam châm vĩnh cửu, hay nam châm điện.

Rotor có các cuộn dây quấn và được nối với nguồn điện một chiều. Nhờ cấu trúc này, rotor sẽ tạo ra một trường từ tạo thành một nam châm điện

Bộ phận chỉnh lưu, nó có nhiệm vụ là đổi chiều dòng điện trong khi chuyển động quay của rotor là liên tục. Thông thường bộ phận này gồm có một bộ cổ góp và một bộ chổi than tiếp xúc với cổ góp.

Cổ góp (Commutator): Cổ góp là bộ phận tiếp xúc và dẫn cho các cuộn dây của rotor. Số lượng điểm tiếp xúc trên cổ góp tương ứng với số cuộn dây trên rotor. Chổi than (Brushes): Chổi than là nơi tiếp xúc và dẫn điện cho cổ góp. Khi dòng điện được cung cấp vào stator tạo ra một trường từ cố định xung quanh rotor. Khi rotor quay, chổi than tiếp xúc với cổ góp và truyền dòng điện vào rotor. Dòng điện trong rotor tạo ra từ trường. Từ trường này tương tác với trường từ tạo bởi stator, tạo ra một lực tác động theo hướng quay, đẩy rotor tiếp tục quay. Do ma sát và mòn của chổi than, động cơ chổi than có thể cần bảo trì định kỳ để thay thế chổi than nên ít được sử dụng để làm động cơ kéo trên xe điện.

b) Phân loại:

Động cơ điện 1 chiều phân loại theo kích từ thành những loại sau:

- Kích từ độc lập
- Kích từ song song
- Kích từ nối tiếp
- Kích từ hỗn hợp gồm 2 cuộn dây kích từ 1 cuộn mắc nối tiếp với phần ứng, 1 cuộn mắc song song với phần ứng

Động cơ điện xoay chiều cảm ứng (IM)

Động cơ xoay chiều cảm ứng IM (Induction Motor) là một trong những động cơ xoay chiều cơ bản và phổ biến được sử dụng rộng rãi trong hầu hết các ứng dụng điều khiển và không điều khiển ngày nay do giá thành tương đối thấp, ít bảo dưỡng, bền bỉ và đặc tính hoạt động tốt phù hợp với đa dạng đặc tính của tải. Bên cạnh đó còn có khái niệm là động không đồng bộ đã được sáng tạo từ thời điểm trước năm 1889 bởi nhà khoa học người Mỹ Nikola Tesla. Công suất của IM có thể đạt đến khoảng 30.000 KW. Ứng dụng của IM đa dạng từ các ứng dụng trong gia đình đến các ứng dụng công nghiệp nặng, bao gồm cả động cơ điện cho xe điện. Trong công nghệ điều khiển sử dụng bộ chuyển đổi điện tử công suất ta có thể đạt được phạm vi tốc độ rộng, đó là lý do vì sao nó là một trong những động cơ được ưa chuộng nhất cho động cơ điện. Mặc dù, các công nghệ mới như động cơ BLDC và động cơ PMSM đang được ưa chuộng bởi các nhà sản xuất xe mới nhất, nhưng IM vẫn giữ vị trí của nó. Động cơ IM có hai biến thể chính là IM một pha và IM ba pha. Ứng dụng với tải nặng (trên 3 KW) sử dụng IM ba pha. Nói chung, IM bao gồm stator và rotor giống như động cơ DC nhưng khác biệt ở chỗ IM là máy điện tử đơn, tức chỉ cần cấp nguồn cho stator và Mô men xoắn được tạo ra bởi tương tác giữa rotor và stator. Một đặc điểm đáng chú ý là IM ba pha tự khởi động trong khi IM một pha không tự khởi động. Có các phương pháp khác nhau được áp dụng để hỗ trợ khởi động tự động cho IM một pha. Trong IM, dây cuộn stator được cung cấp với dòng xoay chiều tạo ra từ trường từ quay. Trường quay này tạo ra dòng điện trong các vòng kín của vật liệu dẫn điện trong rotor. Rõ ràng, dòng điện được tạo ra này tạo ra trường từ quay riêng của nó, tạo ra Mô men xoắn khi tương tác với trường từ của stator. Vì dòng điện trong rotor được tạo ra tự động nên không cần tiếp xúc ngoại vi, dẫn đến tổn thất thấp hơn so với động cơ DC và hiệu suất cao hơn. Theo cấu trúc rotor, IM có thể được chia thành hai loại: Squirrel Cage IM (IM lồng sóc) và Wound Rotor IM (IM rotor bằng dây).



Hình 8.17: Động cơ điện xoay chiều cảm ứng trên Toyota Prius

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM)

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM) là một loại động cơ đồng bộ sử dụng nam châm vĩnh cửu để tạo ra lực từ (MMF), điện áp, và dòng điện có dạng sóng hình sin. Nam châm vĩnh cửu giúp tăng mật độ từ trường trong khe không khí, từ đó cải thiện mật độ công suất và tăng tỷ lệ Mô men xoắn trên khối lượng quán tính. Do đó, PMSM có khả năng phản ứng nhanh, mật độ công suất cao và hiệu suất vượt trội, nên được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực yêu cầu hiệu suất cao như robot và hàng không vũ trụ.

PMSM được cấp nguồn từ bộ chuyển đổi điện tử công suất, và sự mượt mà của Mô men xoắn phụ thuộc vào hình dạng của dạng sóng dòng điện. PMSM cũng có thể thực hiện chế độ làm yếu từ trường bằng cách tạo ra dòng stator ngược chiều với dòng rotor. Tuy nhiên, tốc độ hoạt động của PMSM bị giới hạn bởi dòng điện tối đa, điện cảm ngược, và khả năng đầu ra của biến tần.

Mặc dù cả PMSM và động cơ cảm ứng (IM) đều có khả năng đáp ứng Mô men xoắn tốt, nhưng PMSM có lợi thế hơn do không cần phải tính toán tốc độ trượt phức tạp như IM. Cấu trúc của PMSM cũng đơn giản hơn với quán tính thấp, do không có lồng rotor nặng như IM. Tuy nhiên, PMSM có nhiệt độ hoạt động cao và nhạy cảm với tải, đây là những hạn chế chính khiến PMSM thường chỉ được sử dụng trong các ứng dụng công suất thấp hoặc trung bình, mặc dù cũng có một số ứng dụng công suất cao.

PMSM có hai thành phần chính: rotor và stator, tương tự như các động cơ khác. Stator được trang bị ba cuộn dây phân bố hình sin theo pha, tương tự như trong động cơ xoay chiều (AC). Rotor thì không có cuộn dây nào, thay vào đó là các nam châm vĩnh cửu được đặt lên rotor. Khi nguồn ba pha cân bằng được cung cấp cho stator,

nó tạo ra một lực từ quay với biên độ không đổi trong khe không khí. Dòng điện trong stator được điều chỉnh dựa trên vị trí của rotor để duy trì tần số đồng bộ với rotor. Sự tương tác giữa các trường từ của stator và rotor dẫn đến sự phát triển Mô men xoắn trên rotor.



Hình 8.18: Động cơ PMSM

Động cơ điện tích hợp trong bánh xe (Hub motor)

Hiện nay, để tiện hơn trong việc bố trí động cơ lên xe với tiêu chí nhỏ gọn, kết cấu đơn giản, người ta đã tích hợp động cơ điện vào bên trong bánh xe. Cùng với đó là hệ thống này sẽ được vận hành dưới dạng điện từ (Drive by wire) tức là không thông qua các kết nối cơ học như hiện nay. Với hệ thống này, bánh xe sẽ là một cụm vận hành độc lập, motor dẫn động trực tiếp lên bánh xe để giúp xe chuyển động từ đó loại bỏ được toàn bộ hệ thống truyền lực xe, góp phần làm giảm khối lượng của xe và tăng không gian trống cho xe. Động cơ điện được sử dụng tích hợp có thể là động cơ điện một chiều, xoay chiều hoặc một số loại động cơ đã được giới thiệu ở trên.



Hình 8.19: Động cơ điện tích hợp trong bánh xe

So sánh động cơ BLDC so với động cơ DC và AC

Động cơ DC có nhiều loại khác nhau, nhưng phổ biến nhất là động cơ DC có chổi than và động cơ DC không chổi than (BLDC). Đối với động cơ BLDC, stato là một nam châm điện, còn rôto là một nam châm vĩnh cửu. Khác với động cơ DC có chổi than, dòng điện trong động cơ BLDC được điều khiển bằng một thiết bị điện tử gọi là bộ điều khiển. Điều này không chỉ giúp giải quyết vấn đề bảo trì liên tục do chổi than carbon bị mài mòn và cần thay thế, mà còn cung cấp khả năng kiểm soát tốc độ và độ chính xác cao. Dưới đây là hai bảng so sánh các tính năng của động cơ BLDC.

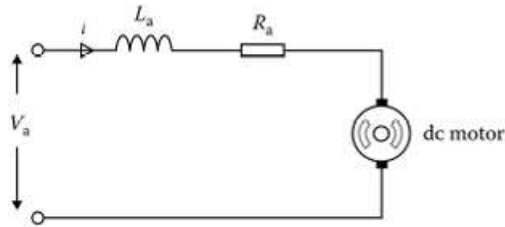
Bảng 8.2: Bảng so sánh giữa động cơ BLDC và động cơ DC

STT	Tính năng	Động cơ BLDC	Động cơ DC
1	Chuyển mạch	Dựa vào cảm biến vị trí Hall	Dựa vào chổi than
2	Bảo dưỡng	Ít cần thiết hơn	Phải bảo trì, bảo dưỡng định kỳ
3	Tuổi thọ	Cao – gấp 6 lần động cơ DC truyền thống có chổi than	Trung bình
4	Đặc điểm	Cho phép vận hành ở mọi tốc độ với tải định mức	Ma sát ở tốc độ cao, làm giảm Mô men xoắn có ích
5	Hiệu suất	Hiệu suất cao	Hiệu suất trung bình
6	Quán tính	Thấp vì rotor là nam châm vĩnh cửu	Cao là giảm khả năng động lực học của động cơ
7	Chi phí	Cao hơn	Thấp hơn
8	Điều khiển	Phức tạp, đặc biệt phải cần bộ điều khiển động cơ	Đơn giản, ít tốn kém và không cần bộ điều khiển động cơ
9	Cháy nổ	An toàn	Kém an toàn vì có chổi than có thể sinh ra tia lửa khi hoạt động đối với các motor DC công suất cao

8.2. Mô hình hoá động cơ BLDC

8.2.1. Mô hình hóa

Xét sơ đồ một pha như trong hình 7.20, bao gồm nguồn cung cấp điện một chiều với điện áp V_a điện cảm L_a điện trở cuộn dây R_a và dòng điện thiết lập là i . Các mối quan hệ giữa các đại lượng này được mô tả như sau:



Hình 8.20: Sơ đồ cấp nguồn cho động cơ DC

Mô men tạo ra từ động cơ tỉ lệ với dòng điện được cung cấp.

$$M = K_t \cdot i \quad (8.1)$$

Trong đó:

M: Mô men của động cơ.

K_t : là hằng số Mô men.

i : Dòng điện của động cơ.

Điện áp cảm ứng của động cơ tỉ lệ thuận với tốc độ của động cơ.

$$v_b = k_e \cdot \omega \quad (8.2)$$

Ta áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có phương trình

$$v_a - v_b = L_a \cdot \frac{di}{dt} + R_a i \quad (8.3)$$

Giả sử không có tải liên kết với động cơ, công thức Mô men động cơ:

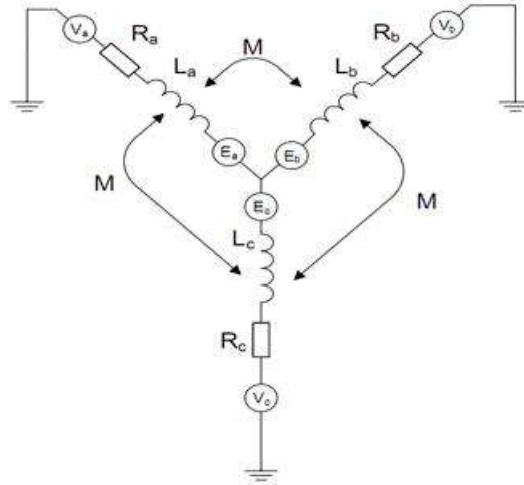
$$M = J \cdot \frac{d\omega}{dt} = k_t i \quad (8.4)$$

$$\text{Suy ra: } i = \frac{J}{k_t} \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

Thay thế vào công thức Kirchhoff ta có.

$$\frac{L_a \cdot J}{K_t} \frac{d^2 \cdot \omega}{dt^2} + \frac{R_a J}{K_t} \frac{d\omega}{dt} + K_e \omega = V_a \quad (8.5)$$

Từ mô hình mạch điện 1 pha thì ta có thể suy ra phương trình điện áp 3 pha như sau.



Hình 8.21 Mô hình mạch điện động cơ BLDC

$$\begin{cases} V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + M_{ab} \frac{di_b}{dt} + M_{ac} \frac{di_c}{dt} + e_a \\ V_b = R_b i_b + L_b \frac{di_b}{dt} + M_{ba} \frac{di_a}{dt} + M_{bc} \frac{di_c}{dt} + e_b \\ V_c = R_c i_c + L_c \frac{di_c}{dt} + M_{ca} \frac{di_a}{dt} + M_{cb} \frac{di_b}{dt} + e_c \end{cases} \quad (8.6)$$

Theo phép biến đổi laplace ta được:

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + s \cdot \begin{bmatrix} L_a & M_{ab} & M_{ac} \\ M_{ba} & L_b & M_{bc} \\ M_{ca} & M_{cb} & L_c \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (8.7)$$

Trong đó L_a, L_b, L_c là điện cảm của các cuộn dây động cơ. M_{ab}, M_{bc}, M_{ca} là hồ cảm giữa các cuộn dây tương ứng. R_a, R_b, R_c là điện trở của cuộn dây stator động cơ. Do các pha là đối xứng nên các giá trị điện trở, điện cảm, hồ của ba cuộn dây là bằng nhau. Khi đó:

$$R_a = R_b = R_c = R$$

$$L_a = L_b = L_c = L$$

$$M_{ab} = M_{ca} = M_{cb} = M$$

Do đó:

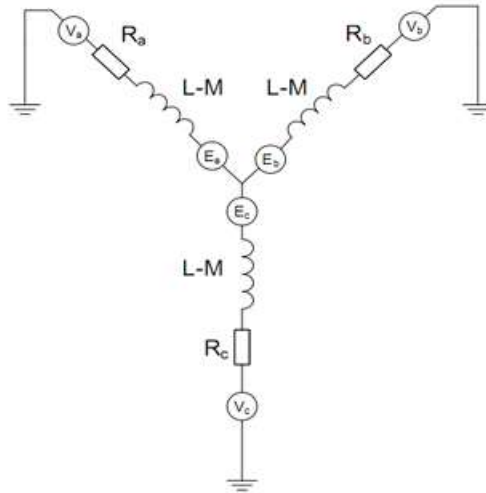
$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + s \cdot \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (8.8)$$

Vì các cuộn dây của stator đấu sao nên:

$$i_a + i_b + i_c = 0$$

Suy ra

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + s \cdot \begin{bmatrix} L-M & 0 & 0 \\ 0 & L-M & 0 \\ 0 & 0 & L-M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (8.9)$$



Hình 8.22: Mô hình thu gọn của động cơ BLDC

$$P = J\omega \frac{d\omega}{dt} \quad (8.10)$$

Mô men điện từ của động cơ.

$$M_e = J \frac{d\omega_m}{dt} + B\omega_m + M_t \quad (8.11)$$

Trong đó:

J: lực quán tính

B: Ma sát nhớt

Mô men điện từ phụ thuộc vào back-EMF (điện áp phản kháng) và dòng điện stator:

$$M_e = \frac{P}{2} \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\omega_m} \quad (8.12)$$

Trong đó p là số cặp cực từ và ω_m là tốc độ góc của động cơ.

Khi pha A và pha B được cấp điện:

$$\begin{cases} i_a = i \\ i_b = -i \\ \frac{di_a}{dt} = -\frac{di_b}{dt} = \frac{di}{dt} \end{cases}$$

Điện áp dây:

$$V_{AB} = 2R_i + 2(L-M) \frac{di}{dt} + (e_a - e_b) \quad (8.13)$$

$$V_{AB} = 2R_i + 2(L-M) \frac{di}{dt} + 2e \quad (8.14)$$

Phương trình tổng quát:

$$V_d = R_a i + L_a \frac{di}{dt} + K_e \omega \quad (8.15)$$

$$M_e - M_t = J \frac{d\omega_m}{dt} + B\omega_m \quad (8.16)$$

Dòng điện stator khi động cơ chạy không tải:

$$i = \frac{J}{K_t} \frac{d\omega}{dt} + \frac{B\omega}{K_t} \quad (8.17)$$

Kết hợp phương trình tổng quát và dòng điện khi động cơ chạy không tải:

$$\begin{aligned} V_d &= R_a \left(\frac{J}{K_t} \frac{d\omega}{dt} + \frac{B\omega}{K_t} \right) + L_a \frac{d}{dt} \left(\frac{J}{K_t} \frac{d\omega}{dt} + \frac{B\omega}{K_t} \right) + K_e \omega \\ &= \frac{JL_a}{K_t} \frac{d^2\omega}{dt^2} + \frac{JR_a + BL_a}{K_t} \frac{d\omega}{dt} + \frac{BR_a + K_e K_t}{K_e} \omega \end{aligned} \quad (8.18)$$

8.2.2. Kết quả.

Công thức trên biểu diễn phương trình điện áp đầu vào (Vd) của động cơ, bao gồm cả các thành phần mô tả mối quan hệ giữa các yếu tố cơ học và điện từ của hệ thống.

Trong đó:

Thành phần gia tốc $\frac{JL_a}{K_t} \frac{d^2\omega}{dt^2}$:

Phản ánh ảnh hưởng của quán tính động cơ (J) và độ tự cảm phản ứng (La) lên sự thay đổi gia tốc góc $\frac{d^2\omega}{dt^2}$. Đây là yếu tố chính mô tả động lực học trong quá trình tăng tốc hoặc giảm tốc.

Thành phần tốc độ góc thay đổi $\frac{JR_a + BL_a}{K_t} \frac{d\omega}{dt}$

Biểu diễn tác động của điện trở phản ứng (Ra), mô men cản nhớt (B), và độ tự cảm lên tốc độ thay đổi $\frac{d\omega}{dt}$

Yếu tố này đại diện cho tổn thất động lực học do ma sát và ảnh hưởng từ các phần tử điện trở.

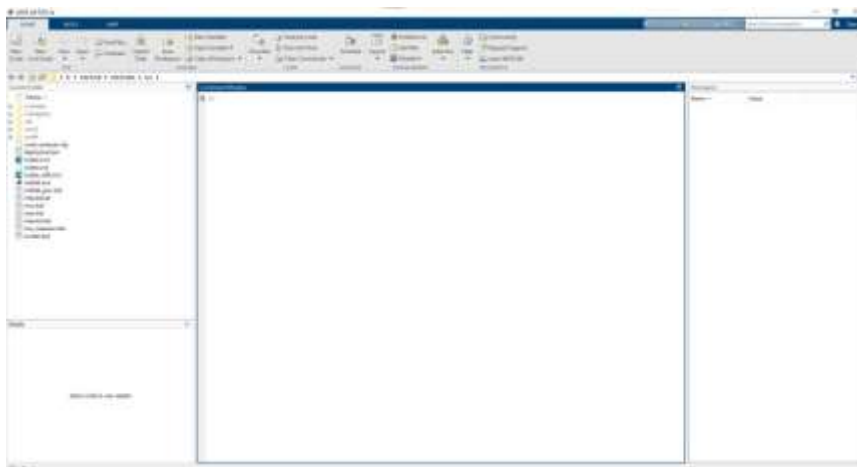
Thành phần vận tốc góc $\frac{BR_a + K_e K_t}{K_t} \omega$

Phản ánh ảnh hưởng của mô men cản nhớt, sức điện động cảm ứng ngược (Ke), và hằng số mô men (Kt) đối với tốc độ góc (ω). Thành phần này thể hiện trạng thái cân bằng động lực khi động cơ hoạt động ở chế độ ổn định.

8.3. Kết quả và mô phỏng

8.3.1. Giới thiệu về phần mềm Matlab/Simulink.

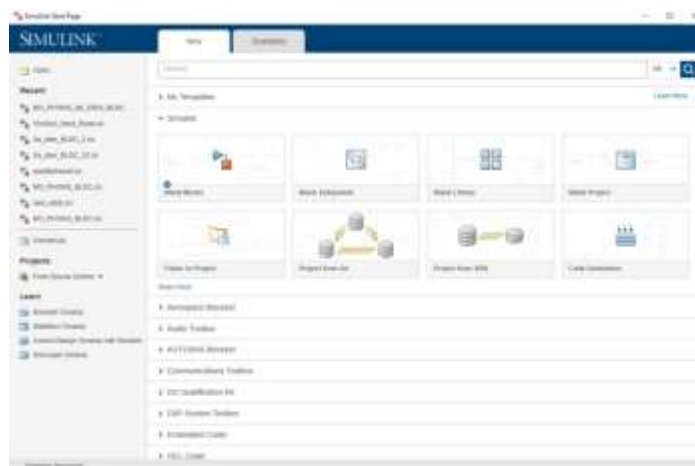
MATLAB (Matrix Laboratory) là một ngôn ngữ lập trình cấp cao thể hệ thứ tư và là một môi trường tương tác để tính toán, hiển thị và lập trình MATLAB được phát triển bởi MathWorks.



Hình 8.23: Giao diện phần mềm Matlab

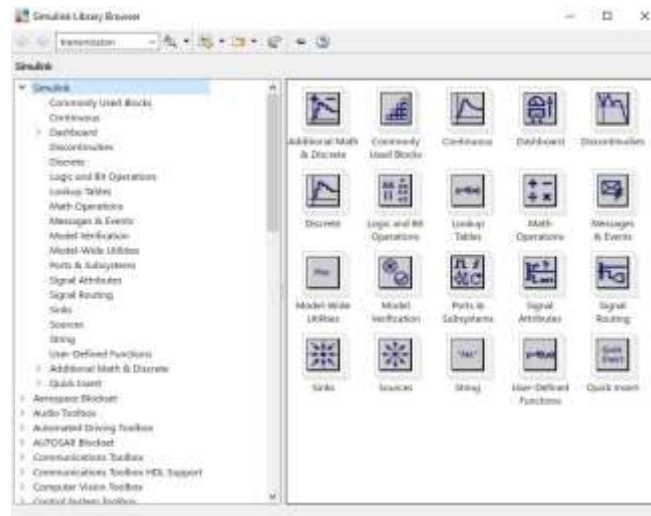
MATLAB được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực từ học thuật, nghiên cứu khoa học, đến các ngành công nghiệp như tự động hóa, hàng không vũ trụ, y học, và kỹ thuật tài chính. Trong giáo dục, MATLAB là một công cụ quan trọng được sử dụng để giảng dạy các môn học liên quan đến toán học, kỹ thuật, và khoa học máy tính. Trong công nghiệp, các kỹ sư và nhà nghiên cứu sử dụng MATLAB để thiết kế, phân tích, và tối ưu hóa các hệ thống phức tạp.

Simulink là một công cụ mở rộng quan trọng tích hợp trong MATLAB, mang lại khả năng mô hình hóa, mô phỏng, và phân tích các hệ thống động với giao diện trực quan sử dụng đồ họa [20]. Điểm nổi bật của Simulink là việc cung cấp môi trường thao tác đơn giản, cho phép người dùng dễ dàng tạo lập và thao tác các mô hình bằng cách nhấp chuột và kéo thả các khối. Điều này làm cho quá trình thiết kế và phát triển các hệ thống phức tạp trở nên trực quan và dễ tiếp cận hơn, đặc biệt đối với người dùng không chuyên về lập trình.



Hình 8.24: Giao diện công cụ Simulink trong Matlab

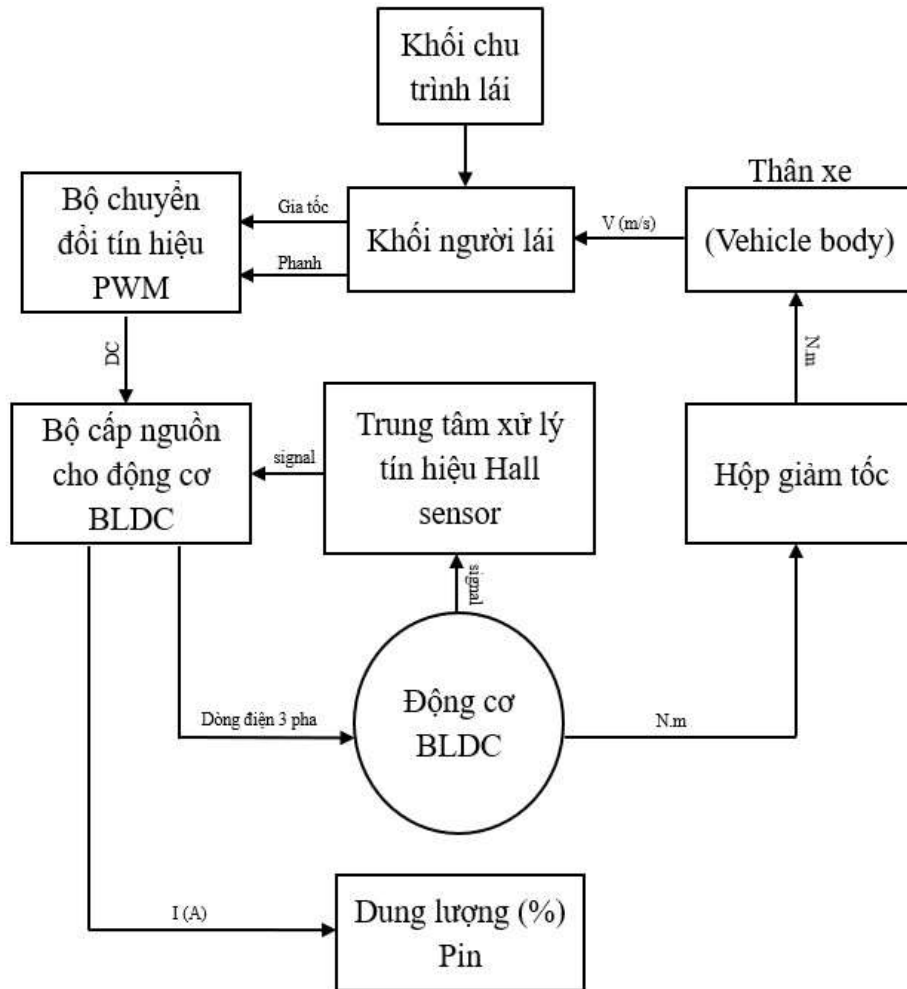
Simulink bao gồm một thư viện khối phong phú, hỗ trợ nhiều loại mô hình khác nhau từ các hệ thống tuyến tính đến các hệ thống phi tuyến, giúp người dùng mô phỏng các hệ thống cơ học, điện tử, hệ thống điều khiển, và nhiều ứng dụng khác. Các khối mô phỏng được thiết kế để đại diện cho các thành phần cụ thể như bộ điều khiển PID, bộ lọc tín hiệu, các phần tử toán học và logic, cũng như các khối xử lý tín hiệu số. Điều này giúp người dùng dễ dàng xây dựng và chỉnh sửa các mô hình phức tạp mà không cần viết nhiều mã lệnh thủ công.



Hình 8.25: Thư viện chứa các khối block trong simulink

Một ưu điểm nổi bật của Simulink là khả năng tích hợp chặt chẽ với MATLAB. Sự tích hợp này cho phép người dùng chuyển đổi và trao đổi dữ liệu một cách liền mạch giữa hai môi trường, tận dụng các công cụ tính toán mạnh mẽ và các hàm số có sẵn của MATLAB trong quá trình phân tích và xử lý dữ liệu. Điều này mang lại sự linh hoạt lớn cho người dùng khi họ có thể thực hiện các phép toán phức tạp, chạy các kịch bản kiểm thử, và phân tích dữ liệu đầu ra trực tiếp từ các mô hình Simulink.

8.3.2. Sơ đồ mô phỏng



Hình 8.26: Sơ đồ khối hệ thống xe điện BLDC

Nguyên lý hoạt động của hệ thống:

Khi nhận được tín hiệu từ khối chu trình lái, khối người lái sẽ phân tích dữ liệu từ tín hiệu này để đưa ra các quyết định điều khiển vật lý như đạp ga hoặc phanh. Sau đó, các tín hiệu điều khiển sẽ được truyền đến bộ chuyển đổi PWM, nơi tín hiệu vật lý được chuyển đổi thành tín hiệu điện dưới dạng PWM. Bộ chuyển đổi PWM tiếp tục xử lý và hiệu chỉnh sang tín hiệu điện phù hợp trước khi truyền đến bộ cấp nguồn cho động cơ.

Bộ cấp nguồn này có nhiệm vụ cung cấp điện áp phù hợp đến các pha trong động cơ BLDC làm cho động cơ quay. Mặt khác tại bộ cấp nguồn cho động cơ BLDC ta tiến hành đo cường độ dòng điện tại đây để đưa về khối Dung lượng (%) Pin để quan sát và nhận biết được quá trình sạc-xả-tái sinh.

Sau khi động cơ hoạt động thì ta có thể thu được chính xác góc quay cũng như vị trí của các cực từ ở rotor nhờ cảm biến Hall và gửi về trung tâm xử lý tín hiệu Hall sensor sau đó cấp ngược lại tín hiệu cho bộ cấp nguồn, lúc này điện áp về các cực từ của stator có độ chính xác cao đưa động cơ nhanh chóng về trạng thái ổn định.

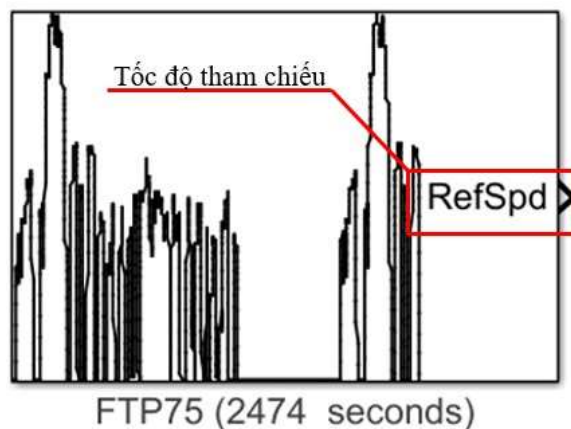
Lực kéo được tạo ra từ động cơ sẽ được đưa đến hệ thống truyền động hộp số, tại đây ta có thể chuyển đổi các tỷ số truyền phù hợp giúp xe tăng tốc, giảm tốc theo mong muốn. Momen tiếp tục đến khối Vehicle, tại đây lực sẽ được đưa đến hệ thống vi sai và đưa ra các bán trục rồi đến các lốp xe giúp tạo lực đẩy cho xe di chuyển.

Và trong khối Vehicle body này ta tiến hành đo chính xác tốc độ thực tế di chuyển của xe và gửi lại về khối người lái giúp người lái nhận biết được vận tốc thực tế của xe đã đạt tới giá trị mong muốn hay chưa từ đó đưa ra các quyết định đạp ga hoặc phanh.

8.3.3. Thiết lập các thông số mô phỏng

8.3.3.1. Khối chu trình lái

a) Khối FTP75 (Federal Test Procedure 75)



Hình 8.27: Chu trình lái FTP75

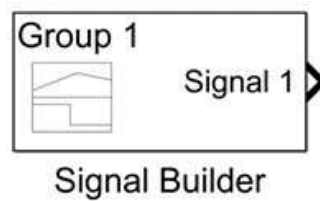
Đây là biểu đồ mô phỏng chu trình lái xe thử nghiệm có tên là FTP75 (Federal Test Procedure 75), được phát triển tại Hoa Kỳ bởi cơ quan bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA).

Đây là một trong những chu trình lái thử nghiệm tiêu chuẩn đầu tiên được thiết kế để đo lường các mức tiêu thụ như nhiên liệu, lượng khí thải của xe trong các điều kiện lái xe ở đô thị.

Dựa vào đồ thị này ta có thể đánh giá khả năng tăng tốc, giảm tốc, chạy chậm hay dừng lại (kẹt xe, dừng đèn đỏ) của xe có đáp ứng với mong muốn ban đầu hay không. Chu trình này ban đầu được phát triển để nhằm đánh giá các điều kiện lái xe ở các thành phố lớn ở hoa kỳ, nơi mà người lái xe phải trải qua nhiều tình huống lái xe ngắn, dừng và đi liên tục, nhưng ngày nay FTP-75 được sử dụng rộng rãi trên toàn cầu và trở thành một tiêu chuẩn quốc tế trong việc kiểm tra mức phát thải và tiêu thụ nhiên liệu cho các loại xe.

Khối FTP-75 được sử dụng trong mô hình để kiểm tra khả năng đáp ứng của xe với tốc độ tham chiếu này, phương tiện sẽ cố gắng tuân theo đường Refspd này và bất kỳ sai lệch nào so với tốc độ tham chiếu sẽ cho thấy cần cải thiện hệ thống điều khiển hoặc khả năng vận hành.

b) Khối tạo tín hiệu (Signal Builder)



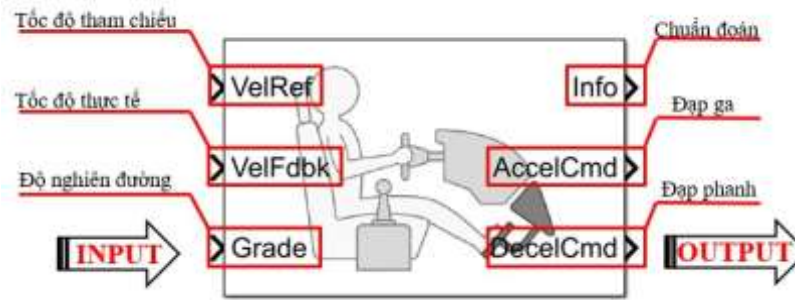
Hình 8.28: Khối tạo tín hiệu

Đây là một trong những công cụ mạnh mẽ của thư viện Simulink giúp tạo và quản lý các tín hiệu đầu vào một cách linh hoạt cho quá trình mô phỏng hệ thống, nó cho phép bạn tạo và chỉnh sửa các tín hiệu với nhiều dạng sóng khác nhau (sóng sin, xung vuông, hoặc dạng tùy chỉnh) theo thời gian. Dựa vào khối tín hiệu này tôi đã tạo hai kịch bản giúp mô phỏng hệ thống như sau.

8.3.3.2. Khối mô phỏng người lái xe

Trong hình 8.29 là khối mô phỏng người lái (Longitudinal Driver), thường được sử dụng để điều khiển sự vận hành của xe, khối này sẽ điều khiển lấy tốc độ thực tế của phương tiện và so sánh với khối chu trình lái, từ đó đưa ra các tín hiệu đạp ga hoặc phanh một cách phù hợp để hệ thống có thể bám sát theo vận tốc mong muốn.

Nếu tại bất cứ điểm nào mà hệ thống di chuyển lệch khỏi vận tốc mong muốn ban đầu thì khối này sẽ điều khiển đạp ga hoặc phanh để đưa vận tốc của hệ thống về gần với vận tốc mong muốn ban đầu.



Hình 8.29: Khối người lái (Longitudinal Driver)

Các cổng vào:

VelRef (Tốc độ tham chiếu): Tốc độ mong muốn tham chiếu cung cấp cho hệ thống, hệ thống sẽ lấy tốc độ của xe và so sánh với tốc độ này từ đó đưa ra các lệnh điều khiển cần thiết.

VelFdbk (Tốc độ phản hồi): Tốc độ thực tế của xe, đây là tính hiệu đầu vào được sử dụng để so sánh với *VelRef* nhằm điều chỉnh xe tăng tốc hoặc giảm tốc để hệ thống đạt được giá trị mong muốn.

Grade (Độ nghiêng đường): Giá trị này giúp xe nhận biết được độ dốc của đoạn đường xe di chuyển, và ta xét đoạn đường này bằng 0, hay nói cách khác là cho xe di chuyển trên đường bằng.

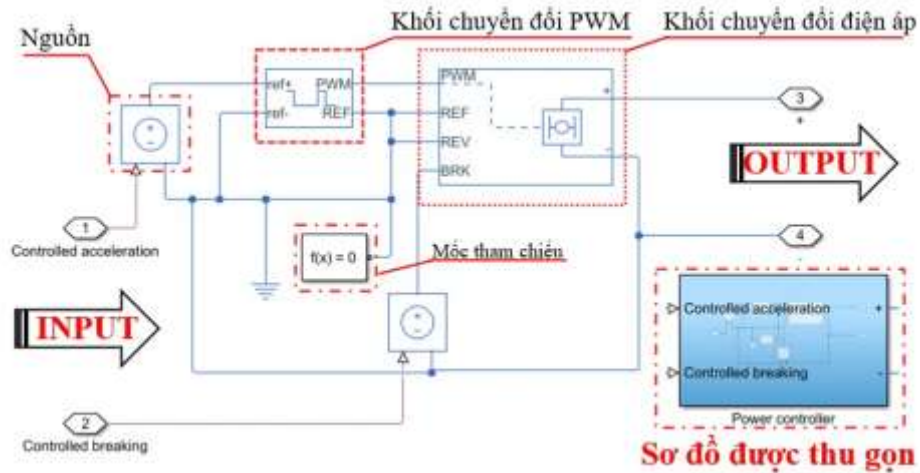
Các cổng ra:

Info: Thông tin đầu ra này để thông báo lỗi hoặc trạng thái điều khiển, do hệ thống ta chỉ đề cập tới vấn đề tăng tốc và giảm tốc của xe nên công này ta không dùng đến.

AccelCmd (Gia tốc): Đây là lệnh điều khiển gia tốc giúp điều khiển xe tăng tốc để đạt tốc độ mong muốn tham chiếu ban đầu.

DecelCmd (Phanh): Đây là lệnh điều khiển giảm tốc hay nói cách khác là lệnh đạp phanh, giúp xe giảm tốc độ để đạt vận tốc mong muốn tham chiếu ban đầu.

8.3.3.3. Khối Power controller (bộ chuyển đổi tín hiệu PWM)



Hình 8.30: Mô phỏng bộ chuyển đổi tín hiệu

Đây là khối power controller bao gồm các khối nhỏ để điều khiển như sau:

a) Controlled voltage Source:

Thông thường, Pin bên ngoài sẽ phụ trách phần cung cấp năng lượng cho bộ điều khiển này, tuy nhiên để tránh hệ thống phức tạp thì ta chọn khối *Controlled voltage source* (hình 8.31) này để mô phỏng cung cấp nguồn năng lượng điều khiển cho động cơ. Ta sử dụng 2 khối để lấy tín hiệu từ phanh và ga từ đó có thể điều khiển dòng điện phù hợp.



Hình 8.31: Nguồn cung cấp năng lượng điều khiển

b) Controlled PWM Voltage:

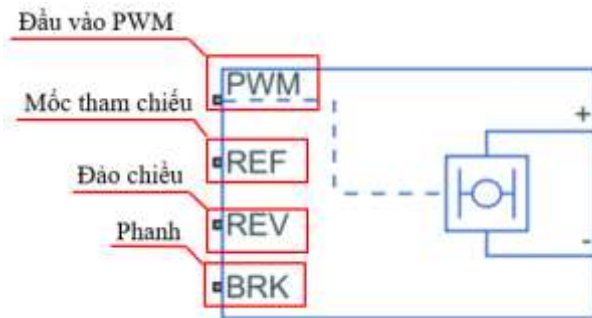
Khối này giúp biến đổi điện áp dưới dạng xung PWM (Pulse width Modulated) thông qua đầu ra PWM và REF. Xung ở mức thấp khi điện áp đầu ra là 0, khi xung cao thì điện áp đầu ra bằng với điện áp được chỉ định (hình 8.32).



Hình 8.32: Khối chuyển đổi tín hiệu

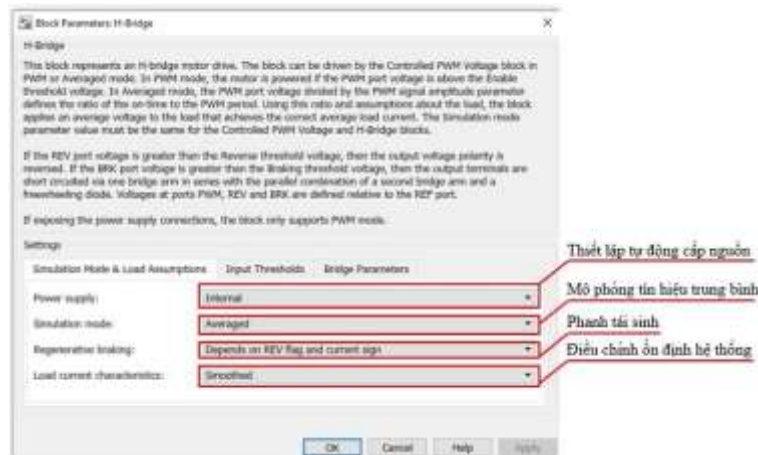
c) Khối H-Bridge

Trong hình 8.33 là khối chuyển đổi năng lượng xung PWM sang tín hiệu điện để điều khiển năng lượng phù hợp với nhu cầu làm việc với động cơ.



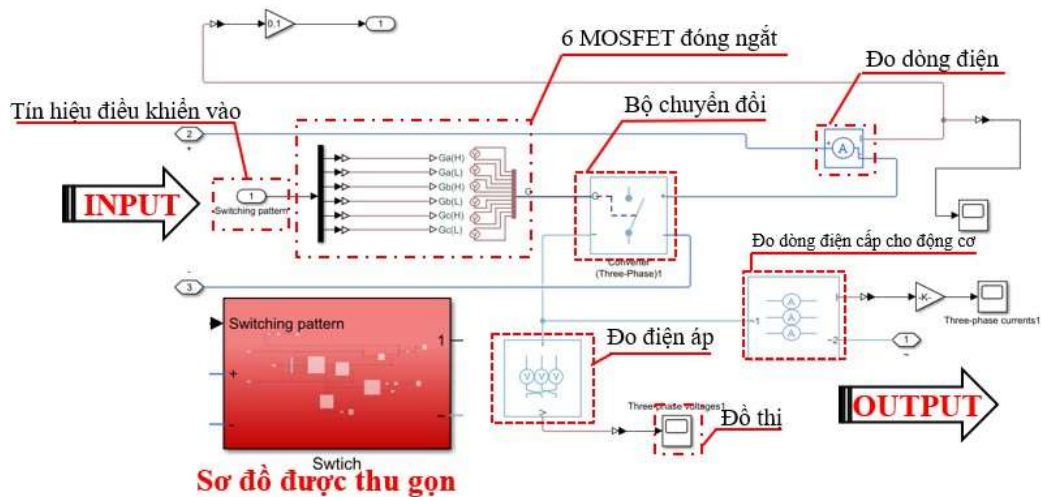
Hình 8.33: Khối H-Bridge

Ở khối này ngoài việc cung cấp nguồn điện lý tưởng cho động cơ thì còn có chức năng ngắt dòng điện khi đạp phanh, lúc này động cơ sẽ có chức năng giống như là máy phát, phát điện sạc lại cho pin.



Hình 8.34: Điều chỉnh thông số khối H-Bridge

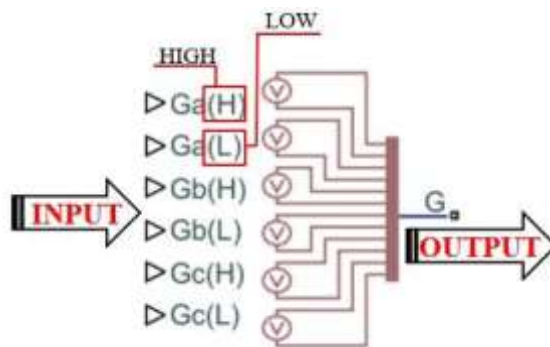
8.3.3.4. Bộ cấp nguồn cho động cơ (Switch)



Hình 8.35: Bộ cấp nguồn cho động cơ

Đây được hiểu như là một công tắc đóng mở và chuyển đổi hợp lý các pha a,b,c trong động cơ BLDC dựa vào tín hiệu cảm biến Hall. Hệ thống bao gồm các khối điều khiển chính sau:

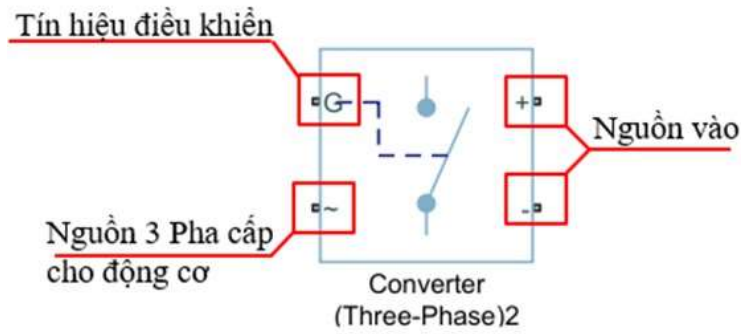
a) Six-Pules Gate:



Hình 8.36: Transistor điều khiển các pha

Ta chọn khối này để mô phỏng và điều khiển đóng mở 6 con motfet để cấp nguồn phù hợp cho các pha a, b, c.

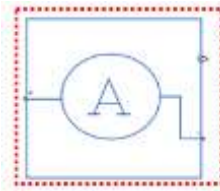
b) Converter (Three-Phas)



Hình 8.37: Khối chuyển pha

Sau khi tổng hợp lại thông tin cấp nguồn từ Six-Pules thông qua chân G, khối này sẽ chuyển đổi dòng DC thành dòng xoay chiều "giả lập" dạng sóng vuông để cung cấp hợp lý các pha trên động cơ BLDC.

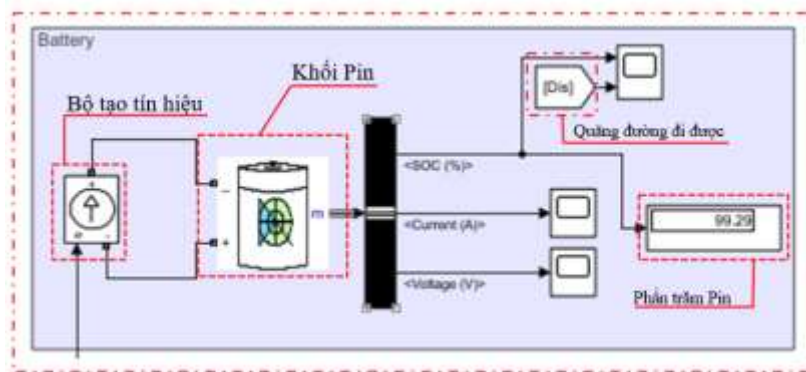
c) Current Sensor



Hình 8.38: Khối đo dòng điện

Đây là khối ta dùng để đo dòng điện lý tưởng, từ tín hiệu này ta có thể nhận biết được mức tiêu hao phần trăm Pin.

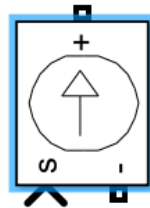
8.3.3.5. Mô phỏng dung lượng Pin và trạng thái nạp-xả-tái sinh.



Hình 8.39: Khối mô phỏng trạng thái Pin

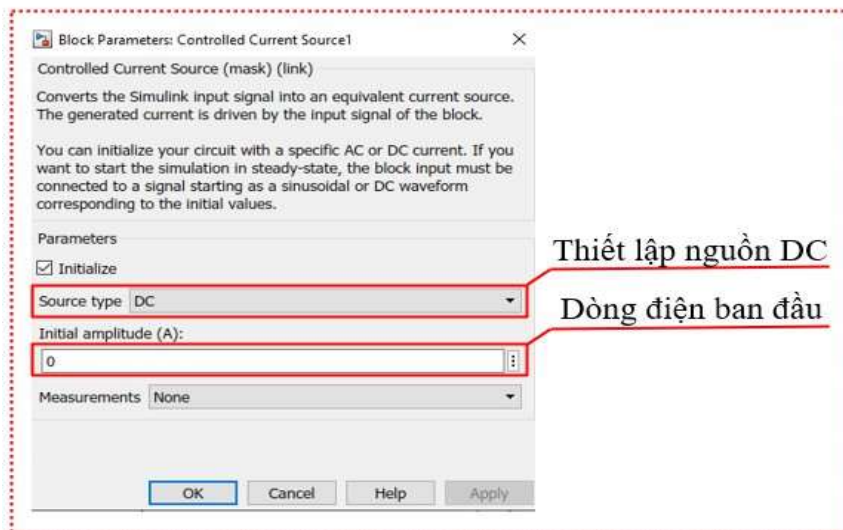
Đây là hệ thống mô phỏng trạng thái của pin. Khi động cơ hoạt động thì hệ thống sẽ phụ thuộc vào tín hiệu dòng điện đo được ở Switch để đưa ra các hiển thị SOC (%), Voltage(V), Current (A) giúp ta có thể quan sát được khả năng nạp xả, tái sinh của toàn hệ thống. Nó bao gồm các khối mô phỏng chính sau:

a). Controlled Current Source (Nguồn dòng điện điều khiển):



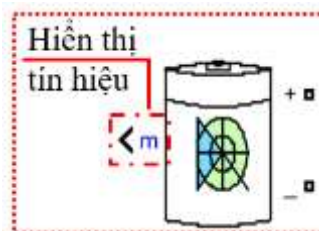
Hình 8.40: Khối điều khiển nguồn dòng điện

Khối này được sử dụng để biến đổi tín hiệu đầu vào thành một dòng điện tương đương. Gồm các tham số như hình:



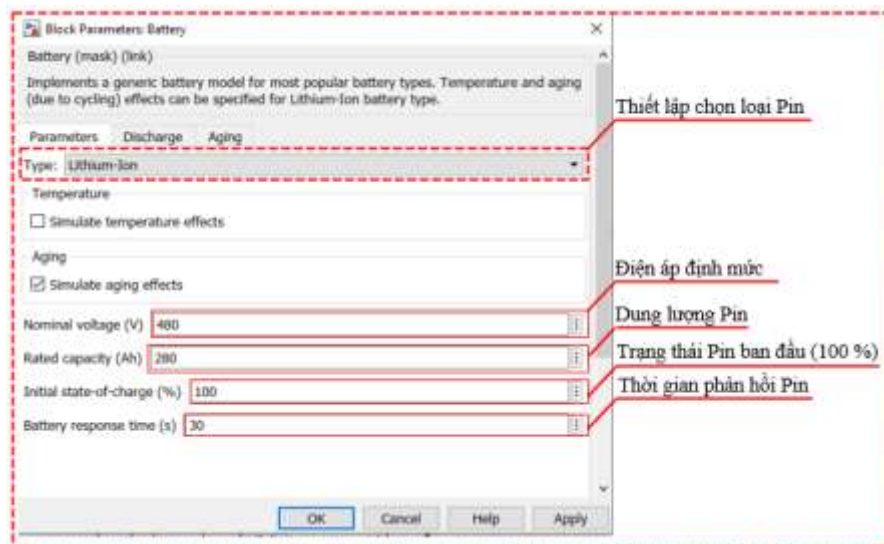
Hình 8.41: Thiết lập các thông số cho dòng điều khiển

b). Battery.



Hình 8.42: Khối mô phỏng Pin

Đây là khối mô hình pin tổng quát được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống mô phỏng năng lượng. Dựa vào khối này ta có thể quan sát được dung lượng phần trăm của Pin, điện áp, dòng điện của Pin, ngoài ra ta còn có thể setup các thông số phù hợp theo mong muốn. Ở hình 3.21 là các thông số được cài đặt để phù hợp với hệ thống.



Hình 8.43: Thiết lập các thông số mô phỏng Pin

Trong đó:

Type (Loại pin): Ở đây ta chọn loại Pin Lithium

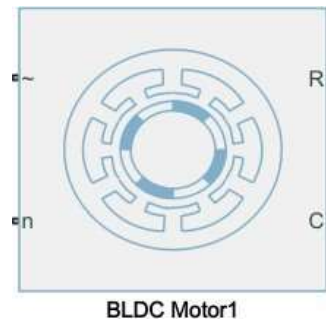
Nominal voltage (Điện áp định mức): Điện áp đầu ra định mức của Pin ta xét chọn 480V

Rated capacity (Dung lượng định mức): Tổng lượng điện mà pin có thể lưu trữ, tính bằng ampe-giờ (Ah), ta xét pin có dung lượng là 280 Ah

Initial state-of-charge (Trạng thái sạc ban đầu): Trạng thái dung lượng Pin khi hệ thống chưa hoạt động, ta xét dung lượng Pin lúc đầu là 100% (Pin đầy khi mô phỏng)

8.3.3.6. Động cơ BLDC (Brushless DC Motor):

Là động cơ một chiều không chổi than. Động cơ được biết đến với nhiều ưu điểm nổi bật (hình 3.22). Với các công ra, vào như sau:



Hình 8.44: Khối mô phỏng động cơ BLDC

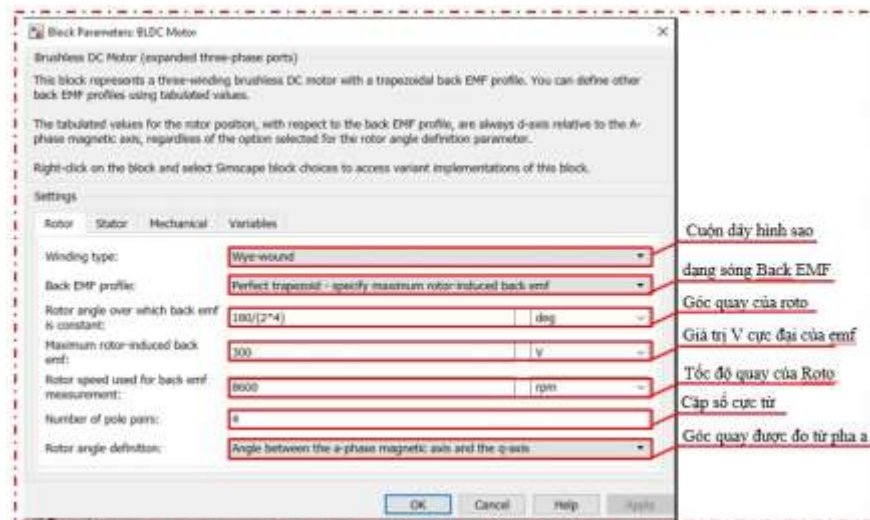
Trong đó:

~(Dòng điện xoay chiều 3 pha): Dòng điện 3 pha được cung cấp từ khối Switch để cung cấp năng lượng cho động cơ BLDC.

n (Cổng nối đất hoặc âm): Đây là cổng nối đất (Ground) hoặc cổng âm của động cơ. Cổng này giúp ổn định mạch và tạo ra một mức điện áp chuẩn để động cơ hoạt động ổn định.

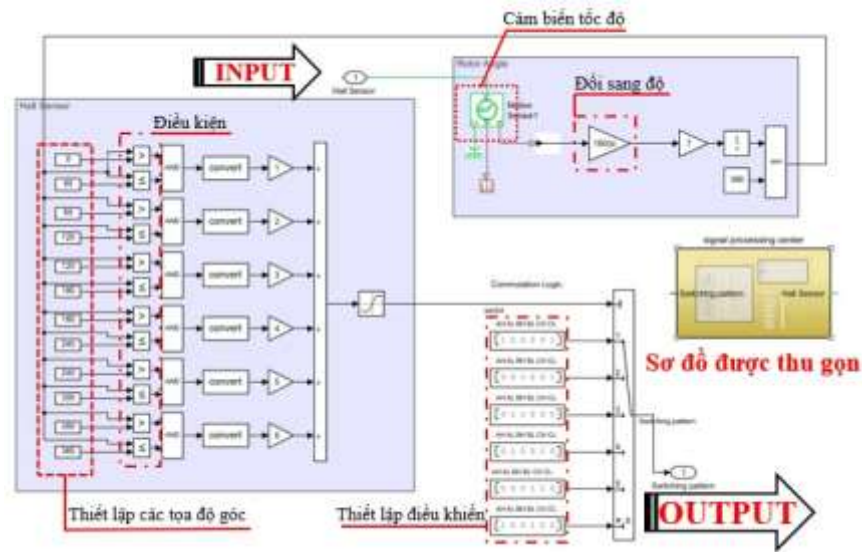
R (Cảm biến Hall): Lấy tín hiệu đầu ra của cảm biến Hall, giúp để phát hiện vị trí của rotor và xác định thời điểm kích hoạt cuộn dây để tạo ra từ trường quay đúng pha.

C (Phản hồi điều khiển): Tín hiệu này cho phép hệ thống điều khiển theo dõi tốc độ thực tế của động cơ và so sánh với tốc độ mong muốn (giá trị tham chiếu).



Hình 8.45: Các tham số có thể điều chỉnh

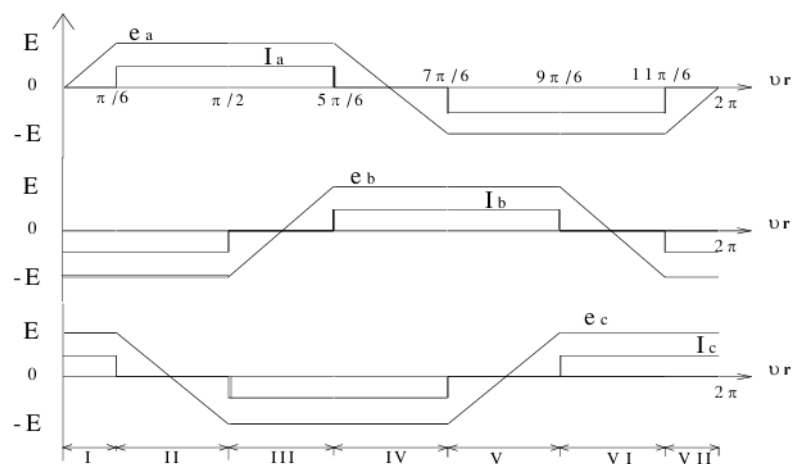
8.3.3.7. Trung tâm xử lý tín hiệu Hall sensor



Hình 8.46: Khối mô phỏng xử lý tín hiệu Hall

Đây là khối xử lý tín hiệu từ cảm biến Hall, đây được ví như bộ não của hệ thống, giúp điều khiển chính xác thời gian cấp nguồn cho các pha (thời điểm đóng ngắt các Transistor). Sau khi các thông tin được mã hóa thì sẽ được gửi đến Switch để điều khiển phù hợp các pha động cơ.

Hoạt động của bộ biến đổi PWM ba pha có thể chia thành sáu giai đoạn theo các trạng thái của dòng điện trong các pha của động cơ như hình 3.25. Dòng điện ba pha được điều khiển có dạng sóng hình chữ nhật và đồng bộ với tín hiệu phản hồi hình thang EMF để tạo ra momen không đổi.



Hình 8.47: Đồ thị dòng pha và sđđ phản hồi của BLDC

Hình 8.47 chỉ ra rằng, sức phản điện động EMF là hàm của vị trí roto (θ_r), mà biên độ của nó tỉ lệ với tốc độ góc: $E = Ke.\theta_r$

(Ke là hệ số phản hồi).

Các hàm fa(u), fb(u) và fc(u) cho phép xác định giá trị tức thời của các sức điện động ea, eb và ec tương ứng với các vị trí khác nhau của roto (θ_r). Căn cứ vào vị trí roto biểu thức của sđđ phản hồi EMF các pha ea, eb, ec biểu diễn qua tập hàm sau :

$$e_a = \begin{cases} \frac{6E}{\pi}.\theta_r \\ E \\ -\frac{6E}{\pi}\theta_r + 6E \\ -E \\ -\frac{6E}{\pi}\theta_r + 12E \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0 < \theta_r < \frac{\pi}{6} \\ \frac{\pi}{6} < \theta_r < \frac{5\pi}{6} \\ \frac{5\pi}{6} < \theta_r < \frac{7\pi}{6} \\ \frac{7\pi}{6} < \theta_r < \frac{11\pi}{6} \\ \frac{11\pi}{6} < \theta_r < 2\pi \end{cases} \quad (8.19)$$

$$e_b = \begin{cases} -E \\ \frac{6E}{\pi}\theta_r - 4E \\ E \\ -\frac{6E}{\pi}\theta_r + 10E \\ -E \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0 < \theta_r < \frac{\pi}{2} \\ \frac{5\pi}{6} < \theta_r < \frac{9\pi}{6} \\ \frac{\pi}{6} < \theta_r < \frac{5\pi}{6} \\ \frac{9\pi}{6} < \theta_r < \frac{11\pi}{6} \\ \frac{11\pi}{6} < \theta_r < 2\pi \end{cases} \quad (8.20)$$

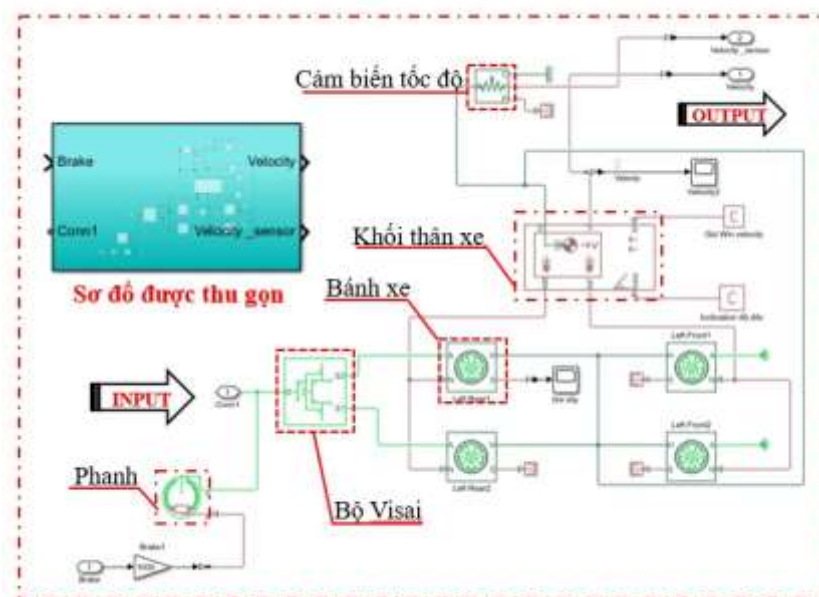
$$e_b = \begin{cases} E \\ -\frac{6E}{\pi}\theta_r - 2E \\ -E \\ -\frac{6E}{\pi}\theta_r - 8E \\ E \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0 < \theta_r < \frac{\pi}{6} \\ \frac{\pi}{6} < \theta_r < \frac{\pi}{2} \\ \frac{\pi}{2} < \theta_r < \frac{7\pi}{6} \\ \frac{7\pi}{6} < \theta_r < \frac{9\pi}{6} \\ \frac{9\pi}{6} < \theta_r < 2\pi \end{cases} \quad (8.21)$$

Để mô phỏng các EMF trên matlab phải đưa thêm vào một biến logic S, biến này là đầu ra của hàm so sánh, có hai giá trị 0 hoặc 1 phụ thuộc vào kết quả so sánh của vị roto (θ_r) với các giá trị xác định. Ví dụ cho pha A là hàm fa(u) thì biến lô gíc như sau:

If $\theta > 0$	AND	$\theta < \pi/6$	THEN	S1 = 1	ELSE	S1 = 0
If $\theta > \pi/6$	AND	$\theta < 5\pi/6$	THEN	S2 = 1	ELSE	S2 = 0
If $\theta > 5\pi/6$	AND	$\theta < 7\pi/6$	THEN	S3 = 1	ELSE	S3 = 0
If $\theta > 7\pi/6$	AND	$\theta < 11\pi/6$	THEN	S4 = 1	ELSE	S4 = 0
If $\theta > 11\pi/6$	AND	$\theta < 2\pi$	THEN	S5 = 1	ELSE	S5 = 0

Với các hàm còn lại là fb(u) và fc(u) thì việc mô phỏng được thực hiện tương tự trên. Kết quả là ở đầu ra của khối này là các sức phản điện động của động cơ có dạng sóng là hình thang đồng dạng và lệch nhau 120 độ.

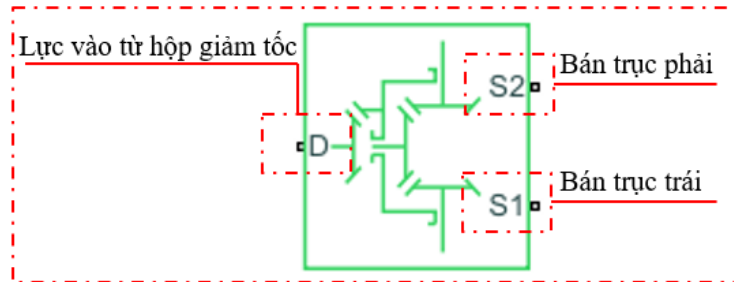
8.3.3.8. Khối Vehicle Body



Hình 8.48: Khối mô phỏng thân xe

Khối thân xe bao gồm các thông số bên ngoài như, hệ số mặt đường tác dụng lên lốp xe, lực cản không khí, lực cản khi xe lên dốc, tốc độ thực tế của xe. Khối thân xe bao gồm các khối nhỏ như sau:

a) Khối visai:

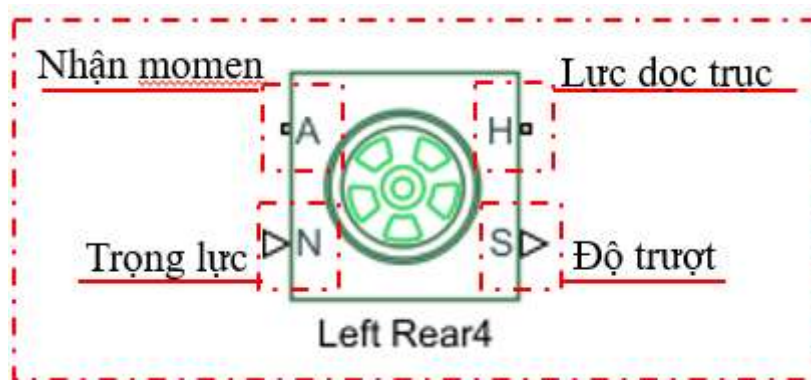


Hình 8.49: Khối mô phỏng visai

Khối đại diện cho một bộ vi sai bánh răng côn được bố trí một bộ truyền bánh răng côn hành tinh và một bộ truyền bánh răng côn giữa trực truyền động và giá đỡ.

Các kết nối D, S1 và S2 lần lượt là các cổng bảo toàn chuyển động quay cơ học với đầu (D) được liên kết với đầu ra của hộp giảm tốc (F) thông qua trục các đăng và S1, S2 là hai trục đầu ra được kết nối vào hai bánh xe dẫn động.

b) Bánh xe



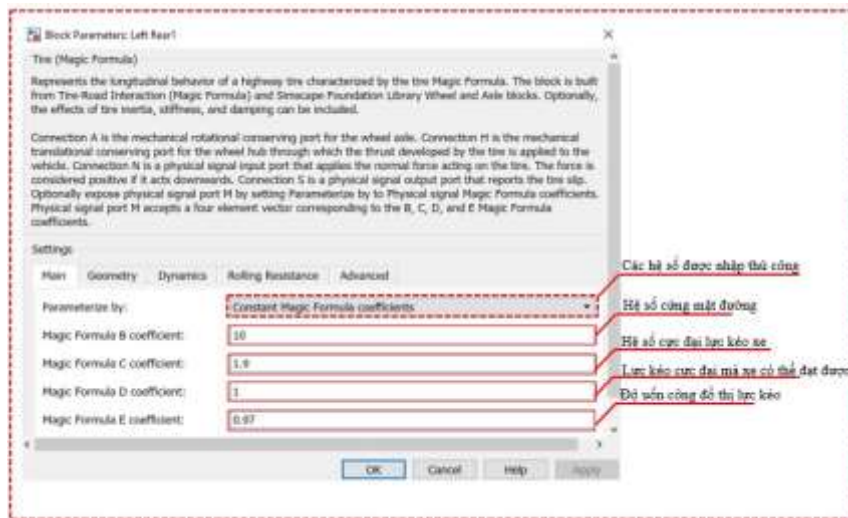
Hình 8.50: Khối mô phỏng bánh xe

A (Axle): Đây là đầu vào kết nối với trục bánh xe. Nó thường dùng để nhận mô-men xoắn từ động cơ.

Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

H (Hub): Kết nối này đại diện cho lực đẩy dọc trục tạo ra nhờ ma sát giữa bánh xe với mặt đường giúp xe di chuyển về phía trước.

N (Normal force): Đây là đầu vào cho lực bình thường, cho phép mô phỏng áp lực lên bánh xe từ mặt đường. *S (Slip)*: Thể hiện độ trượt của bánh xe.



Hình 8.51: Thiết lập các thông số cho bánh xe

Dựa vào các thông số ở bảng 7.3, ta thiết lập các thông số B, C, D, E. Đây là các thông số phụ thuộc vào đặc tính vật lý của lớp và trạng thái hoạt động của xe.

Bảng 8.3: Thông số bánh xe trên các dạng đường trong Matlab

Surface	B	C	D	E
Dry tarmac	10	1.9	1	0.97
Wet tarmac	12	2.3	0.82	1
Snow	5	2	0.3	1
Ice	4	2	0.1	1

Trong đó:

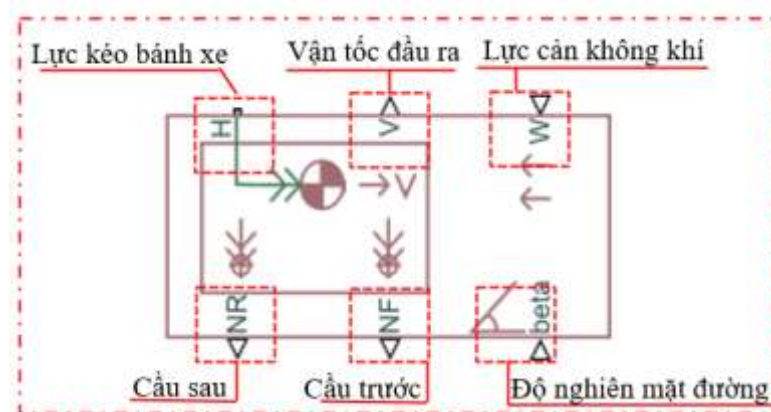
B: là hệ số cứng của mặt đường tác dụng lên lớp ảnh hưởng đến lực kéo của xe. C: Hệ số đại diện cho lực kéo của xe

D: Hệ số cực đại của lực kéo mà xe có thể đạt được

E: Xác định mức độ uốn cong của đồ thị lực kéo của xe

c) Khối Vehicle Body:

Đây là khối mô hình mô phỏng xe đang di chuyển, ở khối này ta có thể cài đặt các điều kiện đường (đường nhựa, đường cát...), mô phỏng vận tốc gió, độ nghiêng mặt đường, và thiết lập được các thông số kỹ thuật của xe (chiều dài cơ sở, khối lượng...), Từ đó có thể đánh giá được khả năng di chuyển của xe.

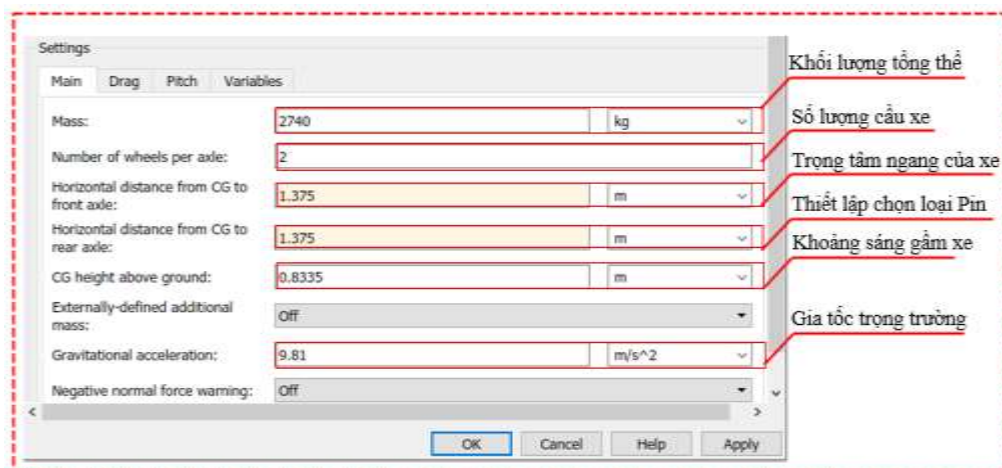


Hình 8.52: Khối mô phỏng thân xe

Công H: Cổng này được nối ra kết quả của lực kéo bánh xe.

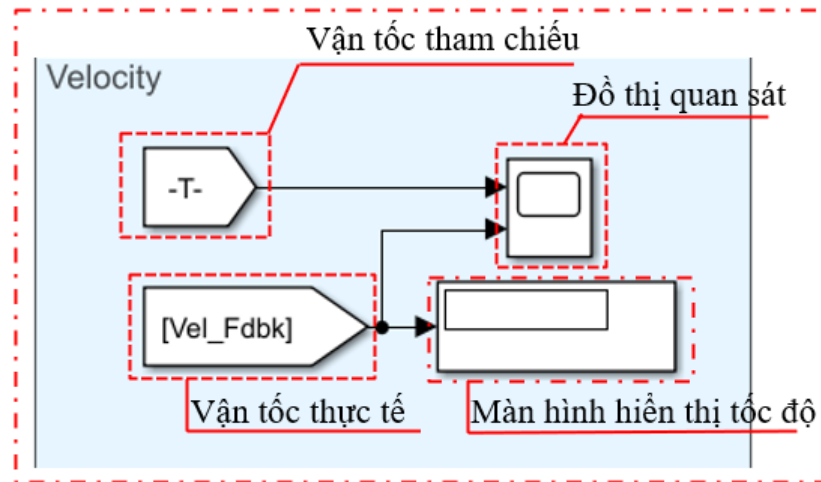
Công V, NF và NR: Thể hiện vận tốc đầu ra của xe, lực tác dụng từ thân xe lên bánh trước và bánh sau

Công W và beta: cổng tín hiệu đầu vào tương ứng với tốc độ gió và góc nghiêng mặt đường.



Hình 8.53: Các thông số được thiết lập phù hợp với xe

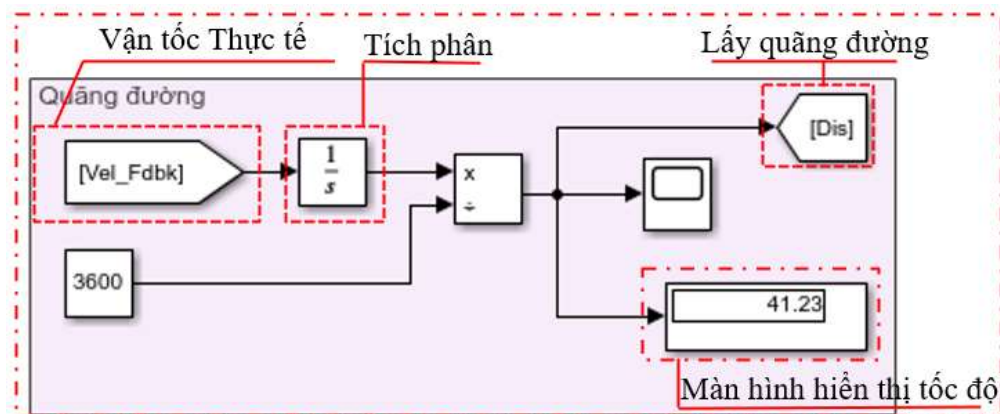
8.3.3.9. Khối tính toán vận tốc thực tế so sánh với vận tốc tham chiếu.



Hình 8.54: Khối hiển thị thông số vận tốc

Ở khối này ta sẽ lấy kết quả thực tế vận tốc xe đang di chuyển đem đi so sánh với vận tốc tham chiếu mong muốn ban đầu, từ đó đưa ra các nhận xét, kết quả mong muốn.

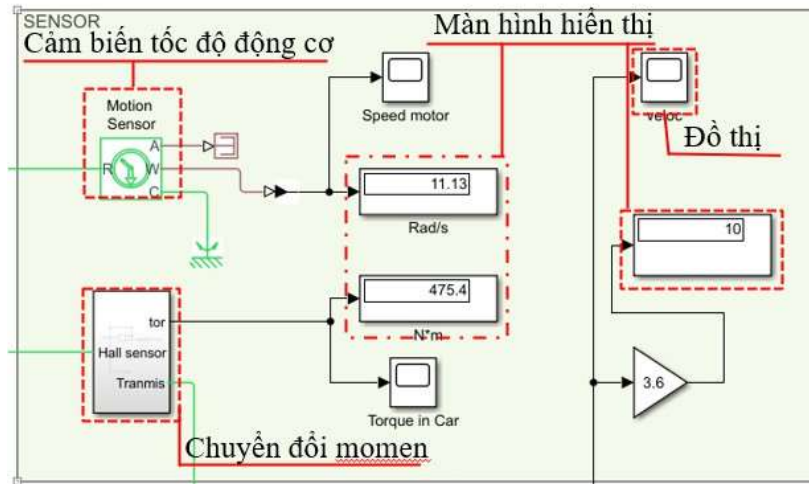
8.3.3.10. Khối tính toán quãng đường đi được.



Hình 8.55: Khối hiển thị quãng đường đi được

Trong hình 8.55 ta lấy đầu ra là tốc độ quay của xe sau đó tích phân, để suy ra được đoạn đường di chuyển thực tế của xe, do thời gian mô phỏng của chúng ra là giây nên chia cho 3600 để ra giờ.

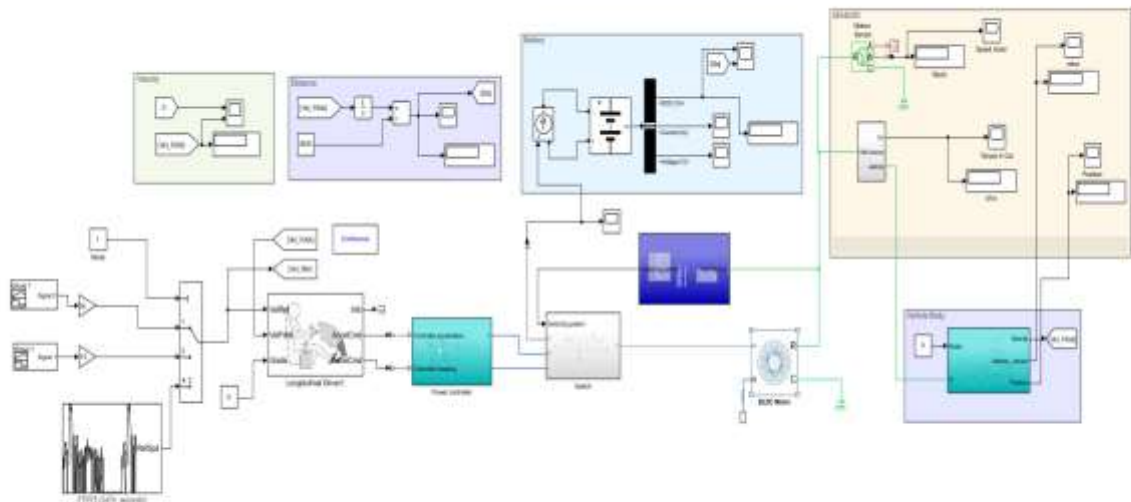
8.3.3.11. Khởi lấy tín hiệu từ các cảm biến



Hình 8.56: Khởi lấy các cảm biến đo được

Ở khối này ta lấy các tín hiệu đầu ra từ động cơ BLDC từ các cảm biến tốc độ, cảm biến mô men để có thể quan sát và đánh giá.

8.3.4. Mô hình toàn bộ hệ thống



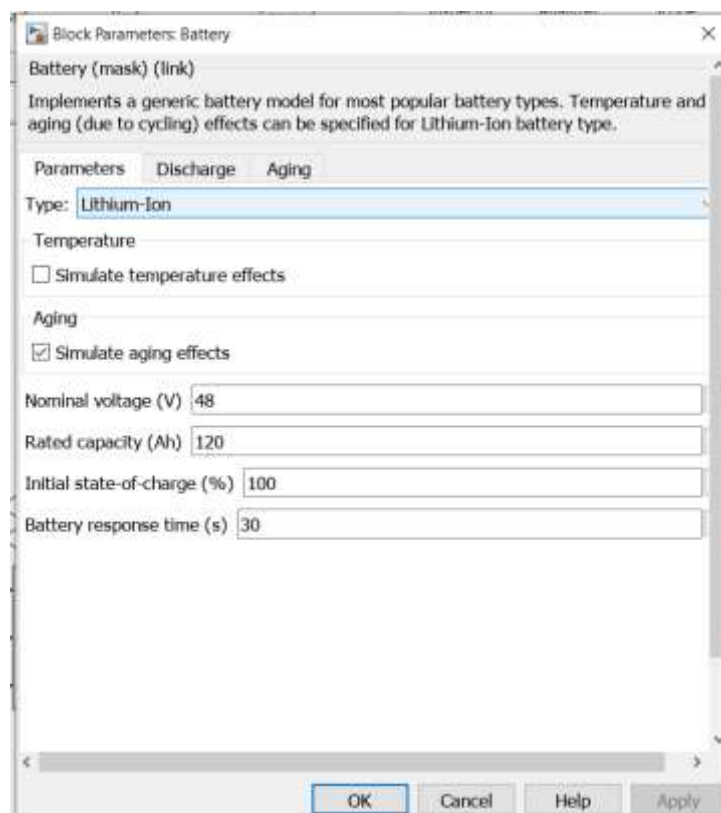
Hình 8.57: Mô hình khối simulink mô phỏng xe điện

8.3.5. Kết quả mô phỏng

Với các thông số như sau:

Bảng 8.4: Thông số kỹ thuật xe

Chiều dài cơ sở (mm)	1531
Dài x Rộng x Cao (mm)	2222x860x1561
Khoảng sáng gầm xe không tải (mm)	230
Trọng lượng toàn tải (kg)	435



Hình 8.58: Thiết lập các thông số Pin

Dựa vào thông số ở bảng 8.4 ta thiết lập các thông số với khối Vehicle body như hình 8.58.

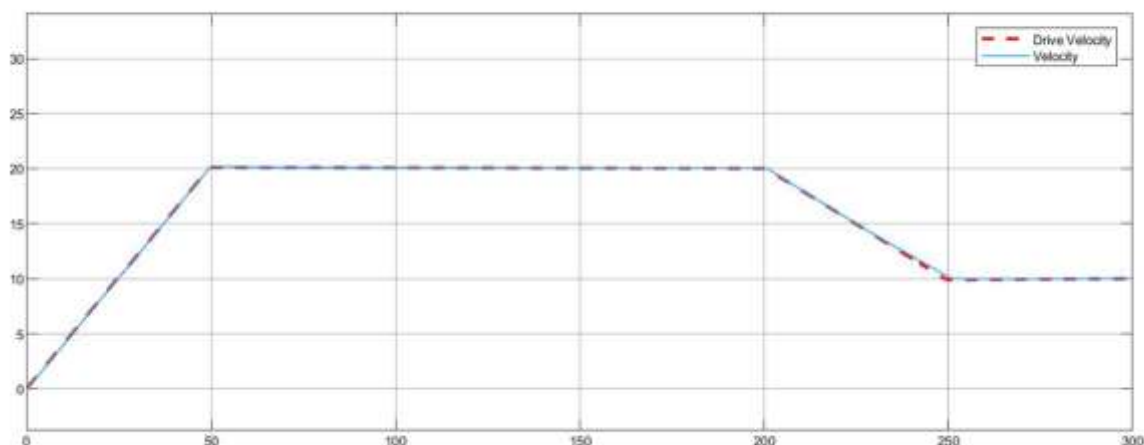
NAME	VALUE	
▼ Main		
> Mass	435	kg
> Number of wheels per axle	2	
> Horizontal distance from CG to front axle	0.779	m
> Horizontal distance from CG to rear axle	0.752	m
> CG height above ground	0.62	m
Externally-defined additional mass	Off	
> Gravitational acceleration	9.81	m/s ²
Negative normal force warning	Off	

Hình 8.59: Thiết lập các thông số ở khối Vehicle body cụ thể.

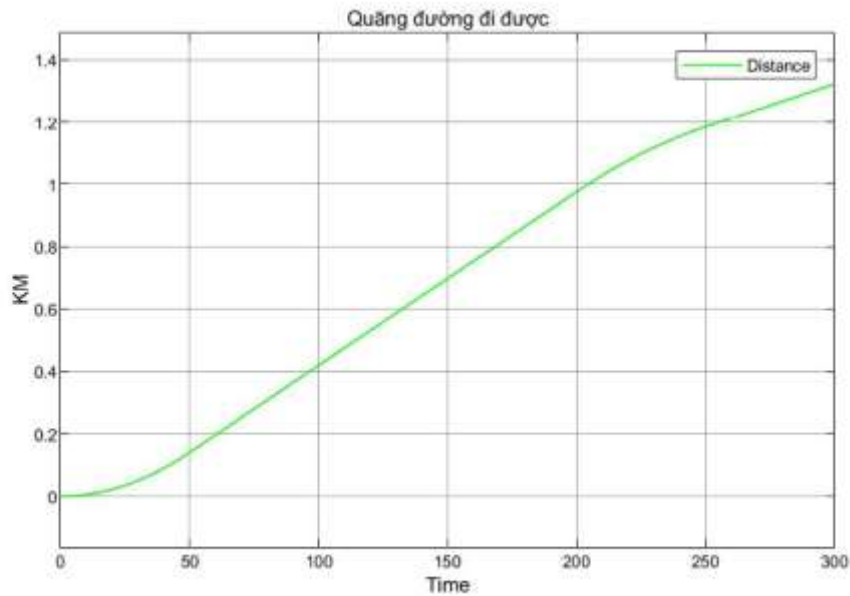
Dựa vào thông số ở bảng 8.4 ta thiết lập các thông số với khối vehicle body như hình 8.59.

NAME	VALUE	
Modeling option	No thermal port	
Selected part	<click to select>	
▼ Rotor		
Electrical connection	Composite three-phase ports	
Back EMF profile	Perfect trapezoid - specify maximum rotor-induced back emf	
> Rotor angle over which back emf is const...	180/(2*4)	22.5 deg
> Maximum rotor-induced back emf	48	V
> Rotor speed used for back emf measure...	3800	rpm
> Number of pole pairs	4	
Rotor angle definition	Angle between the a-phase magnetic axis and the q-axis	

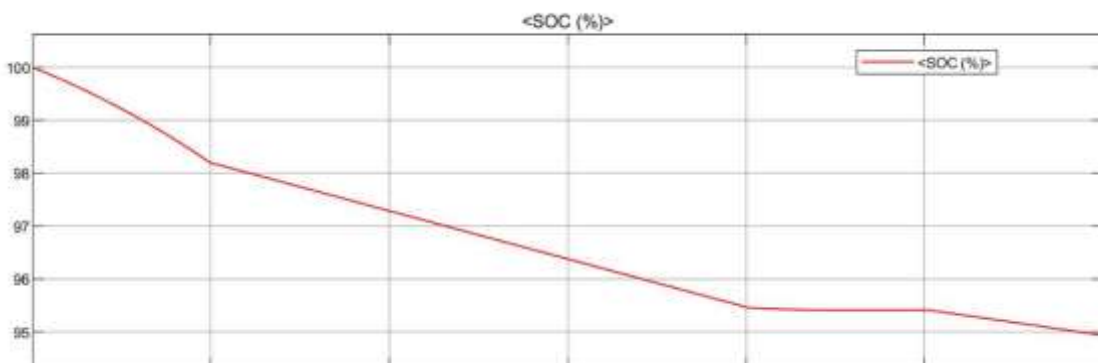
Sau khi thay các thông số ta được các đồ thị về vận tốc, quãng đường và độ sụt % pin trong 300s chạy mô phỏng.



Đồ thị trên biểu diễn vận tốc của xe điện trong khoảng thời gian 300 giây. Quá trình di chuyển của xe được chia thành ba giai đoạn rõ rệt: tăng tốc, chạy ổn định và giảm tốc. Ở giai đoạn đầu (từ 0 đến khoảng 50 giây), vận tốc tăng tuyến tính từ 0 đến khoảng 20 đơn vị, cho thấy quá trình tăng tốc diễn ra đều và ổn định. Giai đoạn tiếp theo (từ khoảng 50 đến 200 giây), vận tốc được duy trì ở mức không đổi, thể hiện khả năng kiểm soát và giữ ổn định vận tốc của hệ thống trong điều kiện hoạt động bình thường. Giai đoạn giảm tốc diễn ra từ 200 đến 250 giây, vận tốc giảm tuyến tính từ 20 về khoảng 10 đơn vị, thể hiện quá trình phanh hoặc giảm tốc có kiểm soát. Cuối cùng, từ 250 đến 300 giây, vận tốc được giữ ổn định ở mức thấp, tương ứng với trạng thái di chuyển chậm hoặc dừng chờ. Bên cạnh đó, đường biểu diễn vận tốc thực tế (Velocity) bám sát rất tốt với đường vận tốc điều khiển (Drive Velocity), chứng tỏ hệ thống điều khiển đáp ứng chính xác và hiệu quả theo tín hiệu đầu vào. Điều này cho thấy mô hình điều khiển được thiết kế hợp lý, đảm bảo yêu cầu về độ chính xác và ổn định trong vận hành của xe điện (Drive Velocity), chứng tỏ hệ thống điều khiển vận tốc hoạt động chính xác và hiệu quả.



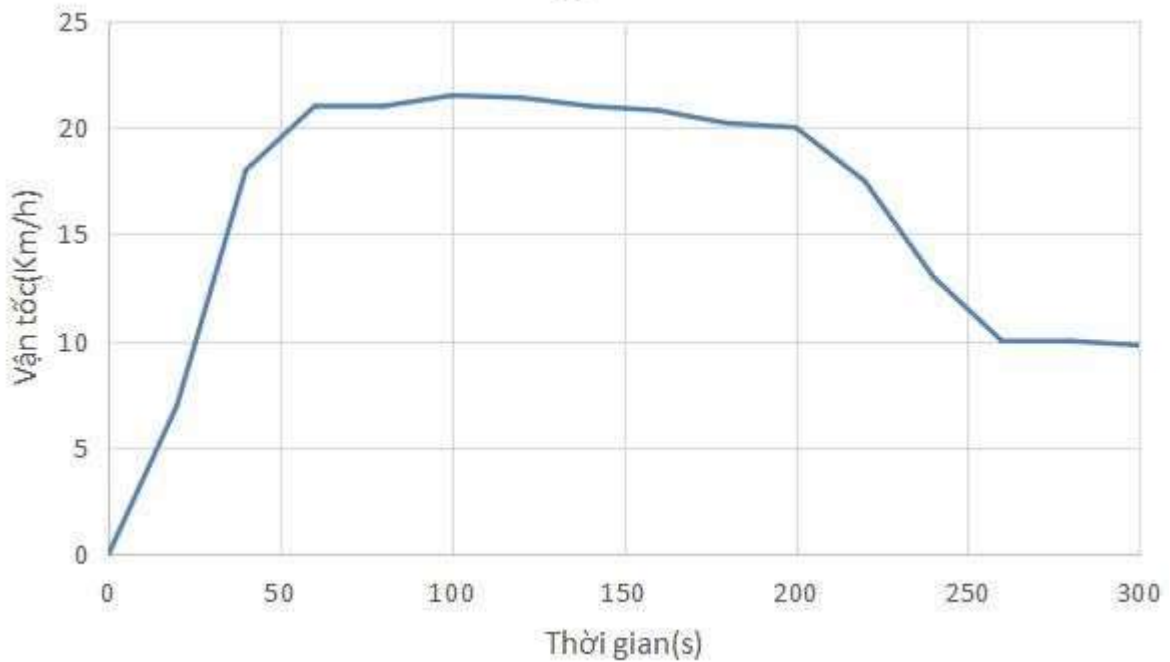
Đồ thị trên thể hiện quãng đường xe điện di chuyển trong thời gian 300 giây. Trục hoành là thời gian (giây) và trục tung là quãng đường tính theo đơn vị kilômét (km). Đồ thị có dạng cong liên tục, phản ánh sự thay đổi quãng đường theo thời gian phụ thuộc vào vận tốc tức thời của xe. Trong giai đoạn đầu (0–50 giây), đường cong có độ dốc tăng dần, tương ứng với quá trình tăng tốc – vận tốc tăng nên quãng đường tích lũy nhanh hơn. Từ 50 đến 200 giây, đồ thị gần như tuyến tính với độ dốc không đổi, phản ánh trạng thái xe chạy đều với vận tốc ổn định, giúp tối ưu hóa quãng đường đi được. Giai đoạn sau (200–300 giây), độ dốc của đồ thị giảm dần, thể hiện sự giảm tốc của xe, khiến quãng đường tích lũy chậm lại. Tổng quãng đường mà xe di chuyển được sau 300 giây là khoảng 1,4 km. Nhìn chung, đồ thị thể hiện đúng quy luật chuyển động của xe điện trong mô hình đã thiết lập, đồng thời xác nhận sự đồng bộ giữa vận tốc và quãng đường di chuyển.



Đồ thị thể hiện mức dung lượng pin (SOC – State of Charge) của xe điện trong suốt quá trình vận hành. Trục tung biểu thị phần trăm năng lượng còn lại trong pin, bắt đầu từ 100% và giảm dần theo thời gian. Đồ thị cho thấy SOC giảm đều trong suốt quá trình xe hoạt động, phản ánh quá trình tiêu hao năng lượng trong thực tế. Từ thời điểm khởi động đến khoảng 250 giây, mức SOC giảm tương đối nhanh, tương ứng với các giai đoạn tăng tốc và duy trì vận tốc cao – khi công suất tiêu thụ lớn. Sau mốc 250 giây, mức SOC giảm chậm lại, thể hiện sự tương ứng với giai đoạn xe giảm tốc và duy trì ở vận tốc thấp, tiêu tốn ít năng lượng hơn. Tổng mức tiêu hao sau 300 giây vận hành vào khoảng 5%, tức SOC giảm từ 100% xuống còn khoảng 95%, cho thấy hệ thống tiêu thụ năng lượng hiệu quả và phù hợp với yêu cầu vận hành trong thời gian ngắn. Đồ thị cũng xác nhận tính đúng đắn của mô hình mô phỏng tiêu hao năng lượng và khả năng quản lý pin trong hệ thống xe điện.

CHƯƠNG 9: THỰC NGHIỆM VÀ KẾT LUẬN

9.1. Đo thực tế và so sánh với mô phỏng trên matlab.



Hình 9.1. Đồ thị vận tốc thu được sau khi tiến hành đo thực tế.

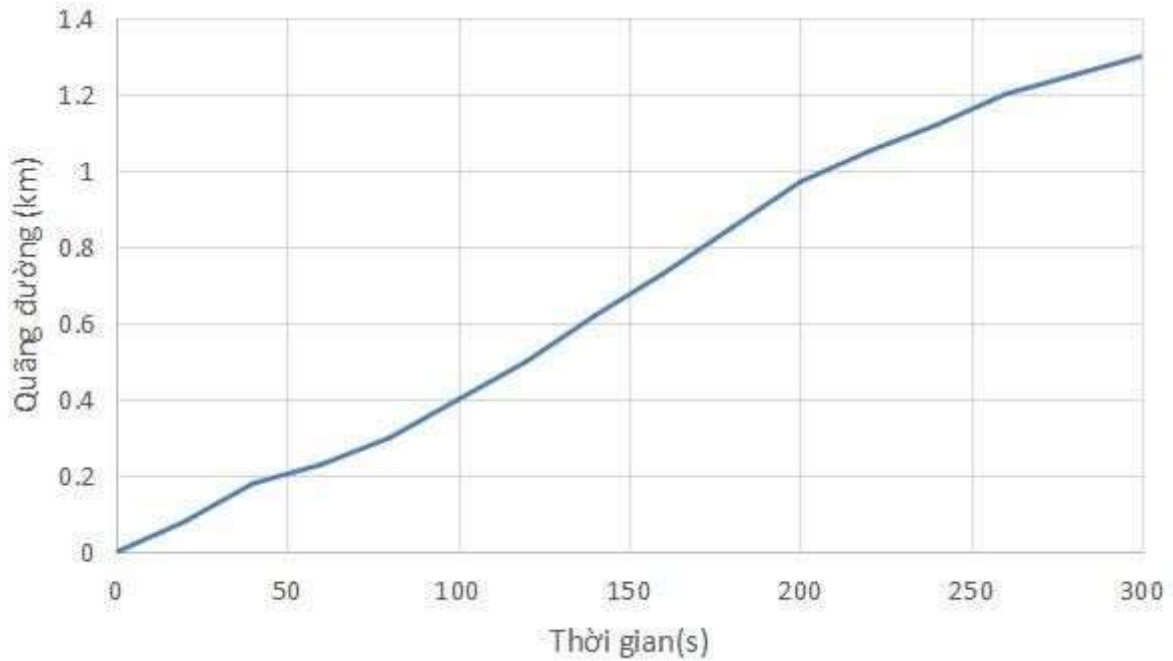
Đồ thị thể hiện kết quả đo thực tế vận tốc của xe điện trong thời gian 300 giây và được so sánh với kết quả mô phỏng trước đó. Về tổng thể, đồ thị thực tế có xu hướng biến thiên tương tự như đồ thị mô phỏng: bao gồm ba giai đoạn chính là tăng tốc, chạy ổn định và giảm tốc.

Trong giai đoạn đầu (0–50 giây), vận tốc tăng nhanh và đạt mức khoảng 21 km/h, khá tương đồng với mô phỏng. Sau đó, từ 50 đến 200 giây, vận tốc duy trì ổn định xung quanh ngưỡng 21–22 km/h, cho thấy khả năng kiểm soát tốc độ tương đối tốt, mặc dù có một số dao động nhỏ so với mô hình lý tưởng.

Từ 200 giây trở đi, xe bắt đầu giảm tốc độ, và đến khoảng 250 giây thì vận tốc giảm nhanh xuống gần 10 km/h rồi giữ ổn định. So với mô phỏng, đồ thị thực tế có phần dao động nhẹ hơn do ảnh hưởng của điều kiện môi trường (mặt đường, tải trọng, hệ số ma sát, v.v.) và các sai số điều khiển thực tế.

Nhìn chung, kết quả đo thực nghiệm có độ khớp cao với mô phỏng, chứng minh rằng mô hình điều khiển vận tốc được xây dựng là hợp lý và có khả năng áp dụng trong thực tế. Các sai số nhỏ là chấp nhận được và có thể tiếp tục tối ưu trong các bước điều

chính sau.



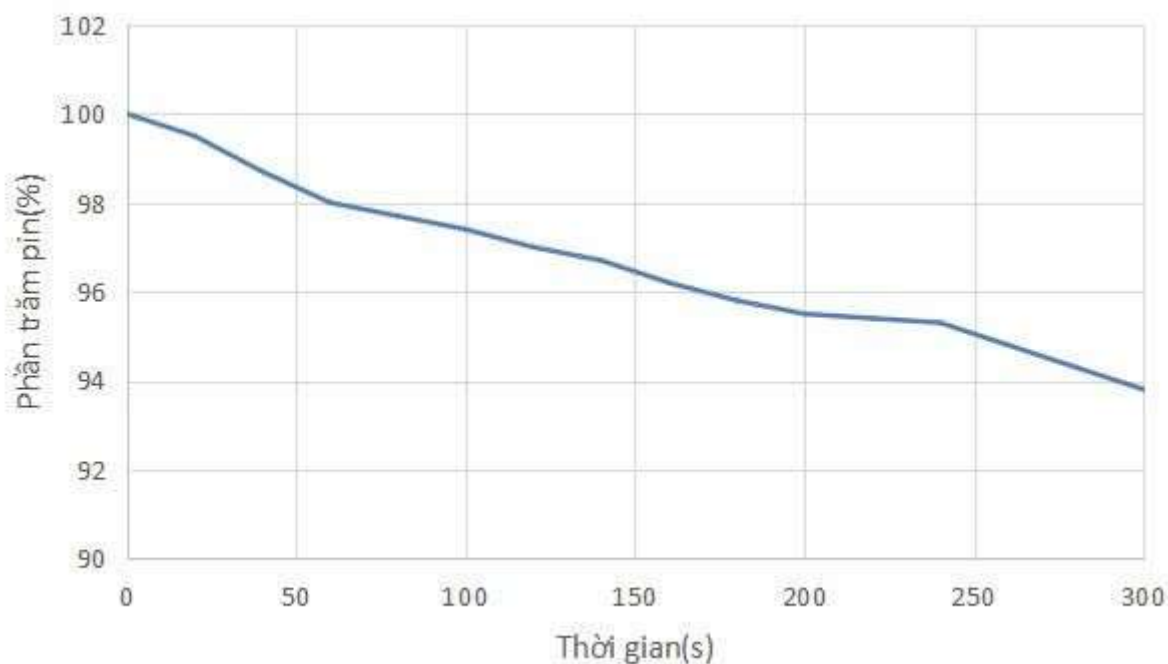
Hình 9.2. Đồ thị quãng đường xe đi được thực tế.

Đồ thị thể hiện quãng đường di chuyển thực tế của xe điện trong khoảng thời gian 300 giây. So với kết quả mô phỏng, đồ thị thực tế có xu hướng tương tự với ba giai đoạn rõ ràng: tăng dần đều, duy trì ổn định và tăng chậm lại về cuối.

Trong khoảng 0–200 giây, quãng đường tăng gần như tuyến tính, phản ánh việc xe duy trì vận tốc ổn định trong thời gian dài. Giai đoạn từ 200–300 giây, tốc độ xe bắt đầu giảm (như đã quan sát trong đồ thị vận tốc thực tế), dẫn đến độ dốc của đường cong quãng đường cũng giảm dần.

Tổng quãng đường đạt được sau 300 giây vào khoảng 1,3 km, gần tương đương với giá trị từ mô phỏng (~1,35 km). Điều này chứng tỏ hệ thống điều khiển vận tốc hoạt động hiệu quả và phù hợp với mô hình thiết kế ban đầu. Sự chênh lệch nhỏ có thể do ảnh hưởng từ tải trọng thực tế, điều kiện mặt đường hoặc sai số đo lường.

Như vậy, kết quả đo thực tế khẳng định tính chính xác và khả năng áp dụng của mô hình mô phỏng trong điều kiện vận hành thực tế.



Hình 9.3. Đồ thị phần trăm pin tiêu hao trong thực tế.

Đồ thị biểu diễn phần trăm pin (SOC) giảm dần theo thời gian thực tế vận hành trong 300 giây. So với đồ thị mô phỏng, xu hướng sụt giảm SOC là tương đồng: bắt đầu từ 100% và giảm đều theo thời gian.

Tuy nhiên, một số điểm khác biệt nổi bật:

Mức sụt giảm tổng:

Mô phỏng: SOC giảm từ 100% xuống khoảng 94,8%, tức giảm khoảng 5,2%.

Thực tế: SOC giảm xuống khoảng 93,8%, tức giảm 6,2%.

→ Thực tế tiêu hao năng lượng cao hơn khoảng 1% so với mô phỏng.

Độ đều:

Đồ thị mô phỏng cho thấy SOC giảm đều và ổn định hơn.

Đồ thị thực tế có vài đoạn SOC giảm nhanh hơn (0–60 giây và 240–300 giây), có thể do tải thay đổi, hệ thống hoạt động thiếu tối ưu hoặc mất hiệu suất truyền động.

Kết quả thực tế xác nhận xu hướng của mô phỏng, tuy nhiên có mức tiêu hao năng lượng cao hơn một chút. Chênh lệch này có thể do ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, ma sát, tải trọng thực tế, độ dốc mặt đường hoặc hiệu suất hệ truyền động chưa đạt lý tưởng như mô hình.

9.2. Thực nghiệm

Quá trình thực nghiệm được tiến hành trong nhà xưởng có sẵn vạch đường trắng mô phỏng, nền bê tông có độ phản xạ ổn định giúp dễ dàng xử lý ảnh. Camera ghi nhận

Tính toán thiết kế mô hình và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện

dữ liệu hình ảnh từ phía trước xe, truyền về hệ thống xử lý sử dụng mô hình YOLO để nhận diện làn đường.



Hình 9.3: Mô hình hoạt động với điều kiện thực nghiệm



Hình 9.4: Kết quả của chương trình nhận diện làn đường và xác định độ lệch của xe

```
0: 480x640 6 1s, 227.7ms
Speed: 2.4ms preprocess, 227.7ms Inference, 12.3ms postprocess per image at shape (1, 3, 480, 640)

0: 480x640 6 1s, 229.7ms
Speed: 2.3ms preprocess, 229.7ms Inference, 11.3ms postprocess per image at shape (1, 3, 480, 640)

0: 480x640 6 1s, 234.8ms
Speed: 1.6ms preprocess, 234.8ms Inference, 11.7ms postprocess per image at shape (1, 3, 480, 640)

0: 480x640 5 1s, 222.8ms
Speed: 1.7ms preprocess, 222.8ms Inference, 9.6ms postprocess per image at shape (1, 3, 480, 640)
```

Hình 9.5: Kết quả benchmark cho mô hình YOLO xử lý ảnh đầu vào kích thước 480x640

Kết quả xử lý ảnh:

Trong quá trình chạy thực nghiệm, phần mềm hiển thị hình ảnh làn đường nhận diện được (màu xanh lá cây) cùng với thống số:

- Độ lệch (Deviation): khoảng cách từ vị trí hiện tại của xe đến tâm làn đường (ví dụ: -26px).
- Hướng điều khiển (Direction): được xác định là L (trái) hoặc r (phải) tùy theo độ lệch với trung tâm.

Hình 9.5 minh họa giao diện nhận diện làn đường và xác định độ lệch của xe.

Độ chính xác của chương trình được đánh giá thông qua khả năng nhận diện đúng làn đường và đưa ra hướng điều khiển phù hợp. Qua quá trình thực nghiệm trong môi trường có kiểm soát, hệ thống cho thấy khả năng nhận diện làn đường với độ chính xác cao, khi các vùng làn đường được mô hình YOLO phát hiện đầy đủ và ổn định. Tín hiệu điều khiển lệch trái/phải (Direction: L/R) được xác định đúng với vị trí thực tế của xe so với tâm làn đường, giúp xe tự động điều chỉnh hướng di chuyển hợp lý. Mặc dù vẫn có sai số nhỏ khi điều kiện ánh sáng thay đổi hoặc làn đường bị mờ, nhưng nhìn chung chương trình hoạt động hiệu quả với độ chính xác khoảng 90–95% trong điều kiện tiêu chuẩn. Đây là cơ sở vững chắc để mở rộng mô hình ra các môi trường phức tạp hơn trong tương lai.

Từ hình 9.3 ta có được bảng hiệu năng của mô hình.

Lượt	Thời gian tiền xử lý	Thời gian suy luận	Thời gian hậu xử lý	Tổng thời gian
1	2,4ms	227,7ms	12,3ms	242,4ms
2	2,3ms	229,7ms	11,3ms	243,1ms
3	1,6ms	234,8ms	11,7ms	248,1ms
4	1,7ms	322,8ms	9,6ms	334,1ms

9.3. Đánh giá tổng quan

Sau khi thiết kế, lắp đặt và thử nghiệm mô hình xe điện và ứng dụng xử lý ảnh bằng YOLO, có thể đưa ra những đánh giá như sau:

Ưu điểm:

- Khả năng nhận diện làn đường hiệu quả:

Hệ thống sử dụng mô hình YOLO để phát hiện làn đường hoạt động ổn định trong môi trường thực nghiệm. Với hình ảnh đầu vào ở độ phân giải 480x640, mô hình vẫn giữ được độ chính xác cao trong việc phát hiện hai biên làn đường và tính toán được độ lệch của xe so với tâm làn.

- Hiển thị trực quan và dễ theo dõi:

Giao diện phần mềm được thiết kế trực quan, hiển thị vùng làn đường màu xanh lá cây, cùng với hai đường thẳng màu đỏ và xanh biểu diễn vị trí trung tâm xe và trục giữa làn đường. Điều này giúp dễ dàng giám sát và đánh giá hoạt động của hệ thống trong thời gian thực.

- Khả năng xử lý thời gian thực:

Mặc dù được chạy trên phần cứng phổ thông, hệ thống vẫn đạt tốc độ xử lý từ 3 đến 4 khung hình mỗi giây, đủ đáp ứng yêu cầu vận hành của một mô hình xe tự hành trong môi trường nhỏ hẹp và tốc độ thấp.

- Tính mô đun và khả năng mở rộng cao:

Việc sử dụng các phần cứng phổ biến như Arduino, Raspberry Pi hoặc Jetson Nano giúp hệ thống dễ dàng được bảo trì, nâng cấp hoặc mở rộng. Ngoài ra, việc thiết kế mạch điều khiển riêng biệt giúp thuận tiện trong việc điều chỉnh logic điều khiển hoặc thay đổi phần cứng nếu cần.

Hạn chế:

- Hiệu năng xử lý còn hạn chế:

Tốc độ suy luận của mô hình còn phụ thuộc vào hiệu suất của phần cứng. Trong một số trường hợp (như lần thử nghiệm thứ 4 trong bảng thống kê), thời gian xử lý lên đến hơn 300ms cho mỗi khung hình, có thể gây ảnh hưởng đến độ mượt và độ trễ trong quá trình điều khiển xe nếu di chuyển ở tốc độ cao.

- Phụ thuộc vào điều kiện môi trường:

Hệ thống hoạt động tốt trong điều kiện ánh sáng ổn định và đường rõ ràng. Tuy nhiên, khi ánh sáng yếu, nền bị lóa hoặc làn đường bị mờ, hệ thống có thể không phát hiện đúng hoặc mất làn tạm thời. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng điều hướng của xe.

- Thiếu tính năng tránh vật cản:

Hệ thống hiện tại chỉ tập trung vào việc nhận diện làn đường và giữ xe đi đúng hướng. Trong thực tế, một hệ thống tự hành hoàn chỉnh cần được tích hợp thêm các cảm biến như siêu âm, lidar hoặc camera phụ để nhận diện và tránh các vật cản bất ngờ trên đường.

- Chưa đánh giá trong môi trường thực tế đa dạng:

Các thử nghiệm mới chỉ được thực hiện trong xưởng với làn đường nhân tạo, điều kiện khá lý tưởng. Khi triển khai trong môi trường ngoài trời hoặc địa hình phức tạp hơn (mặt đường không đồng đều, có nhiều giao lộ, biển báo), hệ thống có thể gặp nhiều thách thức hơn.

9.4. Hướng phát triển

Nâng cấp phần cứng xử lý

- Sử dụng nền tảng tính toán mạnh hơn như NVIDIA Jetson Xavier, Jetson Orin hoặc Raspberry Pi 5 kết hợp với TPU (Tensor Processing Unit) để cải thiện tốc độ xử lý ảnh và khả năng chạy các mô hình học sâu phức tạp hơn trong thời gian thực.
- Tối ưu hóa bộ nguồn và hệ thống tản nhiệt để đảm bảo thiết bị hoạt động ổn định trong thời gian dài.

Mở rộng mô hình nhận diện

- Bổ sung thêm các đối tượng nhận diện như biển báo giao thông, vật cản, người đi bộ, phương tiện khác... để tăng tính thông minh và an toàn cho hệ thống.
- Kết hợp thêm mô hình phân đoạn ảnh (segmentation) để xác định rõ ranh giới đường, lề đường hoặc vạch kẻ nhằm nâng cao độ chính xác hơn so với mô hình chỉ nhận diện đối tượng thông thường.

Tích hợp cảm biến bổ sung

- Lắp đặt các cảm biến siêu âm hoặc lidar để phát hiện vật cản, hỗ trợ chức năng tránh chướng ngại vật – một thành phần quan trọng trong hệ thống tự hành hoàn chỉnh.
- Tích hợp GPS và IMU (cảm biến quán tính) để phục vụ cho việc định vị và điều hướng trong môi trường ngoài trời hoặc các hệ thống tự hành đa điểm (multi-point navigation).

Tối ưu thuật toán điều khiển

- Phát triển bộ điều khiển PID hoặc Fuzzy Logic để xử lý dữ liệu lệch tâm làn đường, từ đó đưa ra góc đánh lái mượt mà và chính xác hơn thay vì chỉ điều khiển theo hướng trái/phải đơn giản.
- Triển khai mô hình học tăng cường (Reinforcement Learning) để xe tự học từ quá trình di chuyển và tối ưu hành vi điều khiển qua thời gian.

Thử nghiệm trong môi trường thực tế phức tạp hơn

- Tiến hành thử nghiệm ngoài trời, với các điều kiện thời tiết và ánh sáng thay đổi để đánh giá độ ổn định của hệ thống trong môi trường thực tiễn.
- Tạo các kịch bản thực tế phức tạp như giao lộ, đường cong, đường có vật cản bất ngờ để kiểm tra khả năng thích nghi và phản ứng của hệ thống.

9.4. Kết luận

Sau một thời gian nghiên cứu và thực hiện, nhóm chúng em đã hoàn thành Đồ án Tốt nghiệp với đề tài “Tính toán, thiết kế và ứng dụng xử lý ảnh trên mô hình xe điện tự hành”. Từ việc tìm hiểu tài liệu, xây dựng mô hình lý thuyết, thiết kế phần cứng đến triển khai thuật toán xử lý ảnh và kiểm nghiệm thực tế, nhóm đã từng bước hoàn thiện hệ thống xe điện có khả năng tự nhận diện làn đường và điều hướng di chuyển một cách tự động.

Quá trình thực hiện đề án là một trải nghiệm quý giá, giúp chúng em có cơ hội tiếp cận, học hỏi và áp dụng kiến thức chuyên môn không chỉ trong lĩnh vực cơ khí, ô tô mà còn mở rộng sang các lĩnh vực liên ngành như điện – điện tử, công nghệ thông tin và đặc biệt là trí tuệ nhân tạo (AI). Một trong những thử thách lớn nhất chính là việc tích hợp mô hình học máy (machine learning) để điều khiển hướng đi của xe – một nội dung mới mẻ và phức tạp đối với sinh viên kỹ thuật truyền thống. Tuy nhiên, nhờ sự cố gắng, nỗ lực không ngừng của cả nhóm và sự hỗ trợ tận tình từ Thầy hướng dẫn – TS. Hoàng Thắng, chúng em đã vượt qua những trở ngại, hoàn thành tốt nội dung đề tài đúng theo tiến độ đề ra.

Thông qua quá trình thực hiện đề tài, nhóm đã tích lũy được nhiều kiến thức và kỹ năng thực tiễn quan trọng, bao gồm:

Kỹ thuật xử lý ảnh và video: Hiểu và triển khai các thuật toán trích xuất đặc trưng từ ảnh để phục vụ nhận diện làn đường và vật cản.

Trí tuệ nhân tạo (AI): Nắm được nguyên lý cơ bản và quy trình huấn luyện các mô hình học máy (Machine Learning) và học sâu (Deep Learning) ứng dụng cho xe tự hành.

Ngôn ngữ lập trình: Thành thạo hơn với Python và các thư viện chuyên dụng như OpenCV, PyTorch, YOLO...

Kỹ năng thiết kế hệ thống nhúng: Lắp ráp, kiểm tra, điều chỉnh mô hình xe điện với các vi điều khiển, mạch điều khiển tốc độ, và các cảm biến liên quan.

Năng lực tự học và làm việc nhóm: Cải thiện khả năng tìm kiếm tài liệu chuyên sâu, xử lý vấn đề kỹ thuật, và phối hợp làm việc hiệu quả trong nhóm.

Tuy đã hoàn thành đề tài trong thời gian quy định, nhóm nhận thấy vẫn còn nhiều hạn chế về mặt kiến thức chuyên sâu và thực nghiệm mở rộng do điều kiện thực tế và giới hạn về thời gian. Chúng em rất mong nhận được sự góp ý quý báu từ các Thầy Cô để có thể tiếp tục hoàn thiện đề tài và mở rộng ứng dụng trong tương lai.

Một lần nữa, nhóm xin chân thành cảm ơn sự hướng dẫn tận tình của TS. Hoàng Thắng, Ths Lê Nguyên Vũ và sự hỗ trợ từ các Thầy Cô trong khoa đã giúp chúng em hoàn thành tốt đề án này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80.
- [2] International Transport Forum. (2023). *Transport Outlook 2023*. OECD Publishing.
- [3] Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*, 16(21), 9145.
- [4] Szeliski, R. (2010). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer.
- [5] Kong, F., & Liu, X. (2025). *Sustainable Transportation with Electric Vehicles*. Now Publishers.
- [6] Badue, C., Guidolini, R., Carneiro, R. V., Azevedo, P., Cardoso, V. B., Forechi, A., ... de Souza, A. F. (2019). Self-driving cars: A survey. arXiv preprint, arXiv:1901.04407.
- [7] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital Image Processing (3rd ed.)*. Prentice Hall.
- [8] Oliphant, T. E. (2006). *A Guide to NumPy*. Trelgol Publishing.
- [9] Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. O'Reilly Media.
- [10] Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95.
- [11] McCall, J. C., & Trivedi, M. M. (2006). Video-based lane estimation and tracking for driver assistance: Survey, system, and evaluation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 7(1), 20–37.
- [12] Zakaria, N. J., Shapiai, M. I., Ghani, R. A., Yasin, M. N. M., Ibrahim, M. Z., & Wahid, N. (2023). Lane detection in autonomous vehicles: A systematic review. *IEEE Access*, 11, 50700–50719.
- [13] Neven, D., De Brabandere, B., Georgoulis, S., Proesmans, M., & Van Gool, L. (2018). Towards end-to-end lane detection: an instance segmentation approach. In *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 286–291).
- [14] Pan, X., Shi, J., Luo, P., Wang, X., & Tang, X. (2018). Spatial as deep: Spatial CNN for traffic scene understanding. In *AAAI Conference on Artificial Intelligence* (pp.

7276–7283).

[15] Ehsani, M., Gao, Y., & Emadi, A. (2009). *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design* (2nd ed.). CRC Press.

[16] Nguyen Huu Can, Duong Quoc Thinh, Pham Minh Thai, Nguyen Van Tai, & Le Thi Vang. (n.d.). *Theory of Automobiles and Construction Machinery - Tractors*. Hanoi: Science and Technology Publishing House.

[17] Bui Van Ga. (2010). *Non-traditional Automobiles*. Da Nang: Da Nang Publishing House.

[18] Le Van Tuy. (2007). *Automobile Power Transmission Systems (Internal circulation textbook)*. Da Nang: University of Science and Technology – Da Nang.

[19] Dunn, J. B., Gaines, L., Kelly, J. C., James, C., & Gallagher, K. G. (2012). The significance of Li-ion batteries in electric vehicle life-cycle energy and emissions and recycling's role in its reduction. *Energy & Environmental Science*, 5(7), 5441–5454.

[20] Johnson, C., & Nikolaidis, P. (2014). Modeling and simulation of electric vehicle performance at the system level: A review. *Journal of Power Sources*, 278, 123–138.

[21] Åström, K. J., & Wittenmark, B. (2011). *Computer-Controlled Systems: Theory and Design* (3rd ed.). Prentice Hall.

[22] Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform* (3rd ed.). Maker Media.

[23] Krishnan, R. (2001). *Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives*. CRC Press.

[24] Nguyen Trong Hiep. (1997). *Machine Element*. Vietnam Education Publishing House.

PHỤ LỤC

CHƯƠNG TRÌNH PYTHON SỬ DỤNG CHO MÔ HÌNH XE ĐIỆN TỰ HÀNH

1. Khai báo thư viện

```
import cv2

import numpy as np

import threading

import queue

import time

import tkinter as tk

from tkinter import ttk, filedialog

from PIL import Image, ImageTk

from ultralytics import YOLO

import serial

import logging
```

2. Cấu hình

```
logging.basicConfig(level=logging.INFO, format='%(asctime)s - %(levelname)s - %(message)s')

model_path = 'nck.pt'

threshold = 3

serial_port = 'COM9'

baud_rate = 9600
```

3. Biến toàn cục

```
model = YOLO(model_path)

result_queue = queue.Queue()

last_mask = None
```

```
running = False
```

```
cap = None
```

```
arduino = None
```

4. Kết nối serial với arduino

```
def connect_serial():  
  
    global arduino  
  
    try:  
  
        arduino = serial.Serial(serial_port, baud_rate, timeout=1)  
  
        time.sleep(2)  
  
        logging.info("✓ Arduino kết nối thành công.")  
  
    except Exception as e:  
  
        logging.warning(f"✗ Không thể kết nối Arduino: {e}")  
  
        arduino = None
```

5. Gửi lệnh đến arduino

```
def send_to_arduino(cmd):  
  
    if arduino and arduino.is_open:  
  
        try:  
  
            arduino.write(cmd.encode())  
  
            arduino.flush()  
  
            logging.info(f"⬆️ Gửi lệnh: {cmd}")  
  
        except Exception as e:  
  
            logging.error(f"✗ Gửi lỗi: {e}")
```

6. Xử lý YOLO luồng riêng

```
def yolo_worker(frame, q):
```

```
    try:
```

```
        rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
```

```
        results = model(rgb)
```

```
        q.put(results)
```

```
    except Exception as e:
```

```
        logging.error(f"✘ YOLO lỗi: {e}")
```

```
        q.put([])
```

7. Tính toán độ lệch làn đường

```
def calculate_deviation(mask, frame_w, threshold=3):
```

```
    ctrs, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_EXTERNAL,  
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

```
    valid_ctrs = [c for c in ctrs if cv2.contourArea(c) > 100]
```

```
    if not valid_ctrs:
```

```
        return None, 'S', False
```

```
    c = max(valid_ctrs, key=cv2.contourArea)
```

```
    x, y, w, h = cv2.boundingRect(c)
```

```
    lane_c = x + w // 2
```

```
    frame_c = frame_w // 2
```

```
    dev = lane_c - frame_c
```

```
    if dev < -threshold:
```

```
        return dev, 'R', True
```

```
    elif dev > threshold:
```

```
        return dev, 'L', True
```

else:

```
    return dev, 'S', True
```

8. Vòng lặp chính xử lý video

```
" 📡 Gửi lệnh: {cmd}")
```

```
    except Exception as e:
```

```
        logging.error(f" ❌ Gửi lỗi: {e}")
```

```
def yolo_worker(frame, q):
```

```
    try:
```

```
        rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
```

```
        results = model(rgb)
```

```
        q.put(results)
```

```
    except Exception as e:
```

```
        logging.error(f" ❌ YOLO lỗi: {e}")
```

```
        q.put([])
```

```
def calculate_deviation(mask, frame_w, threshold=3):
```

```
    ctrs, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_EXTERNAL,  
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

```
    valid_ctrs = [c for c in ctrs if cv2.contourArea(c) > 100]
```

```
    if not valid_ctrs:
```

```
        return None, 'S', False
```

```
    c = max(valid_ctrs, key=cv2.contourArea)
```

```
    x, y, w, h = cv2.boundingRect(c)
```

```
    lane_c = x + w // 2
```

```
    frame_c = frame_w // 2
```

```
dev = lane_c - frame_c

if dev < -threshold:

    return dev, 'R', True

elif dev > threshold:

    return dev, 'L', True

else:

    return dev, 'S', True

def video_loop(cap, canvas, label_status):

    global running, last_mask

    frame_id = 0

    while running:

        ret, frame = cap.read()

        if not ret:

            break

        frame = cv2.resize(frame, (640, 480))

        display = frame.copy()

        mask = np.zeros((480, 640), dtype=np.uint8)

        if frame_id % 2 == 0:

            t = threading.Thread(target=yolo_worker, args=(frame, result_queue))

            t.start()

        if not result_queue.empty():

            results = result_queue.get()

            for r in results:
```

if hasattr(r, 'masks') and r.masks is not None:

for i, box in enumerate(r.boxes):

if int(box.cls[0]) == 0:

seg = r.masks[i].data[0].cpu().numpy()

seg = (seg * 255).astype(np.uint8)

seg = cv2.resize(seg, (640, 480))

mask = cv2.bitwise_or(mask, seg)

last_mask = mask

if last_mask is not None:

mask = last_mask

deviation, direction, found = calculate_deviation(mask, 640)

send_to_arduino(direction)

overlay = frame.copy()

overlay[mask == 255] = (0, 255, 0)

blended = cv2.addWeighted(overlay, 0.4, frame, 0.6, 0)

if found:

ctrs, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

if ctrs:

c = max(ctrs, key=cv2.contourArea)

x, y, w, h = cv2.boundingRect(c)

lane_center = x + w // 2

frame_center = 640 // 2

cv2.line(blended, (lane_center, 0), (lane_center, 480), (0, 0, 255), 2)

```
cv2.line(blended, (frame_center, 0), (frame_center, 480), (255, 0, 0), 2)
```

```
text = f"Deviation: {deviation}px | Direction: {direction}"
```

```
color = (255, 255, 255)
```

```
else:
```

```
text = "loading"
```

```
color = (0, 0, 255)
```

```
cv2.putText(blended, text, (10, 30), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, color,  
2)
```

```
img = Image.fromarray(cv2.cvtColor(blended, cv2.COLOR_BGR2RGB))
```

```
imgtk = ImageTk.PhotoImage(image=img)
```

```
canvas.imgtk = imgtk
```

```
canvas.config(image=imgtk)
```

```
frame_id += 1
```

```
time.sleep(0.03)
```

```
cap.release()
```

```
label_status.config(text=" Đã dừng")
```

9. Giao diện người dùng

```
root = tk.Tk()
```

```
root.title("🚗 Nhận diện làn đường với YOLO")
```

```
canvas = tk.Label(root)
```

```
canvas.pack()
```

```
frame_controls = tk.Frame(root)
```

```
frame_controls.pack(pady=10)
```

```
source_var = tk.StringVar(value='Camera')
```

```
tt = ttk.Combobox(frame_controls, textvariable=source_var, values=['Camera',
'Video'], state='readonly', width=10)

tt.grid(row=0, column=0, padx=5)

btn_start = tk.Button(frame_controls, text="▶ □ Bắt đầu", command=lambda:
start(source_var, canvas, label_status))

btn_start.grid(row=0, column=1, padx=5)

btn_stop = tk.Button(frame_controls, text="⊖ Dừng", command=lambda:
stop(label_status))

btn_stop.grid(row=0, column=2, padx=5)

label_status = tk.Label(root, text="Trạng thái: zzz Sẵn sàng", font=('Arial', 10))

label_status.pack(pady=5)

root.protocol("WM_DELETE_WINDOW", lambda: (stop(label_status),
root.destroy()))
```

CHƯƠNG TRÌNH ARDUINO IDE SỬ DỤNG CHO MÔ HÌNH XE ĐIỆN TỰ HÀNH

```
const int RL_EN = 5; // Chân kích hoạt

const int R_PWM = 6; // PWM phải (chiều kim đồng hồ)

const int L_PWM = 7; // PWM trái (ngược chiều kim đồng hồ)

// Thời gian quay (mili giây)

const int BASE_ROTATION_TIME = 56; // Thời gian cơ sở cho 20 độ

const int CW_ROTATION_TIME = 700; // 60 độ (gấp 3 lần)

const int CCW_ROTATION_TIME = 700; // 30 độ (gấp 1.5 lần)

const int HOLD_TIME = 2500; // Thời gian giữ tăng lên 2.5 giây

const int WAIT_TIME = 1500; // Thời gian đợi giảm xuống 200ms
```

```
// Biến

char receivedChar;

bool newData = false;

void setup() {

    // Khởi tạo các chân điều khiển động cơ

    pinMode(RL_EN, OUTPUT);

    pinMode(R_PWM, OUTPUT);

    pinMode(L_PWM, OUTPUT);

    // Dừng động cơ ban đầu

    stopMotor();

    // Bắt đầu giao tiếp Serial

    Serial.begin(9600);

    Serial.println("Arduino đã sẵn sàng - Đang chờ lệnh (L, R, S)...");

    Serial.println("L: Quay 60 độ CW, giữ 2.5s, trả về, delay 200ms");

    Serial.println("R: Quay 30 độ CCW, giữ 2.5s, trả về, delay 200ms");

    Serial.println("S: Dừng motor ngay lập tức");

}

void loop() {

    receiveData();

    if (newData) {

        executeCommand();

        newData = false;

    }

}
```

```
void receiveData() {  
  
    if (Serial.available() > 0) {  
  
        receivedChar = Serial.read();  
  
        newData = true;  
  
    }  
  
}  
  
void executeCommand() {  
  
    switch (receivedChar) {  
  
        case 'L': // Quay 60 độ CW  
  
            Serial.println("Lệnh: Quay 60 độ CW, giữ 2.5s, trả về, đợi 200ms");  
  
            rotateCWAndReturn();  
  
            break;  
  
        case 'R': // Quay 30 độ CCW  
  
            Serial.println("Lệnh: Quay 30 độ CCW, giữ 2.5s, trả về, đợi 200ms");  
  
            rotateCCWAndReturn();  
  
            break;  
  
        case 'S': // Dừng  
  
            Serial.println("Lệnh: DỪNG NGAY");  
  
            stopMotor();  
  
            break;  
  
        default:  
  
            Serial.println("Lệnh không hợp lệ! Gửi L, R hoặc S");  
  
            break;  
  
    }  
  
}
```

```
}  
  
}  
  
void rotateCWAndReturn() {  
    // Quay 60 độ CW  
  
    digitalWrite(RL_EN, HIGH);  
  
    digitalWrite(L_PWM, LOW);  
  
    analogWrite(R_PWM, 255);  
  
    delay(CW_ROTATION_TIME);  
  
    // Giữ 2.5 giây  
  
    stopMotor();  
  
    delay(HOLD_TIME);  
  
    // Trả về vị trí ban đầu  
  
    digitalWrite(RL_EN, HIGH);  
  
    digitalWrite(R_PWM, LOW);  
  
    analogWrite(L_PWM, 255);  
  
    delay(CW_ROTATION_TIME);  
  
    // Dừng và đợi 200ms  
  
    stopMotor();  
  
    delay(WAIT_TIME);  
  
}  
  
void rotateCCWAndReturn() {  
    // Quay 30 độ CCW  
  
    digitalWrite(RL_EN, HIGH);  
  
    digitalWrite(R_PWM, LOW);
```

```
analogWrite(L_PWM, 255);

delay(CCW_ROTATION_TIME);

// Giữ 2.5 giây

stopMotor();

delay(HOLD_TIME);

// Trả về vị trí ban đầu

digitalWrite(RL_EN, HIGH);

digitalWrite(L_PWM, LOW);

analogWrite(R_PWM, 255);

delay(CCW_ROTATION_TIME);

// Dừng và đợi 200ms

stopMotor();

delay(WAIT_TIME);

}

void stopMotor() {

    digitalWrite(R_PWM, LOW);

    digitalWrite(L_PWM, LOW);

    digitalWrite(RL_EN, LOW);

}
```